

Contexte géologique régional :

l'Ardenne paléozoïque

(Nord de la France et Sud de la Belgique)

Jean-Louis MANSY (1)

Frédéric LACQUEMENT (2)

Regional geological setting - the Palaeozoic deposits of the Ardennes (Northern France and southern Belgium)

Géologie de la France, n° 1-2, 2006, pp. 7-13, 5 fig.

Mots-clés : Paléozoïque, Orogenèse calédonienne, Orogenèse varisque, Faille de chevauchement, Sismique, Belgique, Département du Nord, Département des Ardennes, Massif Ardennais

Key words: Palaeozoic, Caledonian orogeny, Variscan orogeny, Thrust faults, Seismic Belgium, Nord France, Ardennes France, Ardennes

Le Paléozoïque du Nord de la France et de la Belgique affleure au sein de massifs s'étendant de la Manche au Rhin ; le plus important est constitué par l'Ardenne au sens de Gosselet (1888) (fig. 1). Il est aussi connu sous la couverture mésozoïque au travers du Bassin houiller dont l'exploitation, qui a duré près de 200 ans, a très tôt justifié de nombreuses études conférant un caractère exceptionnel à la connaissance à cet objet. Ces massifs sont le produit de la collision de la Laurussia, au nord, et du Gondwana, au sud et constituent les pièces du front nord varisque.

Les observations de surface effectuées ces 15 dernières années lors des campagnes de cartographie en Ardenne (cartes de Givet et Fumay en France et les cartes géologiques belges réalisées récemment par la Région wallonne) et dans le Boulonnais (carte de Marquise), ainsi que les études précises en carrières associées à l'interprétation de données géophysiques ont abouti à affiner les différents aspects de l'évolution de l'histoire géologique au cours du Paléozoïque.

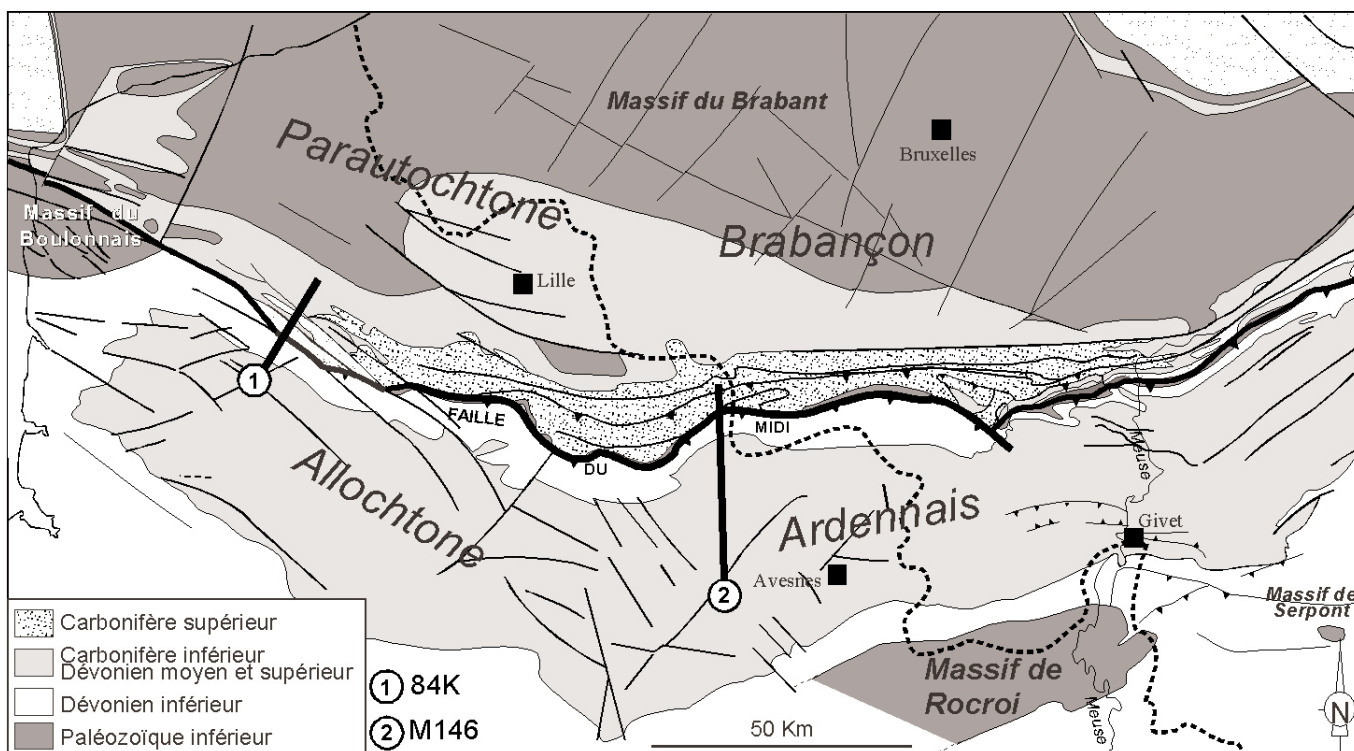


Fig. 1.- Carte géologique simplifiée infra mésozoïque et cénozoïque du Nord de la France et du Sud de la Belgique.

