

ROYAUME DE BELGIQUE

**MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES**

Administration des Mines - Service Géologique de Belgique  
Rue Jenner, 13 - 1040 Bruxelles

**ETUDE STRATIGRAPHIQUE,  
SEDIMENTOLOGIQUE ET GEOCHIMIQUE  
DE TROIS SONDAGES EFFECTUES A  
MEMBACH (MASSIF DE LA VESDRE)**

par

**M. COEN-AUBERT, L. DEJONGHE  
C. CNUUDE & F. TOURNEUR**

**PROFESSIONAL PAPER 1985/10  
N° 223**

ETUDE STRATIGRAPHIQUE, SEDIMENTOLOGIQUE ET GEOCHIMIQUE  
DE TROIS SONDAGES EFFECTUES A MEMBACH (MASSIF DE LA VESDRE)

*par M. COEN-AUBERT (\*), L. DEJONGHE (\*\*)*

*C. CNUDE (\*\*) & F. TOURNEUR (\*\*\*)*

*(\*) Département de Paléontologie, Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique, rue Vautier, 29, B-1040 Bruxelles.*

*(\*\*) Service géologique de Belgique, rue Jenner, 13, B-1040 Bruxelles.*

*(\*\*\*) Aspirant F.N.R.S., Laboratoire de Paléontologie, Université Catholique de Louvain, Place Louis Pasteur 3, B-1348 Louvain-la-Neuve.*

## RESUME

On présente la description de trois sondages effectués à Membach (province de Liège), dans le Givetien et le Frasnien, à l'occasion de travaux de prospection minière. Ceux-ci ont fait l'objet d'études paléontologiques et stratigraphiques détaillées qui complètent utilement les observations faites en surface par M. COEN-AUBERT (1974) sur le Givetien de Membach et le Frasnien de Goé. En particulier, la détermination des Rugueux, Tabulés et Conodontes a servi de base à des corrélations précises avec le bassin de Dinant. L'étude des microfaciès carbonatés, observés en lame mince, a également permis de caractériser les environnements sédimentaires rencontrés. Enfin, une étude lithogéochimique souligne l'intérêt métallogénique des phénomènes de dolomitisation des calcaires de la Formation du Roux. Ces diverses recherches ont été l'occasion d'interpréter ces forages dans un contexte régional.

## ABSTRACT

In this paper, the description of three drillholes undertaken at Membach, in the Liège province is presented. They have intersected Givetian and Frasnian carbonate formations which partly constitute the host-rocks of a Pb-Zn strata-bound mineralization exploited in the past at that place. Detailed paleontological (Rugose, Tabulate Corals and Conodonts) and stratigraphical studies have been realized. They have been integrated to previous works of M. COEN-AUBERT (1974) on the Givetian of Membach and the Frasnian of Goé. These have allowed careful correlations with the Dinant basin. The study of the carbonate microfacies observed in thin sections has also permitted the characterization of the various sedimentary environments. At least, a lithogeochemical study underlines the metallogenic interest of the processes of dolomitization of the limestones belonging to the Roux Formation. These various researches have provided the opportunity to interpret these drillholes in their regional context.

## SOMMAIRE

<i>I. Introduction</i> . . . . .	5
<i>II. Description des sondages</i> . . . . .	8
II.A. Membach 3 (136 W 1617) . . . . .	8
II.B. Membach 2 (136 W 1616) . . . . .	14
II.C. Membach 1 (136 W 1613) . . . . .	17
<i>III. Corrélations lithostratigraphiques</i> . . . . .	22
III.A. Formation de Nèvreumont . . . . .	22
III.B. Formation du Roux . . . . .	24
III.C. Formation de Nismes . . . . .	25
III.D. Formation de Lustin . . . . .	28
<i>IV. Contexte sédimentologique</i> . . . . .	30
<i>V. Données biostratigraphiques</i> . . . . .	31
V.A. Conodontes . . . . .	31
V.B. Rugueux . . . . .	32
V.C. Tabulés . . . . .	33
<i>VI. Lithogéochimie</i> . . . . .	41
<i>VII. Bibliographie</i> . . . . .	56

## I. INTRODUCTION

Membach est situé dans la partie orientale du Massif de la Vesdre, à une trentaine de kilomètres à l'est de Liège (fig. 1). Dans cette localité, une concession couvrant une superficie de 225 ha a été accordée le 13 août 1824 pour l'exploitation de la calamine. Les droits d'exploitation ont été étendus au plomb le 15 août 1851. L'exploitation de ce gisement est probablement très ancienne. Des documents d'archives (archives de Bruxelles) rapportent qu'au cours de travaux de recherche datant du début du XX<sup>ème</sup> siècle, on découvrit des boisages espagnols (XV<sup>ème</sup> siècle) reconnaissables aux tenons ronds et aux mortaises qui leur sont caractéristiques. On ne possède pas de statistiques de production pour la période antérieure à 1830. Néanmoins, C.J. DAVREUX (1833) signale que du minerai était vendu à cette époque. Ce n'est qu'en 1848 que les statistiques de l'Etat belge rapportent quelque production de concentré. En 1846 et 1847, il n'est fait état que de travaux de recherche. Après 1858, ces statistiques redeviennent muettes alors que selon M. DREZE (1979), les productions maximales eurent lieu vers 1870. Malgré cette incertitude, il est certain que l'exploitation de ce gisement est restée très modeste. On peut raisonnablement estimer la production totale de calamine à environ 5 000 t, celle de minerai de plomb à environ 1 500 t et celle de sphalérite à environ 100 t. Ces chiffres sont toutefois très approximatifs.

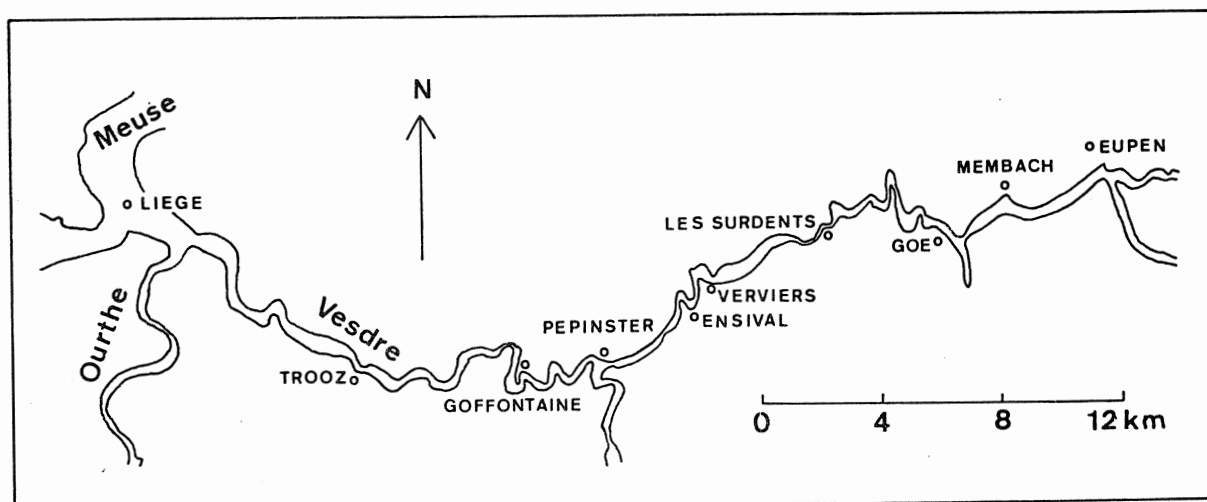


Figure 1. Situation générale

La minéralisation se composait de trois lentilles alignées selon la direction des couches sur une distance de 500 m. Du NE au SW, on distingue :

- une lentille de 100 à 120 m de longueur et de 30 à 50 m d'épaisseur, qui

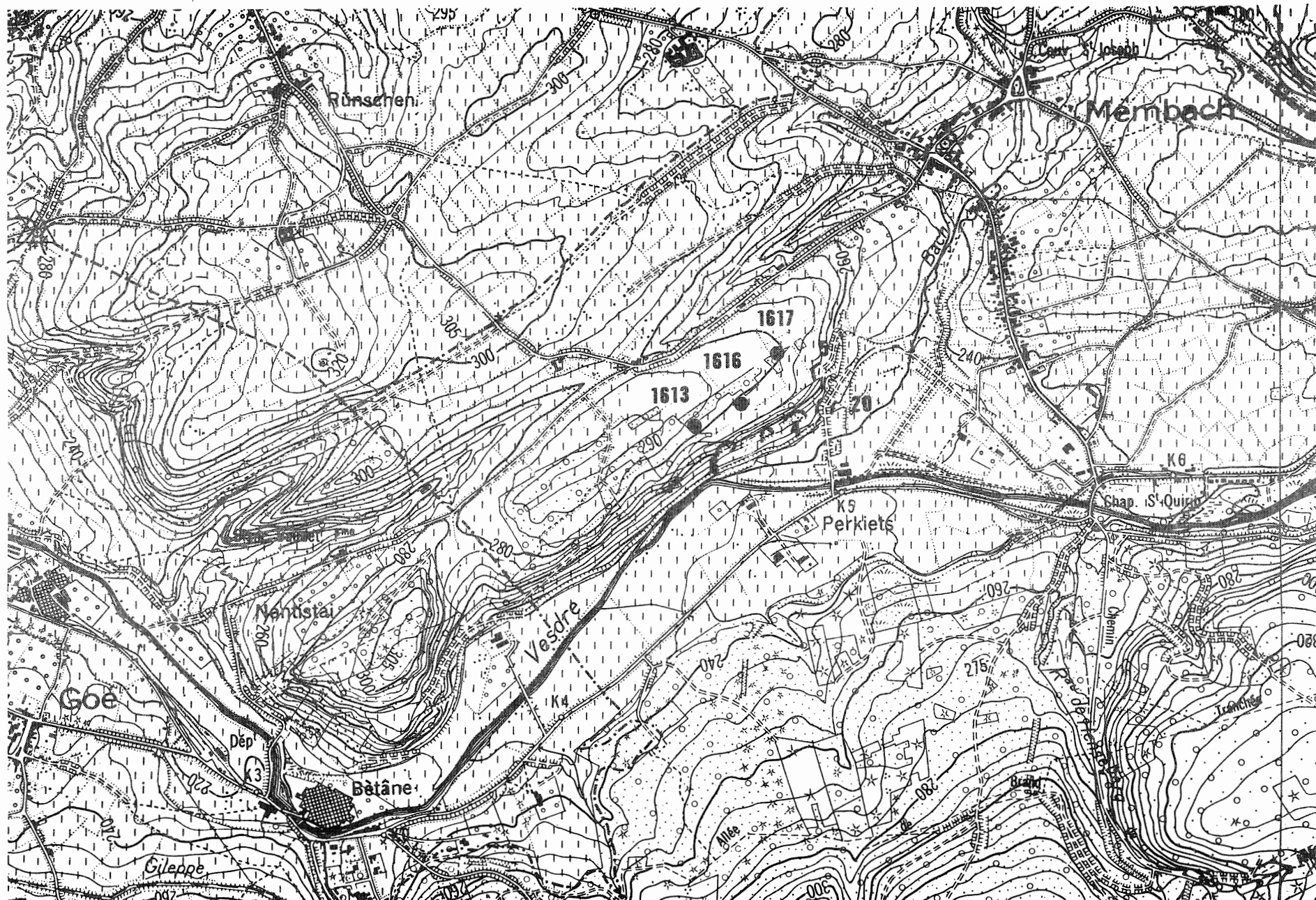


Figure 2. Localisation des trois sondages de Membach. Les affleurements 4,5 et 6 correspondent à ceux de la figure 19 in M. COEN-AUBERT (1974) ; l'affleurement 20 y est ajouté pour la première fois.

- fut exploitée entre les niveaux - 30 et - 150 m (sièges Laurent-Eugène et du Vieux Bure) ;
- zone stérile de 100 à 110 m de longueur ;
  - une lentille de 50 à 60 m de longueur, qui fut exploitée à partir de de la surface jusqu'à 60 m de profondeur (siège Joséphine) ;
  - zone stérile de 60 à 70 m de long ;
  - deux lentilles accolées, totalisant 70 m de long et épaisses d'une vingtaine de mètres, furent exploitées entre les niveaux - 25/30 m et - 40/45 m (sièges Pauline et Insenberg) ;
  - zone stérile de 50 à 70 m de long ;
  - travaux "Jules" dans des filonnets (orientés NE-SW) et de la minéralisation d'imprégnation, liée aux strates.

En 1979, l'Union Minière a décidé de reconnaître par sondages le prolongement éventuel des zones exploitées dans le passé. L'objectif était de recouper en profondeur les dolomies de la Formation du Roux qui constituent les roches hôtes de la minéralisation. Les trois sondages sont positionnés à la figure 2. Ils ont été effectués au cours des années 1980 et 1981.

- le sondage 136 W 1613 (Membach 1 : direction N25°W, pente 45°S) a été implanté au droit des travaux Jules. Arrêté à 142 m de profondeur, il comportait 53 % de vides !
- le sondage 136 W 1616 (Membach 2 : direction N25°W, pente 45°S) était destiné à reconnaître l'aval pendage du siège Pauline. Il a été arrêté à la profondeur de 131 m.
- le sondage 136 W 1617 (Membach 3 : direction S59°E, pente 45°S) se proposait de recouper le prolongement de la minéralisation des sièges Laurent-Eugène et Vieux Bure. Il a atteint 200 m de profondeur.

Les trois sondages ont bien recoupé en tout ou en partie les niveaux dolomitiques de la Formation du Roux. Mais contre toute attente, aucune minéralisation n'a été identifiée. Le pourcentage important de vides rencontrés laisse cependant subsister un doute sur la stérilité des zones intersectées.

Néanmoins, ces trois sondages possèdent un intérêt géologique évident. Ils sont situés dans la partie orientale du Massif de la Vesdre où les formations givetiennes et frasniennes n'affleurent que de façon sporadique. Ayant traversé respectivement la partie inférieure de la Formation de Lustin (subdivisée en six unités dans ce travail), la Formation de Nismes, la Formation du Roux (divisée en six unités dans ce travail) et la partie supérieure de la Formation de Nèvreumont, ils ont permis l'examen d'une stampe beaucoup plus complète que ne l'autorisaient les affleurements. Les données remarquablement continues de ces trois forages complètent donc utilement les observations faites en surface par M. COEN-AUBERT (1974) sur le Givetien de Membach et le Frasnien de Goé. De plus, leur étude sédimentologique et géochimique est l'occasion d'intégrer leur interprétation au contexte de tout le Massif de la Vesdre. Enfin, la détermination de Rugueux, Tabulés et Conodontes permet de faire certaines corrélations biostratigraphiques précises avec le Bassin de Dinant.

A l'exception de la Formation de Nismes introduite récemment par P. SARTENAER *in* P. BULTYNCK *et al.* (1983), les diverses unités lithostratigraphiques reconnues dans ce travail ont déjà été utilisées dans le Massif de la Vesdre par M. COEN-AUBERT & D. LACROIX (1979) et par M. COEN-AUBERT (1982, p. 4 et fig. 3). Pour qualifier les couches de la base du Frasnien, ces auteurs ont employé précédemment les termes de "Formation de base". Or, la lithologie de ces couches varie fortement d'une extrémité à l'autre du Massif de la Vesdre. L'abandon des termes "Formation de base" a donc été décidé. Essentiellement schisteuse à Membach, la Formation de base peut y être assimilée à la Formation de Nismes tandis que plus à l'ouest, son faciès devient de plus en plus carbonaté ; entre les Surdents et Goffontaine, elle comprend en outre l'un ou l'autre niveau d'hématite oolithique à la base. Pour cet ensemble très différent de la Formation de Nismes, une nouvelle formation à savoir celle de Presles définie au bord sud du Bassin de Namur a été proposée par M. COEN-AUBERT & D. LACROIX à la Commission Nationale de Stratigraphie du Dévonien.

L'Union Minière nous a confié l'étude de ces trois sondages. Nous lui en sommes reconnaissants. Nous remercions particulièrement Monsieur J. LEDOCTE pour l'amabilité constante qu'il nous a manifestée tant sur le terrain qu'au cours des entretiens qu'il nous a accordés à Bruxelles. Nous sommes également reconnaissants à Messieurs P. BULTYNCK du Département de Paléontologie de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, M. COEN du Laboratoire de Paléontologie de l'Université Catholique de Louvain et A. PREAT du Laboratoire de Géologie de l'Université Libre de Bruxelles qui nous ont aidés à déterminer, les deux premiers, les Conodontes et le troisième, les Algues.

Nous présenterons successivement la description des trois sondages (C. CNUUDE, M. COEN-AUBERT et L. DEJONGHE), les interprétations stratigraphiques tirées de l'étude lithostratigraphique et des identifications paléontologiques (C. CNUUDE, M. COEN-AUBERT et F. TOURNEUR) avec quelques commentaires relatifs au contexte sédimentologique (C. CNUUDE et L. DEJONGHE) et enfin, les résultats d'une étude lithogéochimique (L. DEJONGHE).

## II. DESCRIPTION DES SONDAGES

Nous commencerons la description de ces sondages par celle de Membach 3 qui est le plus profond et donc le plus complet ; nous poursuivrons par celle de Membach 2 qui fournit les épaisseurs les plus fiables et nous terminerons par celle de Membach 1 qui est tectonisé à la base.

### II.A. Membach 3 (136 W 1617)

Ce sondage est incliné de 45° suivant la direction S59°E. Le pendage des couches mesuré dans le forage varie habituellement de 20° à 24°.



- de 0 à 1,1 m : 1,1 m d'argile brune non carbonatée.

#### La Formation de Lustin

- de 1,1 m à 5,7 : 4,6 m de calcaire à Stromatopores massifs, associés à des *Scoliopora* et Stromatopores branchus ; cette roche est en débris jusqu'à 2 m ; occurrence de quelques *Disphyllum* sp et *Tabulophyllum conspectum* dans la partie inférieure ;
- de 5,7 m à 9,3 m : 3,6 m de calcaire fin, gris à beige, interrompu par quelques straticules millimétriques de shale jusqu'à 8,5 m ; dispersion de quelques Stromatopores massifs et *Alveolites* branchus de 7,3 m à 8,35 m ; quelques mouchetures d'ankérite de 8,5 m à 9,3 m ;
- de 9,3 m à 12 m : 2,7 m de calcaire d'abord à *Amphipora* jusqu'à 9,7 m, puis à Stromatopores massifs et branchus, *Scoliopora* et quelques Rugueux solitaires ; deux intercalations de calcaire fin dans la partie inférieure ;
- de 12 m à 14,6 m : 2,6 m de calcaire fin, typiquement subnoduleux à partir de 14,15 m ; mouchetures d'ankérite ;
- de 14,6 m à 16 m : 1,4 m de calcaire beige clair à *Scoliopora* épars et mouchetures ankéritiques ;
- de 16 m à 22 m : 6 m de calcaire construit par des Stromatopores massifs, lamellaires et branchus, *Alveolites* branchus et *Thamnopora* sp. 2 et 3 ; rares *Argutastrea konincki* et *Macgeea lacroixi* ; ce calcaire est en débris dans une argile brune de 19 m à 20,3 m ; mouchetures d'ankérite.

Ces différents termes constituent la sixième et dernière unité lithologique de la Formation de Lustin reconnue dans ce travail. Ils correspondent au début de la première phase récifale du "F2gh" décrite par M. COEN-AUBERT (1974, pp. 77-78) à Goé.

- de 22 m à 28,6 m : 6,6 m de calcaire subnoduleux, crinoïdique à la base et surtout au sommet où l'on observe aussi quelques gros Gastéropodes ; localement quelques petites coquilles et *Alveolites* branchus.

Ces couches représentent la cinquième unité de la Formation de Lustin ; à Goé, elles ont été rapportées au "F2ef" par M. COEN-AUBERT (1974, pp. 77-78).

- de 28,6 m à 29,2 m : 0,6 m de calcaire dolomitique foncé avec fantômes d'*Alveolites* branchus ;
- de 29,2 m à 29,9 m : 0,7 m de calcaire subnoduleux avec quelques *Alveolites* branchus ;
- de 29,9 m à 34,5 m : 4,6 m de vide ;
- de 34,5 m à 35,4 m : 0,9 m de calcaire fin et foncé en débris, contenant des Coraux à partir de 35 m ;
- de 35,4 m à 35,65 m : 0,25 m de calcite blanche d'origine karstique (concrétionnements, géodes, ...).

Cette série très mal exposée dans le sondage correspond à la partie supérieure du "F2cd" décrite par M. COEN-AUBERT (1974, p. 77) à Goé, à

l'affleurement tectonisé au point 9 ; elle constitue la quatrième unité de la Formation de Lustin.

- de 35,65 m à 39,85 m : 4,2 m de calcaire subnoduleux et coquillier ; rares *Thamnopora* à 37,9 m ; occurrence d'*Alveolites*, *Thamnopora* et débris de Rugueux solitaires à partir de 39,7 m.

Cette troisième unité de la Formation de Lustin correspond à l'épisode argileux à Brachiopodes reconnu par M. COEN-AUBERT (1974, p. 77) à Goé où il sépare le "F2cd" en deux parties.

