

Description et étude des Ostracodes de deux tranchées traversant la limite historique Frasnien-Famennien dans la localité-type

Description and study of Ostracods of two trenches dug across the historic Frasnian-Famennian boundary in the type locality

par Jean-Georges CASIER

Résumé

L'étude de deux tranchées réalisées récemment à Senzeilles montre le passage d'un environnement dysaérobie à un milieu mieux oxygéné au niveau de la limite schistes à aspect "Matagne" - schistes de transition. Cet événement, situé 3,5 m sous la base des schistes de Senzeilles, paraît correspondre à celui observé au sommet du Kellwasserkalk dans le Kellerwald et dans le Harz.

La communauté caractérisant la dysaérobiose contient des Ostracodes appartenant aux super-familles Cypridinacea et Entomozoacea. Le renouvellement faunique se marque par l'apparition d'une faune d'Ostracodes benthiques très abondante et par de nombreux Crinoïdes; ils précèdent de 2,5 m l'apparition de la macrofaune à Brachiopodes qui a permis à GOSSELET, au siècle dernier, de fixer la limite Frasnien - Famennien.

Le mode de vie des Entomozoacea fait l'objet d'une discussion suite à un article récent de GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER (1990).

Mots-clés: Limite Frasnien-Famennien, extinction, Ostracodes, paléoécologie, dysaérobiose.

Abstract

Study of two new trenches dug at Senzeilles shows the sudden change from a dysaerobic to a well oxygenated environment at the boundary between shales with "Matagne" aspect and transition shales. This event located 3.5 m below the base of Senzeilles shales seems the same as the event observed at the top of the Kellwasserkalk in Kellerwald and Harz.

The dysaerobic community contains numerous ostracods belonging to Entomozoacea and Cypridinacea super-families. The faunal renewal begins with the appearance of a very abundant benthonic ostracod fauna and crinoids, 2.5 m below the first appearance of the brachiopod macrofauna on which GOSSELET fixed last century the Frasnian-Famennian boundary.

The mode of life of the Entomozoacea is discussed in answer to GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER's recent paper (1990).

Key-words: Frasnian-Famennian boundary, extinction, ostracods, paleoecology, dysaerobic facies.

Introduction

Dans une étude sur la paléoécologie des Ostracodes au niveau de la limite Frasnien - Famennien à Senzeilles (1989), nous avons fait l'inventaire des travaux consacrés à la "tranchée de Senzeilles", aujourd'hui comblée,

et aux Ostracodes qui y ont été recueillis. Ce travail était limité aux schistes frasnien et famennien situés sous la Zone à *Ptychomaletoechia omaliusi*, et il porte sur environ 3.000 Ostracodes en provenance de la partie inférieure de la "tranchée de Senzeilles" et d'une coupe-témoin aménagée par le Service géologique de Belgique, en remplacement de la première. Cette étude fait aussi allusion aux Ostracodes présents dans deux tranchées d'exploration (Fig. 1) dont le creusement a été entrepris par l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, en 1988; la description des deux tranchées fait l'objet de la présente note.

L'étude des Ostracodes au niveau de la limite Frasnien - Famennien a confirmé l'existence d'environnements marins pauvres en oxygène dissous dans les milieux peu profonds de la mer frasnienne. Ces environnements sont responsables de la disparition de nombreux "mud-mounds" dans la partie supérieure du Frasnien et de la sédimentation des schistes à aspect "Matagne" riches en Entomozoacea et Cypridinacea (CASIER, 1987, p. 200). L'aspect "Matagne" tel que le définit SARTENAER (1970, p. 346), est celui que revêtent des schistes très finement feuilletés, à cassure olivâtre à verdâtre, se débitant en esquilles fines, contenant quelques nodules aplatis, de rares lentilles calcareuses et une faune généralement naine. L'étude a aussi montré que le renouvellement faunique sur lequel GOSSELET s'est basé au siècle dernier pour fixer la limite Frasnien - Famennien correspond à la recolonisation progressive d'un tel environnement après amélioration des conditions d'oxygénation. GOSSELET (1877, p. 304, 305) soulignait déjà la difficulté de tracer une limite exacte entre les schistes de Matagne et les schistes de la Famenne, les premiers passant insensiblement aux seconds.

La Sous-commission internationale de Stratigraphie du Dévonien, lors de sa réunion tenue à Rennes, les 12 et 13 août 1988, a fixé la nouvelle limite Frasnien - Famennien à la base de la Zone à *Palmatolepis triangularis* Inférieure, après avoir décidé six années plus tôt, à Montpellier, de la fixer à la base de la Zone à *Palmatolepis triangularis* Moyenne. Elle ne s'est pas encore prononcée définitivement sur le stratotype qui pourrait être dans la carrière de Coumiac située à 1,5 km au NE de

