

SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE - BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST
PROFESSIONAL PAPER 1993/2 , N° 260, 436 p., 6 pl.

**SEDIMENTOLOGIE ET DIAGENESE
DES MONTICULES MICRITIQUES
"F2J" DU FRASNIEN DE L'ARDENNE**

Fascicule 1

par

Frédéric BOULVAIN

Edition
Imprimerie du Ministère des Affaires Economiques
Rue De Mot, 24 - 1040 Bruxelles
Avril 1993

Editeur
J. Hennan : Service Géologique de Belgique
Rue Jenner, 13 - 1040 Bruxelles

Uitgeverij
Drukkerij van het Ministerie van Economische Zaken
De Motstraat, 24 - 1040 Brussel
April 1993

Editeur
J. Hennan : Belgisch Geologische Dienst
Jennerstraat, 13 - 1040 Brussel

AVANT-PROPOS

Le présent travail correspond, à de légères modifications près, à une thèse de Doctorat en Sciences soutenue en 1990 à l'Université Libre de Bruxelles. Les recherches, partiellement financées par la Commission des Communautés européennes (bourse sectorielle) ont été effectuées à l'Université Libre de Bruxelles et à l'Université de Paris-XI.

Les quelques modifications consistent en la prise en compte des remarques évoquées lors de la soutenance et en la condensation de chapitres publiés en grande partie. Il s'agit des chapitres consacrés à la description de la microflore et du chapitre portant sur les ferrobactéries.

Mes remerciements vont principalement à mes deux "patrons", Messieurs A. Herbosch et B.H. Purser, ainsi qu'aux membres du jury, Messieurs A. Lees, B. Mamet, J. Michot, A. Prétat et R. Thonnard. J'y associe également Mesdames M. Coen-Aubert et Z. Moureau, ainsi que les membres du Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement de l'ULB et du Laboratoire de Pétrologie sédimentaire et Paléontologie de l'Université de Paris-XI. Merci également à Madame et Monsieur Verstraeten pour leur chaleureux accueil à la carrière des Bulants.

Ce travail est dédié à Catherine, Juliette et Pierre.

TABLE DES MATIERES

Chapitre 1: INTRODUCTION	
A. BUT DU TRAVAIL.....	13
B. UN PROBLEME DE TERMINOLOGIE.....	13
C. CONTENU.....	14
Chapitre 2: HISTORIQUE	
A. LES PREMIERES ETUDES GEOLOGIQUES - L'ATTRIBUTION D'UNE ORIGINE RECIFALE.....	18
B. L'ETABLISSEMENT D'UNE ECHELLE STRATIGRAPHIQUE DETAILLEE DU BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT.....	20
I. LES PRECURSEURS.....	20
II. EUGENE MAILLIEUX.....	21
C. LES PREMIERES ETUDES SEDIMENTOLOGIQUES.....	22
I. FERNAND DELHAYE.....	22
II. JULES HARROY.....	24
III. PAUL DUMON.....	25
D. CONTRIBUTIONS STRATIGRAPHIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES.....	27
E. DE LA SEDIMENTOLOGIE AUX PREMIERES RECONSTITUTIONS PALEO-ENVIRONNEMENTALES ET PALEOTECTONIQUES.....	28
F. ETUDES STRATIGRAPHIQUES RECENTES.....	37
G. ETUDES SEDIMENTOLOGIQUES PONCTUELLES.....	38
H. RE-INTERPRETATION DES "RECIFS" CLASSIQUES DU FRASNIEN DE L'ARDENNE.....	39
I. CONCLUSION.....	40
Chapitre 3: STRATIGRAPHIE	
A. INTRODUCTION.....	45
B. LE BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT ET LE MASSIF DE PHILIPPEVILLE.....	45
C. BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT, SYNCLINORIUM DE NAMUR ET MASSIF DE LA VESDRE.....	46
Chapitre 4: LOCALISATION ET DESCRIPTION DES COUPES	
A. INTRODUCTION.....	51
I. TECHNIQUES D'ETUDE MACROSCOPIQUES.....	55
II. L'ETABLISSEMENT DES COLONNES LITHOLOGIQUES.....	57
B. LOCALISATION ET DESCRIPTION GENERALE DES COUPES.....	58
I. MASSIF DE PHILIPPEVILLE.....	60
1. Carrière Beauchâteau.....	60
2. Carrière Tapoumont.....	68
3. Carrière des Bulants.....	68
4. Carrière du Tiène à l'Gatte.....	70
5. Carrière des Wayons.....	73
6. Carrière Rochefontaine.....	73
7. Carrière du Hautmont.....	78

