

Els mapes geològics més antics dels Pirineus i altres aportacions dels neptunistes

Pere Santanach¹

Abstract

SANTANACH, P. The oldest geological maps of the Pyrenees and other contributions by neptunists. The early stages of the knowledge of the geology of the Pyrenees –coeval with the nascent science of geology– are examined: 1) According to Palassou (1781) the Pyrenees are constituted by a granite mass overlain by alternating *schistes* and limestones. He published a mineralogical map using symbols. 2) Picot de Lapeyrouse (1788) distinguished primary azoic limestones in the core of the chain from secondary fossiliferous limestones in its external parts. 3) Ramond (1797) confirmed the presence of secondary limestones in the higher parts of the chain, which resulted in more elaborate neptunist interpretations. 4) Charpentier (1823) published the first geological map of the entire Pyrenees and the first cross-sections of the chain. He obtained evidence for the presence of a Red Sandstone unit at the base of the secondary rocks. 5) In the Eastern Pyrenees, De Serres (1829a) contributed to the knowledge of the Tertiary and identified the Jurassic and the Cretaceous because of their fossil content.

Key words: History of Geology, neptunism, geological maps, Pyrenees.

Resum

Es presenten els primers estadis del coneixement de la geologia dels Pirineus, sincrònics amb els primers passos de la naixent geologia: 1) Per Palassou (1781) els Pirineus són una massa granítica a la base recoberta per una alternança de *schistes* i calcàries. Publica un mapa mineralògic amb símbols puntuals. 2) Picot de Lapeyrouse (1788) distingeix calcàries primàries sense fòssils al nucli de la serralada i calcàries secundàries amb fòssils a les parts externes. 3) Ramond (1797) prova la presència de calcàries secundàries a les parts més altes de la serralada, fet que condueix a interpretacions neptunistes més elaborades. 4) Charpentier (1823) publica el primer mapa geològic de conjunt dels Pirineus i el primers talls a través de la serralada. Posa de manifest els gresos rojos a la base de la sèrie secundària. 5) En els Pirineus Orientals, De Serres (1829a) millora el coneixement del Terciari i reconeix el Juràssic i el Cretaci gràcies al seu contingut fòssil. El repàs de les obres d'aquests autors permet fer-se una idea dels assoliments dels neptunistes en els Pirineus.

Paraules clau: Història de la geologia, neptunisme, mapes geològics, Pirineus.

INTRODUCCIÓ

Abans d'arribar als mapes geològics tal com els entenem avui hi va haver diferents aproximacions per representar dades geològiques i la seva interpretació sobre mapes. A França, per exemple, no es va parlar de mapes geològics fins el 1815. Amb anterioritat cal esmentar els mapes de símbols i "franges" que Jean-Étienne Guéttard va presentar a l'Acadèmia de Ciències el 1746 amb el títol *Mémoire et carte minéralogique Sur la nature & la situation des terrains qui traversent la France & l'Angleterre* (publicada el 1751), els mapes (lito)estratigràfics gravats en negre on figuren els límits de les unitats litològiques, com els publicats per Georg Christian Füchsel el 1761 en la seva geologia de Turingia, *Historia terrae et maris, ex historia Thuringiae, per montium descriptionem eruta*, i els mapes de grans unitats geognòstiques en colors com els que acompanyen la *Mineralogische Geographie des chursächsischen Lande* de Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier el 1778 a Alemanya i els del Vivarès de

Jean-Louis Giraud Soulavie a França el 1780, publicats en el marc de la *Histoire naturelle de la France méridionale...* Més informació sobre aquests i altres mapes precursors es poden trobar a Ellenberger (1982, 1994) i a Oldroyd (2013) que han estudiat els diferents intents de cartografia geològica previs als mapes geològics actuals.

La *Carte géognostique des environs de Paris* publicada per Georges Cuvier i Alexandre Brogniart el 1811 és considerada el primer mapa d'àmbit local que representa amb colors unitats estratigràfiques definides pel seu contingut fòssil, mentre que el *Map and Delineation of the Strata of England and Wales with Part of Scotland* publicat per William Smith el 1815 és el primer mapa geològic d'abast general amb unitats biostratigràfiques. Són els primers mapes geològics moderns.

L'objectiu d'aquest article és presentar els mapes geològics més antics dels Pirineus, en particular la *Carte Géologique du Département des Pyrénées Orientales* publicada per Marcel de Serres l'any 1829, un mapa poc conegut. També s'analitzaran els dos mapes publicats amb anterioritat: la *Carte Minéralogique des Monts-Pyrénées* de Palassou (1781) –un mapa de símbols– i la *Carte Géognostique des Pyrénées* de Charpentier (1823), un mapa de grans unitats geognòstiques en colors, tots dos

¹ Departament de Geodinàmica i Geofísica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, Espanya. pere.santanach@ub.edu

conceptualment anteriors als mapes geològics moderns que representen unitats biostratigràfiques. Per això, primer es donarà una breu notícia de la formació del mapa geològic de França en el segle XIX. A continuació, s'exposaran les idees que sobre la gènesi de les serralades van dominar a finals del segle XVIII i primera meitat del segle XIX. En tercer lloc, s'explicaran, de manera breu, algunes de les observacions i interpretacions més significatives dels autors neptunistes que s'han ocupat dels Pirineus, sense entrar en detalls, amb la finalitat de contextualitzar els mapes objecte de l'article. Sempre que sigui possible es fixarà l'atenció en la geologia dels Pirineus Orientals de manera que es puguin comparar els resultats plasmats en els tres mapes i il·lustrar el progrés del coneixement de la geologia d'aquesta regió.

LA FORMACIÓ DEL MAPA GEOLÒGIC DE FRANÇA EN EL SEGLE XIX

Tot i que, a França, André Brochant de Villiers, Inspector general de mines, tenia ja des de 1811 el projecte de fer un mapa geològic de tot França, els primers mapes geològics que es van començar a aixecar van ser els d'abast departamental, el primer dels quals va veure la llum el 1820. El mapa geològic de França que va acabar dirigint Brochant de Villiers es va realitzar en un temps breu coincidint amb l'elaboració de part dels mapes departamentals.

El 1822, el Consell de l'Escola de Mines donà suport a la iniciativa de Brochant de Villiers i, el 1825, Louis Becquey, director general d'obres públiques i de mines, li encarregà la realització del mapa geològic de França a escala 1:500.000. En aquesta tasca va ser ajudat per dos joves enginyers de mines, Armand Dufrénoy i Léonce Élie de Beaumont. Élie de Beaumont i Dufrénoy es van repartir el país i el van recórrer per separat entre 1825 i 1829, acompanyats pels respectius ajudants. El mapa s'aixecà en cinc campanyes de camp. De 1829 a 1834 van tornar al camp conjuntament per encaixar les traces de l'un i l'altre i resoldre junts els punts més complexos. L'aixecament del mapa es va acabar el 1835, la seva delineació el 1840 i es va publicar en sis fulls el 1841 (Gaudant, 1991). Aquest mapa, a diferència dels posteriors mapes de França a petita escala, no prové de la síntesi de mapes a més gran escala, sinó que és el resultat d'aixecaments de camp específics, correlats amb alguns aixecaments locals. França ja tenia el seu mapa geològic general que, malgrat la seva construcció un poc especulativa, donava un idea força bona de la geologia del país.

La ràpida i reixida execució del mapa geològic de França a 1:500.000 va ser decisiva per a la impulsió institucional dels mapes departamentals, que ja havien començat a realitzar-se (Savaton, 2003)¹. Tot i haver estat dictades algunes directrius per fer-los, els mapes departamentals no es van fer de manera planificada i centralitzada, sinó que es van confiar als Consells Generals dels

departaments. Constituïren treballs individuals, concebuts i realitzats en els temps en què s'estava formant la geologia, i reflecteixen bé els homes, les idees i les eines de l'època de construcció d'aquesta ciència. El resultat és un conjunt de mapes heterogenis en tots els seus aspectes: l'escala, la formació dels autors, les maneres de representació, els colors, les dades estructurals, les tècniques de reproducció, les condicions de publicació, etc. Els primers es van començar a publicar els anys vint i els últims es van publicar el 1875. Els mapes departamentals van ser utilitzats per realitzar els primers fulls del mapa geològic de França a 1:80.000 –que va substituir-los– i la primera edició del mapa de França a 1:1.000.000, i en aquestes obres hi són citats. Més endavant, els mapes geològics departamentals van deixar de tenir-se en consideració i en gran part se n'havia perdut el rastre. Savaton (2003) n'ha rescatat la història i ha publicat un inventari provisional en el que indica aquells que es troben en les col·leccions de l'*École nationale supérieure des mines de Paris*, de la *Société géologique de France*, de la cartoteca de la *Bibliothèque nationale* França i del *Bureau de Recherches géologiques et minières* d'Orleans. Alguns d'aquests mapes poden ser consultats al lloc web HistMap: réseau européen pour l'histoire des cartes géologiques.

Els mapes departamentals van ser reemplaçats per la cartografia a 1:80.000. L'aixecament de fulls a escala 1:80.000 va començar formalment amb la creació, el 1868, del *Service de la Carte géologique de France*, dirigit per Élie de Beaumont. Els primers fulls a 1:80.000 es publicaren el 1874.

SOBRE LA FORMACIÓ DE SERRALADES

Durant la segona meitat del segle XVIII i primer quart del segle XIX, la formació de serralades s'interpretava en el marc de la doctrina neptunista. La idea essencial del neptunisme és que totes les associacions de roques –formacions– superposades que formen el subsòl, inclòs el granit que es troba a la base, s'haurien format una després de l'altra en un medi aquós, que es modifica amb el pas del temps. Totes les roques serien producte d'un oceà primordial. Les roques més antigues serien el resultat de precipitats cristal·lins, que progressivament passarien a sediments marins semblants als actuals i a roques detrítiques. Amb el temps, el nivell de l'oceà aniria davallant de manera que els terrenys més antics serien els més elevats i se situarien a l'eix de les serralades, i esdevindrien més moderns i menys alts a mesura que ens allunyem de l'eix. Apart dels processos sedimentaris, els neptunistes tenien en compte els erosius. En el model neptunista, les serralades són un resultat de la sedimentació, amb la que d'una manera o altra hi interferien processos erosius. La disposició de les roques que s'observa avui és l'originària.

No va ser fins a començaments de la tercera dècada del segle XIX en que, acceptat l'origen igni del granit, Leopold von Buch va proposar la formació de serralades per aixecament degut a l'empenta vertical produïda per l'emplaçament de roques magmàtiques. La idea de la formació de les serralades per aixecament (*soulèvement*) dels seus nuclis cristal·lins va ser ràpidament acceptada i

¹ Abans de 1841, data de publicació del mapa geològic de França a escala 1:500.000, s'havien publicat només una tercera part dels que s'acabarien realitzant.

defensada a França per Élie de Beaumont que, d'altra banda, l'any 1829 va suggerir que les serralades eren el resultat de l'arrugament de l'escorça com a conseqüència de la contracció de la Terra causada pel seu refredament progressiu. A partir de 1830, Élie de Beaumont i Dufrénoy van editar unes memòries que havien de servir per a una descripció geològica de França on es reflecteix una interpretació plutonista de l'aixecament de les serralades. Un exemple que afecta els Pirineus Orientals és la memòria de Dufrénoy que parla de l'aixecament del Canigó (Dufrénoy, 1834). Es fa difícil d'entendre com Élie de Beaumont feia compatible la contracció de la Terra amb el model de formació de serralades per aixecament. Tot i això, els geòlegs van seguir mirant les serralades com a resultat d'un aixecament fins que, el 1840, Prévost va fer notar aquesta incongruència i va proposar, en oposició a la idea de von Buch, que les serralades eren un relleu degut a l'enfonsament (*affaissement*) de les regions que les voregen, més d'acord amb la idea de la contracció de la Terra.

Aturem aquí l'enumeració dels models proposats per explicar la formació de serralades. És suficient per situar els mapes objecte d'aquest article en l'evolució de les idees geològiques.

En els relats històrics del progrés del coneixement geològic dels Pirineus publicats recentment, les aportacions dels autors neptunistes solen reduir-se a unes poques línies adduint que aquests autors veuen els Pirineus com un exemple més de la teoria neptunista i que a les interpretacions d'aquests autors hi manca suport d'observacions de terreny (Fontboté, 1991, per exemple). Una anàlisi dels treballs publicats per Palassou (1781), Ramond (1797, 1789, 1801), Picot de Lapeyrouse (1788, 1797), Charpentier (1823) i De Serres (1829a) mostra, per contra, que aquest és un període ben interessant: els seus treballs són plens d'observacions de terreny i les seves interpretacions, en el marc neptunista, van variant per poder explicar les observacions acumulades. Aquests autors tenen la mateixa actitud que els geòlegs actuals respecte dels models imperants; la diferència és que treballen amb el model que va conviure amb el procés de formació de la geologia i que, en aquella època, els coneixements geològics eren encara molt minsos.

Tanmateix, els coneixements assolits a principis del segle XIX condueixen ja al progressiu establiment de la columna estratigràfica, amb la caracterització d'unitats pel seu contingut fòssil. Així, abans de la publicació del mapa dels Pirineus Orientals de De Serres, Smith havia definit les sèries del Malm, Dogger i Lias el 1815, Conybeare va establir el Carbonífer i el mateix autor i Phillips, el Cretaci el 1822, von Buch va definir el Buntsandstein, Muschelkalk i Keuper el 1825 (Riba i Reguant, 1986; Wagenbreth, 1979). Aquest progrés en el coneixement estratigràfic també es reflecteix en els estudis sobre els Pirineus.

Així doncs, els treballs que es comentaran en aquest article reflecteixen les teories neptunistes de la formació de serralades, i representen tres estadis de l'evolució de la geologia neptunista. El de Palassou (1781) és anterior als primers mapes geològics pròpiament dits, mentre que el treball de De Serres se situa a les acaballes del neptunisme i ja utilitza els fòssils per definir les unitats geològiques més modernes.

L'ESSAI SUR LA MINÉRALOGIE DES MONTS PYRÉNÉES I LA CARTE MINÉRALOGIQUE DE PIERRE-BERNARD PALASSOU (1781)

Pierre-Bernard Palassou (1745-1830) és tingut per l'iniciador dels estudis geològics dels Pirineus (Durand-Delga, 2002)². El 22 de maig de 1776 Palassou va lliurar a l'Acadèmia de Ciències el seu primer text sobre la serralada, *Description des différentes matières contenues dans les Pyrénées*, abans que D'Arcet presentés, el desembre següent, el seu *Discours* sobre els Pirineus (D'Arcet, 1776). El juny de 1777 entrava a l'Acadèmia la memòria de Palassou, "*sur un voyage minéralogique dans les Pyrénées*" y Desmarest i Jussieu van ser encarregats d'informar-ne. L'abril de 1778 D'Arcy, Lavoisier i Desmarest van presentar un report, que acaba recomanant-ne la publicació³. Per dificultats econòmiques, aquest treball no va poder veure la llum fins tres anys més tard (Palassou, 1781)⁴. La segona edició, de 1784, és la més coneguda i la que ha estat consultada per escriure aquest treball. Aquesta obra conté la "*Carte minéralogique des Monts Pyrénées*", que cobreix tot el vessant francès de la serralada. És gravada en negre i presentada en set fulls, el darrer dels quals comprèn aproximadament el Departament dels Pirineus Orientals. Hi manca només la part que correspon a la vall de l'Aude (el Capcir), que es troba en el full sisè.

A la introducció del llibre ja s'explica la seva principal conclusió: l'estructura de la serralada mostra una gran uniformitat; sobre un substrat format per masses de granit, els Pirineus estan constituïts per bandes calcàries i argiloses que se succeeixen alternativament. El gruix de l'obra consisteix en la descripció de trenta itineraris al llarg les valls nord-pirinenques, de nord a sud. Comença pel País Basc i acaba al Rosselló; les regions a l'est de la Garona són tractades de manera molt més breu que les occidentals. Cada capítol consta de: 1) descripció "mineralògica", amb indicació de la inclinació de les capes en anotacions al marge, 2) mines i indicis miners, i 3) observacions històriques, sociològiques i pintoresques.

Apart del "granit en massa" que forma el substrat, Palassou observa un altre tipus de "granit": un "granit estratificat o fullós" que pot presentar intercalacions de calcàries i que es disposa en capes que segueixen la direcció de les roques calcàries i argiloses. Considera que aquest granit en capes ha estat format a partir de detritus del granit central.

Entre les roques sedimentàries marines distingeix: 1) "*Les pierres à chaux*" (les pedres de calç) que entén com el resultat de restes de cossos marins, reduïts a pols o formades per conquilles apilotades les unes contra les altres. Parla indiferentment de calcàries o marbres. 2) "L'argila" junt amb el granit i la calcària, és la tercera roca essencial que cita Palassou. Explica que la majoria

² En aquest treball el lector trobarà una biografia de Palassou i una anàlisi de la seva obra.

³ Text complet d'aquest informe a Durand-Delga (2002). Permet veure quines eren considerades les aportacions més importants de l'obra de Palassou segons dos bons revisors coetanis.

⁴ N'hi ha edició facsímil (La Rochelle, eds. La Découverte, 2007).

