

# Ostracods Late Devonian mass extinction: the Schmidt quarry parastratotype (Kellerwald, Germany)

## *L'extinction en masse des Ostracodes du Dévonien supérieur : le parastratotype de la carrière Schmidt (Kellerwald, Allemagne)*

Jean-Georges CASIER<sup>1</sup> and Francis LETHIERS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de paléontologie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 29, rue Vautier, 1000 Bruxelles, Belgique

<sup>2</sup> Laboratoire de micropaléontologie, département de géologie sédimentaire, Université Paris 6, T25-15, 4E, case 104-4, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France

### ABSTRACT

Sixty-eight ostracod species have been recognized (the benthonic one for the first time) close to the Frasnian/Famennian boundary in the Schmidt quarry parastratotype. In the Late Frasnian, ostracods belong to an assemblage of the Eifelian ecotype and to the Myodocopid ecotype. In the base of the Famennian, they belong exclusively to the Eifelian ecotype.

The oxygen content of the bottom waters during the deposition of the Upper Kellwasser horizon was highly unstable whereas this horizon was known to be anoxic. The Late Devonian mass extinction, probably the second in order of magnitude during the Phanerozoic, took place in the last 5 cm of the Upper Kellwasser horizon. Twelve ostracod species recognized in the Schmidt quarry survived this event.

**Keywords:** Ostracods, Frasnian/Famennian boundary, Kellerwald, Germany, Extinction

### RÉSUMÉ

Soixante-huit espèces d'Ostracodes sont reconnues (les espèces benthiques pour la première fois) de part et d'autre de la limite Frasnien/Famennien dans le parastratotype de la carrière Schmidt. Le sommet du Frasnien contient des Ostracodes appartenant à un assemblage de l'écotype de l'Eifel et à l'écotype à Myodocopida, alors que, dans la base du Famennien, les Ostracodes appartiennent exclusivement à l'écotype de l'Eifel.

La teneur en oxygène dissous des eaux du fond a fortement varié au cours du dépôt du Kellwasser supérieur dans la carrière Schmidt, alors que ce niveau est généralement réputé pour son anoxie. L'extinction en masse du Dévonien supérieur, probablement la seconde par ordre d'importance au cours du Phanérozoïque, a lieu dans les derniers 5 cm de l'horizon Kellwasser supérieur. Douze espèces d'Ostracodes reconnues dans la carrière Schmidt survivent à cet événement.

**Mots clés :** Ostracodes, Limite Frasnien/Famennien, Kellerwald, Allemagne, Extinction

### Version abrégée (voir p. 77)

## 1. Introduction

The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the Frasnian/Famennian boundary was chosen by the Sub-commission of Devonian Stratigraphy (SDS), in the upper

quarry of Coumiac, in the Montagne Noire, Southern France. The decision was ratified in 1993 by the International Commission of Stratigraphy (ICS) and by the International Union of Geological Sciences (IUGS) (Klapper et al., 1994).

---

Note présentée par Jean Dercourt.

Note remise le 8 septembre 1997, acceptée le 30 septembre 1997.

E-mail: casier.pal@kbinirsnb.be.

The Schmidt quarry in the Rhenish Slate Mountains, Germany, was an alternative candidate selected by the SDS for the choice of the Frasnian/Famennian boundary GSSP (Ibid.). But, unexpectedly for such a candidate, the study of ostracods present in the Schmidt quarry have been neglected. Only nine ostracod species were known from the late Frasnian in this section!

These nine ostracod species were reported by Walliser et al. (1989), Schindler (1990) and Groos-Uffenorde and Schindler (1990). They belong exclusively to the Myodocopida and include *Ungerella* sp., *Entomoprimitia* (*E.*) *kayseri* (Waldschmidt, 1885), *Entomoprimitia* (*E.*) *splendens* (Waldschmidt, 1885), *Entomoprimitia sartenaeri* Casier, 1977 [= *Entomoprimitia variostrata* (Clarke, 1884) in Walliser et al. (1989)], *Entomoprimitia* (*E.*) *nitida* (Roemer, 1850), *Richterina* (*R.*) *zimmermanni* (Volk, 1939), *Richterina* (*R.*) sp., *Cypridina* sp., and maybe *Entomoprimitia* (*E.*) *inconstans* Müller-Steffen, 1964.

On the other hand, the study based on ostracods from southern Belgium, southern France, Nevada (USA) and Hunan (China) has provided valuable information about the Late Devonian mass extinction, one of the five greatest during the Phanerozoic (Casier et al., 1996).

For these two reasons, and also because the choice of the Upper Coumiac quarry as GSSP is already under debate (Ziegler and Sandberg, 1996), we have started the study of the ostracod fauna from the Frasnian/Famennian transition in the Schmidt quarry. Numerous benthonic ostracods species unknown until now in this section have been discovered during this study and our first results are presented below.

## 2. The Schmidt quarry

The Schmidt quarry is located 750 m NNE of the village of Braunau (Lat: 9°10'E; Long: 51°6'N) near Bad Wildungen in the Kellerwald, Germany (figure 1). This small abandoned quarry, with the status of a protected geological

reserve, was studied among others by Ziegler (1971), Lottmann et al. (1986), Sandberg et al. (1988), Walliser et al. (1989), Schindler (1990, 1993) and Feist and Schindler (1994). Geochemical studies concerning this outcrop are due to Buggisch (1972) and McGhee et al. (1986).

