

Contribution à l'Étude de la Tectonique des Pyrénées et de la Catalogne

par

MR. MARCEL CHEVALIER

Au cours des lignes qui suivent, la situation et l'allure des plissements anciens du système hercynien en Catalogne font plus spécialement l'objet de notre étude. Nous insistons en outre particulièrement sur les terrains paléozoïques des Vallées du Valira et du Haut Sègre, apportant un nouveau complément à l'étude des Pyrénées, commencée déjà dans les bulletins antérieurs de notre Société (1).

I

Dans le centre de l'Andorre, tout comme dans les régions centrales des Pyrénées catalanes, l'orientation générale des crêtes montagneuses affecte une direction à peu près O. E. qui coïncide souvent avec une série de grandes ondulations d'âge antélutélien (Pyrénéen) et qui se déversent en plis imbriqués rejetés vers le Sud; on peut par exemple, très bien suivre une bande de schistes carburés noirs du Gothlandien qui entre en Andorre par le col et la vallée du rio Montaner, puis se continue à travers la masse du Padern et remonte au dessus d'Encamp par le ravin du rio des Cortals pour atteindre les environs du col d'Embalira.

Ces ondulations couchées ainsi vers le Sud, font suite à l'axe central de la chaîne qui, à cet endroit, semble dédoublé et qui est marqué par des masses de granite, interposées au milieu des vagues sédimentaires paléozoïques. Ces massifs cristallins ont naturellement agi par métamorphisme sur les roches sédimentaires comme ces dernières ont réagi à leur tour sur la roche cristalline, mais l'orientation générale O-E des plissements à été peu modifiée par la présence de ces masses résistantes interposées.

(1) Voir principalement dans la collection des bulletins de l'Institution catalane d'histoire naturelle, les numéros d'avril 1924; desembre 1924; abril 1925; gener-febrer 1926.— Consulter aussi le compte-rendu du XIVe Congrès géologique International de Madrid en 1926.

Le granite semble avoir pénétré comme à l'emporte-pièce à travers les couches sédimentaires qui, dans bien des cas, se retrouvent en fragments enchassés dans le granite lui-même. Ces fragments ont conservé leur orientation originelle du plissement O-E.

L'orientation toute différente que prennent certaines couches paléozoïques pyrénéennes qui affectent une direction générale NO-SE et que l'on retrouve aussi bien dans l'E. que dans l'O. des Pyrénées catalanes, représente la direction des plissements hercyniens dans leur allure armoricaine et dont nous avons déjà exposé le système (1).

Cette orientation nouvelle des sédiments paléozoïques pyrénéens s'observe particulièrement bien entre la Farga de Molès (Frontière d'Andorre) et la Seo de Urgel, tout au long du cours du Valira, et aussi entre la Seo de Urgel et la Cerdagne, le long du cours du rio Sègre. Les coupes et cartes ci-jointes, mieux que toute description, en démontreront la situation et la direction. On peut y constater une série de plis imbriqués et orientés NO-SE qui se succèdent régulièrement et où des failles apparaissent établissant des contacts anormaux entre certaines couches. Ces restes des plissements hercyniens paraissent comme revenus de la profondeur à la surface sous la poussée de mouvements orogéniques nouveaux qui seraient justement les mouvements d'âge pyrénéen.

L'ensemble des sédiments paléozoïques est représenté par du Silurien et du Dévonien dont l'âge avait déjà été reconnu par Leymerie, bien que depuis certains géologues aient cru pouvoir trop hâtivement modifier ces premières déterminations. Par notre part, nous croyons pouvoir fixer ainsi l'âge des terrains soumis aux mouvements orogéniques intenses du ridement hercynien dans les basses vallées du Valira et les plus hautes vallées du Sègre.

A la base, des ardoises dures et de couleur foncée avec *Orthis Actoniae*, et des Graptolites diprionidiens, représentent l'Ordovicien, visible non loin de San Julia de Loria (Andorra). Par endroits, on y reconnaît des grauwackes du Caradoc. Cet ordovicien est marqué par un S1 sur notre carte et les coupes.

Au dessus en concordance, on observe les schistes carburés noirs a graptolites monoprionidiens, bien connus dans toutes les pyrénées où ils forment un niveau constant et facilement reconnaissable. Ces schistes renferment des boules de pirite de fer souvent fossilifères. Ils sont parsemés à leur partie supérieure par des calcaires noirs ampéliteux à *Cardiola interrupta*, *Orthoceras Bohemicum*, *Monograptus Priodon*, etc. L'ensemble constitue le Gothlandien indiqué par la lettre S2. Le Dévonien est représenté à sa partie inférieure par des schistes ardoisiers rubanés, souvent assez tendres, devenant terreux. Ils contiennent encore des Graptolites

(1) Voir «Ciència» numéros 24 (1928) et 27 (1929).

monoprionidiens et aussi *Tentaculites irregularis*, *Spirifer pellicoi*, *Leptema Murchisoni*, et *Atrypa reticularis*. Ils représentent le Gédinien (D1) et passent à leur sommet à des formations gréseuses, fines d'abord, puis grossières. En se désagrégant, ces schistes et grès deviennent roses. À leur partie supérieure, les grès passent à un dépôt de poudingues bariolés verts et violets, rouges lie de vin, avec intercalations de schistes et de eumachelles de même couleur qui peuvent être assimilés à la grauwacke à spirifer de Coblenz. (Coblentzien. D2). Ce sont eux qui forment les sommets audessus de Calviña, au dessous du Pla de Llosas. On les retrouve le long de la route de la Seo à Puigcerda, non loin de Torrès, à San Père. Ces lumachelles contiennent *Spirifer Pellicoi*, *Leptaena Murchisoni*, *Atrypa reticularis*, *Athyris undata*, *Strophomena Verneuili*, *Orthis striatula*, *Pleurodictym problematicum* que nous avons pu reconstituer par des moulages.

Le Méso-Dévonien (D3) est représenté par toute une épaisse série de calcaires bleu-gris, très souvent transformés en dolomies roussâtres. Ils contiennent des encrines, orthocères, et brachiopodes. Ils forment la masse du Bony del Pradal, au dessus d'Arcabell.

