

STRATIGRAPHIE ET STRUCTURE DE TRÁS-OS-MONTES ORIENTAL (PORTUGAL)

PAR

ANTONIO RIBEIRO* ET JOSE ALMEIDA REBELO**

ABSTRACT

Rocks in the eastern part of the province of Trás-os-Montes, N. Portugal belong to five units: 1: a complex of pre-Ordovician schists and greywackes; 2: Ordovician and Silurian sediments; 3: a low-grade metamorphic series of Silurian age; 4: two complexes of probably Precambrian, predominantly meso- to catazonal rocks (amphibolites, eclogites, basic and ultrabasic igneous rocks, augengneisses and micaschists): the units of Morais-Bragança; 5: igneous rocks (intrusive hercynian granites, small gabbro massifs and dykes of dolerite and granite-prophyry).

The stratigraphy of the (meta)sedimentary series is described. Three hercynian tectonic phases affected the region, a first giving rise to axial plane cleavage of varying dip and strike, a second phase causing crenulation cleavage and E-W folds (mainly seen in areas with sub-horizontal S_1) and a third phase flexuring the axes of earlier folds.

Some aspects of a structural interpretation of the geology of the area are discussed.

GÉNÉRALITÉS

Dans la région de Trás-os-Montes oriental on a pu reconnaître les unités géologiques suivantes:

Complexe des schistes et grauwackes anté-ordovicien: flysch schisto-grauwacko-gréseux contenant localement des quartzites et des calcaires. Il est assez monotone et assez épais, sa base n'étant pas visible dans la région étudiée. Sur ce complexe repose l'Ordovicien, par l'intermédiaire de niveaux détritiques grossiers, parfois conglomératiques. Ce contact correspond dans certains endroits à une discordance, ailleurs à une lacune.

Ordovicien et Silurien: datés par des fossiles et presque pas métamorphiques.

Une série métamorphique appartenant au faciès schistes verts: *la série Transmontaine*. Réputée jusqu'à présent Cambrienne, nous avons pu prouver qu'elle est en fait Silurienne.

Cette série s'étend à l'intérieur d'une ligne qui dessine un arc ovoïde, dont les deux branches sub-parallèles et l'axe sont dirigés Nord-Ouest Sud-Est et la convexité tournée vers le Sud-Est. À l'extérieur on trouve l'Ordovico-Silurien décrit ci-dessus.

Série de Morais-Bragança, qui comprend des roches surtout méso- ou catazonales de provenances variées: amphibolites, eclogites, des roches éruptives basiques et ultrabasiques, gabbros et péridotites et aussi des gneiss oeilés et micaschistes. Elle se répartit sur deux massifs: celui de Bragança-Vinhais, allongé dans la direction WNW-ESE, et celui de Morais, a peu près circulaire. Ces massifs se trouvent à

* Géologue de la Direction Générale des Mines et Services Géologiques, Lisbonne; boursier de la Fondation Calouste Gulbenkian.

** Assistant à la Faculté des Sciences de Lisbonne.

l'intérieur de la série Transmontaine ou en contact avec des terrains métamorphiques à faciés spécial d'âge inconnu et que nous nommerons groupe des schistes verts ¹⁾.

Roches éruptives. Ce sont surtout des massifs de roches granitiques qui recoupent toutes les unités précédemment décrites, en donnant des auréoles de métamorphisme de contact. Il y a aussi des petits massifs de gabbros et de filons de dolérite et de porphyres acides.

STRATIGRAPHIE

Complexe de schistes et grauwackes anté-ordovicien.

Cette série n'a fourni jusqu'à présent que des *Lingulella*, n. sp., trouvées dans la Serra do Marão, à l'Ouest de Trás-os-Montes. Tout ce qu'on peut dire est que ce complexe peut englober sous le même faciés des terrains allant du Précambrien jusqu'à un Cambrien supérieur.

Ordovicien et Silurien

Ordovicien

5 Calcaires récifaux à Crinoïdes, schistes verts et coulés de diabase (5—150 m). Caradoc-Ashgill.

4 Schistes charbonneux, gris bleutés à *Orthis* sp. et *Synhomalonotus tristani* Brogn. Llandeilo (20—100 m).

3 Complexe schisto-quartzitique, contenant au sommet des couches de minerai de fer, à *Cruziana*, *Vexillum*, *Scolithus*, pistes variées, bivalves. Arenig (50—300 m).