During the Frasnian/Famennian transition, the Schmidt quarry was located in an area of hemipelagic sedimentation deposited on a submarine rise within a basin (Sandberg et al., 1988). The section is very condensed and exposes a light grey limestone succession interrupted by two horizons of black or dark-grey interstratified shales and limestones (figure 2). These two  $C_{org}$ -rich horizons are called Lower and Upper Kellwasser from the Kellwasser Valley in the Harz Mountains where they were first recognized last century by Roemer (1850). The Lower and Upper Kellwasser horizons are 270 cm apart in the Schmidt quarry.

## 3. Ostracod fauna and surviving species

Thirty-nine samples were collected from the uppermost part of the Early *rhenana* conodont Zone (base of the Lower Kellwasser horizon) to the Middle *triangularis* conodont Zone in the Schmidt quarry (figure 2). Using the hot acetolysis method (Lethiers and Crasquin-Soleau, 1988), 1773 ostracods and fragments of ostracods were extracted from the top of the Frasnian (1490) and from the base of the Famennian (283). Only three samples failed to produce ostracods: DVG25 in the Lower Kellwasser horizon, DVG37 in the base of the Late *rhenana* conodont Zone and DVG66 at the top of the Upper Kellwasser horizon.

Compared to other sections exposing the Frasnian/Famennian transition and especially to the Coumiac GSSP, benthonic ostracods are scarce in the Schmidt quarry. This is also the case for all other groups of invertebrates and it was principally for this reason that the candidature of the Schmidt quarry for GSSP was rejected by the Subcommittee of Devonian Stratigraphy (Klapper et al., 1994).

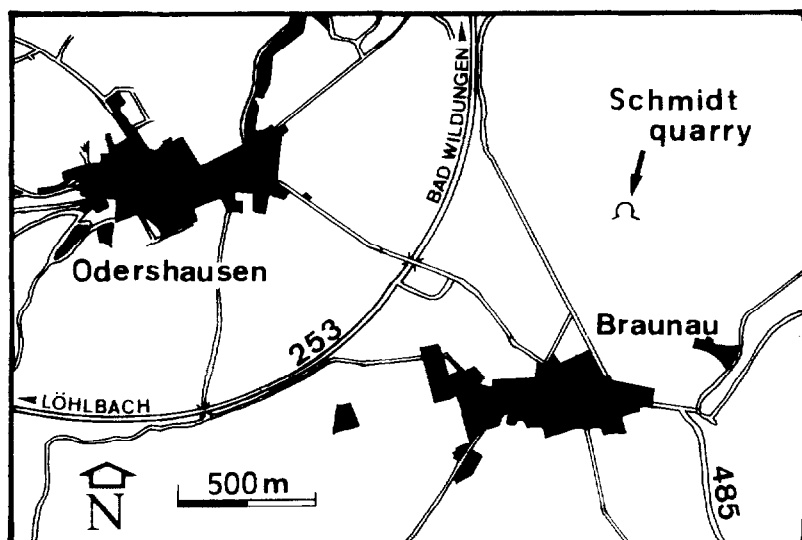


Figure 1. Locality map of the Schmidt Quarry.

Localisation de la carrière Schmidt.