Le Dévonien supérieur (D4) est représenté par des calcaires flambés de rouge faisant suite en concordance à ceux du Dévonien moyen, et contenant des goniatites. Ils forment de beaux marbres griottes et se trouvent dans le sommet du Cap de la Plana au dessus de San Vicens, à l'E de notre coupe O-E. Si nous passons sur la rive S. du Sègre, dans les vallées de Serch ou de la Bastida qui descendent des pieds du Cadí, on retrouve les mêmes calcaires du Dévonien moyen et supérieur, qui surmontent en concordance les schistes terreux du dévonien inférieur et les schistes carburés du Gothlandien. Mais au dessus du Dévonien supérieur on remarque une discordance très marquée séparant ces dépôts d'avec la formation suivante qui représente le terrain houiller (Stéphanien). Ce terrain carbonifère est formé par des schistes noirs terreux avec intercalation de bancs de houille contenant des végétaux du Stéphanien supérieur *Calamites*, *Névropteris*, *Sphénoptéris*, etc. Au dessus de ces couches dont l'épaisseur varie entre 20 et 50 mètres, on trouve en concordance une épaisse couche de grès jaunâtres assez grossiers qui contiennent par endroit des lits de végétaux d'aspect Autunien, ce qui nous incline à assimiler ces grès au Permien. Surmontant ces grès jaunes, on trouve d'autres grès d'un aspect tout différent, plus grossiers, de couleur rouge violacé, et contenant par endroit des bancs de conglomérats. Ces grès rouges représentent le trias inférieur et se continuent tout le long de la vallée sous une énorme épaisseur qui arrive jusqu'au col de Creus. Au dessus d'eux, à ce col, un épais banc de conglomérats de même couleur, qui marque la fin du Trias inférieur, marque aussi la crête de la sierra. Ces grès et conglomérats du Trias inférieur qui atteignent ainsi une

si grande épaisseur attestent l'effort de démolition accompli et combien déjà les rides hercyniennes avaient été arasées. Dans les éléments détritiques, surtout dans les poudingues, on trouve en effet tous les éléments des roches qui constituaient les monts hercyniens: schistes ardoisiers ordoviciens, calcaires et schistes gothlandiens, fragments de quartzites cambriennes, morceaux de granite, calcaires à orthocères et à goniatites du Dévonien et jusqu'à des fragments de porphyres et de mélaphyres des roches éruptives émises au cours des éruptions volcaniques permo-carbonifères.

De l'autre côté du col de Creus, sur le versant S. de la sierra, un tout petit lambeau de calcaire blanc représente le Trias moyen plus développé lorsqu'on arrive à Adrayent. (Voir la photo). Dans la vallée de la Bastida on observe aussi qu'un gros filon de porphyre vert à traversé tout le Carbonifère et apparaît intercalé au milieu des grès jaunes permien. Ce porphyre, postérieur donc au permien, est cependant antérieur au trias puisque les sédiments de cette époque en contiennent des fragments manifestement arrachés à la roche voisine.

Si on remonte la vallée du Sègre en partant de la Seo de Urgel, on trouve aussi les mêmes éléments du ridement hercynien dans les schistes et calcaires paléozoïques de même nature qu'entre la Farga et la Seo ou dans les vallées de la rive S. du Sègre. Le ridement hercynien qui apparaît nettement sous-jacent au ridement pyrénéen, coupe à angle aigu la direction de la rivière. Il semble qu'il y ait comme une gigantesque boutonnière qui s'ouvre depuis la vallée de Noves et s'étend par la vallée du Sègre jusqu'à la Cerdagne, laissant voir les rides hercyniennes dans leur orientation armoricaine NO-SE, plongeant sous le ridement pyrénéen antélutétien dont l'orientation O-E des plis apparaît jalonnée par les lèvres de cette boutonnière et marquée par les crêtes du pla de Llosas et de la Roca de Puigcerda au N. et les crêtes triasiques du N. du Cadi au Sud.

A Isobol, en entrant dans la Cerdagne, le Dévonien supérieur sous forme de beaux calcaires griottes, rouges, avec *goniatites*, est concordant avec le Dinantien marin qui apparaît sous la forme aussi de calcaire griotte avec les mêmes *goniatites*, mais de couleur noire ou le géologue Roussel à trouvé des *Dictyodora Liebeana*, GEINITZ, et autres débris végétaux qui indiquent le Culm de Thuringe. Griottes dévoniens et carbonifères d'Isobol appartiennent au plissement armoricain hercynien, tout comme les schistes du dévonien inférieur que l'on peut aussi observer dans la vallée de la Molina, jusqu'au col de Tosas et qui sont également orientés suivant la direction générale NO-SE.

Si nous passons sur le versant Sud Pyrénéen dans les hautes vallées du Ter et du Fresser, nous pourrions constater les mêmes aspects géologiques. A Camprodon ou le ridement hercynien apparaît aussi dans sa

direction armoricaine NO-SE, les sédiments de l'Ordovicien passent à ceux du Gothlandien en concordance, tout comme ces derniers sont continués par le dévonien inférieur puis par les calcaires du dévonien moyen et les griottes à Orthocères et à Goniatites du dévonien supérieur et carbonifère inférieur. C'est du reste le calcaire griotte qui forme la masse des sierras de San Antoni, Sierra Caballera, Coma Armada, etc. Par contre le Stéphanien supérieur qui représente le Houiller des mines de charbon de San Joan de las Abadessas est fortement discordant et est aussi traversé par du porphyre.

Plus à l'Est encore, le plissement hercynien en direction armoricaine se retrouve jusque dans les sierras de Rosas et fera l'objet d'une autre étude.

Ainsi en résumé, tout le bloc Hercynien des Pyrénées catalanes forme une masse d'ensemble résistante, réunissant tous les sédiments paléozoïques en concordance jusqu'au Dinantien (Carbonifère Inférieur), ou l'orientation du plissement est nettement armoricaine, se rattachant à celle des plissements de la Bretagne. Cette masse bien qu'arasés complètement après le Trias, a cependant joué un rôle important par la suite, au cours des mouvements orogéniques successifs, (Alpin et surtout Pyrénéen) qui ont affecté la Catalogne du Nord. Dans la Catalogne du Sud, c'est à dire dans la masse hercynienne des montagnes du Levant (ride du Montseny et chaînes littorales) les mouvements orogéniques se sont manifestés de la même façon et toute la série des sédiments paléozoïques se retrouve en concordance depuis l'Ordovicien jusqu'au Dinantien.

Le carbonifère inférieur est en général représenté par des lydienes (Horta, Papiol, Vallcabra) concordantes avec le Dévonien sous-jacent. Quand il existe, le Houiller (stéphanien) est discordant d'avec le dinantien et cette discordance est due non à des failles mais aux mouvements orogéniques. Cependant dans la masse de la Catalogne hercynienne du Sud, l'orientation des plissements est cette fois SO-NE, qui correspond à la direction varisque du système hercynien.