8. Carrière du Petit-Mont.....	84
9. Coupe de la tranchée de chemin de fer Philippeville-Mariembourg.....	89
II. BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT	96
1. Affleurement du Fort-Condé.....	96
2. Coupe du chemin de fer de Mariembourg à Nismes, près de Mariembourg.....	96
3. Carrière Saint-Rémy.....	99
4. Carrière du Tiers Cocrai.....	99
5. Coupe de la tranchée d'accès sud à la carrière du Lion.....	99
III. BORDURE OUEST DU MASSIF DE LA VESDRE.....	101
1. Sondage 134 E 303 de Chaudfontaine.....	101
IV. BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT.....	105
1. Coupe de Lustin.....	105
2. Coupe de Crupet.....	109
V. BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE NAMUR.....	109
Coupe d'Aisemont.....	109
VI. BORD NORD-EST DU SYNCLINORIUM DE NAMUR.....	112
Coupe de Huccorgne.....	112
 Chapitre 5: DESCRIPTION DES FACIES	
A. INTRODUCTION.....	117
I. LITHOFACIES, MICROFACIES ET ASSEMBLAGES.....	117
1. Le lithofaciès.....	117
2. Le microfaciès.....	118
3. L'assemblage.....	118
II. CLASSIFICATIONS ET DEFINITIONS.....	118
B. MASSIF DE PHILIPPEVILLE ET BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT.....	119
I. SCHISTES FINS A FAUNE PAUVRE (S1).....	119
1. Schistes laminaires.....	119
2. Schistes bioturbés à faune pauvre.....	119
3. Schistes à Lamellibranches, Brachiopodes et bioclastes.....	119
II. SCHISTES NODULAIRES ET CALCAIRES ARGILEUX A BRACHIOPODES, SPICULES D'EPONGES, CORAUX, CRINOIDES (S2).....	120
1. Mudstones gris verdâtres bioturbés.....	120
2. Floatstones et coverstones gris-verdâtres à rouges à Coraux lamellaires.....	120
3. Wackestones et packstones gris-verdâtres à rouge à bioclastes et spicules d'Éponges...	121
4. Mudstones et wackestones gris-verdâtres à rouge à spicules d'Éponges.....	121
III. CALCAIRES ROUGES A <i>STROMATACTIS</i> ET SPICULES D'EPONGES (S3).....	122
CLASSIFICATION DESCRIPTIVE DES <i>STROMATACTIS</i>	122
1. Mudstones à <i>Stromatactis</i> et spicules d'Éponge.....	129
LES SEDIMENTS INTERNES ASSOCIES AUX <i>STROMATACTIS</i>	134
2. Mudstones à <i>Stromatactis</i> , spicules d'Éponges, bioclastes.....	138
3. Wackestones à bioclastes, spicules d'Éponge.....	138
IV. CALCAIRES ROUGES A ROSES A <i>STROMATACTIS</i> , CORAUX, CRINOIDES (S4).....	138
1. Wackestones à <i>Stromatactis</i> , spicules d'Éponge, Crinoïdes, bioclastes, Coraux.....	142
2. Packstones et wackestones à bioclastes.....	142
V. CALCAIRES ROSES A CORAUX, CRINOIDES, (...), STROMATOPORES (S5).....	145
1. Wackestones à <i>Stromatactis</i> , spicules d'Éponges, péloïdes.....	145
2. Wackestones à <i>Stromatactis</i> ou <i>fenestrae</i> stromatactoïdes, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes	
3. Packstones, grainstones, rudstones bioclastiques à Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes)....	146
4. Coverstones à Crinoïdes, péloïdes,..., Coraux tabulaires et Stromatopores lamellaires...	146
5. Wackestones et floatstones à Crinoïdes, Coraux, bioclastes.....	149
VI. CALCAIRES GRIS FONCES A BRACHIOPODES ET CRINOIDES CIMENTES PAR DE LA CALCITE FIBREUSE ("NEBULOIDES") (S6).....	149
1. Grainstones à ciment fibreux à Brachiopodes, péloïdes, Crinoïdes.....	151
VII. CALCAIRES GRIS A <i>FENESTRAE</i> MILLIMETRIQUES, TABULES BRANCHUS ET BRACHIOPODES (S7).....	151
1. Wackestones à péloïdes, Tabulés branchus, <i>fenestrae</i> millimétriques stromatactoïdes..	151