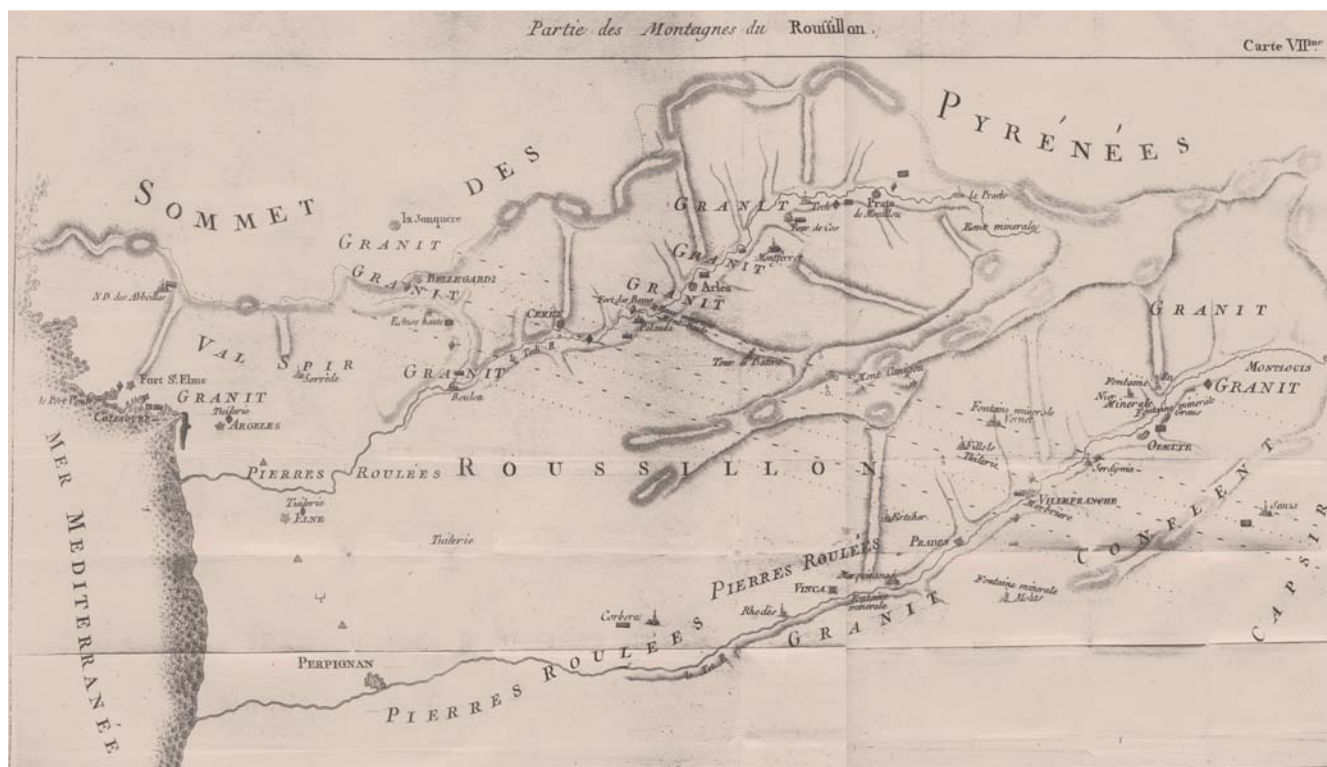


Fig. 1. Full setè de la *Carte Minéralogique des Monts Pyrénées* de Palassou (1784), que comprèn gairebé tot el departament dels Pirineus-Orientals. L'original fa 49,1 x 26,5 cm i correspon a una escala aproximada de 1:182.000. Noteu que el nord és a la part inferior del mapa. Per a la llegenda, vegeu la Fig. 2. Exemplar de la Biblioteca de Geologia, Universitat de Barcelona-CSIC.

Fig. 1. Sheet seven of the *Carte Minéralogique des Monts Pyrénées* by Palassou (1784) covers almost the entire *Département des Pyrénées Orientales*. The original measures 49,1 x 26,5 cm, corresponding to an approximate scale of 1:182.000. Note that the North is located at the bottom of the map. See Fig. 2 for the legend. Copy from the Library of Geology, Universitat de Barcelona-CSIC.

de matèries argiloses es disposen en capes i són conegudes generalment amb el nom de *schiste*, nom que sol adjectivar en les seves descripcions. Entre els "*schistes argileux*", també hi col·loca algunes cornianes que considera *schistes* endurits, en concret algunes cornianes calcosilicatades, que en obres posteriors acabarà denominant "*pierres de corne*" (Durand Delga, 2002). També considera com una roca argilosa endurida, la roca que avui es coneix amb el nom d'ofita, que va ser denominada així per primer cop per Palassou. En el treball de 1784 (pp. 9-10) en diu: "*Pierre argileuse, verdâtre, dont quelques parties sont assez dures pour donner des étincelles, lorsqu'on la frappe avec le briquet⁵; cette pierre que nous nommerons ophite [...] est enveloppée d'une croûte ferrugineuse de couleur brune*". La naturalesa i el significat de les ofites ocuparan Palassou durant tota la seva vida⁶.

Entre les roques detrítiques de gra gruixut esmenta les masses enormes de "*galets siliceux, liés par un gluten*"

(pp. 24, 41, 44) a la vall d'Aspe en els Pirineus occidentals. Es refereix a les actuals "pudingues de Mendibelza" d'edat albià. També cita les grans acumulacions de conglomerats d'edat eocena superior-oligocena que, en honor seu, es coneixen amb el nom de pudingues de Palassou.

Distingeix "*deux époques très distinctes dans la formation des Pyrénées. La première nous présente ces masses prodigieuses de granit, espèce de pierre que la nature semble avoir destinée pour servir généralement de base à l'enveloppe extérieure du globe*"; la deuxième réunit les couches parallèles [les bandes de calcàries i argiles] qui s'étendent à des distances considérables, les amas de galets, les pierres calcaires [...] qui attestent qu'une grande partie des Pyrénées est l'ouvrage de la mer" (p. 170). Abans de l'arribada del mar "*il existoit déjà de hautes éminences, uniquement composées de masses de granit. Il ne paroît pas vraisemblable que les eaux de la mer aient pu former des bancs horizontaux sur les flancs de ces montagnes; l'inclinaison des bancs calcaires & argileux a été produite primitivement par la pente de leur base*" (pp. 124-125). "*les parties argileuses, extrêmement divisées dans leur origine, & par conséquent trop légères pour être entraînées par leur propre poids, ont pu couvrir la surface d'un plan incliné, & y avoir été retenues, soit à la faveur de leur propriété glutineuse, soit par les aspérités de leur base*" (p. 125). De manera anàloga raona per les calcàries (p. 126). Els plecs que observa també correspondrien a estructures originàries, sinsedimentàries en la terminologia actual.

⁵ Cat.: foguer o llança. Tros d'acer que serveix per treure espurnes d'una pedra. Colpejar les roques amb un foguer era un dels assaigs que es feien per determinar minerals i roques mitjançant els seus caràcters externs.

⁶ Abans que Palassou parlés de les ofites, el naturalista Borda d'Oro havia qualificat les dels voltants de Dax de "*basalte*" (Cahuzac, 2005). Tota la discussió sobre la naturalesa i significat de les ofites es desenvolupa en el marc del debat sobre l'origen del basalt, en un període de ràpid desenvolupament de la mineralogia, i comprèn la distinció d'aquestes roques del basalt i de les roques que avui es denominen lherzolites.

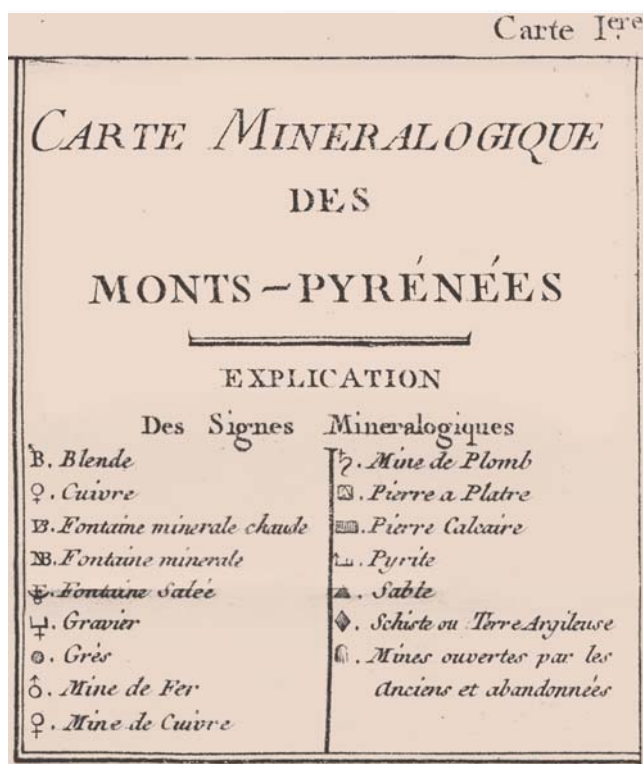


Fig. 2. "Signes mineralògics" emprats per Palassou (1784) per indicar les roques, indicis minerals, mines i deus d'aigua mineral. Aquesta taula figura en el primer full de la seva *Carte Minéralogique des Monts Pyrénées*. Exemplar de la Biblioteca de Geologia, Universitat de Barcelona-CSIC.
Fig. 2. "Mineralogical symbols" used by Palassou (1784) to indicate rocks, traces of minerals, mines, and springs. This table proceeds from sheet one of Palassou's *Carte Minéralogique des Monts Pyrénées*. Copy from the Library of Geology, Universitat de Barcelona-CSIC.

Les descripcions mineralògiques que interessen en aquest article són les contingudes en els cinc últims itineraris descrits i que comentades es transcriuen a l'Annex 1. El darrer mapa local inclou els quatre últims itineraris (Figs. 1 i 2). En la descripció litològica dels seus itineraris, Palassou especifica quan la informació que dona li ha estat reportada i no correspon a observacions pròpies (2, 17, 46)⁷. Reconeix el granit dels batòlits de Queragut (1), Montlluís (4), Millars (7, 10) i Sant-Llorenç-La Jonquera (22, 26, 33, 37, 39). En lloc parla de granit estratificat o fullós [gneis]; qualifica de granit els gneissos ocel-lars (16) i de *schiste dur*, *argileux* els gneissos quarso-feldspàtics de gra fi, força homogenis, del congost dels Graus a la vall de la Tet (14). Els granits milonítics foliats són catalogats de *schistes grossiers* o només *schiste* sense adjectivar, com es veu a la banda milonítica de la Jonquera (34, 36, 37, 38).

Descriu els marbres de Canavelles com a *marbre gris* (13, 15, 20, 23, 25, 27, 29, 30, 31, 43), mentre que veu diferents les calcàries siluro-devonianes que descriu com a marbres grisos, versicolors o rojos (6, 11). Veu les calcàries del Muschelkalk superior de la conca dels Banys d'Arles (Amélie-les-Bains) com a *marbre rougeâtre* (21).

En general, els materials pelítics del Cambro-ordovicià que formen el gruix de les clàssiques sèries de Canavelles i Jújols, són descrits amb el terme *schiste*. Parla de *schiste dur* quan té un cert grau metamòrfic, regional o de contacte (19, 22, 43). Només en el cas de la sortida del congost dels Graus, a la vall de la Tet, anomena simplement *schiste* als micasquists, possiblement per distingir-los dels gneissos leucocràtics fins infrajacentes que ha classificat com a *schiste dur* (15). Els casos en què parla de *schistes grossiers* dins la sèrie de Canavelles coincideix amb llocs on les intercalacions grauvaquiques i de roques volcàniques àcides atenyen un cert desenvolupament (24, 28, 44) [probablement corresponen al *gneis granulé* de Guitard, 1970]. Les ritmites de la sèrie de Jújols són descrites normalment amb el terme *schiste* (3) o *schiste dur* que intercala bancs d'*ardoise argileuse* (12).

Explica que la plana del Rosselló és reblerta de materials provinents de les muntanyes del Pirineu aportats per l'acció de les aigües (5, 18, 32, 40, 41, 42), *pierres roulées*, arenes, argiles. També ho són el fons de part de les valls de la Tet i el Tec (8, 9, 18). No distingeix les formacions que avui considerem mio-pliocenes de les quaternàries.

Sembla que com a cartografia de base Palassou va poder utilitzar els fulls del mapa dit de Cassini que comprenen el Pirineu i el seu peu de mont. És un mapa força mediocre a les regions de muntanya. Basat en triangulacions, proporcionava una planimetria utilitzable, amb un esbós de les línies de costa, els relleus i la hidrografia, amb menció de les poblacions i llocs, i les principals carreteres; sense cap indicació d'altituds (Durand-Delga, 2002).

El full més oriental del mapa de Palassou (Fig. 1) fa 49,1 x 26,5 cm (escala aproximada de 1:182.000) i té el Nord a la part baixa del full: els Pirineus vistos des de París! Hi figuren la línia de costa, els rius Tet i Tec i les carenes i fons de vall, indicats amb ombrejats; també hi consten les principals localitats. Amb símbols (llegenda a la Fig. 2) s'hi assenyalen els tipus mineralògics —roques— i els indicis minerals i mines; també les deus d'aigua mineral. La localització d'algunes de les litologies més esteses s'indica amb rètols. Així la paraula "granit" es troba a les zones on a grans trets afloren els granits de Montlluís, Millars, i Sant Llorenç-La Jonquera. Cal indicar que també hi figura enmig de les muntanyes de Carançà, formades per ortogneissos ocel-lars, fet que confirma la no distinció entre aquests dos tipus de roques. També figura el terme granit entre Argelers i Cotlliure, on en el text descriu esquists durs amb algunes intercalacions de marbres grisos. El rètol "*Pierres Roulées*" es troba a la plana del Rosselló i al llarg de la vall de la Tet fins una mica més amunt de Vinçà, en concordança amb el que ha estat descrit en els itineraris (Annex 1).

Les direccions i inclinacions de les capes que es poden llegir en les anotacions al marge presenten una gran uniformitat, direcció ONO-ESE, inclinació cap al NNE. Allà on observava que les direccions de les capes eren variables (21, 43, 44), feia constar aquesta variabilitat sense concretar, ni anotar res al marge. En el mapa mineralògic, Palassou uneix símbols d'una mateixa "mineralogia" amb línies rectes paral·leles d'orientació ONO-ESE, la direcció dominant de les capes segons ell. Per exemple, uneix símbols de pedra calcària entre ells seguint la

⁷ Els números entre parèntesi corresponen als dels extractes reproduïts a l'Annex 1.

direcció esmentada. És igual el tipus de calcària: un cas és la unió de les calcàries devonians de Vilafranca grises, versicolors i roges segons la seva descripció amb un marbre gris, de la sèrie de Canavelles. Anàlogament fa amb el *schiste ou terre argileuse* que representa amb el mateix símbol. Per ell l'important és el tipus mineralògic i intentar mostrar que la direcció de les capes que ha observat té sentit, que l'estructura dels Pirineus és formada per una alternança de bandes de *schistes o terre argileuse* i de *pierre calcaire*. Ellenberger (1982) ha volgut veure en el mapa de Palassou un precursor dels mapes estructurals amb pretensió d'una abstracció geomètrica de les estructures a partir d'una selecció generalment involuntària de les úniques observacions favorables. Així, Palassou seria un predecessor de les idees de Élie de Beaumont⁸.

CALCÀRIES AMB FÒSSILS MARINS AL CIM MÉS ALT DELS PIRINEUS

Després de la publicació de l'obra de Palassou, Déodat de Gratet de Dolomieu (1750-1801) va visitar els Pirineus el 1782 (Gohau, 1990) i va aprofitar que els cims més alts de la serralada, la regió del Mont Perdut⁹, eren formats per roques calcàries, com ja havia constatat Palassou, per carregar contra la creença que la naturalesa s'ajusta a models simples, el neptunista en aquells moments. Escriu que aquesta serralada “*est distincte de toutes les autres*” i que “*on a voulu assujettir les productions de la nature à un ordre, à un arrangement systématique, pendant que tout y est mêlée et confondu*” (Lacroix, 1917).

Va ser el naturalista tolosà Philippe-Isidore Picot de Lapeyrouse (1744-1818) qui va començar a introduir ordre i complexitat en el tema de les calcàries¹⁰. Distingeix dos tipus de calcàries (Picot de Lapeyrouse, 1788): “*Les unes contiennent des corps marins pétrifiés; les autres n'en ont pas*”. Les primeres “*sont placées en dehors de la grande chaîne. C'est au milieu d'elles qui gissent les grès, les veines de jayet*¹¹, *de charbon, & les bois bituminisés. La pâte de cette pierre est lâche & très-fine; elle*

contient point de substances vitrescibles” (p. 413). Aquest tipus de calcàries “*a été formé sous les eaux dans lesquelles vivoient les animaux dont cette pierre conserve encore les restes*” (p. 416). El segon tipus de pedra calcària “*est dans l'intérieur de la chaîne, [...] ; son tissu est serré & d'un grain assez fin, souvent mêlé de quartz, de mica & de stéatite; elle est quelque fois solide, mais plus ordinairement feuilletée...*” (p. 414). Aquest tipus de calcària “*est contemporain des roches les plus antiques, est mêlé avec elles, & entre dans leur composition*” (p. 416). Tot plegat manifestaria “*deux époques bien distinctes, bien avérées dans la formation des montagnes*” (p. 416).

L'enginyer i geògraf François Pasumot (1733-1804) en el seu llibre sobre els Pirineus (1797) reprèn la idea de Picot de Lapeyrouse, mentre que Palassou (1819) no creu possible de fer aquesta distinció, llevat del cas particular en què les capes de calcàries estan situades enmig “*d'autres couches de granit feuilleté*” [gneis] i en són contemporànies, però la seva formació “*semble en general moins antique que celle du granit en masse fondamentale*”. Això el condueix a veure en aquests gneissos “*une roche mixte [...] qu'on pourrait justement appeler de transition*” que separaria la primera època, representada pel granit en massa, de la segona, durant la qual s'haurien format les bandes de calcàries i argiles (Durand Delga, 2002).

En resum, cap a finals del segle XVIII era generalment acceptat, d'acord amb les idees de Picot de Lapeyrouse, “*que le centre des Pyrénées et leurs plus hauts sommets étaient de calcaire primitif: c'était l'opinion générale de tous les géologues, et la mienne en particulier*” (Picot de Lapeyrouse, 1797).