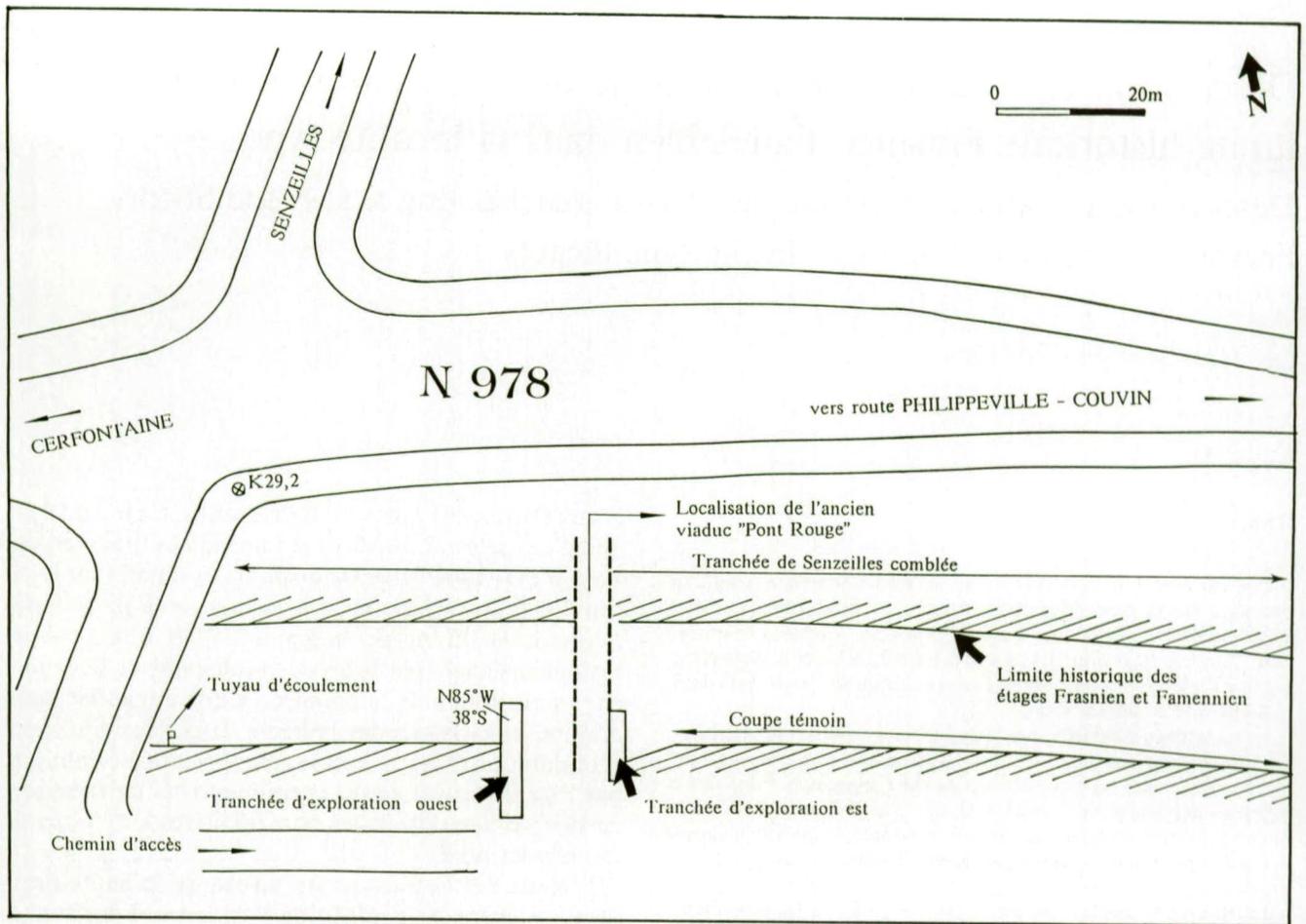


Fig. 1 — Plan de localisation de la "tranchée de Senzeilles", de la coupe-témoin et des deux tranchées creusées en 1988 (adapté de BULTYNCK *et al.*, 1988).

Fig. 1 — Locality map of the "railway cutting of Senzeilles", of the reference section and of the two trenches dug in 1988 (adapted from BULTYNCK *et al.*, 1988).

Cessenon, dans l'Hérault, en France. La limite Frasnien - Famennien est aussi le siège d'un renouvellement faunique important lié à un événement planétaire. Le travail récent de BUGGISCH (1991) passe en revue tous les groupes qui ont souffert à ce niveau et fait le relevé des causes généralement avancées pour expliquer ces disparitions.

Pour ces raisons, une étude détaillée des Ostracodes des couches au niveau du passage du Frasnien au Famennien a été réalisée à proximité immédiate de la "tranchée de Senzeilles", où leur limite a été fixée par GOSSELET au siècle dernier. Cette tranchée décrite notamment par GOSSELET (1877, pp. 306-310, 1888, p. 475) et par SARTENAER (1960), était celle de la ligne du chemin de fer Charleroi - Vireux, son extrémité occidentale étant située à 1500 m environ au sud du village de Senzeilles (Fig. 1). Suite à la construction de la route N978 reliant la nationale Philippeville-Couvin au village de Cerfontaine, en 1976, la "tranchée de Senzeilles" a été comblée et de ce fait, la limite historique des étages Frasnien et Famennien n'était plus visible. Au même

moment, une coupe de référence a été creusée à l'initiative du Service géologique de Belgique, 17 m plus au sud. Cette coupe-témoin dont la partie famennienne a fait l'objet d'un croquis par BULTYNCK & MARTIN (*in* MARTIN, 1984 et *in* CASIER, 1989), n'exposait pas la limite Frasnien - Famennien. Pour cette raison, l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique a entrepris le creusement de deux nouvelles tranchées (Fig. 1); elle assure aussi la conservation du matériel étudié.

Notons finalement que SANDBERG *et al.* (1988) ont réalisé une étude approfondie du passage Frasnien - Famennien dans plusieurs coupes aux Etats-Unis d'Amérique et en Europe, dont Hony et Sinsin en Belgique; ils se sont aussi intéressés aux extinctions de la partie supérieure du Frasnien.

Tranchée d'exploration ouest (Fig. 1, Fig. 2, Tabl. 1)

De direction N11°E (Fig. 1), longue de 14 m, la tranchée expose à la partie inférieure 4,8 m de schistes noirâtres,

	S82	S83	S84	S85	S86	S87	S88	S89	S90	S91	S92	S93	S94	S95	S96	S97	S98	S99	S100	S101	S102	S103	S104	S105	S106	S107	
Cricoconarides																											
<i>Homoctenus</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+															
<i>Styliolina?</i>	+	+	+				+		+	+	+		+														
Ostracodes																											
Cypridinacea	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+													
Entomozoacea	?	?	+	?	+	+	+	+	+	+	?	?	?				1										
Ostracodes benthiques		1			+						+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Bivalves																											
<i>Buchiola</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+													
Autres										+	+	+	+	+	+	+	+		?	+	+	?	+	+	+	+	
Brachiopodes																											
Chonetacea	+	+	+	+	+		+	+	+	+		?	?														
<i>Ripidiorhynchus</i>	+	+	+	+																							
<i>Ryocarhynchus</i>		+																									
Lingulidae		+		+		+			+		+			?	+												
Autres																						+	+	+	+	+	
Echinodermes																											
Crinoïdes (articles)					1							1		+		+	+	+	+		+	+	+	+			
Céphalopodes																											
Nautiloïdea												?							?	+							
Ammonoïdea											+																

Tableau 1

Distribution de la faune dans la tranchée ouest (cf. Fig. 2 pour la localisation des échantillons). La limite entre les schistes à aspect "Matagne" et les schistes de transition est située entre les échantillons S94 et S95, et la limite Frasnien - Famennien, entre les échantillons S100 et S101.

Table 1

Recorded ranges of the fauna in west trench (cf. Fig. 2 for the setting of samples). The boundary between shales with "Matagne" aspect and transition shales is localized between samples S94 and S95 and the Frasnian-Famennian boundary between samples S100 and S101.

