

# BIOSTRATIGRAPHIE PAR ACRITARCHES DU CAMBRO-ORDOVICIEN DE BELGIQUE ET DES REGIONS LIMITOPHES : SYNTHESE ET PERSPECTIVES D'AVENIR<sup>1</sup>

par

Michel VANGUESTAINE<sup>2</sup>

(10 figures)

**RESUME.**- La signification stratigraphique d'observations anciennes et récentes relatives aux acritarches du Cambro-Ordovicien de Belgique et des régions limitrophes est examinée à la lumière des dernières publications en la matière.

Cette confrontation des données fait apparaître, pour l'Ardenne: un groupe de Deville (plus précisément la partie supérieure de ce groupe) dont la fourchette d'âges devrait englober, en plus des parties moyenne et supérieure du Cambrien Inférieur, la partie inférieure du Cambrien Moyen; un groupe de Revin comprenant une succession de niveaux bien calés dans le temps, s'étageant au moins des parties moyenne à supérieure du Cambrien Moyen aux parties les plus élevées du Cambrien Supérieur; une partie inférieure du groupe de la Salm (Sm1) qui possède non seulement du Trémadocien inférieur, mais aussi du Trémadocien supérieur; une partie supérieure du groupe de la Salm (Sm3b) dont l'âge reste à préciser au sein d'une fourchette Llanvirn-Caradoc inférieur.

Dans le Massif du Brabant, des recherches récentes sur divers sondages ont permis d'envisager sous un jour nouveau le vieux problème de l'âge respectif des «assises» d'Oisquerq et de Mousty. Pour autant que les échantillons fossilifères étudiés soient représentatifs de l'une et l'autre «assises», les acritarches indiqueraient un âge Cambrien Inférieur ou Moyen pour Oisquerq (comparable à celui du groupe de Deville) ainsi qu'un âge approximativement Cambrien Moyen à Supérieur pour Mousty (comparable à celui du groupe de Revin).

La comparaison des diverses régions étudiées indique: le caractère probablement synchrone, d'un Massif à l'autre, de la limite Deville-Revin et la possibilité de corréliser cette limite avec celle entre Oisquerq et Mousty; l'existence vraisemblable d'une vaste lacune stratigraphique dans le groupe de Revin du Massif de Rocroi; des variations de sédimentation dans le Cambrien (absence locale de Mousty) et l'Ordovicien (Tribotte limité à la Dyle) du Massif du Brabant, comparables à ce que l'on observe dans des phénomènes de tectonique de blocs; l'existence d'une régression (d'origine? eustatique) tarditrémadocienne et de lacunes contemporaines; une possible confirmation, par le biais de critères bathymétriques, d'une subdivision en 3 mégacycles des couches de l'ensemble du Paléozoïque Inférieur, cyclicité qui se corrèle avec celle observée dans la partie méridionale de la Grande-Bretagne.

**ABSTRACT.**- The stratigraphic significance of Cambrian and Ordovician acritarchs in Belgium and adjacent areas is discussed.

It now appears that the age of the Deville group in the Ardenne (more precisely the upper part of this group) should be broadened to include not only the middle and late Lower Cambrian, but also the early Middle Cambrian. The Revin group comprises several well dated levels between the middle late Middle Cambrian to the latest Upper Cambrian. The lower part of the Salm Group (the so-called Sm1) comprises strata of early and late Tremadoc age. The age of the uppermost part of the Salm group (Sm3b) lies between the Llanvirn and the early Caradoc.

1. Adresse présidentielle, présentée le 21 janvier 1992.

2. Services associés de Paléontologie, Université de Liège, 7, place du XX Août, B-4000 Liège, Belgique.

Within the Brabant Massif, recent investigations of several boreholes have enabled the relative ages of the Oisquercq and the Mousty «assises» to be reconsidered, and the problem of their synchronism or diachronism to be addressed. If the fossiliferous samples prove to belong to these «assises», acritarchs would indicate a Lower or early Middle Cambrian age for the Oisquercq (comparable to the age of the Deville group) and an approximately Middle to Late Cambrian age for the Mousty (comparable to that of the Revin group).

Comparison of the different areas studied shows a probable synchronism of the Deville- Revin boundary, the later possibly coincident with that between the Oisquercq and Mousty; a likely unconformity in the Revin group of the Rocroi Massif; sedimentary variations in the Cambrian (Mousty lacking in some places) and the Ordovician (Tribotte facies restricted to the Dyle area) of the Brabant Massif comparable with block faulting phenomena; existence of? eustatic late Tremadoc regression and contemporaneous unconformities; a possible confirmation, by means of bathymetric criteria, of a subdivision of Lower Palaeozoic strata into 3 megasequences, and a correlation of this cyclicity with that observed in southern Great Britain.

## 1.- INTRODUCTION

En Belgique et dans les pays limitrophes, les roches du Cycle Calédonien affleurent dans un ensemble de boutonnières apparaissant sous les couvertures varisques et/ou méso-cénozoïques dont la figure 1 donne la localisation. Cette figure tient compte, en Ardenne, de l'existence de l'Ordovicien. Cette existence, d'abord soupçonnée (Geukens, 1981), a été démontrée (Roche *et al.*, 1986) à la bordure orientale du Massif de Rocroi et est aussi supposée par Beugnies (1960) dans les Massifs de Serpont et de Givonne sur la base de corrélations lithostratigraphiques avec le Massif de Stavelot.

Des articles récents ont fait connaître des aspects géochimiques, magmatiques, métamorphiques et tectoniques (Bless *et al.*, 1991, André, 1991, Delvaux de Fenffe & Laduron, 1991) que nous n'envisagerons pas ici. Seuls les problèmes stratigraphiques seront abordés dans cette communication. Celle-ci concernera principalement les unités lithologiques les plus anciennes, le Cambro-Ordovicien de l'Ardenne et le Cambrien du Brabant. Le Silurien du Brabant vient de faire l'objet d'un travail de synthèse (Verniers & Van Grootel, 1991). L'Ordovicien du Brabant est le thème d'un article en préparation (Servais, Vanguestaine & Herbosch, 1992).

Le but de la présente communication n'est pas de décrire la stratigraphie du Paléozoïque Inférieur de nos régions. Le lecteur trouvera pareilles descriptions dans Beugnies *et al.* (1976), Walter (1980), Michot (1980a et b). Notre propos est de présenter un ensemble de réflexions concernant les travaux menés jusqu'à présent sur la biostratigraphie du Paléozoïque le plus ancien. Pour plus de clarté, ces réflexions seront présentées dans l'ordre stratigraphique ascendant. Dans les chapitres qui suivent les termes de «Devillien», «Revinien» et «Salmien» utilisés jusqu'à

présent dans la littérature régionale, mais fondamentalement impropres, sont systématiquement remplacés par les termes plus adéquats, d'un point de vue nomenclature stratigraphique (Hedberg, 1979), de groupes de Deville, de Revin et de la Salm en respectant les mêmes contenus sédimentaires que ceux de l'usage classique en la matière. A notre avis toutefois, ces groupes devraient faire l'objet d'une définition formelle qui est hors de notre propos. Les unités lithologiques qui les composent sont désignées par des sigles (Dv1, Rn1a, Sm1a...) dont l'usage se fonde principalement sur les travaux de Fourmarier (1958), Beugnies (1960) et Geukens (1966). Nous n'accordons à ces termes d'autre valeur qu'une valeur lithostratigraphique. Leur position se situe pour la plupart au niveau de la formation. D'autres unités lithologiques par ailleurs, dont il n'est pas encore possible de déterminer le rang (groupe, formation ou membre), sont conservées provisoirement dans leur terminologie originale («assise» d'Oisquercq, de Mousty ...).

## 2.- GROUPE DE DEVILLE

La partie inférieure du groupe de Deville, le Dv1, s'est avérée stérile jusqu'à ce jour. Par contre, des acritarches ont été trouvés dans la partie supérieure du même groupe, le Dv2 (*sensu* Renard, 1927 et Beugnies, 1963). Les principaux échantillons fossilifères sont localisés à la figure 2. Ce sont, dans le Massif de Rocroi, les échantillons Rocroi-26 (km 186,731 de la route Fumay-Givet) et Rocroi-33 (carrière du Pont de Fumay); dans celui de Stavelot, les prélèvements L3 à L13 du Ravin du Laid Trou, à l'Est de Lôdômé (Vanguestaine, 1973 ms; 1978b). Des échantillons moins productifs sont aussi cités dans Vanguestaine (1986).

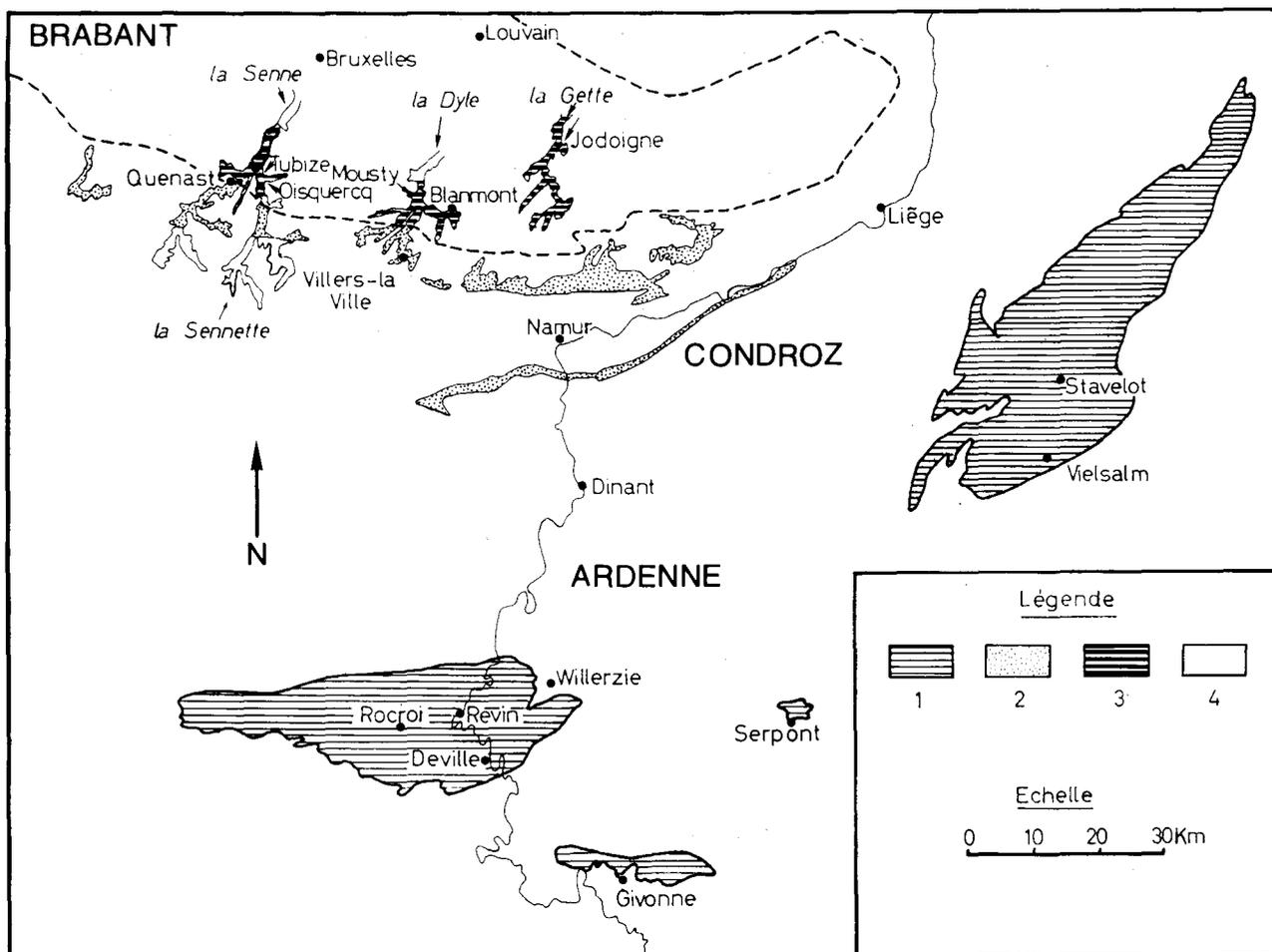


Fig. 1.- Localisation des affleurements de Paléozoïque Inférieur en Belgique et les régions limitrophes (d'après Beugnies *et al.*, 1976, modifié).