- de 39,85 m à 41,45 m : 1,6 m de calcaire subnoduleux ;
- de 41,45 m à 43,55 m : 2,1 m de vide ;
- de 43,55 m à 46,2 m : 2,65 m de calcaire subnoduleux en débris jusqu'à 44,1 m et interrompu par de l'argile brune de 44,1 m à 44,75 m et de 46 m à 46,2 m ; quelques coquilles vers 46 m ;
- de 46,2 m à 48,2 m : 2 m de calcaire noduleux, un peu bioclastique dans la partie supérieure ; à la base, occurrence de débris d'*Alveolites* massifs et de Rugueux solitaires avec quelques *Alveolites* branchus ;
- de 48,2 m à 48,85 m : 0,65 m de calcaire fin et foncé, légèrement argileux, contenant de petites coquilles et des Gastéropodes, devenant subnoduleux à la base ;
- de 48,85 m à 50,15 m : 1,3 m avec en alternance centimétrique d'une part des lentilles et nodules calcaires à Crinoïdes et petits Gastéropodes et d'autre part du calcaire très argileux, straticulé gris et gris foncé ;
- de 50,15 m à 50,95 m : 0,8 m de calcaire fin et foncé, subnoduleux dans la partie inférieure où sont disséminés des coquilles et des Gastéropodes ;
- de 50,95 m à 51,6 m : 0,65 m de vide ;
- de 51,6 m à 60,5 m : 8,9 m de calcaire fin et foncé, souvent subnoduleux, contenant localement dans la partie supérieure des coquilles et des Gastéropodes, devenant bioclastique à l'extrême base ; cette roche est légèrement veinulée de calcite ; abondants nodules limoniteux et ankéritiques de 59,2 m à 59,25 m.

Ces différents termes constituent la deuxième unité de la Formation de Lustin.

- de 60,5 m à 64,2 m : 3,7 m de calcaire souvent dolomitique et contenant quelques coquilles et des organismes constructeurs, plus ou moins dispersés : *Disphyllum hilli*, *Macgeea rozkowskiae*, *Alveolites* lamellaires et branchus, *Thamnopora*, *Stachyodes* et Stromatopores lamellaires ; petits nodules limoniteux fréquents vers 64,1 m et accompagnés de nodules centimétriques de pyrite de 61,9 m à 62 m ;
- de 64,2 m à 64,95 m : 0,75 m de calcaire subnoduleux et bioclastique ; petits nodules limoniteux, fréquents de 64,6 m à 64,8 m, accompagnés de nodules centimétriques de pyrite dans les 0,1 derniers mètres ;
- de 64,95 m à 65,6 m : 0,65 m d'argile brune.

Ces couches essentiellement coralliennes appartiennent à la première unité de la Formation de Lustin ; avec la seconde, elles correspondent à la partie inférieure du "F2cd" de Goé décrite par M. COEN-AUBERT (1974, p. 77).

*La Formation de Nismes*

- de 65,6 m à 66,45 m : 0,85 m de shale brun verdâtre ;
- de 66,45 m à 66,75 m : 0,3 m de calcaire foncé, bioclastique avec quelques débris de coquilles ; mouchetures pyriteuses et limoniteuses ;
- de 66,75 m à 70,4 m : 3,65 m de shale verdâtre, très légèrement carbonaté, altéré et coloré par des oxydes de fer à partir de 69,9 m ; occurrence de quelques nodules calcaires de 67,2 m à 70,2 m avec des mouchetures limoniteuses ;
- de 70,4 m à 70,85 m : 0,45 m de calcaire nodulaire et bioclastique à débris de coquilles et de Crinoïdes, renfermant quelques *Disphyllum* à partir de 70,7 m ; présence de Conodontes à 70,5 m parmi lesquels une *Ancyrodella rotundiloba* et deux jeunes *A. gigas* ;
- de 70,85 m à 71,8 m : 0,95 m de vide ;
- de 71,8 m à 72 m : 0,2 m de calcaire foncé, crinoïdique ;

*La Formation du Roux*

- de 72 m à 76,15 m : 4,15 m de calcaire fin et foncé, souvent finement straticulé ; occurrence de lits d'*Amphipora* de 72,25 m à 72,45 m ;
- de 76,15 m à 77,8 m : 0,8 m de vide jusqu'à 76,95 m ; puis, 0,85 m de débris de calcaire fin et foncé ;
- de 77,8 m à 81,2 m : 3,4 m de calcaire foncé, contenant des *Scoliopora* et Stromatopores branchus au sommet et à la base où ils sont accompagnés de Stromatopores massifs ;
- de 81,2 m à 82,6 m : 1,4 m de vide ;
- de 82,6 m à 85,35 m : 2,75 m de calcaire fin et foncé, souvent straticulé ; quelques petits Stromatopores massifs à la base ; vides de 83,1 m à 83,85 m et de 84,75 m à 85 m ;
- de 85,35 m à 92 m : 6,65 m de vide ;
- de 92 m à 93,2 m : 1,2 m de calcaire fin et foncé en débris, contenant des Stromatopores branchus au sommet et à la base où ils sont accompagnés de petits Stromatopores massifs ;
- de 93,2 m à 93,85 m : 0,65 m de vide ;
- de 93,85 m à 95 m : 1,15 m de calcaire fin, contenant souvent de petits Stromatopores massifs et branchus, associés à des *Scoliopora* sp. 2, voire à *Caliopora battersbyi* ;
- de 95 m à 99,35 m : 4,35 m de calcaire fin ; un lit à Stromatopores massifs et branchus avec quelques *Scoliopora* de 97,4 m à 98 m ; un joint schisteux vert à la base ; vide de 98,8 m à 99 m ;
- de 99,35 m à 101,45 m : 2,1 m de calcaire fin en débris ;
- de 101,45 m à 101,9 m : 0,45 m de vide ;
- de 101,9 m à 105,7 m : 3,8 m de calcaire fin avec plusieurs lits d'*Amphipora* de 102,45 m à 103,6 m.

Cette série calcaire correspond au dernier terme reconnu par

M. COEN-AUBERT (1974, p. 82) dans l'assise de Fromelennes (\*) à Membach ; il s'agit de la sixième unité de la Formation du Roux distinguée dans ce travail.

- de 105,7 m à 107,8 m : 2,1 m où alternent du calcaire dolomitique et de la dolomie fine avec un peu de calcaire ;
- de 107,8 m à 109,8 m : 2 m de calcaire fin où l'on observe des *Scoliopora* et des *Amphipora* accompagnés au sommet de petits Stromatopores massifs ;
- de 109,8 m à 112,15 m : 2,35 m de calcaire fin, souvent finement laminé, devenant dolomitique ou bréchique au sommet ;
- de 112,15 m à 115,1 m : 2,95 m où du calcaire fin alterne avec des niveaux plus ou moins riches en Stromatopores massifs et branchus et *Scoliopora* ; vers la base, la roche devient localement dolomitique ou bréchique.

Ce double épisode à Stromatopores et Tabulés, également observé en surface par M. COEN-AUBERT (1974), constitue la cinquième unité de la Formation du Roux.

- de 115,1 m à 115,8 m : 0,7 m de dolomie fine avec une mince intercalation de calcaire fin et clair ;
- de 115,8 m à 117,65 m : 1,85 m de vide ;
- de 117,65 m à 123,6 m : 5,95 m de dolomie fine ; un lit décimétrique à *Amphipora* et *Scoliopora* de 118,6 m à 118,7 m ;
- de 123,6 m à 128,8 m : 5,2 m de dolomie fine et de calcaire dolomitique, recristallisé et moyennement grenu à nodules centimétriques de dolomite blancs rosé ; de 123,6 m à 124,05 m, de 125,25 m à 125,7 m et de 127,6 m à 127,75 m, plusieurs lits riches en *Amphipora* et *Stachyodes* accompagnés parfois de *Scoliopora* et de Stromatopores massifs ; nombreuses mouchetures de pyrite de 125,3 m à 125,65 m.

Cet ensemble de dolomie fine existe aussi en surface et correspond à la quatrième unité de la Formation du Roux.

- de 128,8 m à 139,55 m : 10,75 m de calcaire fin et souvent clair, localement subnoduleux, bréchique ou beige à nuances rosées avec une matrice de shale vert ; cette roche est straticulée de 128,8 m à 129,75 m et de 134,55 m à 135 m et comporte plusieurs niveaux à organismes constructeurs très variés, mais habituellement épars : Stromatopores massifs, *Amphipora*, *Stachyodes*, *Scoliopora*, *Caliaopora battersbyi*, *Hillaepora* cf. *spicata*, *Aulopora* et Rugueux solitaires parfois en débris ;
- de 139,55 m à 141,2 m : 1,65 m de vide ;
- de 141,2 m à 144,7 m : 3,5 m de calcaire fin, souvent foncé et subnoduleux ; dans les deux tiers supérieurs, on y observe localement

---

(\*) Depuis M. COEN-AUBERT & D. LACROIX (1979), l'utilisation de cette formation a été restreinte au synclinorium de Dinant. Dans les synclinoria de Namur et de Verviers, on parle à présent de Formation du Roux.

- quelques Gastéropodes, Stromatopores massifs, *Amphipora*, *Stachyodes*, *Scoliopora* et Rugueux solitaires ; de 142,15 m à 142,25 m, grès argileux verdâtre, suivi de mouchetures centimétriques de limonite ;
- de 144,7 m à 147,3 m : 2,6 m de calcaire foncé, souvent subnoduleux et plus ou moins riche en divers organismes constructeurs : Stromatopores massifs, *Stachyodes*, *Scoliopora* sp. 2, *Caliopora battersbyi*, *Thamnopora* sp. 1, *Temnophyllum* et rares Rugueux massifs ; mouchetures centimétriques de limonite vers 145,6 m.

Il s'agit de la troisième unité de la Formation du Roux dont la partie supérieure constitue la base des affleurements étudiés en surface par M. COEN-AUBERT (1974).

- de 147,3 m à 163,2 m : 15,9 m de dolomie à fantômes recristallisés de Stromatopores lamellaires et branchus avec quelques *Thamnopora* sp. 1 à 154,5 m et 159,5 m ; cette roche est bréchique à 157,35 m ; occurrence de débris de Brachiopodes dont les Stringocéphales entre 152,7 m et 160 m ;
- de 163,2 m à 164,35 m : 1,15 m de débris de grès argileux et micacé, parfois à mouchetures limoniteuses.

Ces dolomies appartiennent à la deuxième unité de la Formation du Roux.

- de 164,35 m à 168,2 m : 3,85 m de shale gris verdâtre en débris, parfois micacé à la partie supérieure et devenant dolomitique à l'extrême base ;
- de 168,2 m à 168,8 m : 0,6 m de schistes à nodules calcaires, Brachiopodes et Crinoïdes avec quelques débris de Rugueux solitaires, de *Cystiphyllodes* notamment ; nombreux Conodontes à 168,8 m parmi lesquels P. BULTYNCK a déterminé *Icriodus latecarinatus*, *I. eslaensis* et *Polygnathus pseudofoliatus*.

Ces schistes représentent la première unité de la Formation du Roux.

#### *La Formation de Nèvreumont*

- de 168,8 m à 171 m : 2,2 m de vide ;
- de 171 m à 173,3 m : 2,3 m de calcaire subnoduleux, contenant quelques Stromatopores massifs, *Alveolites*, *Scoliopora* et Stringocéphales ;
- de 173,3 m à 175,5 m : 2,2 m de calcaire fin, straticulé de 174 m à 174,3 m ;
- de 175,5 m à 176,7 m : 1,2 m de vide ;
- de 176,7 m à 178 m : 1,3 m de calcaire fin, localement straticulé vers 177 m et 177,6 m ; jusqu'à 177 m, occurrence de quelques Gastéropodes, débris de coquilles et *Scoliopora* ;

- de 178 m à 179,8 m : 1,8 m de vide ;
- de 179,8 m à 186 m : 6,2 m de calcaire fin, parfois bioclastique, straticulé de 184 m à 185 m, subnoduleux de 180,2 m à 181 m et de 182 m à 182,25 m ; occurrence de quelques Tabulés branchus à 181,3 m et à 181,5 m, de Stromatopores massifs et *Alveolites* de 182 m à 182,25 m, de Brachiopodes dont des Stringocéphales vers 183 m, de quelques *Caliapora battersbyi* et *Stachyodes* de 185 m à 185,2 m ; mouchetures de pyrite à 184,65 m ; vide de 180 m à 180,05 m et de 182,35 m à 182,7 m ;
- de 186 m à 188,6 m : 2,6 m de calcaire fin, straticulé de 186,5 m à 187,7 m et de 188 m à 188,6 m ; quelques Stromatopores branchus vers 186,65 m ; mouchetures de pyrite de 186,5 m à 187,65 m ;
- de 188,6 m à 192 m : 3,4 m de calcaire fin et foncé, souvent subnoduleux, contenant localement des Gastéropodes, de rares *Stachyodes* et *Scoliopora* et à 189,8 m des oncoïdes à Codiacées représentées surtout par des *Bevocastria* accompagnés d'*Ortonella* et d'*Hedstroemia* ;
- de 192 m à 194 m : 2 m de calcaire fin, straticulé jusqu'à 193,2 m et renfermant quelques petits Stromatopores massifs à la base ;
- de 194 m à 200 m : 6 m de calcaire fin, souvent subnoduleux dans la partie supérieure, plutôt coquillier et parfois straticulé dans la partie inférieure ; au sommet et près de la base, occurrence d'organismes constructeurs épars : Stromatopores massifs, *Stachyodes*, *Scoliopora* sp. 1, *Thamnopora*, *Caliapora battersbyi*, *Xystriphylum wangi* et Rugueux solitaires en débris associés à quelques Stringocéphales.

## II.B. Membach 2 (136 W 1616)

Ce sondage est incliné de 45° suivant la direction S25°E. Le pendage des couches mesuré dans le forage est souvent proche de 0° ; toutefois, il atteint 18° à 23° entre 32 et 51 mètres.

- de 0 à 9 m : 9 m d'argile brun jaunâtre ou grisâtre, non carbonatée, emballant quelques rares débris de calcaire décoloré devenant abondants à partir de 8 m ; rares nodules limoniteux.

### La Formation de Justin

- de 9 m à 18 m : 9 m de calcaire fin et foncé, souvent en débris et localement subnoduleux ; quelques Gastéropodes et fragments de Brachiopodes de 9,5 m à 10,5 m ; filonnets limoniteux millimétriques ;
- de 18 m à 22,4 m : 4,4 m de calcaire foncé, fin ou bioclastique et contenant surtout à partir de 20,8 m des Coraux habituellement épars : *Disphyllum hilli*, *Macgeea rozkowskiae*, *Alveolites* massifs et branchus, *Thamnopora* ; roche localement corrodée et décolorée ; veinules de calcite et d'ankérite ; au sommet, on note aussi quelques *Amphipora* et de la dolomie à débris de Brachiopodes.

*La Formation de Nismes*

- de 22,4 m à 22,7 m : 0,3 m de dolomie argileuse avec des mouchetures pyriteuses abondantes, millimétriques et centimétriques, parfois complètement limonitisées ;
- de 22,7 m à 24 m : 1,3 m de vide ;
- de 24 m à 25,1 m : 1,1 m de shale vert en menus débris ;
- de 25,1 m à 26,75 m : 1,65 m de sable d'altération de dolomite ;
- de 26,75 m à 28,1 m : 1,35 m de shale vert en menus débris ;
- de 28,1 m à 28,35 m : 0,25 m d'argile non carbonatée.

*La Formation du Roux*

- de 28,35 m à 28,55 m : 0,2 m de calcaire foncé à *Amphipora* très abondants ;
- de 28,55 m à 31,9 m : 3,35 m de calcaire fin et foncé, un peu dolomitique entre 30,45 m et 31 m et localement à birdseyes vers 28,7 m et 29,6 m ; rares veinules de calcite et d'ankérite ;
- de 31,9 m à 32,5 m : 0,6 m de calcaire argileux, finement straticulé, mais beaucoup plus irrégulièrement qu'une laminite, avec en outre des nodules calcaires effilochés et des joints argileux noirs, millimétriques ;
- de 32,5 m à 32,6 m : 0,1 m où deux niveaux centimétriques de brèche (sédimentaire ?) à éléments carbonatés millimétriques et à matrice ankéritique entourent une strate de calcaire foncé ;
- de 32,6 m à 35,5 m : 2,9 m de calcaire fin et foncé, localement straticulé près de la base et bréchique entre 33 m et 33,15 m ; occurrence d'*Amphipora*, *Scoliopora* et Rugueux solitaires au sommet ;
- de 35,5 m à 36,5 m : 1 m de calcaire contenant à la base et au sommet des *Amphipora* et *Scoliopora* associés vers le haut à de gros Stromatopores massifs et à quelques Rugueux solitaires ;
- de 36,5 m à 42 m : 5,5 m de calcaire fin et foncé, souvent finement straticulé, bréchique à 38,5 m et à 40,1 m ; présence de quelques *Scoliopora* vers 40,85 m et 41,8 m ;
- de 42 m à 43,15 m : 1,15 m de vide ;
- de 43,15 m à 44,55 m : 1,4 m de calcaire construit au sommet et à la base par des Stromatopores massifs, *Stachyodes*, *Amphipora* et *Scoliopora* sp. 2 ;
- de 44,55 m à 52,2 m : 7,65 m de calcaire fin, présentant dans la partie supérieure des reflets rosés et parfois un liant argileux, verdâtre, interrompu à plusieurs reprises par de l'argile brune et des débris calcaires ; un niveau à *Scoliopora* sp. 2 entre 47 m et 47,25 m ;
- de 52,2 m à 57,2 m : 5 m où alternent de la dolomie fine, du calcaire dolomitique et du calcaire fin, parfois straticulé ; occurrence de *Scoliopora* sp. 2 ;
- de 57,2 m à 58,2 m : 1 m de calcaire riche en *Amphipora*, *Stachyodes* et *Scoliopora* sp. 2 ;
- de 58,2 m à 60 m : 1,8 m de calcaire fin, dolomitique au sommet et bréchique près de la base ;
- de 60 m à 60,5 m : 0,5 m d'argile brune ;

- de 60,5 m à 67,8 m : 7,3 m de dolomie fine et de calcaire dolomitique ; plusieurs vides surtout dans la partie supérieure ;
- de 67,8 m à 71,65 m : 3,85 m de dolomie fine, interrompue par un peu de calcaire fin ou dolomitique et par deux lits à *Amphipora* et rares Stromatopores massifs de 67,8 m à 68 m et de 68,8 m à 69,25 m ;
- de 71,65 m à 80,2 m : 8,55 m de calcaire fin, souvent foncé et subnoduleux sauf entre 72,6 m et 73,9 m où il est beige, voire rosé à terriers remplis de shale verdâtre ; occurrence à plusieurs niveaux d'organismes constructeurs épars : Stromatopores massifs, *Caliapora battersbyi*, *Scoliopora* sp. 2, *Natalophyllum* sp. 2 et Rugueux solitaires en débris associés à quelques Stringocéphales ; rares mouchetures de limonite entre 71,65 m et 72,6 m ;
- de 80,2 m à 88,3 m : 8,1 m de calcaire fin et foncé, bréchique à 85,6 m et avec l'un ou l'autre vide notamment entre 86,5 m et 87,65 m ; très localement, on y observe quelques Stringocéphales, Stromatopores massifs et branchus, *Scoliopora* sp. 2, *Natalophyllum* sp. 2 et fragments de *Wapitiphyllum amanshauseri* ;
- de 88,3 m à 92,35 m : 4,05 m de calcaire construit par des Stromatopores massifs, *Stachyodes*, *Scoliopora*, *Caliapora battersbyi*, Auloporides, *Wapitiphyllum amanshauseri* et quelques *Temnophyllum* ; présence de vides de 90 m à 91,1 m et de 91,9 m à 92,35 m ;
- de 92,35 m à 106 m : 13,65 m de dolomie grise, parfois gréseuse de 92,35 m à 95,2 m et de 99,25 m à 102 m, entrecoupée de vides de 95,2 m à 96,2 m et de 98,4 m à 99,25 m ; occurrence de grès grossier à 100,5 m et 102 m, de débris de Crinoïdes et de Brachiopodes dont des Stringocéphales entre 102,5 m et 103 m ; localement aussi, ces dolomies sont bréchiques à ciment de dolomite et d'ankérite, contiennent des nodules pluricentimétriques des mêmes minéraux ou présentent des joints argileux, parfois d'allure stylolithique ; des mouchetures de sphalérite sont signalés de 98 m à 98,15 m par J. LEDOCTE ;
- de 106 m à 106,5 m : 0,5 m d'argile brune à débris calcaires ;
- de 106,5 m à 107,5 m : 0,5 m de grès micacé et argileux, gris verdâtre à débris de végétaux ;
- de 107 m à 111 m : 4 m de shale gris verdâtre en débris.

#### La Formation de Nèvreumont

- de 111 m à 112,5 m : 1,5 m de calcaire fin et bioclastique, avec au sommet des Stromatopores massifs, *Heliolites* et *Scoliopora*, noduleux et crinoïdique au milieu ;
- de 112,5 m à 115,5 m : 3 m de vide ;
- de 115,5 m à 121,85 m : 6,35 m de calcaire fin, souvent bioclastique avec plusieurs niveaux construits par des Stromatopores massifs, *Natalophyllum* sp. 1, *Scoliopora* sp. 2, *Thamnopora* sp. 1, Rugueux massifs et solitaires en débris associés à quelques Brachiopodes dont des Stringocéphales ; veinules et mouchetures calcitiques et limoniteuses vers 115,6 m ;



- de 121,85 m à 126,65 m : 4,8 m de calcaire fin, finement straticulé de 122,6 m à 123,8 m et montrant localement entre 124,8 m et 126 m des Gastéropodes et quelques *Scoliopora* ; à 125,2 m, occurrence d'oncoïdes à Codiacées représentées surtout par des *Bevoastria* accompagnés d'*Ortonella* et d'*Hedstroemia* ;
- de 126,65 m à 130,75 m : 4,05 m de calcaire fin, constituant une véritable laminite de 127,6 m à 127,9 m et contenant tout au sommet des Stromatopores massifs, *Stachyodes*, *Scoliopora* sp. 2 et *Thamnopora* sp. 1 ; plus bas, on note entre 128 m et 129 m de rares *Scoliopora* et *Xystriphyllum wangi* et entre 129,2 m et 129,65 m des oncoïdes identiques à celles de 125,2 m.