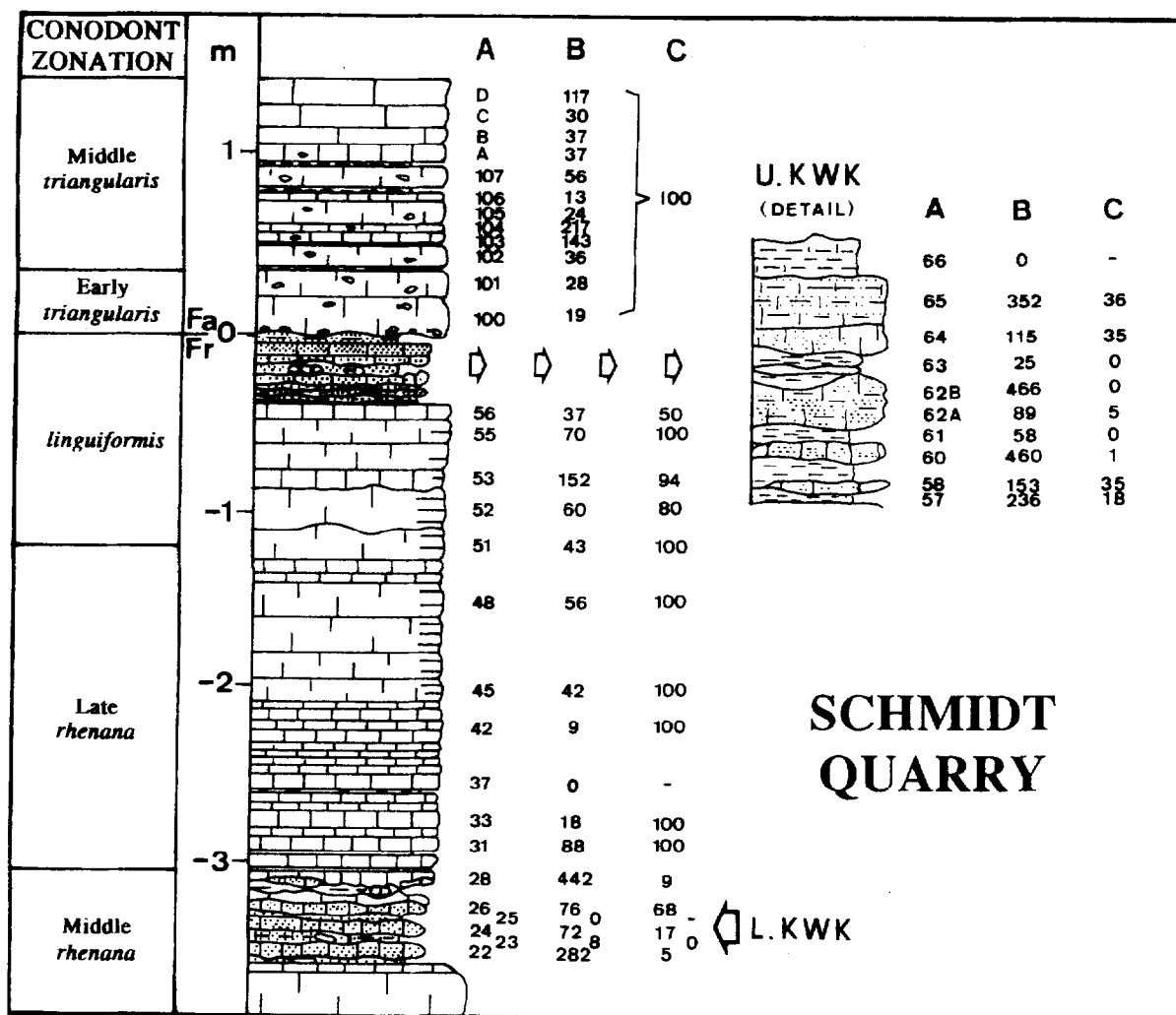


Figure 2. Lithological column of the Late Frasnian and Early Famennian in the Schmidt quarry (Schindler, 1990). Column A: position of ostracod samples; column B: number of ostracods per 100 g of sample; column C: percentage of ostracods belonging to the Eifelian ecotype. L.KWK: lower Kellwasser horizon. U.KWK: upper Kellwasser horizon.

Colonne lithologique du sommet du Frasnien et de la base du Famennien dans la carrière Schmidt (d'après Schindler, 1990). Colonne A : position des échantillons récoltés pour l'étude des Ostracodes ; colonne B : nombre d'Ostracodes pour 100 g d'échantillon ; colonne C : pourcentage d'Ostracodes appartenant à l'écotype de l'Eifel. L.KWK : horizon Kellwasser inférieur ; U.KWK : horizon Kellwasser supérieur.

Sixty-eight ostracod species (tables I and II, figures 3 and 4) were recognized in the Schmidt quarry. Among the 53 species occurring in the Frasnian, seven survived in the Famennian. As five other species present in the Schmidt quarry are known from the Frasnian or the Famennian of other sections in southern Belgium, southern France or Nevada, a total of 12 species survived the Late Devonian mass extinction in the Schmidt quarry.

The rate of extinction across the Frasnian/Famennian boundary in the Schmidt quarry (about 75 %) is similar to the one reported from Coumiac, on the southern margin of the Palaeotethys (Lethiers and Casier, 1996), and from Devils Gate, on the eastern margin of the Eopacificus (Casier and Lethiers, 1998). This confirms that the Late Devonian mass extinction is a global catastrophic event as suggested earlier by McLaren (1970), Sandberg et al.

(1988) and McLaren and Goodfellow (1990). In fact, the Late Devonian mass extinction is probably the second in order of magnitude during the Phanerozoic.

The disappearance of all Frasnian species of Entomozoacea in the upper part of the Upper Kellwasser horizon is particularly spectacular at Steinbruch Schmidt but was already suspected by Groos-Uffendorde and Schindler (1990).

#### 4. Paleoecologic assemblages

Ostracods close to the Frasnian/Famennian boundary in the Schmidt quarry belong to the Eifelian ecotype of Becker (Bandel and Becker, 1975) and to the Myodocopid

**Table I. Late Frasnian ostracods from the Schmidt quarry. In bold: ostracod species surviving the FF event in the Schmidt quarry or in other sections.**

Ostracodes de la partie supérieure du Frasnien de la carrière Schmidt. En gras : espèces survivantes à l'événement F/F dans la carrière Schmidt ou dans d'autres coupes géologiques.