2 Schistes argilo-charbonneux, sans fossiles (20—50 m). Tremadoc (?).

1 Conglomérat de base lenticulaire, quartzites et grés quartzitiques, à *Bilobites* (5—20 m). Tremadoc (?).

L'Ordovicien présente des faciés assez constants. C'est seulement son épaisseur qui varie considérablement. Ainsi dans le secteur de Moncorvo il atteint 400 à 500 m d'épaisseur, tandis que dans la région de Murça il atteint à peine 100 m.

La présence d'un conglomérat polygénique et d'une discordance à la base de l'Ordovicien témoignent l'intensité de la phase sarde.

Le Caradoc-Ashgill à faciés calcaire n'existe que dans le secteur de Vimioso. Ailleurs, s'il est représenté, il est confondu au point de vue faciés avec le Llandeilo.

Le Silurien présente des faciés variés: Au sud de la région étudiée, dans le secteur de Alfândega da Fé-Moncorvo-Mogadouro:

4 Schistes variés ayant des intercalations de lydiennes à *Monograptus*, grés quartzitique en gros bancs, à *Bilobites*, et tufs rhyolitiques.

3 Flysch schisto-grauwackeux (> 200 m).

2 Schistes variés ayant des intercalations de lydiennes à *Monograptus* et des calcaires griotoïdes et calcschistes à Crinoïdes.

1 Conglomérat ou microconglomérat à matrice schisteuse et à éléments de quartzite et de psammite.

¹⁾ Ce groupe est en contact, à sa partie supérieure, avec le Précambrien, étudié par P. M. ANTHONIOZ, et à sa partie inférieure avec le Silurien ou la série Transmontaine étudié par nous-mêmes.

Au centre, dans le secteur Mogadouro-Vimioso:

2 Flysch schisto-grauwackeux à lentilles de quartzites, porphyres et lydiennes.

1 Schistes charbonneux à lentilles de lydiennes, ampélites et calcschistes.

Au nord, dans le secteur Vimioso-Bragança-Vinhais:

4 Flysch schisto-grauwackeux fin (> 100 m).

3 Schistes lie de vin, schistes à chlorite, porphyres acides avec des bancs de lydiennes et phanites à *Monograptus*.

2 Grés quartzitique, saccharoïde, en gros bancs (5—50 m).

1 Schistes charbonneux à intercalations d'ampélites et lydiennes, à *Monograptus* et de calcaires griotoïdes et calcschistes à Crinoïdes, devenant plus grauwackeux vers le sommet et contenant des tufs rhyolitiques.

Le niveau de grés quartzitique et de microconglomérat devient localement conglomératique.

Ce niveau remanie les couches précédentes puisque dans les microconglomérats il y a des débris de lydiennes et des fragments de feldspaths qui pourraient provenir des porphyres. En plus il y a des indices d'une discordance à ce niveau: ainsi ces quartzites reposent d'habitude sur le niveau de schistes charbonneux, mais à Guadramil ils sont directement sur le Llandeilo et dans la région de Nuez (Alcañices, province de Zamora), ils semblent éroder jusqu'au niveau du complexe schisto-quartzitique.

En attendant les déterminations de *Monograptus*, en cours, on peut essayer de corrélér les deux séries en admettant que les deux bancs de lydiennes se correspondent mutuellement.

Série Transmontaine

Cette série est peu fossilifère étant donné son degré de déformation et de métamorphisme. On observe la succession suivante, si on tient compte de l'examen des lithofacies et de l'application des critères sédimentologiques et microtectoniques pour obtenir la polarité:

4 Flysch schisto-grauwackeux fin.

3 Schistes lie de vin, schistes verts, schistes à chlorite, porphyres acides, lydiennes, phanites et calcaires (Castro Vicente, Gebelim, Rebordãos, S. Pedro de Sarra-cenos).