## II.C. Membach 1 (136 W 1613)

Ce sondage comme celui de Membach 2 est incliné de 45° suivant la direction S25°E. Le pendage des couches mesuré dans le forage varie de 22° à 26° jusqu'à 57 mètres, de 36° à 42° entre 57 et 85 mètres, de 60° à 70° au-delà de 85 mètres. A 136 mètres, il y a vraisemblablement une faille escamotant une partie des couches.

### La Formation de Justin

- de 0 à 2 m : 2 m de terre arable, faisant effervescence à HCl 1N, avec de gros débris calcaires contenant quelques Tabulés branchus ;
- de 2 m à 6 m : 4 m de gros débris de calcaire foncé, finement grenu et veinulé de calcite avec de l'argile de dissolution et de la terre arable peu abondantes et réagissant à HCl ; calcaire crinoïdique, reconnaissable entre 2 m et 4 m ;
- de 6 m à 10 m : 4 m de calcaire fin et foncé, veinulé de calcite et parfois en débris, subnoduleux et crinoïdique aux environs de 7 m ; occurrence de quelques *Thamnopora* et *Alveolites* branchus de 6 m à 6,3 m, d'*Alveolites* branchus et débris de Rugueux solitaires de 8,6 m à 9 m et de débris d'*Alveolites* à 9,6 m ; en lame mince, on reconnaît à 8 m un wackestone bioturbé, caractéristique d'un milieu marin ouvert, à débris de Mollusques recristallisés, dont des Gastéropodes, accompagnés d'Ostracodes ainsi que de fragments de Brachiopodes et de Crinoïdes ;
- de 10 m à 13,35 m : 3,35 m de calcaire souvent foncé et riche en petits Stromatopores massifs, accompagnés d'*Amphipora*, *Stachyodes*, *Scoliopora*, *Alveolites* branchus et Auloporides ; l'une ou l'autre intercalation stérile ;
- de 13,35 m à 16,1 m : 2,75 m de calcaire fin et foncé, devenant franchement argileux dans les derniers 0,5 m ; occurrence d'une laminite algale à encroûtements de Spongiostromates de 13,4 m à 13,5 m et de nombreux *Disphyllum*, *Alveolites* et *Thamnopora* de 15,4 m à 15,6 m ; de 14,5 m à 14,8 m mégabirdseyes criblant un grainstone à pellets, lumps et rares bioclastes parfois micritisés, caractéristique d'un faciès agité de lagon ;

- de 16,1 m à 20 m : 3,9 m de calcaire noduleux, plus ou moins riche en Brachiopodes notamment au sommet et non loin de la base où l'on note aussi des *Disphyllum*, *Alveolites* et *Thamnopora* ; en lame mince, il s'agit d'un packstone grossièrement grenu et localement argileux à débris de Crinoïdes, Brachiopodes, Ostracodes, Bryozoaires, Rugueux, Trilobites et spicules d'Eponges ; les articles de Crinoïdes sont altérés et cassés, les bioclastes sont nettement plus brisés à partir de 16,6 m ; ce faciès est caractéristique d'un milieu marin, ouvert et remanié ;
- de 20 m à 25,7 m : 5,7 m de calcaire fin et foncé, subnoduleux, voire localement noduleux dans la partie supérieure, contenant à partir de 25,3 m des *Disphyllum*, *Thamnopora*, *Scoliopora* et *Amphipora* ; abondantes veinules de calcite entre 24,7 m et 25 m ;
- de 25,7 m à 29,1 m : 3,4 m de calcaire fin et foncé, subnoduleux à noduleux entre 26 m et 28 m ; occurrence de petits Gastéropodes vers 26 m ; en lame mince, on reconnaît à 25,8 m un packstone fortement recristallisé à pellets et lumps avec en outre des débris de Mollusques recristallisés, d'Ostracodes dont les valves sont parfois jointives, d'encroûtements algaires micritisés et de spicules d'Eponges ; il s'agit d'un faciès de lagon calme ;
- de 29,1 m à 30,1 m : 1 m d'une alternance centimétrique (1 à 5 cm) de calcaire gris noir, finement grenu et de calcshale noir à nombreux petits nodules de calcaire effilochés ; dans ces deux roches, bioclastes abondants dont des Gastéropodes et Crinoïdes ; il s'agit à nouveau d'un faciès de lagon calme, caractérisé en lame mince par un packstone pelloïde à birdseyes provenant de la dissolution d'Eponges et d'un calcshale à microbrèches calcaires (packstone pelloïde à birdseyes), Ostracodes et nombreuses *Umbellina* ;
- de 30,1 m à 39 m : 8,9 m de calcaire fin et foncé, contenant de petits Gastéropodes de 30,7 m à 31,15 m et des Brachiopodes de 30,7 m à 31,15 m et de 36 m à 38 m ; cette roche est abondamment veinulée de calcite jusqu'à 36,4 m et contient localement à partir de 33 m quelques Gastéropodes isolés, pseudomorphosés en ankérite ; il s'agit encore une fois d'un faciès de lagon calme, représenté en lame mince à 35,7 m par un mudstone bioturbé à Gastéropodes, localement un peu argileux ;
- de 39 m à 43,65 m : 4,65 m de calcaire parfois bioclastique ou crinoïdique, de plus en plus construit vers le bas par des Stromatopores lamellaires, *Amphipora*, *Alveolites* massifs et branchus, *Thamnopora* sp. 2, *Disphyllum hilli* et *Macgeea rozkowskiae* ; pseudomorphoses ankéritiques et même hématitiques des polypiers entre 42 m et 42,1 m ; vide de 40,7 m à 41,85 m.

#### *La Formation de Nismes*

- de 43,65 m à 44,55 m : 0,9 m de calcaire argileux à débris de Brachiopodes, passant à partir de 44,25 m à de la dolomie argileuse, renfermant des nodules calcaires ;
- de 44,55 m à 45,4 m : 0,85 m de vide ;
- de 45,4 m à 46,4 m : 1 m de calcaire dolomitique, argileux et gris verdâtre à rares paillettes de mica ; nombreux Brachiopodes de 46 m à 46,1 m ; nodules de limonite à partir de 46 m où l'on reconnaît en

- lame mince du calcaire pelloïde ou à débris de Brachiopodes, Crinoïdes et Bryozoaires, tous deux masqués par la dolomitisation ;
- de 46,4 m à 50 m : 3,6 m de schistes verts, contenant à partir de 49,45 m des nodules calcaires et des fragments de Brachiopodes ;
  - de 50 m à 50,8 m : 0,8 m de calcaire argileux et bioclastique à *Disphyllum* et *Alveolites* ; petits nodules limoniteux abondants ; à 50,4 m, on reconnaît en lame mince un packstone fortement recristallisé, bioturbé et mal classé à Brachiopodes, microbrèches, lumps, pellets et Conodontes ; cette roche est caractéristique d'un milieu marin ouvert.

#### *La Formation du Roux*

- de 50,8 m à 51,4 m : 0,6 m de calcaire fin à mégabirdseyes ankéritiques à 51 m où l'on reconnaît en lame mince un packstone fortement bioturbé (grainstone) à lumps et microbrèches fréquemment entourés d'une enveloppe micritique ; il s'agit du remaniement de sédiments à faciès lagunaire et de leur dépôt après peu ou pas de transport dans un environnement calme, mais bioturbé ;
- de 51,4 m à 52 m : 0,6 m de vide ;
- de 52 m à 53,65 m : 1,65 m de calcaire fin et foncé, straticulé à localement très finement straticulé par des joints de calcshale noirâtre ; quelques *Amphipora* à la base et de 53 m à 53,1 m ; pseudomorphoses ankéritiques abondantes de 52,3 m à 52,5 m ;
- de 53,65 m à 54,2 m : 0,55 m de vide ;
- de 54,2 m à 58,8 m : 4,6 m de calcaire fin et foncé, souvent straticulé sur des passées centimétriques à décimétriques et ce de façon irrégulière avec tendance à l'effilochement des strates carbonatées ; ces apports terrigènes dans un lagon sont représentés en lame mince à 55,95 m par du calcaire argileux, peu recristallisé, à pellets, lumps et rares calcisphères, qui est envahi localement par un réseau filandreux de lamines de shale donnant à la roche une allure microbréchique ; un lit dolomitique de 55,1 m à 55,25 m ; entre 56,9 m et 58 m, plusieurs joints dolomitiques et passages centimétriques de calcshale gris foncé à noir avec quelques micas ; de 56,4 m à 56,6 m et de 58,6 m à 58,8 m, minces niveaux construits par des Stromatopores branchus, petits Stromatopores massifs, *Scoliopora* et débris de Rugueux solitaires, parfois associés à des coquilles ou recouverts d'un encroûtement oncolithique ; mouchetures d'ankérite abondantes de 54,2 m à 54,4 m et de 57,2 m à 57,6 m ;
- de 58,8 m à 61,15 m : 2,35 m de vide ;
- de 61,15 m à 62,9 m : 1,75 m de calcaire fin, finement straticulé de 61,15 m à 61,25 m et contenant de 61,25 m à 61,45 m des Stromatopores massifs et branchus ainsi que des *Scoliopora* ; quelques *Amphipora* à 62,8 m et à 62,7 m encroûtements de Spongiostromates non parallèles à la stratification ;
- de 62,9 m à 63,45 m : 1,45 m de vide ;
- de 64,35 m à 65 m : 0,65 m de calcaire très riche en *Stachyodes* et *Scoliopora* ; métasomatose ankéritique ;
- de 65 m à 66,5 m : 1,5 m de calcaire fin souvent en débris ; nombreuses mouchetures ankéritiques à proximité de la cavité karstique avec de la

- limonite et de l'hématite ;
- de 66,5 m à 67,4 m : 0,9 m de vide ;
  - de 67,4 m à 69,1 m : 1,7 m de calcaire fin à reflets violacés, microbréchique de 67,45 m à 67,6 m, contenant des encroûtements de Spongiostromates à 69 m et de nombreux *Amphipora* de 68,5 m à 68,65 m dans une roche très argileuse avec quelques strates centimétriques de calcschiste dont la schistosité est oblique à la stratification ; dans cette dernière zone, on reconnaît en lame mince un packstone argileux à peu gréseux et microbréchique, ce qui signifie des apports terrigènes et le démantèlement de sédiments à faciès lagunaire ;
  - de 69,1 m à 69,8 m : 0,7 m de calcaire à Stromatopores massifs, *Stachyodes*, *Scoliopora* sp. 2 et quelques fragments de Rugueux solitaires ;
  - de 69,8 m à 71,35 m : 1,55 m de calcaire fin en débris ; de 71,2 m à 71,35 m, lit à Stromatopores branchus, petits Stromatopores massifs et *Scoliopora* ;
  - de 71,35 m à 80,8 m : 9,45 m de calcaire fin, comportant plusieurs pertes, à structure de brèche sédimentaire de 72,2 m à 72,35 m et vers 79,8 m, très finement straticulé de 80,45 m à 80,6 m ; quelques *Amphipora* de 76 m à 77,65 m et de 79,6 m à 80 m ; vides de 72,8 m à 73,4 m et de 80 m à 80,5 m ; argile brunâtre tout à la base ;
  - de 80,8 m à 82,8 m : 2 m de calcaire fin, interrompu par deux lits dolomitiques et se présentant localement en débris dans de l'argile ; rares *Amphipora* au sommet ;
  - de 82,8 m à 83,5 m : 0,7 m de calcaire plus ou moins construit par des *Stachyodes*, *Amphipora* et *Scoliopora* associés à quelques petits Stromatopores massifs ;
  - de 83,5 m à 87,65 m : 4,15 m de calcaire fin, localement straticulé ou clair à reflets violacés, bréchique de 84,25 m à 84,4 m et de 85,25 m à 85,45 m ; les éléments de cette brèche à matrice argileuse et ciment sparitique peu abondant sont d'origine lagunaire, car ils se composent de micrite pelloïde recristallisée ou à birdseyes et de débris de Spongiostromates ; vides de 86 m à 86,2 m et de 86,8 m à 87,15 m ; occurrence de nodules pyriteux limonitisés de 84,2 m à 86 m ;
  - de 87,65 m à 88,5 m : 0,85 m de dolomie fine à intraclastes au sommet ;
  - de 88,5 m à 91,5 m : 3 m de dolomie fine à *Amphipora*, *Stachyodes* et *Scoliopora* nombreux jusqu'à 89,3 m, présents jusqu'à 90,65 m ;
  - de 91,5 m à 92 m : 0,5 m d'argile et menus débris de calcaire ;
  - de 92 m à 93,05 m : 1,05 m de calcaire fin et clair, localement bioclastique ; vide à partir de 92,8 m ;
  - de 93,05 m à 94,2 m : 1,15 m de dolomie fine et de calcaire dolomitique, gris brun, contenant quelques *Amphipora* au sommet et à 93,9 m où ils sont en débris et dolomitisés dans une micrite également dolomitisée ;
  - de 94,2 m à 94,5 m : 0,3 m de vide ;
  - de 94,5 m à 99 m : 4,5 m de dolomie fine et grise, devenant brun jaunâtre le long de fractures ; localement joints stylolithiques et structure de brèche tectonique à ciment de calcite blanche et d'ankérite ; de 94,8 m à 95,35 m, occurrence de nodules blancs en chou-fleur avec pigments et lisérés périphériques de limonite ; à 95 m, on y reconnaît en lame mince de nombreuses pseudomorphoses de cristaux de gypse et quelques débris d'*Amphipora* distribués dans une matrice finement dolomitique ;
  - de 99 m à 99,4 m : 0,4 m d'argile ;

- de 99,4 m à 108,5 m : 9,1 m avec mêmes dolomie fine et calcaire dolomitique où l'on observe localement des stylolithes, des brèches tectoniques et des nodules blancs en chou-fleur (pseudomorphose d'anhydrite ?) ; occurrence à 100,5 m d'une dolomie fine à géodes peu ferrugineuses, caractérisée en lame mince par des nodules formés de cristaux millimétriques de dolomite et par de la silice recristallisée, disséminée dans les stylolithes ; à 105,95 m, on observe en lame mince la présence de quartz bipyramidés ; veinules de calcite liserées de limonite entre 106,25 m et 107,15 m ; vides de 101,2 m à 101,75 m et de 107,15 m à 107,4 m ; présence d'argile de 104,25 m à 104,5 m, de 104,8 m à 105,15 m et de 106,15 m à 106,25 m ;
- de 108,5 m à 109,2 m : 0,7 m de dolomie fine, contenant des fantômes de *Stromatopores branchus* jusqu'à 109 m ;
- de 109,2 m à 109,55 m : 0,35 m de vide ;
- de 109,55 m à 112,1 m : 2,55 m de dolomie fine, rougeâtre de 111,35 m à 111,45 m où l'on observe en lame mince à la fois de la dolomie fine, très peu siliceuse et un microspar calcitique, légèrement siliceux et peu dolomitique, avec d'abondantes fractures colmatées principalement par de la calcite ;
- de 112,1 m à 119 m : 6,9 m de vide sauf de 113,25 m à 113,8 m où il y a de la dolomie fine ;
- de 119 m à 125,15 m : 6,15 m de dolomie fine, devenant calcaire à l'extrême base et interrompue par plusieurs vides de 120,55 m à 121,25 m, de 121,7 m à 122,6 m, de 122,85 m à 123,25 m, de 123,75 m à 124,6 m et de 125 m à 125,15 m ;
- de 125,15 m à 127,7 m : 2,55 m de dolomie fine ou calcaire, rougeâtre de 126,2 m à 126,3 m ; intercalation calcaire à 125,25 m où l'on reconnaît en lame mince d'une part un microspar calcitique, finement grenu et d'autre part des plages plurimillimétriques de dolomie également calcitique et finement grenue distribuées dans un microspar calcitique et donnant à la roche une allure microbréchique ; fractures avec enduits et dendrites de pyrolusite de 125,15 m à 126,45 m ; vides de 125,4 m à 126 m et de 126,45 m à 126,9 m ;
- de 127,7 m à 130 m : 2,3 m de pertes et débris où l'on observe localement de la dolomie calcaire avec des pseudomorphoses blanches de fossiles et tout à la base du calcaire fin ;
- de 130 m à 130,25 m : 0,25 m de vide ;
- de 130,25 m à 131,25 : 1 m de calcaire dolomitique à *Stromatopores* massifs et *branchus* ; à 130,3 m, on reconnaît en lame mince un packstone à débris d'*Amphipora*, *Issinelles*, *Irrégularines* et *Calcisphères*, parcouru de fentes de retrait et caractéristique d'un milieu lagunaire ;
- de 131,25 m à 132,1 m : 0,85 m de calcaire subnoduleux, contenant quelques *Stromatopores branchus* au sommet ;
- de 132,1 m à 134,45 m : 2,35 m de vide sauf de 133,45 m à 133,65 m où il y a du calcaire fin ;
- de 134,45 m à 134,8 m : 0,35 m de calcaire en débris ;
- de 134,8 m à 136,2 m : 1,4 m de vide sauf un gros *Caliapora battersbyi* entre 135,5 m et 135,6 m ;
- de 136,2 m à 136,4 m : 0,2 m de dolomie calcaire, liée à une fracture ; altération limonitique sur les deux premiers cm ;

- de 136,4 m à 137,4 m : 1 m de dolomie ; la roche est gréseuse de 136,8 m à 137 m et contient de 136,45 m à 136,5 m une géode à cristaux centimétriques de dolomie avec métasomatose hématitique d'un centimètre d'épaisseur aux parois ;
- de 137,4 m à 138,75 m : 1,35 m de vide ;
- de 138,75 m à 139,2 m : 0,45 m de dolomie à nombreuses mouchetures blanches et localement des fantômes d'organismes constructeurs ; elle devient rougeâtre par métasomatose hématitique à proximité des vides de corrosion ;
- de 139,2 m à 140,4 m : 1,2 m de vide ;
- de 140,4 m à 142 m : 1,6 m de dolomie à nombreuses mouchetures blanches et fantômes de Stromatopores massifs, lamellaires et branchus ; en lame mince, on reconnaît à 141,05 m une dolomie finement grenue et bioturbée à nodules formés de cristaux millimétriques de calcite et de dolomite correspondant aux fantômes de Stromatopores.

### III. CORRELATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES

#### III.A. La Formation de Nèvremont (Figure 3)

Seule la partie supérieure de la Formation de Nèvremont a été reconnue dans le fond des sondages de Membach 2 et 3, sur respectivement 20 et 28 mètres d'épaisseur. Il s'agit essentiellement de calcaires fins, caractéristiques d'un milieu lagunaire et contenant localement des Stromatopores, Rugueux et Tabulés variés, mais très dispersés et parfois associés à des Stringocéphales. Il convient en particulier de signaler à 125,2 et 129,5 mètres dans Membach 2 ainsi qu'à 189,8 mètres dans Membach 3 la présence d'oncoïdes à Codiacées représentées surtout par des *Bevocastrina* accompagnés d'*Ortonella* et d'*Hedstroemia*. Un faciès analogue à celui des forages affleure sporadiquement en surface au point 3 de la figure 19 in M. COEN-AUBERT (1974) et aussi au point 20 de la figure 2 où l'on retrouve le niveau d'oncoïdes.

Toutes ces couches des sondages de Membach diffèrent des observations faites en surface plus à l'ouest, dans la partie centrale du Massif de la Vesdre, par leur caractère très peu construit. En effet, selon M. COEN-AUBERT (1974), la partie supérieure de la Formation de Nèvremont est très riche en organismes récifaux à Pepinster et dans le forage d'Ensival ; ceux-ci restent reconnaissables aux Surdents, malgré la dolomitisation intense.