Cette masse hercynienne varisque du Sud se rattache, nous l'avons vu, à la masse hercynienne armoricaine du Nord par une arête de rebroussement enfouie aujourd'hui sous l'Ampurdan, et dont les plis surbaissés, fossiles, se retrouvent sous la montagne de Montgri et à Figuéras.

*
*
*

Ainsi d'une façon générale on constate que dans toute la Catalogne les sédiments paléozoïques sont concordants depuis l'Ordovicien jusqu'au Carbonifère inférieur et qu'ils sont représentés par des dépôts marins, qu'on les observe dans les plissements hercyniens ou pyrénéens. La mer s'est donc étendue sur toute la Catalogne pendant toute l'ère primaire; ce sont les fusulines (*fusulina sphaeroidalis*) qui marquent que déjà le dépôt

est carbonifère quand les couches marines passent insensiblement des calcaires griottes du dévonien supérieur au carbonifère marin inférieur ou Dinantien. Les grès micacés, poudingiformes du sommet indiquent que déjà débutaient les premiers mouvements hercyniens. Quant au carbonifère supérieur il est représenté par des dépôts qui indiquent un régime terrestre et continental. Ce sont des sédiments d'aspect lacustre qui reposent en discordance sur tous les autres dépôts paléozoïques qui les supportent. Ces sédiments qui renferment les couches de charbon du Houiller se sont déposés dans des petits bassins lacustres de la même façon que ceux du Massif Central français ou ceux de l'Armorique ou les conditions climatiques et topographiques étaient analogues. Sur les montagnes hercyniennes déjà soulevées dans les airs, une abondante végétation s'étalait autour de nappes d'eau dans lesquelles les torrents du voisinage amenaient les débris végétaux arrachés aux flancs des montagnes et qui venaient se mélanger aux argiles et aux graviers enlevés aussi des roches environnantes. Ces nappes d'eau qui se comblaient ainsi peu à peu, s'étalaient dans des vallées longitudinales et généralement synclinales, parallèles aux ondulations NO-SE du plissement hercynien. Les dépôts houillers que l'on observe actuellement ont du reste cette orientation générale hercynienne armoricaine dans les Pyrénées, et hercynienne varisque dans les montagnes du Levant. Mais dans les Pyrénées ou les directions armoricaines ont été modifiées par les mouvements pyrénéens anté-lutéliens, le fait est moins visible que dans les montagnes du Levant.

On peut dire que tout le Houiller catalan appartient au stéphanien et même au Stéphanien supérieur et qu'il se trouve localisé dans une série de petits bassins tels que ceux de Gramos (La Parroquia de Orto), Navinès, La Bastida, Serch, Isobol, dans les Pyrénées; ceux de Ogassa, et de Surroca au pied de la sierra Caballera, près de San Joan de las Abadesas; ceux du Priorato dans les montagnes du Levant etc. Ces dépôts houillers sont en général surmontés d'un dépôt gréseux contenant quelquefois des couches à végétaux, assimilables au Permien. Certains dépôts du houiller catalan qui avaient été jusqu'ici attribués au Wesphalien (Carbonifère moyen) nous semblent bien devoir être définitivement attribués au Stéphanien. Le Carbonifère moyen manque, croyons nous, en Catalogne et son absence est due justement à l'action des mouvements orogéniques hercyniens qui n'en ont pas permis le dépôt. Ajoutons en passant que le ridement hercynien, tout comme les ridements pyrénéen et alpin se sont surtout produits en profondeur. Les grands plis et les charriages dus à la plasticité des couches sédimentaires sous l'action de la chaleur et de la pression, ne sont venus au jour que plus tard sous l'action de soulèvements d'ensemble, d'ordre surtout épigénique, qui ont permis aux agents atmosphériques d'entrer en action et d'accomplir leur oeuvre

de démolition, faisant apparaître les racines des plissements primitivement enfouis dans la profondeur.

Tout comme dans le massif central français, les dépôts houillers catalans ont été accompagnés et suivis d'éruptions volcaniques qui se sont produites postérieurement au ridement hercynien. On remarque du reste que d'une façon générale, les éruptions volcaniques suivent presque toujours les grandes phases de plissements orogéniques. En Catalogne il en a toujours été ainsi. Le volcanisme de la région d'Olot a suivi le mouvement orogénique alpin. Il faut aussi signaler ce fait qu'on constate aussi dans le massif central français: *Le volcanisme d'Olot tout comme le volcanisme d'Auvergne s'est produit à la convergence des plis hercyniens armoricains et des plis hercyniens varisques. Les effondrements sur lesquels s'échelonnent les volcans, coïncident avec l'arête de rebroussement des deux systèmes de plis.*

Ainsi dans toute la Catalogne, aussi bien dans les pyrénées hercyniennes que dans les Montagnes hercyniennes du Levant, il y a eu émission de roches volcaniques (filons de mélaphyres, filons de porphyres) et dépôts de tufs qui se sont intercalés dans les couches sédimentaires du carbonifère supérieur et du permien. Ces émissions volcaniques ne semblent pas avoir atteint le trias, à la suite du mouvement hercynien. On le constate aussi bien dans la vallée de La Bastida (Seo de Urgel) que dans celle du Ter (San Joan de les Abadesses) ou encore dans les montagnes du littoral (Badalona). L'âge de ces porphyres est donc déterminé assez exactement, il est permio-carbonifère.

En ce qui concerne les grands massifs de granite qui jalonnent actuellement les pyrénées de Catalogne, nous estimons également avec Leymerie et Mallada que leur âge est post-dinantien, c'est à dire qu'ils datent des plissements du carbonifère moyen. Pendant que les poussées tangentielles écrasaient et repoussaient les sédiments paléozoïques, les obligeant à onduler et à se plisser, la matière pâteuse et chaude du granite s'élevait dans les failles et dans les creux produits par les plis.

Ainsi qu'on le constate, les mouvements orogéniques de la fin de l'ère primaire ont laissé en Catalogne des traces indélébiles et si nettes qu'elles permettent maintenant de préciser l'âge de ces mouvements. On constate que le paroxysme s'est indubitablement produit entre le départ de la mer dinantienne et le dépôt des couches de houille formées dans des bassins lacustres qui prouvent que déjà des montagnes se dressaient dans les airs avec vallées longitudinales couvertes d'exubérantes forêts dont les éléments formèrent le charbon. Le plissement hercynien date donc du Wesphalien, c. a. d. du carbonifère moyen. Les dépôts gréseux à végétaux du Permien indiquent que déjà à cette époque les agents atmosphériques avaient commencé leur actif travail de démolition et que les montagnes hercyniennes se désagrégeaient peu à peu pour disparaître, et devenir

pendant l'ère secondaire des pénéplaines analogues à l'Ardenne actuelle ou à l'Armorique.