Légende: 1. Cambro-Ordovicien de l'Ardenne (Ordovicien non démontré dans les Massifs de Givonne et de Serpont); 2. Siluro-Ordovicien du Condroz et du Brabant; 3. Cambrien supposé, partiellement démontré, du Brabant; 4. post-Silurien. La ligne en tirets discontinus indique la limite du Cambrien dans le Massif du Brabant sous la couverture méso- et cénozoïque.

La lithostratigraphie du groupe de Deville du Massif de Rocroi semble bien établie depuis les travaux de Waterlot (1937) et Beugnies (1963). Par contre, celle du Massif de Stavelot (Corin, 1926; Renard, 1927) a été bouleversée (Anthoine, 1940; Graulich & Koenigsfelt, 1962) ou contestée (Geukens, 1986). Elle a néanmoins été adoptée par Pirllet (1976), von Hoegen *et al.* (1985) dans une forme proche de celle que lui avaient donnée Corin (1926) et Renard (1927). Il s'ensuit que l'appartenance à la partie supérieure du groupe de Deville (Dv2) ne peut être assurée pour l'instant que pour le seul Massif de Rocroi.

Cependant, la carte du ravin de Lôdômé, à la bordure méridionale de l'anticlinal de Falize-Ligneuville (fig. 3), Massif de Stavelot, montre, en plus de la localisation précise des échantillons fossilifères, le contact apparemment normal des couches des groupes de Deville et de Revin. Malgré cette concordance apparente, une faille a été placée dans cette coupe par Anthoine (1940) et plus récemment par Raynaud (1977), ce dernier

sur la base d'une étude magnétique de la région. La concordance admise par Geukens (1963) à cet endroit dans le dessin de la planchette Stavelot-Malmédy, est remise en question plus tard par ce dernier (Geukens, 1986). Malgré l'absence de preuves, nous admettons dans le présent travail une succession conforme des couches de Deville et de Revin à Lôdômé et entre cette localité et celle de Stavelot comme l'indique le tracé de la planchette Stavelot-Malmédy (Geukens, 1963).

La signification stratigraphique des espèces d'acritarches trouvées dans ces niveaux, toutes localités confondues en raison de l'homogénéité apparente des assemblages, est présentée à la figure 4. Un raisonnement similaire avait conduit (Vanguetaine, 1973ms, 1974) à corréliser ces couches avec le Cambrien Inférieur, Zone à *Holmia* plutôt que Zone à *Protolenus*, c'est-à-dire avec les parties moyenne et supérieure du Cambrien Inférieur. Ce résultat, basé sur les travaux de Volkova (1968, 1969), confirmés par la publication de Volkova *et al.* (1979) doit cependant être

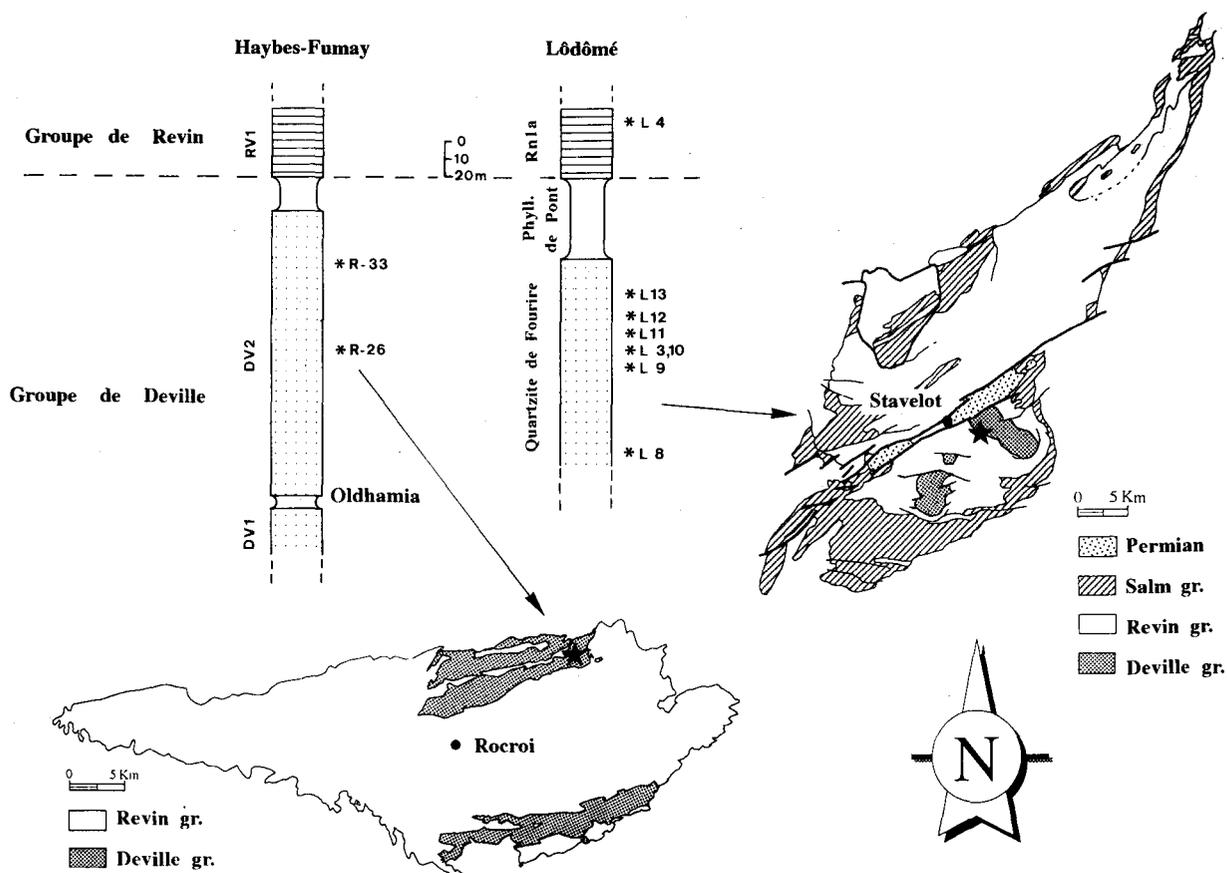


Fig. 2.- Localisation approximative des échantillons fossilifères dans le groupe de Deville : coupe du ravin du Laid Trou à l'Est de Lôdômé dans le Massif de Stavelot et échelle stratigraphique partielle de la région d'Haybes-Fumay dans la partie septentrionale du Massif de Rocroi (d'après Beugnies, 1960). La figure 3 donne avec plus de détails la localisation des échantillons du ravin de Lôdômé.

corrigée pour tenir compte des observations récentes effectuées en Finlande et Suède (Hagenfeldt, 1989; Eklund, 1990). Le premier de ces auteurs observe encore, dans des couches bien datées de la partie inférieure du Cambrien Moyen (Zone à *Paradoxides oelandicus*), *Archaeodiscina umbonulata* Volkova, 1968. Les deux y signalent aussi *Tasmanites bobrowskae* Wazynska, 1967 (fig. 4). Ces observations, aussi longtemps qu'elles ne sont pas infirmées, nous obligent à reconsidérer notre première corrélation et à étendre à la partie inférieure du Cambrien Moyen la fourchette d'âges au sein de laquelle se situent les niveaux fossilifères du groupe de Deville. Il subsiste cependant des indications d'un âge restreint au seul Cambrien Inférieur comme en témoigne, à la figure 4, l'extension des espèces *Michystridium pallidum* Volkova, 1968 et *Elektoriskos cerinus* (Volkova) Vanguetaine, 1978. Ces indications nous paraissent maintenant insuffisantes pour maintenir sur des bases solides un âge Cambrien Inférieur.

En termes biostratigraphiques, cet assemblage d'acritarches de la partie supérieure du groupe de Deville constitue la zone 0 de Vanguetaine (1973ms, 1974). La figure 5 fournit la distribution spatiale en Ardenne de cette zone 0 ainsi que des diverses zones qui seront commentées ci-après.

### 3.- GROUPE DE REVIN

Les échantillons fossilifères qui ont servi de base à l'établissement de la zonation à acritarches du groupe de Revin (zones 1 à 6 : Vanguetaine, 1974, 1978b), sont localisés dans Vanguetaine (1967, 1973, 1978b) et Roche *et al.* (1986). Une synthèse de l'échantillonnage réalisé dans le groupe de Revin, y compris la liste d'échantillons complémentaires, est publiée dans Vanguetaine (1986).

L'extension de ces diverses zones à acritarches est reportée à la figure 5 pour chacun des Massifs ardennais. Les corrélations biostratigraphiques qui en découlent sont comparées aux corrélations lithostratigraphiques proposées par Beugnies (1960). Cette comparaison montre une bonne équivalence, entre les Massifs de Stavelot et de Rocroi, des couches immédiatement aux confins des groupes de Deville et de Revin par l'identification de part et d'autre des zones 0 et 1. Il en est de même entre les horizons supérieurs du Rn2b et du Rv4 (zone 5 d'une part et cf. zone 5, cf. zone 6 d'autre part, niveaux caractérisés par la présence commune de l'espèce-guide *Trunculumarium revinium* (Vanguetaine) Loeblich & Tappan, 1976. Par contre, de nombreuses contradictions entre litho- et biostratigraphie sont évidentes. Le

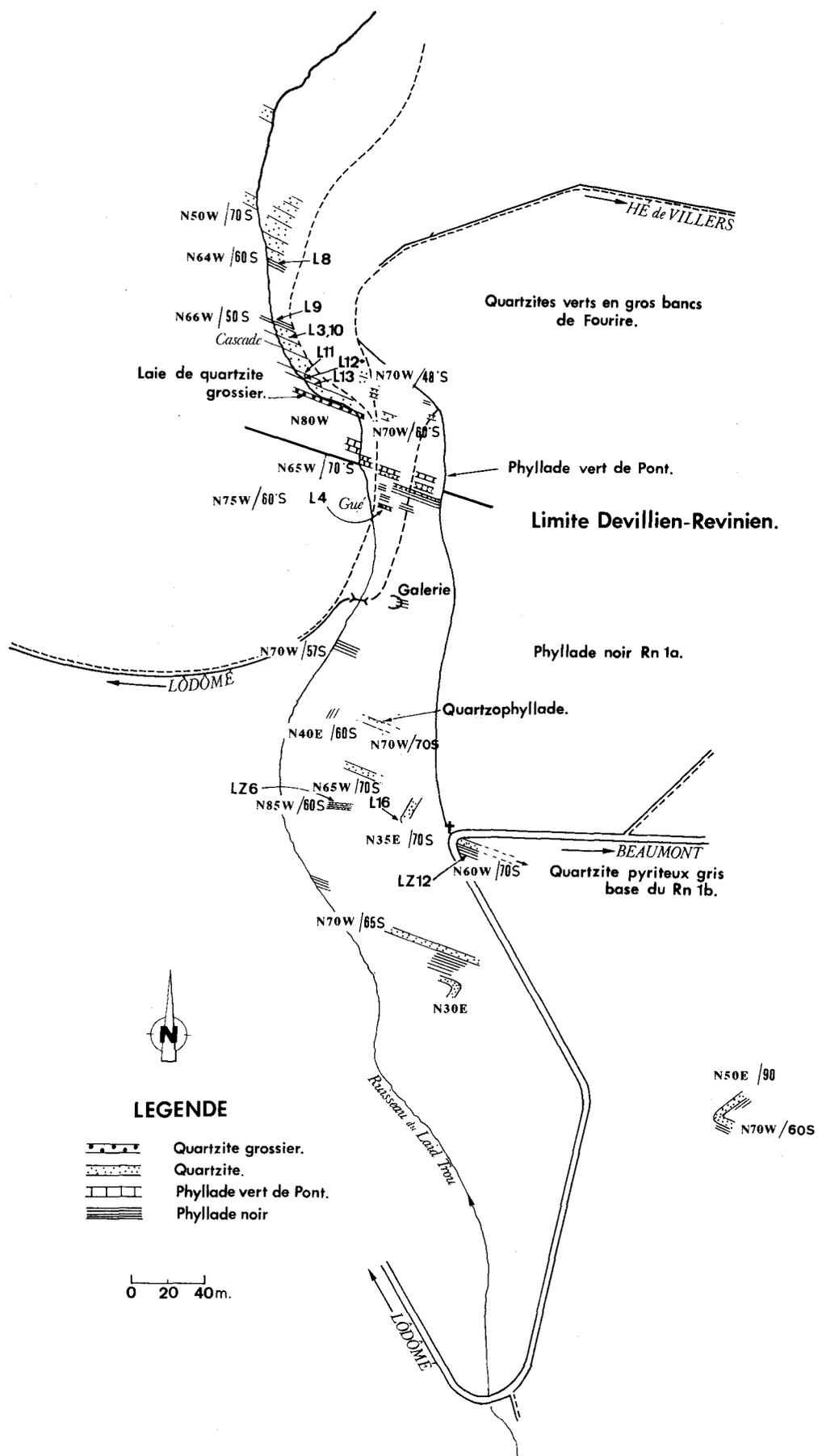


Fig. 3.- Cartographie de la coupe du Laid Trou à l'Est de Lôdômé, Massif de Stavelot, et localisation des échantillons fossilifères L3 à L13 du groupe de Deville; L4 du Rn1a, L16, LZ6 et LZ12 du Rn1b, parties inférieures du groupe de Revin. La composition palynologique de ces échantillons, à l'exception de LZ6, est donnée dans Vanguetaine (1978b, p. 250, 251 et fig. 3).