Fig. 1.- Inframesozoic and cenozoic geological map of Northern France and Southern Belgium.

(1) USTL, bât. SN5, 59655 Villeneuve d'Ascq cedex, France, mansy@univ-lille1.fr

(2) BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France, f.lacquement@brgm.fr

L'histoire anté-dévonienne est complexe du fait de la surimposition des structures varisques et de l'intensité des déformations. L'existence d'une structuration dite calédonienne a pu être démontrée en de nombreux points (Gosselet, 1888 ; Meilliez 1989a ; Lacquement *et al.*, 2001). Globalement, l'intensité de la déformation calédonienne décroît du nord vers le sud, les terrains les plus septentrionaux (Massifs de Rocroi et de Givonne) étant affectés par un métamorphisme de bas niveau (Mortelmans, 1955).

Le Paléozoïque inférieur est caractérisé par une puissante série sédimentaire siliciclastique fine associée en séquences turbiditiques dont une synthèse a été établie récemment (Verniers *et al.*, 2001). Ces sédiments sont datés par acritarches (Vanguetaine, 1986) du Cambrien inférieur à l'Ordovicien moyen pour ce qui concerne le Massif de Rocroi, de l'Ordovicien inférieur au Silurien moyen (Ludlow) pour la Bande condrusienne et du Cambrien inférieur au Silurien moyen (Ludlow) pour le Massif du Brabant. Les terrains sous-jacents ne sont pas connus. Les massifs septentrionaux se caractérisent par un milieu de sédimentation de type bassin profond subsident, alors que ceux des massifs méridionaux suggèrent un milieu de sédimentation situé entre la pente et le talus (Meilliez, 1989a).

En Haute-Ardenne, et plus particulièrement dans le Massif de Rocroi, les récentes études cartographiques témoignent de l'existence d'une activité tectonique importante au cours de la sédimentation pendant le Cambrien moyen, comme en témoignent les slumps, brèches sédimentaires et autres structures synsédimentaires observés (Lacquement *et al.*, 2001).

La discordance du Paléozoïque moyen à supérieur sur le Paléozoïque inférieur y est marquée par la troncature de structures plissées et faillées. L'événement tectonique majeur déformant le substratum est appelé événement calédonien. D'après l'âge des derniers dépôts du Paléozoïque inférieur et l'âge des premiers dépôts discordants, l'événement est mal contraint. Selon les massifs, il est attribué au Silurien supérieur (Calédonien s.s.), voire au Dévonien inférieur ou Acadien (Mansy *et al.*, 1999), suggérant le caractère diachronique de la mise en place des déformations.

L'incidence de l'orogénèse calédonienne est difficile à mettre en évidence du fait de la surimposition des structures hercyniennes sur les structures calédoniennes. Au nord, à la périphérie méridionale du Massif du Brabant, le Paléozoïque inférieur est recouvert par des couches du paléozoïque supérieur peu déformées permettant de caractériser les structures sous-jacentes liées au raccourcissement calédonien (Debacker *et al.*, 2002 et Verniers *et al.*, 2002).

Au sud, dans l'Allochtone ardennais, les plis sont serrés et tronqués par une discordance nette autour du Massif de Rocroi connue depuis Gosselet (1879, 1888). Cette discordance a pu être interprétée comme un décollement (Hugon, 1983). Toutefois cette hypothèse est réfutée par la majorité des auteurs, en effet, la présence de marqueurs

chronologiques et les relations géométriques entre les objets géologiques indiquent clairement que les structures sous la discordance résultent de déformations plicatives anté-dévoniennes.

