

GÉOCHIMIE ISOTOPIQUE DU SOUFRE DU GISEMENT DE BARITE DE FLEURUS (BELGIQUE)

Léon DEJONGHE¹ & Yves FUCHS²

(3 figures, 1 tableau)

1. Service géologique de Belgique, 13 rue Jenner, B-1000 Bruxelles et Université libre de Bruxelles, 50 avenue F.D. Roosevelt, B-1050 Bruxelles, Belgique.
Leon.Dejonghe@sciencesnaturelles.be
2. Université Pierre & Marie Curie, laboratoire de minéralogie expérimentale et appliquée (MIMEXA), tour 25, 2ème étage, 4 place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05, France.

ABSTRACT. Sulphur isotope geochemistry of the Fleurus barite deposit (Belgium). The leaching of Givetian and/or Viséan evaporitic rocks by underground waters seems to be the most likely mechanism of sulphur supply in the Fleurus barite deposit. Indeed, such evaporitic rocks are known in deep drillholes at tens of kilometres west of Fleurus. The sulphur isotopic compositions of 5 barite samples from Fleurus vary from + 15,80 to + 22,10 ‰ ± 0,1 ‰ (average + 19,11 ‰) vs CDT. These $\delta^{34}\text{S}$ values however do not allow distinguishing between a Givetian and a Viséan origin for the sulphur. $\delta^{34}\text{S}$ values > +20 ‰ are indeed comparable to those of the Givetian evaporitic rocks while $\delta^{34}\text{S}$ values < 19 ‰ are similar to the Viséan data.

KEYWORDS: Sulphur isotopes, sulphate evaporites, barite, karstic ore deposit, Cretaceous.

RESUME. L'origine la plus probable du soufre du gisement de barite de Fleurus semble bien être les évaporites du Givetien et/ou du Viséen connues en sondages profonds, à quelques dizaines de km à l'ouest de Fleurus. Les compositions isotopiques du soufre de 5 échantillons de barite de Fleurus varient de + 15,80 à + 22,10 ‰ vs CDT (moyenne : + 19,11 ‰). Les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ de Fleurus ne permettent toutefois pas de trancher pour une origine exclusivement givétienne ou viséenne du soufre. En effet, les valeurs supérieures à + 20 ‰ se rapprochent de celles des évaporites givétiennes alors que les valeurs proches ou inférieures à + 19 ‰ s'apparentent à celles des évaporites viséennes.

MOTS-CLES. Isotopes du soufre, évaporites sulfatées, barite, gisement karstique, Crétacé.

1. Contexte géologique

Le gisement de Fleurus est situé au flanc N du Synclinorium de Namur (Figs. 1 & 2). Dans cette région, les formations paléozoïques (dévonien-carbonifères), caractérisées par une direction grossièrement est-ouest et un pendage sud relativement faible, reposent en discordance sur le Silurien du Massif du Brabant. Au sein du Paléozoïque, l'essentiel du Dinantien (Tournaisien + Viséen), ainsi qu'une large partie du Givetien et du Frasnien, sont de nature carbonatée. Le reste du Paléozoïque est de nature détritique. En particulier, le Silésien, largement représenté à l'affleurement, est constitué de conglomérats, de grès éventuellement micacés ou feldspathiques, de silicites (phtanites) et de shales noirs (ampélites), parfois siliceux.

Les dépôts continentaux de faciès wealdien jalonnant la base du Crétacé sont mal connus dans la région de

Fleurus. On ne les rencontre que sporadiquement, dans des paléokarts affectant les calcaires dévonien-carbonifères. Leur importance s'accroît vers l'ouest, en direction du bassin de Mons. D'une façon générale, il s'agit de dépôts très hétérogènes (argiles et sables plus ou moins chargés de lignites et cailloutis, galets, blocs de natures diverses). Ces dépôts ont été empruntés aux formations paléozoïques affleurant au nord, dans le pays brabançon qui alimentait les torrents de l'époque (Marlière, 1954).

Les formations paléozoïques et wealdiennes sont recouvertes par des dépôts tabulaires d'âge paléogène (Landénien, Yprésien, Bruxellien = Lutétien inférieur, Lédien). Ils se composent principalement d'argiles plastiques et de sables glauconifères ou non, avec niveaux ligniteux, gréseux ou conglomératiques. Il s'agit de dépôts à faciès tantôt marins, tantôt continentaux, qui traduisent la proximité de la ligne de rivage.