Cambrien Inférieur			Cambrien Moyen			C. S.	Series
Subholmia	Holmia	Protolenus	P. oelandicus	P. paradoxissimus	P. forchhammeri		Superzones/Etages
	[Stratigraphic range for Subholmia and Holmia]					1	<b>Granomarginata squamacea</b> Volkova, 1968
	[Stratigraphic range for Subholmia and Holmia]					2	<b>Micrhystridium pallidum</b> Volkova, 1968
	[Stratigraphic range for Subholmia and Holmia]					3	<b>Elektoriskos cerinus</b> (Volkova) Vanguetaine, 1978
	[Stratigraphic range for Subholmia and Holmia]					4	<b>Archaeodiscina umbonulata</b> Volkova, 1968
	[Stratigraphic range for Subholmia and Holmia]					5	<b>Tasmanites bobrowskae</b> Wazynska, 1967
	[Stratigraphic range for Subholmia and Holmia]					6	<b>Skiagia compressa</b> (Volkova) Downie, 1982

———— Volkova *et al.* (1979)

■ ■ ■ Hagenfeldt (1989)

■ ■ ■ ■ ■ Martin et Dean (1983)

- - - - - Eklund (1990)

Fig. 4.- Réévaluation de l'âge des échantillons fossilifères du groupe de Deville, d'après Volkova *et al.*, 1979, Martin & Dean 1983, Hagenfeldt, 1989 et Eklund, 1990. Les extensions stratigraphiques des 6 espèces concernées indiquent un âge Cambrien Inférieur (zones à *Holmia* ou *Protolenus*) à Cambrien Moyen (zone à *Paradoxides oelandicus*).

Rv2a de Rocroi n'est pas l'équivalent du Rn1b de Stavelot, mais de sa seule partie inférieure. Ni le Rv2a de Rocroi et, partiellement au moins, le Rv2b ne correspondent aux Rv2a et Rv2b de Givonne. La différence la plus grande réside dans l'absence à Rocroi des zones 3 et 4a présentes dans le Massif de Stavelot. Etant donné que la distance entre l'échantillon le plus récent de la zone 2 de Rocroi et le plus ancien de la zone 3 n'est que de quelque 30 m (coupes du Rocher de l'Uf à Fumay et de la grand route de Revin à Orzy, échantillons 15 et 20, figs. 4 et 5 *in* Vanguetaine, 1978b), on peut penser, en l'absence d'un accident tectonique en cet endroit, qu'une lacune stratigraphique importante affecte le groupe de Revin du Massif de Rocroi.

La figure 6 montre, parmi d'autres, les corrélations que l'on peut établir pour l'instant entre les couches du groupe de Revin du Massif de Stavelot avec l'échelle chronostratigraphique internationale du Cambrien par les biais des assemblages d'acritarches (zones 1 à 6). Ces corrélations sont essentiellement basées sur le

travail de Martin & Dean (1988) dans la plateforme Avalon de Terre-Neuve. La justification d'une partie de ces corrélations est discutée dans Ribecai & Vanguetaine (1992). La figure 6 localise en outre dans le temps les zones 0 du groupe de Deville (cf. 2.) et les zones 7 et 8 du groupe de la Salm dont il sera question plus loin (cf. 5.1.). Il ressort de l'examen de cette figure 6, que 5 horizons (les zones 2, 4b, 5, cf 6 et 6) du groupe de Revin sont d'âge relativement bien calés dans le temps et que dès lors, le groupe de Revin s'étend au moins de la partie supérieure du Cambrien Moyen aux parties les plus supérieures du Cambrien Supérieur. Dans le Massif de Stavelot, le groupe de Revin semble présenter une succession continue au sein de cet intervalle. La situation pourrait être différente dans le Massif de Rocroi (voir fig. 5).

Alors que la limite entre le Cambrien Inférieur et le Cambrien Moyen ne peut être précisée pour l'instant en Belgique, par contre, celle entre le Cambrien Moyen et le Cambrien Supérieur devrait se situer vers la base, ou au sein, de la zone 4b. La

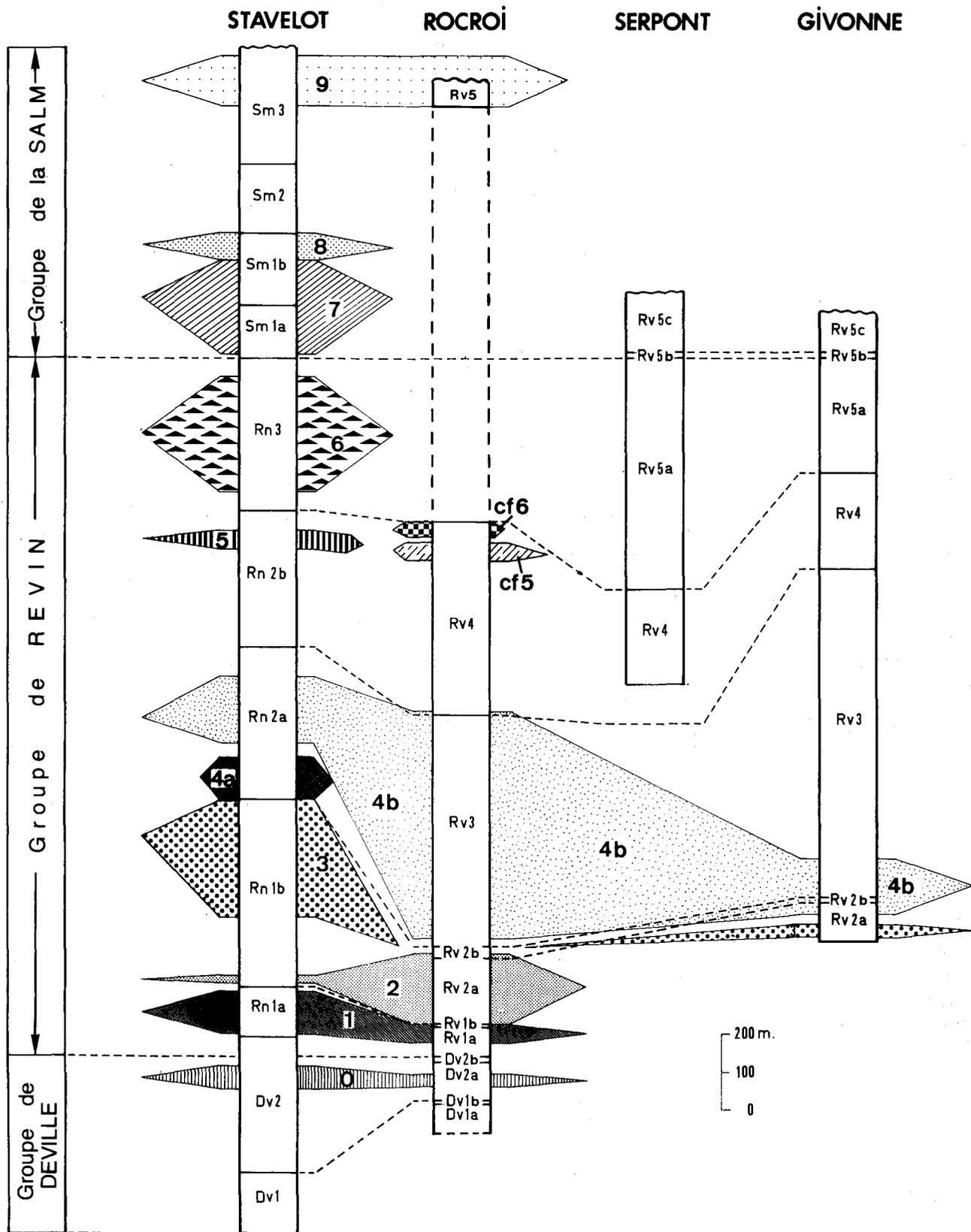


Fig. 5.- Comparaisons entre les corrélations litho- (d'après Beugnies, 1960) et biostratigraphiques (d'après Vanguetaine, 1986) au sein des groupes de Deville, de Revin et de la Salm des Massifs ardennais.

Note : Beugnies (1960) situait le Rv5 du Massif de Rocroi au niveau du Rn3 du Massif de Stavelot.

limite Cambrien-Ordovicien coïncide approximativement avec celle entre les groupes de Revin et de la Salm.

#### 4.- LES «ASSISES» D'OISQUERCQ ET DE MOUSTY (MASSIF DU BRABANT)

L'échantillonnage des affleurements de ces deux «assises» n'ayant jusqu'à présent livré aucun fossile (Vanguetaine, 1973ms, 1978a et inédit; Martin, 1977 et Martin *in* Van Tassel, 1986, pp. 257-258), une étude de sondages a été entreprise. La carte du Massif du Brabant de la figure 7 fournit la localisation de 16 sondages sensés avoir atteint soit l'«assise» d'Oisquerq soit celle de Mousty.

Le récent sondage de Lessines a recoupé des faciès tout à fait semblables à ceux de l'«assise» d'Oisquerq (Herbosch *et al.*, 1991). Il livre, à ce niveau, un assemblage d'acritarches caractéristique de la limite entre le Cambrien Inférieur et le Cambrien Moyen (Vanguetaine, 1991). Il en est de même pour le sondage d'Oudenaarde (Vanguetaine, Servais & Steemans, 1989). Par contre, les sondages de Knokke et Xhendremael sont à attribuer à des faciès de l'Ordovicien ou du Silurien plutôt qu'à l'«assise» d'Oisquerq (Vanguetaine, Servais & Steemans, 1989).

Le sondage de Kallo a recoupé du Silurien (Van Grootel, 1990ms), les sondages d'Oostduinkerke, Zottegem, Ophasselt, Tollembeek et de Hamme de l'Ordovicien, celui de Leffinge de l'Ordovicien et du Silurien au lieu de Mousty (Vanguetaine, 1973ms; Vanguetaine, Servais & Steemans, 1989). Des microfossiles compatibles avec les faciès lithologiques de Mousty ont cependant été trouvés dans les localités de Bousval et de Hoegaarden (Vanguetaine, 1973ms). Ils s'avèrent malheureusement dénués de signification stratigraphique (Vanguetaine, 1989). Par contre, les localités de Eine, Vollezele et Leuven ont fourni des spécimens d'acritarches (Vanguetaine, 1973ms, Vanguetaine, Servais & Steemans, 1989) qui semblent bien indiquer une corrélation avec les parties inférieures et moyennes du groupe de Revin du Massif de Stavelot (fig. 8) et par conséquent un âge approximativement Cambrien Moyen-Supérieur.

L'«assise» d'Oisquerq s'inscrirait par conséquent dans la même fourchette d'âges que la partie supérieure du groupe de Deville. L'«assise» de Mousty se positionnerait au niveau du groupe de Revin. En Ardenne, ces deux groupes lithologiques se succèdent l'un à l'autre. Les conséquences de ces observations pour la stratigraphie du Brabant sont exprimées dans Herbosch *et al.* (1991): les «assise» d'Oisquerq et

de Mousty ne sont pas équivalentes mais se superposent dans le temps.

Une autre conséquence de ces déterminations biostratigraphiques est que l'interprétation lithostratigraphique de Legrand (1968) est fautive dans de nombreux cas. La configuration profonde du Massif de Stavelot telle que l'a présentée cet auteur s'en trouve profondément bouleversée.