II

On a méconnu quelque peu jusqu'ici, l'influence qu'à pu avoir le plissement orogénique hercynien dans la structure géologique et dans l'orientation générale des plis sédimentaires et des massifs cristallins des pyrénées et principalement des Pyrénées catalanes.

On définit généralement l'orientation de la chaîne pyrénéenne suivant une direction O-E qui coïncide avec l'orientation du plissement pyrénéen antélutétien; on décrit aussi un axe central cristallin flanqué de chaque côté de sédiments paléozoïques, puis secondaires et tertiaires. Mais la position de certains massifs granitiques situés excentriquement à l'axe de la chaîne a toujours attiré l'attention des géologues. Certains ont cru pouvoir chercher l'origine de ces massifs très au loin de leur situation actuelle, et ce seraient des poussées tangentielles qui, les arrachant de leur base, les auraient repoussé au loin en les faisant glisser sur des surfaces de charriage de plusieurs dizaines de kilomètres. Sans nier les charriages pyrénéens nous croyons qu'on en a exagéré l'importance et que la situation excentrique de certains massifs de granite n'est pas due à ce mécanisme, mais bien au contraire à l'influence profonde du ridentement hercynien qui est intervenue lors du plissement pyrénéen.

Tout d'abord définissons schématiquement l'ensemble structural des Pyrénées.

Un axe central s'étend de l'Océan à la Méditerranée en direction O-E, constitué par des terrains paléozoïques et cristallins qui sont flanqués de part et d'autre de terrains secondaires et tertiaires disposés généralement en bandes parallèles et de même direction. Pourtant une grande dissemblance se manifeste entre la partie orientale et la partie occidentale de la chaîne.

Dans les Pyrénées occidentales l'axe central est presque uniquement formé de terrains primaires les plus récents (permo-carbonifère) ou n'apparaissent que de très rares pitons de granite comme le pic de Labourd (678 m.). Au contraire, à partir du grand massif éruptif du pic du Midi d'Ossau, ou débute véritablement la partie orientale de la chaîne, on s'aperçoit que l'axe est pour ainsi dire toujours formé, jusqu'à la Méditerranée, par des terrains primaires les plus anciens (de l'archéen au dévonien), criblés de massifs de granite qui forment pour ainsi dire l'arête osseuse de la chaîne, mais qui la jalonnent obliquement à la direction de l'axe O-E.

Cette dissemblance est due en partie, croyons-nous, justement à la présence du plissement hercynien dans la partie orientale. On peut en effet

supposer qu'à partir d'une limite assez difficile à définir très exactement vers l'Ouest, mais non loin du pic du Midi d'Ossau, il n'y a pas eu de ridement hercynien proprement dit, mais seulement des ondulations peu marquées, s'affaissant en véritables contreforts sous la mer qui à l'époque recouvrait toutes les Asturies. Cette mer qui pendant tout le Carbonifère submergeait ainsi ces régions a laissé des dépôts marins du Wesphalien qui sont spécialisés par la présence des Bellérophons. Si l'on veut bien se reporter à la fig. de ce que nous avons précédemment écrit, on y verra clairement l'allure des pyrénées à cette époque du ridement hercynien.

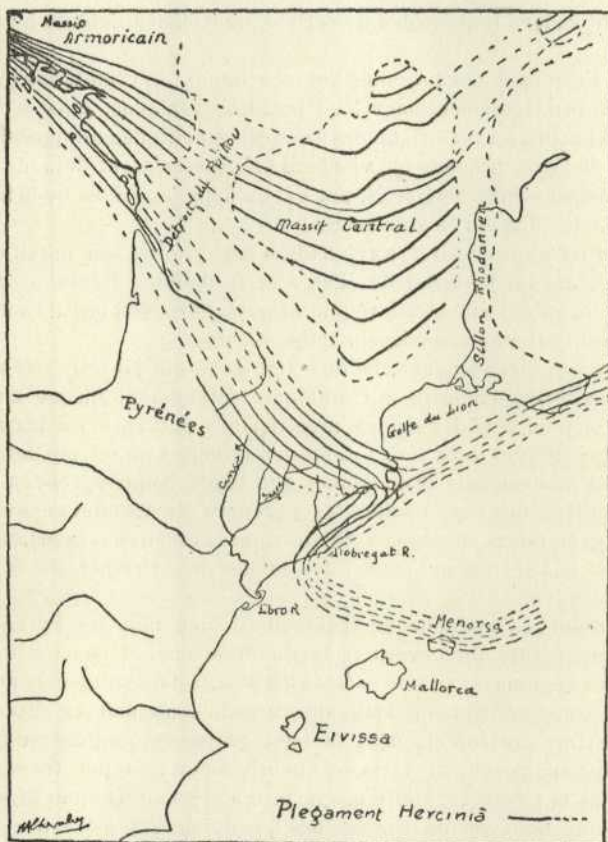


Schéma des plissements hercyniens en Armorique plateau central, et Pyrénées

Ainsi dans l'E, se dressaient les Pyrénées hercyniennes, baignées à l'O. par les mers carbonifère et permienne. Détruites et abrasées, transformées en vaste pénéplaine comparable à l'Ardenne ou l'Armorique actuelles, pendant toute la durée des temps secondaires, au cours desquels se déposent tant dans l'E que dans l'O d'énormes quantités de sédiments marins, quand les premiers mouvements pyrénéens, dès la fin du Danien, viennent affecter ces dépôts, il est certain que les racines hercyniennes du sous-sol réagirent sous les efforts du plissement nouveau.

Composées de sédiments primaires déjà triturés, brisés, plissés, parsemés de granites, ces racines hercyniennes soulevées à nouveau n'épousèrent qu'avec difficulté la nouvelle direction E-O qui leur était imposée, conservant malgré tout jusqu'à un certain point, leur orientation primitive NO-SE.

Ainsi s'explique l'embrouillement des lignes de crêtes des pyrénées orientales, principalement dans les Pyrénées catalanes; ainsi s'explique aussi la répartition excentrique des trainées granitiques, obliquement à la direction de l'axe, trainées qui viennent se dresser assez loin de cet axe central comme à Foix dans le N. par ex. ou dans les crêtes de la frontière hispano-Andorrane sur le versant S.