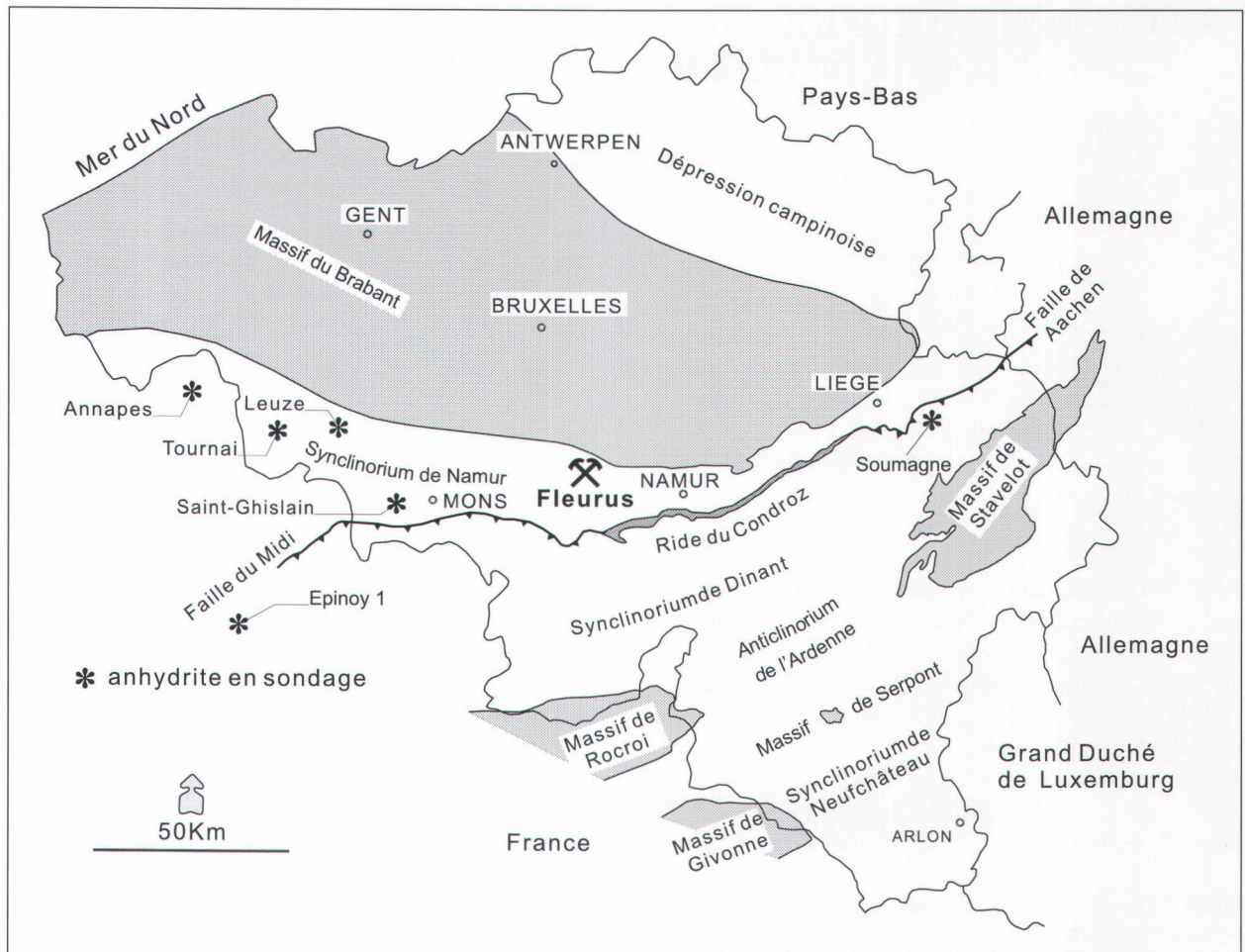


Figure 1. Principales unités tectoniques du Paléozoïque de Belgique et localisation du gisement de Fleurus et des sondages profonds ayant recoupé des formations évaporitiques. En grisé, socle calédonien.

Figure 1. Main Palaeozoic tectonic units of Belgium and location of the Fleurus ore deposit and of the deep drillholes which have intersected evaporitic rocks. Caledonian basement in grey.

Enfin, cailloutis et limons quaternaires coiffent l'ensemble des formations. Dans la région de Fleurus, où les variations topographiques sont faibles, ces dépôts s'étendent sur de vastes superficies. Leur épaisseur peut être localement importante, en liaison avec des sous-tirages karstiques.