La marge éovarisque

Le substratum du Paléozoïque inférieur du Nord de la France constituant la marge du continent des Vieux Grès Rouges est affecté par une extension crustale modérée mise en évidence par les variations rapides des faciès et de la puissance des séries de la base du Paléozoïque supérieur. La distension (Meilliez *et al.*, 1991) fonctionne depuis le Silurien terminal, présent au sud du Massif de Rocroi (Vanguetaine, 1973 et 1974) jusqu'au Dévonien moyen (Meilliez, 1991 et Goffette *et al.*, 1991). D'un point de vue géométrique, la marge est constituée par une succession de blocs affaîssés de dimension kilométrique formant des demi-grabens (Meilliez, 1991). Les failles synsédimentaires s'orientent selon deux directions principales : ENE-WSW et NW-SE et morcellent ainsi la marge en un damier complexe (Meilliez, 1989b ; Meilliez *et al.*, 1991 et Lacquement, 2001). La fin de la distension s'accompagne par la mise en place de filons magmatiques acides et basiques datés à 373+8/-9 Ma par la méthode U-Pb sur zircons (Goffette, 1989).

Cinq principales périodes de sédimentation homogènes sont reconnues :

- la première débute au Silurien terminal et se termine à l'Eifélien, et se caractérise par des dépôts essentiellement de nature détritique (schiste, silt et grès). La puissance maximale de la série est estimée à 6 000 m ; elle tend à décroître pour disparaître vers le nord en décrivant un prisme qui s'amincit par paliers du sud vers le nord (mettre une coupe N-S) ;
- le second ensemble, puissant de 800 m, marque le passage à la plate-forme carbonatée ;
- le Dévonien supérieur forme le troisième ensemble. Il se caractérise par l'enneigement des récifs, par l'approfondissement du bassin et par le retour à une sédimentation dominée par les dépôts siliciclastiques fameniens. La puissance maximale de cet ensemble est de 600 m ;
- le Carbonifère inférieur (Dinantien) laisse place à la seconde plate-forme carbonatée qui peut atteindre un millier de mètres de puissance. La présence de vastes slumps et de brèches sédimentaires au Viséen supérieur est associée à des pentes accusées, sans doute liées aux premiers soubresauts du raccourcissement varisque ;
- la série détritique du Namuro-Westphalien renferme des séquences silico-clastiques associées aux terrains houillers qui marquent le comblement de l'espace de sédimentation. L'âge des dépôts au sein du bassin d'avant-pays ainsi que leur puissance indiquent une migration du front de déformation varisque du sud vers le nord (Bless *et al.*, 1977 et Meilliez, 1991). Cette migration est confirmée par les âges radiométriques

rajeunissant du Sud-Est vers le Nord-Ouest (Ahrendt *et al.*, 1983 ; et Piqué *et al.*, 1984). La puissance maximale de cette série est estimée à 3 500 m (Han, 1999), et l'extension nord-sud du bassin houiller est d'au moins 100 km (Mansy *et al.*, 1997).

Ainsi, les séries du Paléozoïque supérieur forment deux prismes superposés, celui du Dévonien s'amincit du sud vers le nord alors que celui du Carbonifère tend à s'épaissir. Les variations de puissance s'accompagnent des variations lithologiques, les faciès fins et incompetents dominant vers le sud alors qu'au nord les faciès compétents dominent. Les hétérogénéités lithologiques ainsi que la forte proportion en matériaux incompetents interstratifiés confèrent à la série la particularité de posséder des niveaux de décollements potentiels multiples (Meilliez et Mansy, 1990 et Lacquement 2001).

Raccourcissement varisque

En carte, le front nord varisque est arqué, il se caractérise par deux branches, NE-SW à l'est et NW-SE à l'ouest (fig. 1). Le passage d'une branche à l'autre s'effectue de manière progressive. Les analyses structurales couplées aux levés

cartographiques et à des études géophysiques (anisotropie de la susceptibilité magnétique et paléomagnétisme) ont permis de mettre en évidence l'existence de zones de relais. Ces zones, larges de quelques kilomètres amortissent des déplacements différentiels entre blocs dans une dynamique de raccourcissement vers le Nord-Ouest (Lacquement *et al.*, 2005). Les zones de relais enregistrent des déformations décrochantes compressives généralement dextres. D'est en ouest, les zones de relais permettent l'enroulement de la nappe allochtone autour du môle brabançon.

Unités structurales en Ardenne et en Artois

Les études géophysiques menées sur des profils méridiens au travers du front varisque démontrent l'existence de trois principales unités structurales, avec du sud vers le nord : l'Allochtone ardennais, les Ecailles du Parautochtone et le Parautochtone brabançon (Mansy *et al.*, 1997 et Lacquement *et al.*, 1999, Mansy *et al.*, 2003) (fig. 2).