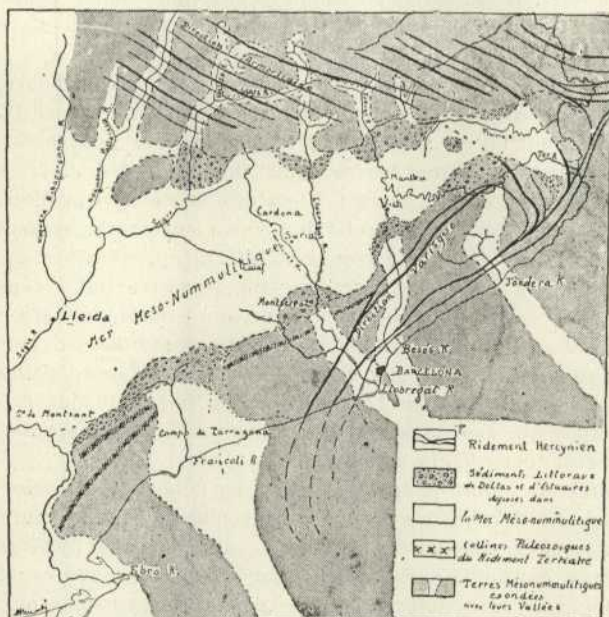
Nous attribuons en effet la répartition des granites qui paraît souvent singulière dans les pyrénées de l'Est, à cette double orientation orogénique, survenue dans une même région et qui superpose l'une à l'autre deux directions différentes de poussées tangentielles.

Dabord orientées suivant une direction générale NO-SE, les trainées granitiques hercyniennes de la Catalogne s'étendaient jusque dans l'Atlantique, bien au delà des terres armoricaines actuelles ou les antiques trainées granitiques dans leur orientation primitive se retrouvent encore. Si les deux mouvements orogéniques successifs d'âge pyrénéen et alpin n'étaient intervenus par la suite, les pyrénées de Catalogne avec leurs trainées granitiques flanquées de terrains primaires arasés, auraient maintenant la direction et l'aspect des landes armoricaines du Morbihan ou de la Vendée.

Dans toute la Catalogne du reste, aussi bien dans les Pyrénées que dans les montagnes du Levant (ride du Montseny et chaînes littorales) qui sont les régions où se rencontrent les dépôts paléozoïques, partout on trouve un socle hercynien plissé, puis abrasé, soutenant en discordance une couverture horizontale dont la base permo-carbonifère se continue par une épaisse couche de Trias recouverte à son tour par les sédiments Jurassiques et Crétacés. Cette couverture a été soulevée par la suite par les nouveaux mouvements orogéniques qui donnèrent naissance aux Pyrénées, aux sierras secondaires et tertiaires suivant un mécanisme que nous avons expliqué d'autre part.

Ce socle hercynien est caché sous les sédiments de la dépression cen-

trale catalane et de la dépression levantine tout comme sous ceux de l'Ampurdan. Il se retrouverait aussi sous la mer dans la fosse marine de 1000 mètres. Il apparait par contre très visiblement dans les Pyrénées, les Albères, les sierras de Rosas, dans la ride du Montseny, dans les sier-



Le plissement hercynien en Catalogne

ras du littoral et aussi dans le socle sur lequel se dresse au dessus des flots l'île de Minorque (Baléares).

Ce socle hercynien constitue tout le sous-sol, pourrait-on dire, des terres et des mers qui s'étendent du plateau central français jusqu'au delà des îles Baléares. Ce sont les ondulations générales successives de ce sous-sol, sous l'action de mouvements épirogéniques d'ensemble qui ont déterminé l'orientation actuelle des rivages catalans entre le cap Bagur et l'embouchure de l'Ebro. Il est difficile d'admettre en effet que ces rivages aient été orientés par une grande faille ou par une série de failles qui auraient ainsi limité l'effondrement sous les eaux des parties continentales situées plus à l'E. Des failles longitudinales NE-SO existent certes le long des rivages méditerranéens de Catalogne, tout comme il en existe aussi au pied NO et au pied SE de la ride paleozoïque du Montseny, mais ce sont des cassures comme il y en a toujours dans toutes les chaînes de montagnes ou les plis se brisent et glissent les uns sur les autres. Mais

nous ne pensons pas que ces failles aient été capables dans leur ensemble d'avoir donné lieu à l'orientation générale des rivages, pas plus qu'à l'orientation des rides montagneuses. Les effets des failles qu'on a pu observer sur certaines parties de la Costa Brava ou de la Costa del Levante n'ont été que des effets purement locaux tout comme ceux qui ont déterminé les effondrements de l'Ampurdan et la topographie actuelle des sierras d'Olot.

La grande orientation structurale de Catalogne,—avec bourrelet pyrénéen, contreforts pré-pyrénéens des sierras secondaires (Cadi et Montsec) puis tertiaires, grande dépression centrale géosynclinale (région potassique), montagnes hercyniennes du Levant dédoublées en deux rides jumelles, Montseny et chaînes littorales, fosse marine méditerranéenne de 1.000 m, puis en fin bourrelet hercynien sous-marin servant de socle aux Baléares,—toute cette grande architecture générale a été déterminée d'une façon définitive par l'orogénie primitive qui a construit le grand ridement hercynien armoricain, suite de l'Armorique, dans le Nord, et Varisque dans le Sud. C'est une structure primordiale dépendant de l'architecture générale terrestre et qui a déterminé d'abord l'allure et la direction des rivages pendant l'ère secondaire, puis l'étendue de la mer méso-nummulitique dans la dépression centrale de Catalogne, enfin l'orientation générale des rivages actuels.

L'architecture naturelle et l'orientation des côtes de la Catalogne sont donc dûes à une déformation corticale d'ensemble qui montre que non seulement les rivages, mais aussi tout l'espace situé entre les pyrénées et les îles Baléares, ont été alternativement abaissés ou relevés suivant les époques géologiques. La croûte terrestre,—formant géosynclinal coïncé entre le massif central français et la meseta espagnole,—s'est soulevée ou affaissée non comme une substance rigide se brisant en fragments brusquement morcelés, mais bien comme une matière plastique, élastique qui a ondulé d'abord pendant le ridement hercynien, puis pendant les ridements pyrénéen et alpin, sous l'effort de pressions tangentielles provoquées par les deux masses continentales d'origine calédonienne. Ces dernières en se rapprochant l'une de l'autre, ont écrasé et soulevé les sédiments paléozoïques du synclinal primaire et donné naissance dès le début au système montagneux hercynien. Les mouvements épirogeniques d'ensemble qui ont également affecté ces régions ont eu la même origine sinon les mêmes effets que les mouvements orogéniques.