2. Description du gisement

Le gisement de Fleurus a été décrit en détail par Dejonghe (1989). Il présente la forme d'une lentille en fond de bateau piégée dans une cavité karstique creusée à la paléosurface du calcaire viséen et dont le fond est colmaté par des sédiments crétacés, continentaux, de faciès wealdiens. Le tout est surmonté en discordance par les conglomérats, argiles et sables du Paléogène (Fig. 2).

Cette lentille a été exploitée au lieu-dit "Berlaimont", en mine souterraine de 1890 à 1927, puis à ciel ouvert de 1979 à 1996, sur environ 350 m de long et 130 m de

large. On y a extrait environ 1.500.000 tonnes de barite. Le minerai est principalement constitué de barite meuble à granulométrie très variable, qui vers l'est, passe progressivement à des sables quartzeux, très grossiers, voire graveleux, dans lesquels s'isolent des lentilles de grès à végétaux. Dans la masse de barite meuble, surtout au centre du gisement, subsistent des corps de barite massive, sans structure particulière, pouvant atteindre plusieurs mètres cubes. Des agrégats de barite lamellaires ou tabulaires et de barite colloforme, rubanée ou bréchiq ue ont aussi été observés. Les sulfures sont totalement absents.

La lentille de barite surmonte un complexe très hétérogène de roches noires d'origine fluvio-lacustre et de faciès wealdien. Il s'agit d'argilites, silicites, sables quartzeux grossiers et galets de natures diverses (grès, quartzites, quartz, calcaires silicifiés et schistes noirs). Ces roches noires, localement très riches en pyrite, renferment des quantités variables de barite sous forme de cristaux isolés, rosettes, clastes, nodules et lentilles, ces dernières pouvant