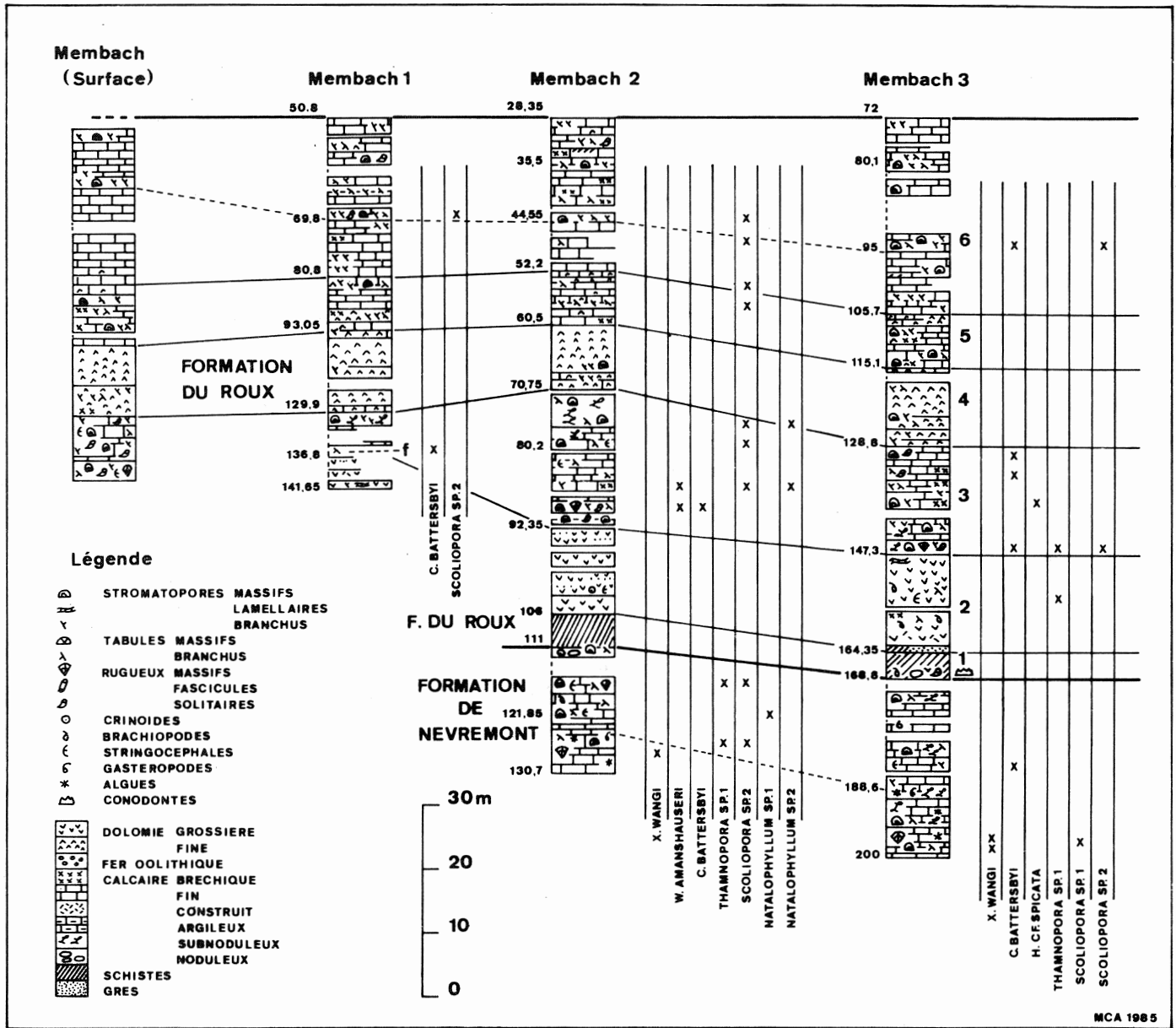


Figure 3. Logs comparatifs du Givetien de Membach (surface et sondages) dessinés en stampe normale avec la répartition des Rugueux et Tabulés. Les cotes mentionnées à gauche des logs sont celles des profondeurs des sondages.

### III.B. La Formation du Roux (Figures 3 et 4a,b)

Dans les sondages de Membach, la Formation du Roux est caractérisée par la succession de six unités lithologiques. Ce sont de bas en haut :

1. 4,05 à 5 mètres de schistes;
2. 13,65 à 15,4 mètres de dolomie parfois gréseuse à fantômes de Stromatopores ;
3. 16,75 à 21,6 mètres de calcaire contenant éventuellement des organismes constructeurs ;
4. 10,25 à 12,6 mètres de dolomie fine ;
5. 8,3 à 8,65 mètres de calcaire, voire de dolomie caractérisés par un double épisode construit ;
6. 23,85 à 30,45 mètres de calcaire surtout fin dans le tiers inférieur et comportant un certain nombre d'intercalations récifales dans les deux tiers supérieurs.

Seules les quatre dernières unités affleurent en surface à Membach. Comme les deux premières ne sont pas non plus exposées à Goé, il faut les comparer directement aux coupes plus occidentales de Pepinster, Ensival et des Surdents. Dans ces trois localités, la Formation du Roux débute par quelques mètres de grès fin, parfois dolomitique ou de schistes, qui sont surmontés immédiatement par les calcaires de la troisième unité. Il faut donc bien admettre que cet épisode terrigène s'est considérablement développé à Membach où il commence typiquement par les schistes de la première unité et se poursuit en quelque sorte par les dolomies de la seconde. Celles-ci sont souvent riches en fantômes de Stromatopores lamellaires et branchus comme c'est le cas dans Membach 3 et dans une moindre mesure dans Membach 1 où l'on n'a que leur sommet. Cependant, on y observe aussi des débris de Crinoïdes et surtout de Brachiopodes dont les Stringocéphales ; en outre, on y voit l'un ou l'autre lit gréseux. On peut donc penser que cette masse de dolomie constitue un équivalent latéral, très épaissi des quelques mètres de grès fin, parfois dolomitique, qui caractérisent la base de la Formation du Roux plus à l'ouest. Aux Surdents d'ailleurs et comme l'a souligné M. D'HEUR (1970, p. 514), on y aperçoit déjà deux intercalations construites à Stromatopores et Rugueux massifs dont l'une lenticulaire.

Dans les sondages de Membach, la troisième unité présente également une augmentation sensible de puissance par rapport aux Surdents où elle est réduite à 8,5 mètres d'épaisseur ; dans Membach 1 cependant, ces calcaires sont manifestement tronqués par une faille. Pour le reste et contrairement aux coupes plus occidentales, les Stromatopores, Rugueux et Tabulés quoique très variés s'y rencontrent à l'état dispersé dans des calcaires souvent lagunaires, sauf à la base où existe un niveau plus typiquement construit. Comme c'est le cas généralement, c'est dans cette unité qu'on note les derniers Stringocéphales.

Comme partout ailleurs dans le Massif de la Vesdre, on a



ensuite avec la quatrième unité un épisode de dolomie fine à rares lits d'*Amphipora* dans le sondage de Membach 2 où la succession est tout à fait comparable à celle reconnue en surface. Dans Membach 1, les *Amphipora* sont également présents à 95 mètres, dans une dolomie fine, riche en pseudomorphoses de cristaux de gypse (pl. I, fig. 5 et 6), ce qui témoigne à la fois des conditions extrêmes de salinité que peuvent supporter ces Stromatopores branchus et du caractère évaporitique de ces couches. Dans Membach 3, ces intercalations à *Amphipora* accompagnés éventuellement de *Stachyodes*, Stromatopores massifs et *Scoliopora* sont plus nombreuses.

Si la cinquième unité est entièrement calcaire en surface, elle contient l'un ou l'autre niveau de dolomie fine dans les forages. Dans ceux de Membach 1 et 3, elle se compose d'un double épisode construit (fig. 4a), semblable à celui connu aux affleurements. Dans Membach 2 par contre, ces organismes récifaux sont nettement moins abondants.

Quant à la sixième unité entièrement calcaire et souvent lagunaire, elle montre surtout dans sa partie supérieure beaucoup plus d'intercalations construites (fig. 4b) dans les sondages qu'en surface. Comme dans l'unité précédente, il s'agit d'une faune peu diversifiée, analogue à celle de la quatrième et indiquant un milieu confiné.

Comparativement aux coupes plus occidentales du Massif de la Vesdre, toute cette unité lithostratigraphique, étudiée dans les sondages de Membach se caractérise par un épaississement général et par la régression déjà soulignée par M. COEN-AUBERT (1974, p. 84) des dolomies fines, limitées à la quatrième unité. De ce fait, elle commence à s'écarter du faciès typique de la Formation du Roux pour se rapprocher peu à peu de celui de la Formation de Fromelennes.

### III.C. La Formation de Nismes (Figure 5)

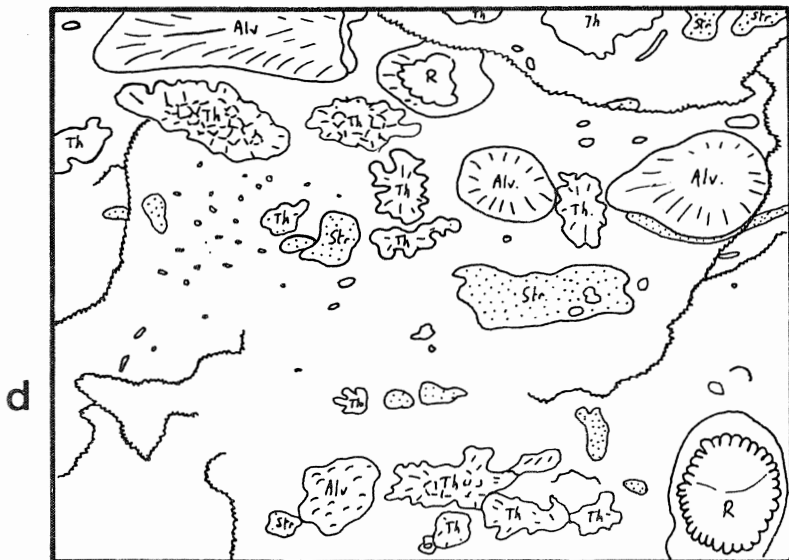
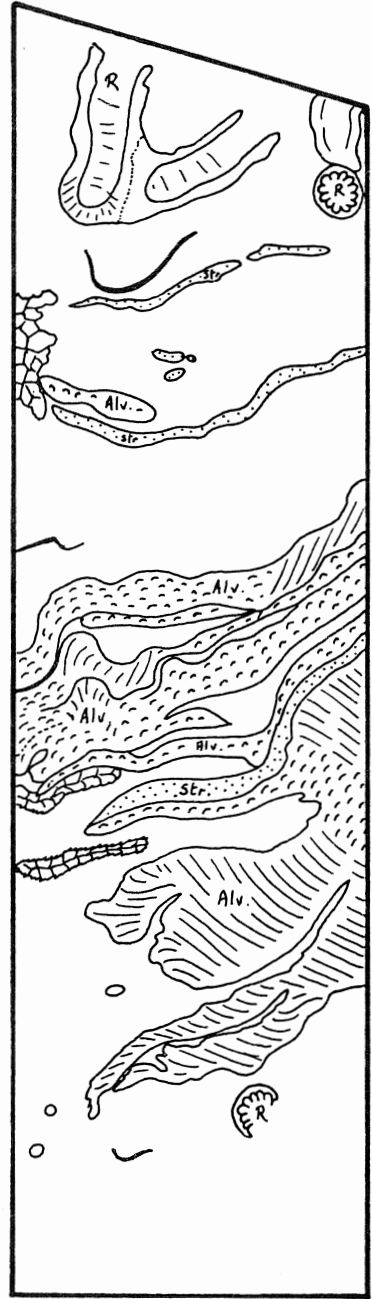
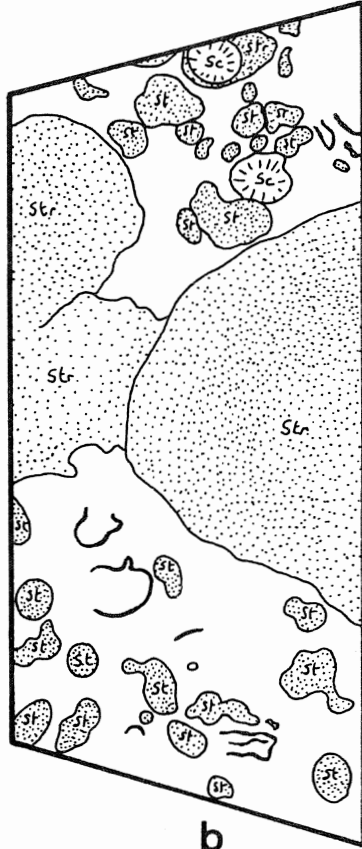
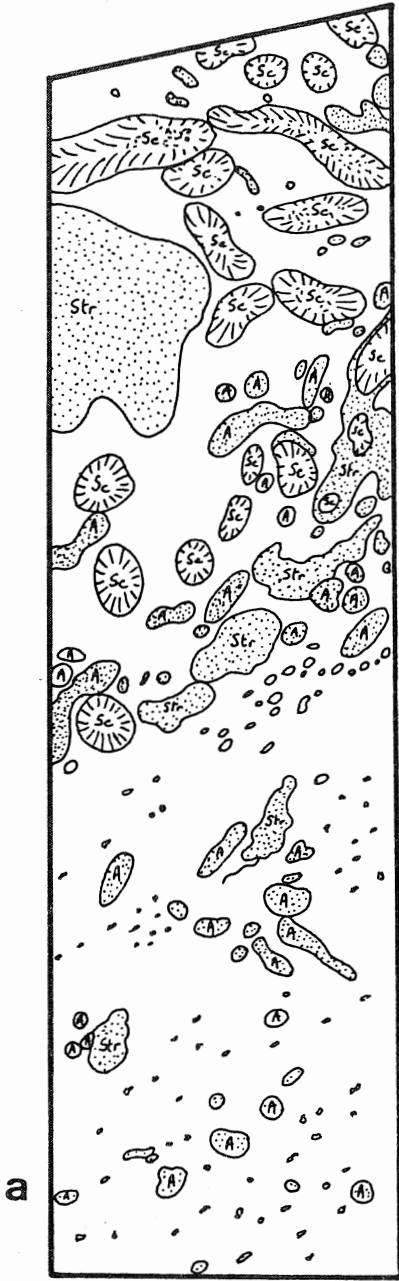
Épaisse de 5,8 à 6,55 mètres, la Formation de Nismes se compose surtout de schistes. Elle contient cependant au début, dans les sondages de Membach 1 et 3, un peu de calcaire argileux à *Disphyllum* et *Alveolites* et au sommet, dans ceux de Membach 1 et 2, un peu de dolomie argileuse et de calcaire bioclastique. Cette séquence fort semblable à celle de Goé en diffère cependant par l'absence totale d'oolithes ferrugineuses à la base. Aux Surdents par contre, on observe à peine 1,8 mètres de dolomie grossière, comportant deux minces lits d'hématite oolithique et passant vers le haut à du calcaire argileux à Brachiopodes et Crinoïdes. Cette série très réduite appartient à la Formation de Presles dont la coupe type a été décrite par M. COEN (1976, p. 70).

Quoique peu épaisse, l'unité lithostratigraphique reconnue dans les sondages de Membach peut être attribuée à la Formation de Nismes en raison de son faciès essentiellement schisteux ; d'un point de vue sédimentologique, elle témoigne dès la base d'une importante ouverture du milieu marin.

Figure 4.

- a. Membach 1 à 89,2 mètres : faciès dolomitique à *Scoliopora* et *Amphipora* ;  
cinquième unité de la Formation du Roux.
  
- b. Membach 3 à 80,2 mètres : faciès dolomitique à Stromatopores globuleux,  
Stromatopores branchus et *Scoliopora* ; sixième unité de la Formation du  
Roux.
  
- c. Membach 1 à 43,4 mètres : calcaire fin à Alvéolitides lamellaires et  
Rugueux fasciculés ; première unité de la Formation de Lustin.
  
- d. Membach 3 à 21,3 mètres : calcaire foncé et bioclastique à Rugueux,  
Stromatopores et *Thamnopora* ; sixième unité de la Formation de Lustin.

Légende de la figure : Alv. = Alvéolitide  
A. = *Amphipora*  
R. = Rugueux  
Sc. = *Scoliopora*  
St. = *Stachyodes*  
Str. = Stromatopore  
Th. = *Thamnopora*



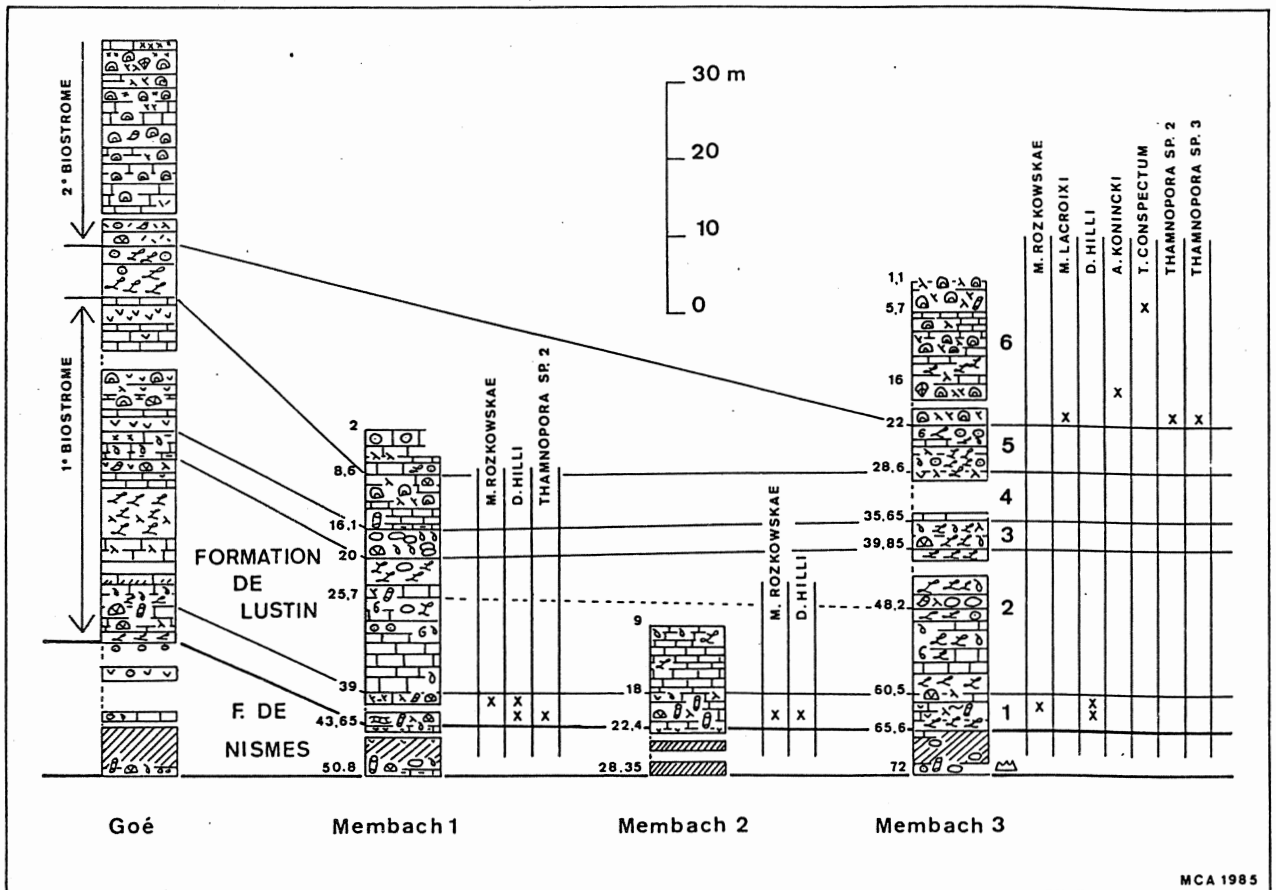


Figure 5. Logs comparatifs du Frasnien de Goé et des sondages de Membach dessinés en stampe normale avec la répartition des Rugueux et Tabulés. Les cotes mentionnées à gauche des logs sont celles des profondeurs des forages. Pour la légende, voir la figure 3.

III.D. La Formation de Lustin (Figures 4c, d et 5)

Recoupée seulement en partie par les sondages, la Formation de Lustin est subdivisée en six unités lithologiques qui sont de bas en haut :

1. 4,25 à 4,6 mètres de calcaires coralliens ;
2. 17,5 à 18,65 mètres de calcaire fin et foncé, souvent subnoduleux ;
3. 3,6 à 3,75 mètres de calcaire argileux à Brachiopodes ;
4. 6,35 à 6,95 mètres de calcaire fin ou construit et de dolomie ;
5. 5,95 mètres de calcaire subnoduleux et crinoïdique ;
6. 18,6 mètres de calcaire construit.

Vu l'absence d'affleurements à Membach, il convient de comparer cette succession à celle de Goé où malheureusement elle n'est exposée que dans la coupe tectonisée au point 9 in M. COEN-AUBERT (1974, p. 77). Ainsi l'épisode corallien de la première unité (fig. 4c), riche en *Disphyllum*, *Alveolites* et *Thamnopora* a été observé à la base de cet affleurement ainsi qu'au sommet du point 7 de Goé. De même, les deuxième et troisième unités sont reconnaissables dans cette localité avec des puissances et des faciès comparables à ceux des forages de Membach. Dans ceux-ci, on note dans la seconde unité des faciès de lagon calme avec localement des Brachiopodes, Crinoïdes ou Gastéropodes et de rares Coraux. Dans le sondage de Membach 1, la troisième unité est typiquement représentée par des calcaires noduleux à Brachiopodes, caractéristiques d'un milieu marin, ouvert et remanié ; dans Membach 3, il s'agit seulement de calcaires coquilliers.

C'est avec la quatrième unité que les raccords sont les plus délicats avec l'affleurement tectonisé du point 9 de Goé. M. COEN-AUBERT (1974, p. 77) y signale en effet une épaisse série où alternent de la dolomie, des bancs construits à Stromatopores massifs et des calcaires fins. Dans le sondage de Membach 1, qui est le seul à présenter une succession complète dans cette unité, on observe à peine 6,95 mètres de calcaire fin, plus ou moins lagunaire, ou construit par de petits Stromatopores massifs. Dans celui de Membach 3 par contre, où existe surtout du vide à ce niveau, on voit un peu de dolomie au sommet.

Avec les calcaires subnoduleux et plus ou moins crinoïdiques de la cinquième unité, témoignant d'une réouverture du milieu marin, les corrélations sont à nouveau aisées avec la coupe de Goé. Ce sont ces couches que M. COEN-AUBERT (1974) a attribué au "F2ef", car elles marquent en cet endroit la séparation entre les deux biostromes qui constituent la Formation de Lustin.

On retrouve en effet dans la sixième unité du sondage de Membach 3 le faciès typique du début de la première phase récifale du "F2gh" représentée comme à Goé par des calcaires construits, riches en Stromatopores massifs et branchus, associés à divers Rugueux et Tabulés (fig. 4d) et interrompus par l'une ou l'autre intercalation de calcaire fin et lagunaire.