Va ser Louis Ramond de Carbonières (1755-1827)¹², arribat circumstancialment als Pirineus, a Varèjta (Barèges), el 1787 qui va posar en dubte aquesta creença. L'agost de 1787 va recórrer bona part del Pirineu central, des de l'eix Lorda-Cautarés (Lourdes-Cauterets) a l'oest fins a l'Aran a l'est i va publicar un llibre amb les seves observacions el 1789¹³. Escriu: “*La crête des Pyrénées présente encore ici un autre objet de considération, & celui-ci est d'une grande importance pour l'histoire de la terre. Cette partie supérieure de la chaîne, est toute formée de ces matières que l'on répute secondaires*¹⁴, *& cela sur une longueur que je n'estime pas moindre de douze mille toises, car je ne crois pas que la continuité de ces matières soit interrompue depuis le Vignemale, située au fond de la vallée de Cauterets, jusqu'au Mont-Perdu, sommet le plus élevé du Marboré, & peut-être de la chaîne entière; en sorte que, dans les Pyrénées, les matières secondaires, qui dominent décidément à l'occident de la chaîne, jusqu'à la vallée d'Aspe, & qui, bientôt, reprennent encore la supériorité, pour ne la perdre que vers la vallée d'Aure, tiennent une place si éminente, à la*

⁸ Élie de Beaumont associa les revolucions faunístiques a la surrecció de les serralades datades per les discordances. A més, seguint l'escola werneriana que creia que falles paral·leles eren sincròniques, pensa que les serralades d'igual direcció són de la mateixa edat. En diverses publicacions descriu les direccions dels sistemes de muntanyes, a cada publicació un nombre més gran de sistemes. Amb un afany de geometrització, per tal de simplificar un problema complex, acaba proposant la teoria de la “xarxa pentagonal” totalment allunyada ja de les dades d'observació. Postulava que les surreccions de les serralades d'una mateixa època tenien lloc a la superfície d'un fus centrat en un semi gran cercle de la Terra. Cadascun d'aquests conjunts constituïa un sistema de muntanyes. Els grans cercles, però, no es disposen a l'atzar; s'organitzen en una xarxa de quinze cercles que s'entrecreuen dibuixant dotze pentàgons a la superfície del globus. Les necessitats matemàtiques limiten a quinze el nombre de les direccions dels cercles i com que el nombre de sistemes que havia descrit era superior li va caldre admetre que hi havia direccions recurrents.

⁹ En aquella època es considerava que el Mont Perdut era la muntanya més alta dels Pirineus.

¹⁰ Per il·lustrar l'increment de complexitat ressaltem el tema de les roques calcàries, perquè ens és útil en aquest relat. També en els altres tipus de roques i altres aspectes interpretatius es va introduint complexitat a mesura que es van fent noves observacions.

¹¹ Atzabeja, varietat de lignit negre i lluent.

¹² Per a més informació sobre Ramond, vegeu Musée Pyrénéen Château-Fort, Lourdes, ed. (1990) i en particular, Mayoux (1990) i Grenier (1915), reimprès recentment per Éditions des Régionalismes.

¹³ Reeditat recentment per Éditions des Régionalismes, Cressé.

¹⁴ Entén que els fòssils que havien estat trobats en blocs caiguts al circ de Gavarnie, només podien procedir de les calcàries que coronen la serralada i per tant aquestes serien calcàries secundàries en el sentit de Picot de Lapeyrouse.

crête de la chaîne, & s'y rendent si remarquables par leur volume et leur hauteur, que notre hémisphère ne présente, dans aucune chaîne observée, d'aussi prodigieux monuments du travail que tous les systèmes attribuent à la mer. Tout ce que j'ai vu du Marboré, me le fait concevoir comme une masse énorme de marbre gris, du grain le plus égal & le plus fin, sans aucuns vestiges de corps étrangers" (Ramond, 1789, pp. 103-104). Si aquesta idea es pogués provar, els Pirineus constituïrien una serralada que s'apartaria del model neptunista clàssic, segons el qual els terrenys més antics són els més elevats i se situen a l'eix de les serralades, i esdevenen més moderns i menys alts a mesura que ens allunyem de l'eix.

Aprofitant l'estada a Varètja del seu eminent col·lega Picot de Lapeyrouse, Ramond va organitzar una expedició amb el naturalista tolosà al Mont Perdut per anar a comprovar si es tractava de calcàries primàries o secundàries. Van abordar la muntanya per la vall d'Estauvèr (Estaubé) i la bretxa de Tuca Roja (Touquerouye, Tucarroya). Van haver de fer dos intents: el primer el 24 de termidor de l'any V (11 d'agost, 1797) i el segon a finals de fructidor (finals de setembre) del mateix any. No van atènyer el cim del Mont Perdut, només van superar la bretxa de Tuca Roja i es van quedar a l'estany de Marboré¹⁵. N'hi va haver prou: van reconèixer les calcàries que avui atribuïm al Cenomanià-Santonian inferior i els gresos de Marboré d'edat maastrichtiana, van veure plecs, ruptures de les capes i, el més important, van recol·lectar nombrosos fòssils marins. Es tractava, doncs, de calcàries secundàries i no pas primitives. Quedava confirmada la idea de Ramond. Conscients de la importància del descobriment, per separat, van córrer a comunicar-ho a l'*Institut de France*¹⁶. Ramond ho va fer per mitjà d'una carta a Haüy, un extracte de la qual va ser llegit a l'Institut el 21 de veremari de l'any VI (12 d'octubre, 1797), mentre que Picot de Lapeyrouse va enviar una petita memòria que va arribar a l'Institut alguns dies després de la carta de Ramond. Els dos textos van ser tramesos al *Journal de Mines* per ser publicats en l'ordre de recepció (Ramond, 1797; Picot de Lapeyrouse, 1797). Tot plegat va crear tibantor entre els dos naturalistes i Ramond va publicar el 1801 el llibre de viatges al Mont Perdut¹⁷ per explicar detalladament la seva versió dels fets.

Calia explicar la presència de les calcàries secundàries, obra de les aigües del mar, a les parts més altes de la serralada. Ramond, en l'extracte publicat de la carta a l'Institut (1797) no avança cap hipòtesi per explicar-ho. Picot de Lapeyrouse, en la memòria del mateix any, escriu: "*...la partie la plus centrale, la plus élevée des Pyrénées, qui est d'une formation secondaire, et visiblement l'ouvrage des eaux de la mer; [...] ces grandes masses qui forment actuellement les plus fortes élévations des Pyrénées, ne sont qu'une superfétation aux crêtes primordiales, qui a changé leur position, et qui les a placées bien au-delà de*

celle qu'elles reçurent dans leur origine" i que "*Les crêtes primordiales des Pyrénées n'étaient pas placées au point où existent aujourd'hui les plus grandes élévations de la chaîne*", i "*La plupart des sommets de ces régions, soit ceux de porphyre, soit ceux de cornéenne ou de trapp¹⁸, étant couronnés ou portant sur leurs flancs une ceinture calcaire, il est probable que les eaux qui ont élevé les crêtes les plus hautes du centre, ont déposé la même roche secondaire sur ces sommets, qu'elles recouvraient en entier*". Accepta el model neptunista clàssic, amb la serralada primordial, [que hauria estat erosionada], situada en un lloc diferent d'on avui se situen les màximes alçades.

Ramond, en el llibre publicat el 1801, també va especular per explicar la disposició actual de les calcàries secundàries que coronen la serralada. Entén que els materials de la gran massa de calcàries de la regió del Mont Perdut provenen de l'erosió d'un continent que situa al sud dels Pirineus i que aquests materials van ser-hi aportats per grans tempestes que n'explicarien en part les deformacions. Li sembla "*vraisemblable que les dérangements ont lieu dans le sein même des eaux et à mesure que les matières étaient déposées*" (p. 96). "*C'est une mer qui se fige au moment de la tourmente, et dont l'agitation se peint encore dans ces ondes pétrifiées*" (p. 104). Fins aquí és del tot ortodox amb el model neptunista. Però tanmateix, proposa que la disposició actual de les capes és deguda a la seva deformació a causa d'aixecaments i enfonsaments després d'haver-se format horitzontals. Ho raona a partir de la relació entre les fissures i l'estratificació: "*Qu'on admette les affaissemens de Deluc¹⁹ ou les soulèvements de Saussure²⁰, on ne fait qu'exprimer par deux formules différentes ce même changement de niveaux dont la croûte de la terre offre partout les vestiges; et si un fait aussi général et aussi solidement établi avait encore besoin d'être confirmé par de nouveaux exemples, ce serait précisément dans le*

¹⁸ El terme trapp prové del suec (*trapp* = escala) i es va introduir per designar l'empilament de colades basàltiques molt fluides, regulars i molt extenses, degut a la morfologia esglaonada que presenten. També es va utilitzar per designar les roques que els alemanys agrupaven sota el nom de *Grünsteine* (roques verdes), és a dir en general roques volcàniques bàsiques amb predomini de minerals verds, més o menys metamòrfiques. És un terme que tant ha servit per designar les roques com les formacions que les contenen. En llegir texts antics cal entendre el context i conèixer la geologia regional per capir de quines roques es tracta. En aquest cas, Lapeyrouse associa les roques de trapp als terrenys primordials, és a dir cristal·lins i metamòrfics associats. Es refereix a metavulcanites bàsiques contingudes en els esquistos variscs.

¹⁹ Jean-André Deluc (1727-1817), geòleg ginebrí, imaginava enfonsaments de continents sencers que en ser englotits per l'Oceà haurien fet davallar el nivell de les aigües, de manera que haurien pogut emergir nous continents amb muntanyes formades totalment per sediments (Sigrist, 2010).

²⁰ Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), geòleg ginebrí, pioner de la idea que les orogènies eren causades per forces horitzontals, entre 1774 i 1780, pensava, però, que la verticalització de les capes dels Alps, ben exemplificada per la disposició de les pudingues de Vallorcine, era causada per una força vertical subterrània. Entre 1780 i 1796 encunyà el concepte dels "*refoulements horizontaux en sens contraires*" per explicar el plegament de les serralades. Aquest concepte, però no va ser mai publicat de manera ben explícita tot i ser ben clar en les seves llibretes (Carozzi, 1997, 2005; Sigrist, 2010). Saussure va publicar la primera edició del seu *Voyage dans les Alpes...* en quatre volums entre 1779 i 1796, just abans que Ramond donés a conèixer els seus *Voyages au Mont-Perdu...* (1801).

¹⁵ Ramond va atènyer el cim del Mont Perdut el 22 de termidor, any X (10 d'agost de 1802) (Ramond, 1803).

¹⁶ Creat el 1795 inclou l'Acadèmia de Ciències i les altres quatre acadèmies franceses.

¹⁷ Reedat recentment per Éditions des Régionalismes, Cressé.

Mont-Perdu qu'on trouverait l'un des plus grands et des plus frappants de tous. En effet, rien n'y est demeuré à sa place: ou bien les masses on été soulevées au nord, ou bien elles se sont affaissées au midi; peut être même les deux mouvements ont eu lieu à la fois, et l'affaissement d'une partie a déterminé le redressement de l'autre. Je n'allègue-rais pas seulement en preuve de ce que l'avance, la diversité de position des couches, horizontales en bas, inclinées plus haut, verticales dans les sommets, arquées au fond de l'enceinte du Lac [...] les fissures qui croisent les couches en différents sens et qui n'ont pu cependant se former que sur des plans perpendiculaires à l'horizon, les fissures, dis-je, aussi déviées de leur situation originare que les bancs paraissent déplacés de leur assiette primitive, voilà des témoins bien autrement irrécusables des révolutions que le Mont-Perdu a éprouvées. Les unes sont dirigées du nord au sud, et celles-là ont conservé leur situation verticale: elles attestent que depuis leur formation, au moins, il n'y a pas eu de changement de position dans le sens de l'est à l'ouest [...]. D'autres s'inclinent diversement au nord et se prolongent parallèlement à la direction de la chaîne: elles indiquent un grand trébuchement dans le sens du nord au midi. D'autres sont absolument horizontales: elles n'ont pu arriver à cette position qu'en décrivant un quart de cercle avec les couches qu'elles traversent. Toutes sont sensiblement perpendiculaires au plan des couches [...] toutes déposent que ces couches sont parties de l'horizontale pour exécuter ces différentes évolutions. [...] Ailleurs, des bancs croisent d'autres bancs, et ceux-là sont démembrés [bretxes de falla ?] tandis que ceux-ci sont sains; c'est ainsi des couches horizontales et brisées couronnent des couches redressées et entières [rampa de bloc inferior ?]: les unes ont été culbutées sur les autres, et cet accident date des dernières révolutions de la montagne" (p. 156-158)²¹. És curiós que, per argumentar que les capes es disposaven originàriament horitzontals, parteixi de l'acceptació que les fissures s'havien format verticals, sense explicar-ne la raó. En tot cas, aquesta discussió sobre l'origen de la disposició de les capes calcàries del Mont Perdu és probablement el raonament tectònic més antic induït per l'observació de la geologia pirinenca²³.

²¹ Els dos sistemes de fissures descrits per Ramond corresponen a estructures dels primers estadis de la deformació de l'avantpaís, abans del plegament. Les fissures verticals d'orientació nord-sud són diàclasis d'extensió, mentre que les orientades est-oest amb inclinacions diverses i perpendiculars a les capes plegades corresponen a la disjunció de la roca a favor dels plans de clivatge de pressió-dissolució.

²² Després de llegir aquestes línies de Ramond es fa estrany que Gohau (1990, pp. 249-250) afirmi que Ramond no accepta la tectònica per explicar els plects de la regió del Mont Perdu i que pensa que les deformacions són sinsedimentàries. Gohau es fixa en la frase de la pàg 104 de Ramond (1801) citada més amunt i comenta "Le refus des mouvements tectoniques sait se faire poétique".

²³ Cal assenyalar que Picot de Lapeyrouse (1797) va excloure explícitament la deformació de capes horitzontals: «La régularité, le jeu, le caprice des bancs verticaux de grès et de calcaire sous-marin, les noeds hétérogènes d'une roche dans une autre, la verticalité uniforme des bancs de la chaîne primitive et des crêtes secondaires, les bancs verticaux coupés par des bancs horizontaux, ne permettent pas d'admettre aucune espèce de mouvement subit ou irrégulier qui ait redressé des couches horizontales» (p. 65). És possible que Ramond de Carbonnières i Picot de Lapeyrouse haguessin discutit sobre aquest tema.

EL PRIMER MAPA GEOLÒGIC DE CONJUNT DELS PIRINEUS: LA CARTE GÉOGNOSTIQUE DES PYRÉNÉES DE JEAN DE CHARPENTIER (1823)

Johann von Charpentier (1786-1855), fill de Wilhelm von Charpentier, va néixer a Freiberg, Saxònia, i va ser deixeble i seguidor de Werner²⁴. El 1808, als 22 anys, va acceptar la direcció de la mina de coure de Baigorri en els Pirineus bascos. Aviat va deixar aquesta ocupació, però es va quedar als Pirineus fins al 1812 recorrent la serralada i estudiant-ne la geognòsia. Va centrar la seva activitat entre el País Basc i l'Arieja, però també va fer alguna incursió a la part oriental de la serralada. El 1823 va publicar un *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées* que va acompanyar d'una *Carte géognostique des Pyrénées* a una escala aproximada de 1:550.000 (Fig. 3). Va començar-ne la redacció el 1810 i a la primavera de 1812 havia escrit fins a la descripció del "Grès rouge"; les observacions fetes durant l'any 1812 i la descripció dels terrenys del "Calcaire alpin" i de l' "amphibolique secondaire" hi van ser afegits quan ja havia marxat dels Pirineus. La publicació es va retardar per causes diverses i Charpentier era conscient que en els més de 10 anys transcorreguts des que havia marxat dels Pirineus la geognòsia havia fet grans progressos, en particular pel que fa a la determinació dels fòssils "que semblen caracteritzar certs terrenys secundaris" (p. XII). L'assaig exposa les idees que Charpentier s'havia fet de l'estructura dels Pirineus a l'època que els va recórrer (Zittel, 1901, Charpentier, 1823). Posteriorment va anar a dirigir les mines de sal de Bex al cantó de Vaud, Suïssa, on és enterrat. Va fer aportacions interessants en el camp de la glaciologia (Lugeon, 1920).

Charpentier no s'aparta gens de l'ortodòxia neptunista i hi fa encaixar totes les formacions i disposicions que observa. Distingeix quatre grans unitats o terrenys: primitius, de transició, secundaris i terciaris i d'al·livió. Subdivideix cada un d'aquests terrenys en diferents unitats litològiques. No creu en els fòssils per determinar l'edat relativa de les formacions, per fer-ho cal basar-se en les relacions entre elles²⁵. En el mapa, litografia pintada a l'aquarel·la de 76,8 cm x 35,1 cm, distingeix vuit unitats litològiques:

²⁴ A.G. Werner va ensenyar a la *Bergakademie* de Freiberg des de 1775 fins a la seva mort el 1817.

²⁵ "L'identité ou la différence des fossiles ne peuvent donc servir, d'une manière générale, à prononcer sur l'identité ou la différence des divers terrains. Elles sont, ce me semble, également insuffisantes pour déterminer leur âge relatif, parce qu'il nous faudrait préalablement connaître l'âge ou l'époque relative de l'existence de ces corps organisés; ce que nous ne pouvons déterminer précisément que par l'âge relatif des roches qui les renferment; il nous est donc impossible de tirer une conclusion en sens inverse; nous sommes donc réduits à observer le gisement des roches pour déterminer leur âge relatif." De la nota de les pp. 80-82, on explica la seva idea sobre la utilitat dels fòssils i el mètode per establir l'edat relativa de les formacions. Atès que Charpentier acabava de sortir de la *Bergakademie* de Freiberg, les idees expressades en aquesta nota deuen reflectir els ensenyaments de Werner a la primera dècada del segle, tot i que sembla que a finals de la seva vida va començar a considerar la possibilitat d'utilitzar els fòssils com a criteri estratigràfic.

Terrenys primitius

Terrain Granitique. El terreny granític forma la base de la serralada i està constituït fonamentalment per granit, grollerament estratificat, amb intercalacions de gneissos, esquists micacis i calcàries primitives. Els gneissos, tot i ser en algunes regions força abundants, els considera subordinats al granit, al que passen insensiblement. En el mapa cartografia tot aquest conjunt com a terreny granític.