à aspect "Matagne" selon la définition de SARTENAER (1970, p. 346). Un banc de calcaire siliceux noir de 5 cm d'épaisseur est visible au tiers inférieur de la coupe. Treize échantillons, numérotés S82 à S94, ont été recueillis dans ces schistes et dans ce banc (Fig. 2). La faune qu'ils contiennent est typique de la communauté caractérisant la dysaérobiose (Tabl. 1): les *Homoctenus*, les *Buchiola* et les Chonetacea sont abondants et présents dans la plupart des échantillons; les Lingulidae ont été observés dans cinq échantillons. La partie inférieure de ces schistes contient un grand nombre de *Ripidiorhynchus* (échantillons S82 à S85) et des *Ryocarhynchus* (échantillon S83) tandis que la partie supérieure, à partir de l'échantillon S90, contient d'autres Bivalves

que les *Buchiola* et ils se diversifient progressivement. Hormis l'échantillon S86 récolté dans le banc de calcaire siliceux, tous ont fourni *Palaeophilomedes? neuvillensis* CASIER, 1988 (CASIER, 1989: pl. 2, fig. 8, fig. 9). Ce Cypridinacea de plus de 3 mm, a une apophyse (rostrum) recouvrant une incision d'où devaient émerger les antennes servant à la nage. Les Entomozoacea, vraisemblablement necto-benthiques, sont plus rares, mais présents dans la plupart des échantillons récoltés dans les schistes à aspect "Matagne". *Entomoprimitia* et *Entomozoe* sont reconnus, mais leur état de conservation rend toute détermination spécifique impossible. Seule *Entomoprimitia (Entomoprimitia)? nitida* (ROEMER, 1850) a pu être reconnue avec certitude dans la partie

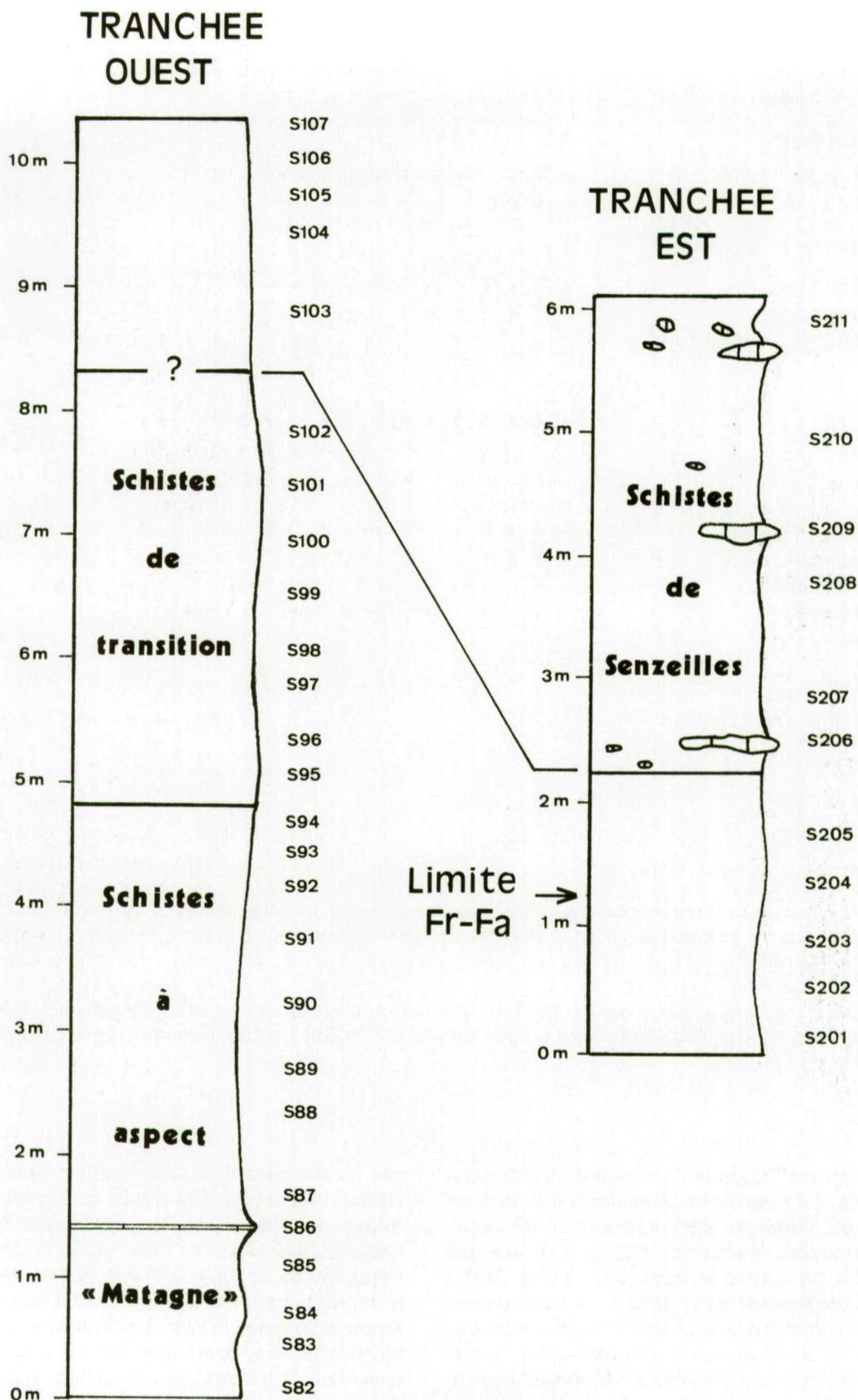


Fig. 2 — Coupe lithologique et localisation des échantillons récoltés dans les tranchées est et ouest.

Fig. 2 — Lithological column and localisation of samples in eastern and western trenches.

supérieure des schistes à aspect "Matagne". Quelques moules internes et externes pourraient aussi être rapprochés du genre *Bolbozoe*.

La présence d'Ostracodes à carapaces peu ou non calcifiées (Cypridinacea, Entomozoacea) et en particulier celle d'Entomozoacea dont les valves se sont ridées *post-mortem* (voir CASIER, 1989: pl. 2, fig. 10), de même que l'existence de carapaces de Cypridinacea dont les valves sont dissociées mais contiguës (*ibid.*, fig. 9), indiquent une très faible bioturbation. Le benthos était donc rare, ce qui indique que le milieu était mal oxygéné.

L'échantillon S83 a fourni un "*Kloedenia*" *dillensis* (PAECKELMANN, 1913), espèce qu'il n'est pas rare de rencontrer au sein des schistes à aspect "Matagne", et les échantillons S86 et S92 ont livré des Ostracodes benthiques qui témoignent d'améliorations passagères des conditions d'oxygénation. Dans l'échantillon S86, les Ostracodes sont peu nombreux et indéterminables, tandis que dans l'échantillon S92, ils sont abondants mais uniquement à l'état de moules internes ou externes. Dans l'échantillon S86, plusieurs espèces appartiennent vraisemblablement aux Metacopina et aux Platycopina et dans S92 nous avons reconnu: *Amphissites* cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913), *Acratia paraschelonica* LETHIERS, 1974, *Svantovites lethiersi* CASIER, 1979, *Polyzygia neodevonica* (MATERN, 1929), *Punctomosea* sp., *Cryptophyllus* sp., *Bairdia* sp., et, peut-être, *Kummerowia blessi* CASIER, 1987 et *Chamishaella sohni* LETHIERS, 1974. Ces espèces ainsi que celles que LETHIERS (1974, tabl. 1) a récoltées dans les schistes à aspect "Matagne" de l'ancienne "tranchée de Senzeilles", constituent une association caractéristique d'un environnement marin franc peu ou modérément profond (écozone III in CASIER, 1987) appartenant à l'"Eifeler Ökotyp" de BECKER (in BANDEL & BECKER, 1975, p. 61). Cette association est comparable à celle que nous décrivons avec PREAT et KASIMI dans ce même bulletin, dans l'Eifelien de la rampe externe de la carrière "La Couvinoise". Par conséquent, les schistes à aspect "Matagne" affleurant à Senzeilles se sont déposés à une profondeur voisine de celle des schistes grisâtres et verdâtres à nodules calcaro-argileux sous-jacents (CASIER, 1989, p. 86).