2 Grés, quartzites et microconglomérats, en deux bancs principaux séparés par des schistes et des grauwackes.

1 Flysch schisto-grauwackeux à lentilles d'ampélites, de lydiennes, et de très rares calcaires.

Il y a aussi d'importantes variations de faciés. Ainsi les bancs de quartzites peuvent passer latéralement à des schistes et des grauwackes; à Macedo de Cavaleiros un niveau très épais de schistes verts et de porphyres acides se trouve à la place du banc supérieur de quartzites. À l'Ouest du méridien de Mirandela, dans la périphérie Mirandela-Vila Flor-Murça-Vila Pouca-Valpaços, on trouve un flysch très puissant, schisto-grauwackeux et où il y a de gros bancs de quartzites à tous les niveaux (Serra de Meireles, Serra de Sta. Comba, Serra da Garraia, Serra da Padrela). Dans ce flysch on trouve des intercalations de lydiennes et d'ampélites qui devien-

nent plus importants vers l'Ouest. Nous assimilons ces formations, jusqu'à présent stériles au point de vue paléontologique au niveau 1 et 2, par identité de faciés et par continuité latérale. C'est dans ce secteur que les caractères sédimentologiques de ce flysch sont les mieux préservés (granuloclassement, figures de charge dans les grauwackes, stratifications entrecroisées et traces de slump dans les quartzites).

L'âge Silurien de la série a pu être prouvé par la trouvaille de quelques gisements fossilifères. Ce sont:

Monograptus dans les lydiennes intercalés dans le niveau 3 (3,5 km au N de Mogadouro; 0,5 km à l'Ouest d'Edroso).

Microfaunes très mal conservées (Foraminifères, Crinoïdes) dans les calcaires du niveau 3 (Castro Vicente, S. Pedro de Sarracenos).

Monograptus dans les ampélites du niveau 1, à Servoy, région de Vérin (Espagne).

D'autre part la similitude de cette succession et de celle qui a été indiquée pour le Silurien du secteur Nord ne fait pas de doute.

La terminaison périsynclinale de Ventas de la Barrera, à l'Est de Vérin est bien démonstrative, car son flanc SW est occupé par des terrains groupés dans notre Silurien métamorphique et son flanc NE est occupé par des terrains Ordoviciens et Siluriens abondamment fossilifères.

Cette série ne se distingue donc du Silurien plus fossilifère que par son épaisseur, qui peut être beaucoup plus grande, et par le développement de faciés volcaniques basiques, aujourd'hui sous la forme de schistes verts.

La série de Morais-Bragança et le groupe des schistes verts

La série de Morais-Bragança représenterait le socle Précambrien comme on peut supposer en employant surtout des arguments pétrographiques. Un argument supplémentaire d'ordre stratigraphique serait donné par l'assimilation des gneiss oeilés du massif de Morais à la formation „Olho de sapo”, précambrienne; or ces gneiss paraissent reposer sur les amphibolites qui forment le reste du massif. Les micaschistes qui font suite appartiendraient donc au Complexe de schistes et grauwackes.

Entourant les massifs de Morais et de Bragança on trouve des formations particulières, appartenant au faciés schistes verts, qui semblent plus métamorphiques que la série Transmontaine et que le Silurien.

Ce sont des schistes verts, des micaschistes, des flyschs schisto-gréseux et des marbres (Bragança, Rabal-Aveleda, Cova da Lua, Dine, Vale da Porca).

La présence des marbres indique un âge paléozoïque. Comme ce groupe fait suite au Silurien métamorphique dont il n'est pas toujours aisé de distinguer on pourrait penser à un âge Silurien pour lui aussi. Cependant il semble plus métamorphique que le Silurien et son faciés le fait ranger plutôt dans le Caradoc ou dans le Cambrien, à moins qu'il ne représente une variation latérale de faciés de la série Transmontaine. Le problème de la datation de ce groupe est très important, comme nous le verrons par la suite.

STRUCTURE

On a pu reconnaître à Trás-os-Montes 3 phases tectoniques principales:

La *première phase* a donné naissance aux plis qu'admettent un clivage de plan axial à caractère de clivage schisteux primaire et qui sont donc contemporains du métamorphisme régional hercynien. Les plis sont souples et le style et l'orientation

du plan axial de ces plis et du clivage associé sont variables. Ainsi on peut avoir des domaines où les plis sont à plan axial subvertical et à symétrie orthorombique; le clivage correspondant est un clivage schisteux typique, sans phyllites visibles à l'oeil nu, souvent oblique à la stratification. Dans l'autre extrême on a des plis à plan axial proche de l'horizontale, bien deversés (monocliniques), le clivage correspondant étant une schistosité primaire soulignée par des phyllites visibles à l'oeil nu, et confondue le plus souvent avec la stratification.