Terrain du Schiste micacé. El terreny dels esquists micacis, sempre sobreposat al terreny granític, està format per diferents tipus d'esquists més o menys cristal·lins amb intercalacions diverses, entre altres, de calcàries compactes. Algunes de les taques representades en el mapa corresponen a micasquists cambro-ordovicianos que localment contenen intercalacions marbrenques, com per exemple passa en els departaments de l'Aude i

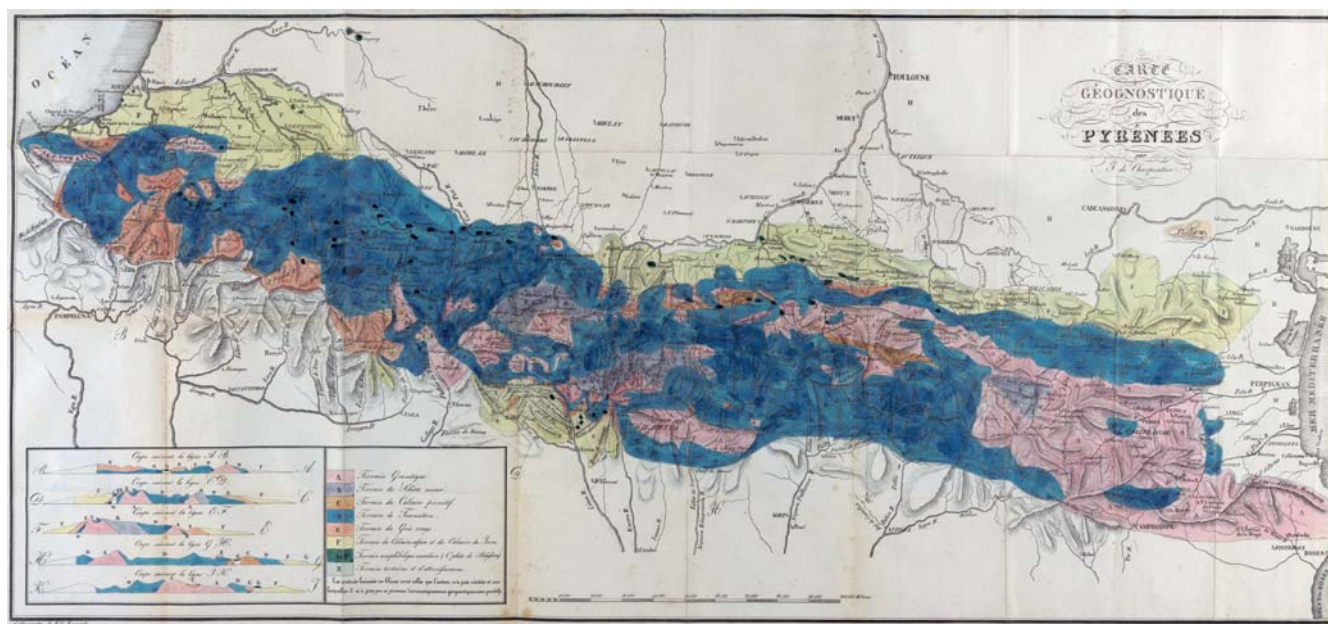


Fig. 3. *Carte géognostique des Pyrénées* de Charpentier (1823). Litografia acolorida a l'aquarel·la, l'original fa 76,8 x 35,1 cm i correspon a una escala aproximada de 1:550.000. La intensitat del color, en particular el blau, impedeix llegir la planimetria de fons. Una versió ampliable d'aquest mapa es troba a Wikipèdia a les entrades Jean de Charpentier (llengües francesa i anglesa) i Johann von Charpentier (llengua alemanya) on s'hi poden llegir bé tots els detalls. Exemplar de la Biblioteca municipal de Tolosa de Llenguadoc: LmC 11765, Bibliothèque de Toulouse, © Bibliothèque municipale de Toulouse, G. Boussières.

Fig. 3. *Carte géognostique des Pyrénées* by Charpentier (1823). Lithography painted in water colour, the original measures 76,8 x 35,1 cm, corresponding to an approximate scale of 1:550.000. The high intensity of the colours, especially the blue, hampers the legibility of the planimetry on which the geological map was drawn. A zoomable image of this map is available in Wikipedia (Jean de Charpentier in French and English Wikipedia; Johann von Charpentier in German Wikipedia), where the planimetric details are legible. Copy from the City Library of Toulouse: LmC 11765, Bibliothèque de Toulouse, © Bibliothèque municipale de Toulouse, G. Boussières.

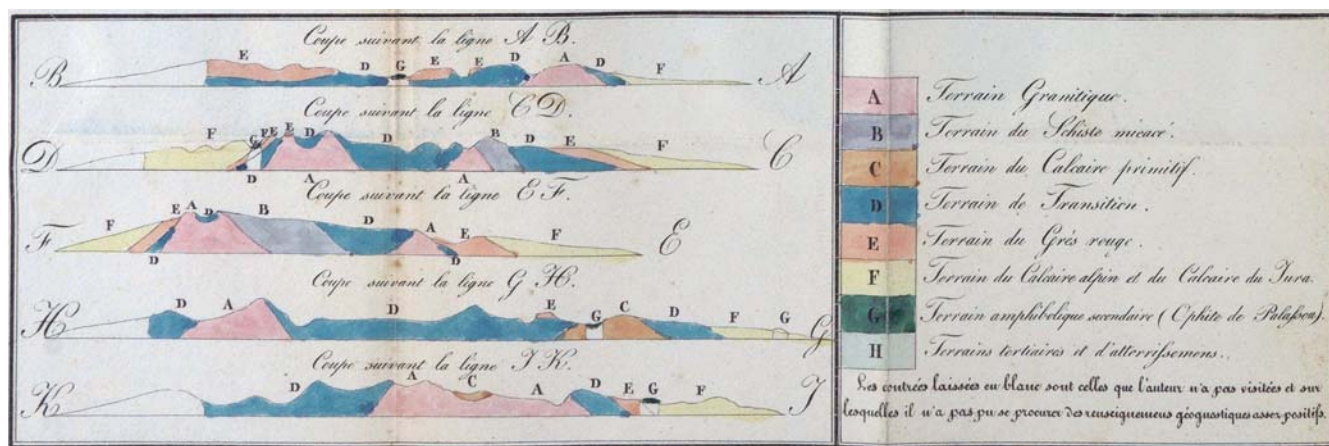


Fig. 4. Llegend i talls de la *Carte géognostique des Pyrénées* de Charpentier (1823). Noteu la unitat del Grès rouge [Permo-trias] a la base de la sèrie secundària i discordant sobre els terrenys primitius i de transició. Exemplar de la Biblioteca municipal de Tolosa de Llenguadoc: LmC 11765, Bibliothèque de Toulouse, © Bibliothèque municipale de Toulouse, G. Boussières.

Fig. 4. Legend and cross-sections from the *Carte géognostique des Pyrénées* by Charpentier (1823). Note the Grès rouge unit [Permo-Trias] at the base of the secondary units, lying unconformably over the primitive and transitional terrains. Copy from the City Library of Toulouse: LmC 11765, Bibliothèque de Toulouse, © Bibliothèque municipale de Toulouse, G. Boussières.

l'Ariège entre el massís gnèssic de l'Aston i els materials devonians del massís de l'Arisa (Arize), i a la taca situada al nord dels granits de Bielsa i de Lis-Calhavàs (Lys-Caillaouas). En d'altres casos, com a la taca que figura al nord del granit de Neuviella (Néouvielle) els esquistos micacis corresponen a materials devono-carbonífers.

Terrain du Calcaire primitif. El terreny de la Calcària primitiva és format per calcàries no subordinades al granit ni als micasquists i ha estat dipositat posteriorment als esquistos micacis, atès que hi presenta una relació d'"estratificació no paral·lela". Allà on les pinta en el mapa, essencialment una banda entre la vall de Vic de Sòs i la Garona, corresponen a grans trets a les calcàries siluro-devonianes; de tota manera hi ha grans extensions de calcàries siluro-devonianes, sobretot als Pirineus occidentals que situarà en els terrenys de transició. Entre les roques subordinades al terreny de la Calcària primitiva, esmenta el *pyroxène ou augite en roche* [les actuals lherzolites].

Terrenys de transició

Terrain de Transition. Els terrenys de transició són els més estesos i són formats per esquistos argilosos, calcàries i grauvaques principalment. Reposen sobre els terrenys primitius en estratificació "no paral·lela". Pensa l'autor que entre la formació dels terrenys primitius i la deposició dels terrenys de transició hauria transcorregut un temps considerable durant el qual els terrenys primitius haurien sofert grans revolucions –es refereix a processos erosius– que haurien modelat el relleu en forma de diferents protuberàncies²⁶ i haurien produït els materials que formarien els terrenys de transició, els quals haurien reblert les parts deprimides entre les protuberàncies. L'extensió que ocupen els terrenys de transició en el seu mapa coincideix en gran part amb els terrenys devono-carbonífers²⁷. De tota manera també hi inclou, entre altres, calcàries de les valls d'Aspe i d'Aussau (Ossau) on havia trobat madreporaris, bivalves, ammonites i belemnites, recol·lectats en roques que avui s'atribueixen al Juràssic i al Cretaci (pp. 308-309; 370-374; 414). No dona cap importància a aquests fòssils, que no interpreta estratigràficament.

Terrenys secundaris

Terrain du Grès rouge. És el més antic dels terrenys secundaris dels Pirineus. Entén que aquesta unitat equival al Rotliegendes alemany. És compost per gresos rojos, blancs, gresos esquistosos i pudinga quarzosa. Recobreix en "estratificació no paral·lela" les roques intermèdies i les roques primitives i la seva formació és anterior a la de les altres roques secundàries. La cartografia que en presenta coincideix força bé amb els afloraments permotriàsics més extensos.

Terrain du Calcaire alpin et du Calcaire du Jura. Charpentier admet que ambdues calcàries són difícils de separar. Denomina Calcària alpina²⁸ "a la calcària secundària, que segueix immediatament al *Grès rouge* i, per tant, la considera equivalent del Zechstein. A sobre passa a la Calcària del Jura. Cartografia sota aquests dos noms el conjunt de terrenys bàsicament calcaris del Juràssic, Cretaci i Paleogen (cita mostres amb "*numismales*" a la vall del Roncal, p. 477) que formen dues bandes, al nord i al sud de l'eix de la serralada i inclouen les calcàries del massís del Mont Perdut.

Terrain amphibolique secondaire (Ophite de Palassou). És format per amfibolita o diabasa. L'ofita es presenta en forma de montículs o turons aïllats, associada a argiles, guix i calcàries.

Terrenys terciaris i d'al·luvió

Terrains tertiaires et d'atterrissements. Ocupen el peu de les muntanyes i a la memòria no dedica cap capítol a la seva descripció detallada.

El treball de Charpentier és el primer que presenta un mapa geològic dels Pirineus amb cinc talls a través de la serralada que reflecteixen les seves idees (Figs. 3 i 4). En el mapa s'hi reconeixen bé les àrees ocupades pels terrenys granítics i gnèssics i la posició del *Grès rouge*, la unitat que ha estat descrita com Permotrias, entre els terrenys de transició i primitius i la sèrie bàsicament carbonàtica de la Calcària alpina i del Jura, és a dir el Mesozoic i el Paleogen. Representa un clar progrés en el coneixement de la geologia dels Pirineus i en deixa entreveure la seva complexitat. Picot de Lapeyrouse i Ramond distingien dos tipus de calcàries, mentre que Charpentier distingeix calcàries en diversos nivells: en els terrenys primitius (dos), en els terrenys de transició i en la Calcària alpina i del Jura. Reconeix, per primer cop i ben explícitament el *Grès rouge* i la seva posició a la base de la sèrie secundària en estratificació no paral·lela –avui se'n diria discordant– sobre els terrenys primitius i de transició, que ara sabem que corresponen als terrenys variscs. També queden força ben delimitats els massissos de granit i gneis si es consideren en conjunt. Pel que fa a les unitats situades entre els granits i el *Grès rouge* (esquistos micacis, calcària primitiva i terrenys de transició) les confusions estratigràfiques són notables, en bona part a causa de no considerar el contingut fòssil. Malgrat tot, el treball de Charpentier durant força anys va ser la síntesi vàlida i una de les obres importants del seu temps (Solé, 1980).

²⁸ La Calcària alpina (*Alpenkalk*) és un terme històric que comprèn diverses formacions calcàries dels Alps. A començaments del segle XIX es distingien quatre grans unitats litològiques en els Alps calcaris d'Àustria, una d'elles l'*Alpenkalk* que comprenia essencialment roques triàsiques i juràsiques, encara que també de cretàciques. A mesura que avançava el segle XIX la recerca estratigràfica d'aquesta regió es va centrar en distingir les diferents unitats calcàries que amagava el terme *Alpenkalk* i a establir-ne l'edat. Durant aquest procés, a mida que s'anava progressant en l'establiment de les diferents unitats, el terme *Alpenkalk* era usat pels diferents autors amb significats diversos (Tollmann, 1976) i el seu ús podia induir a confusió. És per això que Charpentier se sent obligat a justificar l'ús que en fa ja en el pròleg (p. x). Amb la millora del coneixement estratigràfic el terme *Alpenkalk* va acabar desapareixent de la literatura als volts de 1860.

²⁶ La idea que els terrenys primordials formaven diferents relleus abans de la deposició de les argiles i calcàries ja es troba en la memòria de Palassou.

²⁷ La discontinuïtat que es descriu aquí i la que Charpentier posa a la base de la Calcària primitiva corresponen al desenganxament dels materials del Paleozoic superior (Siluro-devonià i Carbonífer) dels cambro-ordovicianos.

A diferència de Ramond, Charpentier no creu en un redreçament de les capes posterior a la seva formació: pensa que les capes s'haurien format en la posició que les observem. Per explicar la presència de terrenys secundaris en els cims més alts de la serralada segueix la idea de Picot de Lapeyrouse (1797): una més forta erosió del vessant septentrional desplaça l'eix de la serralada cap al sud, idea que il·lustra amb un tall conceptual (Fig. 5). Aquest tall mostra també els terrenys secundaris en disposició no paral·lela sobre els primitius i els de transició trobant-se a més gran altitud que aquests últims. Per a un neptunista, això indicaria una erosió anterior als terrenys secundaris i un ascens posterior del nivell del mar. Aquestes complexitats no es troben en el resum que sobre la constitució geològica dels Pirineus fa ell mateix (Annex 2).

En efecte, aquest resum és una il·lustració de la cura que té el jove Charpentier de no sortir de l'ortodòxia werneriana. Els dos primers punts en donen l'esperit: totes les roques són neptunianes i, als Pirineus, s'hi observen tots els principals terrenys descrits pels altres geòlegs i en el mateix ordre de superposició que arreu. És un tipus de conclusió que també es troba en bastants treballs actuals. De l'estudi d'un cas particular es conclou que quadra amb el que estableixen els models imperants, i per tant no s'aporta res al coneixement general. En canvi es minusvaloren les diferències entre observacions i models, que podrien explotar-se per ajudar al progrés del coneixement. En el cas de l'estudi de Charpentier, les diferents relacions de no paral·lelisme descrites entre diferents unitats en són un exemple.

Els Pirineus orientals va ser la regió menys recorreguda per Charpentier. Cita Palassou i n'utilitza la informació, encara que no sempre l'aprofita tota. Cartografia generosament les àrees granítics i gnèissiques que afloren en la major part de la serralada en el departament dels Pirineus Orientals. En els terrenys de transició hi inclou una bona barreja de terrenys: Pissarres i esquistes cambro-

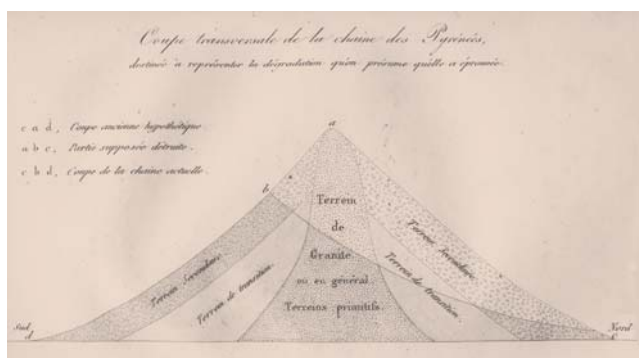


Fig. 5. Tall conceptual de Charpentier (1823). Acceptant un model neptunista clàssic, el tall mostra com l'erosió ha deixat a les parts més altes de la serralada les calcàries secundàries mentre que els terrenys primitius i de transició es troben a menor altitud i desplaçats cap al nord respecte de l'eix actual de la serralada. Exemplar de la Biblioteca del Museu Geològic del Seminari Conciliar de Barcelona.

Fig. 5. Conceptual cross-section by Charpentier (1823). Assuming the classic neptunist model, the section shows how, as a result of erosion, secondary limestones remained in the higher parts of the chain, and primitive and transitional terrains cropped out at lower altitudes and to the North of the present axis of the chain. Copy from the Library of the Museu de Geologia del Seminari Conciliar de Barcelona.



Fig. 6. Marcel de Serres (1780-1862), primer catedràtic de Geologia de la Universitat de Montpeller i autor de la *Carte Géologique du département des Pyrénées Orientales* (1829). Oli sobre tela de Charles Matet, 1841. Inscrit MH el 20/11/2009. © Université de Montpellier-Service du Patrimoine Historique. Foto Matthieu Sonnet.

Fig. 6. Marcel de Serres (1780-1862), first Professor of Geology at the University of Montpellier and author of the *Carte Géologique du département des Pyrénées Orientales* (1829). Oil on canvas by Charles Matet, 1841. Inscrit MH the 20th/11/2009. © Université de Montpellier-Service du Patrimoine Historique. Photo Matthieu Sonnet.

ordovicians (vora oriental de l'Aspre i sud del massís del Canigó), les calcàries siluro-devonianes que Palassou havia descrit a Corbera (Aspre) i a Vilafranca de Conflent, bona part del massís metamòrfic de l'Aglí i el Cretaci metamòrfic situat entre el granit de Millars i el massís de l'Aglí. Cartografia el Juràssic i el Cretaci de les Corberes que es troba al nord del departament com a Calcària alpina i del Jura. A la plana del Rosselló hi figuren terrenys terciaris i d'al·luvió.

MARCEL DE SERRES (1780-1862) I LA CARTE GÉOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DES PYRÉNÉES ORIENTALES (1829)

Marcel de Serres de Mesplès (Fig. 6) va néixer en el si d'una antiga²⁹ i rica família montpellerina el 3 de novembre de 1780³⁰. La vocació de Marcel de Serres per les ciències naturals es desvetllà durant la infantesa quan abandonava el llatí i els exercicis de memòria per anar a caçar insectes. De ben jove, doncs, va dedicar-se a l'estudi

²⁹ La seva filiació es pot seguir fins a començaments del segle XV i sembla que els seus orígens es relacionarien més o menys directament amb uns De Serres originaris de València que haurien emigrat a mitjans del segle VIII i als que Pipí el Breu hauria otorgat grans bens en el Vivarès, al Llenguadoc l'any 762 (Rouville, 1863).