Ensuite viennent 5,5 m environ de schistes noirâtres ou bleuâtres, plus clairs dans les deux derniers mètres qui contiennent quelques petits nodules décalcifiés. Dès la base, les Cricoconarides et Chonetacea ont disparu et les articles de Crinoïdes deviennent abondants. Les Bivalves restent nombreux et diversifiés mais le genre *Buchiola* n'est plus représenté que par de rares spécimens dans les échantillons S95 et S97; quelques Lingulidae subsistent aussi dans les échantillons S95 et S96. 2,5 m au-dessus du sommet des schistes à aspect "Matagne" (échantillon S101), les Brachiopodes deviennent plus abondants et commencent à se diversifier; on peut alors récolter des Spiriferidés, Orthidés, Productidés, Athyridés et Rhynchonellidés associés à quelques Céphalopodes. C'est leur apparition qui a permis à GOSSELET de fixer, au siècle dernier, la limite Frasnien

- Famennien. La circulation des eaux météoritiques a fortement altéré la partie supérieure des schistes affleurant dans la tranchée ouest et de ce fait, la limite entre les schistes de transition et les schistes de Senzeilles ne peut être mise en évidence. L'étude de la tranchée est nous amène à la situer 1 m au-dessus de la limite historique Frasnien - Famennien.

A l'exception d'un *Entomozoe* (*Nehdentomis*) cf. *nehdensis* (MATERN, 1929) (CASIER, 1989, pl. 1, fig. 29), les Ostracodes nageurs actifs (Entomozoacea et Cypridinacea) ont disparu totalement dès la base des schistes de transition et font place à une abondante faune d'Ostracodes benthiques témoignant de l'amélioration des conditions d'oxygénation du milieu.

La circulation des eaux météoritiques est responsable de la dissolution des carapaces d'Ostracodes et seules les espèces les plus ornées sont par conséquent déterminables. Dans les échantillons S97, S98 et S99 nous avons reconnu: *Quasillites geminatus* BECKER, 1971, *Punctomosea weyanti* BECKER, 1971, *Bekena beckeri* LETHIERS, 1974, *Jenningsina lethiersi* BECKER, 1971, *Cryptophyllus* sp., *Entomozoe* (*Nehdentomis*) cf. *nehdensis* (MATERN, 1929) et, peut-être, *Svantovites lethiersi* CASIER, 1979.

Tranchée d'exploration est (Fig. 1, Fig. 2, Tab. 2)

La tranchée a été creusée suivant une direction N15°E, le long du flanc est de la culée sud de l'ancien viaduc "Pont Rouge". Elle expose 2,2 m de schistes noirâtres et bleuâtres dans lesquels les échantillons S201 à S205 ont été recueillis (Fig. 2). La macrofaune est rare dans la partie inférieure de ces schistes de transition. Nous y avons récolté quelques Bivalves, dont un représentant du genre *Buchiola*, de rares Lingulidae, quelques articles de Crinoïdes et peut-être un Nautiloïde. Les Cricoconarides sont absents et les Ostracodes benthiques sont abondants. Le sommet est beaucoup plus riche en macrofaune: dans le dernier mètre, nous avons recueilli des Orthidés, Athyridés, Productidés et Spiriferidés associés à quelques Nautiloïdes, le tout indiquant la base du Famennien tel qu'elle a été définie par GOSSELET.

Les cinq échantillons récoltés dans les schistes de transition contiennent des Ostracodes exclusivement benthiques. Ils sont d'une abondance exceptionnelle: 650 Ostracodes pour un total de 280 g de roche triée après broyage et tamisage entre 250 et 1.660 microns. L'échantillon le plus riche (S204) a livré 180 Ostracodes pour 50 g triés, concentration jamais atteinte dans les niveaux argileux dévoniens. Les Ostracodes résistent mieux que la plupart des autres animaux marins aux mauvaises conditions de l'environnement et par conséquent, il est normal de les compter parmi les premiers organismes qui recolonisent un environnement qui a été temporairement hostile à la vie; leur abondance peut s'expliquer par l'absence de concurrence ou de prédateur.

La présence de nombreux Ostracodes benthiques et

	S201	S202	S203	S204	S205	S206	S207	S208	S209	S210	S211
<i>Punctomosea weyanti</i> BECKER 1971	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+
<i>Quasillites geminatus</i> BECKER 1971	+	+	?	+	+	+	+	+			+
<i>Amphissites</i> cf. <i>parvulus</i> (PAECKELMANN 1913)	?	?					+	+			
<i>Acratia paraschelonica</i> LETHIERS 1974	+	+		+	+		+	+		+	+
<i>Jenningsina lethiersi</i> BECKER 1971	?				+	+	?				
<i>Punctomosea</i> n. sp. A CASIER 1989	+	+	+	+		+	+	+		+	
<i>Svantovites lethiersi</i> CASIER 1979	?										
<i>Cytherellina obusa</i> LETHIERS 1976	+	+				+	+	+		+	+
<i>Acratia</i> cf. <i>silincula</i> POLENOVA 1953	+			+	+	+	+	+		+	+
<i>Cryptophyllus</i> sp. A	+				+		+				
<i>Balantoides</i> sp. A	+										+
<i>Bodzentia?</i> sp. A LETHIERS 1974	+				?	+	+	+			+
<i>Carbonita?</i> <i>submersa</i> LETHIERS 1974					+			+		+	
<i>Chamishaella sohni</i> LETHIERS 1974					+		+	+	+	+	+
<i>Bairdiacypris</i> sp.					+			+			
<i>Acratia siratchoica</i> EGOROV 1953										?	
<i>Youngiella</i> cf. <i>schigrovskiensis</i> (POLENOVA 1955)								+			
Palaeocopida indet.								+	+		+
<i>Schneideria?</i> <i>groosae</i> BECKER 1971								?	?		
<i>Bairdia</i> cf. <i>retrorsa</i> POLENOVA 1953									+	?	
<i>Microcheilinella senzeillesensis</i> LETHIERS 1974										+	
<i>Bairdiacypris</i> sp. A										+	
<i>Adelphobolbina</i> sp. A											?

Tableau 2

Distribution des Ostracodes dans la partie supérieure des schistes de transition et dans la partie inférieure des schistes de Senzeilles de la tranchée est. Pour la localisation des échantillons voir la Fig. 2.

Table 2

Recorded ranges of ostracod species in the upper part of transition shales and in lower part of Senzeilles shales of the east trench. For the location of samples see Fig. 2.

l'absence d'Entomozoacea et de Cypridinacea dans la partie inférieure des schistes de la tranchée est indiquent que le sommet des schistes à aspect "Matagne" n'y est pas atteint; l'absence de Cricoconarides, le confirme.