2. Grainstones à péloïdes, Girvanelle, <i>Trelonella</i>	152
VIII. CALCAIRES GRIS MASSIFS A CORAUX, STROMATOPORES, THROMBOLITES, TAPIS LAMINAIRES (S8).....	152
1. Bindstones laminaires à péloïdes.....	153
2. Bafflestones thrombolitiques à structure grumeleuse, à <i>Renalcis</i> , <i>Palaeomicrocodium</i>	153
3. Bindstones à tapis grumeleux, Coraux, Stromatopores, <i>Renalcis</i> , <i>Sphaerocodium</i>	154
IX. CALCAIRES GRIS FONCES STRATIFIES A CRINOIDES (S9).....	157
1. Rudstones non granoclassés à Crinoïdes, (micro-)brèches, bioclastes.....	157
2. Grainstones granoclassés à Crinoïdes, péloïdes, bioclastes.....	157
3. Rudstones peu granoclassés à Crinoïdes, Fénestelles, bioclastes.....	158
4. Rudstones peu granoclassés à Fénestelles, Crinoïdes, Brachiopodes, péloïdes.....	158
5. Grainstones granoclassés à péloïdes et bioclastes.....	158
X. LES STRUCTURES "UBIQUISTES" DES MONTICULES MICRITIQUES.....	158
1. Les zebra.....	158
2. Les dykes et sills neptuniens.....	159
3. Les remplissages de cavité.....	159
Chronologie des remplissages: discussion.....	167
4. Les déformations précoces du sédiment.....	169
C. BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT ET SYNCLINORIUM DE NAMUR.....	169
I. SCHISTES ET SILTTES ARGILEUSES (N1).....	169
1. Schistes silteux bioturbés.....	169
2. Schistes silteux à bioclastes.....	169
3. Grès fins.....	170
II. CALCAIRES ARGILEUX A BRACHIOPODES, CRINOIDES, BIOCLASTES, LAMELLIBRANCHES (N2).....	170
1. Mudstones argilo-silteux.....	170
2. Wackestones argileux à Brachiopodes.....	170
3. Packstones bioclastiques à Brachiopodes et Lamellibranches.....	170
III. CALCAIRES GRIS FONCE A ONCOLITHES, CORAUX, LAMELLIBRANCHES, BRACHIOPODES, STROMATOPORES (N3).....	170
1. Wackestones bioclastiques à péloïdes, Coraux, Brachiopodes.....	170
2. Packstones et grainstones à oncolithes et péloïdes.....	171
IV. CALCAIRES GRIS FONCE BIOTURBES (N4).....	171
1. Wackestones et packstones à péloïdes, Issinelles, bioclastes.....	171
2. Packstones à péloïdes et bioclastes.....	171
V. LOFERITES (N5).....	171
1. Grainstones à péloïdes et <i>fenestrae</i> irrégulières.....	173
VI. CALCAIRES LAMINAIRES (N6).....	173
1. Wackestones, packstones laminaires à péloïdes et bioclastes.....	173
Chapitre 6: REPARTITION DES FACIES-MODELES DE MONTICULES MICRITIQUES.....	177
A. INTRODUCTION.....	177
B. REPARTITION DES FACIES.....	177
I. LES COUPES SYNTHETIQUES.....	177
II. COMBIEN DE MODELES?.....	178
III. LE MASSIF DE PHILIPPEVILLE.....	180
1. Les monticules du type "les Bulants".....	180
2. Les monticules du type les Wayons-Hautmont.....	183
3. Le cas du bioherme du Petit-Mont.....	192
4. Comparaison des deux types d'édifices dans le Massif de Philippeville.....	195
5. Représentation semi-quantitative des assemblages et des faciès.....	197
IV. LE BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT.....	199
1. Les monticules du type "Saint-Rémy".....	199
2. Le monticule de la coupe du chemin de fer de Mariembourg.....	204
V. LE BIOHERME RECOUPE PAR LE SONDAGE 134E 303 DE CHAUDFONTAINE.....	204
1. Répartition des lithofaciès.....	204
2. Comparaison.....	206
VI. LE BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT ET LE SYNCLINORIUM DE NAMUR	