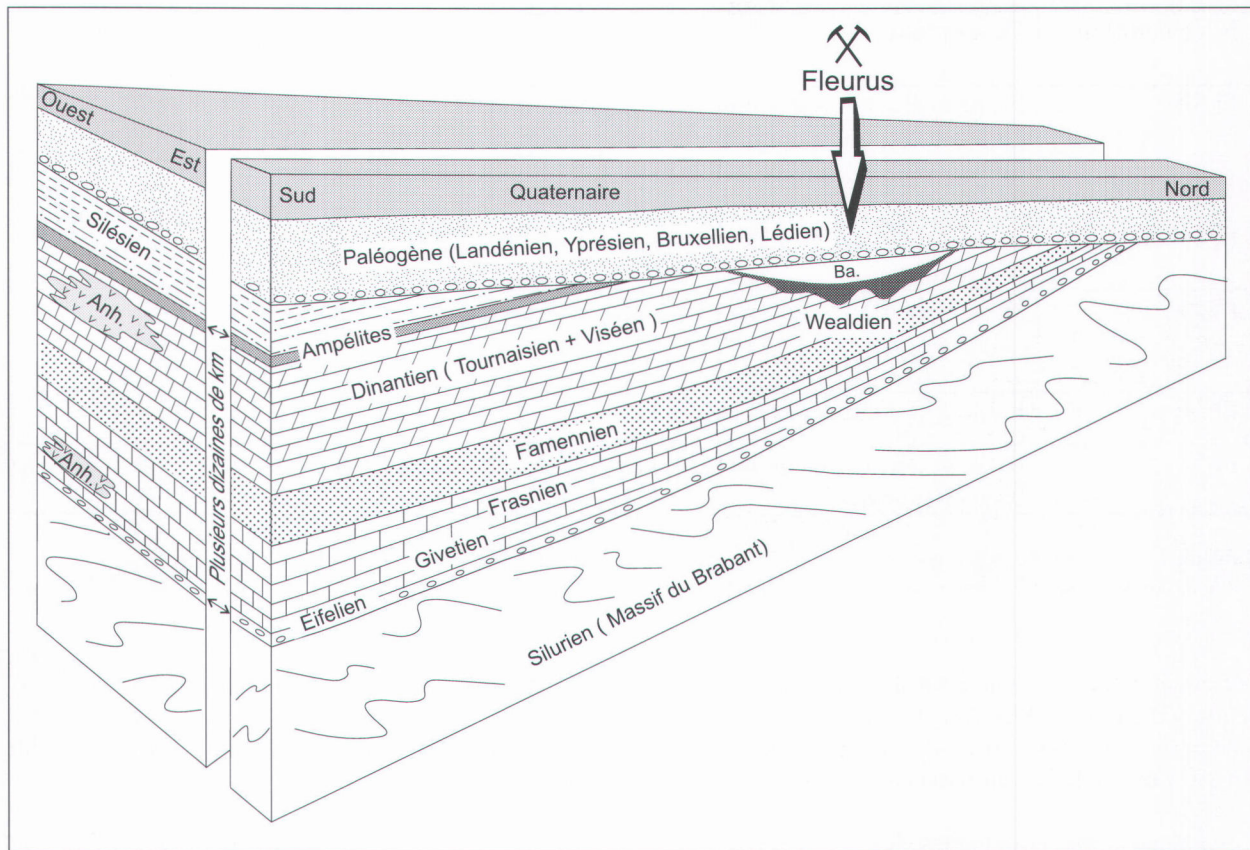


Figure 2. Schéma de contexte géologique du gisement de Fleurus (sans contrainte d'échelles ni d'épaisseurs).

Figure 2. Schematic geological environment of the Fleurus ore deposit (not to scale).

atteindre plusieurs mètres de long et plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur. Par analyse palynologique, les roches noires ont été datées par Dejonghe *et al.* (1987) du Crétacé inférieur (Aptien?-Albien).

La lentille est cachetée par une série de couverture stérile en barite, composée de conglomérats et sables glauconifères bruxelliens (= Lutétien inférieur) surmontés de galets, argiles et sables lédien, puis par des limons quaternaires.

De Magnée & Doyen (1982), Dejonghe (1989) et Demaiffe & Dejonghe (1991) ont argumenté l'hypothèse que le gisement de Fleurus s'est déposé en environnement lacustre, dans un paléokarst situé au sommet du Viséen, et qu'il résulte du mélange d'eaux de composition et d'origine différentes : d'une part, le soufre aurait été véhiculé par une nappe artésienne d'eau chaude lessivant des niveaux évaporitiques connus en sondage dans le Givetien et le Viséen; d'autre part, le baryum proviendrait de l'érosion des roches siliciclastiques silésiennes qui recouvraient le Massif du Brabant et dont les produits de démantèlement ont comblé les chenaux des vastes deltas wealdien. La présente étude a pour but de vérifier le bien-fondé de cette interprétation par des arguments de nature isotopique.

3. Géochimie isotopique

3.1. Apport des isotopes du strontium

Les compositions isotopiques du strontium de 5 barites de Fleurus ont été déterminées par Demaiffe & Dejonghe (1991). Les 5 barites analysées possèdent des compositions isotopiques en $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ relativement proches s'étalant de 0,71061 à 0,71098. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles de l'eau de mer pour le Givetien, le Viséen ou l'Aptien-Albien. Demaiffe & Dejonghe (*ibid*) ont dès lors rejeté une origine marine du Sr et du Ba et ont, en revanche, conforté l'origine de ces éléments à partir des roches siliciclastiques silésiennes qui constituaient l'environnement paléogéographique immédiat de Fleurus à l'Aptien-Albien. Subséquemment, ils penchaient pour une origine du soufre de la barite à partir d'une nappe artésienne d'eau chaude émergeant à Fleurus.

3.2. Apport des isotopes du soufre

Cinq échantillons de barite, dont une brève description est mentionnée au tableau 1, ont été analysés pour leur composition isotopique du soufre. Les analyses, dont les résultats sont également montrés dans le tableau 1,

N°échantillon	Description	$\delta^{34}\text{S}$ ‰ vs CDT $\pm 0,1$ ‰
Fl 39	barite à structure rythmique et localement mamelonnée. L'échantillon provient d'une couche (épaisseur maximale: 40 cm; longueur: ± 5 m) interstratifiée dans les roches noires de base du gisement	1 : + 20,7 2 : + 19,3 moy. : + 20,0
Fl 43	barite provenant d'une plaque dont la partie supérieure est mamelonnée.	+ 22,1
Fl 54	agrégat de barite lamellaire transparente.	1 : + 19,1 2 : + 19,4 moy. : + 19,25
Fl 56	barite à structure colloforme	+ 17,4
Fl 57	barite provenant d'une lentille comprise dans les shales noirs de base du gisement.	+ 15,8

Tableau 1. Composition isotopique du soufre de 5 échantillons de barite du gisement de Fleurus

Table 1. Sulphur isotope composition of 5 barite samples from the Fleurus ore deposit

ont été effectuées à l'université Pierre et Marie Curie (Paris VI) par Yves FUCHS. L'erreur absolue sur les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ est de $\pm 0,1$ ‰. Pour deux échantillons (Fl 39 et Fl 54), les mesures ont été répétées.