La plupart des Ostracodes sont lisses dans les schistes de transition et les espèces ornées sont fortement affectées

par l'épigénie; très peu sont par conséquent déterminables (Tabl. 2).

Ensuite viennent les schistes de Senzeilles. Ils sont représentés dans la tranchée d'exploration est par 4 m environ de schistes verdâtres à nombreux nodules calcaro-argileux et rares lentilles calcaires de 5 cm envi-

ron d'épaisseur. Ces schistes sont riches en Spiriferidés, Productidés, Athyridés et Rhynchonellidés dont *Pam-pocilorhynchus lecomptei* (SARTENAER, 1954) dans l'échantillon S207; ils contiennent en outre quelques Nautiloïdes à la base.

Les échantillons S206 à S211 ont été récoltés dans les schistes de Senzeilles et le Tableau 2 donne la distribution des Ostracodes qu'ils contiennent; quelques espèces ont été figurées par CASIER (1989, pl. 3).

Une dizaine d'espèces frasniennes sont présentes dans les schistes de transition et dans la partie inférieure des schistes de Senzeilles; plusieurs autres sont signalées par LETHIERS (1974, tabl. 1). Quatre espèces, *Punctomosea* n. sp. A CASIER, 1989, *Cytherellina obusa* LETHIERS, 1976, *Bodzentia?* sp. A LETHIERS, 1974 et *Cryptophyllus* sp. A, font leur apparition dans la partie inférieure des schistes de transition, et trois dans leur extrême sommet; il s'agit de *Carbonita? submersa* LETHIERS, 1974, *Chamishaella sohni* LETHIERS, 1974 et peut-être d'*Acratia siratchoica* EGOROV, 1953.

Position de la limite Frasnien - Famennien (Fig. 3)

La localisation de la limite historique Frasnien - Famennien ne pose aucun problème puisqu'elle a été fixée à Senzeilles, sur la base du renouvellement de la macrofaune à Brachiopodes: elle est située au sein des schistes de transition, environ 1 m sous la base des schistes de Senzeilles.

La base de la Zone à *Palmatolepis triangularis* Inférieure choisie récemment pour fixer la limite Frasnien - Famennien n'est pas reconnue à Senzeilles car les niveaux calcaires y sont quasi absents aussi bien dans les schistes à aspect "Matagne" que dans les parties inférieure et moyenne des schistes de transition. Le banc de calcaire siliceux noirâtre situé au sein des schistes à aspect "Matagne" a fait l'objet d'une dissolution en vue de l'extraction des Conodontes mais sans résultat et les premiers bancs calcaires situés dans la base des Schistes de Senzeilles appartiennent à la Zone à *Palmatolepis triangularis* Inférieure (BULTYNCK, comm. pers.).

L'oxygénation du fond marin était très faible à Senzeilles, lors du dépôt des schistes à aspect "Matagne". Ceci est attesté par la présence de nombreux Myodocopida à carapaces très peu minéralisées, appartenant aux super-familles Cypridinacea et Entomozoacea. Leurs valves dissociées sont parfois restées contiguës (CASIER, 1989, pl. 2, fig. 9) tandis que d'autres se sont ridées après la mort (*Ibid.*, fig. 10). Une faune spécialisée constituée de Tentaculites, Cypridinacea, Entomozoacea, *Buchiola*, Lingulidae, Chonetacea du groupe *armatus* etc..., occupait ce milieu dysaérobique. La disparition quasi concomitante de ces espèces et leur remplacement immédiat par des espèces témoignant d'un milieu mieux oxygéné (apparition de nombreux Ostracodes benthiques, Crinoïdes etc..) est similaire à ce qu'on observe au sommet du Kellwasserkalk Supérieur (cf: GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER, 1990, fig. 3). Or, comme la

base de la Zone à *Palmatolepis triangularis* Inférieure correspond à cet événement (*Ibid.*), on doit s'attendre, s'il est synchrone dans la Paléotéthys, à ce que la base de la Zone à *Palmatolepis triangularis* Inférieure se situe à Senzeilles, au niveau ou à proximité immédiate de la limite schistes à aspect "Matagne" - schistes de transition, soit 2,5 m sous la limite fixée, au siècle dernier, par GOSSELET, et 3,5 m sous la base des schistes de Senzeilles.

Le mode de vie des Entomozoacea

Nous avons montré (CASIER 1985, p. 8, p. 9; 1987, p.200) que la plupart des Entomozoacea étaient necto-benthiques et qu'ils pouvaient vivre dans des milieux marins mal oxygénés, environnements dysaérobiques très répandus au cours du Paléozoïque (KAMMER *et al.*, 1986). Les arguments invoqués pour rejeter un mode de vie (necto-)planctonique pour les Entomozoacea sont les suivants: 1° la distribution géographique des Entomozoacea est liée au faciès et est comparable à celle d'autres Ostracodes benthiques franchement marins; 2° le faible degré de calcification des carapaces peut s'expliquer par le caractère réducteur de l'environnement; 3° des Entomozoacea à carapace calcifiée ont été signalés notamment par BECKER (1971, p. 68) et par ZBIKOWSKA (1989) dans des environnements où ils sont associés à des Ostracodes benthiques appartenant à l'"Eifeler Ökotyp" de BECKER (*in* BANDEL & BECKER, 1975, p. 61); 4° quelques Entomozoacea ont une morphologie externe semblable à celle d'espèces dont l'appartenance au benthos ne fait aucun doute (ex: *Entomoprimitia (E.) concentrica* (MATERN, 1929) et certaines espèces du genre *Schischaella*); 5° les Entomozoacea n'ont pas d'incision rostrale qui permet le passage des antennes natatoires; 6° le genre *Morenozoe* GROOS-UFFENORDE, 1991, a une morphologie proche de celle des Thaumatozoididae qui sont benthiques.

Dans un article récent consacré aux Entomozoacea namuriens, WILKINSON & RILEY (1990, p. 169) arrivent aussi à la conclusion que les représentants de cette superfamille sont necto-benthiques et qu'ils peuvent coloniser les milieux caractérisés par la dysaérobiose lorsque la quantité d'oxygène dissous devient suffisante.