1. Introduction.....	206
2. Répartition des lithofaciès et microfaciès.....	206
C. CONCLUSIONS.....	209
Chapitre 7: ORIGINE DU PIGMENT FERRUGINEUX	
A. INTRODUCTION.....	213
B. LES MICROSTROMATOLITHES HEMATITIQUES.....	213
I. BIBLIOGRAPHIE.....	213
II. DESCRIPTION GENERALE.....	213
III. CHRONOLOGIE DU REMPLISSAGE D'UNE CAVITE PAR DES CONSTRUCTIONS MICROSTROMATOLITHIQUES.....	214
IV. NATURE MINERALOGIQUE DES MICROSTROMATOLITHES.....	214
C. LES FILAMENTS ET COCCOIDES HEMATITIQUES.....	218
I. DESCRIPTION.....	218
II. ATTRIBUTION TAXONOMIQUE: LES ORGANISMES FERRUGINEUX.....	220
1. Les Ferrobactéries.....	220
III. DISCUSSION: LES BACTERIES FERRO-OXYDANTES FRASNIENNES.....	224
1. Quand les Bactéries ferro-oxydantes se sont-elles développées?.....	224
2. Quelles pouvaient être les conditions régnant dans les fissures?.....	224
3. Les Bactéries ferro-oxydantes et les endostromatolithes.....	225
D. LE PIGMENT FERRUGINEUX DISPERSE.....	227
I. HISTORIQUE.....	227
II. REPARTITION DU PIGMENT FERRUGINEUX.....	229
III. TENEURS EN FER.....	230
IV. DISCUSSION.....	230
1. La première hypothèse ne peut expliquer la répartition du pigment ferrugineux.....	230
2. Arguments en faveur d'une précipitation microbienne <i>in situ</i>	232
V. IMPLICATIONS ECOLOGIQUES.....	232
E. CONCLUSIONS.....	233
Chapitre 8: REPARTITION DE LA MICROFLORE	
A. INTRODUCTION.....	239
B. REPARTITION DES ALGUES DANS UN MONTICULE IDEALISE.....	239
C. COMPARAISON AVEC LA FLORE DU GIVETIEN BELGE.....	240
D. CONCLUSIONS.....	240
Chapitre 9: ANALYSE SEQUENTIELLE ET CORRELATIONS STRATIGRAPHIQUES	
A. INTRODUCTION.....	245
B. CHOIX DE L'ORDRE DES TERMES LITHOLOGIQUES.....	245
I. MASSIF DE PHILIPPEVILLE ET BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT.....	245
II. BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT, SYNCLINORIUM DE NAMUR.....	246
C. CORRELATIONS SEQUOSTRATIGRAPHIQUES.....	248
I. LE PROBLEME DES MONTICULES MICRITIQUES.....	248
II. ANALYSE SEQUENTIELLE ET CORRELATIONS.....	250
1. Le Massif de Philippeville.....	250
2. Le bord sud du Synclinorium de Dinant.....	252
3. Le Massif de la Vesdre.....	252
4. Le bord nord du Synclinorium de Dinant et le Synclinorium de Namur.....	252
D. SEQUOSTRATIGRAPHIE ET BIOSTRATIGRAPHIE ("FAUNES" A "PHILLIPSASTRAEA").....	252
I. LE MASSIF DE PHILIPPEVILLE.....	254
II. LES CORRELATIONS "TRANSVERSALES" ET LE MASSIF DE LA VESDRE.....	254
E. CONCLUSIONS.....	254
Chapitre 10: INTERPRETATION DES PALEOENVIRONNEMENTS	
A. INTRODUCTION.....	259
B. INTERPRETATION DES FACIES DES MONTICULES MICRITIQUES.....	259
I. LE SOUBASSEMENT.....	259
1. Les calcaires argileux infra-biohermaux.....	259