La rareté des charnières synschisteuses mésostructurales nous montre l'isoclinatation intense qu'ont subi ces séries avec transposition de la stratification.

La direction des plis de cette phase varie de N-S à E-W.

Dans les secteurs où les plis ont des plans axiaux subverticaux ils s'approchent de la géométrie cylindrique, pouvant se suivre sur de longues distances. Quand les plans axiaux se couchent il y a dispersion des directions des plis. N'ayant pas trouvé des traces de déformations anté-schisteuses il semble donc qu'on s'éloigne des conditions idéales du cylindrisme.

Le déversement, quand il existe, se fait respectivement dans le sens W vers l'E ou S vers l'N. Ceci est particulièrement visible dans le secteur Murça-Vila Flor. À Murça les plis sont proches de N-S, à fort plongement axial et l'Ordovicien est bien deversé à l'Est (la polarité étant nettement donnée par un conglomérat de base). À Vila Flor la schistosité a une allure subhorizontale dans les séries de l'Ordovicien, qui se présentent en série normale et plongent toujours vers le Nord-Est, mais parfois faiblement, sous le Silurien métamorphique.

La première phase de plissement se traduit généralement par des plis d'amplitude hectométrique. Il en résulte que les séries sont en gros à l'endroit. Ce n'est que dans le secteur au SW de Bragança qu'on aurait des flancs inverses de l'ordre de quelques kilomètres, décelables par la présence d'une tête plongeante de quartzites du niveau 2 à l'intérieur des schistes du niveau 3.

Il y a tous les intermédiaires entre les deux régimes tectoniques décrit ci-dessus. Ainsi on passe graduellement des plis à plan axial subvertical aux plis à plan axial subhorizontal, soit latéralement (par l'intermédiaire d'une zone à géométrie non plane et non cylindrique), soit transversalement (par l'intermédiaire d'une zone à géométrie non plane, mais cylindrique).

Ce phénomène a été particulièrement bien étudié en Galice par Ph. Matte (1966), qui a pu l'expliquer en fonction d'un principe assez général: on trouve des structures tangentielles plus importantes dans les secteurs plus resserrés de la virgation de la chaîne hercynienne, c'est-à-dire dans les zones plus internes, d'où une variation du pendage de la schistosité perpendiculairement aux structures, et dans les zones plus proches du ségmet à rayon de courbure minimum, d'où une variation parallèlement aux structures.

À Trás-os-Montes oriental l'Ordovicien et le Complexe des schistes et grau-wackes appartiennent d'une façon générale au domaine des plis sans déversement net, sauf dans les secteurs Murça-Vila Flor, Mogadouro-Vimioso et Bragança-Vinhais, où ils sont déformés en régime avec déversement. Quant à la série transmontaine elle est toujours engagée dans les plis bien deversés.

On se rend facilement compte qu'une grande partie de Trás-os-Montes oriental est dans le domaine des plis à plan axial subhorizontal, tandis que les secteurs de la Serra do Marão et de l'anticlinal de Valongo, à l'Est de Porto, bien que plus internes, sont dans le domaine des plis à plan axial subvertical. Ceci nous montre que le séduisant schéma présenté par Ph. Matte pour la Galice orientale n'est plus valable dans notre région, et que des facteurs nouveaux interviennent pour contrôler le pendage du plan axial des plis.

La deuxième phase engendre des plis orthorombiques accompagnés d'un clivage de crénulation (S_2) qui remplissent les phyllites néoformés dans la schistosité S_1 . Ce sont soit des plis en chevron, soit à charnières arrondies. Ces plis se présentent dans une alternance de zones où ils sont mésoscopiques et très serrés et de zones plus larges où ils ne provoquent que de larges ondulations ou des flexures de la schistosité primaire, en n'étant matérialisés que par une linéation de crénulation (I_2).

Quand les charnières correspondantes déforment les linéations I_1 on peut déterminer qu'il s'agit des plis concentriques, donc déroulables.