Ces corrélations dans l'ensemble satisfaisantes entre les sondages de Membach et la région de Goé confirment pour la Formation de Lustin l'évolution notée par M. COEN-AUBERT (1974, p. 80). En effet, entre Les Surdents et ces deux localités, toute la partie inférieure de l'unité lithostratigraphique, qui correspond au premier biostrome, subit à la fois une certaine augmentation de puissance et d'importants changements de faciès. Ceux-ci sont dus essentiellement à la disparition du caractère récifal de l'ensemble ; à Goé et à Membach, il s'agit le plus souvent de calcaires foncés et bioclastiques dont non seulement le niveau du Marbre Sainte-Anne des auteurs est absent, mais dont les seules manifestations construites se limitent aux Coraux de la première unité et aux Stromatopores massifs de la quatrième. D'après M. COEN-AUBERT (1970), ce faciès apparaît déjà sporadiquement dans la partie supérieure du premier biostrome des Surdents, à l'est de la faille de Renoupré. Avec le développement de ces calcaires foncés et bioclastiques à Goé et à Membach, la Formation de Lustin reste reconnaissable en tant qu'unité lithostratigraphique, entièrement calcaire, mais la distinction entre un membre récifal à la base et un membre lagunaire au sommet devient aléatoire.

#### IV. CONTEXTE SEDIMENTOLOGIQUE

Le contexte sédimentologique est déduit de l'étude des microfaciès. Une vingtaine de lames minces ont été réalisées dans le but de caractériser les divers faciès carbonatés rencontrés et de les intégrer à une étude plus générale (C. CNUDE in : DEJONGHE *et al.*, 1982) des microfaciès du bassin sédimentaire de la région de Verviers au Givetien et au Frasnien. Dans la partie occidentale du bassin, une lame mince au moins a été taillée dans chaque banc. Ces investigations nous ont permis de définir, banc par banc, les milieux de dépôts et leur évolution. Dans les calcaires des Formations du Roux, de Nismes/Presles et de Lustin, deux environnements principaux alternent verticalement dans le temps et latéralement, dans le bassin de sédimentation. Ce sont :

1. un environnement lagunaire, plus ou moins restreint, caractérisé par les microfaciès suivants :

- calcaire à Algues scalariformes
- calcaire à Girvanelles et Codiacées
- calcaire à *Amphipora*
- calcaire pelloïde
- calcaire à Gastéropodes
- calcaire à Umbelles
- calcaire microcristallin
- calcaire microbréchiqque
- calcaire straticulé
- calcaire stromatolithique
- calcaire à birdseyes

Les quatre derniers témoignent du caractère confiné du lagon. Ces calcaires sont fréquemment bioturbés.

2. un environnement périrécifal caractérisé par la présence (floatstone), voire l'abondance (rudstone) de débris de Coraux et de Stromatopores dans les calcaires (packstones) à microflore et microfaune d'origine lagunaire.

Un troisième type d'environnement est plus rarement observé. Il est également caractérisé par la présence ou l'abondance de Coraux et de Stromatopores, mais ceux-ci se sont déposés dans un milieu qui n'est plus caractérisé par la présence de bioclastes d'origine lagunaire (devenus rares) mais par celle de Brachiopodes et de Crinoïdes, témoignant de l'ouverture du lagon vers un milieu plus ouvert.

Ces divers environnements de dépôt ont été rencontrés dans le sondage de Membach 1. La description des lames est intégrée à la description du sondage. Leur étude a permis de confirmer le caractère lagunaire des calcaires fins de la Formation du Roux et de la Formation de Lustin et apporte des renseignements quant à la composition faunistique et clastique de la fraction fine. Ces calcaires sont caractérisés par la présence ou l'abondance d'une matrice micritique et de certains micro-organismes (Issinelles, Calcisphères, Spongiostromates, ....), de pellets et/ou de

lumps, déposés soit dans un milieu agité (microbrèches à éléments d'origine lagunaire, bioclastes brisés, ...) soit dans un milieu calme (présence de valves jointives d'Ostracodes ou présence de calcisphères et d'Umbellines qui seraient respectivement brisées ou dispersées au loin par le moindre courant).

De nombreux niveaux à débris de constructeurs ont été rencontrés dans le sondage. Les lames minces réalisées dans les niveaux calcaires ont permis de définir le milieu de dépôt des organismes. Il s'agit :

- soit d'un environnement lagunaire agité, qui s'est vu envahir par des débris de constructeurs provenant des récifs tout proches : c'est le cas pour les 3ème et 6ème unités de la Formation du Roux et pour les 2ème et 4ème unités de la Formation de Lustin ;
- soit d'un milieu plus ouvert, à débris de Brachiopodes et de Crinoïdes : c'est le cas de la base et du sommet de la Formation de Nismes et des 3ème et 5ème unités de la Formation de Lustin (\*).

Quelques lames minces ont été réalisées en bordure des niveaux dolomités de la Formation du Roux là où le microfaciès calcaire initial apparaît encore. Ces dolomies remplacent des calcaires de milieu confiné, lagunaire ou périrécifal. La dolomitisation envahit la matrice micritique, d'abord partiellement, puis complètement et s'attaque ensuite progressivement aux bioclastes (la dolomitisation incomplète est nettement visible dans les débris d'organismes récifaux). Cette dolomitisation est probablement étroitement liée à des phénomènes évaporitiques. En effet, des pseudomorphoses de gypse sont observées dans de la dolomie fine du sondage Membach 1, vers 95 m de profondeur (pl. I, fig. 5 et 6). En outre, les nodules de calcite blanche en "chou-fleur" compris dans les dolomies du sondage Membach 1, entre 99,4 m et 108,5 m, ont été interprétés par L. DEJONGHE (1985, p. 198) comme des pseudomorphoses d'anhydrite.

## V. DONNEES BIOSTRATIGRAPHIQUES

### V.A. Les Conodontes

Seules deux dissolutions ont fourni des résultats intéressants sur le plan biostratigraphique. Tout d'abord, *Icriodus latecarinatus*, *I. eslaensis* et *Polygnathus pseudofoliatus* ont été trouvés à 168,5 mètres dans le sondage de Membach 3, au début de la Formation du Roux. D'après P. BULTYNCK & M. COEN (1982, fig. 1), cette microfaune est caractéristique du membre inférieur de la Formation de Fromelennes dans la région de Givet, ce qui permet de conclure au synchronisme des bases de ces deux unités

---

(\*) Notons qu'aucune lame mince n'a été effectuée dans la première unité.

lithostratigraphiques.

Dans le même forage, mais à 70,5 mètres, soit près de la limite inférieure de la Formation de Nismes, ont été récoltés de jeunes *Ancyrodella gigas* et *A. rotundiloba*. Il s'agit donc déjà du début de la zone à *Polygnathus asymmetricus* moyenne apparaissant selon M. COEN (1975) dans la barre calcaire "F2c", le long de la bordure orientale du Bassin de Dinant. Nous avons ici une nouvelle preuve du diachronisme déjà mis en évidence par M. COEN (1975, p. 99) de la transgression de la base du Frasnien qui est de plus en plus tardive au fur et à mesure qu'on progresse vers le nord. Ainsi à Faulx-les-Tombes, au bord sud du Bassin de Namur, *Ancyrodella gigas* avait déjà été signalé dans la Formation de Presles, par M. COEN-AUBERT & D. LACROIX (1979, p. 276).

#### V.B. Les Rugueux (Figures 3 et 5)

De beaux échantillons de Rugueux n'existent que localement dans les sondages de Membach. Aussi ne permettent-ils que certaines corrélations biostratigraphiques, complétant harmonieusement celles obtenues par Conodontes.

Ainsi quelques *Xystriphyllum wangi* (TSIEN, H.H., 1978) ont été observés dans la Formation de Nèvreumont, au fond des sondages de Membach 2 et 3. D'après M. COEN-AUBERT (1980, p. 30), cette espèce se rencontre sporadiquement dans le Membre du Mont d'Hairs de la Formation de Charlement, au bord sud du Bassin de Dinant et dans la partie supérieure de la Formation de Nèvreumont au bord nord de la même entité. Elle y est assez souvent associée à *Wapitiphyllum amanshauseri* (GLINSKI, A., 1955), mais ce taxon n'a été reconnu que dans le forage de Membach 2, dans la troisième unité de la Formation du Roux. Celui-ci est cependant très fréquent à ce niveau dans les coupes de Pepinster et des Surdents ainsi que dans les premiers bancs calcaire du membre moyen de la Formation de Fromelennes à Philippeville. A Membach, le reste de la Formation du Roux ne contient que quelques Rugueux solitaires dont des *Temnophyllum*.

Les calcaires coralliens de la première unité de la Formation de Lustin sont par contre riches en Rugueux représentés dans les trois sondages par *Disphyllum hilli* TSIEN, H.H., 1970 et *Macgeea rozkowskiae* COEN-AUBERT, M., 1982. Selon H.H. TSIEN (1970), la première espèce est caractéristique du calcaire stratifié "F2c" au bord sud du Bassin de Dinant. D'après M. COEN-AUBERT (1982, p. 18), la seconde se rencontre non seulement dans ce niveau, voire un peu plus bas, mais aussi au début de la Formation de Lustin, au bord nord du Bassin de Dinant. A Huccorgne, elle subsiste probablement plus tard, car M. COEN-AUBERT & D. LACROIX (1985, p. 124) l'ont signalée au-dessus de la première masse de dolomie de la Formation de Bovesse.

Il faut passer ensuite à la sixième unité de la Formation de Lustin



recoupée par le sondage de Membach 3 pour avoir encore quelques occurrences intéressantes, à savoir celles de *Macgeea lacroixi* COEN-AUBERT, M., 1982, *Tabulophyllum conspectum* TSIEN, H.H., 1977 et *Argustastrea konincki* (ROEMER, F.A., 1855). La première espèce a été récoltée par M. COEN-AUBERT (1982, p. 127), dans la partie supérieure du membre récifal de la Formation de Lustin, au bord nord du Bassin de Dinant, au bord sud du Bassin de Namur et dans le Massif de la Vesdre. D'après le même auteur (p. 38), *Tabulophyllum conspectum* se rencontre dans les schistes "F2ef" de l'Entre-Sambre-et-Meuse et du Massif de Philippeville ainsi qu'au sommet du membre récifal de la Formation de Lustin, au bord nord du Bassin de Dinant. Habituellement, ce taxon est accompagné de *Hexagonaria mirabilis* (MOENKE, M., 1954), mais dans Membach 3, on observe déjà à une cote légèrement inférieure *Argustastrea konincki* (ROEMER, F.A., 1855). Selon M. COEN-AUBERT (1982, p. 9), cette dernière espèce est très fréquente dans le membre lagunaire de la Formation de Lustin au bord nord du Bassin de Dinant, au bord sud du Bassin de Namur et dans le Massif de la Vesdre ainsi que dans la majeure partie du biostrome "F2h" des localités plus méridionales. Il en résulte que ces trois Rugueux de Membach 3 reconnus dans la sixième unité de la Formation de Lustin constituent une faune de transition confirmant l'attribution de ces couches à la base du second biostrome ou biostrome "F2gh".

#### V.C. Les Tabulés (Figures 3, 5, 6 à 10 et planche I)

La faune des Tabulés rencontrée dans le Givetien et le Frasnien des sondages de Membach est riche en individus et assez variée ; neuf espèces y ont été reconnues, rapportées aux cinq genres suivants : *Caliopora* SCHLUTER, C., 1889, *Thamnopora* STEININGER, J., 1831, *Scoliopora* LANG, W.D., SMITH, S & THOMAS, H.D., 1940, *Natalophyllum* RADUGIN, K.V., 1938 et *Hillaepora* MIRONOVA, N.V., 1960. Il nous a semblé préférable de laisser la plupart de ces espèces en nomenclature ouverte, car la question des identifications spécifiques doit être considérée dans un contexte plus vaste, après l'étude des types des espèces anciennes et d'un matériel plus diversifié. Aussi nous contenterons-nous ici d'une description succincte, accompagnée de brefs commentaires.

#### *Caliopora battersbyi* (MILNE-EDWARDS, H. & HAIME, J., 1851 ; figures 9a, b)

L'espèce est abondamment représentée par des colonies globuleuses de taille variable, souvent voisine de 20 mm, mais qui peut atteindre 50 mm, voire plus. Le trait caractéristique est le développement de fortes squamules opposées dans les polypiérites voisins et alternant dans un même polypiérite.

Cette espèce fera l'objet d'une description détaillée dans le cadre d'une révision générale entreprise en collaboration avec K. GOODGER, C. IVEN & B. MISTIAEN. Elle est connue dans le Bassin de Dinant, au niveau des membres des Terres d'Haus et du Mont d'Haus ainsi que dans le membre

inférieur et à la base du membre moyen de la Formation de Fromelennes ; on trouve également *C. battersbyi* dans les niveaux équivalents du Bassin de Namur et du Massif de la Vesdre, à savoir la partie supérieure de la Formation de Nèvreumont et la partie inférieure de la Formation du Roux. Dans les sondages de Membach, on la rencontre dans la Formation de Nèvreumont et surtout dans la troisième unité de la Formation du Roux ; dans Membach 3, elle subsiste localement dans la sixième unité de cette formation, ce qui constitue une des occurrences les plus élevées de l'espèce en Belgique.

*Thamnopora* sp. 1 (Figures 6a, b)

Le matériel consiste en fragments de rameaux dont le diamètre proche de 5 mm excède rarement 6 mm. Les polypiérites d'inégalité variable présentent un diamètre compris entre 0,2 mm et 1,4 mm, souvent voisin de 0,8 mm ; ils s'élargissent nettement vers l'extérieur. L'épaisseur des parois passe de 0,12 mm dans la zone axiale des branches à 0,5 mm en périphérie de celles-ci. La conservation généralement médiocre des spécimens ne permet guère d'observations complémentaires.

Des formes très comparables, non encore décrites, ont été récoltées en abondance dans le membre inférieur de la Formation de Fromelennes à Fromelennes ainsi qu'à la base de la Formation du Roux à Erquelines, au bord nord du Bassin de Dinant ; on en trouve également dans le membre du Mont d'Hairs et dans le membre du Fort Hulobiet de la Formation de Fromelennes, où elles sont plus rares. Dans les sondages de Membach, elles se rencontrent au sommet de la Formation de Nèvreumont et dans les deuxième et troisième unités de la Formation du Roux. Elles ne semblent se rapporter à aucun taxon décrit et constituent probablement une nouvelle espèce.

*Thamnopora* sp. 2 (Figure 7)

Il s'agit de branches de diamètre voisin de 6 mm, constituées de polypiérites dont le diamètre varie entre 0,8 mm et 1,3 mm, plus souvent entre 1 mm et 1,2 mm. L'épaisseur proximale des parois est proche de 0,2 mm ; l'épaississement périphérique atteint 0,6 mm, voire un peu plus et se marque surtout au niveau de la lèvre supérieure des calices. Ces derniers s'ouvrent fort obliquement à la surface des rameaux, par suite du rabattement très faible des polypiérites vers l'extérieur.

Cette espèce présente dans la Formation de Lustin des sondages de Membach se distingue de la précédente par la plus grande taille de ses polypiérites et l'obliquité plus marquée de ses calices ; l'ensemble de ses caractères permet de la rapprocher de *Thamnopora polyforata* (VON SCHLOTHEIM, E.F., 1820), dont nous avons revu les types ; elle est également

fort comparable à certains *Thamnopora dubia* (DE BLAINVILLE, H., 1830) décrits par M. LECOMPTE (1939, pl. XVIII, fig. 10), du Givetien moyen d'Olloy. L'ensemble de ces formes, dont la situation systématique est passablement confuse, est en cours de révision.

*Thamnopora* sp. 3 (Figure 8)

L'espèce est abondamment représentée à la base de la sixième unité de la Formation de Lustin dans le sondage de Membach 3 ; elle consiste en grands rameaux de diamètre supérieur à 10 mm et pouvant atteindre 15 mm, voire plus. Les polypiérites atteignant souvent 1,5 mm de diamètre dans la zone axiale des branches s'élargissent considérablement en périphérie de celles-ci, jusqu'à des valeurs proches de 2,5 mm. Les parois d'épaisseur proximale, comprise entre 0,2 mm et 0,3 mm se renforcent distalement de manière irrégulière. Les pores fréquents ont un diamètre voisin de 0,25 mm. On observe localement le développement de squamules minces et tortueuses.

Ces formes facilement reconnaissables par leurs grandes dimensions sont nettement à rapprocher des *Thamnopora boloniensis* (GOSSELET, J., 1877) figurés par M. LECOMPTE (1939, pl. XVII, fig. 1-24) du Frasnien de Boussu en Fagne. Toutefois, l'absence actuelle d'étude détaillée sur les *Thamnopores* du Frasnien de Ferques, localité-type de l'espèce, ne permet pas d'employer ce nom spécifique en toute confiance.

*Scoliopora* sp. 1 (Planche I, figure 1)

Le matériel peu abondant et provenant de la Formation de Nèvremont du sondage de Membach 3 se présente sous forme de rameaux de diamètre voisin de 10 mm ; la zone axiale de ceux-ci est constituée de polypiérites polygonaux d'un diamètre proche de 0,5 mm, aux parois minces. En périphérie des branches, on observe un léger élargissement des polypiérites, accompagné d'un épaissement marqué des parois qui atteignent 0,3 mm et plus. L'appareil septal semble peu développé.

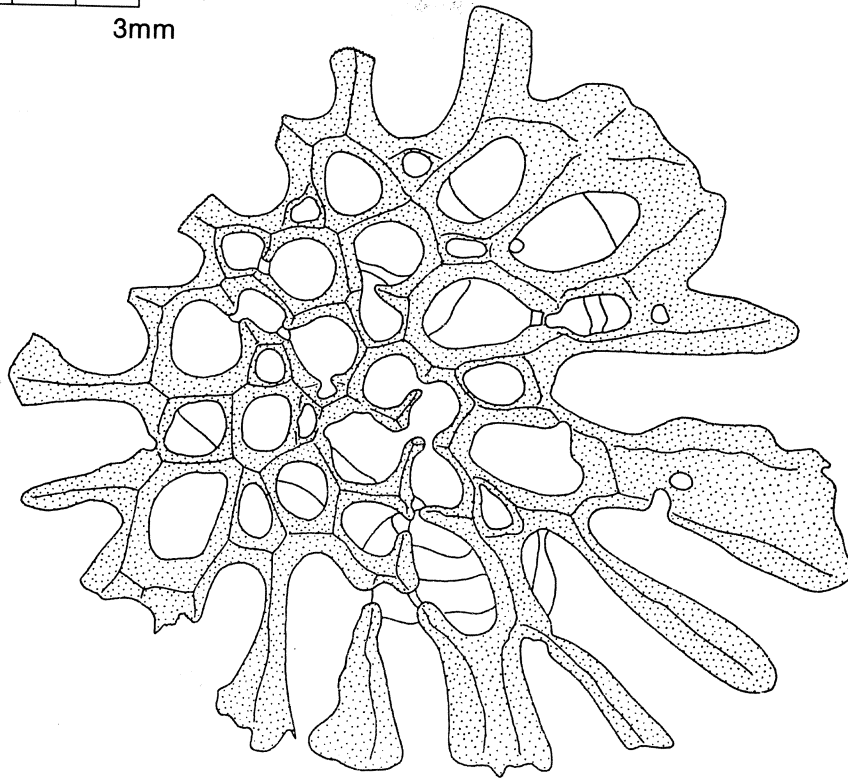
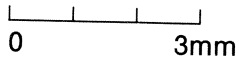
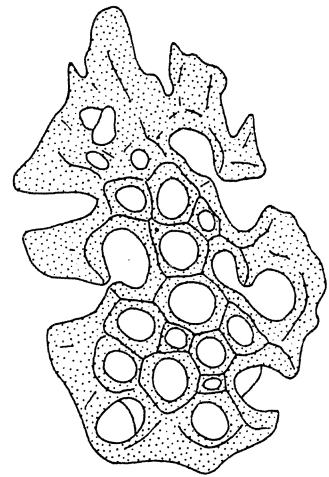
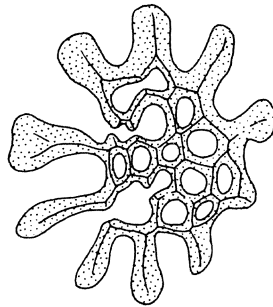
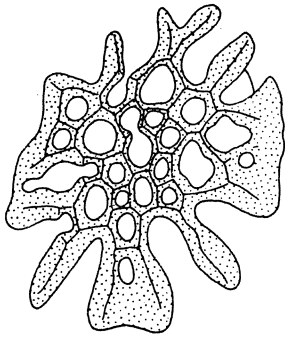
*Scoliopora* sp. 2 (Planche I, figure 2)

Cette forme largement répartie au sommet de la Formation de Nèvremont et surtout dans toute la Formation du Roux des sondages de Membach montre des aspects très variables : il s'agit essentiellement de petits rameaux de diamètre voisin de 7 mm ; quelques branches atteignent cependant 10 mm. Les polypiérites de taille proche de 0,5 mm sont caractérisés par des parois épaisses dès la zone axiale des colonies ; en périphérie de celles-ci, les parois s'épaississent considérablement pour former un manchon quasi continu.

6a

6b

7



8

Figure 6a, b. *Thamnopora* sp. 1 - Membach 3 à 147,2 mètres (U.C.L. 15.631)  
Formation du Roux.