2. Comparaison avec d'autres édifices.....	261
II. LA BOUE CARBONATEE DES MONTICULES.....	262
1. Son origine.....	262
2. Etat physique de la boue carbonatée des biohermes.....	263
III. L'ORIGINE DES <i>STROMATACTIS</i>	264
1. Revue bibliographique.....	264
2. L'origine des cavités: discussion.....	270
3. Nature des "organismes à corps mou" à l'origine des cavités.....	271
4. Les sédiments internes des <i>Stromatactis</i>	273
5. L'évolution des cavités dans les calcaires à <i>Stromatactis</i> et spicules d'Eponges.....	275
6. L'évolution des cavités dans les calcaires (S4) et (S5).....	278
IV. LES NIVEAUX INFERIEUR ET SOMMITAL ("GRIOTTE").....	278
1. Les calcaires à <i>Stromatactis</i> et spicules d'Eponge.....	278
2. Les calcaires à <i>Stromatactis</i> , Coraux et Crinoïdes (S4).....	283
V. LE NIVEAU MOYEN ("ROYAL").....	284
1. Les lithofaciès.....	284
2. Le problème des "nébuloïdes".....	285
VI. LE NIVEAU SUPERIEUR ("MARBRE GRIS").....	287
1. Les calcaires gris à petites <i>fenestrae</i> , Tabulés branchus, Brachiopodes (S7).....	287
2. Les calcaires massifs à Coraux, Stromatopores, thrombolites, tapis laminaires (S8).....	287
VI. ROLE SEDIMENTOLOGIQUE DES ORGANISMES.....	291
C. INTERPRETATION DES FACIES PERI- ET EXTRA-BIOHERMAUX.....	294
I. GENERALITES.....	294
II. LES SEDIMENTS ENCAISSANT LES MONTICULES "LES WAYONS-HAUTMONT".....	294
D. INTERPRETATION DES FACIES DES COUPES DE LUSTIN, CRUPET, ... ET HUCCORGNE.....	297
I. LES SCHISTES ET SILTITES ARGILEUSES (N1).....	297
II. LES CALCAIRES ARGILEUX A BRACHIOPODES, CRINOIDES, BIOCLASTES, LAMELLIBRANCHES (N2).....	297
III. LES CALCAIRES A ONCOLITHES, CORAUX, LAMELLIBRANCHES, BRACHIOPODES, STROMATOPORES (N3).....	297
1. Wackestones bioclastiques à péloïdes, Coraux, Brachiopodes.....	297
2. Packstones et grainstones à oncolithes et péloïdes.....	297
IV. CALCAIRES BIOTURBES (N4).....	298
V. LOFERITES (N5).....	298
VI. CALCAIRES LAMINAIRES (N6).....	298
E. CONCLUSIONS.....	298
Chapitre 11: EVOLUTION DES PALEOENVIRONNEMENTS-PALEO GEOGRAPHIE.....	303
A. INTRODUCTION.....	303
B. RAMPE OU PLATE-FORME?.....	303
I. GENERALITES.....	303
II. QU'EN EST-IL AU FRASNIEN?.....	304
C. SUBSIDENCE, FLUCTUATIONS EUSTATIQUES ET SEDIMENTATION.....	304
1. Les variations eustatiques.....	305
2. Subsidence et soulèvement.....	305
3. Le taux de sédimentation.....	307
4. Implications pour le Frasnien.....	307
D. L'EVOLUTION DE LA RAMPE CARBONATEE TARDI-FRASNIENNE.....	307
I. ENNOIEMENT DE LA PLATE-FORME MEDIO-FRASNIENNE ET ETABLISSEMENT D'UNE RAMPE CARBONATEE.....	307
II. LA SEDIMENTATION DURANT LA PREMIERE PERIODE DE CALME EUSTATIQUE.....	308
1. Evolution générale de la sédimentation.....	308
2. Evolution écologique des biohermes du type "Les Bulants".....	312
III. LA DEUXIEME PERIODE D'ELEVATION DU NIVEAU MARIN.....	314
IV. LA SEDIMENTATION DURANT LA DEUXIEME PERIODE DE CALME EUSTATIQUE.....	315
1. Evolution générale de la sédimentation.....	315
2. Géométrie des surfaces de transition entre lithofaciès biohermaux et variations du niveau marin relatif.....	315
3. L'évolution des monticules pendant la deuxième période de calme eustatique.....	316