Ces plis sont toujours de direction proche de E-W et semblent se cantonner plutôt dans les domaines à schistosité proche de l'horizontale.

La troisième phase se traduit par des linéations de corrugation qui recourent I_2 . Cette phase de direction N-S à NE-SW est fortement transverse par rapport à la phase 2; elle se traduit surtout par des flexures axiales des plis de 2ème phase accidentées localement par des zones où les plis 3 sont macroscopiques.

La superposition de ces 3 phases explique la géométrie de la structure de Trás-os-Montes oriental; il s'agit, dans l'ensemble d'un vaste synforme de la schistosité primaire qui se termine axialement.

Ce synforme est accidenté par des plis d'ordre inférieur: C'est l'antiforme de Angueira-Pinelo-Pinela-Edrosa-Vilarinho de Agrochão qui sépare le synforme de Bragança-Vinhais-Vilar Seco-Ventas de la Barrera (au Nord) du synforme en bassin de Morais-Macedo de Cavaleiros-Mascarenhas au Sud. Ce sont des plis de deuxième phase dont les axes se relèvent à l'Ouest et à l'Est en vertu de plis transversaux de 3ème phase.

Ce qui est moins évident c'est l'apparition d'une zone à schistosité proche de l'horizontale à l'intérieur d'un secteur de la chaîne hercynienne à schistosité primaire subverticale, ce qui, en gros, traduit l'opposition entre la série transmontaine et l'Ordovicien-Silurien.

PROBLÈMES D'INTERPRÉTATION STRUCTURALE

Les relations entre la série transmontaine et l'Ordovico-Silurien

Dans le secteur Vila Flor-Mogadouro on peut mettre en évidence l'existence d'un chevauchement de la série transmontaine sur le Silurien et l'Ordovicien: Une zone de broyage faiblement incliné vers le Nord sépare un compartiment à schistosité subhorizontale d'un compartiment à clivage schisteux subvertical. Il en résulte la superposition anormale d'une série qui est parfois plus récente et plus déformée (le Silurien) à une série souvent plus ancienne et plus indemne (l'Ordovicien). On peut dire que la zone de passage graduel entre les plis à clivage de plan axial subvertical et les plis à clivage de plan axial subhorizontal a été masquée par ce chevauchement.

Vers l'Ouest (secteur Vila Flor-Murça-Vila Pouca) ce chevauchement semble disparaître puisqu'à Murça même la succession est stratigraphiquement normale et le gradient de déformation augmente vers le bas de la série (les quartzites de l'Ordovicien sont plus déformés que ceux du Silurien).

Vers l'Est (secteur Mogadouro-Vimioso) la limite entre la série transmontaine et l'Ordovico-Silurien correspond à une limite stratigraphique. On ne peut rien affirmer de décisif sans des études pétrographiques plus poussées qui décelent ou pas un saut dans le métamorphisme.

Dans le secteur Vimioso-Bragança-Vinhais la série paraît stratigraphiquement continue et tous les contacts sont traversés par la schistosité primaire.

La détermination des *Monograptus* dans le Silurien à ampélites et dans le Silurien à schistes lie-de-vin permettra de soulever ce doute.

En conclusion on peut dire que dans un large secteur de Trás-os-Montes Oriental (à l'Est du méridien Vila Flor-Vinhais) les niveaux structurellement les plus superficiels, et peut-être aussi les plus récents sont les plus déformés. Le Silurien supposé le plus élevé est plus déformé que le Silurien plus bas et que l'Ordovicien.

En même temps les niveaux les plus déformés sont aussi les plus métamorphiques, comme vient de le prouver une étude détaillée.

Les mêmes facteurs semblent donc contrôler la variation d'intensité du métamorphisme régional et de la déformation tectonique. Nous ne pouvons pour l'instant qu'énoncer cette constatation.

Nous avons précédemment admis l'hypothèse d'un charriage de la série métamorphique, alors réputée cambrienne, sur le Silurien-Ordovicien; ceci doit être formellement rejeté en vertu du passage latéral des faciés de la série transmontaine, devenue entretemps Silurienne, à ceux de la série Silurienne autochtone. L'hypothèse d'un chevauchement du Silurien métamorphique sur l'autochtone moins déformé et moins métamorphique peut être valable localement, mais ne peut être généralisée à tout l'ensemble comme nous l'avons admis tout récemment.