Lors des mouvements pyrénéens, puis alpins, les efforts orogéniques ont trituré de nouveau tous les massifs cristallins et les sédiments antérieurs, dans la Catalogne du Nord surtout, et certaines parties ont pu reprendre momentanément l'état patax puis s'intercaler dans les nouveaux plissements orientés suivant des poussées tangentielles différentes. Et ainsi la structure hercynienne armoricaine primitive s'est trouvée modifiée,

Environs de Seo de Urgel

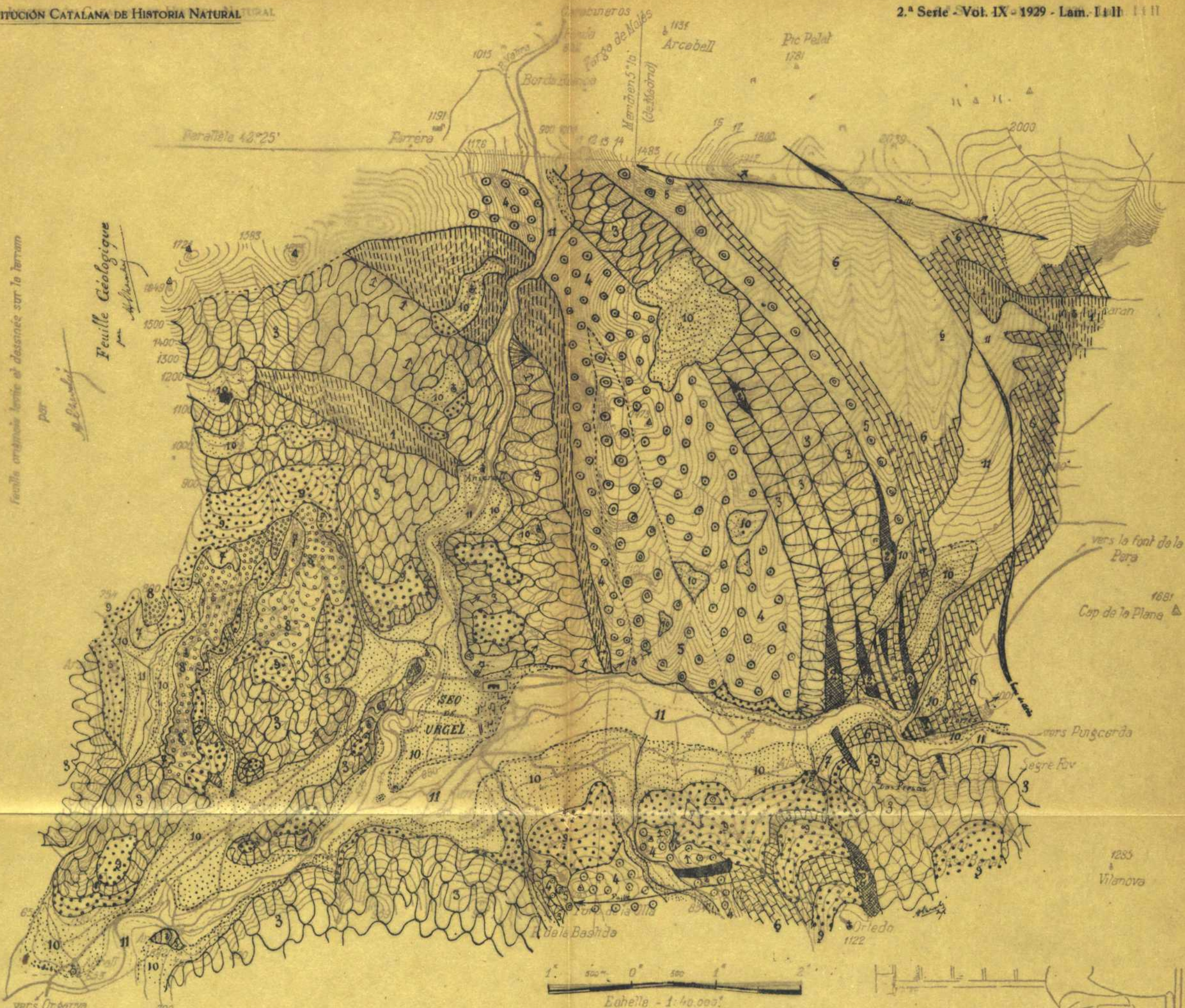
feuille originale levée et dessinée sur le terrain

par

M. Duran

Feuille Géologique

par M. Duran



Explicació dels terrenys:

- 1 : Esquistos pissarrosos de l'Ordovicià.
- 2 : Esquistos carburats i calisses ampelloses del Gotlandià.
- 3 : Esquistos terrosos del Gerdinià.
- 4 : Gresos grocs.
- 5 : Pudingues verdes i morades del Coblenzià.
- 6 : Calisses del meso-devònic.

Devònic inferior

Carta geològica dels voltants de la Seu d'Urgel

segons els treballs originals de l'autor

- 7 : Argiles blanques; argiles negres (lignies); argiles vermeiles (amb mamífers) del Sarmatià.
- 7 bis: Argiles rutilants del Pontjà.
- 8 : Pudingues i arenes grogues del Pliocènic.
- 9 : Al·luvions marrons dels planells (sicilià).
- 10 : Al·luvions diluvials de l'alta terrassa quaternària (Rissia).
- 11 : Al·luvions recents de la terrassa mitja (Wurmia i del lit major actual (baixa terrassa)).