V. LA SEDIMENTATION DURANT LA BAISSSE DU NIVEAU MARIN.....	316
VI. LA TROISIEME PERIODE D'ELEVATION DU NIVEAU MARIN ET L'EXTINCTION DES BIOHERMES "DE MARBRE ROUGE".....	319
1. Evolution générale de la sédimentation.....	319
2. L'extinction tardi-frasnienne.....	320
VII. UN ESSAI DE PALEOBATHYMETRIE.....	321
1. Paléobathymétrie des "marbres gris".....	322
2. Paléobathymétrie des "griottes" à <i>Stromatactis</i> et spicules d'Eponges.....	322
E. CONCLUSIONS.....	323
Chapitre 12: DIAGENESE	
A. INTRODUCTION.....	327
B. LES CIMENTS	
I. OBSERVATIONS MACRO- ET MICROSCOPIQUES EN LUMIERE NATURELLE	
1. La calcite fibreuse.....	327
2. Les autres formes de calcite.....	330
3. La dolomite.....	330
II. OBSERVATIONS EN CATHODOLUMINESCENCE	
1. Généralités.....	332
2. La séquence diagénétique des monticules micritiques.....	334
3. La séquence diagénétique dans la coupe du chemin d'accès au "Lion".....	345
4. La séquence diagénétique dans les zones internes de la rampe.....	345
III. GEOCHIMIE	
1. Colorations de surface.....	345
2. Analyses à la microsonde.....	349
IV. GEOCHIMIE ISOTOPIQUE	
1. Généralités.....	352
2. Résultats analytiques.....	352
C. LA MATRICE	
I. OBSERVATIONS EN LUMIERE NATURELLE ET AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE.....	355
II. CATHODOLUMINESCENCE.....	356
III. GEOCHIMIE ISOTOPIQUE.....	356
D. INTERPRETATION DES RESULTATS	
I. L'ORIGINE DES CIMENTS.....	356
1. La calcite radiaxiale.....	356
2. La calcite automorphe non luminescente et sa bordure luminescente.....	359
3. La calcite xénomorphe à luminescence terne.....	361
4. La dolomite ferrifère.....	361
5. Les silifications.....	362
II. SEQUENCES DIAGENETIQUES ET EVOLUTION POST-SEDIMENTAIRE DE LA RAMPE CARBONATEE.....	362
E. CONCLUSIONS.....	363
Chapitre 13: CONCLUSIONS GENERALES	
A. MODELES DE MONTICULES.....	367
I. LES MONTICULES DU TYPE "LES BULANTS".....	367
II. LES MONTICULES DU TYPE LES "WAYONS HAUTMONT".....	369
III. LES MONTICULES DU TYPE "SAINT-REMY".....	369
B. CORRELATIONS STRATIGRAPHIQUES.....	369
C. INTERPRETATION DES PALEOENVIRONNEMENTS.....	370
I. ORIGINE DU PIGMENT ROUGE.....	370
II. ANALYSE DE LA MICROFLORE.....	370
III. FACIES BIOHERMAUX ET EXTRA-BIOHERMAUX.....	370
IV. BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT ET SYNCLINORIUM DE NAMUR.....	371
D. PALEOGEOGRAPHIE ET ETABLISSEMENT D'UNE COURBE DE VARIATION EUSTATIQUE POUR LA PARTIE SUPERIEURE DU FRASNIEU.....	371
E. EVOLUTION POST-SEDIMENTAIRE.....	372
F. EPILOGUE.....	373
BIBLIOGRAPHIE.....	375
PLANCHES.....	405

TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	419
ANNEXES	
ANNEXE I: LOCALISATION, DESCRIPTION SUCCINTE DES CARRIERES ET REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	I
ANNEXE II: RESULTATS DES ANALYSES.....	VII

Chapitre 1: INTRODUCTION

"Many of the Devonian reef limestones in Europe were recognized as such as long ago as the middle of the nineteenth century (...). However, the emphasis placed on their investigation has been a classical paleontological and stratigraphical one, and in some respects (specifically with regard to paleoecology and sedimentology) less progress has been made towards understanding them than in other parts of the world (...)."

T. Burchette (1981, p. 85-86).

A. BUT DU TRAVAIL

Ces quelques phrases de Trevor Burchette résument bien l'état actuel de la situation en Belgique: les classiques "récifs de marbre rouge" frasniens n'ont jusqu'à présent inspiré aucune étude sédimentologique d'ensemble établie sur une base pétrographique solide. Que dire alors de l'étude diagenétique, même pas ébauchée...

D'une manière plus générale d'ailleurs, peu de modèles de ce type d'édifice existent dans la littérature, obligeant souvent à se référer à l'unique modèle récifal actuel qui ne peut rendre compte de la diversité des bioconstructions dans l'histoire géologique.

Ce manque est également ressenti dans l'industrie pétrolière, où les "monticules micritiques", dont font partie les "récifs" frasniens, sont considérés comme une cible prioritaire pour les décennies à venir. Leur taille assez réduite est cependant un sérieux handicap à surmonter pour les équipes de prospection. Afin d'affiner l'exploration, une des nécessités premières serait de posséder un modèle du développement des édifices en fonction de la dynamique des bassins sédimentaires, ce qui implique une bonne connaissance de leur évolution sédimentologique.

Le but de ce travail est d'améliorer la compréhension de la constitution, des conditions de développement et de la diagenèse des monticules micritiques "de marbre rouge" du Frasnien "F2j" belge, nombreux et particulièrement bien exposés. Le modèle issu de cette étude pourrait être extrapolé par

la suite à d'autres bassins à monticules potentiellement productifs.

B. UN PROBLEME DE TERMINOLOGIE

"For many authors, the recognition of reefs in the geologic column has presented no problem, but it seems fair to say that this has been less often a result of their clarity of thought than of their use of some quite personal definition. However as it is part of the business of the scientist to communicate he should be sure that his audience has the same understanding of what he is saying as he does." (Braithwaite, 1973 p. 1100).

Le mot "récif" a actuellement acquis une forte connotation interprétative. Lowenstam (1950 p. 433) définit en effet un récif de la façon suivante: "(...) a reef, (...), is the product of the actively building and sediment-binding biotic constituents, which, because of their potential wave resistance, have the ability to erect rigid, wave-resistant topographic structures".

Cette définition, acceptée par la plupart des sédimentologues, rejoint la définition que donne Dunham (1970 p. 1931) d'un "récif écologique".

Il serait malvenu d'utiliser dès l'abord un terme interprétatif, c'est pourquoi j'utiliserai en synonymie deux termes des-

criptifs: "bioherme" et "monticule micritique".

Le néologisme "bioherme" a été créé par Cummings (1932) pour des "reef bank or mound (...) of strictly organic origin, embedded in rocks of different lithology". Ce terme, partiellement interprétatif, n'implique plus l'existence d'une structure rigide résistante aux vagues comme l'implique le mot "récif".

L'autre terme, "monticule micritique", introduit par Maurin & coll. (1984), se veut une traduction du terme anglais "mud mound" et s'applique à des constructions organiques lenticulaires à dominance micritique. Le terme "monticule de boue" est rejeté avec raison par ces auteurs, compte tenu du mystère qui entoure l'état physique originel du sédiment.