Exceptionnellement, les Entomozoacea peuvent être présents dans des milieux normalement oxygénés où ils sont alors associés à des Ostracodes appartenant à l'"écotype de l'Eifel". C'est notamment le cas en Belgique des *Richterina (Volkina) zimmermanni* (VOLK, 1939), *Olentangiella pseudomagna* (STEWART & HENDRIX, 1945), *Entomoprimitia (Entomoprimitia)? nitida* (ROEMER, 1850), et *Entomozoe (Nedhentomis) tenera* (GÜRICH, 1896) trouvées dans les sédiments déposés au contact des "mud-mounds" de la partie supérieure du Frasnien ["mud-mound" de la carrière du Hautmont, à Vodelée (CASIER, 1987)] et sous les schistes à aspect "Matagne", dans l'ancienne "tranchée de Senzeilles". D'autres Entomozoacea peuvent aussi être présents dans

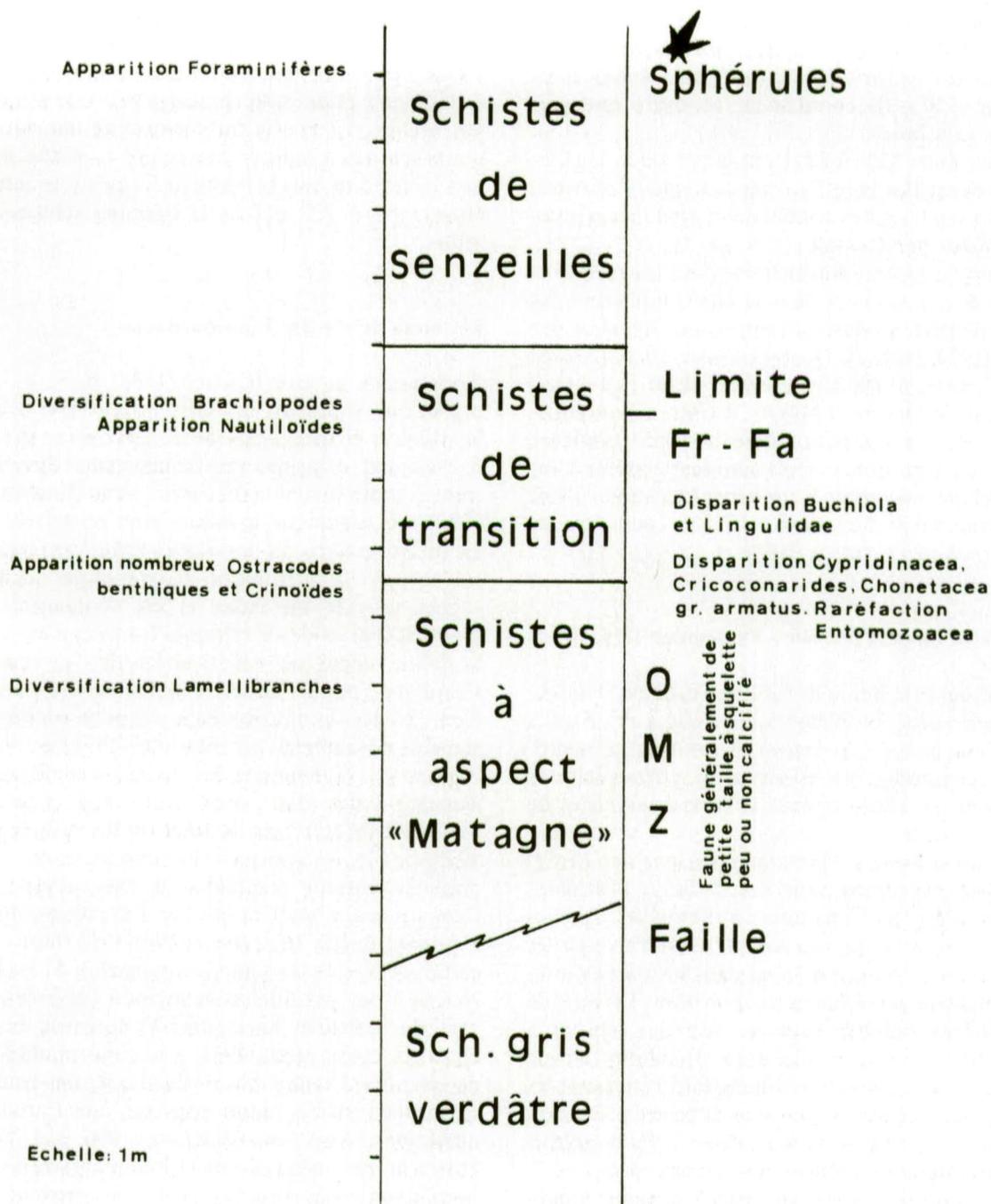


Fig. 3 — Succession des événements au niveau de la limite Frasnien - Famennien, à Senzeilles (échelle: 1m).

Fig. 3 — Events succession near the Frasnian-Famennian boundary, at Senzeilles (scale: 1m).

des milieux plus profonds et (ou?) plus froids; ils sont alors associés aux Ostracodes de l'«écotype de Thuringe» (cf. LETHIERS & FEIST, 1991b).

GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER (1990, p. 104) rejettent par contre un mode de vie necto-benthique pour les Entomozoacea. Selon ces auteurs, ils auraient été dans ce cas affectés par des événements globaux tels que la variation du niveau marin ou l'anoxie des eaux.

Que les Entomozoacea ne soient pas affectés par les variations du niveau marin s'explique aisément par le fait qu'ils occupaient à cette époque, une large gamme

de profondeur, au moins aussi importante que celle des Thlipsuracea (Metacopina). Dans la nature actuelle, on constate que les espèces de Myodocopida ont une distribution bathymétrique qui s'étend à plusieurs centaines de mètres (KORNICKER, 1975). Nous estimons que les fluctuations du niveau marin, qui devaient être de l'ordre de quelques dizaines de mètres, n'ont pas d'influence sur la durée de vie de telles espèces, d'autant plus que ces variations sont relativement lentes et laissent le temps aux espèces de migrer.

Par contre les Entomozoacea ont été affectés par les

variations du degré d'oxygénation du fond marin au niveau de la limite Frasnien - Famennien où leur diversité diminue considérablement. La crise qui affecte les Entomozoacea a cependant lieu au moment où l'oxygénation du fond marin redevient normale et non l'inverse.

Les *Buchiola*, les Chonetacea du groupe *armatus* et les *Homoctenus*, derniers représentants des Tentaculitidés qui avaient probablement trouvé refuge dans la communauté dysaérobie, disparaissent au même niveau!

La disparition concomitante de deux espèces d'Entomozoacea [(*Entomoprimitia splendens* (WALDSCHMIDT, 1885) et *Entomoprimitia (Entomoprimitia) kayseri* (WALDSCHMIDT, 1885)] et des Manticocératidés au sommet du Kellwasserkalk Supérieur à Steinbruch Schmidt, dans le Kellerwald, et à Aeketal, dans le Harz (GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER *op cit.*, fig. 3) traduit une crise semblable à celle observée à Senzeilles. Ces auteurs (p. 110) admettent que si le sommet du Kellwasserkalk Supérieur correspond au sommet de la Zone à *splendens* établie sur les Entomozoacea, ceux-ci ont probablement été affectés par l'événement Kellwasserkalk.