Les compositions isotopiques des 5 échantillons de Fleurus varient de + 15,80 à + 22,10 ‰ par rapport à la troïlite de Cañon Diablo (CDT). La moyenne arithmétique du $\delta^{34}\text{S}$ de ces échantillons peut varier sensiblement selon les analyses prises en considération :

- Si on envisage les 7 analyses, la moyenne est de 19,11 ‰;
- Si on calcule préalablement une valeur moyenne pour les analyses répétées sur les échantillons Fl 39 et Fl 54, la moyenne des 5 valeurs passe à 18,91 ‰;
- La valeur du $\delta^{34}\text{S}$ de l'échantillon Fl 57 est significativement plus faible que celle des autres échantillons. Notons que cet échantillon a été prélevé au sein d'une petite lentille de barite interstratifiée dans les shales noirs de la base du gisement et non dans la lentille principale située au-dessus de ces shales. Si on écarte cet échantillon, la moyenne remonte à 19,69 ‰.

En comparant les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ des barites de Fleurus à celles des sulfates marins (Fig. 3), on constate des analogies à plusieurs époques, notamment au Dévonien et au Carbonifère.

En Belgique et dans le Nord de la France, les dépôts évaporitiques (essentiellement anhydritiques) marins sont bien développés au Givétien et au Viséen, mais ne sont cependant connus qu'en sondages (Fig. 1). Les épaisseurs des évaporites givétiennes voisinent 250-300 m dans les sondages de Tournai, Vieux-Leuze et Annapes; celles des évaporites viséennes atteignent 760 m à Saint-Ghislain et 1000 m à Epinoy I. Pierre & Rouchy (1986) ont déterminé les domaines de variation de leurs $\delta^{34}\text{S}$ vs CDT :

- pour les évaporites givétiennes, les $\delta^{34}\text{S}$ varient de + 20,0 à +23,5 ‰ (moyenne : + 20,4 ‰);
- pour les évaporites viséennes, les $\delta^{34}\text{S}$ varient de +13,6 à + 19,0 ‰ (moyenne : +15,2 ‰).

Dans le Frasnien et le Famennien du sondage de Soumagne, de l'anhydrite a également été observée en faible quantité sous forme de nodules dans des dolomies et en remplacement de la calcite de certains fossiles. L'origine de cette forme d'anhydrite est donc moins claire que dans le cas des anhydrites givétiennes et viséennes.

Des évaporites n'ont jamais été signalées dans les formations de l'Ordovicien et du Silurien du Massif du Brabant.

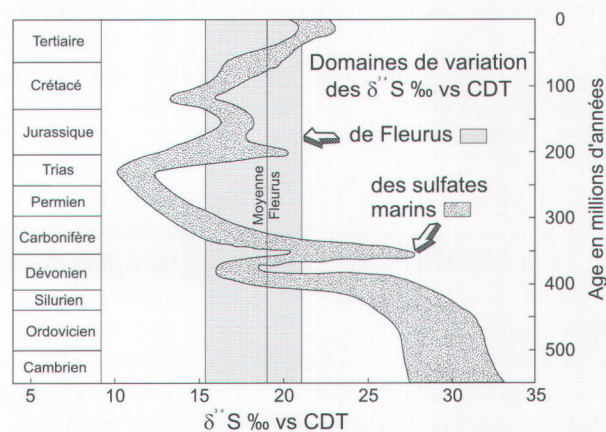


Figure 3. Domaines de variation des $\delta^{34}\text{S}$ ‰ par rapport à la troïlite de Cañon Diablo (CDT) pour les sulfates marins (d'après Holser, 1977 ; Claypool et al., 1980) et pour les barites de Fleurus.

Figure 3. $\delta^{34}\text{S}$ ‰ vs Cañon Diablo (CDT) variation range of the marine sulphates (after Holser, 1977 ; Claypool et al., 1980) and of the Fleurus barites.