Feuille Géologique



Explicació dels terrenys:

- 1 : Esquistos pissarroso de l'Ordovicià.
 - 2 : Esquistos carburats i calisses ampel·toses del Gotlandià.
 - 3 : Esquistos terrosos del Gedinà.
 - 4 : Gresos grocs.
 - 5 : Pudingues verdes i morades del Coblenzià.
 - 6 : Calisses del meso-devòtic.
- } Devòtic inferior

Carta geològica dels voltants de la Sen d'Urgell

segons els treballs originals de Pautor

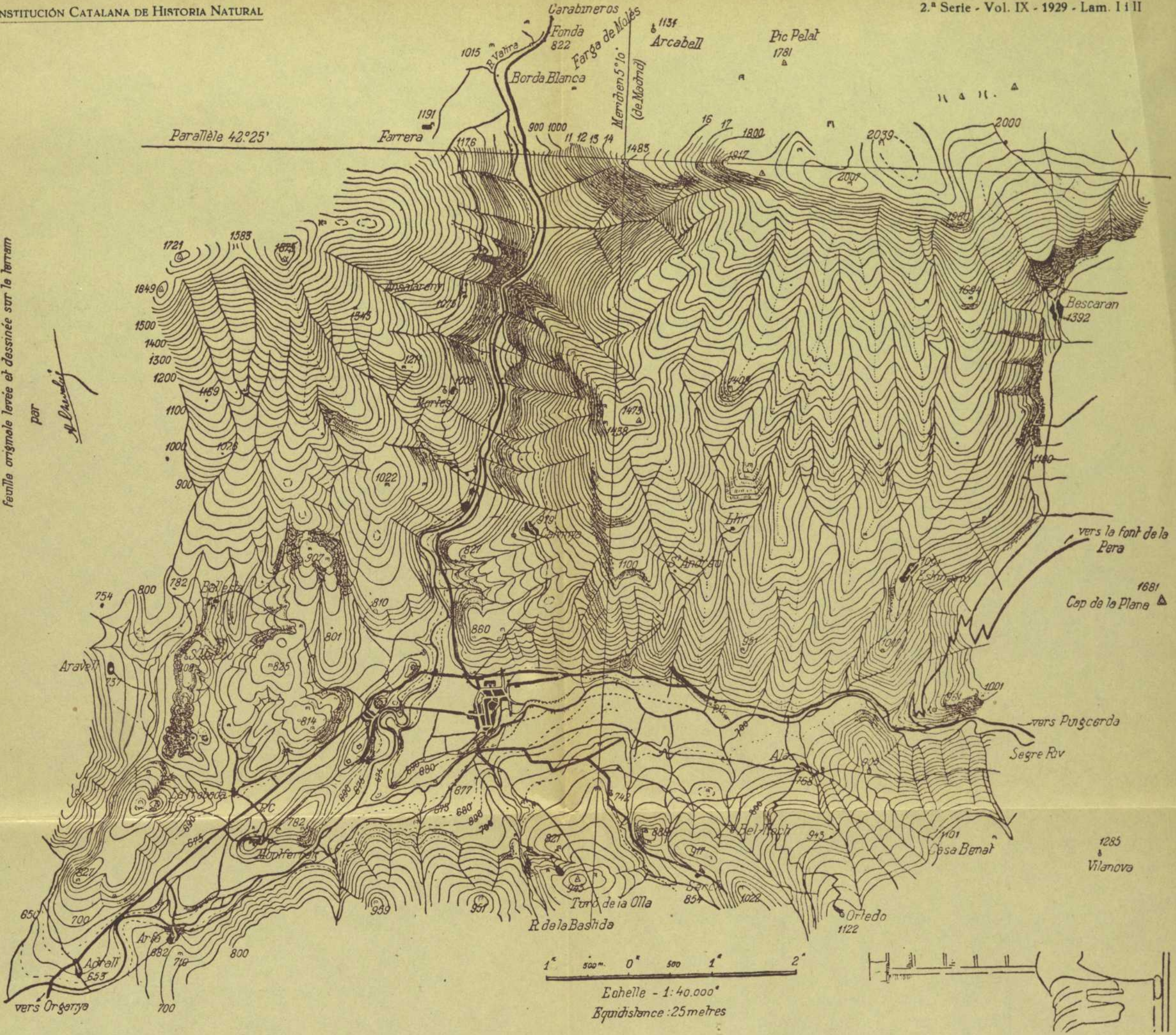
- 7 : Argiles blanques; argiles negres (lignites); argiles vermelles (amb mamífers) del Sarmatià.
- 7 bis: Argiles rutilants del Pontà.
- 8 : Pudingues (arenes grogues del Pliocènic).
- 9 : Al·luvions marrons dels planells (stètia).
- 10 : Al·luvions diluvials de l'alta terrassa quaternària (Rissih).
- 11 : Al·luvions recents de la terrassa mitja (Würmià) i del llit major actual (baixa terrassa).

Environs de Seo de Urgel

feuille originale levée et dessinée sur le terrain

par

M. Duran



Carta topogràfica dels voltants de la Seu d'Urgell
segons els treballs originals de l'autor

Los alignements déjà signalés par Roussel (ride du Canigou, ride du roc de France, ride du Raz Mouchez, etc.) sont en réalité les traces des Pyrénées hercyniennes, dans les parties orientales des Pyrénées Catalanes.

Dans la partie occidentale des Pyrénées, vers la Navarre, et le pays basque, les phénomènes orogéniques provoqués par le mouvement pyrénéen anté-lutétien, ont été moins compliqués. L'effort des pressions tangentielles qui poussait le sens des ondulations suivant une direction O-E à pu se développer dans toute son ampleur, sans être contrecarré par un sous-sol solide formant buttoir. Les vagues sédimentaires se sont soulevées et se sont déroulées suivant l'orientation O-E. A peine le granite a-t-il pu quelques rares fois pénétrer assez profondément dans les sédiments paléozoïques jusqu'à pouvoir apparaître à la surface plus tard par l'effet de l'érosion atmosphérique sur la couverture sédimentaire. Les sédiments permo-carbonifères sont les seuls de la série primaire qui ont pu ainsi arriver au jour et qui actuellement forment l'axe central de la partie occidentale des Pyrénées. Les terrains primaires plus anciens, silurien et dévonien, restent sans doute encore enfouis dans les profondeurs, à peu près libres de trituration hercynienne.

De même que l'influence du ridement hercynien explique les anomalies apparentes de la répartition des granites pyrénéens, de même elle explique aussi la répartition et la disposition des bassins houillers de Catalogne.

On a coutume d'indiquer que le houiller catalan s'étend sous forme d'une bande continue, aux pieds des pyrénées, en direction O-E, recouverte par le secondaire et parallèle au ridement pyrénéen. Cette bande de charbon serait visible à certains endroits tels que Gramos, Navines, La Bastida et surtout Surroca et Ogassa (San Joan de las Abbadessas).

Pour notre part, nous estimons que le houiller des Pyrénées catalanes ne se présente pas ainsi et qu'il s'est déposé dans des petits bassins synclinaux parallèles aux plissements hercyniens, tout comme le fait s'est produit dans l'Armorique ou le massif central français où les conditions climatiques et topographiques étaient analogues. Il y a donc eu une suite de petits bassins houillers plus ou moins importants ou les sédiments stéphanien-autunien épousent actuellement encore la direction NO-SE des rides hercyniennes soulevées pendant le carbonifère moyen.