Pour expliquer cette crise, GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER envisagent dans ce cas une inversion des couches d'eau au sein de la mer frasnienne qui aurait amené en surface des eaux profondes anoxiques. Les Entomozoacea n'étaient pas necto-planctoniques pas plus que les *Buchiola* ne vivaient fixées à des plantes dérivant en surface comme le suggèrent à la suite de SCHMIDT (1935, p. 83), GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER (*op cit.*, p. 108). Ou bien alors il faudrait aussi admettre un tel mode de vie pour les Lingulidae et pour les Chonetacés, ce qui serait en totale contradiction avec le mode de vie connu pour ces formes. Toutes les Lingulidae actuelles vivent au sein du sédiment (ROWELL, 1965, p. 263) et les hypothèses concernant le rôle des épines des Chonetacea admettent que ces organismes avaient un mode de vie benthique et qu'ils reposaient sur le fond par leur valve pédonculaire (RACHEBOEUF, 1976, p. 80). Quelques Chonetacea du Dévonien supérieur sont considérés par certains chercheurs comme planctoniques, mais il serait pour le moins surprenant qu'une telle modification du mode de vie n'ait pas engendré d'importantes modifications de la morphologie des valves.

Les extinctions dans la partie supérieure du Frasnien

L'importante réduction de la faune que l'on observe dans la partie supérieure du Frasnien est en relation avec l'installation d'une zone marine mal oxygénée dans les milieux peu profonds de la mer frasnienne. L'existence d'une telle zone est probablement liée à une stratification par densité de l'eau de mer (KAMMER *et al.*, 1986; CASIER, 1987, p. 200). Dans la région type du Frasnien,

elle est présente sous la Zone à *Palmatolepis gigas* Supérieure et responsable du dépôt des schistes à aspect "Matagne" (CASIER, 1987) dont l'épaisseur peut-être estimée à plus de 70 m. A Senzeilles, son installation a lieu beaucoup plus tard (CASIER, 1989, p. 86) et, dans la région de Neuville, elle est récurrente (CASIER, 1987, p. 199; 1988, p. 89). En effet, la coupe du chemin de fer Philippeville - Mariembourg, près de Neuville, expose deux niveaux de schistes à aspect "Matagne": l'un est contemporain du Kellwasserkalk supérieur puisqu'il est dans la Zone à *splendens* de la zonation à Entomozoacea (CASIER, 1982, p. 15), l'autre, riche en Cypridinaea (CASIER, 1988), pourrait correspondre au Kellwasserkalk inférieur.

Dans un article récent consacré aux Ostracodes benthiques du passage Frasnien - Famennien de Coumiac, en Montagne Noire, LETHIERS & FEIST (1991a) signalent qu'environ 70% des espèces d'Ostracodes en majorité benthiques y disparaissent dans un intervalle débutant 32 cm sous un niveau de type "Kellwasserkalk" et se terminant au sommet de ce dernier. LETHIERS & FEIST envisagent comme causes probables de cette réduction du nombre d'espèce une phase anoxique suivie par un refroidissement des eaux. Le fait que la disparition des Ostracodes soit plus marquée et a lieu plus tard en Montagne Noire, peut s'expliquer par l'installation plus tardive de la zone mal oxygénée dans cette région. La condensation des couches très élevée à Coumiac (BECKER *et al.*, 1989, pl. 2) comme c'est le cas dans le Massif Schisteux Rhénan, en Allemagne, peut amplifier le phénomène.

La présence de croûtes d'hématite et la couleur rougâtre des calcaires au niveau de la limite Frasnien - Famennien, dans la coupe de Coumiac, peut s'expliquer par la proximité de la zone d'anoxie. Le pigment rouge présent dans les mud-mounds de la partie supérieure du Frasnien dans le bord sud du Bassin de Dinant, en Belgique, résulterait probablement de la précipitation bactérienne du fer sous forme oxydée, à partir d'eaux à caractère plus ou moins réducteur (BOULVAIN *et al.*, 1988, p. 237) et il est possible qu'il en soit de même à Coumiac pour les croûtes d'hématite. Bien que mal oxygénées, ces eaux peuvent être très riches en matières nutritives, ce qui peut aussi expliquer la présence de nombreuses bioturbations dans les sédiments à Coumiac. THOMPSON *et al.* (1985, p. 177) ont du reste constaté, dans la nature actuelle, un accroissement important de la macrofaune au niveau de la limite supérieure de la zone d'oxygène minimale (OMZ).

La présence de nombreuses microsphérules dans les Zones à *Palmatolepis triangularis* Moyenne et Supérieure ainsi que peut-être dans la Zone à *Palmatolepis crepida* (CASIER, 1989, p. 87, fig. 2, pl. 2, figs. 1-4) de la coupe témoin de Senzeilles, témoigne soit d'une activité volcanique intense, soit d'un impact de météorite dans la base du Famennien. Cet événement quelle qu'en soit la cause, a probablement empêché que le processus de recolonisation de l'environnement se poursuive et il pourrait expliquer la faible diversité de faune que l'on

observe pendant tout le reste du Famennien. Si c'est le cas, l'extinction du Dévonien supérieur s'étendrait sur au moins 6 zones à Conodontes, de la base de la Zone à *Palmatolepis gigas* Supérieur à la Zone à *Palmatolepis crepida*. Ces microsphérules font l'objet d'études approfondies.