³⁰ Totes les dades biogràfiques que segueixen provenen de l'*Éloge* de Rouville (1863).

de la naturalesa. A Montpellier, aleshores un centre molt actiu en el cultiu de l'història natural a França, gràcies a la seva fortuna, va poder dedicar-se a la seva afició.

Arran de la sobtada ruïna familiar fou enviat a París on va ser protegit del general Pierre Daru, també montpellerí, amic de la família i proper a l'Emperador Napoleó I. A París va seguir els cursos del Museu, entre altres els de Haüy i Brongniart, i va assistir a l'emergència de la geologia que acabaria essent l'ocupació de la seva vida.

Daru se'n va haver d'anar a l'est del país per preparar la campanya militar de 1809 i s'emportà el seu protegit, que aviat va tenir l'ocasió de lluir-se davant de l'Emperador. El 25 de juliol de 1809 va rebre el nomenament de professor de Geologia i Mineralogia a la facultat de Ciències de Montpellier, a la càtedra que havia estat creada l'any anterior per un decret imperial. Pràcticament al mateix temps, l'Emperador li encomanà una missió d'estudi a Àustria, que retardarà la seva incorporació a la universitat. Durant dos anys va visitar Àustria, Baviera i les ciutats hanseàtiques del Bàltic. Va recollir nombrosos materials que van donar lloc a una multitud de publicacions. Va deixar Àustria a finals de 1810 i l'any següent s'incorporava a la càtedra que exerciria, durant 53 anys, fins a la seva mort el 22 de juliol de 1862.

Conjuntament amb altres geòlegs francesos i d'altres països va contribuir a establir les bases de l'Estratigrafia. A ell es deu la noció de Quaternari com l'època de l'Home. També destaquen els seus estudis sobre el Terciari del migdia francès (Serres, 1829b). Enfronta els problemes geològics amb una actitud que amb posterioritat se'n dirà uniformitarista: Explica els dipòsits antics pels fenòmens observables en l'actualitat. No obstant això, el seu ensenyament està impregnat de creença religiosa; desenvolupa correspondències entre el Gènesi i les èpoques geològiques i pensa que l'home no és pas més antic que 7.000 anys.

Fins al 1815 es va dedicar sobretot a escriure sobre els seus viatges. És a partir de 1820, després d'haver publicat principalment sobre zoologia, que va dedicar-se de ple a la recerca geològica.

En els extractes dels reports fets sobre els treballs de la *Société Linnéenne de Normandie* entre els anys 1828 i 1832, redactats pel secretari de la Societat es pot llegir: “En fin, M. Marcel de Serres vous a envoyé un *Mémoire géologique très étendu sur le département des Pyrénées-Orientales, qui renferme un grand nombre de détails géologico-topographiques, et des considérations fort intéressantes sur l'influence exercée par le Mont-Canigou sur la température du bassin de Perpignan. Votre premier volume (2^{ème} série), contient un extrait de ce travail, auquel est jointe une petite carte géologique du département des Pyrénées-Orientales*” (Caumont, 1835)³¹.

Malauradament la memòria extensa que va presentar De Serres no s'ha conservat, els bombardejos de 1944 van destruir els arxius de la *Société Linnéenne de Normandie*³². Aquest mapa no es troba a cap de les col·leccions esmentades per Savaton (2003), però s'ha pogut consultar gràcies a l'exemplar que es conserva a la biblioteca del Museu geològic del Seminari Conciliar de Barcelona. El mapa forma part d'una separata que conté dos treballs de De Serres, entre ells, l'esmentat per Caumont: *Voyage géologique dans les Pyrénées-Orientales ou essai géognostique sur ce département* que inclou el mapa en qüestió (Serres 1829a; Serres i Penchinat, 1829). Tot i que el treball porta la signatura de De Serres, l'extracte publicat figura redactat per un *rapporteur* anònim.

Desconexem quan De Serres va presentar la memòria a la Societat Linneana. Si es té en compte l'any de publicació del resum (1829) es pot pensar que com a més tard la presentació hauria tingut lloc dins de 1828. Per tant, atès que cal un temps per redactar una memòria extensa és raonable suposar que els treballs de camp s'haurien dut a terme durant els anys 20, però abans de 1827. Així doncs, quan De Serres va emprendre el treball sobre els Pirineus Orientals, feia uns deu anys que Charpentier havia marxat dels Pirineus i quan va redactar-ne la memòria ja havia estat publicat l'*Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées* d'aquest autor.

Segons s'explica en el resum publicat, l'assaig de De Serres constava d'una introducció on resumia les formacions que hi ha al departament i de tres llibres que descrivien les tres valls principals, la vall de la Tet, la del Tec i la de l'Aglí, seguint diversos itineraris. El resum segueix el mateix esquema. Dedicava moltes línies al relleu, la botànica i aspectes climàtics i hi ha poques descripcions de les roques i la seva disposició. També presta força atenció a les coves i als seus reblliments, tema sobre el que De Serres va publicar bastants treballs. No explica mai la disposició de les capes. No hi ha citacions de treballs anteriors. Al final del resum el *rapporteur* explica que “il a terminé son ouvrage par un tableau synoptique des principales roches simples ou mélangées que l'on y rencontre, lequel tableau est suivi du catalogue des animaux fossiles, soit vertébrés, soit invertebrés, que l'on observe dans ce département, dans les terrains secondaires et dans les terrains tertiaires. Ces catalogues ont un intérêt réel, non seulement pour la fixation des espèces fossiles, mais surtout pour la détermination des différentes couches dans lesquelles on les rencontre” (pp. 178-179).

El mapa, a una escala aproximada de 1:530.000³³, és una litografia acolorida a l'aquarel·la de 25 x17 cm (Fig. 7). Hi consten les principals poblacions, la xarxa hidrogràfica ressaltada amb ombrejats i els principals camins. Distingeix, de modern a antic: terrenys terciaris, terrenys secundaris superiors, terrenys de transició o intermedis i terrenys primordials. A més, indica amb petites taques acolorides els dipòsits o pedreres de guix i els

³¹ Amb anterioritat, De Serres havia aixecat el primer mapa geològic del departament de l'Hérault que va ser dibuixat pel paisajista J.-M. Amelin. Aquest mapa, que porta data de 1827, va ser presentat a la *Société Linnéenne de Normandie* amb el treball “Observations générales sur la constitution géognostique du département de l'Hérault i publicat, el 1827, dins « Guide du voyageur dans le département de l'Hérault » de J.-M. Amelin. De Serres també va redactar el capítol de la guia dedicat a la constitució geognòstica del departament. Savaton (2003) situa, erròniament, la publicació d'aquest treball al 1833.

³² Informació personal del professor Jean-Philippe Rioult, de la *Société Linnéenne de Normandie*. Desconec si en algun arxiu de Montpeller fora possible de trobar-ne una còpia.

³³ La barra d'escala correspon, però, a una escala de 1:635.000.

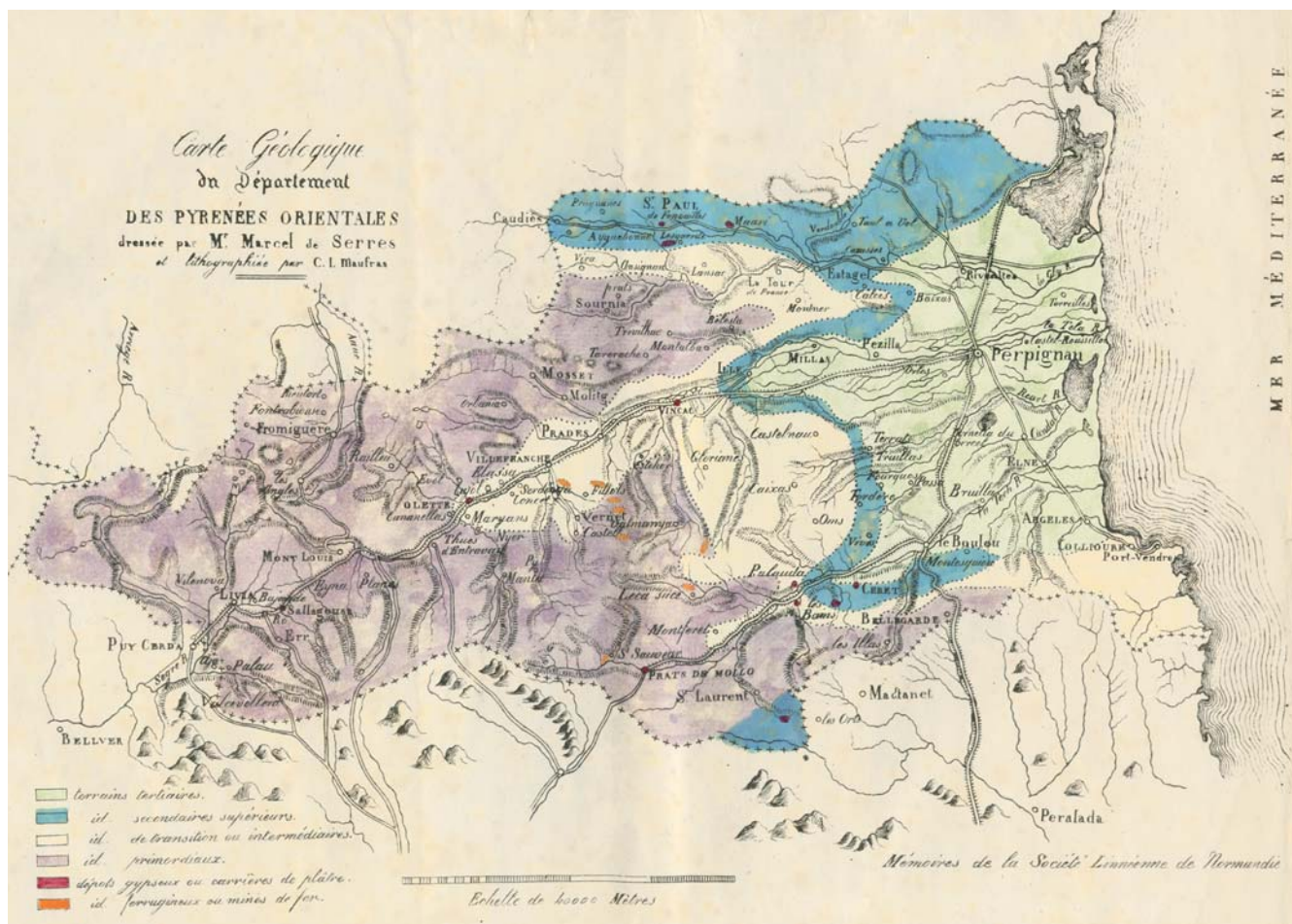


Fig. 7. Carte Géologique du département des Pyrénées Orientales de De Serres (1829). Litografia acolorida a l'aquarel·la de 25 x 17,5 cm que correspon a una escala aproximada de 1:530.000. Exemplar de la Biblioteca del Museu Geològic del Seminari Conciliar de Barcelona.

Fig. 7. Carte Géologique du département des Pyrénées Orientales by De Serres (1829). Lithography painted in water colour of 25 x 17 cm in size corresponding to an approximate scale of 1:530.000. Copy from the Library of the Museu de Geologia del Seminari Conciliar de Barcelona.

dipòsits ferruginosos o mines de ferro. D'acord amb les descripcions incloses en el resum, els diferents terrenys comprenen una varietat gran de formacions.

Terrains tertiaires. Els terrenys terciaris són formats, essencialment, per arenes marines superiors i escassos vestigis de calcàries tendres³⁴. A sota, les margues argiloses blaves conformen les capes més inferiors dels terrenys terciaris i estan barrejades amb arenes fluvials³⁵. Aquestes margues, en les que han excavat el seu llit el Tec i la Tet són molt riques en conques i zoòfits marins³⁶. Cita fòssils continentals (*Ursus Metopoleainus*³⁷, *Cervus elaphus*³⁸,

quelonis, etc.). Totes aquestes formacions es troben a la plana del Rosselló i a les valls de la Tet i el Tec abans d'entrar a la plana (a la vall del Tec pugen fins a Ceret).

En el text esmenta lenticles de terrenys d'aigua dolça lligats al sistema de lignits terciaris que es troben només a l'extrem occidental del departament. Es refereix, sens dubte, al rebliment terciari de la Cerdanya, que no és cartografiat en el mapa.

Pel que fa als dipòsits produïts amb posterioritat a la retirada del mar de sobre els continents, o dipòsits quaternaris, distingeix dos tipus de dipòsits diluvials (*diluvium*): l'inferior (*diluvium des montagnes*) és format per blocs de roques primitives més o menys considerables i es troba adossat a les muntanyes fins a una alçada de 500 m. El superior (*diluvium des plaines*) no es troba mai per sobre dels 200 m i consisteix bàsicament en graves formades per còdols normalment calcaris dins d'uns llits argilo-calcaris. Els terrenys quaternaris tampoc figuren en el mapa.

Terrains secondaires supérieurs. De Serres afirma que la seva composició és força simple. Quasi sempre són formats per la calcària grisa amb belemnites de l'estatge mitjà del Juràssic o per calcàries anàlogues del Lias, estatge inferior del Juràssic. A més, a l'extrem meridional

³⁴ De Serres parla de *calcaires moëllon*, que és un terme de la construcció que es refereix a calcàries tendres aptes per ser tallades.

³⁵ Descripció força ajustada, tenint en compte l'època, de les dues grans unitats del Pliocè del Rosselló.

³⁶ A finals del segle XVIII i principis del XIX s'anomenaven zoòfits a les petrificacions del regne animal la figura de les quals s'assemblava a les plantes. S'hi havien inclòs coral·laris, hippurítids, estrelles de mar, "trochites", "encrinites", entre altres.

³⁷ Nom d'espècie no acceptat en l'actualitat. Amb independència de l'equivalència específica que se n'accepti, cal indicar que revisions recents de les col·leccions d'*Ursus* del Rosselló han constatat que el mal estat de les peces impossibilita assignar-los espècies (com. pers. J. Martinell).

³⁸ Aquesta espècie es troba en el Pleistocè-Actual. Es deu tractar d'alguna forma primitiva (com. pers. J. Martinell).

del departament, s'hi troba la creta compacte inferior, caracteritzada per *Radiolites rotularis*³⁹, *Cyclolites hemisphaerica*⁴⁰, *Pecten quinque costatus*⁴¹ i un gran nombre d' *Hippurites*^{42,43}. La major part dels terrenys secundaris cartografiats es troben en una franja allargada que s'estén entre el Terciari del Rosselló i els terrenys de transició o intermedis. Al nord, aquesta franja comprèn els terrenys mesozoics de Les Corberes i els que limiten al nord el massís varisc de l'Aglí. Cap al sud, la franja voreja els massissos de l'Aglí i el granit de Millars fins just a l'oest d' Illa de Tet⁴⁴ i continua resseguint la vora dels terrenys paleozoics de l'Aspre fins als terrenys calcaris del Triàsic i Cretaci de la conca dels Banys d'Arles a la vall del Tec⁴⁵, on agafa direcció est-oest i acaba a prop del Volor (Boulou). Llevat de les calcàries triàsiques dels Banys d'Arles en tot el tram nord-sud de la franja i en el tram est-oest del sud no hi aflora cap calcària mesozoica. Només hi afloren calcàries siluro-devonianes, al cantó nord-est de l'Aspre, que queden englobades en aquesta franja. La representació d'aquesta franja de terrenys secundaris superiors és doncs una cartografia que força les observacions per adaptar-se a un model neptunista simple. La segona és una taca aïllada als voltants de Costoja que descansa directament sobre els terrenys primordials. Descriu aquesta taca com a formada per creta compacta inferior. Correspon a les unitats de Costoja que, a l'est de la falla d'Albanyà, a Espanya, reben el nom d'unitats de Bac Grillera, i que comprenen calcàries del Cretaci superior.

Terrains de transition ou intermédiaires. Aquesta unitat, que també anomena terrenys secundaris inferiors, forma una banda entre els secundaris superiors i els primordials. Corresponen, molt a l'engròs, als terrenys sedimentaris i metasedimentaris variscs que rodegen els terrenys que De Serres inclou en els primordials. Com a exemples de terrenys de transició en el text figuren els marbres de Vilafranca, que corresponen a calcàries siluro-devonianes (p. 164), i la serra esquistosa de l'Albera (p. 174), els esquists de la qual son d'edat cambro-ordoviciana.

Terrains primordiaux. Els terrenys primordials, que De Serres també anomena terrenys de cristal·lització, ocupen

la major part del departament. Dominen els granits, els gneissos i les calcàries, sacaroides o laminars. Les protogines⁴⁶, les eurites⁴⁷, les diorites i les serpentines hi són molt subordinades. A la vall de Pi observa "grans masses de calcària laminar i sacaroide enclavades entre gneis i acompanyades de diorita o de diabasa amfibolítica verdosa" (p. 164). Es refereix als marbres i les amfibolites inclosos en els esquists de Balaig (Guitard, 1970), a l'acabament occidental d'aquesta unitat. A la vall del Tec, als voltants del balneari de la Presta, prop de Prats de Molló, constata la presència de "gneis, calcàries laminars i sacaroides, entre les masses dels quals hi ha enclavades serpentines dures", roques primitives de les que brollen les aigües sulfuroses del balneari (p. 177). Es tracta de les pelites metamòrfiques de la sèrie de Canavelles amb intercalacions de marbres, roques calcosilicatades i metavulcanites bàsiques a la vora del contacte amb el gneis del Canigó, (Guitard, 1970).

Dépôts gypseux ou carrières de plâtre. En situa a tres zones, una, al nord, en el contacte entre el massís varisc de l'Aglí i el Juràssic i Cretaci, on els afloraments cartografiats corresponen a guixos del Keuper que afloren a l'est de l'Esquérda a la mateixa vall de l'Aglí i al sud de Maurí (p. 178); una altra als voltants dels Banys d'Arles, on afloren guixos triàsics del Muschelkalk mitjà i del Keuper⁴⁸; per últim, a la zona de Costoja, hi ha a guixos del Keuper de la base de les unitats encavalcants de Costoja.

Dépôts ferrugineux ou mines de fer. En el mapa situa vuit localitats en el massís del Canigó, però en el text només esmenta les mines d'Aituà, (p. 164), les de Fillols (p. 171) i les de la muntanya de Batera (p. 172).