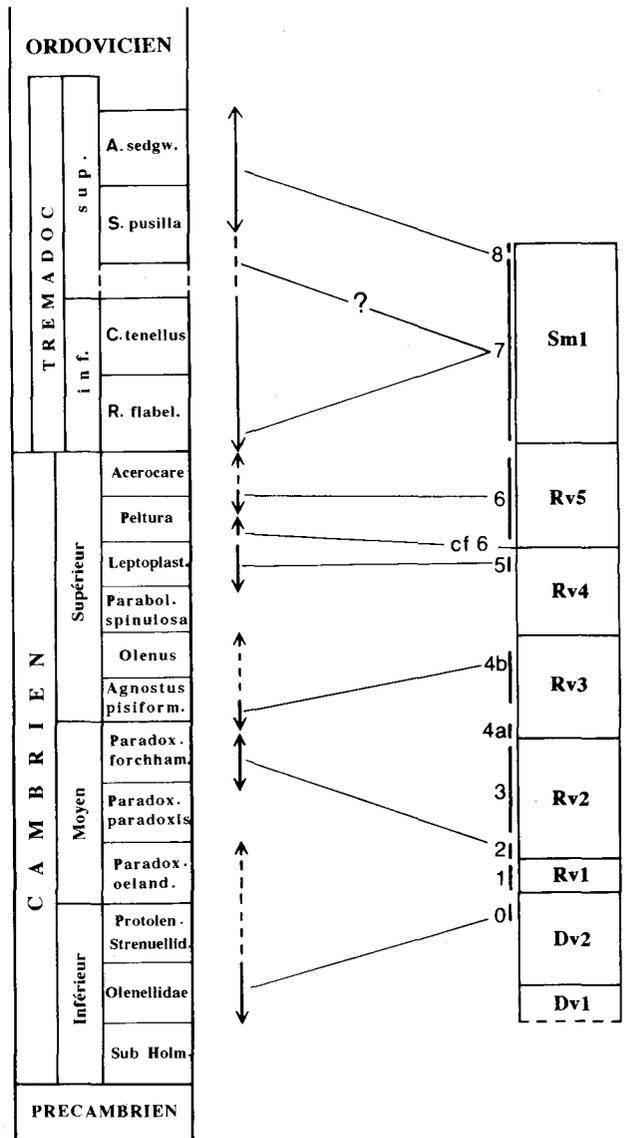


Fig. 6.- Datation des groupes de Deville, de Revin et de la Salm d'après Vanguetaine, ce travail (zone 0), Martin & Dean, 1988, Ribecai & Vanguetaine, 1992 (zone 2, 4b, 5 et 6), Rasul, 1979, Molyneux & Rushton, 1988 (zones 7 et 8). La zone dénommée cf6, correspond à un niveau de Hockay, Vanguetaine *in* Bless & Felder, 1989, que nous corrélons avec la zone de même nom dans le Massif de Rocroi (Meilliez & Vanguetaine, 1983; Vanguetaine, 1986).

## 5.- GROUPE DE LA SALM

### 5.1.- PARTIE INFÉRIEURE DU GROUPE DE LA SALM (Sm1 DU MASSIF DE STAVELOT) ET SES ÉQUIVALENTS STRATIGRAPHIQUES

#### 5.1.1.- Massif de Stavelot

La partie inférieure du groupe de la Salm (Sm1) de la coupe de Chevron-Chession (flanc nord du Synclinal de Chevron, vallée de la Lienne, Vanguetaine, 1973ms, 1974) a été réétudiée récemment ainsi que celle de Spa Monopole (Catot, 1991ms, 1992). Une subdivision nouvelle de la Zone 7 (Vanguetaine, 1974) en plusieurs sous-zones informelles y est proposée. La Zone 8 (Vanguetaine, 1974), décrite dans le Sondage de Chevron (Graulich, 1966) est attribuée au Trémadocien supérieur (1) (Vanguetaine, 1992), niveau stratigraphique identifié pour la première fois en Belgique (fig. 6). Le Sm1 correspond dès lors à la fois à du Trémadocien inférieur, attesté par la présence de diverses variétés de *Rhabdinopora (ex-Dictyonema) flabelliforme*, et du Trémadocien supérieur indiqué par les acritarches.

#### 5.1.2.- Massif de Rocroi

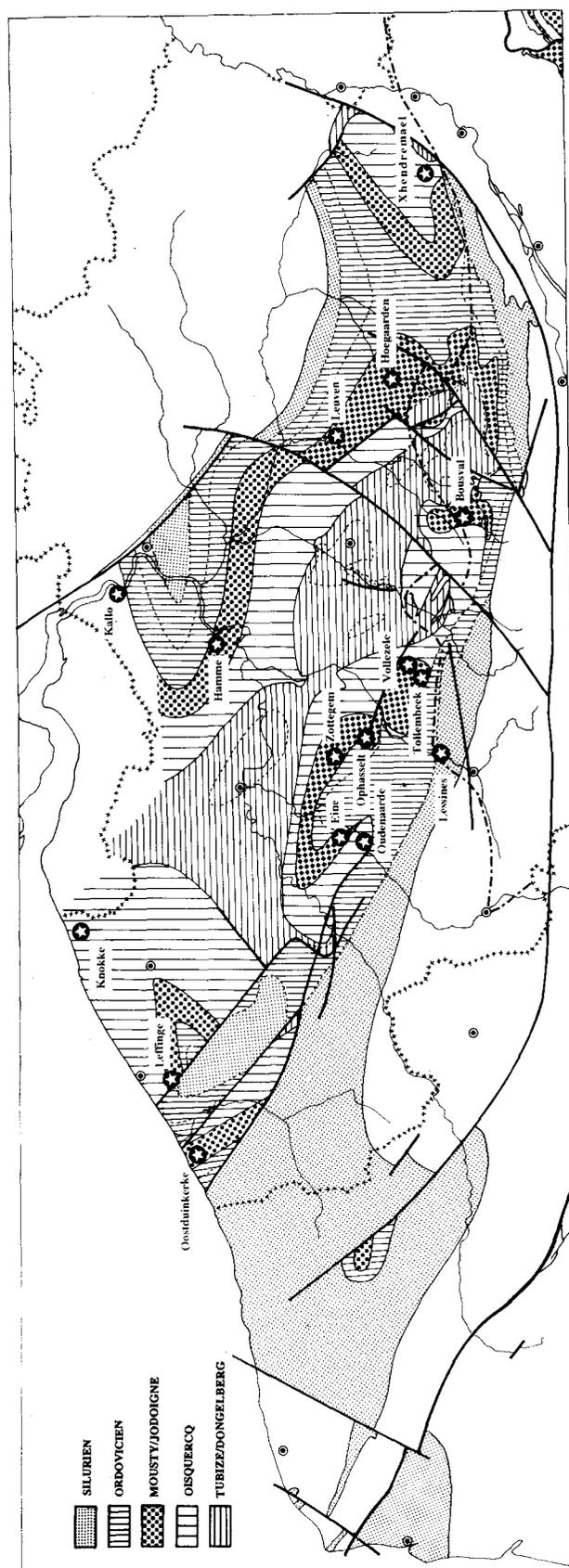
Malgré l'annonce de la découverte de spécimens de *Rhabdinopora (ex-Dictyonema)*, par Malaise (1874) et Tanazacq (1938), l'existence de ce genre fossile n'a jamais été confirmée dans le Massif de Rocroi. Beugnies (1962, pp. 58-59) admet l'absence d'Ordovicien Inférieur dans ce Massif. Cette affirmation devrait cependant être reconsidérée en fonction de l'âge maintenant attribué aux phyllades Rv5 des Vieux Moulins de Tilhay (cf. 5.2.2.).

#### 5.1.3.- Massifs de Serpont et de Givonne

Des équivalents stratigraphiques du Sm1 du Massif de Stavelot sont supposés par Beugnies (1960) dans les Massifs de Serpont et de Givonne: les Rv5b et Rv5c. Ces corrélations lithostratigraphiques n'ont pas reçu jusqu'à présent de confirmation biostratigraphique (fig. 5).

(1) Nous considérons comme Trémadocien inférieur la somme des couches à *Rhabdinopora flabelliforme* et à *Clonograptus tenellus* et comme Trémadocien supérieur, l'ensemble brachiopod, *Shumardia pusilla* et arenaceous beds du Shropshire anglais.

Fig. 7.- Localisation des sondages testés par la palynologie dans les «assises» d'Oisquerq et de Mousty du Massif du Brabant. Carte d'après Legrand, 1968. Les références de ces sondages sont les suivantes: Bousval 129E197, Eine 84E1372, Hamme 42W2, Hoegaarden 100E460, Kallo 27E148, **Knokke 11E138**, Leffinge 36E117, **Lessines 113E1015**, Leuven 89E1, Oostduinkerke 35E142, Ophasselt 100W84, **Oudenaarde 84E77**, Tollembeek 100E2, Vollezele 100E10, **Xhendremael 121W8**, Zottegem 85E911. Notes: le sondage de Vollezele a recoupé non seulement des niveaux



cambrisiens mais aussi des couches trémadociennes (Vanguetaine, Servais & Steemans, 1989). Les 4 sondages (en gras ci-dessus) de **Knokke**, **Lessines**, **Oudenaarde** et **Xhendremael** sont décrits comme ayant atteint l'«assise» d'Oisquerq, les 12 autres, comme ayant recoupé l'«assise» de Mousty.

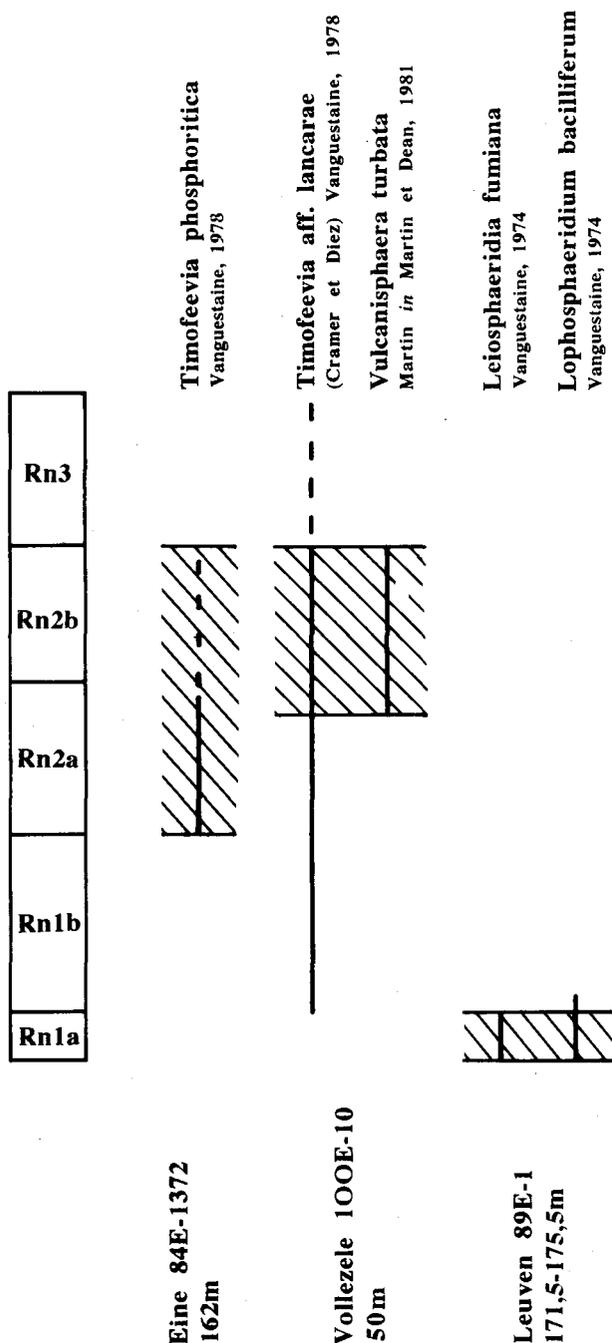


Fig. 8.- Extension stratigraphique dans le groupe de Revin du Massif de Stavelot (Vanguetaine, 1978b; Ribecai & Vanguetaine, 1992 et ce travail) des espèces d'acritarches de 3 sondages (Vanguetaine, 1973ms; Vanguetaine, Servais & Steemans, 1989) dans l'«assise» de Mousty du Massif du Brabant. Les surfaces hachurées indiquent la corrélation.

#### 5.1.4.- Condroz

Des profondeurs de 0 à 261 m, le Sondage de Wépion (Graulich, 1961) a traversé le Llanvirn Inférieur de l'«assise» de Huy puis, jusqu'à la profondeur de 423,9m, des quartzophyllades inconnus en affleurement, datés par graptolites (Graulich, 1961) et acritarches (Martin, 1969) du Trémadocien.