*Ampuloides* sp. B; *Healdianella* sp. indet.; *Richterina* (V.) *zimmermanni* (VOLK, 1939); *Entomoprimitia* (E.) *sartenaeri* CASIER, 1977; *Bairdiacypris*? sp. indet.; Cypridinacea? indet.; *Entomozoe* (N.) *tenera* (GÜRICH, 1896); *Ungerella* nov. sp. A, aff. *sigmoidale* (MÜLLER-STEFFEN, 1964); ***Famenella postkairovaensis* LETHIERS & CASIER, 1996; *Bairdiacypris*? sp. B LETHIERS & CASIER, 1996; Kloedenellidae sp. indet.; *Bairdia* sp. indet.; ***Micronewsomites natus* (ROZHDESTVENSKAJA, 1972); *Bairdia* (B.) cf. *finifracta* BLUMENSTENGEL, 1970; *Bairdia* (B.) *trigona* BLUMENSTENGEL, 1965; *Acratia* cf. *supina* POLENOVA, 1953; ***Amphissites imbecillus* LETHIERS & CASIER, 1996; *Bairdiacypris* sp. A sensu LETHIERS & CASIER, 1996; *Bairdia* (O.) nov. sp. C, aff. *philippovae* EGOROV, 1953; Podocopida indet.; *Polenovia pseudomagna* (STEWART & HENDRIX, 1945); *Acratia* gr. *rostratiformis* SCHEVTSOV, 1964; *Coelonella*? sp. indet.; *Praepilatina*? sp. indet.; *Healdianella* sp. A; ***Bairdia* nov. sp. A, aff. *galinaeformis* LETHIERS, 1981; *Acratia* cf. *tichonovitchi* EGOROV, 1953; *Bairdia* nov. sp. B, aff. *subeleziana* POLENOVA, 1953; *Acratia* nov. sp. B, aff. *paraschelonica* LETHIERS, 1974, sensu CASIER & LETHIERS, 1998; Pachydomellidae indet.; *Acratia* n. sp. A?; *Healdianella* cf. *alba* LETHIERS, 1981; ***Famenella* cf. *bisangulata* LETHIERS, 1981; *Ampuloides* n. sp. A, aff. *parvus* BLUMENSTENGEL, 1971, sensu LETHIERS & CASIER, 1996; *Bairdiacypris* cf. *irregularis* (POLENOVA, 1953); *Decoranewsomites multicavus* (ROZHDESTVENSKAJA, 1972); ***Bairdia* sp. C, aff. *proximischimensis* CASIER & LETHIERS, 1998; *Entomoprimitia* (E.) *nitida* (ROEMER, 1850); *Schneideria*? *groosae* BECKER, 1971; *Bairdia* (R.) cf. *phillipovae* EGOROV, 1953 sensu CASIER & LETHIERS, 1997; *Samarella* sp. indet.; *Bairdia* cf. *referta* ROZHDESTVENSKAJA, 1972; *Ungerella* cf. *calcarata* (RICHTER, 1856); *Entomoprimitia* (E.) *splendens* (WALDSCHMIDT, 1885); *Entomoprimitia* (E.) *inconstans* MÜLLER-STEFFEN, 1964; *Entomozoe* (N.) cf. *tenera* (GÜRICH, 1896); *Bairdia eifliensis* KUMMEROW, 1953, sensu BLUMENSTENGEL, 1970; ***Bairdia* cf. *fabaeformis* POLENOVA, 1953, sensu LETHIERS & CASIER, 1996; *Bairdiacypris anteroangulosa* CASIER & LETHIERS, 1997; *Entomoprimitia* (E.) *kayseri* (WALDSCHMIDT, 1885); Pribylitidae? sp. indet.; *Bairdiacypris* n. sp. A; *Bairdiacypris*? sp. indet.; *Bairdiohealdites* sp. A, aff. *gregalis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972; *Knoxia*? cf. *rauseri* (TSCHIGOVA, 1977); *Knoxia* cf. *domanica* ROZHDESTVENSKAJA, 1972; Aparchitidae sp. indet.; *Frolovia* sp. A, aff. *sohni* SHISHKINSKAIA, 1964; Entomozoacea sp. indet.**************

**Table II. Early Famennian ostracods from the Schmidt quarry. In bold: ostracod species surviving the FF event in the Schmidt quarry or in other sections.**

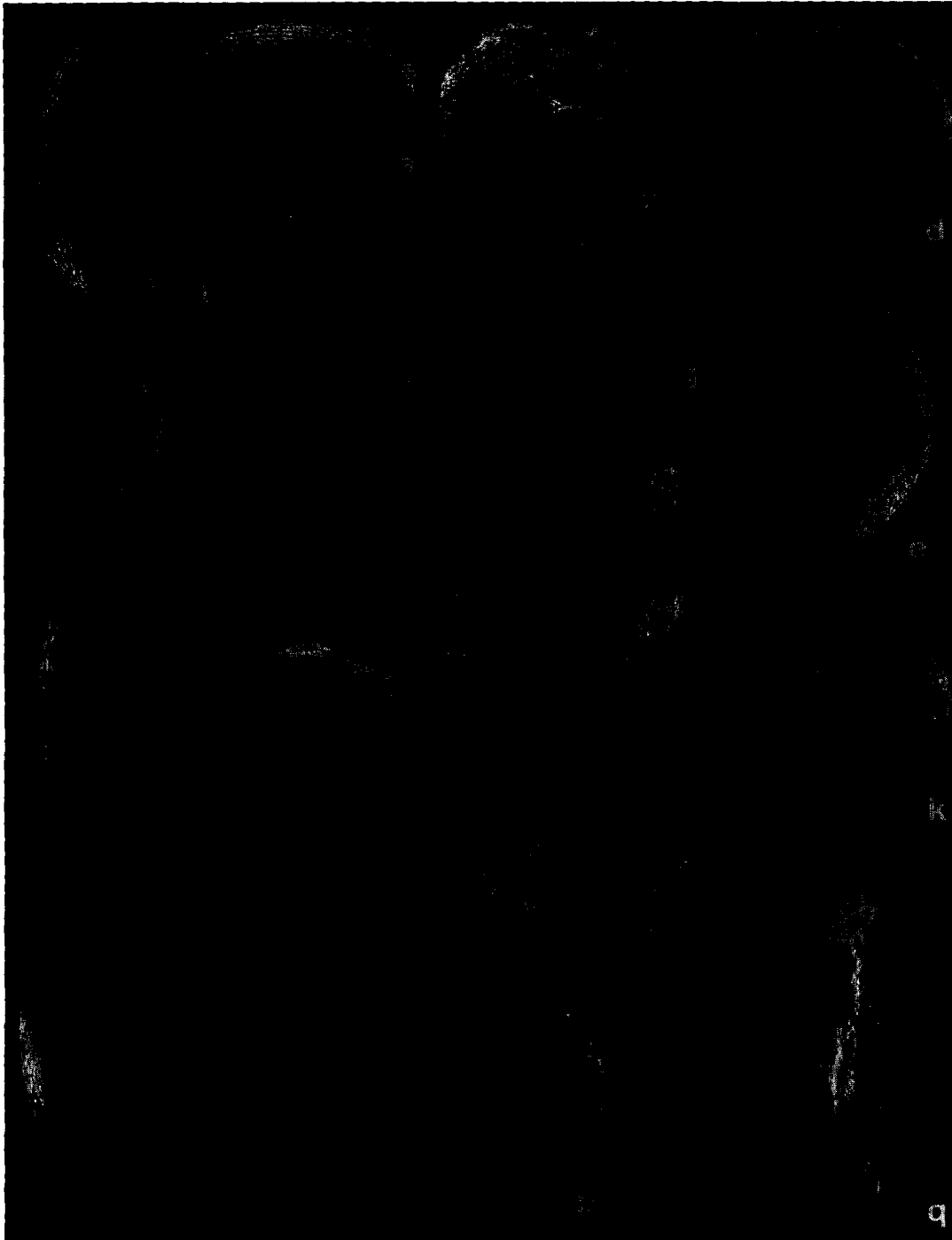
Ostracodes de la partie inférieure du Famennien de la carrière Schmidt. En gras : espèces survivantes à l'événement F/F dans la carrière Schmidt ou dans d'autres coupes géologiques.