Figure 7. *Thamnopora* sp. 2 - Membach 1 à 42,3 mètres (U.C.L. 15.619),  
Formation de Lustin.

Figure 8. *Thamnopora* sp. 3 - Membach 3 à 21,3 mètres (U.C.L. 15.627),  
Formation de Lustin.

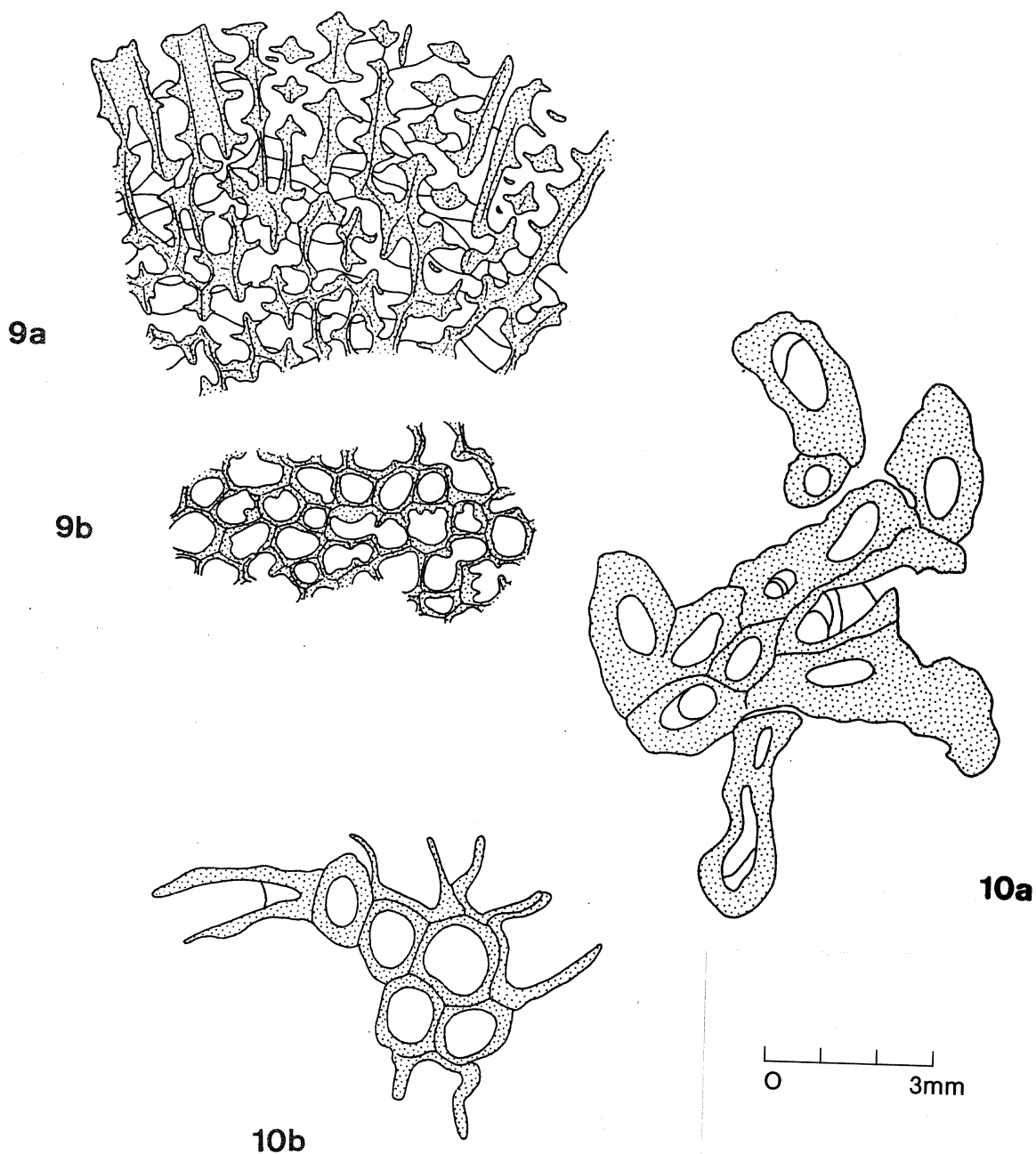


Figure 9a, b. *Caliapora battersbyi* - Membach 3 à 134,5 mètres (U.C.L. 15.474), Formation du Roux.

Figure 10a, b. *Hillaepora* cf. *spicata* - Membach 3 à 138,8 mètres (U.C.L. 15.629), Formation du Roux.

Planche I

Tous les échantillons sont représentés au grossissement X 3.

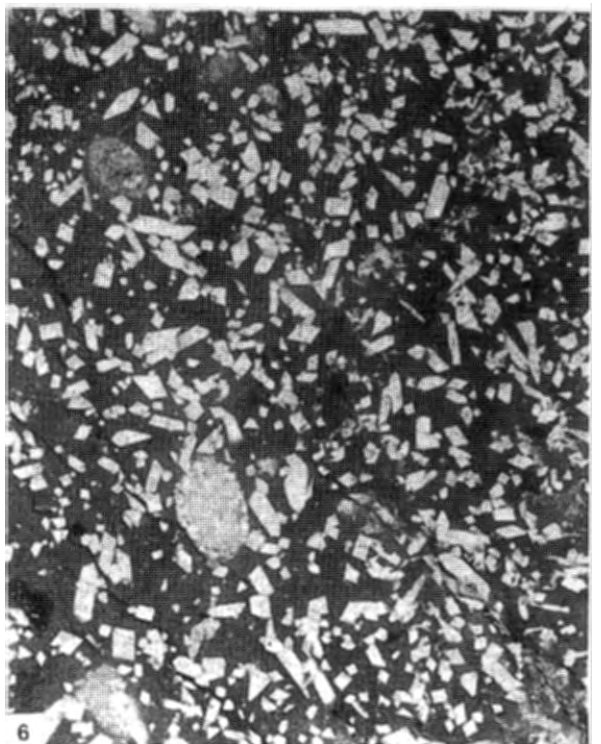
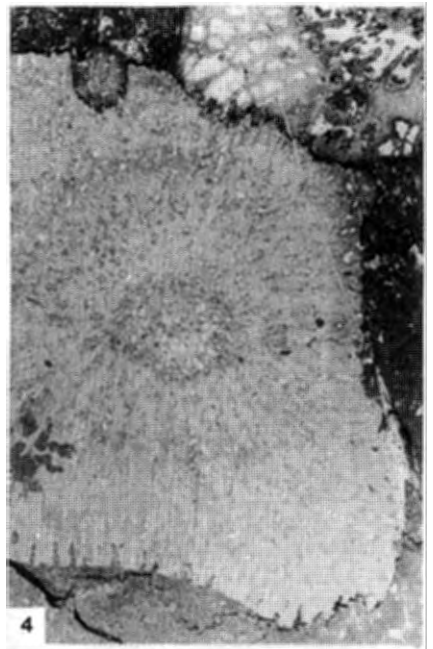
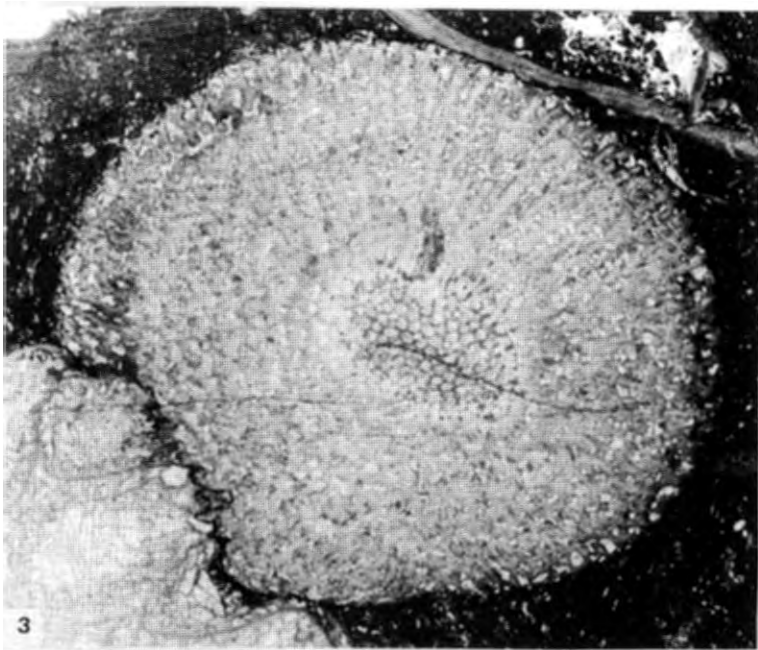
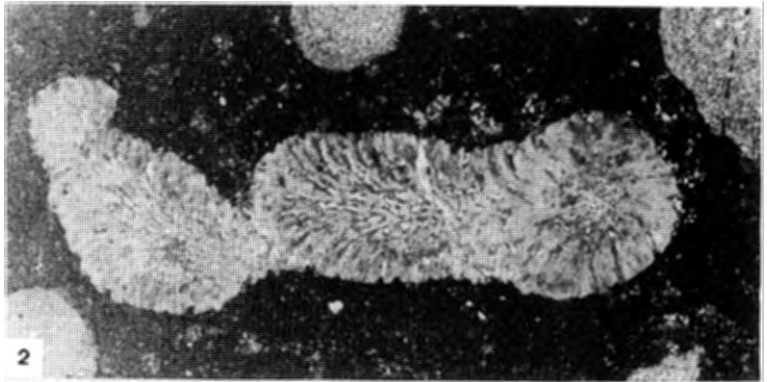
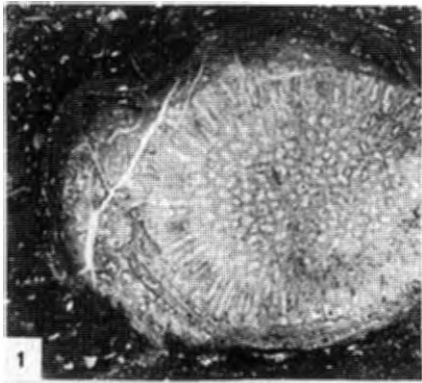
Figure 1. *Scoliopora* sp. 1 - Membach 3 à 198,6 mètres (U.C.L. 15.634),  
Formation de Nèvreumont.

Figure 2. *Scoliopora* sp. 2 - Membach 2 à 43,6 mètres (U.C.L. 15.622),  
Formation du Roux.

Figure 3. *Natalophyllum* sp. 1 - Membach 2 à 121,6 mètres (U.C.L. 15.626),  
Formation de Nèvreumont.

Figure 4. *Natalophyllum* sp. 2 - Membach 2 à 85,6 mètres (U.C.L. 15.625),  
Formation du Roux.

Figures 5 et 6. Pseudomorphoses de cristaux de gypse dans une matrice  
finement dolomitique avec quelques fragments d'*Amphipora* -  
Membach 1 à 95 mètres (U.C.L. 15.621), Formation du Roux.



Ces deux espèces de *Scoliopora*, que distinguent essentiellement les épaisseurs des parois, s'intègrent sans doute dans *Scoliopora denticulata* (MILNE-EDWARDS, H. & HAIME, J., 1851) telle que la conçoit M. LECOMPTE (1939, pl. XX, fig. 1-7). Toutefois, cette espèce mal définie, entre autres par l'absence de type, demande une révision détaillée ; il est donc préférable de ne pas employer pour le moment ce nom spécifique.

*Natalophyllum* sp. 1 (Planche I, figure 3)

Il s'agit de fortes branches dont le diamètre excède souvent 20 mm ; la zone axiale, réduite à 1/5 du diamètre total de la branche est occupée par des polypiérites de diamètre compris entre 0,5 mm et 0,6 mm, aux parois minces. Au sortir de cette zone, les polypiérites s'incurvent brusquement et poursuivent une course quasi rectiligne en s'élargissant quelque peu jusqu'à atteindre 0,8 ou 0,9 mm de diamètre en périphérie. Cet imposant manchon de polypiérites rabattus est caractérisé également par des parois épaissies et des planchers resserrés. Le diamètre des pores est proche de 0,15 mm et leur écartement varie de 0,4 mm à 0,6 mm.

L'espèce représentée au sommet de la Formation de Nèvremont dans le sondage de Membach 2 est fort proche de *Natalophyllum dubiensis* NOWINSKI, A., 1976 du Givetien supérieur de la région de Cracovie en Pologne ; toutefois, quelques différences morphologiques, telles que le débouché légèrement oblique des polypiérites en surface de nos spécimens, empêchent d'identifier pleinement les deux espèces.

*Natalophyllum* sp. 2 (Planche I, figure 4)

Cette espèce présente dans la troisième unité de la Formation du Roux du sondage de Membach 2 se distingue de la précédente par ses rameaux de plus faible diamètre, ses polypiérites plus petits, qui ne dépassent guère 0,4 mm dans l'axe des colonies et 0,5 mm en périphérie de celles-ci, et par ses parois plus fortes dès la zone axiale des branches.

Ces caractères rapprochent nos spécimens de *Natalophyllum giveticum* RADUGIN, K.V., 1938 tel que le décrit A. NOWINSKI (1976, p. 71-72, pl. XIII, fig. 3, pl. XIV, fig. 1, pl. XV, fig. 3) du Givetien supérieur de la région de Cracovie.

*Hillaepora* cf. *spicata* (GOLDFUSS, G.A., 1826 ; figures 10a, b)

Dans le sondage de Membach 3, quelques fragments de rameaux mal conservés, provenant de la troisième unité de la Formation du Roux, sont



rapportés provisoirement à cette espèce ; ils sont caractérisés par une zone cérioïde, entourée d'une couronne plus ou moins développée de polypiérites fasciculés. L'épaisseur des parois est extrêmement variable, passant de 0,2 mm à 0,6 mm suivant les branches.

*Hillaepora spicata* très répandue dans la partie inférieure de la Formation de Charlemont au bord sud du Bassin de Dinant fera prochainement l'objet d'une description détaillée.

Il importe de remarquer que la faune de Tabulés comporte aussi des Auloporides, dont certains aux polypiérites jointifs peuvent être rapportés au genre *Mastopora* SOKOLOV, B.S., 1952, un fragment probable de *Remesia* KETTNER, R., 1934 et des Alvéolitides indéterminés, lamellaires, encroûtants ou branchus ; ceux-ci sont essentiellement présents dans la Formation de Nèvremont et dans la Formation de Lustin.

Signalons enfin la présence d'un *Heliolites* DANA, J., 1846 au sommet de la Formation de Nèvremont, dans le sondage de Membach 2. Il s'agit en effet d'une occurrence tardive de ce genre qu'habituellement on trouve encore de façon très sporadique dans la partie inférieure du Membre du Mont d'Hours, au bord sud du Bassin de Dinant.

## VI. LITHOGEOCHIMIE

Les données lithogéochimiques propres aux sondages de Membach sont extraites d'une étude plus générale des formations givetiennes et frasniennes des synclinoria de Verviers et de Namur (DEJONGHE, L., 1985). Les analyses ont été effectuées au Service géologique de Suède, par fluorescence de rayons X, sur une installation Rigaku de type Simultix VI permettant l'analyse simultanée de 27 éléments.

Parmi les trois sondages, seul le 136 W 1613 a été échantillonné de façon systématique. Dans le sondage 136 W 1616, quelques échantillons ont été prélevés au sommet de la Formation de Nèvremont non recoupée dans le sondage 136 W 1613. Quelques échantillons complémentaires ont aussi été prélevés dans la Formation de Lustin du sondage 136 W 1617. Au total, le nombre d'échantillons sélectionnés à Membach s'élève à 47.

Les profils géochimiques des trois sondages sont montrés aux figures 11 à 16. Les éléments majeurs sont présentés sous forme d'oxydes, tandis que les éléments mineurs et les traces sont figurés sous leur forme élémentaire. Les éléments majeurs sont exprimés en % ; les

éléments mineurs et les traces en ppm. En fait, seul le log du sondage 136 W 1613 possède une réelle signification car dans les deux autres, l'échantillonnage est beaucoup trop fragmentaire.

Les paramètres caractéristiques (moyennes, écarts types) et les matrices de coefficients de corrélation correspondant à certaines populations sont montrés aux figures 17 à 22. Il s'agit des dolomies ( $MgO > 10 \%$ ) de la Formation du Roux ainsi que des calcaires "purs" ( $CaO > 40 \%$ ) des Formations du Roux et de Lustin. Pour le calcul des moyennes, les échantillons anomaux ont bien évidemment été exclus. Les seuils de coupure en Zn, Pb, Cu, Ba appliqués dans cette étude sont identiques à ceux précisés par L. DEJONGHE (1985, p. 362).

Les particularités géochimiques qui se dégagent sont les suivantes. La partie inférieure du sondage 136 W 1613, correspondant aux dolomies de la Formation du Roux (8 échantillons), se caractérise par des fonds géochimiques élevés en Zn et même quelques petites anomalies (Zn max. = 440 ppm). Sur ces 8 échantillons, 4 possèdent des teneurs en Zn supérieures à 80 ppm. Il faut savoir, par comparaison que la moyenne géométrique des teneurs en Zn d'une population de 73 échantillons correspondant à l'ensemble des dolomies des Formations de Nèvremonst à Matagne dans les synclinoria de Verviers et de Namur se situe à 23 ppm (DEJONGHE, L., 1985). Dans le cas de Membach, selon que l'on s'adresse à une population pour laquelle les échantillons anomaux sont conservés ou rejetés, la moyenne géométrique des teneurs en Zn des dolomies de la Formation du Roux se situe à 64 ppm ou à 16 ppm. Bref, les dolomies de Membach présentent des teneurs extrêmement contrastées. Les basses teneurs en Zn de ces dolomies peuvent être dues notamment à des phénomènes de recristallisation ou de lessivage par des eaux météoriques.

A Membach, les calcaires purs de la Formation du Roux (n=19) se caractérisent également par des fonds géochimiques élevés en Zn (moyenne géométrique : 55 ppm). Par comparaison, la population des calcaires purs de l'ensemble des Formations de Nèvremonst à Matagne dans les synclinoria de Verviers et de Namur (n=591) se chiffre à 37 ppm. Une passée calcaire préservée au sein des dolomies de la Formation du Roux présente également une petite anomalie en Pb (110 ppm). Par contre, à Membach, les calcaires purs de la Formation de Lustin (n=12) sont très pauvres en Zn (moyenne géométrique = 23 ppm). Etant donné que les dolomies proviennent dans la plupart des cas d'une transformation de calcaires préalablement déposés, à Membach, on mesure l'intérêt métallogénique des carbonates de la Formation du Roux. A ce titre, il est regrettable que le sondage 136 W 1613 n'ait pas recoupé toute la Formation du Roux. En effet, toutes les suppositions sont permises quant à la présence d'une minéralisation dans la partie inférieure de la Formation du Roux.

Enfin, le caractère singulier de la Formation de Nismes se dégage nettement, notamment par des teneurs élevées en P et S. Rappelons que la formation intercalée entre les Formations du Roux et de Lustin a été dénommée Formation de Nismes, lorsqu'elle est essentiellement schisteuse et Formation de Presles lorsque de l'hématite oolithique y est présente. Comme l'a précisé L. DEJONGHE (1985, p. 154), la Formation de Nismes-Presles se caractérise par une anomalie en P d'extension régionale dans les synclinoria de Verviers et de Namur.