L'âge Llanvirn Inférieur de l'«assise» de Huy a été confirmé dans le Sondage de Wépion et est déterminé aussi aux endroits où Bulmann (1950) indiquait de l'Arénigien Supérieur (Servais & Maletz, 1992). L'existence d'une lacune de l'Arénigien dans le Condroz (Graulich, 1961) se trouve ainsi confirmée. Martin (1969) a décrit aux profondeurs 270,63 et 293,40m du sondage un assemblage d'acritarches à *Acanthodiacrodium ubuii* Martin, 1969 que nous rapprochons du Trémadocien inférieur. Aucune trace de Trémadocien supérieur n'y a été détectée. La lacune pourrait dès lors comprendre non seulement l'Arénigien mais aussi le Trémadocien supérieur.

Le contact dans le sondage entre l'«assise» de Huy et les quartzophyllades trémadociens est souligné, à la profondeur de 261 m du sondage, par un microconglomérat épais de 5 cm. A 259,33m, 167cm au dessus de ce microconglomérat, un échantillon a livré de nombreux acritarches très carbonisés du Trémadocien que nous considérons comme remaniés et dont la présence souligne les conditions érosives ayant prévalu lors de la mise en place des dépôts de la base du Llanvirn.

#### 5.1.5.- Brabant

Dans la coupe de la Thyle, le Trémadocien est représenté par deux unités lithologiques distinctes: la formation «X» (Herbosch & Jodard, 1989; André *et al.*, 1991) riche en *Rhabdinopora flabelliforme* (Lecompte, 1948; Van Tassel, 1986) mais aux acritarches rares et mal conservés (Vanguetaine, Chakir & Servais, 1989) et la formation de Chevlipont (André *et al.*, 1991) nettement moins fournie en graptolites (Lecompte, 1949), mais aux acritarches abondants et dans un état de conservation remarquable (Martin, 1969, 1977; André *et al.*, 1991, figs. 10 et 11). La formation sus-jacente, celle de l'Abbaye de Villers-la-Ville (André *et al.*, 1991), datée par acritarches (Martin, 1977) de l'Arénig supérieur-Llanvirn n'est trouvée dans aucune coupe en contact avec la formation de Chevlipont. Un hiatus d'Ordozien inférieur est supposé mais non encore démontré. Une situation identique se présente dans le bassin de la Senne où les couches au contact des formations de Virginal et de Quenast (Lenoir *et al.*, 1989; André *et al.*, 1991) ne sont connues nulle part en affleurement.

### 5.2.- PARTIE SUPERIEURE DU GROUPE DE LA SALM A STAVELOT ET PARTIE SUPERIEURE DU GROUPE DE REVIN A ROCROI

#### 5.2.1.- Massif de Stavelot

La partie la plus supérieure du groupe de la Salm, le Sm3b, a livré un assemblage d'acritar-

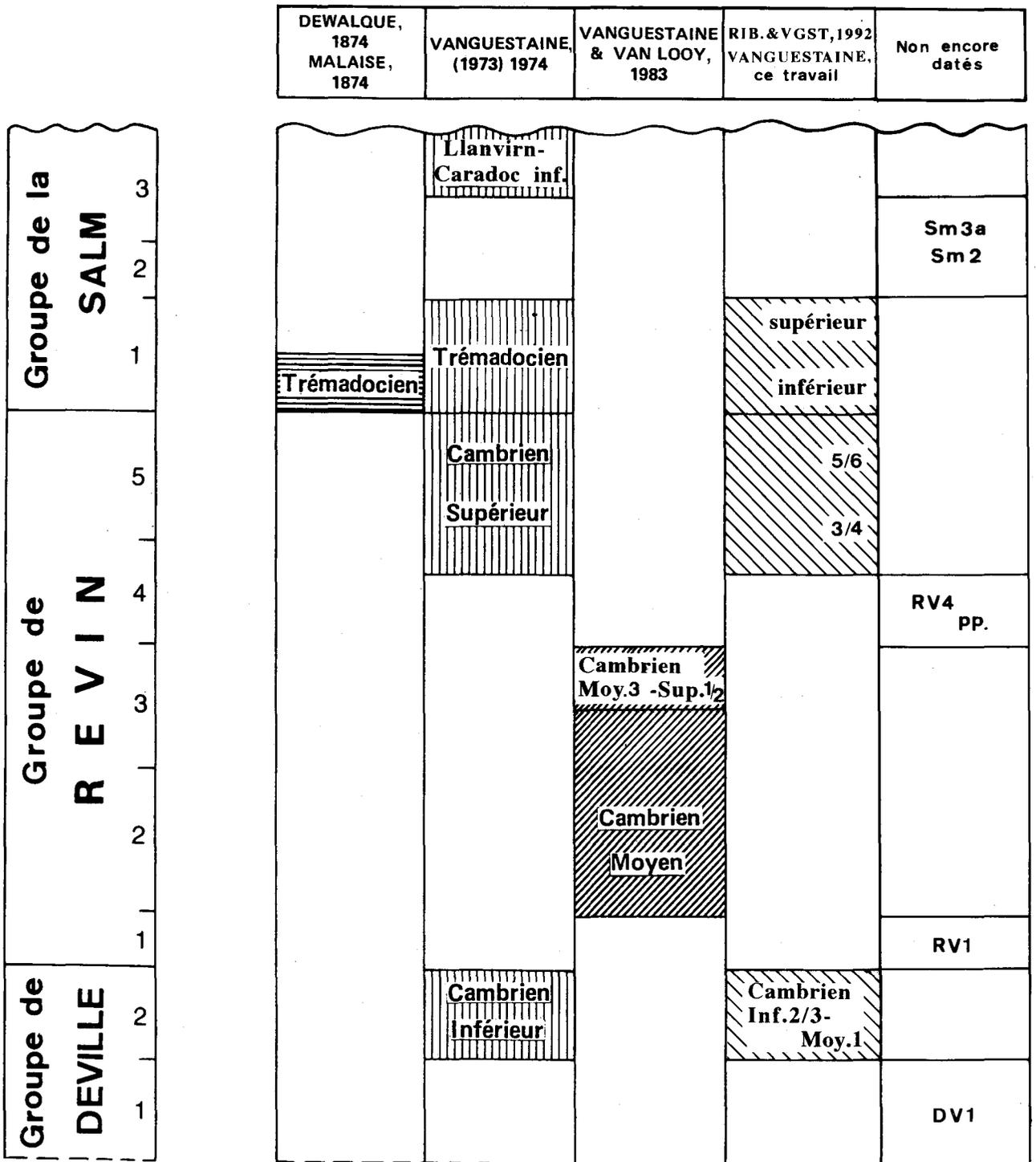


Fig. 9.- Progrès des connaissances biostratigraphiques concernant le Paléozoïque Inférieur de l'Ardenne:  
Cambrien Inf. 2/3: parties moyenne et supérieure du Cambrien Inférieur; Cambrien Moy. 1: partie inférieure du Cambrien Moyen; Cambrien Moy. 3: partie supérieure du Cambrien Moyen; Cambrien Sup. 1/2: zones à *Agnostus pisiformis* et à *Olenus* (2) du Cambrien Supérieur; Cambrien Sup. 3/4: zones à *Parabolina spinulosa* (3) et à *Leptoplastus* (4) du Cambrien Supérieur; Cambrien Sup. 5/6: zones à *Peltura* (5) et à *Acerocare* (6) du Cambrien Supérieur. Rib. et Vgst., 1992: Ribecai et Vanguestaine, 1992.

Note: la succession des subdivisions du Cambrien se trouve à la fig. 6.

ches et de chitinozoaires qui indique un âge se situant dans une fourchette Llanvirn-Caradoc inférieur (Vanguetaine, 1973ms, 1974, 1986).

### 5.2.2.- Massif de Rocroi

Dans la région de Willerzie, à la bordure orientale du Massif de Rocroi, l'existence d'un synclinal constitué de roches ordoviciennes a été supposée (Geukens, 1981) puis démontrée (Roche *et al.*, 1986) à l'emplacement de phyllades que Beugnies (1960) positionnait à l'extrême sommet du groupe de Revin: les phyllades des Vieux Moulins de Thilay. D'un point de vue biostratigraphique, ces phyllades se localisent au niveau de la partie supérieure du groupe de la Salm à Stavelot (fig. 5). Roche *et al.* (1986) ont insisté sur l'importance de cette corrélation qui implique, dans le Massif de Rocroi, soit l'existence d'une lacune correspondant au sommet du groupe de Revin et la majeure partie du groupe de la Salm, soit l'existence de tous ces niveaux, soit encore des situations intermédiaires.

## 6.- PROGRES DES CONNAISSANCES STRATIGRAPHIQUES CONCERNANT LE PALEOZOIQUE INFÉRIEUR DE L'ARDENNE

Depuis les premiers travaux paléontologiques de Malaise (1874) et Dewalque (1874) qui permirent la corrélation des couches de base du groupe de la Salm avec le Trémadocien du Pays de Galles, seul niveau daté par macrofossiles en Ardenne, en passant par les diverses étapes de nos propres recherches, la figure 9 montre, de manière schématique, l'évolution de nos connaissances dans la datation des 3 groupes lithologiques ardennais. La colonne de droite indique les unités non encore datées.

## 7.- DISCUSSION

### 7.1.- CONTACT ENTRE LES GROUPES DE DEVILLE ET DE REVIN

Nous acceptons dans ce travail (cf. 2.) que les groupes de Deville et de Revin sont en succession continue dans les Massifs de Stavelot et de Rocroi. Nous avons vu par ailleurs (cf. 3.) que le contact entre ces deux groupes est encadré par les zones 0 et 1 à acritarches. Le parallélisme, à ce niveau, entre litho- et biostratigraphie implique par conséquent un synchronisme, au moins approximatif, entre les deux régions du passage d'un type de dépôt à l'autre. Ce changement pourrait être la conséquence d'un événement d'ampleur plutôt régional, voire même à grande échelle, que local. Il

pourrait également correspondre, dans le Brabant, au passage entre les «assises» d'Oisquerqcq et de Mousty, corrélation devenue vraisemblable depuis le rapprochement indiqué par les acritarches respectivement entre la première de ces deux assises avec le groupe de Deville, la seconde avec le groupe de Revin.

### 7.2.- EXISTENCE D'UNE LACUNE POSSIBLE DANS LE GROUPE DE REVIN DU MASSIF DE ROCROI

Les zones 3 et 4b d'acritarches, définies dans le Massif de Stavelot, semblent faire défaut (Vanguetaine, 1973ms, 1978b) dans la coupe de la vallée de la Meuse au sud immédiat de Revin, entre le Rv2 et le Rv3 tels que les a indiqués Beugnies (1963 et 1968). C'est l'équivalent de la majeure partie du Rn1b et de la base du Rn2a du Massif de Stavelot qui font ici défaut, soit 300 à 400 m de couches (fig. 5). En l'absence de faille, solution que les cartes de Beugnies (1963) ne permettent pas de retenir, la possibilité de l'existence d'une importante lacune stratigraphique est vraisemblable dans le groupe de Revin du Massif de Rocroi. L'existence d'une telle lacune pourrait trouver un sens dans la comparaison avec la partie méridionale de la Grande-Bretagne où, à un niveau stratigraphique comparable, est connu un hiatus d'importance variable selon les régions (Woodcock, 1990).

### 7.3.- ANOMALIES DE LA SEDIMENTATION DE L'«ASSISE» DE MOUSTY DANS LE MASSIF DU BRABANT

Dans la vallée de la Thyle et celle de la Dyle, l'ensemble schisteux de Mousty semble bien être surmonté de quartzophyllades (Fourmarier, 1920; de la Vallée Poussin, 1930, Van Tassel, 1986) datés du Trémadocien par graptolites et acritarches: les formations «X» et de Chevlipont *in* André *et al.* (1991). Dans les vallées de la Senne et de la Sennette par contre, les schistes verts massifs d'Oisquerqcq semblent ou bien en contact par faille avec l'Ordovicien (tranchée d'Asquempont, Legrand, 1967), ou bien sans accident apparent, directement surmontés par les quartzophyllades de Virginal datés aussi du Trémadocien (Vanguetaine, 1978a; Lenoir *et al.*, 1989). Le fait d'avoir au toit des «assises» d'Oisquerqcq et de Mousty, dans les deux régions, un niveau, non seulement identique en lithologie mais aussi en âge, nous avait conduit à reprendre, avec une argumentation plus solide, l'hypothèse de Fourmarier (1920) consistant à considérer ces dépôts d'Oisquerqcq et de Mousty comme des faciès de même âge en des endroits distincts (Vanguetaine, 1978a; Michot, 1980a, 1980b; Walter, 1980; Robaszynski & Dupuis, 1983).