L'Allochtone ardennais repose par l'intermédiaire de la Faille du Midi (Briart et Cornet, 1863 ; Gosselet, 1879 et 1888 ; Raoult et Meilliez, 1986) sur les Ecailles du

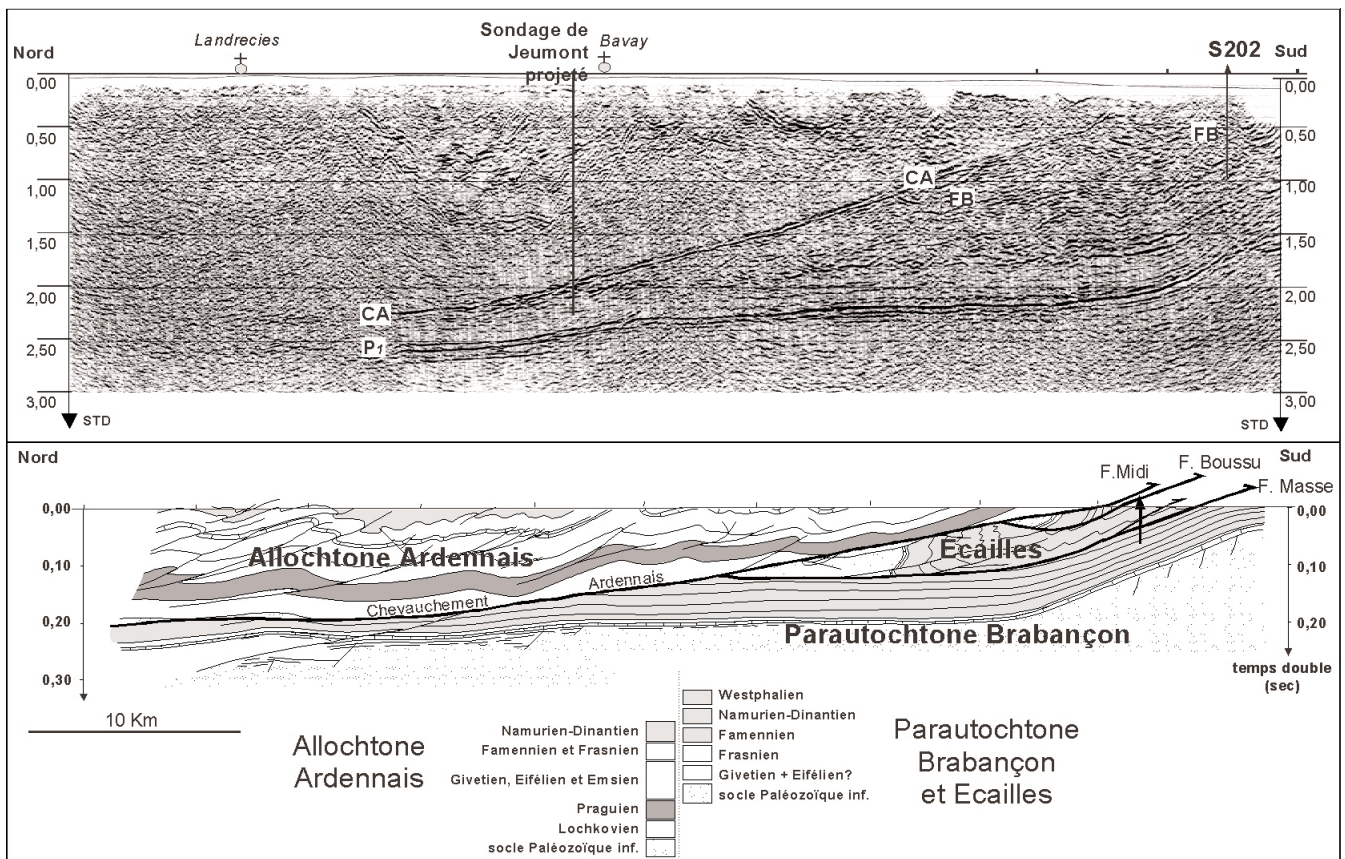


Fig 2.- Profil sismique méridien M146 passant par Valenciennes et interprétation.

Fig. 2.- M146. Seismic section and interpretation nearby Valenciennes.