El mapa de De Serres, tot i que ja utilitza els fòssils per caracteritzar les unitats, denota una gran influència del model neptunista en l'extrapolació de les observacions. La mostra més evident és la franja de terrenys secundaris superiors entre els terciaris i els de transició. Si bé, d'acord

³⁹ Avui *Radiolites angeioides* Lamarck, 1801 (com. pers. J. Martinell).

⁴⁰ Avui *Cyclolites elliptica* Lamarck, 1801 (com. pers. J. Martinell).

⁴¹ Avui *Neithea quinquecostata* (Sowerby, 1814) (com. pers. J. Martinell).

⁴² A la zona, hi ha espècies descrites d'*Hippurites*, *Hippuritella*, *Vaccinites* i *Batolites*. Tots els fòssils que cita De Serres en aquesta regió es troben en el Cretaci. (com. pers. J. Martinell).

⁴³ Cal notar que en els terrenys quaternaris, terciaris i secundaris De Serres utilitza els fòssils per classificar-los.

⁴⁴ En parlar de la vall de la Tet a l'est d'Illa de Tet: "Une bande assez étroite des terrains secondaires supérieurs lient les formations tertiaires du bassin oriental de la Têt, avec les terrains secondaires inférieures auxquels succèdent presque instantanément, vers le Nord, les formations primordiales" (p. 163). En aquesta zona, en contacte amb els materials terciaris hi ha, d'oest a east, el granit de Millars i la sèrie detrítica cambro-ordoviciana. Penso que va cartografiar aquí aquestes calcàries secundàries superiors per coherència ideològica sense haver-les observat.

⁴⁵ En descriure la vall del Tec: "Les terrains tertiaires y sont toujours accumulés vers l'est, comme les formations primordiales vers l'Ouest, lesquelles sont seulement séparées des premiers dépôts par des bandes étroites des formations secondaires, soit supérieures [calcàries triàsiques dels Banys d'Arles], soit inférieures" (p. 163).

⁴⁶ Protogina. Terme obsolet creat el 1806 per referir-se a una roca que forma bona part del massís del Montblanc. És una roca granítica amb textura gnèissica, de tons verdosos, amb feldspat sericititzat, biotita transformada a clorita, i epidota. En el cas dels Pirineus Orientals deuen correspondre a milonites granítics retrogradades.

⁴⁷ S'havia utilitzat aquest terme per designar qualsevol roca granítica de gra fi.

⁴⁸ "C'est aux pieds des montagnes de transition qui bordent cette ville [Ceret] que l'on découvre les premiers dépôts gypseux secondaires de la vallée du Tech. Ces dépôts s'y montrent disposés en amas et adossés aux formations secondaires qui [...] s'appuient contre les terrains intermédiaires et primitifs dont la chaîne, située au Sud de Ceret, se trouve composée. Les gypses de Ceret se montrent donc comme tous ceux de ce même ordre de formations adossés au pied des montagnes secondaires et caractérisés par des cristaux de quartz hyalin. [...] Il en est de même des dépôts gypseux exploités dans la même vallée du Tech, soit à Reynès, soit à Palauda. Ceux-ci, comme les premiers, appartiennent également aux formations secondaires postérieures au lias et même au calcaire gris à belemnites, et sont aussi accompagnés par des cristaux de quartz" (pp. 174-175). Quan parla de Lias o de calcària de belemnites cal llegir-ho com una atribució que fa ell, no que hi hagi trobat els corresponents fòssils, atès que es tracta de calcàries del Muschelkalk. En relació a la posició dels guixos respecte d'aquestes calcàries s'ha de tenir en compte que el Mesozoic dels Banys d'Arles presenta una estructura sinclinal amb un flanc pràcticament invertit i trencat per un encavalcament (Casas i Torrades, 2008).

amb els coneixements de l'època, aquests terrenys estan ben caracteritzats en el fragment est-oest de la franja al nord del departament, la seva extrapolació cap al sud és una fantasia ideològica. És una llàstima no haver pogut disposar de la memòria completa que va redactar De Serres on descrivia amb detall les seves observacions; de ben segur que hauria permès d'entendre millor com feia les extrapolacions.

CLOENDA

Convé destacar alguns dels resultats obtinguts pels geòlegs en aquests primers temps de l'estudi de la geologia pirinenca i fer algunes consideracions:

1. *Progrés del coneixement de la geologia pirinenca en temps neptunistes.* Els 50 anys que van des del treball de Palassou (de 1776 a 1781) fins a la publicació del mapa de De Serres (1829) coincideixen amb l'emergència de la geologia. Per tant, el progrés del coneixement geològic dels Pirineus és paral·lel al progrés de la geologia en formació. Al començament, Palassou (1781, 1784) ofereix una visió molt simple dels Pirineus, bàsicament una massa granítica a la base recoberta per una alternança de *schistes* i calcàries, sense cap consideració pels fòssils, ni pels tipus de calcàries. Així i tot, les descripcions litològiques i les localitzacions de les observacions que fa Palassou són identificables per un geòleg coneixedor del terreny. Després, Picot de Lapeyrouse ja distingeix dos tipus de calcàries, les primàries sense fòssils, sacaroides i/o fulloses [metamòrfiques] que es troben a l'interior de la serralada i les secundàries, que contenen abundants fòssils, a les parts externes (1788). La constatació que les calcàries del Mont Perdut, a l'eix de la serralada, eren secundàries (1797) com havia suposat Ramond, obliga a pensar històries geològiques que van donant complexitat al model neptunista. Picot de Lapeyrouse no s'aparta de l'ortodòxia neptunista, mentre que Ramond arriba a introduir raonaments estructurals. Charpentier (1823) en la seva memòria sobre el conjunt dels Pirineus, presenta una estratigrafia força complexa, tot i que no considera el valor estratigràfic dels fòssils, que aleshores començava ja a ser acceptat. Tot i l'increment de complexitat estratigràfica, no s'aparta mai de la ortodòxia neptunista. Per primer cop reconeix els *Grès rouge* com la unitat estratigràfica a la base de la sèrie secundària i la seva disposició discordant sobre els terrenys infrajacentes. Presenta el primer mapa geològic de conjunt dels Pirineus i els primers talls a través de la serralada. Malgrat no conèixer el treball de De Serres en els Pirineus orientals *in extenso* (algun moment dels anys 20, resum 1829), es pot afirmar que amb ell s'introdueix la utilització dels fòssils com a eina estratigràfica en els Pirineus, que es millora notablement el coneixement del Terciari i que es reconeix el Juràssic i el Cretaci gràcies al contingut fòssil.

2. *Els primers talls geològics dels Pirineus.* Són els cinc talls del mapa publicat per Charpentier el 1823 (Fig. 4). S'hi observa bé el relleu dels terrenys granítics, amb diversos massissos elevats (talls D-C i F-E) separats per

zones deprimides que van omplir els esquists micacis, la calcària primitiva i els terrenys de transició. Els terrenys secundaris comencen amb el *Grès rouge* que descansa sobre els terrenys de transició o sobre els terrenys granítics, discordant, al que segueixen la Calcària alpina i la calcària del Jura. En conjunt reflecteixen la idea neptunista, ja complexa, de la geologia dels Pirineus.

Una mica d'heterodòxia, algun raonament estructural. Els diferents autors neptunistes tractats, amb més o menys complexitat, expliquen la geologia pirinenca com a resultat de processos sedimentaris separats per períodes erosius. La disposició de les capes, inclosos els plecs, serien estructures sinsedimentàries. Només Ramond (1801), després de complir amb l'ortodòxia afirmant que els plecs i ruptures que observa a la regió del Mont Perdut podrien ser sinsedimentaris, raona, a partir d'acceptar que les fissures de la roca han d'haver estat formades verticals, que les capes havien d'haver-se format horitzontals i que una revolució posterior les va plegar i trencar. En escriure això, és conscient del trencament que suposa aquesta opinió⁴⁹. Introdueix per primer cop un raonament estructural en la interpretació dels Pirineus.

Evolució del mapa geològic dels Pirineus Orientals. Els tres mapes dels Pirineus produïts en el període de formació de la geologia, sota el model neptunista, reflecteixen els primers passos d'aquesta ciència. El mapa de Palassou (1781) encara no representa unitats litològiques amb valor estratigràfic, mentre que els mapes de Charpentier (1823) i De Serres (1829a) sí que ho fan, raó per la qual poden considerar-se ja mapes geològics. Tanmateix, el de Palassou dóna alguna "informació estructural", cosa que no proporcionen els dels altres dos autors⁵⁰. Tant Charpentier com De Serres agrupen les formacions que observen en les grans divisions clàssiques del model neptunista. La principal diferència entre els dos autors rau en el fet que Charpentier no té encara en compte els fòssils per a l'establiment de l'estratigrafia, cosa que fa De Serres. Charpentier dedica més atenció a les unitats que formen la serralada pròpiament dita⁵¹,

⁴⁹ Ramond introdueix el raonament amb la següent frase: "Et, certes, en proposant cette dernière conjecture au risque de toutes ses conséquences, je ne crains point d'exposer une hypothèse nouvelle à la censure des Géologues" (p. 156). Una desena d'anys més tard, l'administrador forestal Dralet (1813), en el seu resum dels coneixements de la geologia pirinenca inclòs en el seu llibre sobre els Pirineus, escriu (p. 19): "M. Ramond (...) a essayé de démêler, dans les Pyrénées, l'ordonnance fondamentale de toutes les grandes chaînes connues. C'est aux maîtres de l'art seuls à en juger. (...) il a constaté une multitude de faits importants. Rien ne paraît plus vraisemblable que les hypothèses qu'il a fondées sur la comparaison de ces faits; rien de plus séduisant que le système créé par ce savant géologue; je n'en ferai point ici l'exposition, de crainte d'altérer la substance d'un ouvrage dont chaque page offre l'heureuse réunion des grâces du style à la force du raisonnement. Sembla que Dralet era conscient del trencament que podien representar algunes de les idees de Ramond. No s'atreveix ni a resumir-les! Els mestres de l'art les hauran de jutjar.

⁵⁰ Tot i que Charpentier, dedica un paràgraf de la seva memòria per indicar que la inclinació de les capes dels Pirineus és, normalment, superior als 45° (p. 106).

⁵¹ A la seva memòria no dedica cap capítol a la descripció dels terrenys terciaris i d'al·luvió.

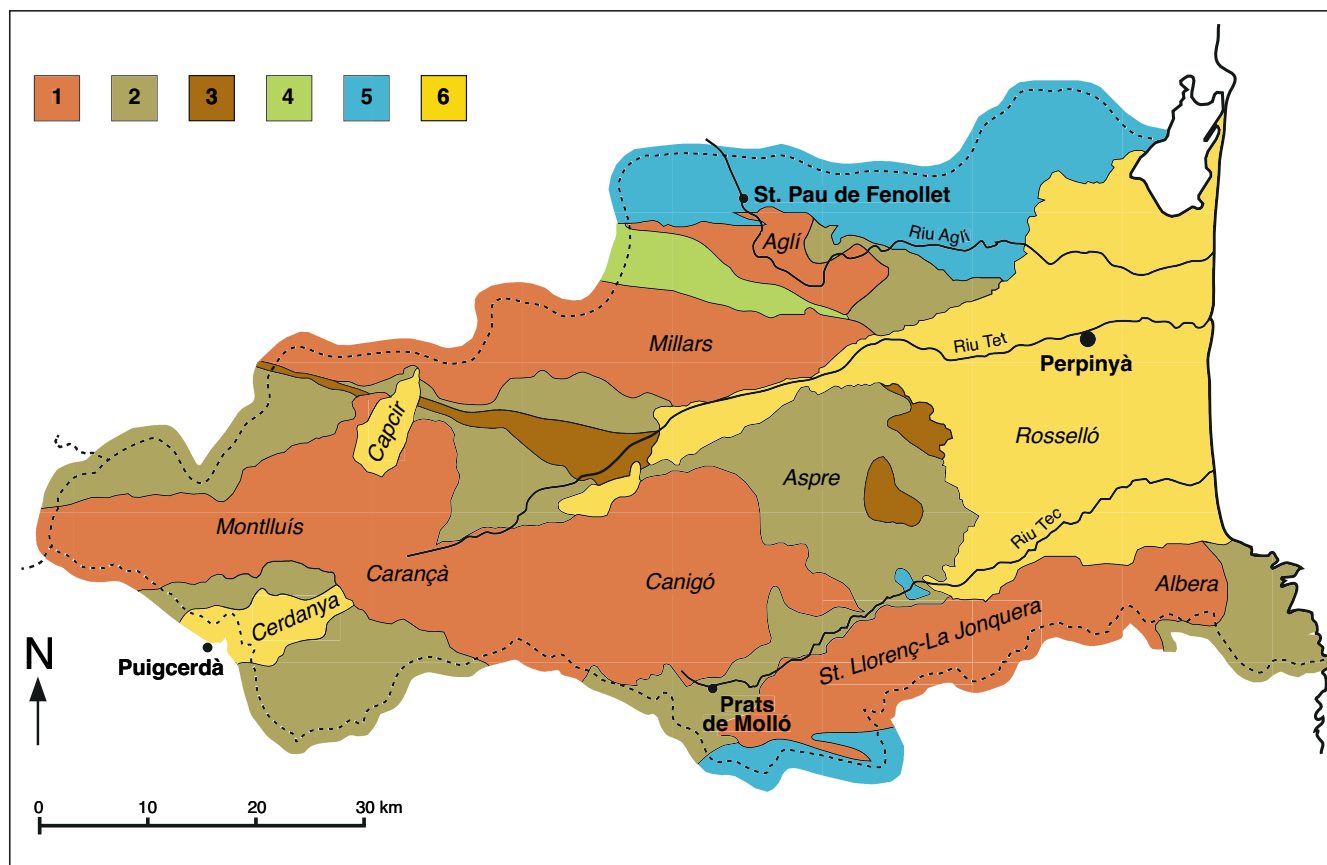


Fig. 8. Mapa geològic del departament dels Pirineus Orientals simplificat a partir dels mapes geològics actuals, en bona part amb criteris neptunistes, per facilitar la comparació dels mapes de Charpentier i de Serres amb els mapes actuals. 1) Granits, ortogneissos i micasquists i altres roques intercalades entre aquestes en afloraments relativament petits. Correspon al terreny granític de Charpentier i als terrenys primordials de De Serres. 2) Grans àrees de metasediments del Paleozoic inferior (sèries de Canavelles i Jujols, bàsicament). 3) Silurià, Devonian i Carbonífer. El terreny de transició de Charpentier en els Pirineus Orientals i els terrenys de transició o intermedis de De Serres són formats majoritàriament per 2 i 3. 4) Cretaci metamòrfic, inclòs pels dos autors en els terrenys de transició. 5) Majoritàriament roques mesozoiques, predominantment carbonàtiques. Correspon al terreny de la Calcària alpina i de la Calcària del Jura de Charpentier i als terrenys secundaris superiors de De Serres. Noteu que aquest autor també inclou calcàries siluro-devonianes (3) en els terrenys secundaris superiors. 6) Neògen i Quaternari. Correspon als terrenys terciaris i d'al·luvió de Charpentier i als terciaris de De Serres.

Fig. 8. Geological map of the *Département des Pyrénées Orientales* simplified from present maps, using partly neptunist criteria, to facilitate comparison of the Charpentier and De Serres maps with present maps. 1) Granites, orthogneisses, and intercalated micaschists and other rocks in relatively small outcrops. 1 corresponds to Charpentier's granite terrain and to De Serre's primordial terrains. 2) Large areas dominated by Lower Palaeozoic metasediments (mainly Canavelles and Jujols series). 3) Silurian, Devonian and Carboniferous. Charpentier's transitional terrains in the Eastern Pyrenees and De Serre's transitional terrains are mainly constituted by 2 and 3. 4) Metamorphic Cretaceous, included by these authors in the transitional terrains. 5) Mainly Mesozoic rocks, predominantly limestones. It corresponds to Charpentier's Alpine limestone and Jura limestone and to De Serre's Upper secondary terrains. Note that the latter author also includes Siluro-Devonian limestones (3) in the Upper secondary terrains. 6) Neogene and Quaternary, corresponding to Charpentier's Tertiary and alluvial terrains and to De Serre's Tertiary terrains.

mentre que De Serres es fixa més en els terrenys terciaris del Rosselló. Tot i que Charpentier va recórrer poc els Pirineus orientals, la seva subdivisió dels terrenys situats entre les calcàries secundàries i els terrenys cristal·lins primordials és una mica més ajustada que la de De Serres. Els límits de les unitats dibuixats per Charpentier són, però, molt més imprecisos que els de De Serres, llevat dels llocs on aquest autor ha cartografiat conceptualment, com és el cas de l'orla de calcàries secundàries situada entre els terrenys de transició i els terciaris del Rosselló. La figura 8 mostra un mapa construït a partir dels contorns dels mapes actuals, resultat de més de 200 anys de treball geològic, agrupant alguns terrenys tal com ho feien els neptunistes. La comparació d'aquest mapa amb els de Charpentier (Fig. 3) i De Serres (Fig. 7) permetrà al lector fer-se una idea dels assoliments d'aquests autors.

3. *El mapa de De Serres és un dels mapes departamentals francesos més antics.* Dels gairebé 90 mapes departamentals inventariats per Savaton (2003), només una tercera part porta dates anteriors al 1841, any de publicació del mapa geològic de França a 1:500.000 d'Élie de Beaumont i Dufrénoy i tan sols quatre s'haurien publicat durant els anys vint: els de Còrsega el 1820, el d'Orne el 1826 i els de Calvados i Pirineus Orientals el 1829⁵². A la llista publicada per Savaton hi ha tretze mapes sense data; cap d'aquests correspon a departaments pirinencs. Així doncs la *Carte géologique des Pyrénées-Orientales* de Marcel de Serres és també el primer mapa geològic d'una regió dels Pirineus.

⁵² Cal afegir-hi el del departament de l'Hérault publicat per De Serres el 1827. Vegeu nota 31.