***Famenella postkairovaensis* LETHIERS & CASIER, 1996; *Bairdia* sp. indet.; *Micronewsomites natus* (ROZHDESTVENSKAJA, 1972); ***Amphissites imbecillus* LETHIERS & CASIER, 1996; *Bairdia* nov. sp. A, aff. *galinaeformis* LETHIERS, 1981; *Acratia* cf. *tichonovitchi* EGOROV, 1953; *Acratia* n. sp. A; *Bairdia* sp. C, aff. *proximischimensis* CASIER & LETHIERS, 1998; *Bairdia* cf. *fabaeformis* POLENOVA, 1953, sensu LETHIERS & CASIER, 1996; *Cytherellina* sp. indet.; *Ampuloides* sp. indet.; *Acratia* cf. *gassanovea* EGOROV, 1953; *Micronewsomites* sp. indet. I; *Praeithoceratina* sp. indet.; *Acratia* n. sp. B; *Aparchites*? sp. indet.; *Famenella* n. sp. A, aff. *perspiqua* ROZHDESTVENSKAJA, 1972; *Acratia* sp. D, aff. *rostrata* ZANINA, 1956, sensu BECKER & BLESS, 1974, pp; *Aparchites* sp. A; *Aparchites* sp. B; *Bairdiacypris* aff. *rudolphi* (KUMMEROW, 1939) sensu BECKER & BLESS, 1974, pp; *Acratia* cf. sp. E LETHIERS, 1981; *Micronewsomites* sp. indet. II; *Coelonella* sp. indet.****

ecotype. Ostracods belonging to the Eifelian ecotype are generally characterized by thick-shelled well calcified carapaces, whereas ostracods belonging to the Mydocopid ecotype are generally characterized by a finger-print ornamentation.

1. The Eifelian ecotype characterizes lagoonal to shallow marine environments (nearshore to offshore) in the

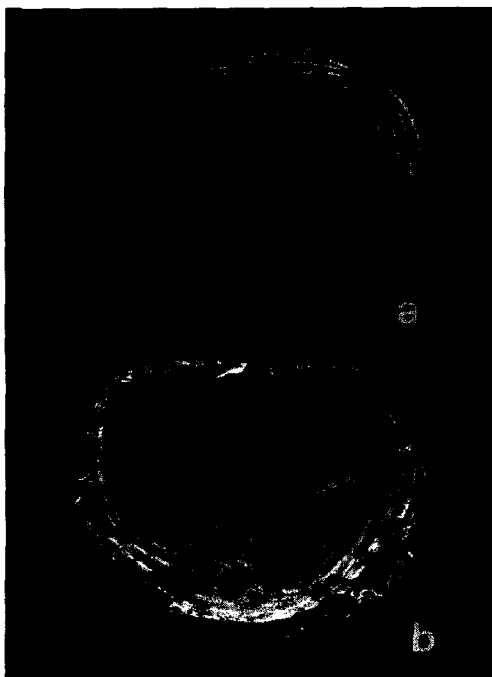
Paleotethys. In the Schmidt quarry, ostracods belonging to this ecotype are generally small (the majority are found in the 100–250 µm sieving fraction!), and they are dominated by Podocopids. These deposit-feeder ostracods are indicative of well oxygenated water conditions. Hundred per cent of the ostracod fauna in the Famennian part of the section and quasi 100% of the ostracod fauna in the light



**Figure 3.** Ostracods belonging to the Myodocopid ecotype. IRScNB n° = coll. number of the Dep. Pal., Belg. Roy. Inst. Nat. Sci. A, C, D, F, G, I, K, M, O, P = lateral views; B, E, H, J, L, N, Q = dorsal views.