Soulevés pendant le ridement pyrénéen anté-lutétien, puis aussi pendant les mouvements alpins post-oligocènes des sierras, ces bassins houillers apparaissent en partie aujourd'hui disposés sur les directions O-E de ces plissements nouveaux, mais ils ne se montrent qu'associés aux plis hercyniens et orientés comme eux. Que ce soit dans les gisements de Gramos, de Navines ou de San Joan de las Abadessas on y trouve toujours une flore qui marque la fin du Carbonifère supérieur avec *Pecopteris arborescens*, *Calamites dubius*, *Sphénopteris latifolia*, *Sigillaria elongata*,

Lepidodendron aculeatum, etc. Si on veut bien songer a ces juxtaposition orogéniques successives, qui ont affecté les bassins houillers pyrénéens on s'en expliquera beaucoup mieux l'allure et on comprendra surtout avec plus de facilité toute la tectonique des environs de Sant Joan de las Abadessas, qui paraît si compliquée au premier abord.

Si nous examinons maintenant la répartition et l'orientation des massifs de granite et des bassins houillers dans les montagnes du Levant de la Catalogne, nous constaterons que le mécanisme qui a présidé a leur constitution actuelle est identique a celui qui s'est produit dans les pyrénées. Il a été seulement plus simple parceque les mouvements pyrénéens et alpins ont été moins accentués, et ensuite parcequ'ils se sont produits avec la même orientation que le plissement hercynien primitif dans sa direction varisque. Les poussées tangentielles hercyniennes ont été dans les montagnes du Levant parallèles aux poussées tangentielles pyrénéennes et alpines, mais ces deux dernières ont été beaucoup plus faibles. On constate ainsi que les montagnes du Levant ont de tout temps fait partie d'une masse continentale importante et plus stable, qui plutôt que de grands phénomènes orogéniques de plissements intenses, a subi depuis le secondaire des mouvements épirogéniques d'ensemble qui ont contribué a plusieurs reprises, a y amener la mer, puis a l'en faire partir. (Trangression jurassique et régression crétacée. Transgression mésonummulitique et régression oligocène). Les plissements orogéniques ont plutôt eu lieu de chaque côté de ce continent, ou de cette île, sur son bord NO, c. a. d. dans le géosynclinal central catalan ou s'est déroulé le plissement des sierras, et aussi sur son bord S et SE où se dressent les rides des Baléares, c. a. d. dans le géosynclinal alpin ou s'est déroulé le plissement tertiaire de la cordillère bétique. (Voir les croquis).

Dans l'ensemble, les montagnes du Levant (ride du Montseny et chaîne littorale) nous montrent une répartition des terrains primaires analogue a celle de la chaîne des Pyrénées. Dans le NE c. a. d. des rives du Fluvià à celles du Llobregat, les rides montagneuses laissent apercevoir un axe granitique très important flanqué de chaque côté de terrains primaires les plus anciens (Cambien Silurien-Dévonien) tout comme les rides hercyniennes des pyrénées orientales. Le Montseny, la masse de Cadiretes, par ex, sont les analogues du Canigou ou du Massif des Pessons en Andorre.

Au contraire, des rives du Llobregat a celles de l'Ebre, les rides montagneuses ne laissent guère apercevoir qu'un axe de couches carbonifères, c. a. d., de terrains paléozoïques les plus récents. On y voit aussi quelques rares pointements granitiques isolés et peu importants qui ont pû dans certains endroits métamorphiser les lydiennes tout comme dans les pyrénées occidentales. La masse cristalline des environs de Falset pourrait donc être assimilée a celle du Labourd.

L'analogie est due à l'orogénie. Dans la partie orientale des Pyrénées, les ondulations pyrénéennes anté-lutésiennes ont butté sur les rides hercyniennes arasées et ont donné naissance à un ridement montagneux de deux périodes orogéniques (1). De même dans les montagnes du Levant de Catalogne. Les ondulations pyrénéennes anté-lutésiennes ont butté sur le bord O. des masses du Montseny et des chaînes littorales, donnant lieu également à des montagnes nées de deux périodes orogéniques (1).

Au contraire au S-O du Llobregat, le territoire, libre de sous-sol hercynien plissé, n'a pas offert de résistance aux plissements pyrénéens anté-lutésiens qui se sont développés sans contrainte de la même façon, quoique moins intensément, que dans les Pyrénées occidentales. La tectonique en a été simplifiée.

Il apparaît ainsi que le grand V de plis hercyniens dont la pointe, tournée vers le NE atteignait la Provence, a vu cette pointe soulevée au cours des mouvements orogéniques alors qu'au contraire les extrémités écartées des deux branches se trouvaient affaissées sous le golfe du Poitou, au N, sous la Méditerranée Catalo-Mallorquine au S.

L'affaissement de la pointe du V sous le golfe du Lion puis le morcellement de l'Ampurdan sont des phénomènes beaucoup plus récents.

Les Pyrénées occidentales et les montagnes entre Ebre et Llobregat sont donc des montagnes analogues, d'origine plus récente et surtout de complication moindre que les Pyrénées orientales, Albères et les massifs du Montseny et chaîne littorale.

Dans ces montagnes plus jeunes et plus simples, l'axe paléozoïque des terrains plus anciens, situé plus profondément et moins trituré, n'a pas encore été mis au jour par les dénudations atmosphériques.

Ce qu'on y voit surtout c'est la couverture secondaire flanquée de terrains tertiaires et quaternaires et dont les plissements n'offrent pas de complications orogéniques, comparables à celles des montagnes dont l'origine remonte aux plissements hercyniens.

Ajoutons enfin qu'en Armorique, les mouvements hercyniens ont également donné naissance à une grande arête de rebroussement formant tout comme en Catalogne un gigantesque V de terrains primaires avec axe granitique, dont la pointe se trouve sous l'Océan à l'Ouest de l'extrémité occidentale de la Bretagne. La branche ouverte du côté SE se perd également sous le détroit du Poitou rempli de terrains secondaires.

Indubitablement cette branche SE armoricaine rejoignait aux temps carbonifères, la branche NO des Pyrénées de Catalogne.

M. C.

(1) Le ridement alpin qui surviendra plus tard, pour donner naissance aux montagnes actuelles, constituera une 3.^e période orogénique.