Bref, comme Fleurus n'est situé qu'à quelques dizaines de km à l'est de Saint-Ghislain, Vieux Leuze et Tournai, c'est au niveau des évaporites marines givetiennes et viséennes que se trouve la source la plus probable du soufre de la barite. Si l'on se reporte au paysage existant à l'Aptien-Albien (facies wealdien) dans la région de Fleurus, c'est à dire à celui d'un continent en voie de pénélplanation, il est possible qu'il existait à cet endroit des sources d'eaux chaudes sulfatées (chaudes parce que ces eaux auraient effectué un trajet souterrain à grande profondeur avant de résurgir en surface; sulfatées parce qu'au cours de ce trajet, elles auraient été contaminées par les évaporites givetiennes et/ou viséennes qu'elles auraient rencontrées). Néanmoins, pour arriver sur le site de Fleurus, les eaux d'un aquifère situé dans le Givetien auraient du traverser l'épaisse série détritique famenienne, ce qui est peu probable en l'absence d'accident tectonique majeur. En revanche, les eaux d'un aquifère viséen pouvaient migrer latéralement sans rencontrer d'obstacle si ce n'est à leur toit où les ampélites du Silésien faisaient écran.

Les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ vs CDT mesurées sur les 5 échantillons de Fleurus ne permettent toutefois pas de trancher pour une origine exclusivement givetienne ou viséenne du soufre. En comparant les valeurs de notre travail à celles de Pierre & Rouchy (1986), on constate que les valeurs supérieures à + 20 ‰ se rapprochent de celles des évaporites givetiennes alors que les valeurs proches ou inférieures à + 19 ‰ s'apparentent à celles des évaporites viséennes. Il est cependant fort peu probable que l'on puisse imaginer deux sources distinctes pour le soufre d'un même gisement. Certes, un nombre plus élevé d'analyses aurait peut-être permis de préciser si deux groupes de valeurs du $\delta^{34}\text{S}$ se dégageaient. Mais même dans cette éventualité, le fait qu'au Dévonien et au Carbonifère, les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ se recouvrent partiellement, comme le montre la courbe de variation des sulfates marins (Fig. 3), n'est pas un facteur favorable pour une réponse univoque au problème génétique de la source du soufre de la barite de Fleurus.

3. Conclusion

La présente étude des isotopes du soufre de 5 barites de Fleurus ne permet pas d'affiner les hypothèses émises antérieurement par de Magnée & Doyen (1982), Dejonghe (1989) et Demaiffe & Dejonghe (1991) à propos de la genèse de ce gisement. Elle indique toutefois qu'une origine du soufre de la barite est possible à partir des évaporites sulfatées d'âges givetien ou viséen, connues dans des sondages profonds situés à quelques dizaines de kilomètres à l'ouest de Fleurus.

4. Références

- CLAYPOOL, G.E., HOLSER, W.T., KAPLAN, I.R., SAKAI, H. & ZAK, I., 1980. The age curve of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfates and their mutual interpretation. *Chemical Geology*, 28: 199-260.
- DEJONGHE, L., 1989. Le gisement de Fleurus (Belgique) : une concentration de barytine *sédimentaire en milieu lacustre piégée dans un paléokarst envahi par des sédiments wealdiens*. *Chronique de la Recherche Minière*, 494: 25-42.
- DEJONGHE, L., FAIRON-DEMARET, M., GAUTHIER, B. & STREEL, M., 1987. Détermination par analyse palynologique de l'âge crétacé inférieur de mise en place du gisement de barite de Fleurus (Synclitorium de Namur, Belgique). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 304, II, 6: 227-232.
- de MAGNÉE & DOYEN, L., 1982. Le gisement de barytine de Fleurus. Symposium sur les gîtes filoniens Pb-Zn-F-Ba de basse température du domaine varisque d'Europe et d'Afrique du Nord. Orléans, avril 1982, résumé.
- DEMAIFFE, D & DEJONGHE, L., 1991. Géochimie isotopique du strontium des barites, calcites et fluorites de Belgique. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 113: 231-240.
- HOLSER, W.T., 1977. Catastrophic chemical events in the history of the ocean. *Nature (London)*, 267 (5610): 403-408.
- MARLIÈRE, R., 1954. Le Crétacé. In : *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*. *Société géologique de Belgique*, Liège: 417-444.
- PIERRE, C. & ROUCHY, J.M., 1986. Oxygene and sulfur isotopes in anhydrites from Givetian and Viséan evaporites of northern France and Belgium. *Chemical Geology*, 58: 245-252.

Manuscript received on 30.03.2001 and accepted for publication on 15.12.2001.