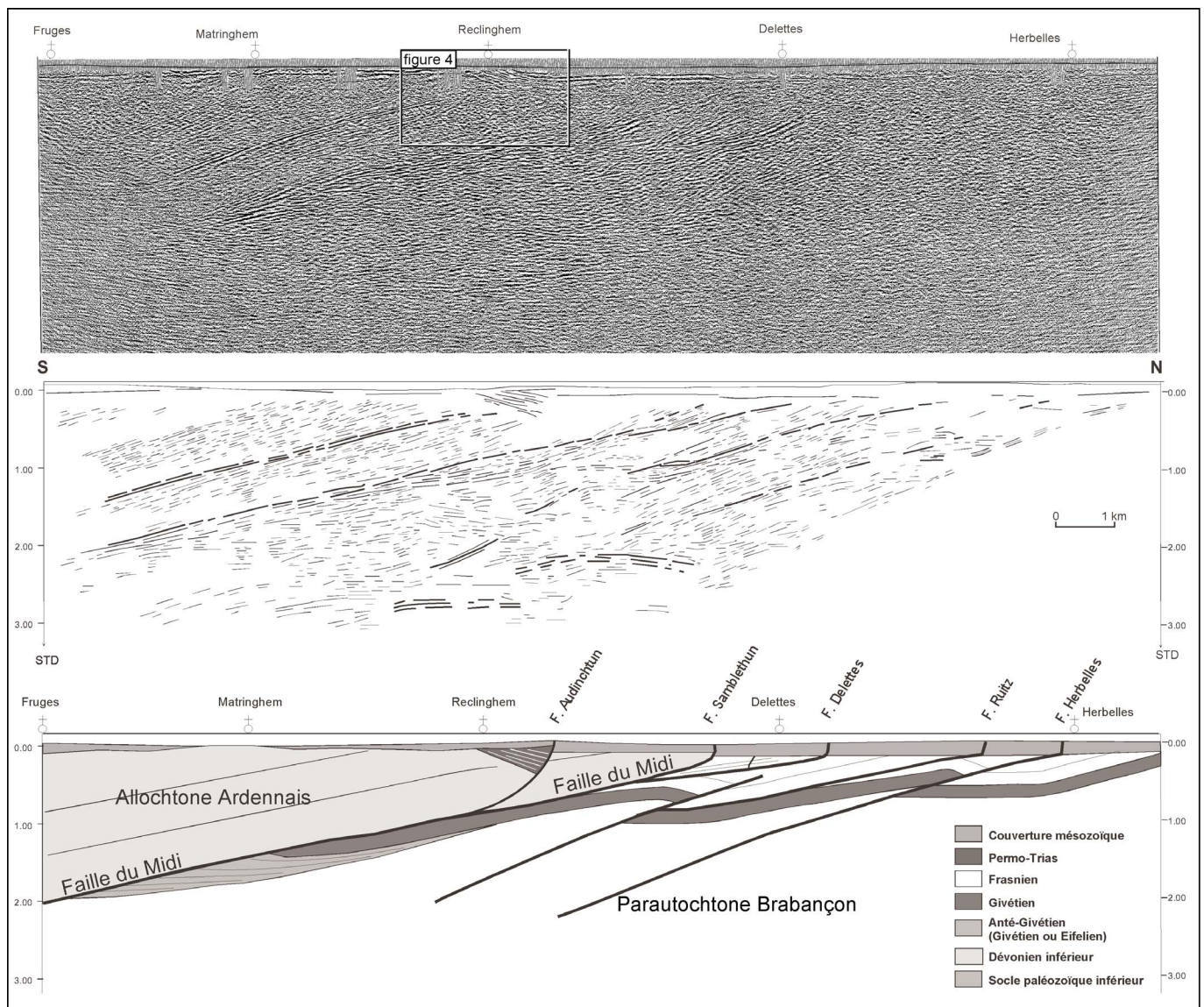


Fig. 3. Transept sismique BM84K et interprétation (Artois).

Fig. 3.- BM84K seismic cross section and interpretation (Artois).

Parautochtone, correspondant à des lambeaux de poussée accompagnant le chevauchement majeur. La structure d'ensemble de l'Allochtone ardennais est celle d'un synclinorium de dimension plurikilométrique et dont le flanc sud est caractérisé par des structures déjetées vers le nord-ouest à schistosité faiblement penté vers le sud. Les structures situées au cœur du synclinorium correspondent à des plis droits à plans de schistosité subverticaux (Khatir *et al.*, 1992 ; Mansy *et al.*, 1989).

Les écailles du parautochtone contiennent des lambeaux de socle, base de la ride du Condros sur lesquels repose en discordance une série sédimentaire condensée dont la base est datée du Dévonien supérieur et de la puissante série du Carbonifère (Gosselet, 1879 ; Meilliez et Raoul, 1987). Ces écailles sont charriées sur des terrains relativement peu déformés et datés du Dévonien moyen et supérieur et du Carbonifère (Cazes *et al.*, 1985 ; Graulich, 1961 ; Lacquement *et al.*, 1999) constituant la couverture du substratum du Paléozoïque inférieur du Brabant

apparaissant transparent sur les différents profils étudiés (fig. 2). La mise en évidence de ces écailles entraîne : (1) La disparition du concept « Synclinorium de Namur » (Fourmarier, 1931), puisque les deux flancs n'appartiennent pas à la même entité structurale (Mansy *et al.*, 1999). (2) Le faible taux de déformation de la couverture dévono-carbonifère du Parautochtone brabançon. (3) La Faille du Midi s.s n'apparaît plus comme le plan de chevauchement principal, mais comme le dernier chevauchement hors séquence, sa flèche est de l'ordre d'une quinzaine de kilomètres (Lacquement *et al.*, 1999). (4) L'extension N-S du bassin houiller est bien supérieure à celle estimée précédemment, elle est au minimum de 80 km (Han, 2000) au niveau du méridien de Valenciennes.