*Ostracodes appartenant à l'écotype à Myodocopida. IRScNB n° = numéro de collection du Dép. Pal. Inst. roy. Sci. nat. Belgique. A, C, D, F, G, I, K, M, O, P = vues latérales ; B, E, H, J, L, N, Q = vues dorsales.*

A: *Richterina (Volkina) zimmermanni* (Volk, 1939) var. *fine*; 62b; IRScNB n° b3391; L = 532 µm. B: *Idem*; 62a; IRScNB n° b3392; L = 622 µm. C: *Entomoprimitia (Entomoprimitia) sartenaeri* (Casier, 1977); 57; IRScNB n° b3393; L = 696 µm. D, E: *Entomoprimitia (Entomoprimitia) splendens* (Waldschmidt, 1885); 57; IRScNB n° b3394; L = 1 228 µm. F: *Polenovia pseudomagna* (Stewart and Hendrix, 1945); 62a; IRScNB n° b3395; L = 459 µm. G, H: *Entomoprimitia (Entomoprimitia) kayseri* (Waldschmidt, 1885); 60; IRScNB n° b3396; L = 488 µm. I, J: *Entomozoe (Nehdentomis) cf. tenera* (Gürich, 1896); 58; IRScNB n° b3397; L = 903 µm. K, L: *Entomoprimitia (Entomoprimitia) nitida* (Roemer, 1850); 60; IRScNB n° b3398; L = 947 µm. M, N: *Entomoprimitia (Entomoprimitia) inconstans* Müller-Steffen, 1964; 60; IRScNB n° b3399; L = 1 302 µm. O: *Ungerella nov. sp. A, aff. sigmoidale* (Müller-Steffen, 1964); 62a; IRScNB n° b3400; L = 651 µm. P, Q: *Entomozoe (Nehdentomis) tenera* (Gürich, 1896); 57; IRScNB n° b3401; L = 1 214 µm.



**Figure 4.** *Entomoprimitia (Entomoprimitia) kayseri* (Waldschmidt, 1885); 60, IRScNB n° b3402; L = 962  $\mu\text{m}$ . External (A) and internal (B) views of an exceptionally well preserved valve. This heavy calcified and thick shelled (thickness = 44  $\mu\text{m}$ ) valve shows the ornamentation on both sides.

© 1998 IAGLR

Vue externe (A) et interne (B) d'une valve exceptionnellement bien conservée. Elle est épaisse (ép. = 44  $\mu\text{m}$ ), fortement calcifiée et montre l'ornementation sur ses deux faces.

grey Frasnian limestone succession between the two Kellwasser horizons belong to this assemblage of the Eifelian ecotype. In the Upper Kellwasser horizon, six samples out of ten contain ostracods of this ecotype.

2. The Myodocopid ecotype (= Entomozoacea ecotype of Becker, *ibid.*) is characterized by larger ostracods belonging to the Entomozoacea and the Cypridinacea (figures 3 and 4). The mode of life of these ostracods, nekto-planktonic or nekto-benthonic, is controverted (Groos-Uffendorde and Schindler, 1990; Casier, 1987, 1992; Lethiers and Casier, 1995) but there is an agreement to estimate that when they are present alone, they are indicative of poorly oxygenated water conditions. These ostracods are very abundant in the two Kellwasser horizons and all the ostracods from samples StSch 23, 61, 62b and 63 belong to the Myodocopid ecotype. In the light grey limestone succession between the two Kellwasser horizons, they are abundant in the sample StSch56, exactly below the Upper Kellwasser horizon, and they are represented by rare specimens in samples StSch 52 and 53.

## 5. Oxygenation and eustatic variation

For Buggisch (1972), Groos-Uffendorde and Schindler (1990) and others, the Upper Kellwasser horizon was deposited during a period of basin stagnation and anoxic bottom conditions proved by the absence of benthic life. Our study demonstrates on the contrary that the oxygen content of the bottom waters during the deposition of the Upper Kellwasser horizon was very variable. Sometimes the bottom waters were sufficiently oxygenated and ostracods of the Eifelian and Myodocopid ecotypes occur together (samples StSch57, 58, 64, 65), sometimes the bottom waters were deficient in oxygen and the Myodocopid ecotype is alone represented (samples StSch61, 62b and 63) but only in the top of the Upper Kellwasser horizon (sample Stch66) were the bottom waters anoxic and ostracods were not able to survive. The most remarkable change for conodonts also occurs in these 5 cm-thick dark carbonaceous shales (Sandberg et al., 1988). So, there is no doubt that this last bed corresponds to the acme of the Late Devonian mass extinction.

The ostracod assemblage belonging to the Eifelian ecotype present in the Upper Kellwasser horizon is similar to the one reported from the underlying light grey limestone succession. Thus no important modification of the sea level occurred at this transition. The study of the Coumiac GSSP in the Montagne Noire, had already demonstrated that eustatic fluctuations are slightly reflected in hemipelagic facies (Lethiers and Feist, 1991); on the contrary, several Belgian sections where the study of ostracods has proved the existence of a drastic sea level fall close to the Frasnian/Famennian boundary (Casier and Devleeschouwer, 1995; Casier et al., 1997).

The recovery by ostracods in the Schmidt quarry probably began owing to species sheltered in very shallow environments as it is supposed for the Coumiac GSSP in the Montagne Noire (Lethiers and Casier, 1996) and for the Devils Gate Pass section, Nevada (Casier and Lethiers, 1998).

## 6. Conclusions

Numerous benthonic ostracod species have been discovered in the Schmidt quarry and the rate of extinction close to the Frasnian/Famennian boundary in this section (about 75%) is high and similar to the rate observed in other sections worldwide. This confirms that the Late Devonian mass extinction is a global catastrophic event in lower latitudes.

The study of ostracods from the Schmidt quarry proves that the oxygenation was extremely variable during the deposition of the Upper Kellwasserkalk. The last 5 cm of this horizon alone were deposited under anoxic conditions. The anoxia is the essential factor of extinction in this hemipelagic environment.