MEMBACH - SONDAGE 136 W 1613

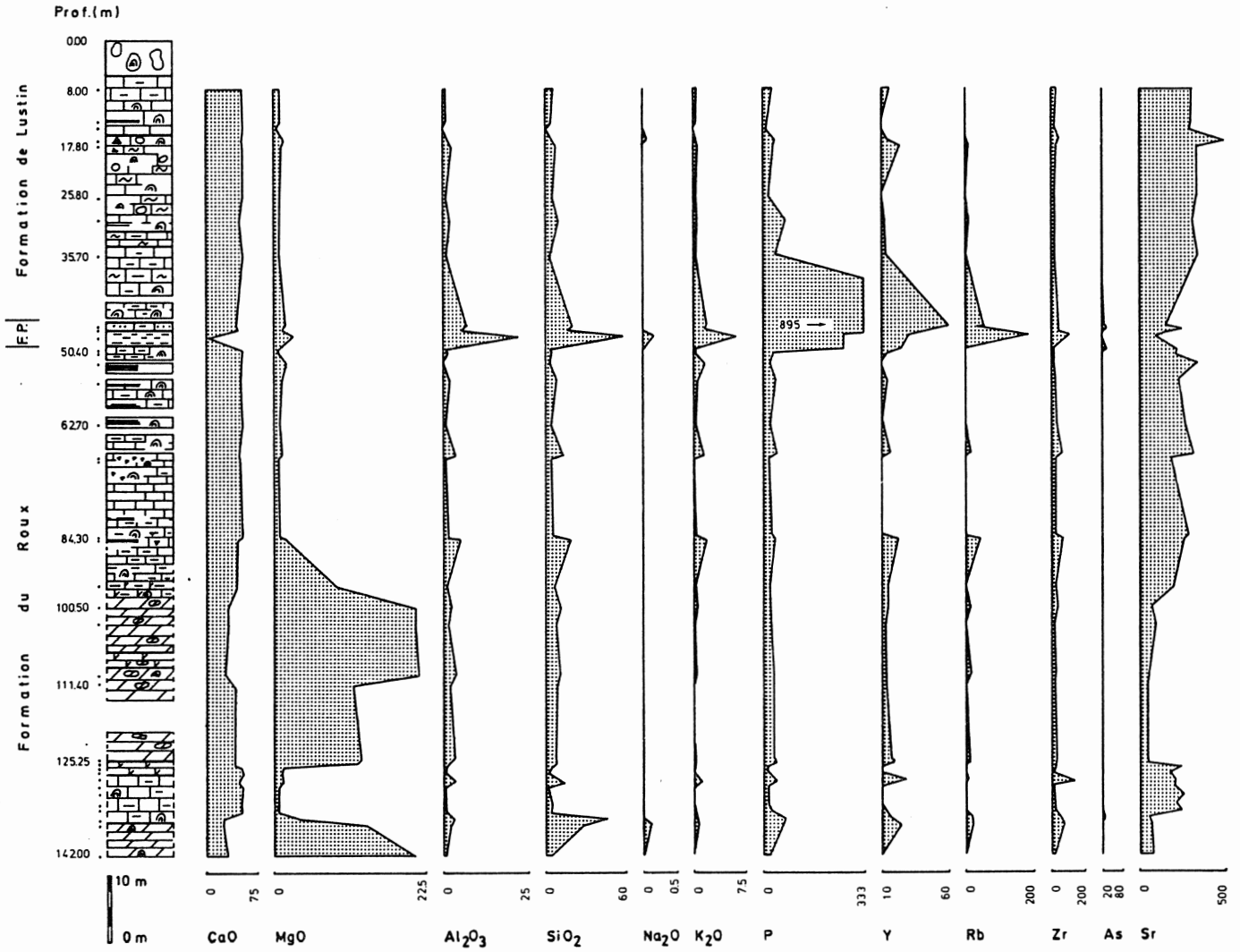


Figure 11. Profil géochimique - Sondage 136 W 1613

### MEMBACH - SONDAGE 136 W 1613

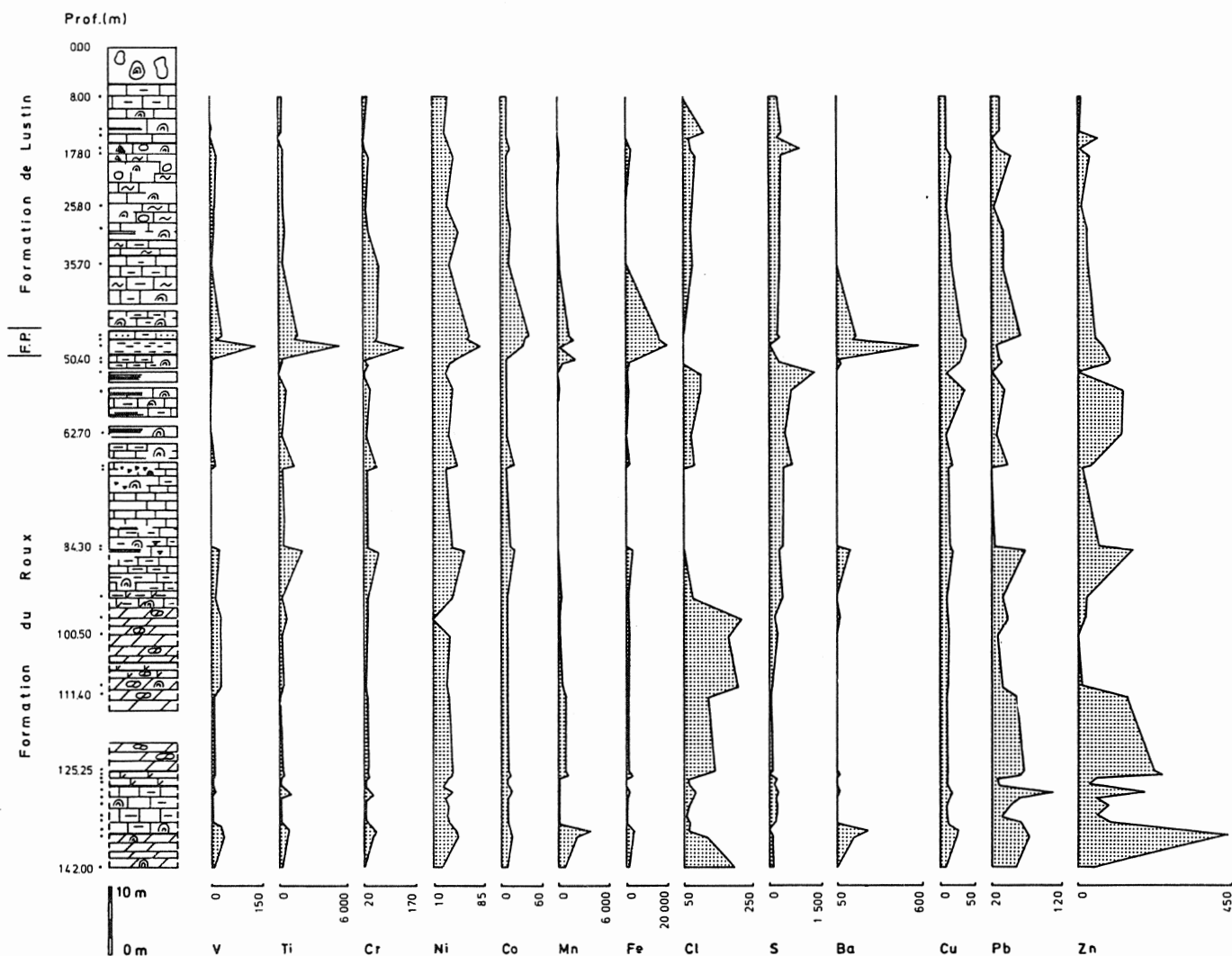


Figure 12. Profil géochimique - Sondage 136 W 1613

### MEMBACH - SONDAGE 136 W 1616

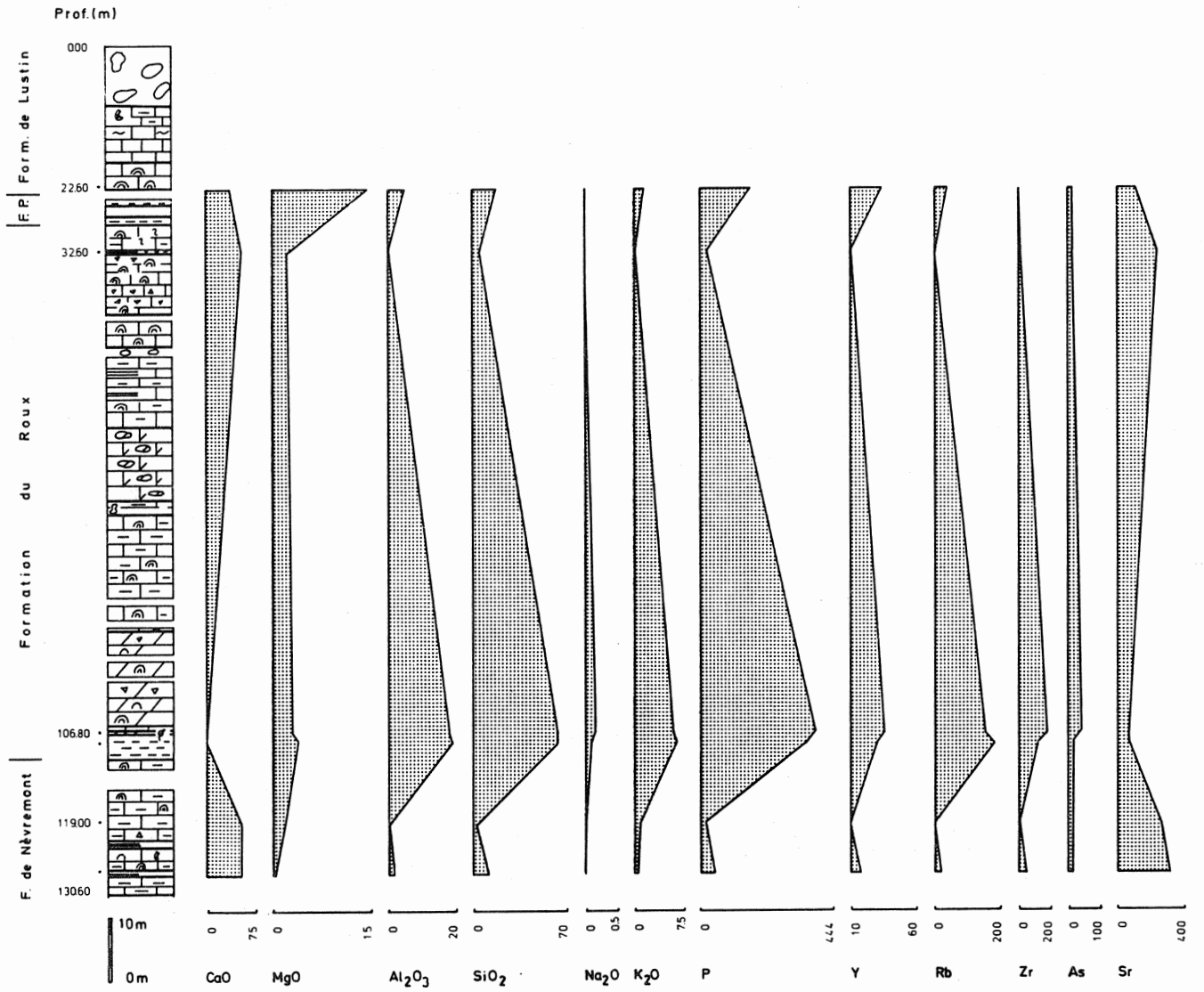


Figure 13. Profil géochimique - Sondage 136 W 1616

### MEMBACH - SONDAGE 136 W 1616

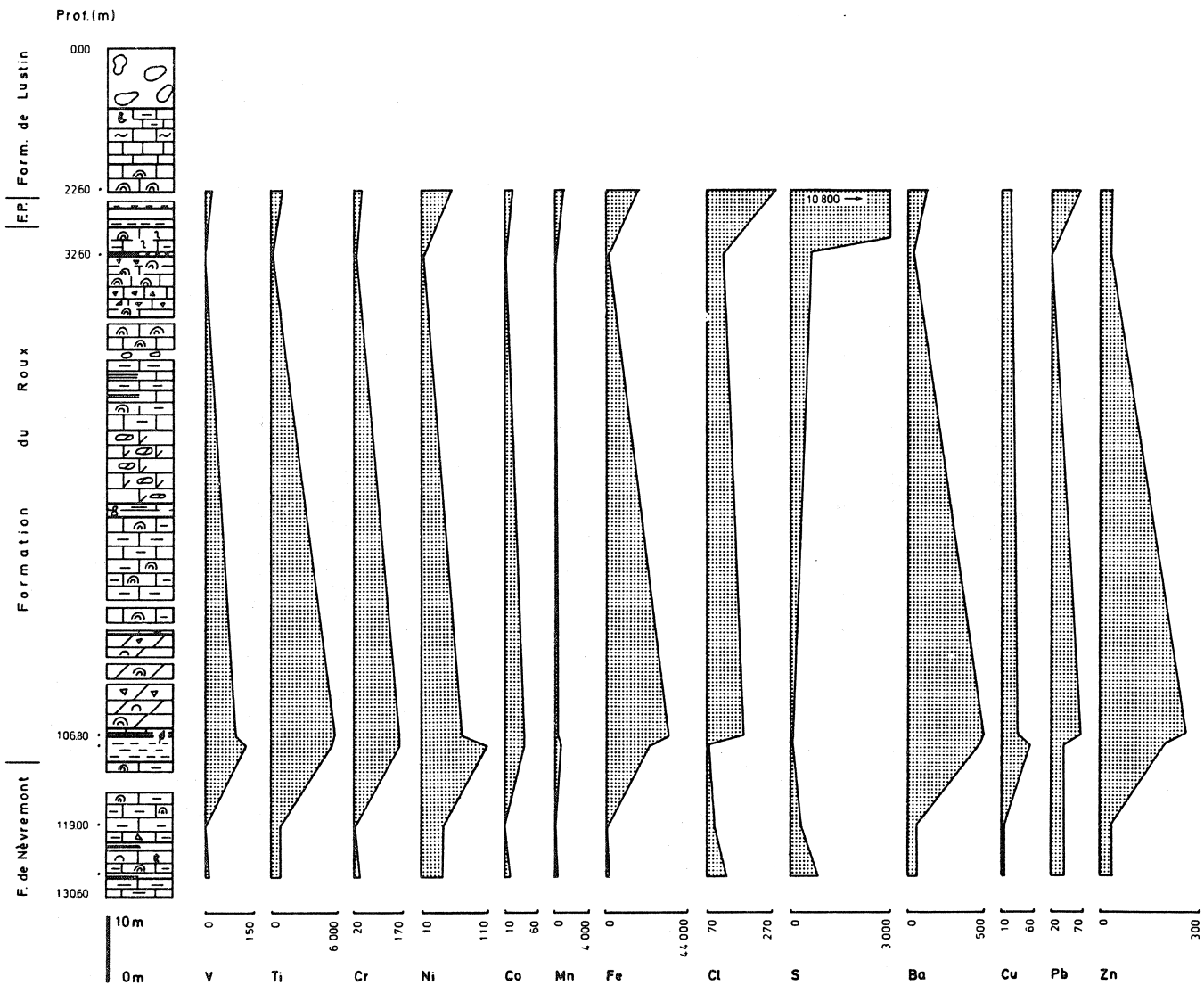


Figure 14. Profil géochimique - Sondage 136 W 1616

### MEMBACH - SONDAGE 136 W 1617

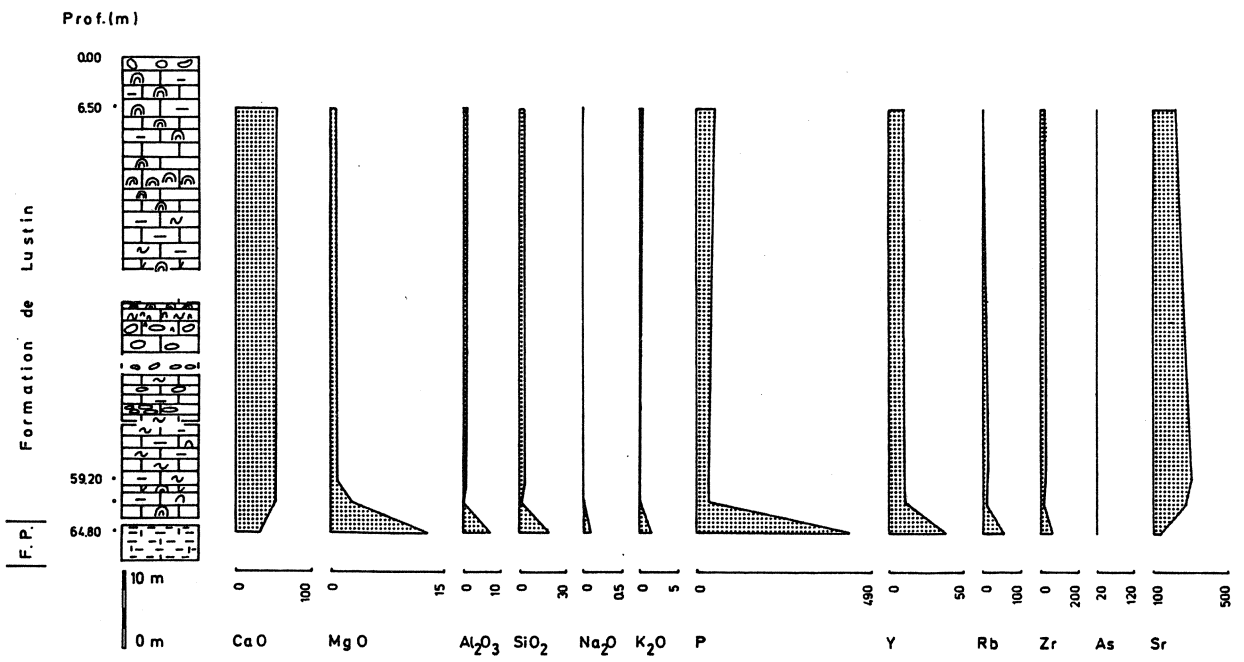


Figure 15. Profil géochimique - Sondage 136 W 1617



### MEMBACH - SONDAGE 136 W 1617

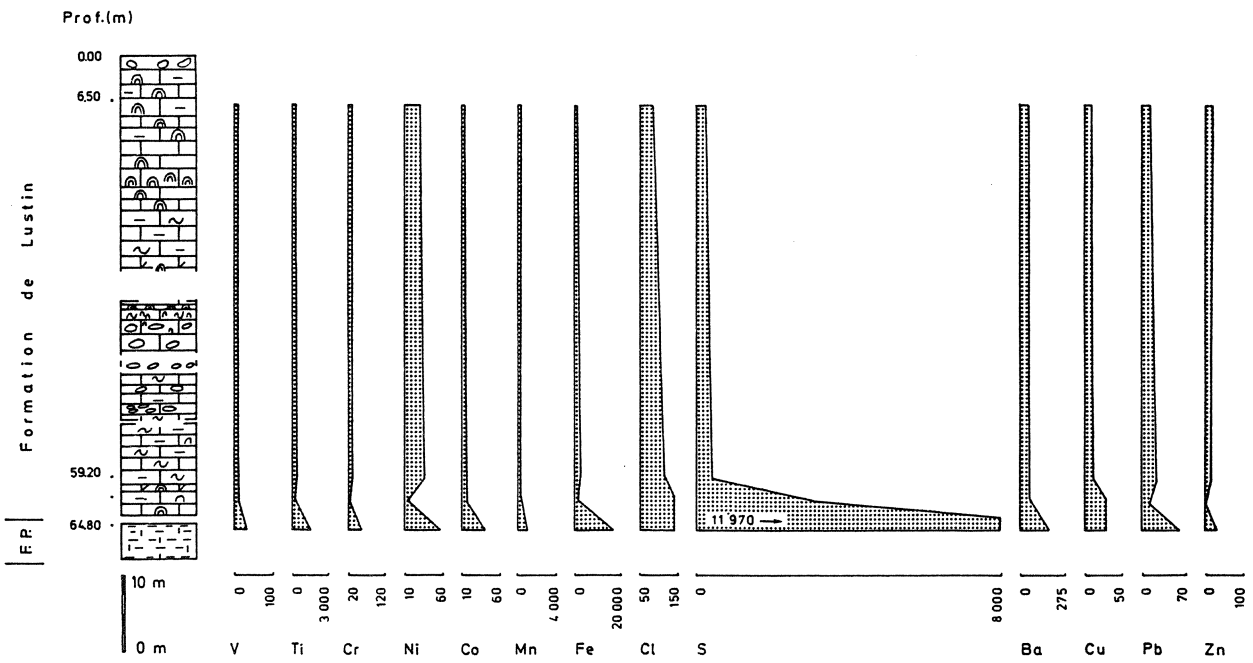


Figure 16. Profil géochimique - Sondage 136 W 1617

# Calcaires purs - Formation de Lustin à Membach

```

*****
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
*   * CA * MG * AL * SI * NA * K * P * Y * RB * ZR * AS * SR * V * TI * CR * NI * CO * MN * FE * CL * S * BA * CU * PB *
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
*****
* MG *-0.67
* AL *-0.30 0.18
* SI *-0.17 0.00 0.96
* NA *-0.30 0.27 0.35 0.33
* K *-0.20 0.07 0.99 0.97 0.28
* P *-0.50 0.35 0.70 0.66 0.23 0.66
* Y * 0.17 0.01 0.62 0.73 0.40 0.63 0.48
* RB * 0.36 0.03 0.42 0.43 0.12 0.42 0.15 0.65
* ZR * 0.06 -0.19 0.69 0.80 0.63 0.72 0.35 0.73 0.41
* AS * 0.00 0.00 -0.00 0.00 -0.00 -0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
* SR *-0.18 0.21 0.23 0.29 0.81 0.21 0.06 0.35 -0.07 0.65 0.00
* V *-0.01 0.22 0.42 0.39 0.73 0.36 0.17 0.58 0.54 0.51 0.00 0.50
* TI *-0.40 0.13 0.76 0.72 0.36 0.75 0.51 0.33 -0.09 0.43 0.00 0.32 0.41
* CR * 0.28 -0.15 0.78 0.85 0.10 0.82 0.52 0.82 0.57 0.71 0.00 0.17 0.32 0.47
* NI * 0.29 -0.16 0.57 0.70 0.33 0.59 0.40 0.86 0.78 0.80 0.00 0.30 0.50 0.11 0.79
* CO *-0.30 0.24 0.15 0.08 0.39 0.10 0.27 -0.11 -0.18 0.08 0.00 0.38 0.46 0.46 -0.06 -0.06
* MN * 0.19 0.22 0.29 0.27 0.48 0.26 0.45 0.59 0.61 0.44 0.00 0.27 0.51 -0.10 0.44 0.68 0.16
* FE *-0.42 0.56 0.49 0.41 0.44 0.42 0.70 0.34 0.40 0.28 0.00 0.17 0.46 0.23 0.25 0.43 0.42 0.69
* CL *-0.21 0.43 -0.13 -0.32 0.02 -0.18 -0.00 -0.51 -0.14 -0.36 0.00 -0.00 0.08 0.01 -0.32 -0.37 0.69 0.11 0.34
* S *-0.57 0.92 -0.13 -0.27 0.32 -0.23 0.19 -0.14 -0.13 -0.26 0.00 0.31 0.12 -0.12 -0.36 -0.25 0.27 0.27 0.47 0.50
* BA *-0.07 0.04 0.56 0.62 -0.00 0.55 0.56 0.63 0.66 0.43 0.00 -0.07 0.32 0.17 0.61 0.73 0.06 0.36 0.45 -0.14 -0.14
* CU * 0.25 0.14 0.40 0.46 -0.15 0.42 0.49 0.59 0.68 0.31 0.00 -0.08 0.15 -0.05 0.69 0.72 -0.01 0.64 0.54 0.04 0.04 0.72
* PB * 0.40 -0.48 0.59 0.76 0.28 0.65 0.24 0.78 0.56 0.86 0.00 0.32 0.45 0.35 0.82 0.87 -0.03 0.35 0.12 -0.49 -0.60 0.57 0.46
* ZN * 0.63 -0.61 0.09 0.22 -0.04 0.15 0.02 0.43 0.61 0.44 0.00 -0.13 0.10 -0.34 0.46 0.70 -0.25 0.47 0.03 -0.30 -0.55 0.53 0.50 0.66
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
*****

```

Figure 17. Matrice de coefficients de corrélation.