Le retraitement du profil sismique BM84K tiré le long de la vallée de la Lys, en Artois, associé aux analyses des cartes gravimétriques apporte de précieux renseignements pour la compréhension de l'histoire géologique du segment occidental du front varisque nord.

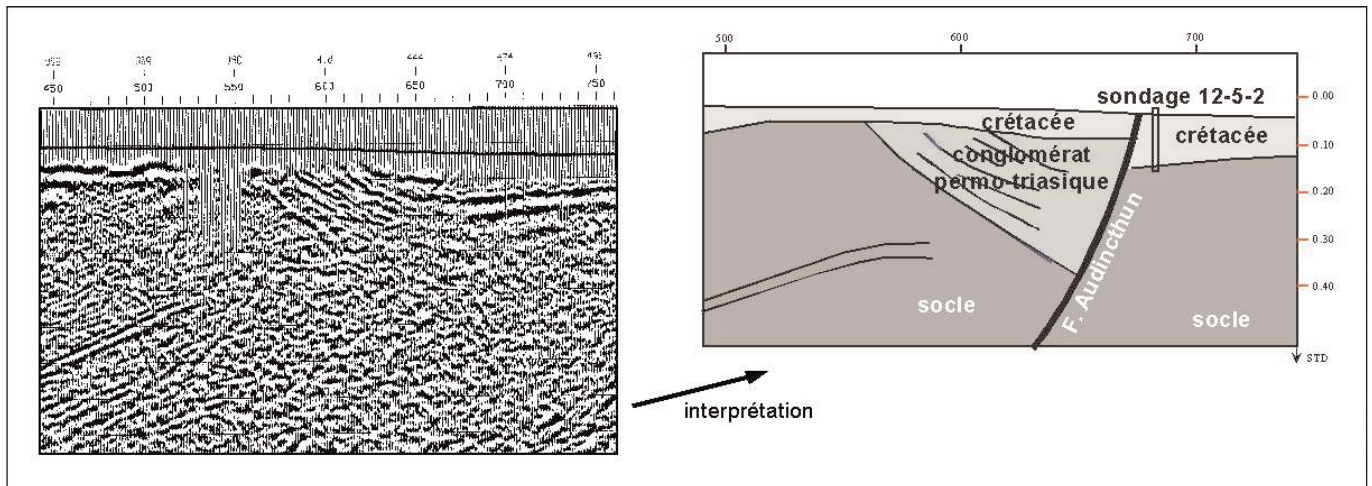


Fig. 4.- Détail du profil sismique BM84K, carte gravimétrique et interprétation mettant en évidence la morphologie des dépôts conglomératiques permotriasiques.

Fig. 4.- Detail of the seismic profile BM84K and gravimetric map showing the morphology of the permotriassic conglomerates.

Trias et plus certainement Permien comme l'atteste la présence de microcodium (Mansy *et al.*, 2003). Ces conglomérats sont piégés au sein d'hémi-grabens pouvant atteindre 500 m de puissance et sont constitués de schistes et de grès mal datés (Mériaux, 1961). Les hémi-grabens sont situés au sud de failles subverticales en surface disposées en relais (fig. 4). En profondeur, les profils sismiques montrent que les failles subverticales tendent à s'aplanir vers le sud pour se raccorder aux principaux chevauchements varisques. L'ensemble de ces observations indiquent que la branche ouest du front varisque a enregistré une double inversion tectonique avec une compression tardi-varisque marquée par des chevauchements à pente sud d'âge carbonifère. Elle est suivie au Permien par une période d'extension qui fait rejouer les failles varisques en hémi-grabens remplis de conglomérats et de sédiments rouges. Après le Crétacé, une dernière phase compressive réactive ces failles en soulevant les compartiments méridionaux.