## VERSION ABRÉGÉE

**1. Introduction**

La coupe de la carrière Schmidt, près de Bad Wildungen, dans le Kellerwald, en Allemagne (figure 1), est considérée comme l'une des meilleures coupes de référence pour la limite des étages Frasnien et Famennien (Klapper et al., 1994). La sédimentation, très condensée et de type hémipélagique, s'y présente sous forme d'une succession de calcaires grisâtres, interrompue par deux horizons de calcaires et shales gris foncé ou noirs. Ces deux horizons, plus riches en matière organique et distants de 270 cm, sont communément appelés Kellwasser inférieur et supérieur (figure 2).

**2. Les Ostracodes et leur survie**

Trente-six échantillons ont été récoltés depuis la partie supérieure de la Zone inférieure à *rhenana* (base du Kellwasser inférieur) jusqu'à la Zone moyenne à *triangularis* des Conodontes (figure 2) et 1 773 carapaces, valves et fragments d'Ostracodes ont été extraits, 1 490 dans le sommet du Frasnien et 283 dans la base du Famennien.

Soixante-huit espèces d'Ostracodes (tableau I et II, figures 3 et 4) sont reconnues dans la carrière Schmidt. Cinquante-trois sont présentes dans le Frasnien et sept survivent dans le Famennien. Comme cinq autres espèces présentes dans la carrière Schmidt sont connues du Frasnien ou du Famennien dans d'autres coupes étudiées en Belgique, dans le sud de la France ou au Nevada, 12 espèces survivantes au total sont donc recensées dans la coupe de la carrière Schmidt.

Le pourcentage d'extinction au niveau de la limite Frasnien/Famennien dans la carrière Schmidt (environ 75 %) est donc voisin de celui observé à Coumiac, sur la marge méridionale de la Paléotéthys (Lethiers et Casier, 1996), et à Devils Gate, sur la marge orientale de l'Eopacifique (Casier et Lethiers, 1998). Ces résultats suggèrent que l'extinction en masse du Dévonien supérieur est bien un événement catastrophique global, comme l'avaient supposé McLaren (1970), Sandberg et al. (1988) et Mc Laren et Goodfellow (1990). En fait, l'extinction du Dévonien pourrait être la seconde par ordre d'importance au cours du Phanérozoïque.

**3. Les associations d'Ostracodes**

Les Ostracodes de la carrière Schmidt appartiennent à deux écotypes :

– l'écotype de l'Eifel *sensu* Becker (*in* Bandel et Becker, 1975), caractérisé par une association d'Ostracodes benthiques à carapace épaisse, où la dominance de petits Podocopida témoigne d'une bonne oxygénation générale du fond ; il est

présent presque dans tous les niveaux, de part et d'autre de la limite entre les étages Frasnien et Famennien (figure 2) ;

– l'écotype à Myodocopida (= écotype à Entomozoacea de Becker, *ibid.*), caractérisé par des Ostracodes necto-planctoniques ou necto-benthiques appartenant aux Entomozoacea et aux Cypridinacea, et qui se rencontre presque exclusivement dans les deux horizons Kellwasser du Frasnien (figures 3 et 4).

**4. L'oxygénation et l'eustatisme**

Pour Buggisch (1972), Groos-Uffendorfer et Schindler (1994) et de nombreux autres chercheurs, l'horizon Kellwasser supérieur s'est déposé au cours d'une stagnation des eaux marines, responsable de conditions anoxiques, comme l'attesterait l'absence de benthos. Notre étude montre, au contraire, que les conditions d'oxygénation du fond pendant le dépôt de l'horizon Kellwasser supérieur étaient très variables : par moments, des eaux du fond, suffisamment oxygénées, permettaient la coexistence d'Ostracodes appartenant aux écotypes de l'Eifel et à Myodocopida (échantillons StS57, 58, 64, 65) ; par moment, ces conditions d'oxygénation devenaient très faibles et seuls les Ostracodes de l'écotype à Myodocopida subsistaient (échantillons StSch61, 62b et 63). En fait, seuls les cinq derniers centimètres de l'horizon Kellwasser supérieur sont anoxiques, car aucun Ostracode ne survit dans ce milieu. Le changement le plus spectaculaire chez les Conodontes (Sandberg et al., 1988) prend également place dans ce niveau, où se situe donc la phase paroxysmale de l'extinction en masse du Dévonien supérieur.

L'assemblage d'Ostracodes, appartenant à l'écotype de l'Eifel, présent dans l'horizon Kellwasser supérieur, est similaire à celui observé dans les calcaires gris clair sous-jacents. Il n'y a donc pas de modification significative du niveau marin à ce passage. Contrairement à ce que l'on observe dans les milieux moins profonds de la région type des étages Frasnien et Famennien, où l'étude des Ostracodes a permis de mettre en évidence une forte régression culminant au niveau de la limite de ces étages (Casier et Devleeschouwer, 1995), l'étude des Ostracodes du stratotype de la limite à Coumiac, en Montagne Noire (France), avait déjà permis de démontrer que les modifications eustatiques sont peu répercutées dans les faciès hémipélagiques (Lethiers et Feist, 1991).

Le renouvellement faunique des Ostracodes dans la carrière Schmidt commence probablement à partir d'espèces réfugiées en milieu peu profond, comme c'est vraisemblablement le cas à Coumiac, en Montagne noire (Lethiers et Casier, 1996), et dans la coupe de Devils Gate, au Nevada (Casier et Lethiers, 1998).