Index bibliographique

- BANDEL, K. & BECKER, G., 1975. Ostracoden aus paläozoischen pelagischen Kalken der Karnischen Alpen (Silurium bis Unterkarbon). *Senckenbergiana lethaea*, 56 (1): 1-83.
- BECKER, G., 1971. Ostracoda aus dem Mittel-Frasnium (Oberdevon) der Mulde von Dinant. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*, 47 (34), 82 pp.
- BECKER, R., FEIST, R., FLAJS, G., HOUSE, M. & KLAPPER, G., 1989. Frasnian-Famennian extinction events in the Devonian at Coumiac, southern France. *Compte rendu de l'Académie des Sciences, Paris*, 309: 259-266.
- BOULVAIN, F., COEN-AUBERT, M. & TOURNEUR, F., 1988. Sédimentologie et Coraux du bioherme de marbre rouge Frasnien ("F2j") de Tapoumont (Massif de Philippeville, Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 1987, 110: 225-240.
- BUGGISCH, W., 1991. The global Frasnian-Famennian "Kellwasser Event". *Geologische Rundschau*, 80 (1): 49-72.
- BULTYNCK, P., DREESEN, R., GROESSENS, E., STRUVE, W., WEDDIGE, K., WERNER, R. & ZIEGLER, W., 1988. Fieldtrip A (22-24 July 1988). Ardennes (Belgium), and Eifel Hills (Federal Republic of Germany). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 102: 7-85.
- CASIER, J.-G., 1979. La Zone à *Svantovites lethiersi* n. sp., zone nouvelle d'Ostracodes de la fin du Frasnien et du début du Famennien. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 51 (15), 7 pp.
- CASIER, J.-G., 1982. Les Entomozoacea (Ostracodes) du Frasnien de l'extrémité occidentale du bord sud du Bassin de Dinant, Belgique. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 53 (3), 20 pp.
- CASIER, J.-G., 1987. Etude biostratigraphique et paléocécologique des Ostracodes du récif de marbre rouge du Hautmont à Vodelée (Partie supérieure du Frasnien, Bassin de Dinant, Belgique). *Revue de Paléobiologie*, 6 (2): 193-204.
- CASIER, J.-G., 1988. Présence de Cypridinacea (Ostracodes) dans la partie supérieure du Frasnien du Bassin de Dinant. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 58: 89-94.
- CASIER, J.-G., 1989. Paléocécologie des Ostracodes au niveau de la limite des étages Frasnien et Famennien, à Senzeilles. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 59: 79-93.
- EGOROV, V., 1953. *Bairdia fobosi* YEGOROV, 1953 in Catalogue of Ostracoda by B. ELLIS & A. MESSINA. *Special Publication of the American Museum of Natural History, supplement 1* (1964).
- GOSSELET, J., 1877. Quelques documents pour l'étude des Schistes de Famenne. *Annales de la Société géologique du Nord*, 4: 303-320.
- GOSSELET, J., 1888. L'Ardenne. *Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France, Ministère de Travaux Publics, Paris*, 881 pp.
- GROOS-UFFENORDE, H. & SCHINDLER, E., 1990. The effect of global events on entomozocean Ostracoda in WHATLEY, R. & MAYBURY, C. (eds.): Ostracoda and Global Events. *British Micropalaeontological Society Publication Series*, Chapman and Hall: 101-112.
- KAMMER, T., BRETT, C., BOARDMAN, D. & MAPES, R., 1986. Ecologic stability of the dysaerobic biofacies during the Late Paleozoic. *Lethaia*, 19: 109-121.
- KORNICKER, L., 1975. Antarctic Ostracoda (Myodocopina). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 163, 720 pp.
- LETHIERS, F., 1974. Ostracodes du passage Frasnien-Famennien de Senzeilles (Ardenne). *Palaeontographica*, 147 (1-3):39-69.
- LETHIERS, F., 1976. Répartition des Ostracodes du Famennien inférieur en Ardenne occidentale. *Revista Española de Micropaleontología*, 8 (2): 245-253.
- LETHIERS, F. & FEIST, R., 1991a. La crise des ostracodes benthiques au passage Frasnien-Famennien de Coumiac (Montagne Noire, France méridionale). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 312 (2): 1057-1063.
- LETHIERS, F. & FEIST, R., 1991b. Ostracodes, stratigraphie et bathymétrie du passage Dévonien-Carbonifère au Viséen inférieur en Montagne Noire (France). *Geobios*, 24 (1): 71-104.
- MARTIN, F., 1984. Acritarches du Frasnien Supérieur et du Famennien Inférieur du bord méridional du Bassin de Dinant (Ardenne belge). *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*, 55, *Sciences de la Terre*, (7), 57 pp.
- MATERN, H., 1929. Die Ostracoden des Oberdevons. I Teil: Aparchitidae, Primitiidae, Zygobolbidae, Beyrichiidae, Kloedenellidae, Entomidae. *Abhandlungen der Preussischen Geologischen Landesanstalt*, N.F., 118, 100 pp.
- PAECKELMANN, W., 1913. Das Oberdevon des Bergischen Landes. *Abhandlungen der Preussischen Geologischen Landesanstalt*, NF, 70, 356 pp.
- POLENOVA, E., 1953. Ostracodes des sédiments dévoniens du champ dévonien central et de la moyenne Volga. *VNIGRI*, 68, 185 pp. (en russe).
- POLENOVA, E., 1955. Ostracodes du Dévonien de la région Volga-Oural in Foraminifera, Radiolaria et Ostracoda du Dévonien de la région Volga-Oural. *VNIGRI*, 87: 191-317 (en russe).
- RACHEBOEUF, P., 1976. Chonetacea (Brachiopodes) du Dévonien inférieur du Bassin de Laval (Massif Armoricain). *Palaeontographica*, A, 152, 89 pp.
- ROEMER, F., 1850. Beiträge zur geologischen Kenntnis des

- nordwestlichen Harzegebirges. *Palaeontographica*, 3 (1), 67 pp.
- ROWELL, A., 1965. Inarticulata. in MOORE, R. (ed.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H: Brachiopoda, 1: H260-H296.
- SANDBERG, C., ZIEGLER, W., DREESEN, R. & BUTLER, J., 1988. Late Frasnian mass extinction: Conodont event stratigraphy, global changes, and possible cause. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 102: 267-297.
- SARTENAER, P., 1954. Deux *Camarotoechia* de la base de l'assise de Senzeille (Famennien Inférieur). Volume jubilaire V. VAN STRAELEN, 1: 195-214.
- SARTENAER, P., 1960. Visage 1960 de la "tranchée de Senzeilles" (partie famennienne). *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 68, 1960: 430-442.
- SARTENAER, P., 1970. Le contact Frasnien-Famennien dans la région de Houyet-Han-sur-Lesse. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 92, 1969, (3): 345-357.
- SARTENAER, P., 1974. Que sont les schistes de Matagne? *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 50 (4), 43 pp.
- SCHMIDT, H., 1935. Die bionische Einteilung der fossilen Meeresböden. *Fortschritte der Geologie und Paläontologie*, 12: 1-154.
- STEWART, G. & HENDRIX, W., 1945. Ostracoda of the Plum Brook Shale, Erie County, Ohio. *Journal of Paleontology*, 19 (2): 87-95.
- THOMPSON, J., MULLINS, H., NEWTON, C, VERCOUTERE, T., 1985. Alternative biofacies model for dysaerobic communities. *Lethaia*, 18: 167-179.
- VOLK, M., 1939. Das Oberdevon am Schwarzburger Sattel zwischen Südrandspalte und Kamm des Thüringer Waldes. *Sitzungsberichte Phys.-med. Sozietät zu Erlangen*, 70, 1938: 147-278.
- WALDSCHMIDT, E., 1885. Über die devonischen Schichten der Gegend von Wildungen. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 37: 906-927.
- WILKINSON, I. & RILEY, N., 1990. Namurian entomozocean Ostracoda and eustatic events in WHATLEY, R. & MAYBURY, C. (eds.): Ostracoda and Global Events. *British Micropalaeontological Society Publication Series, Chapman and Hall*: 161-172.
- ZBIKOWSKA, B., 1989. Upper Devonian - Lower Carboniferous entomozocean Ostracoda of Pomerania (N.W. Poland). Programme and abstracts of the European Ostracodologists' Meeting, Frankfurt-am- Main, 2-8 August.

Jean-Georges CASIER
 Département de Paléontologie
 Section de Micropaléontologie -
 Paléobotanique
 Institut royal des Sciences
 naturelles de Belgique
 Rue Vautier, 29
 B-1040 Bruxelles
 BELGIQUE

Manuscrit remis le 31.7.1991
 Manuscrit corrigé reçu le 25.1.1992