*Calcaires purs (n=12)*

*Formation de Lustin à Membach*

```

*****
* ELEMENT * MOYENNE * ECART * COEFF. * MOYENNE * DEVIATION * VALEUR * VALEUR *
* * ARITHM. * -TYPE * VARIATION * GEOM. * GEOM. * MINI * MAXI *
*****
* CAO * 54.52 * 1.15 * 2.11 * 54.51 * 0.01 * 52.90 * 56.30 *
* MGO * 1.14 * 0.52 * 45.91 * 1.07 * 0.15 * 0.62 * 2.70 *
* AL2O3 * 1.36 * 0.73 * 54.07 * 1.11 * 0.34 * 0.15 * 2.50 *
* SIO2 * 4.28 * 2.22 * 51.99 * 3.62 * 0.29 * 0.85 * 8.20 *
* NA2O * 0.01 * 0.02 * 187.23 * 0.01 * 0.37 * 0.00 * 0.09 *
* K2O * 0.50 * 0.26 * 51.15 * 0.41 * 0.34 * 0.06 * 0.88 *
* P * 37.09 * 16.98 * 45.77 * 33.83 * 0.20 * 15.27 * 78.55 *
* Y * 10.17 * 6.07 * 59.73 * 8.64 * 0.26 * 5.00 * 23.00 *
* RB * 6.00 * 2.34 * 38.92 * 5.70 * 0.13 * 5.00 * 11.00 *
* ZR * 32.00 * 11.92 * 37.26 * 30.03 * 0.16 * 14.00 * 59.00 *
* AS * 10.00 * 0.00 * 0.00 * 10.00 * 0.00 * 10.00 * 10.00 *
* SR * 307.50 * 61.96 * 20.15 * 302.60 * 0.08 * 220.00 * 480.00 *
* V * 6.42 * 3.63 * 56.57 * 5.87 * 0.17 * 5.00 * 17.00 *
* TI * 312.24 * 187.65 * 60.10 * 235.37 * 0.40 * 29.98 * 587.51 *
* CR * 33.42 * 7.00 * 20.95 * 32.74 * 0.09 * 23.00 * 44.00 *
* NI * 34.50 * 5.14 * 14.91 * 34.17 * 0.06 * 28.00 * 45.00 *
* CO * 12.00 * 4.09 * 34.08 * 11.20 * 0.18 * 5.00 * 18.00 *
* MN * 189.75 * 165.54 * 87.24 * 129.45 * 0.41 * 38.73 * 526.66 *
* FE * 1048.52 * 1098.78 * 104.79 * 277.84 * 0.97 * 17.49 * 3077.36 *
* CL * 80.92 * 29.67 * 36.67 * 75.04 * 0.19 * 25.00 * 140.00 *
* S * 607.50 * 794.73 * 130.82 * 427.02 * 0.31 * 250.00 * 3060.00 *
* BA * 31.72 * 17.45 * 54.99 * 28.55 * 0.19 * 22.39 * 71.66 *
* CU * 11.33 * 8.65 * 76.31 * 9.03 * 0.30 * 5.00 * 33.00 *
* PB * 32.42 * 11.96 * 36.89 * 30.02 * 0.19 * 10.00 * 54.00 *
* ZN * 32.83 * 34.52 * 105.14 * 22.94 * 0.37 * 5.00 * 130.00 *
*****

```

Figure 18. Valeurs caractéristiques.

Calcaires purs - Formation du Roux à Membach.

	CA	MG	AL	SI	NA	K	P	Y	RB	ZR	AS	SR	V	TI	CR	NI	CO	MN	FE	CL	S	BA	CU	PB
MG	*-0.87																							
AL	*-0.50	0.10																						
SI	*-0.68	0.31	0.92																					
NA	*0.34	-0.26	-0.37	-0.50																				
K	*-0.46	0.06	0.99	0.90	-0.40																			
P	*-0.16	-0.07	0.53	0.42	0.26	0.48																		
Y	*-0.47	0.19	0.79	0.67	-0.01	0.73	0.75																	
RB	*-0.49	0.09	0.84	0.80	-0.22	0.86	0.34	0.53																
ZR	*-0.48	0.13	0.86	0.87	-0.31	0.88	0.35	0.57	0.78															
AS	*-0.08	-0.10	0.32	0.20	0.36	0.27	0.86	0.50	0.27	0.13														
SR	*0.55	-0.56	0.11	-0.12	0.20	0.17	0.01	-0.07	0.18	0.20	-0.01													
V	*-0.82	0.50	0.77	0.79	-0.27	0.75	0.30	0.59	0.85	0.70	0.30	-0.14												
TI	*-0.51	0.11	0.97	0.94	-0.48	0.99	0.41	0.67	0.86	0.91	0.20	0.10	0.77											
CR	*-0.56	0.17	0.92	0.89	-0.38	0.95	0.40	0.63	0.92	0.88	0.21	0.13	0.83	0.96										
NI	*-0.51	0.11	0.95	0.86	-0.14	0.93	0.67	0.84	0.83	0.84	0.51	0.11	0.80	0.90	0.88									
CO	*-0.18	-0.04	0.47	0.50	0.07	0.47	0.31	0.39	0.65	0.49	0.28	0.21	0.47	0.45	0.51	0.51								
MN	*-0.24	0.27	0.01	0.01	0.08	-0.10	0.45	0.36	-0.25	-0.21	0.44	-0.47	0.03	-0.12	-0.19	0.11	-0.23							
FE	*-0.52	0.37	0.66	0.65	-0.01	0.59	0.70	0.74	0.49	0.48	0.47	-0.03	0.55	0.54	0.58	0.69	0.33	0.33						
CL	*-0.42	0.52	0.10	0.22	-0.19	0.10	-0.29	-0.02	0.19	0.06	-0.27	-0.14	0.31	0.10	0.16	0.04	0.25	-0.24	0.23					
S	*0.09	-0.10	0.21	0.14	0.09	0.27	0.13	-0.01	0.28	0.37	0.09	0.69	0.15	0.24	0.35	0.24	0.17	-0.48	0.33	0.21				
BA	*-0.29	-0.10	0.87	0.74	-0.10	0.83	0.69	0.72	0.78	0.65	0.54	0.19	0.64	0.80	0.78	0.89	0.46	0.15	0.72	-0.05	0.26			
CU	*-0.05	-0.18	0.60	0.46	0.09	0.57	0.71	0.64	0.40	0.46	0.48	0.32	0.28	0.53	0.56	0.65	0.17	0.17	0.68	-0.14	0.49	0.75		
PB	*-0.38	0.11	0.52	0.43	-0.03	0.48	0.16	0.57	0.50	0.33	0.09	-0.23	0.53	0.46	0.45	0.53	0.43	0.14	0.17	0.28	-0.37	0.40	0.13	
ZN	*-0.06	-0.10	0.36	0.33	-0.20	0.31	0.24	0.51	0.07	0.11	0.08	-0.27	0.03	0.27	0.11	0.30	0.16	0.43	0.22	-0.01	-0.57	0.26	0.08	0.56

SEUIL DE SIGNIFICATION A 97.5 % : 0.42 \* \*  
 SEUIL DE SIGNIFICATION A 99.0 % : 0.49 \* \*  
 NOMBRE D'INDIVIDUS : 19 \* \*

Figure 19. Matrice de coefficients de corrélation.

Calcaires purs (n = 19)

Formation du Roux à Membach

ELEMENT	MOYENNE ARITHM.	ECART -TYPE	COEFF. VARIATION	MOYENNE GEOM.	DEVIATION GEOM.	VALEUR MINI	VALEUR MAXI
CAO	52.15	3.93	7.54	52.00	0.03	42.70	55.70
MGO	2.22	3.06	137.91	1.43	0.35	0.72	11.90
AL2O3	1.67	1.56	93.23	1.25	0.32	0.47	5.80
SiO2	6.08	4.94	81.21	4.79	0.29	1.90	18.80
NA2O	0.01	0.01	97.91	0.01	0.30	0.00	0.03
K2O	0.62	0.61	97.91	0.46	0.32	0.18	2.20
P	42.38	54.80	129.32	31.35	0.28	17.46	261.84
Y	11.32	6.12	54.08	9.76	0.25	5.00	24.00
RB	10.74	14.07	131.05	6.95	0.34	5.00	48.00
ZR	33.95	18.47	54.40	30.12	0.21	10.00	78.00
AS	12.00	6.22	51.82	11.17	0.15	10.00	34.00
SR	225.53	60.94	27.02	212.76	0.18	45.00	340.00
V	8.47	7.81	92.20	6.81	0.25	5.00	36.00
TI	535.76	569.18	106.24	372.83	0.35	137.88	1978.35
CR	38.05	13.58	35.70	36.29	0.13	26.00	70.00
NI	37.05	9.73	26.25	36.04	0.10	26.00	64.00
CO	11.42	6.04	52.88	9.97	0.24	5.00	25.00
MN	435.76	464.58	106.61	306.03	0.37	38.73	2091.15
FE	1415.55	1970.38	139.20	292.38	0.98	17.49	6644.30
CL	73.58	28.37	38.56	67.72	0.19	25.00	120.00
S	448.32	300.12	66.94	373.29	0.27	88.00	1380.00
BA	45.73	39.99	87.45	35.38	0.29	22.39	161.23
CU	14.21	9.60	67.52	11.45	0.30	5.00	35.00
PB	41.42	15.14	36.55	38.90	0.16	21.00	69.00
ZN	72.84	46.60	63.98	55.11	0.39	5.00	160.00

Figure 20. Valeurs caractéristiques.

## Dolomies - Formation du Roux à Membach

```

*****
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
*   *   CA * MG * AL * SI * NA *  K *  P *  Y *  RB * ZR * AS * SR *  V *  TI * CR * NI * CO * MN * FE * CL *  S * BA * CU * PB *
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
*****
* MG *-0.58
* AL *-0.78 0.19
* SI *-0.78 0.48 0.94
* NA * 0.14 -0.81 -0.05 -0.40
* K *-0.75 0.18 1.00 0.94 -0.07
* P *-0.67 0.80 0.65 0.88 -0.78 0.66
* Y *-0.69 0.38 0.94 0.99 -0.37 0.95 0.84
* RB *-0.95 0.31 0.82 0.71 0.15 0.79 0.46 0.64
* ZR *-0.84 0.32 0.99 0.96 -0.14 0.99 0.73 0.95 0.84
* AS * 0.00 0.00 0.00 0.00 -0.00 -0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
* SR * 0.77 -0.54 -0.23 -0.22 -0.04 -0.18 -0.23 -0.08 -0.73 -0.31 0.00
* V *-0.71 0.42 0.93 0.99 -0.40 0.94 0.86 1.00 0.64 0.95 0.00 -0.11
* TI *-0.80 0.33 0.99 0.98 -0.21 0.99 0.77 0.97 0.79 0.99 0.00 -0.23 0.97
* CR *-0.75 0.31 0.98 0.98 -0.24 0.99 0.77 0.99 0.73 0.98 0.00 -0.16 0.98 1.00
* NI *-0.45 -0.04 0.91 0.85 -0.06 0.93 0.55 0.91 0.51 0.86 0.00 0.20 0.89 0.89 0.92
* CO * 0.46 0.00 -0.02 0.16 -0.57 0.03 0.31 0.27 -0.57 -0.05 0.00 0.83 0.25 0.05 0.13 0.33
* MN * 0.45 -0.30 -0.82 -0.91 0.47 -0.85 -0.81 -0.96 -0.38 -0.82 0.00 -0.20 -0.95 -0.87 -0.91 -0.91 -0.54
* FE *-0.28 -0.58 0.66 0.37 0.67 0.66 -0.13 0.42 0.53 0.56 0.00 0.06 0.38 0.54 0.53 0.69 -0.21 -0.33
* CL *-0.72 0.00 0.47 0.25 0.55 0.42 -0.04 0.16 0.86 0.47 0.00 -0.79 0.17 0.38 0.31 0.13 -0.89 0.12 0.54
* S * 0.24 -0.27 0.38 0.41 -0.22 0.43 0.29 0.54 -0.21 0.31 0.00 0.80 0.51 0.40 0.47 0.73 0.84 -0.74 0.35 -0.54
* BA *-0.58 0.11 0.96 0.92 -0.14 0.97 0.66 0.96 0.61 0.93 0.00 0.06 0.95 0.95 0.97 0.99 0.26 -0.93 0.64 0.20 0.64
* CU *-0.55 0.38 0.85 0.95 -0.49 0.88 0.86 0.98 0.47 0.86 0.00 0.09 0.98 0.91 0.94 0.90 0.45 -0.99 0.32 -0.04 0.66 0.93
* PB * 0.24 -0.51 -0.50 -0.73 0.80 -0.53 -0.86 -0.77 -0.05 -0.53 0.00 -0.30 -0.78 -0.61 -0.66 -0.63 -0.75 0.89 0.12 0.47 -0.69 -0.66 -0.88
* ZN * 0.08 -0.52 -0.31 -0.58 0.87 -0.35 -0.79 -0.62 0.13 -0.35 0.00 -0.38 -0.63 -0.44 -0.49 -0.47 -0.82 0.78 0.29 0.63 -0.66 -0.49 -0.76 0.98
*****

```

SEUIL DE SIGNIFICATION A 97.5 % : 0.75  
 SEUIL DE SIGNIFICATION A 99.0 % : 0.81  
 NOMBRE D'INDIVIDUS : 4

Figure 21. Matrice de coefficients de corrélation.

*Dolomies (n = 4)*

*Formation du Roux à Membach*

```

*****
* ELEMENT * MOYENNE * ECART * COEFF. * MOYENNE * DEVIATION * VALEUR * VALEUR *
* * ARITHM. * -TYPE * VARIATION * GEOM. * GEOM. * MINI * MAXI *
* * * * * * * * * * * * * * * *
* CAO * 32.63 * 0.97 * 2.99 * 32.61 * 0.01 * 31.60 * 33.60 *
* MGO * 21.10 * 0.28 * 1.34 * 21.10 * 0.01 * 20.90 * 21.50 *
* AL2O3 * 1.70 * 0.58 * 33.96 * 1.62 * 0.16 * 1.00 * 2.40 *
* SIO2 * 7.67 * 3.61 * 47.05 * 6.72 * 0.29 * 2.50 * 10.30 *
* NA2O * 0.01 * 0.01 * 55.37 * 0.01 * 0.26 * 0.00 * 0.02 *
* K2O * 0.48 * 0.18 * 37.58 * 0.45 * 0.18 * 0.26 * 0.70 *
* P * 26.73 * 3.73 * 13.94 * 26.53 * 0.06 * 21.82 * 30.55 *
* Y * 11.50 * 4.43 * 38.56 * 10.61 * 0.22 * 5.00 * 15.00 *
* RB * 10.75 * 6.75 * 62.81 * 9.06 * 0.30 * 5.00 * 18.00 *
* ZR * 30.50 * 8.10 * 26.57 * 29.61 * 0.13 * 20.00 * 39.00 *
* AS * 10.00 * 0.00 * 0.00 * 10.00 * 0.00 * 10.00 * 10.00 *
* SR * 71.75 * 16.13 * 22.48 * 70.42 * 0.10 * 54.00 * 93.00 *
* V * 22.50 * 7.77 * 34.52 * 21.15 * 0.19 * 11.00 * 28.00 *
* TI * 418.15 * 171.42 * 40.99 * 385.80 * 0.21 * 191.84 * 599.50 *
* CR * 30.25 * 5.12 * 16.94 * 29.89 * 0.08 * 23.00 * 35.00 *
* NI * 32.00 * 6.48 * 20.25 * 31.49 * 0.09 * 24.00 * 39.00 *
* CO * 6.25 * 2.50 * 40.00 * 5.95 * 0.15 * 5.00 * 10.00 *
* MN * 629.28 * 204.27 * 32.46 * 607.86 * 0.13 * 480.19 * 929.40 *
* FE * 1608.62 * 306.20 * 19.03 * 1588.92 * 0.08 * 1398.80 * 2063.23 *
* CL * 202.50 * 17.08 * 8.43 * 201.95 * 0.04 * 180.00 * 220.00 *
* S * 180.00 * 38.30 * 21.28 * 177.08 * 0.09 * 150.00 * 230.00 *
* BA * 48.14 * 20.48 * 42.54 * 44.33 * 0.21 * 22.39 * 170.18 *
* CU * 10.25 * 3.59 * 35.06 * 9.62 * 0.19 * 5.00 * 25.00 *
* PB * 42.75 * 11.47 * 26.83 * 41.64 * 0.11 * 31.00 * 75.00 *
* ZN * 22.00 * 17.64 * 80.20 * 16.28 * 0.42 * 5.00 * 440.00 *
*****

```

Figure 22. Valeurs caractéristiques.

VII. BIBLIOGRAPHIE

- Bultynck, P. & Coen, M. (1982) - Rasprostranenie konodontov v svite Fromelen in nižnej tchasti "sloev Frasn" (granitsa srenego i verkhnego devona v Ardennakh). In : *Biostratigrafia pogranych otlojenij nižnego i srednego devona*, SOKOLOV, B.S. i RZHONSNITSKAIA, M.A. (Redakt.). *Trudy polevoi sessi Mejdunarodnoi podkomissii po stratigrafii devona*, Samarkand, 1978, pp. 38-45.
- Bultynck, P. ; Casier, J.G. ; Coen, M. ; Coen-Aubert, M., Godefroid, J. & Sartenaer, P. (1983) - Proposal for an international stratotype for the Middle Devonian (Givetian) - Upper Devonian (Frasnian) boundary (Lower *Polygnathus asymmetricus* zone) in the neritic facies on the southern flank of the Dinant Basin. *Subcommission on Devonian stratigraphy*, Bruxelles, 80 p.
- Coen, M. (1975) - Le Frasnien de la bordure orientale du Bassin de Dinant. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 97, pp. 67-103.
- Coen, M. (1976) - Le Frasnien du lambeau de poussée hercynien de la Tombe (Ardenne belge). *Ann. Soc. Géol. Nord*, XCVI, pp. 69-71.
- Coen-Aubert, M. (1970) - Le Frasnien dans la région des Surdents (Massif de la Vesdre). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 93, pp. 383-395.
- Coen-Aubert, M. (1974) - Le Givetien et le Frasnien du Massif de la Vesdre, Stratigraphie et paléogéographie. *Mém. in quarto Cl. Sc. Ac. R. Belg.*, 2e sér., XVIII, fasc. 2.
- Coen-Aubert, M. & Lacroix, D. (1979) - Le Frasnien dans la partie orientale du bord sud du Synclinorium de Namur. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 101, pp. 269-279.
- Coen-Aubert, M. (1980) - Rugueux massifs cérioïdes du Givetien et du Frasnien de la Belgique. *Bull. Inst. R. Sc. Nat. Belg.*, 51, Sc. de la Terre, n° 14.
- Coen-Aubert, M. (1982) - Rugueux solitaires du Frasnien de la Belgique. *Bull. Inst. R. Sc. Nat. Belg.*, 54, Sc. de la Terre, n° 6.
- Coen-Aubert, M. & Lacroix, D. (1985) - Le Frasnien dans la partie orientale du bord nord du Synclinorium de Namur. *Bull. Soc. belge Géol.*, 94, pp. 117-128.
- Davreux, J.C. (1833) - Essai sur la constitution géognostique de la province de Liège. *Mém. Acad. roy. Belgique*, Bruxelles, 9, 297 p.



- Dejonghe, L., Cnudde, C. & Jans, D. (1982) - Etude des métallotectes du Dévonien et du Frasnien dans l'Est de la Belgique pour la prospection des gîtes stratiformes de plomb-zinc-baryum dans un environnement sédimentaire. Rapport non publié, contrat C.E.E. n° 031-79 MPPB, 184 p.
- Dejonghe, L. (1985) - Contribution à l'étude métallogénique du synclinorium de Verviers (Belgique). Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université P. et M. Curie, Paris, *Mém. Sci. Terre*, 85-23, 389 p.
- D'Heur, M. (1970) - Etude sédimentologique du Givetien du Massif de la Vesdre. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 93, pp. 509-522.
- Drèze, M. (1979) - Le gîte plombo-zincifère de Membach. Mémoire de Licence en Sciences géologiques et minéralogiques, Université de Liège, 88 p.
- Lecompte, M. (1939) - Les Tabulés du Dévonien moyen et supérieur du bord sud du Bassin de Dinant. *Mém. Mus. R. Hist. Nat. Belg.*, 90.
- Nowinski, A. (1976) - Tabulata and Chaetetida from the Devonian and Carboniferous of Southern Poland. *Palaentologica Polonica*, 35, pp. 1-125.
- Tourneur, F. (1985) - Contribution à l'étude des Tabulés du Dévonien moyen de la Belgique. Thèse de doctorat inédite déposée à l'Université Catholique de Louvain.
- Tsien, H.H. (1970) - Espèces du genre *Disphyllum* (Rugosa) dans le Dévonien moyen et le Frasnien de la Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 93, pp. 159-182.