## REFERENCES

Bandel K. and Becker G. 1975. Ostracoden aus paläozoischen pelagischen Kalken der Karnischen Alpen (Silurium bis Unterkarbon). *Senckenbergiana leth.*, 56, 1, 18–3

Buggisch W. 1972. Zur Geologie und Geochemie der Kell-

wasserkalke und ihrer begleitenden Sedimente (Unteres Oberdevon). *Abh. Hessischen Landest. Bodenforsch.*, 62, 1–68

Casier J.-G. 1987. Étude biostratigraphique et paléocéologique des Ostracodes du récif de marbre rouge du Hautmont à Vodelée (partie supérieure du Frasnien, Bassin de Dinant, Belgique). *Rev. Paléobiologie*, 6, 2, 193–204

- Casier J.-G. 1992. Description et étude des Ostracodes de deux tranchées traversant la limite historique Frasnien-Famennien dans la localité-type, *Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belgique, Sci. de la Terre*, 62, 109–119
- Casier J.-G. and Devleeschouwer X. 1995. Arguments (Ostracodes) pour une régression culminant à proximité de la limite Frasnien - Famennien, à Sinsin. (Bord sud du Bassin de Dinant, Belgique), *Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belgique, Sci. de la Terre*, 65, 51–68
- Casier J.-G. and Lethiers F. 1998. Les Ostracodes survivants à l'extinction du Dévonien Supérieur dans la coupe du col de Devils Gate au Nevada, U.S.A., *Geobios* (sous presse)
- Casier J.-G., Lethiers F. and Claeys P. 1996. Ostracod evidence for an abrupt mass extinction at the Frasnian/Famennian boundary (Devils Gate, Nevada, USA), *C. R. Acad. Sci., Paris*, 322, Series IIA, 415–422
- Casier J.-G., Lethiers F. and Hou H.F. 1997. Ostracods from the Frasnian/Famennian transition beds in the Lijiang section (Hunan, Southern China), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 325, série IIA, 433–438
- Feist R. and Schindler E. 1994. Trilobites during the Frasnian Kellwasser Crisis in European Late Devonian cephalopod limestones, *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 169, 195–223
- Groos-Uffenorde H. and Schindler E. 1990. The effect of global events on entomozocean Ostracoda, in: Whatley R. and Maybury C. (eds), *Ostracoda and Global Events, British Micropal. Soc. Publ. Ser.*, Chapman and Hall, 101–112
- Klapper G., Feist R., Becker R. and House M. 1994. Definition of the Frasnian/Famennian stage boundary, *Episodes*, 16, 4, 433–441
- Lethiers F. and Crasquin-Soleau S. 1988. Comment extraire les microfossiles à tests calcitiques des roches calcaires dures, *Rev. Micropal.*, 31, 1, 56–61
- Lethiers F. and Feist R. 1991. La crise des ostracodes benthiques au passage Frasnien-Famennien de Coumiac (Montagne Noire, France méridionale), *C. R. Acad. Sc. Paris*, 312, Series II, 1057–1063
- Lethiers F. and Casier J.-G. 1995. Les Ostracodes du Frasnien terminal (« Kellwasser » supérieur) de Coumiac (Montagne Noire, France), *Rev. Micropal.*, 38, 1, 63–77
- Lethiers F. and Casier J.-G. 1996. Les Ostracodes survivants à l'événement F/F dans le limitotype de Coumiac (Montagne Noire, France), *Ann. Soc. géol. Belgique*, 117 (1994), 1, 137–153
- Lottmann J., Sandberg C., Schindler E., Walliser O. and Ziegler W. 1986. Devonian events at the Ense area (excursion to the Rheinisches Schiefergebirge), *Lecture Notes in Earth Sci.*, 8, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 17–21
- McGhee G., Orth C., Quintana L., Gilmore J. and Olsen E. 1986. Late Devonian 'Kellwasser Event' mass extinction horizon in Germany: no geochemical evidence for a large-body impact, *Geology*, 14, 776–779
- McLaren D. 1970. Time, life and boundaries, *J. of Pal.*, 44, 801–815
- McLaren D. and Goodfellow W. 1990. Geological and biological consequences of giant impact, *Annual. Rev. Earth Planet. Sci.*, 18, 123–171
- Roemer F. 1850. Beiträge zur Kenntnis des nordwestlichen Harzegebirges, *Palaeontographica*, 3, 67 p.
- Sandberg C., Ziegler W., Dreesen R. and Butler J. 1988. Late Frasnian mass extinction: conodont event stratigraphy, global changes, and possible cause, *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 102, 267–297
- Schindler E. 1990. Die Kellwasser-Krise (hohe Frasn-Stufe, Ober-Devon), *Göttinger Arb. Geol. Paläontol.*, 46, 115 p.
- Schindler E. 1993. Event-stratigraphic markers within the Kellwasser crisis near the Frasnian/Famennian boundary (Upper Devonian) in Germany, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 104, 115–125
- Walliser O., Groos-Uffenorde H., Schindler E. and Ziegler W. 1989. On the Upper Kellwasser Horizon (Boundary Frasnian/Famennian), *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 110, 247–256
- Ziegler W. 1971. A field trip guidebook; post-symposium excursion, Sept. 15–18, 1971 to Rhenish Slate Mountains and Harz Mountains: Marburg, Philipps University, Symposium on Conodont Taxonomy, 47 p.
- Ziegler W. and Sandberg C. 1996. Reflexions on Frasnian and Famennian Stage boundary decisions as a guide to future deliberations, *Newsl. Stratigr.*, 33, 3, 157–180