La stratigraphie établie sur les faunes trouvées, permettra sans doute résoudre ce problème. En attendant les corrélations de faciés font penser plutôt à une série stratigraphique continue presque partout.

Position structurale du Précambrien

Nous n'étudions pas la structure du Précambrien de Trás-os-Montes oriental. Cependant on a pu établir les faits suivants, en examinant le cadre paléozoïque:

Les massifs de Morais et de Bragança chevauchent toujours un Paléozoïque à succession normale; le niveau chevauché est toujours le niveau des schistes lie-de-vin. Parfois il y a interposition du groupe des schistes verts, qu'on ne peut pas pour l'instant rattacher soit au Silurien soit au Précambrien.

On peut essayer d'expliquer ces relations par deux solutions structurales.

Solution autochtoniste

Le Précambrien représente des extrusions du socle, qui suivent la première phase. Sa position synclinale s'explique par le fait que les phases postérieures ont tendance à donner des plis qui se moulent sur le Précambrien. Le groupe des schistes verts pourrait alors représenter un niveau stratigraphiquement plus profond (Cambrien, Caradoc-Ashgill) qui aurait accompagné le mouvement ascendant du Précambrien.

Cette hypothèse s'accorde avec certains faits: le chevauchement de la série transmontaine sur l'Ordovicien-Silurien et le fait que la paléogéographie du Silurien semble centrée sur les massifs précambriens, au moins pour certains caractères.

Cependant elle n'explique pas le fait que ce soit le même niveau qui soit partout chevauché.

Solution allochtoniste

Le Précambrien est charrié, ce qui expliquerait donc sa position par rapport au Paléozoïque. Le groupe des schistes verts pourrait donc représenter soit un élément allochtone en liaison paléogéographique et tectonique avec le Précambrien, soit un passage latéral de faciés du Silurien autochtone.

D'autre part cette hypothèse pourrait expliquer certains faits relatifs à la série métamorphique: son état de déformation et la torsion que les plis de 1ère phase semblent subir au voisinage immédiat des massifs précambriens.

CONCLUSION

Au point de vue de la structure on peut se rendre compte que à Trás-os-Montes il y a plus de problèmes à résoudre que de questions définitivement réglées. Cependant on peut déjà affirmer que rien ne confirme le caractère de zone axiale qu'on a voulu prêter à la zone de Galice Occidentale, dont Trás-os-Montes constitue le prolongement. Dans ce secteur les déversements se font encore avec des composantes vers le Nord ou vers l'Est; le Précambrien occupe une position tectoniquement anormale (extrudé tardivement ou charrié). Ce serait vers le SW, dans la bande métamorphique Guarda-Viseu-Porto et son prolongement vers le NNW, aujourd'hui sous la mer, qui se situerait la zone axiale de la chaîne hercynienne Ibérique. C'est là que les déversements semblent diverger, c'est là que le socle gneissique, confondu souvent avec des granites hercyniens précoces, semble engagé dans des plis à style pennique avec sa couverture paléozoïque (complexe de schistes et grauwackes et Ordovicien-Silurien).

BIBLIOGRAPHIE

Se rapporter à la bibliographie indiquée dans:

Ribeiro, A., Medeiros, A. & Almeida Rebelo, J., 1965. Estado actual dos conhecimentos sobre a Geologia de Trás-os-Montes oriental. Bol. Soc. Geol. Port., 16, pp. 93—110.

Dans cette publication on peut trouver une esquisse géologique de Trás-os-Montes oriental à l'échelle 1:500.000, ainsi qu'un coupe géologique très schématique. Paru pendant l'élaboration de ce rapport-ci:

Portugal Vasconcelos Ferreira, M. R., 1966. Geologia e Petrologia da Região de Rebordelo-Vinhais. Coimbra.

Manuscrit aimablement communiqué par son auteur:

Matte, Ph., 1966. La schistosité primaire dans l'arc hercynien de Galice; variation de son pendage parallèlement et perpendiculairement aux structures et rôle des phases de déformation ultérieures — Colloque sur les Étages Tectoniques — Neuchâtel, 1966.