Cette opinion n'était cependant pas partagée par Legrand (1967, 1968), qui voyait dans Oisquercq et Mousty des unités lithologiques se succédant dans le temps. L'absence de Mousty dans la coupe d'Asquempont résultait selon Legrand (1967) de l'existence d'une faille de chevauchement, la faille d'Asquempont, considérée maintenant comme le prolongement de la faille de cisaillement dextre d'Oudenaarde-Bierghes (André & Deutsch, 1985).

La succession traversée par le sondage de Lessines éclaire ce problème sous un jour nouveau. Comme dans la coupe de la tranchée du chemin de fer de Virginal (Vanguetaine, 1978a), le Trémadocien (unité III, Herbosch *et al.*, 1991) repose à Lessines directement sur une roche claire massive (unité IV, Herbosch *et al.*, 1991) que l'on ne peut pas comparer à une autre lithologie que celle de la partie supérieure de l'«assise» d'Oisquercq. Les caractéristiques du contact entre les deux unités en succession empêchent d'y voir un contact tectonique: un microconglomérat, épais de 15cm constitue la base de l'unité trémadocienne; des acritarches remaniés de l'unité sous-jacente sont trouvés dans le microconglomérat (Vanguetaine, 1991). Le contact entre les unités III et IV du sondage est donc un contact sédimentaire.

La datation faite à Lessines de cette unité IV (Vanguetaine, 1991), assimilée à l'«assise» d'Oisquercq et parallélisée au groupe de Deville (cf. 4.) et la corrélation faite entre l'«assise» de Mousty et le groupe de Revin (cf. 4.), nous ont amené à admettre la succession de ces deux «assises» cambriennes du Brabant.

En conséquence, dans certaines successions du Brabant, celles de la tranchée du chemin de fer de Virginal et du sondage de Lessines, où l'on passe, sans accident tectonique apparent, d'un Cambrien Inférieur à Moyen à du Trémadocien, existe une lacune de sédiments correspondant en âge à celui de Mousty (Vanguetaine, 1989; Herbosch *et al.*, 1991).

L'«assise» de Mousty par contre est présente au moins dans 3 régions du Brabant: les régions de Mousty-Bousval, dans le bassin de la Dyle et de celles, qui ne sont connues que par sondages (Legrand, 1968), de Leuven-Hoegaarden et de Eine-Vollezele (voir fig. 7.).

L'absence de Mousty dans certaines localités et sa présence dans d'autres évoquent des phénomènes qui sont connus dans des systèmes sédimentaires répondant à une tectonique de blocs. A l'appui de cette hypothèse, il convient de signaler le fait qu'un autre niveau lithologique présente aussi des anomalies. Il s'agit de la formation de Tribotte, laquelle avec une épaisseur

de 1000 à 2000 m dans la vallée de la Thyle (André *et al.*, 1991) n'a pas d'égal dans les vallées de la Senne-Sennette. Les bancs gréseux (unité B de Martin & Rickards, 1979) corrélés avec Tribotte (Vanguetaine, 1978a), n'y totalisent qu'une centaine de mètres d'épaisseur et sont dépourvus des feldspaths potassiques si caractéristiques de la partie inférieure de la formation de Tribotte (André *et al.*, 1991).

#### **7.4.- REGRESSION «TARDITREMADOCIENNE» AU SEIN DU GROUPE DE LA SALM ET EXISTENCE DE LACUNES STRATIGRAPHIQUES ASSOCIEES**

Lamens (1985), à la suite d'une étude sédimentologique du groupe de la Salm du Massif de Stavelot, considère la partie inférieure de ce dernier (Sm1a) comme un dépôt bathyal de type turbiditique passant vers le haut (Sm1b) à un dépôt de talus puis finalement à une sédimentation de plateforme avec développement d'une barre sableuse (Sm1c). Une conception similaire est développée par von Hoegen *et al.* (1985), dans la partie allemande du Massif de Stavelot où la partie inférieure du groupe de la Salm est décrite comme un dépôt régressif.

L'étude des acritarches a permis de situer cette régression dans le temps. Elle culmine au Trémadocien supérieur (cf. 5.1.1.), âge de l'extrême sommet de la partie inférieure du groupe de la Salm du Synclinal de Chevron.

L'existence d'une lacune démontrée de l'Arénigien dans le Condroz (cf. 5.1.4.) et de lacunes contemporaines éventuelles dans le Brabant (cf. 5.1.5.) et le Massif de Rocroi (cf. 5.1.2.) est vraisemblablement à mettre en relation avec une régression régionale.

Il est à noter à ce propos qu'une phase de régression, considérée comme eustatique, est connue à la même époque et bien documentée en Scandinavie (Erdtmann, 1986).

#### **7.5.- EXISTENCE DE 3 MEGACYCLES AU SEIN DU PALEOZOIQUE INFÉRIEUR DE NOS REGIONS**

La figure 10 résume l'ensemble des concepts développés ou rappelés dans la présente communication :

- la superposition d'Oisquercq et de Mousty (cf. 4.);
- la corrélation d'Oisquercq avec la partie supérieure du groupe de Deville (cf. 4. et 7.1.);
- la corrélation de Mousty avec le groupe de Revin (cf. 4.);

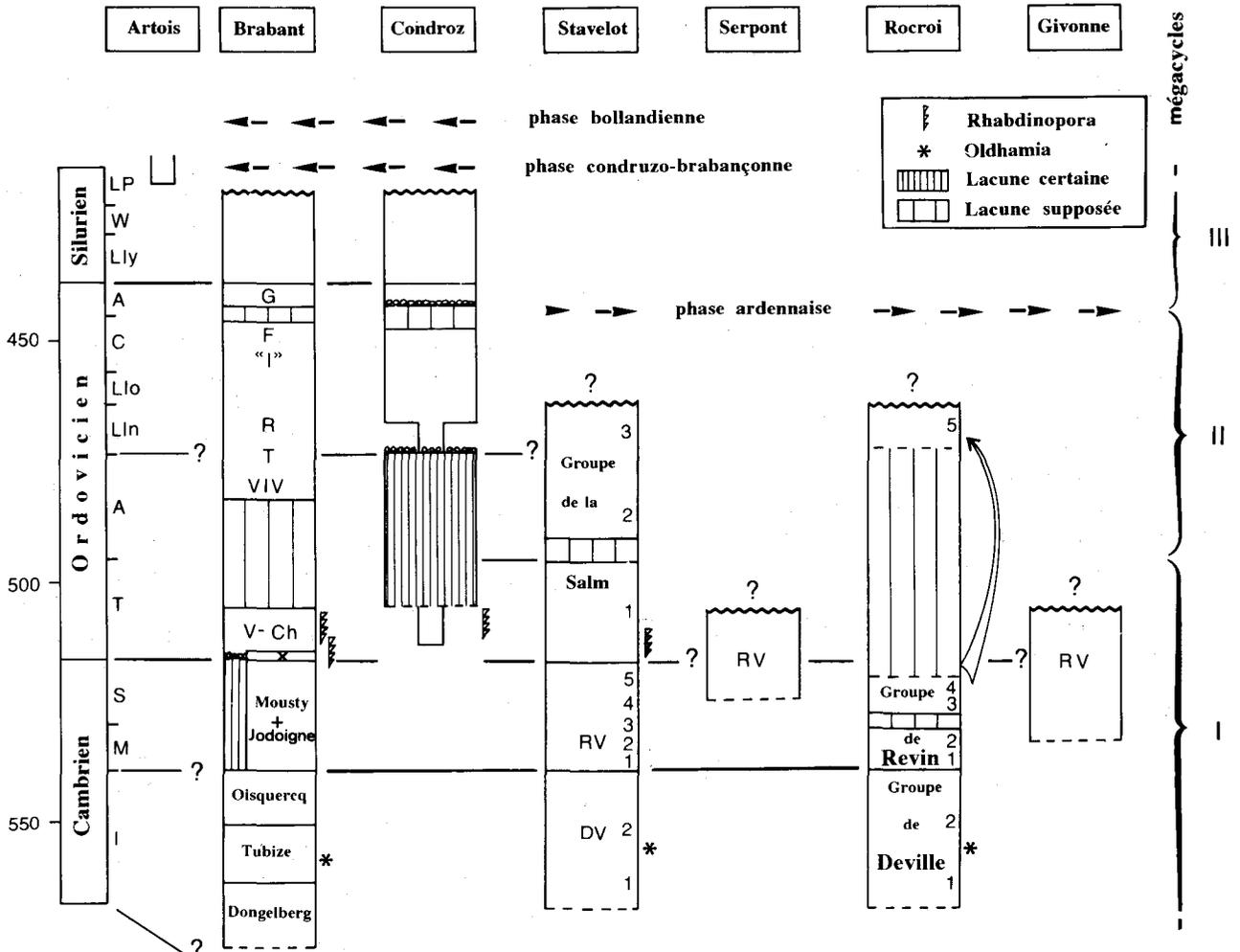


Fig. 10.- Position stratigraphique par région des unités lithologiques du Paléozoïque Inférieur de Belgique et des régions limitrophes et leur subdivision en trois mégacycles. Echelle des temps d'après Woodcock (1990). Notes : colonne du Brabant : X, V, Ch, VIV, T, R, I, F et G : formations «X», de Virginal, de Chevlipont, de l'Abbaye de Villers-la-Ville, de Tribotte, de Rigenée, d'Iltre, de Fauquez, de Gembloux; colonne du Condroz composée des couches connues en affleurement et de celles, sous-jacentes aux précédentes, recoupées par le sondage de Wépion (colonne étroite).

- l'importante lacune possible au sein du groupe de Revin du Massif de Rocroi (cf. 3. et 7.2.);
- la lacune locale de Mousty, soulignée à Lessines par un microconglomérat de base du Trémadocien (cf. 7.3.);
- les lacunes associées à la régression tarditremadocienne au sein du groupe de la Salm (cf. 7.4.);
- la corrélation entre le sommet du groupe de Revin de Rocroi avec celui du groupe de la Salm de Stavelot (cf. 7.2.2.).

Cette même figure 10 montre en outre une subdivision du Paléozoïque Inférieur de nos régions en 3 mégacycles.

En effet, l'examen des conditions de dépôt des roches du Paléozoïque Inférieur de nos contrées semble montrer une alternance de sédiments de faible profondeur et de forte profondeur d'eau.

Les premiers se marquent, selon les époques, soit par leur caractère arénacé prépondérant, leur

très forte épaisseur, leur couleur principalement verte, parfois violacée (Deville 1, Blanmont/Dongelberg : base du mégacycle 1; Salm 2, Abbaye de Villers-la-Ville, Tribotte : base du mégacycle 2, avec pour ces derniers aussi la fréquence de bioturbations) soit par leur caractère carbonaté, exceptionnel dans une série par ailleurs entièrement siliciclastique, avec abondance de la macrofaune à trilobites et brachiopodes, le «shelly facies» des auteurs anglophones (Fosse, Gembloux : base du mégacycle 3).

Les seconds se caractérisent par des pélites en proportion importante, une teinte généralement foncée, la fréquence de turbidites interstratifiées et, à partir de l'Ordovicien, de restes de graptolites, le «graptolitic facies» (dans le mégacycle 1, plusieurs niveaux au moins du groupe de Revin, l'«assise» de Mousty et le Trémadocien inférieur des diverses régions; dans le mégacycle 2, le Sm3 du Massif de Stavelot ainsi que les «assises» de Rigenée, d'Iltre et de Fauquez; dans le mégacycle 3, le Silurien du Brabant et en partie au moins celui du Condroz).

Il existe certainement au sein de ces deux types de dépôts des nuances que la rareté des études pétrographiques et sédimentologiques ne nous permet pas de reconnaître pour l'instant. Dans certains cas, leur absence nous empêche de positionner des unités lithologiques comme celle d'Oisquercq dans le Brabant, celles de Huy, Sart-Bernard et Vitruval-Bruyère dans le Condroz. Les travaux sédimentologiques conduisent parfois aussi à des interprétations contradictoires. Ainsi, la partie moyenne du groupe de la Salm du Massif de Stavelot (le Sm2) est interprétée par Echle *et al.* (1985) comme des dépôts lagunaires et de tidal flats, alors que Lamens (1986) y décrit des turbidites. Le Sm1c du Massif de Stavelot présente la particularité par rapport aux autres régions de présenter en fin de cycle le retour à des conditions de faible profondeur d'eau (Lamens, 1985). Dans le Condroz, deux lacunes stratigraphiques encadrent le second mégacycle, celles de l'Arénigien (cf. 5.1.4.) et de l'Ordovicien Supérieur, post Caradoc inférieur-pré Ashgillien supérieur (Michot, 1980a et b; Lespérance & Sheehan, 1987; Sheehan, 1987). Verniers & Van Grootel (1991) ont réalisé une importante synthèse relative au troisième mégacycle.