Conclusions

Depuis une vingtaine d'années, les levés cartographiques associés aux études sédimentologiques, structurales et géophysiques apportent des précisions sur la géométrie des objets géologiques constituant le substratum varisque du Nord de la France et de la Belgique. À partir de ces observations, la communauté scientifique a proposé une structuration complexe et diachrone. Les points majeurs concernent le contexte géologique de mise en place des dépôts et leur caractérisation ; ils concernent également les modes, processus et géométries des structures associées au raccourcissement varisque, à toutes les échelles.

La quasi totalité des structures géologiques reconnaissables sur ce profil sont à pente sud (fig. 3), on y distingue à partir du sud : 1 - l'Allochtonne ardennaise, avec un Dévonien inférieur qui présente une belle homogénéité avec des réflecteurs plans parallèles. 2 - Au nord, une zone plus hétérogène sismiquement complexe, qui semble correspondre aux massifs renversés et au bassin houiller. 3 - un ensemble sismiquement transparent qui correspond au socle brabançon. Globalement la répartition en trois unités structurales principales est respectée (allochtone / écaillés et massifs renversés / Parautochtone brabançon).

Entre l'ensemble allochtone et les massifs renversés, on note la présence d'une série conglomératique à pente nord attribuée au Carbonifère supérieur ou au Permo-

Bibliographie

- Ahrendt H., Clauer N., Hunziker J.C., Weber K. (1983) - Migration of folding and metamorphism in the Rheinische Schiefergebirge deduced from K-Ar and Rb-Sr age determinations. Martin & Eder Eds., Springer-Verlag, Heidelberg, 323-338.
- Briart A., Cornet F.L. (1863) - Description minéralogique, géologique et paléontologique de la meule de Bracquegnies. Bracquegnies Millstone mineralogy, geology and paleontology. Memoire - Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, Classe des Sciences, vol. **34**, 92 p.
- Cazes M., Toreilles G., Bois C., Damotte B., Galdeano A., Hirn A., Mascle A., Matte P., Pham Van Ngoc, Raoult J.F. (1985) - Structure de la croûte hercynienne du Nord de la France : premiers résultats du profil ECORS. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **6**, 925-941.
- Debacker, Timothy N., Sintubin M., Verniers J. (2002) - Timing and duration of the progressive deformation of the Brabant Massif (Belgium). Contributions to the geology of Belgium and Northwest Europe; proceedings of the First geologica belgica international meeting, Louvain, Belgium, Sept. 11-15. *Aardkundige Mededelingen*, vol. **12**, 73-76.
- Fourmarier P. (1931) - Les plissements calédoniens et les plissements hercyniens en Belgique. *Ann. Soc. géol. Belgique*, **34**, B364-384.
- Goffette O., Liegeois J.P., Andre L. (1991) - Age, U-Pb sur zircon dévonien moyen à supérieur du magmatisme du Massif de Rocroi (Ardenne, France) : implications géodynamiques, géochimie et géochronologie isotopique. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, série 2, vol. **312**, n° 10, 1155-1161
- Goffette O. (1989) - Déformations calédonienne et varisque dans le massif de Rocroi ; intérêt des filons magmatiques. *Bull. Soc. Hist. .nat. Ardennes*, vol. **79**, 34-42.
- Gosselet J. (1879) - La roche à Fépin : contact du terrain silurien et du terrain dévonien, sur les bords de la Meuse, *Ann. Soc. géol. du Nord*, **6**, 66-73.
- Gosselet J. (1888) - L'Ardenne, Mém. serv. carte géol. France, Baudry ed., Paris, 881 p.
- Graulich J.M. (1961) - Le sondage de Wépion. Service Géologique de Belgique, **2**, 1-86.
- Han G. (2000) - Paleozoic clay mineral and diagenesis in the Dinant and Avesnes basins (Belgium, France) : relationships with Variscan tectonism. Thèse de la faculté des sciences - département des sciences de la terre et de l'environnement, Université Libre de Bruxelles, 189 p.
- Hugon H. (1983) - Structures et déformation du massif de Rocroi (Ardennes). *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 15 série C, **2**, 109-143.
- Khatir A., Mansy J.L., Meilliez F. (1992) - Structuration varisque en Ardenne occidentale : une hiérarchie des niveaux de décollements. *C.R. Acad. Sci. Paris.*, **314**, II, 365-371.