4. *El mapa geològic més antic d'una regió dels Països Catalans*. Els primers mapes geològics regionals de territori espanyol van ser aixecats per naturalistes forans. Els més antics publicats són el d'Extremadura i Nord d'Andalusia del francès Le Play i el de les illes de Mallorca i Menorca de l'italià La Marmora, que van veure la llum el 1834 (Darder, 1946; Solé, 1983; Boixereu, 2008), en el marc de concepcions plutonistes. El començament de les cartografies geològiques de l'administració espanyola se situa en la publicació del mapa de Schulz inclòs en la seva *Descripción geognóstica del reino de Galicia* el 1835 (Solé, 1983; Julivert, 2014). Les primeres descripcions geològiques provincials, que van acompanyades de mapes, no van aparèixer fins a mitjans de segle. Així doncs, el mapa de De Serres és el primer d'una regió dels Països Catalans.

5. *Importància de les aportacions neptunistes*. Aquest treball mostra com sota el paraigua de la doctrina neptunista es va començar a desenvolupar el coneixement geològic dels Pirineus, en paral·lel al naixement de la geologia. Cal valorar l'enorme progrés que va de Palassou a De Serres. Poc després que aquest publicqués el seu mapa es va imposar la revolució huttoniana i el neptunisme va entrar en descrèdit. A propòsit d'aquest canvi de sistema Ellenberger (1994) va escriure: "*L'instauration d'un système nouveau se fait souvent en démantelant l'ancien, en mettant à nu ses failles, ses manques, ses erreurs. Les vainqueurs piétinent les gravats, inconscients de tout ce qu'ils doivent au monument abattu*". La teoria

neptunista i el mètode de treball que es va desenvolupar a redós d'ella van donar lloc al naixement de la geologia i als seus progressos inicials, lents i difícils.

AGRAÏMENTS

A S. Calzada i A. Abad del Museu Geològic del Seminari Conciliar de Barcelona, per totes les facilitats i l'ajut prestats. A G. Boussières i E. Monterosino de la Biblioteca municipal de Tolosa de Llenguadoc que han proporcionat la reproducció digital del mapa de Charpentier. A N. Miralles-Aumasson la reproducció digital del retrat de M. de Serres i a P. Beauregard, en nom del president de la Universitat de Montpeller, l'autorització per a publicar-la. A J.-Ph. Rioult de la *Société Linéenne de Normandie*, Caen, que m'ha informat de les vicissituds de l'Arxiu de la Societat com a conseqüència dels bombardeigs de 1944 i a M. Séranne de la Universitat de Montpeller que m'ha facilitat informació sobre De Serres. A R. Domènech, J.M. Casas, J. Martinell, J.A. Muñoz i M. Liesa, bons coneixedors de diferents aspectes de la geologia pirinenca, que m'han donat bons cops de mà en l'establiment de correspondències entre les descripcions antigues i els coneixements actuals i han fet valuosos comentaris a un primer manuscrit. A P. Salles de Pau per l'assessorament en la grafia dels topònims occitans. A Pau Santanach que ha preparat les il·lustracions. A S. Domènech pel seu ajut des de la biblioteca. Als revisors E. Aragonès i J. Ordaz pels interessants comentaris i suggeriments.

REFERÈNCIES

- Amelin, J.-M. 1827. Guide du voyageur dans le département de l'Hérault. 1-586. Gabon & Compagnie, Paris.
- Autran, A., Fonteilles, M., Guitard, G. 1970. Relations entre les intrusions de granitoïdes, l'anatexie et le métamorfisme régional considérés principalement du point de vue du rôle de l'eau: cas de la chaîne hercynienne des Pyrénées orientales. Bulletin de la Société géologique de France, 7ème série, 12(4): 673-731.
- Autran, A., Calvet, M., Delmas, M. 2005. Mont-Louis (1094). Carte géologique de France (1:50.000). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orleans.
- Bertrand, L., Mengel, O., Longchambon, M. 1912. L'Hospitalet (256). Carte géologique détaillée de la France (1:80.000). Service de la Carte géologique de France, Paris.
- Boixereu, E. 2008. El boceto de un mapa geológico de Extremadura y Norte de Andalucía de Frédéric le Play (1834): Primer mapa geológico realizado en España. Boletín Geológico y Minero, 119(4): 495-507.
- Carreras, J., Julivert, M., Santanach, P. 1980. Hercynian mylonite belts in the eastern Pyrenees. Journal of Structural Geology, 2: 5-9.
- Cahuzac, B. 2005. Jacques-François de Borda d'Oro, un esprit scientifique éclairé à la fin du XVIII^e siècle. Bulletin de la Société de Borda, Dax, 130ème année, 480(4): 421-506.
- Carozzi, A.V. 1997. Horace-Bénédict de Saussure, pionnier en 1784 du concept de "refoulements horizontaux en sens contraires" en géologie structurale. Travaux du Comité français d'histoire de la géologie (cofrhigeo), troisième série, 11, www.annales.org/archives/cofrhigeo/saussure.html.
- Carozzi, A.V. 2005. Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799). Un pionnier des Sciences de la Terre: 1-431. Éd. Slatkine, Ginebra.
- Casas, J.M., Torrades, P. 2008. Estructura de la cuenca mesozoica de Els Banyes d'Arles. Geotemas, 10: 685-688.
- Caumont, A. de 1835. Extrait des rapports faits sur les travaux de la Société Linnéenne de Normandie depuis l'année 1828 jusqu'à 1832. Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie, seconde série, 5: 1-36.
- Cavet, P. 1957. Le Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre (étude stratigraphique et paléontologique). Bulletin du Service de la Carte géologique de France, 55(254): 1-216.
- Charpentier, J. de 1823. Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées: i-xvi, 1-633. F.-G. Levrault, Paris.
- Darder, B. 1946. Història de la coneixença geològica de l'illa de Mallorca: 1-185. Ed. Moll, Palma de Mallorca.
- D'Arcet, J. 1776. Discours en forme de dissertation sur l'état actuel des montagnes des Pyrénées, et sur les causes de leur dégradation. 1-132. P.G. Cavelier, Paris.
- Depéret, C., Mengel, O. 1911. Céret (258). Carte géologique détaillée de la France (1:80.000). Service de la Carte géologique de France.
- Dralet, E.-F. 1813. Description des Pyrénées considérées principalement sous rapport de la Géologie, l'Économie politique, rurale et forestière, de l'Industrie et du Commerce. Tome 1: i-xxvi + 1-262. Chez Arthus Bertrand, Paris.
- Dufrénoy, A. 1834. Mémoire sur la position géologique des principales mines de fer de la partie orientale des Pyrénées, accompagné de considérations sur l'époque du soulèvement

- du Canigou, et sur la nature du calcaire de Rancie. Mémoires pour servir à une description géologique de la France, tome II: 415-462.
- Dufrénoy, A., Élie de Beaumont, L. 1841. Carte géologique de la France, 1:500.000 (6 fulls). Ministère des Travaux Publics.
- Dufrénoy, A., Élie de Beaumont, L. 1841-1879. Explication de la carte géologique de France. Volum 1: 1- 859 + mapa geològic de França a 1:2.000.000; volum 2: 1-828; volum 3: 1-246; volum 4: 1-192, volum 5: 1-728. Imprimerie Royale, Paris.
- Durand-Delga, M. 2002. Pierre-Bernard Palassou (1745-1830), pionnier de la géologie des Monts-Pyrénées. Travaux du Comité français d'histoire de la géologie (cofrhigeo), troisième série, 16, <http://www.annales.org/archives/cofrhigeo/cartes-detaillees.html>.
- Élie de Beaumont, L. 1829-30. Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes et les changements soudains qui ont établi les lignes de démarcation qu'on observe entre certains étages consécutifs de sédiment. Annales des Sciences naturelles, 18: 5-25, 284-416 (1829); 19: 5-99, 177-240 (1830).
- Ellenberger, F. 1982. Les premières cartes géologiques en France: projets et réalisations. Travaux du Comité français d'histoire de la géologie (cofrhigeo), première série, 30, <http://www.annales.org/archives/cofrhigeo/premieres-cartes-geologiques.html>.
- Ellenberger, F. 1994. Histoire de la Géologie. Tome 2. La grande écloison et ses prémices 1660-1810: 1-381. Lavoisier, Paris.
- Fontboté, J.M. 1991. Reflexions sobre la tectònica dels Pirineus. Memòries de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, 3ª època, nº 889, 50(7): 303-352.
- Gaudant, J. 1991. Les cent-cinquante ans de la première carte géologique de France. Travaux du Comité français d'histoire de la géologie (cofrhigeo), troisième série, 5, <http://www.annales.org/archives/cofrhigeo/premiere-carte-geologique.html>.
- Gohau, G. 1990. Les sciences de la Terre aux XVIIe et au XVIIIe siècles. Naissance de la géologie: 1-420. Albin Michel, Paris.
- Grenier, R.J. 1915. La conquête du Mont-Perdu. Bulletin de la Société Ramond, 1915: 71-94.
- Guitard, G., Cavet, P., Autran, A., Auriol, L., Klimek, E., Fontboté, J.M. 1968. Prades (257). Carte géologique détaillée de la France (1:80.000), 2ª edició. Ministère de l'Industrie, Service de la Carte géologique de France.
- Guitard, G. 1970. Le métamorphisme hercynien mésozonal et les gneiss ocellés du massif du Canigou (Pyrénées orientales). Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 63: 1-317.
- Guitard, G., Geyssant, J., Laumonier, B., Autran, A., Fontelles, M., Dalmayrach, B., Vidal, J.-C., Mattauer, M., Bandet, Y., Berger, G.N.M. 1992. Prades (1095). Carte géologique France (1:50.000). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.
- Guitard, G., Laumonier, B., Autran, A., Bandet, Y., Berger, G.M. 1998. Notice explicative de la feuille de Prades à 1:50000: 1-198. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.
- HistMap: réseau européen pour l'histoire des cartes géologiques. <http://www.hstl.crhst.cnrs.fr/i-corpus/histmap/cartesgeologiquesfrance/index.php>.
- Julivert, M. 2014. Una historia de la geología en España. En su contexto socioeconómico, cultural y político, y en el marco de la geología internacional. 1-295. Publicacions i Edicions, UB, Barcelona.
- Lacroix, A. 1917. L'exploration géologique des Pyrénées par Dolomieu en 1782. Documents inédits publiés par M. A. Lacroix, Bulletin de la Société Ramond, 1917-1918: 120-178.
- La Marmora, A. de 1834. Observations géologiques sur les deux îles Baléares Majorque et Minorque. Memorie della Reale Accademia delle Scienze, Torino, 38: 51-74 + 1 mapa. Traducció a l'espanyol + pròleg de Furió, A. (1846): Observaciones geológicas sobre las islas Baleares Mallorca y Menorca: 1-31 + mapa. Imp. Gelabert, Palma.
- Le Play, F. 1834. Observations sur l'Extremadure et le nord d'Andalousie, et essai d'une carte géologique de cette contrée. Annales des Mines, 3ème série, 5: 175-236; 6: 297-380 i 477-519.
- Lugeon, M. 1920. Jean de Charpentier. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, 53: 465-481.
- Mayoux, P. 1990. La carrière scientifique de Ramond de Carbonnières. In "Un naturaliste dans les Pyrénées pendant la Révolution: Ramond de Carbonnières": 11-47. Musée Pyrénéen Château-Fort ed., Lourdes.
- Musée Pyrénéen Château-Fort. 1990. Un naturaliste dans les Pyrénées pendant la Révolution: Ramond de Carbonnières. 1-90. Impr. Carrer-Vène, Lourdes.
- Oldroyd, D. 2013. Maps as pictures or diagrams: the early development of geological maps. Geological Society of America Special Paper, 502: 41-101.
- Palassou, P.-B. 1781 i 1784. Essai sur la Minéralogie des Monts-Pyrénées. 1-331. Primera edició, 1781; segona edició 1784. Didot jeune, Paris.
- Palassou, P.-B. 1819. Suite des mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrénées et des pays adjacents. 1-430. Vignancour, Pau.
- Pasumot, F. 1797. Voyages physiques dans les Pyrénées en 1788 et 1789. Histoire naturelle d'une partie de ces montagnes; Particulièrement des environs de Barege, Bagnères, Cauterès et Gavarnie. 1-423. Impr. Le Clere, Paris.
- Picot de Lapeyrouse, P. 1788. Fragments de la Minéralogie des Pyrénées; excursions dans une partie du Comté de Foix. Histoire et Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres de Toulouse, 3: 384-427.
- Picot de Lapeyrouse, P. 1797. Voyage au Mont-Perdu et observations sur la nature des crêtes les plus élevées des Pyrénées. Journal des Mines, 7(37): 39-66.
- Prévost, C. 1840. Sur la théorie des soulèvements. Observations. Bulletin de la Société géologique de France, 11: 183-203.
- Ramond, L.-F. 1789. Observations faites dans les Pyrénées, pour servir de suite a des observations sur les Alpes: insérées dans une traduction des lettres de W. Coxe sur la Suisse. 1-452. Belin, Paris.
- Ramond, L.-F. 1797. Extrait d'une lettre du citoyen Ramond, Associé de l'Institut national, et Professeur d'Histoire naturelle à Tarbes, au citoyen Haüy, membre de l'Institut à Paris; sur deux voyages au Mont-Perdu, sommet le plus élevé des monts Pyrénées. Journal des Mines, 7(37): 35-38.
- Ramond, L.-F. 1801. Voyages au Mont-Perdu et dans la partie adjacente des Hautes Pyrénées. 1-392. Belin, Paris. Traducció a l'espanyol de Serrano, J.L. 2002. Viajes al Monte Perdido y a la parte adyacente de los Altos Pirineos (Francia, 1801-1804). 1-301. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Ramond, L.F. 1803. Voyage au sommet du Mont-Perdu. Journal de Mines, 14(83): 321-350.
- Riba, O., Reguant, S. 1986. Una taula dels temps geològics. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, 81: 1-127.
- Rouville, P.-G. de 1863. Éloge historique de Marcel de Serres prononcé dans la séance de rentrée solennelle des Facultés et de l'École de Pharmacie de Montpellier. 1-55. Impr. Jean Martel, Montpellier.
- Savaton, P. 2003. Les cartes avant les cartes. Les cartes géologiques départementales: la première cartographie détaillée de la France. Travaux du Comité français d'histoire de la géologie (cofrhigeo), troisième série, 17, <http://www.annales.org/archi>

- ves/cofrhigeo/cartes-detaillées.html.
- Schulz, G. 1835. Descripción geognóstica del Reino de Galicia, acompañada de un mapa petrográfico de este país: 1-52. Imprenta de los herederos de Collado, Madrid.
- Serres, M. de. 1829a: Voyage géologique dans les Pyrénées-Orientales ou essai géognostique sur ce département. (Extrait d'un manuscrit inédit adressé par l'auteur à la Société Linnéenne de Normandie). Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie, seconde série, volume 1, première partie: 157-179 + Carte Géologique du Département des Pyrénées Orientales, escala aproximada, 1:530.000.
- Serres, M. de. 1829b. Géognosie des Terrains Tertiaires ou Tableau des principaux animaux invertébrés des terrains marins tertiaires du Midi de la France. 1-375. Pomathio-Durville, Montpellier.
- Serres, M. de, Penchinat, C. 1829. Notes sur le gissement de la magnésite plastique de Salinelles (Gard) et sur les dépôts fluviatiles moyens, peu distants des formations où l'on rencontre la magnésite. Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie, seconde sér. vol. 1, première partie: 180-184.
- Sigrist, R. 2010. Deluc et Saussure : deux itinéraires vers la géologie (1760-1810). Travaux du Comité français d'histoire de la géologie (cofrhigeo), troisième série, 24(4): 71-102, halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00913922/.
- Solé, L. 1980. Geòlegs i excursionistes primicers de la geologia catalana. Muntanya, 709: 111-123.
- Solé, L. 1983. Los más antiguos mapas geológicos de España. Mundo Científico, 3(23): 252-262.
- Tollmann, A. 1976. 1. Die Anfangsepoche bis zur Auflösung des Begriffes "Alpenkalk". In Tollmann, A. "Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Facies der Nördlichen Kalkalpen. Teil II, Monographie der Nördlichen Kalkalpen": 1-9. Verlag Deutike, Viena.
- Wagenbreth, O. 1979. Leopold von Buch (1774-1853) und die Entwicklung der Geologie im 19. Jahrhundert. Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralie und Geologie zu Dresden, 29: 41-57.
- Zittel, K.A. von. 1901. History of Geology and Paleontology to the end of the nineteenth century. i-viii + 1-562. Waler Scott, Londres. Publicada originalment en alemany el 1899.

ANNEX 1. Informació sobre la geologia del Departament dels Pirineus Orientals continguda a Palassou (1784)

Extracte dels continguts geològics dels cinc itineraris que recorren pel departament dels Pirineus Orientals. S'han extret totes les descripcions litològiques i les disposicions de les capes que consten al marge, que aquí s'han intercalat entre claudàtors. No s'han inclòs les referències a les aigües ni als jaciments minerals. El text de Palassou es reproduïx literalment en cursiva, entre parèntesi el nº de la pàgina. En rodona i entre claudàtors, comentaris de l'autor. S'han consultat els fulls del mapa geològic de França a escales 1:80.000 (Bertrand *et al.*, 1912, Guitard *et al.* 1968, Depéret i Mengel, 1911) i 1:50.000 (Autran *et al.*, 2005, Guitard *et al.* 1992, 1998 i minuts inèdites del full d'Argelès s/mer) i les memòries de Cavet (1957) i de Guitard (1970). Els cossos granítics s'han denominat seguint Autran *et al.* 1970. En els casos en què s'han consultat altres treballs, se citen a continuació del comentari.