Un parallélisme évident existe entre ce découpage ternaire du Paléozoïque Inférieur et celui effectué par Woodcock (1990) dans le bassin du Pays de Galles, étendu de là aux diverses contrées de la partie méridionale de la Grande-Bretagne et à nos régions (Woodcock, 1990, 1991). Quatre lacunes sédimentaires d'importance variable d'un endroit à l'autre, sont reconnues sur toute l'étendue du territoire étudié, aux environs des limites Précambrien-Cambrien, Trémadoc-Arénig, Caradoc-Ashgillien et au sein du Dévonien.

Notons enfin que les résultats auxquels aboutit Woodcock (1990) le conduisent à considérer des événements secondaires à la fin du Cambrien Moyen et à la fin du Cambrien Supérieur qui pourraient être mis en relation avec les lacunes possibles dans le Cambrien du Brabant (absence locale de l'«assise» de Mousty, cf. 7.3.) et celui de Rocroi (absence de zones 3 et 4a du Massif de Stavelot, cf. 7.2.).

## 8.- CONCLUSIONS

La réflexion que nous avons menée en préparant cette adresse présidentielle nous a conduit à reconsidérer les arguments stratigraphiques relatifs à l'âge du groupe de Deville (cf. 2.) eu égard à l'évolution de la littérature palynologique, d'exprimer d'une manière synthétique les corrélations de plus en plus précises concernant le

groupe de Revin (cf. 3.) suite au travail de Martin & Dean, 1988, d'étoffer d'informations complémentaires les résultats concernant les relations entre les «assises» d'Oisquercq et de Mousty (cf. 4.), de révéler certains résultats non encore publiés relatifs à l'âge Trémadocien supérieur du sommet du Sm1c du Massif de Stavelot (cf. 5.).

Ce travail est assorti par ailleurs de diverses figures inédites, les unes qui localisent des échantillons importants (figs. 2 et 3), les autres qui établissent des corrélations biostratigraphiques régionales (fig. 5) ou qui montrent le progrès des connaissances quant à la datation des groupes ardennais (fig. 9).

Cette réflexion nous a aussi amené à élaborer un schéma de synthèse (fig. 10) qui positionne dans le temps les diverses unités lithologiques du Paléozoïque Inférieur de Belgique et des régions limitrophes. Ce schéma montre bien les corrélations régionales entre ces unités (par exemple celle entre le sommet du groupe de la Salm du Massif de Stavelot et le sommet du groupe de Revin du Massif de Rocroi). Il fait aussi apparaître l'existence de lacunes stratigraphiques démontrées ou possibles. Mais ce qui nous paraît être le plus important est qu'il conduit à reconnaître le même concept que celui développé dans la partie méridionale de la Grande-Bretagne (Woodcock, 1990, 1991) de l'existence d'une rythmicité à grande échelle au sein de la partie inférieure du Paléozoïque de cette région, rythmicité en trois mégacycles qui pourrait inclure aussi nos contrées. Dans ces dernières, cette rythmicité demanderait encore de nombreuses études avant de la cerner dans toutes ses modalités. Une triple alternance de faciès peu profonds et profonds semble pourtant s'y succéder, les mégacycles ainsi formés étant séparés par des lacunes stratigraphiques se localisant entre le Trémadocien et le Llanvirn d'une part, entre le Caradocien et l'Ashgillien d'autre part, soit, de manière particulièrement remarquable, aux mêmes époques que dans la partie méridionale de la Grande-Bretagne.

Au terme de cette contribution nous espérons que ce patient travail de corrélations, auquel nous nous sommes attaché, depuis 25 ans, apportera un regain d'intérêt à l'étude des roches calédoniennes dont le déchiffrement commence à peine.

## REMERCIEMENTS

A. Herbosch (U.L.B.), T. Servais (U.Lg.) et J. Verniers (V.U.B.) ont beaucoup amélioré par leur critiques constructives la forme de cette publication. S.G. Molyneux (B.G.S., Nottingham) en a contrôlé l'abstract. Je les en remercie vivement.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDRE, L., 1991.- The concealed crystalline basement in Belgium and the «Brabantia» microplate concept: constraints from the caledonian magmatic and sedimentary rocks. In: L. André, A. Herbosch, M. Vanguestaine & J. Verniers (eds.), Proceedings of the International Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif, Brussels 20 to 23 septembre 1989. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 114 (1): 117-139.
- ANDRE, L. & DEUTSCH, S., 1985.- Very low-grade metamorphic Sr isotopic resettings of magmatic rocks and minerals: Evidence for a late Givetian strike-slip division of the Brabant Massif (Belgium). *J. Geol. Soc. London*, 142: 911-923.
- ANDRE, L., HERBOSCH, A., LOUWYE, S., SERVAIS, T., VAN GROOTEL, G., VANGUESTAINE, M. & VERNIERS, J., 1991.- Guidebook to the excursion on the stratigraphy and magmatic rocks of the Brabant Massif, Belgium. In: L. André, A. Herbosch, M. Vanguestaine & J. Verniers (eds.), Proceedings of the International Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif, Brussels 20 to 23 septembre 1989. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 114 (2): 283-323.
- ANTHOINE, R., 1940.- La fenêtre de Falize-Ligneuville. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 63: M3-43.
- BEUGNIES, A., 1960.- Stratigraphie comparée du Cambrien des Massifs ardennais. *Bull. Soc. belge Géol.*, 69: 91-106.
- BEUGNIES, A., 1962.- Compte rendu de la Session extraordinaire du 15 au 18 septembre 1961. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 85: 1-84.
- BEUGNIES, A., 1963.- Le Massif cambrien de Rocroi. *Bull. Serv. Carte Géol. de France*, 59 (270): 355-509.
- BEUGNIES, A., 1968.- Livret guide des Excursions dans le Massif cambrien de Rocroi, de Fépin à Bovigny suivant la vallée de la Meuse. *Soc. belge Géol., Paléont., Hydrol., A.S.B.L.*: 1-38.
- BEUGNIES, A., DUMONT, P., GEUKENS, F., MORTELMANS, G. & VANGUESTAINE, M., 1976.- Essai de synthèse du Cambrien de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 95 (4): 269-273.
- BLESS, M.J.M. & FELDER, P.J., 1989.- Note on the Late Cretaceous of Hockai (Hautes Fagnes, NE Belgium). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 112 (1): 47-56.
- BLESS, M.J.M., BOUCKAERT, J., CAMELBEECK, L., DE-JONGHE, L., DEMOULIN, A., DUPUIS, C., FELDER, P.J., GEUKENS, F., GULLENTOPS, F., HANCE, L., JAGT, J.W.M., JUVIGNÉ, E., KRAMM, U., OZER, A., PISSART, A., ROBASZYNSKI, F., SCHUMACKER, R., SMOLDEREN, A., SPAETH, G., STEEMANS, Ph., STREEL, M., VANDENVEN, G., VANGUESTAINE, M., WALTER, R. & WOLF, M., 1991.- The Stavelot Massif from Cambrian to Recent. A survey of the present state of knowledge. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 113 (2): 53-73.
- BULMAN, O.M.B., 1950.- On some ordovician graptolite assemblages of Belgium. *Bull. Inst. roy. Sc. nat. de Belgique*, 26 (5): 1-8.
- CATOT, E., 1991 ms.- Contribution à l'étude des acritarches du Salmien Inférieur du Massif de Stavelot. Mémoire inédit, Université de Liège: 1-129.
- CATOT, E., 1992.- Contribution à l'étude des acritarches du Salmien Inférieur du Massif de Stavelot. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 115 (1): 287.
- CORIN, F., 1926.- La stratigraphie et la tectonique du massif devillien de Grand-Halleux. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 49: M26-66.
- de la VALLEE POUSSIN, J., 1930.- Contribution à l'étude du massif «cambrien» dans les vallées de la Dyle et de la Gette. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, 6 (3): 319-353.
- DELVAUX de FENFFE, D. & LADURON, D., 1991.- Caledonian and Variscan structures in the Rocroi-Ardenne Lower Palaeozoic basement (Belgium and adjacent countries). In: L. André, A. Herbosch, M. Vanguestaine & J. Verniers (eds.), Proceedings of the International Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif, Brussels 20 to 23 septembre 1989. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 114 (1): 141-161.
- DEWALQUE, G., 1874.- Sur la corrélation des formations cambriennes de la Belgique et du Pays de Galles. *Bull. Acad. roy. Belg.*, 2è série, 37: 596-598.
- DOWNIE, C., 1982.- Lower Cambrian acritarchs from Scotland, Norway, Greenland and Canada. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences*, 72: 257-285.
- ECHLE, W., PLÜGER, W.L., ZIELINSKI, J., FRANK, B. & SCHEPS, V., 1985.- Petrography, mineralogy and geochemistry of the Salmian rocks from borehole Konzen-1, Hohes Venn (West-Germany). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 171: 31-50.
- EKLUND, C., 1990.- Lower Cambrian acritarch stratigraphy of the Barstad 2 core, Ostergötland, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 112 (1): 19-44.
- ERDTMANN, B.D., 1986.- Early Ordovician eustatic cycles and their bearing on punctuations in early nematophorid (planktic) graptolite evolution. In: Walliser, O.H. (ed.), *Global Bio-Events, Earth Sciences*, 8: 138-152.
- FOURMARIER, P., 1920.- La tectonique du Brabant et des régions voisines. *Mém. Acad. roy. Belg., Classe des Sciences*, 2è série, 4: 1-93.
- FOURMARIER, P., 1958.- Carte géologique au 1/25.000 Louveigné-Spa, 148 et texte explicatif. *Service géologique de Belgique*.
- GEUKENS, F., 1963.- Carte géologique au 1/25.000 Stavelot-Malmédy, 160 et texte explicatif. *Service géologique de Belgique*.
- GEUKENS, F., 1966.- Problème stratigraphique relatif aux planchettes Odeigne-Bihain. *Bull. Soc. belge Géol., Paléont., Hydrol.*, 74: 214-219.
- GEUKENS, F., 1981.- Observations géologiques dans la région de Willerzie. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 104: 67-73.
- GEUKENS, F., 1986.- Commentaire à la carte géologique du Massif de Stavelot. *Aardkundige Mededelingen*, 3: 15-30.
- GRAULICH, J.M., 1961.- Le sondage de Wépion. *Service Géologique de Belgique, Mém. Expl. Carte géol. et min. de Belgique*, 2: 1-102.
- GRAULICH, J.M., 1966.- Le sondage du Bois des Hovas-Chevron. *Serv. Géol. Belg., Prof. Paper*, 7: 1-5.
- GRAULICH, J.M. & KOENIGSFELD, J.L., 1962.- Etude géomagnétique de la partie méridionale du massif devillien de Grand-Halleux (Massif de Stavelot). *Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, 3: 1-72.
- HAGENFELDT, S.E., 1989.- Lower and Middle Cambrian acritarchs from the Baltic Depression and south-central Sweden, taxonomy, stratigraphy and palaeogeographic reconstruction. Doctoral thesis. *Depart. of Geol., Univ. of Stockholm*: 1-32. ISBN: 91-87786-01-X.
- HEDBERG, H.D., 1979.- Guide stratigraphique international. Classification, terminologie et règles de procédures. Doin, Paris: 1-233.
- HERBOSCH, A. & JODARD, C., 1989.- Etude cartographique, lithostratigraphique et pétrographique de l'Ordovicien de la vallée de la Thyle (Brabant, Belgique). Abstracts Intern. Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif: 31.
- HERBOSCH, A., VANGUESTAINE, M., DEGARDIN, J.M., DE-JONGHE, L., FAGEL, N. & SERVAIS, T., 1991.- Etude lithostratigraphique, biostratigraphique et sédimentologique du sondage de Lessines (bord méridional du Massif du Brabant, Belgique). In: L. André, A. Herbosch, M. Vanguestaine & J. Verniers (eds.), Proceedings of the International Meeting on the

- Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif, Brussels 20 to 23 septembre 1989. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 114 (1): 193-211.
- LAMENS, J., 1985.- Transition from turbidite to shallow-water sedimentation in the Lower Salmian (Tremadocian, Lower Ordovician) of the Stavelot Massif, Belgium. *Sediment. Geol.*, 44: 121-142.
- LAMENS, J., 1986.- Depositional history of Salmian (Lower Ordovician) sediments in Belgium. *Aardkundige Mededelingen*, 3: 125-138.
- LECOMPTE, M., 1948.- Existence du Trémadocien dans le Massif du Brabant. *Bull. Acad. roy. Belg., Classe des Sciences*, 34: 677-687.
- LECOMPTE, M., 1949.- Découverte de nouveaux gîtes à *Dictyonema* dans le Trémadocien du Massif du Brabant. *Bull. Inst. roy. Sc. nat. de Belg.*, 25 (45): 1-8.
- LEGRAND, R., 1967.- Ronquières, documents géologiques. *Serv. Géol. Belg., Mém. Expl. Carte géol. et min. de Belgique*, 9: 1-148.
- LEGRAND, R., 1968.- Le Massif du Brabant. *Serv. Géol. Belg., Mém. Expl. Carte géol. et min. de Belgique*, 9: 1-148.
- LENOIR, J.L., ANDRE, L., HERBOSCH, A. & VANGUESTAINE, M., 1989.- Lithostratigraphy, biostratigraphy and cartography of the Senne-Sennette valleys between Quenast and Asquempont. Abstracts Intern. Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif: 35.
- LESPERANCE, P.J. & SHEEHAN, P.M., 1988.- Trilobites et brachiopodes ashgilliens (Ordovicien supérieur) de l'«Assise» de Fosse, Bande de Sambre-et-Meuse (Belgique). *Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belg.*, 57 (1987): 91-123.
- LOEBLICH, A.R. Jr. & TAPPAN, H., 1976.- Some new and revised organic-walled phytoplankton microfossil genera. *Journal of Palaeont.*, 50 (2): 301-308.
- MALAISE, C., 1874.- Sur l'âge de quelques couches du terrain ardennais des environs de Spa. *Bull. Acad. roy. Belg., 2è sér.*, 37: 800-801.
- MARTIN, F., 1969.- Les acritarches de l'Ordovicien et du Silurien belge. Détermination et valeur stratigraphique. *Mém. Inst. roy. Sc. nat. Belg.*, 160 (1968): 1-176.
- MARTIN, F., 1977.- Acritarches du Cambro-Ordovicien du Massif du Brabant, Belgique. *Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belg.*, 51 (1975): 1-33.
- MARTIN, F. & DEAN, W.T., 1981.- Middle and Upper Cambrian and Lower Ordovician acritarchs from Random Island, eastern Newfoundland. *Geological Survey of Canada, Bulletin*, 343: 1-43.
- MARTIN, F. & DEAN, W.T., 1983.- Late Lower Cambrian and early Middle Cambrian acritarchs from Manuels River, eastern Newfoundland. In: Current Research, part B. *Geological Survey of Canada, Paper 83-1B*: 353-368.
- MARTIN, F. & DEAN, W.T., 1988.- Middle and Upper Cambrian acritarch and trilobite zonation at Manuels River and Random Island, Eastern Newfoundland. *Geological Survey of Canada, Bull.* 381: 1-91.
- MARTIN, F. & RICKARDS, B., 1979.- Acritarches, chitinozoaires et graptolites ordoviciens et siluriens de la Vallée de la Sennette (Massif du Brabant, Belgique). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 102: 189-197.
- MEILLIEZ, F. & VANGUESTAINE, M., 1983.- Acritarches du Cambrien moyen et supérieur à Montcornet-en-Ardenne (France): premières données et implications. *C.R. Acad. sc. Paris*, 297 (II): 265-268.
- MICHOT, P., 1980a.- Le segment tectogénique calédonien belge. *Acad. roy. Belg., Mém., Classe Sciences*, Coll. in 8°, 2è sér., 43: 1-61.
- MICHOT, P., 1980b.- Belgique. Introduction à la Géologie générale. 26ème Congrès géologique International. Livret-Guide Excursion 211A: 487-576.
- MOLYNEUX, S.G. & RUSHTON, A.W.A., 1988.- The age of the Watch Hill Grits (Ordovician), English Lake District: Structural and palaeogeographical implications. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences*, 79: 43-69.
- PIRLET, H., 1976.- Allure tectonique et position stratigraphique du Quartzite «Devillien» de Hourt. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 99: 155-163.
- RASUL, S.M., 1979.- Acritarch zonation of the Tremadoc Series of the Shineton Shales, Wrekin, Shropshire, England. *Palynology*, 3: 53-72.
- RAYNAUD, J., 1977.- Levé magnétique dans le massif cambrien de Stavelot. Structure géologique de la bordure méridionale du massif devillien de Falize-Ligneuville. *Ann. Mines de Belg.*, 2è livraison: 125-138.
- RENARD, E., 1927.- Le massif devillien de Falize-Ligneuville. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 50: B111-116.
- RIBECAL, C. & VANGUESTAINE, M., 1992.- Uppermost Middle-Late Cambrian acritarchs from Belgium and northern France. *Special Papers in Palaeontology*. (à paraître).
- ROBASZYNSKI, F. & DUPUIS, C., 1983.- Belgique. Guides Géologiques Régionaux, Masson, Paris: 1-204.
- ROCHE, M., SABIR, M., STEEMANS, P. & VANGUESTAINE, M., 1986.- Palynologie du sondage et de la région de Willerzie. *Aardkundige Mededelingen*, 3: 149-190.
- SERVAIS, T. & MALETZ, Y., 1992.- Lower Llanvirn (Ordovician) graptolites and acritarchs from the «assise de Huy», Bande de Sambre-et-Meuse, Belgium. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 115 (1): 265-285.
- SERVAIS, T., VANGUESTAINE, M. & HERBOSCH, A., 1992.- Review of the Stratigraphy of the Ordovician in the Brabant Massif, Belgium. Abstracts of the Meeting on Caledonides of the Anglo-Brabant Massif, Keyworth, September 1992 (à paraître).
- SHEEHAN, P.M., 1988.- Late Ordovician (Ashgillian) brachiopods from the region of the Sambre and Meuse rivers, Belgium. *Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belg.*, 57 (1987): 5-81.
- TANAZACQ, F., 1938.- Découverte d'un horizon fossilifère en Ardenne française dans le massif ardoisier de Rocroi. *C.R. Acad. Sci.*, 207: 1061.
- VANGUESTAINE, M., 1967.- Découverte d'Acritarches dans le Revinien supérieur du Massif de Stavelot. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 90 (4-6): 585-601.
- VANGUESTAINE, M., 1973.- New Acritarcha from the Upper Cambrian of Belgium. *Proceedings of the Third International Palynological Conference, Novosibirsk*, 1971: 28-30.
- VANGUESTAINE, M., 1973ms.- Etude palynologique du Cambro-Ordovicien de Belgique et de l'Ardenne française. Systématique et Biostratigraphie. Thèse inédite de Doctorat. Université de Liège: 1-366.
- VANGUESTAINE, M., 1974.- Espèces zonales d'Acritarches du Cambro-Trémadocien de Belgique et de l'Ardenne Française. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 18 (1-2): 63-82.
- VANGUESTAINE, M., 1978a.- Données palynologiques nouvelles dans l'Ordovicien inférieur du bassin de la Senne, Massif du Brabant, Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 100 (1977): 193-198.
- VANGUESTAINE, M., 1978b.- Critères palynostratigraphiques conduisant à la reconnaissance d'un pli couché revinien dans le sondage de Grand-Halleux. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 100 (1977): 249-276.
- VANGUESTAINE, M., 1986.- Progrès récents de la stratigraphie par acritarches du Cambro-Ordovicien d'Ardenne, d'Irlande, d'Angleterre, du Pays de Galles et de Terre-Neuve orientale. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 55: 65-76.

- VANGUESTAINE, M., 1989.- New palynological results from the Cambrian and Ordovician of the Brabant Massif. Abstracts Intern. Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif: 15.
- VANGUESTAINE, M., 1991.- Datation par acritarches des couches cambro-trémadociennes les plus profondes du sondage de Lessines (bord méridional du Massif du Brabant, Belgique). In: L. André, A. Herbosch, M. Vanguestaine & J. Verniers (eds.), Proceedings of the International Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif, Brussels 20 to 23 septembre 1989. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 114 (1): 213-231.
- VANGUESTAINE, M., 1992.- Late Tremadocian acritarchs in the Chevron borehole (Stavelot Massif, Belgium). Abstracts of the Meeting on Caledonides of the Anglo-Brabant Massif, Keyworth, September 1992 (à paraître).
- VANGUESTAINE, M., CHAKIR, A. & SERVAIS, T., 1989.- Cambrian (?) and Ordovician acritarchs from the Thyle valley. Abstracts Intern. Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif: 45.
- VANGUESTAINE, M., SERVAIS, T. & STEEMANS, Ph., 1989.- Biostratigraphy of 28 boreholes in the Brabant Massif. Abstracts Intern. Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif: 46.
- VANGUESTAINE, M. & VAN LOOY, J., 1983.- Acritarches du Cambrien Moyen de la vallée du Tacheddirt (Haut-Atlas, Maroc) dans le cadre d'une nouvelle zonation du Cambrien. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 106: 69-85.
- VAN GROOTEL, G., 1990ms.- Litho- en biostratigrafische studie met Chitinozoa in het westelijk deel van het Massief van Brabant. Thèse inédite de doctorat. Université de Gand: 1-238.
- VAN TASSEL, R., 1986.- Contribution à la lithologie du segment calédonien des vallées de la Dyle et de la Thyle, Brabant, Belgique. *Aardkundige Mededelingen*, 3: 239-268.
- VERNIERS, J. & VAN GROOTEL, G., 1991.- Review of the Silurian in the Brabant Massif, Belgium. In: L. André, A. Herbosch, M. Vanguestaine & J. Verniers (eds.), Proceedings of the International Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif, Brussels 20 to 23 septembre 1989. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 114 (1): 163-193.
- VOLKOVA, N.A., 1968.- Acritarchs of the Precambrian and the Lower Cambrian deposits of Estonia. In: N.A. Volkova, Z.A. Zhuravleva, V.Y. Zabrodin & B.S. Klinger (eds.), Problems related to the boundary layers of the Riphean and Cambrian of the Russian Platform, the Urals and Kazakhstan. *Akad. Nauk SSSR, Geologicheskii Institut, Trudy*, 188: 8-48.
- VOLKOVA, N.A., 1969.- Acritarchs of the northwestern Russian Platform. In: A.Y. Rozanov *et al.*, Tommotian Stage and the Cambrian Lower Boundary Problem. *Akad. Nauk SSSR, Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni Geologicheskii Institut, Trudy*, 206: 47-51.
- VOLKOVA, N.A., KIRYANOV, V.V., PISKUN, L.V., PASKEVICIENE, L.T. & YANKAUSKAS, T.V., 1979.- Plant microfossils. In: N.A. Volkova *et al.*, Upper Precambrian and Cambrian palaeontology of the east European Platform. *Akad. Nauk SSSR, Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni Geologicheskii Institut, Izdatelstvo Nauka, Moskva*: 4-38.
- von HOEGEN, J., LEMME, B., ZIELINSKI, J. & WALTER, R., 1985.- Cambrian and Lower Ordovician in the Stavelot-Venn Massif. A Model for Depositional History. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 171: 217-235.
- WALTER, R., 1980.- Lower Palaeozoic paleogeography of the Brabant Masif and its southern adjoining areas. *Rijks Geol. Dienst*, 32 (2): 14-25.
- WATERLOT, G., 1937.- Sur la stratigraphie et la tectonique du Massif cambrien de Rocroi. *Bull. Serv. Carte Géol. de France*, 39 (195): 77-129.
- WAZYNSKA, H., 1967.- Wstepne badania mikroflorystyczne osadow sinianu i kambru z obsaru Bialowiezy. *Kwartalnik Geologiczny*, 11 (1): 10-20.
- WOODCOCK, N.H., 1990.- Sequence stratigraphy of the Palaeozoic Welsh Basin. *J. geol. Soc. London*, 147: 537-547.
- WOODCOCK, N.H., 1991.- The Welsh, Anglian and Belgian Caledonides compared. In: L. André, A. Herbosch, M. Vanguestaine & J. Verniers (eds.), Proceedings of the International Meeting on the Caledonides of the Midlands and the Brabant Massif, Brussels 20 to 23 septembre 1989. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 114 (1): 5-17.