- Lacquement F., Mansy J.L., Hanot F., Meilliez F. (1999) - Retraitement et interprétation d'un profil sismique pétrolier au travers du Massif paléozoïque ardennais (Nord de la France). *C.R. Acad. Sci. Paris*, **329**, 471-477.
- Lacquement F. (2001) - L'Ardenne varisque. Déformation progressive d'un prisme sédimentaire pré-structuré, de l'affleurement au modèle de chaîne. Société géologique du Nord, Publication n° **29**, 285 p.
- Lacquement F., Averbuch O., Mansy J.L., Szaniawski R., Lewandowski M. (2005) - Transpressional deformations at lateral boundaries of propagation thrust-sheets: the example of the Meuse Valley recess within the Ardennes variscan fold-and-thrust belt (N France-S Belgium). *J. structur. Geol.*, vol. **27**, issue 10, 1788-1802.
- Mansy J.L., Conil R., Meilliez F., Khatir A., Delcambre B., Groessens E., Lys M., Poty E., Swennen R., Trentesaux A., Weynant M. (1989) - Nouvelles données stratigraphiques et structurales sur le Dinantien de l'Avesnois *Ann. Soc. Géol. du Nord*, **CVIII**, 125-142.
- Mansy J.L., Lacquement F., Meilliez F., Hanot F., Everaerts M. (1997) - Interprétation d'un profil sismique pétrolier sur le méridien de Valenciennes, Belgian symposium on structural Geology and Tectonics, Leuven, Belgium. *Aardk. Mededel.*, **8**, 127-129.
- Mansy J.L., Everaerts M., De Vos W. (1999) - Structural analysis of the adjacent Acadian and Variscan fold belts in Belgium and northern France from geophysical and geological evidence. *Tectonophysics*, **309**, 99-116.
- Mansy J.L., Manby G.M., Averbuch O., Everaerts M., Bergerat F., Van Vliet, Lanoe B., Lamarche J. (2003) - Dynamics and inversion of the mesozoic basin of the Weald-Boulonnais area : role of basement reactivation. *Tectonophysics*, **373**, 161-169.
- Meilliez F. (1989a) - Importance de l'événement calédonien dans l'allochtone ardennais ; essai sur une cinématique paléozoïque de l'Ardenne dans la chaîne varisque. Thèse de l'Université du Maine, 518 p.
- Meilliez F. (1989b) - Tectonique distensive et sédimentation à la base du Dévonien, en bordure nord-est du Massif de Rocroi (Ardennes). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **CVII**, 281-295.
- Meilliez F. (1991) - Ardennes-Brabant. *Soc. Géol. Bull.*, **44**, 1-2, 3-29.
- Meilliez F., Raoult J.F. (1987) - Le chevauchement frontal nord-varisque : bilan et perspective, BRGM, *Géologie profonde de la France*, **139**, 9-17 p.
- Meilliez F., Mansy J.L. (1990) - Déformation pelliculaire différenciée dans une série lithologie hétérogène : le Dévono-Carbonifère de l'Ardenne, *Bull. Soc. géol. Fr.*, **8**, VI, 177-188.
- Meilliez F., Andre L., Blicke A., Fielitz W., Goffette O., Hance L., Khatir A., Mansy J.L., Overlau P., Verniers (1991) - Ardenne-Brabant. *Sci. Geol. Bull.*, **44**, 3-29.
- Mériaux E. (1961) - « Observations sur les conglomérats et marbres rouges de l'Artois ». *Ann. Soc. géol. Nord* **XXXI**, 65-71.
- Mortelmans G. (1955) - Considérations sur la structure tectonique et la stratigraphie du massif du Brabant. *Bull. Soc. belge géol.*, vol. **64**, 179-218.
- Piqué A., Huon S., Clauer N. (1984) - La schistosité hercynienne et le métamorphisme associé dans les vallées de la Meuse entre Charleville-Mézière et Namur (Ardenne franco-belge). *Bull. Soc. belge Géol.*, **93**, 1-2, 55-70.

Raoult J.F., Meilliez F. (1986) - Commentaires sur une coupe structurale de l'Ardenne selon le méridien de Dinant. *Ann. Soc. géol. Nord*, **105**, 97-109.

Vanguetaine M. (1973) - Contribution à l'étude du Massif cambrien de Rocroi. Thèse de doctorat de la faculté des Sciences de Liège, 201 p .

Vanguetaine M. (1974) - Espèces zonales d'acritarches du Cambro Tremadocien de Belgique et de l'Ardenne française. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **18**, 63-82.

Verniers J., Herbosch A., Vanguetaine M., Geukens F., Delcambre B., Pingot J.L., Belanger I., Hennebert M., Debacker T., Sintubin M., De Vos W. (2001) - Cambrian-Ordovician-Silurian lithostratigraphic units (Belgium). *Geol. Belgica*, vol. **4**, no.1-2, 5-38.

Verniers J., van Grootel G., Louwye S., Diependaele B. (2002) -The chitinozoan biostratigraphy of the Silurian of the Ronquieres-Monstreux area (Brabant Massif, Belgium). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, vol. **118**, no. 1-4, 287-322.