Description minéralogique depuis le Château d'Usson jusqu'à Mont-Louis (p. 278):

(1) *Après avoir traversé le ruisseau qui passe à Roure, on remarque des masses de granit à gros grains, qui s'étendent par Quérigut, [...] jusqu'aux environs de Puyvalador; (278) [granit de Queragut].*

(2) *La plaine du Capcir est bordée de montagnes d'une hauteur peu considérable; on assure qu'elles contiennent du côté du Col de Sansa, des pierres calcaires [el coll de Censà, entre els pobles de Ral al Capcir i Censà al Conflent, està situat en els esquistos de Jújols, entre el granit de Montlluís, al sud, i les calcàries siluro-devonianes del sinclinal de Vilafranca, immediatament al nord] (278).*

(3) *Les montagnes qui sont sur la rive gauche de la rivière d'Aude, présentent des schistes, entre Epesoule & Formiguère...[esquistos de Jújols] (278-279).*

(4) *Plus loin, les montagnes qui bordent le Capcir paroissent composées de granit. Les environs de Mont-Louis présentent cette espèce de roche, soit en masse, soit par blocs énormes, que les eaux ont roulés des montagnes voisines qui dominent cette ville [granit de Montlluís] (279).*

Description minéralogique des montagnes qui bordent la vallée qu'arrose la Tet, Dans le Roussillon

(5) *De Perpignan à Corbère, village situé au pied des Pyrénées, on traverse des campagnes formées de matières calcaires, schisteuses & de granit, que les eaux charrient continuellement des montagnes. La vaste plaine qui sépare le château de Salces de Perpignan, est pareillement composée des débris des montagnes qui la dominent ... (281).*

(6) *En arrivant aux maisons dépendantes de Corbère, on trouve des masses de marbre gris [Devonià mitjà i superior] (282).*

(7) *A l'Est de Vinça, [...] les montagnes inférieures sont composées de masses de granit, couvertes en partie de pierres roulées; les collines qui bordent la rive gauche de la Tet, présentent le granit entièrement à découvert [granit de Millars] (282).*

(8) *La petite plaine, située entre ces montagnes, est traversée près du village de Rhodès, & audessus de Vinça, par de hautes éminences formées des débris des Pyrénées; mais n'en est pas entièrement fermée, les eaux de la Tet se sont ouvert le passage nécessaire pour leur cours (282).*

(9) *On remarque, entre Vinça et Prades, sur la rive droite de la Tet, des collines [...] composées de pierres roulées de schiste, de marbre & et de granit; matières qui paroissent avoir été entraînées par les eaux des montagnes du Canigou (282-283).*

(10) *La rive gauche présente avec de pareils débris des masses de granit; vous rencontrez aussi cette espèce de roche sous le village [no identificat], situé au Nord de Prades, à la distance d'environ trois quarts de lieue [en tot cas, probablement, granit de Millars] (283).*

(11) *Les montagnes qu'on trouve avant d'arriver à Ville-Franche, [...] & celles qui entourent cette ville, sont composées de marbre, communément gris. Indépendamment de l'espèce précédente, on voit, sous le château de Ville-Franche, du marbre varié de blanc, de vert & de rouge. A une petite distance Nord de cette ville, il y en a de couleur uniquement rougeâtre. [calcàries del Devonià mitjà i superior del sinclinal de Vilafranca; inclouen el marbre "flambé" del Givetià i les calcàries griotte, roges, del Devonià superior] (283).*

(12) *Le premier village [probablement Serdinyà], situé au-delà de Ville-Franche, est bâti sur des bancs de schiste dur [dir. de O.N.O. à E.S.E., incl., du S.S.O. au N.N.E.], argileux; ils continuent jusqu'à Olette; on trouve parmi ces bancs des couches d'ardoise argileuse [Serdinyà està construït sobre la part alta de la sèrie de Jújols; abans d'arribar a Oleta s'entra ja a la sèrie de Canavelles. Entre les calcàries de Vilafranca i Serdinyà es travessen els esquistos grauvaquics de l'Ordovicià superior] (283).*

(13) *On trouve, à une petite distance Sud d'Olette, des bancs de marbre gris...[marbres de Canavelles] (284).*

(14) *Immédiatement après Olette, on découvre des bancs de schiste dur, argileux [dir. de O.N.O. à E.S.E., incl. du S.S.O. au N.N.E.]. Le passage scabreux de Graus, est dans cette espèce de pierre [el congost dels Graus està excavat bàsicament en els gneis de la sèrie de transició, a la part superior dels quals dominen els gneissos quarsofeldspàtics, homogenis, no ocel-lars, de gra fi o mitjà; la part inferior és més heterogènia, hi alternen gneissos com els de la part superior amb gneissos ocel-lars] (284).*

(15) *A l'extrémité méridionale [sic] de ce passage, on aperçoit, entre les bancs de schiste [dir. de O.N.O. à E.S.E., incl. du S.S.O. au N.N.E.], des masses de marbre gris,*

qui, se prolongeant dans la direction ordinaire, doivent se trouver à une petite distance d'En, & peut-être sous ce village [micasquistos de la sèrie de Canavelles i marbres de Canavelles que acaben contra roques intrusives sota el poble d'En] (284).

(16) *Plus loin, des montagnes en général stériles & qu'une gorge étroite sépare, présentent, jusqu'à Mont Louis, des masses de granit, à gros grains, avec de grandes paillettes de mica* [la gorja que ha excavat la Tet deixa al Sud les muntanyes on afloren els gneissos ocel·lars de Carançà, i al nord, separats dels anteriors per la falla de la Tet, els gneissos ocel·lars de de Montlluís i el granit de Montlluís]. *Arrivé à Mont-Louis, [...], l'observateur découvre des masses de granit. Au milieu de la citadelle, s'élève une petite éminence, composée de cette même roche* [granit de Montlluís] (284).

(17) *Les montagnes des environs, situées dans la région supérieure, présentent également du granit; les fours à chaux qui, suivant le rapport que l'on m'a fait, se trouvent vers le col de la Perche, prouvent qu'elles contiennent aussi des pierres calcaires* [el coll de la Perxa se situa a la vora del granit de Montlluís; entre 1 i 2 km al sud afloren marbres de Canavelles en el tancament occidental de l'antiforme de Carançà] (285).

Description minéralogique, depuis Perpignan, jusqu'à Prats de Mouillou.

(18) *... Jettons auparavant un coup-d'oeil sur les campagnes qui séparent Perpignan de la ville de Ceret; leur sol est composé de terres argileuses & de pierres roulées, qui se font remarquer principalement dans le voisinage des rivières; cette contrée, de même que presque toutes celles qu'on remarque au pied des Pyrénées, est formée des débris des montagnes* (289).

(19) *A un quart de lieue après Ceret, [...] on trouve des bancs de de schiste dur, argileux [dir. de O.N.O. à E.S.E., incl. du S.S.O. au N.N.E.], qui s'étendent en largeur du côté Sud, jusqu'aux environs d'une forge située à une petite distance de Palauda* [esquistos de la sèrie de Canavelles] (289).

(20) *A quelque distance de ce lieu, sont des montagnes composées de bancs de marbre gris* [marbres de Canavelles] [dir. de O.N.O. à E.S.E., incl. du S.S.O. au N.N.E.]. *On trouve aussi à Palauda des bancs de marbre gris, dans la même disposition que les précédents [dir. de O.N.O. à E.S.E., incl. du S.S.O. au N.N.E.], mais plus inclinés* [marbres de Canavelles] (289).

(21) *Au pont de ce village, situé sur la rive gauche du Tech, on découvre des bancs de marbre gris, dont la direction varie; on y voit aussi du marbre rougeâtre* [probablement es refereix a les calcàries del Muschelkalk, bretxoses i d'aspecte ataronjat que aquí són encavalcades per la sèrie de Canavelles, Casas i Torrades, 2008] (289-290).

(22) *...continuons à remonter le Tech [...] jusqu'aux environs d'Arles, nous trouverons aux bords qui portent le nom de cette ville, des schistes durs, & des masses de granit; [esquistos de la sèrie de Canavelles afectats per metamorfisme de contacte separats del granit de Sant Llorenç-la Jonquera per falla] les eaux minérales sortent du pied d'une montagne, composée de ces deux espèces de pierre* [la falla molt probablement té a veure amb la surgència] (290).

(23) *A un quart de lieu, après avoir passé la ville d'Arles, [...] on découvre des masses de marbre gris* [marbres de Canavelles] (290).

(24) *Plus loin, jusqu'à la jonction du Tech & du ruisseau qui descend de Montferrer, les montagnes présentent des schistes grossiers, mêlés avec des masses de granit* [esquistos de la sèrie de Canavelles amb intercalacions de roques volcàniques àcides afectades pel metamorfisme de contacte del granit de Sant Llorenç-la Jonquera i amb petites intrusions granítics] (290).

(25) *Sous Montferrer, [...] on trouve des masses de marbre gris* [marbres de Canavelles] (290).

(26) *Entre Montferrer & le village de Tech, les montagnes sont de granit* [granit de Sant Llorenç-la Jonquera]; *les grains de quartz dont est composée cette espèce de roche, sont très-gros, cause principale de l'extrême décomposition qu'on remarque dans les masses graniteuses de cette partie des Pyrénées* (290).

(27) *Le granit que nous venons d'observer est couvert, sur la rive gauche de la rivière du Tech, par des masses énormes de marbre gris, sur lesquelles la tour de Cos se trouve bâtie* [marbre de Canavelles]. *Le village de Tech, situé au-dessous, est sur des masses de granit* [granit de Sant Llorenç-la Jonquera] (290).

(28) *Dès qu'on a passé ce lieu, les montagnes sont composées de schiste grossier, argileux* [esquistos de Canavelles amb potents intercalacions de roques volcàniques àcides] (290-291).

(29) *Plus loin, on voit des masses de marbre gris* [marbres de Canavelles] (291).

(30) *Les schistes argileux sont suivis de cette dernière espèce de pierre, avant d'arriver à Prats de Mouillou, & continuent jusqu'à cette ville,* (291).

(31) *Au Sud de Prats de Mouillou, dont le château [...] est construit [...] il y a des bancs de marbre gris* [marbres de Canavelles] (291).

Description minéralogique depuis Perpignan, jusqu'à La Jonquère, en Espagne.

(32) *... vers les montagnes de Bellegarde; le sol du pays, situé au pied de cette partie des Pyrénées, n'est guère propre aux observations minéralogiques; nous avons vu qu'il est composé d'amas de pierres & de terres, que les eaux, par succession de temps, apportent des montagnes* (293).

(33) *Au Boulon, [...] on trouve des masses de granit [granit de la Jonquera] (293).*

(34) *Après avoir passé la rivière du Tech, des schistes grossiers, qui ne suivent aucun ordre, se présentent aux yeux de l'Observateur. Plus loin, ils se trouvent mêlés avec du granit, disposé par bandes & traversé de veines de quartz [es tracta de la banda milonítica del Portús, que anirà seguint fins a Bellaguarda, Carreras et al., 1980] (293).*

(35) *Si nous montons vers l'Ecluse basse, nous trouvons des pierres calcaires à une petite distance Nord de ce lieu [es deu tractar de blocs de marbres de Canavelles dins de la banda milonítica] (293).*

(36) *Non loin de-là vers le Sud, les montagnes sont composées de schiste grossier, mêlé de granit, disposé par bandes [l'esquist "grossier" deu correspondre a granit fortament milonititzat que engloba zones de granit poc milonititzades]; ces deux espèces de pierre renferment, entre l'Ecluse basse & l'Ecluse haute, quelques bancs de marbre gris qui se prolongent dans la direction ordinaire [dir. de O.N.O. à E.S.E., incl. du S.S.O. au N.N.E.] [és la direcció general de la banda milonítica]. La disposition de tous ces bancs semble nous autoriser à penser que leur origine est de la même époque [el paral·lelisme de tots aquests "bancs" és degut a la milonitització] (293-294).*

(37) *Les bancs composés de schiste & de granit, continuent jusqu'auprès de Bellegarde, où le granit est en masse & sans mélange de schiste. Ce château est bâti sur du granit, [immédiatement a l'oest del castell comença l'aflorament del granit de la Jonquera no milonititzat i en el mateix castell aflora el granit milonític] (294).*

(38) *A une demi-lieue ou environ en-deçà de cette place forte [...] les bancs de schiste, mêlés de granit [encara les bandes de granit fortament milonititzat que engloben granit no deformat], prennent une direction constante; leur inclinaison approche de la perpendiculaire [dir. de l'Ouest à l'Est; incl. du Sud au Nord] [aquest canvi de direcció deu correspondre a una de les freqüents virgacions locals que hi ha dins de la banda milonítica] (294).*

(39) *Depuis Bellegarde jusqu'à la Jonquère, [...] les montagnes sont composées de masses de granit [granit de la Jonquera] (294).*

Description minéralogique depuis Perpignan, jusqu'à Notre-Dame des Abeilles, Lieu situé au sommet des montagnes qui dominent, du côté du Sud, la ville de Colioure.

(40) *On trouve, entre Perpignan et Elne, des terres sablonneuses & graveleuses (299).*

(41) *Les bords du Tech, rivière qui passe à une certaine distance Sud de la ville d'Elne, sont couverts de pierres roulées qu'elle a charriées des montagnes (299).*

(42) *Le terrain est ensuite assez sablonneux jusqu'aux environs d'Argelès, où il devient argileux (299).*

(43) *Plus loin, dans une éminence dont le pied est toujours battu par les flots de la Méditerranée, on voit des bancs presque verticaux de schiste dur, dont la direction varie [micasquistos amb cordierita i andalusita de la sèrie de Canavelles]. Ces bancs s'étendent en largeur jusqu'au-delà de Colioure, ils ne sont interrompus que par quelques bancs de marbre gris qui se trouvent à quatre cens pas Nord de la ville, & à coté d'un fort sur la grande route [afloraments de marbres de Canavelles] (299).*

(44) *Depuis Colioure, [...] on n'aperçoit jusqu'au Cap de Béarn, que des bancs presque perpendiculaires de schiste grossier [sèrie de Canavelles]; la direction de ces bancs varie. On trouve la même espèce de pierre au port Vendre & au fort Saint-Elme qui le domine (299)*

(45) *La tour de la Masselotte [pel context de la descripció sembla referir-se a la torre de Madaloc], paroît bâtie aussi sur des schistes argileux. [de la sèrie de Canavelles] (299).*

(46) *On m'a assuré qu'il se trouve des pierres calcaires du coté de Notre-Dame des Abeilles [hi afloren marbres de Canavelles], & que l'on fait de la chaux à Bagnols, mais il faut qu'elle soit d'une mauvaise qualité; celle qu'on emploie dans cette partie des Pyrénées, se tire communément des montagnes des Corbières (299-300).*

ANNEX 2. Resum de la constitució geognòstica dels Pirineus segons Charpentier (1823), pp. 120-123

1. *Les roches qui composent les Pyrénées paraissent être toutes des roches neptuniennes.*
2. *On observe dans cette chaîne tous les principaux terrains signalés par les géologues, et dans le même ordre de superposition qu'ailleurs.*
3. *Le terrain primitif consiste particulièrement en granite, schiste micacé et calcaire primitif.*
4. *Les roches qui constituent le terrain de transition sont principalement du schiste argileux, de la grauwacke comune, de la grauwacke schisteuse et du calcaire.*
5. *Le terrain secondaire est formé de grès rouge, de calcaire alpin, de calcaire du Jura et de trap⁵³.*
6. *Le terrain de transition repose sur le terrain primitif en stratification non parallèle, et le terrain secondaire recouvre l'un et l'autre.*
7. *Les divers terrains sont disposés par bandes qui s'étendent de l'est sud-est à l'ouest nord-ouest, parallèlement à la direction de la chaîne des Pyrénées.*
8. *Le terrain granitique forme une chaîne de grandes protubérances; il ne constitue le faite des Pyrénées que dans un petit nombre d'endroits; mais il en est peu éloigné au nord. Ce terrain est plus régulier dans la partie orientale des Pyrénées que dans la partie occidentale.*
9. *Le schiste micacé forme une bande peu régulière au nord du granite, mais il paraît qu'il en a existé une autre située au sud de ce terrain.*
10. *Le terrain de calcaire primitif forme une seule bande placée au sud du granite, et qui s'étend avec beaucoup de régularité depuis la vallée de l'Arriège jusqu'à celle de la Garonne.*
11. *Le terrain de transition est le terrain le plus étendu des Pyrénées; il forme deux grandes bandes qui longent, au sud et au nord, la chaîne primitive. Les diverses roches qui le composent ont une disposition semblable.*
12. *Le grès rouge constitue aussi deux bandes; celle qui se trouve au nord du terrain primitif est située presque au pied des Pyrénées, et présente moins de régularité et surtout moins de continuité que celle qui*
- longe le terrain primitif au sud et qui se trouve en général très près du faite de la chaîne.*
13. *Le calcaire alpin est la roche la plus commune du terrain secondaire de ces montagnes, il forme également deux bandes. La bande méridionale occupe presque tout le versant méridional des Pyrénées, tandis que celle qui est au nord constitue seulement les basses montagnes au pied de la chaîne.*
14. *Le calcaire du Jura est très répandu, et paraît se confondre avec le calcaire alpin. Il se trouve principalement au pied septentrional de la partie orientale des Pyrénées.*
15. *Le trap secondaire⁵⁴ ne forme pas de bandes comme les autres rochers, mais des monticules et masses isolées, placées communément à l'entrée des vallées.*
16. *La direction des strates de roche est en général de l'est sud-est à l'ouest nord-ouest parallèle à celle de la chaîne.*
17. *C'est la chaîne primitive qui a déterminé la direction des roches.*
18. *Leur inclinaison a été également déterminée par les pentes de la chaîne granitiques.*
19. *L'inclinaison des strates est communément au-dessus de 45°.*
20. *On observe fréquemment des strates et des couches singulièrement contournées. Elles se trouvent dans tous les terrains, mais particulièrement dans celui de transition. Les divers accidents qui les accompagnent font présumer qu'elles ont présenté cette forme bizarre dès leur origine.*
21. *La disposition des roches semble indiquer deux grandes révolutions que cette chaîne de montagnes aurait subies avant la formation des vallées. La première paraîtrait avoir eu lieu avant la formation du terrain de transition, et aurait détruit une grande partie du terrain primitif, en sillonnant la chaîne qu'il formait et en la réduisant en une suite de protubérances. La seconde grande révolution aurait eu lieu après la formation du terrain secondaire, et une dégradation considérable du faite et du versant septentrional en aurait été le résultat.*

⁵³ Amb una p a l'original. Vegeu nota 18. En aquest cas, Charpentier es refereix a les ofites. A la p. 77 parla de "*trapps secondaires ou roches amphiboliques*", és a dir les ofites de Palassou. A la descripció dels terrenys *in extenso*, Charpentier també descriu "trapp primitif" com a roques minoritàries en els terrenys primitius. En aquest cas en parla en el mateix sentit que Picot de Lapeyrouse.

⁵⁴ Vegeu notes 18 i 53. Ofita.