Au cours des chapitres qui suivront, la "personnalité" des biohermes "de marbre rouge" sera progressivement cernée et ce n'est qu'en conclusion que cette discussion sera reprise et que sera dégagée l'appellation la plus adéquate.

C. CONTENU

Ce travail, après un historique de l'étude sédimentologique des "récifs de marbre rouge" belges (chapitre 2), un exposé de la stratigraphie de la région (chapitre 3) et la localisation et description des coupes (chapitre 4), s'articule en trois thèmes qui sont:

- la description sédimentologique et la modélisation des édifices;

- les corrélations stratigraphiques et l'évolution paléogéographique à l'échelle de tout le bassin de sédimentation;

- l'évolution post-sédimentaire des édifices.

L'accent a été mis sur la hiérarchie des échelles d'observation et sur une séparation rigoureuse des observations et des interprétations, qui font l'objet de chapitres distincts.

Plus en détail, le premier thème comprend les chapitres suivants: description des faciès (chapitre 5) - répartition des faciès et modèles de monticule micritique (chapitre 6) - description et répartition du pigment ferrugineux des monticules (chapitre 7) - répartition de la microflore (chapitre 8) - interprétation des paléoenvironnements (chapitre 10).

Le deuxième thème comprend les deux chapitres suivants: corrélations stratigraphiques (chapitre 9) - évolution des paléoenvironnements, paléogéographie (chapitre 11).

Le troisième thème fait l'objet du chapitre 12, consacré à la diagenèse.

Chapitre 2: HISTORIQUE

"Ne prenons pas nos prédécesseurs pour des précurseurs de nos contemporains. Les pensées d'une époque ont leur cohérence et leurs objectifs, qui ne sont évidemment pas de préparer les connaissances d'aujourd'hui. Ne finalisons pas trop le cheminement de la science. Retrouver les perspectives à travers la rétrospective, tel doit être le but de l'historien."
(G. Goheau, 1987).

Il n'est probablement pas nécessaire de justifier l'utilité d'un tel chapitre, toute étude neuve ayant forcément à se situer par rapport à celles qui l'ont précédée... Dans le cas qui nous occupe, il est une raison supplémentaire qui rend fructueuse la lecture des travaux anciens: les carrières de marbre rouge ont été exploitées durant de longues décennies, n'offrant souvent à l'observation actuelle que les zones périphériques des édifices, à l'exclusion des zones centrales, transformées en cheminées, dallages, etc... dispersés de par le monde. Il est donc utile, pour pallier le manque d'affleurement des zones internes, de comparer les quelques affleurements actuels aux descriptions de la littérature; lorsque des études ont été effectuées à plusieurs stades d'avancement de l'exploitation, leur confrontation peut amener à une meilleure connaissance spatiale des édifices...

Il peut être tentant, lorsque l'on compile des écrits relatifs à son propre domaine de recherche, de s'ériger en juge et de présenter telle théorie comme un travail précurseur, telle autre comme une voie sans issue. Si ce regard subjectif peut à la rigueur se justifier pour des résultats ayant passé l'épreuve du temps et sur lesquels un consensus est acquis (mais les renversements de paradigmes ne sont-ils pas fréquents dans les Sciences de la Terre?), il est certainement dangereux d'adopter cette attitude pour des travaux récents. Ceci amène l'"historien d'occasion" à situer clairement la limite entre "consensus" et "conviction personnelle" et à s'efforcer d'adopter, étant juge et partie, une position la plus objective possible, forcément un peu impersonnelle...

C'est cette ligne de conduite que j'essaierai d'adopter dans le présent historique, me réservant cependant dans la suite du travail, lors du développement de certains thèmes, la possibilité d'une attitude plus engagée...

Les publications relatives aux "récifs de marbre rouge"⁽¹⁾ belges sont nombreuses et remontent pour les plus anciennes en ma possession à plus d'un siècle. Ce ne sont évidemment pas les premiers documents qui en font mention puisque, connus depuis l'Epoque romaine (Dumon, 1982), ils sont inventoriés de longue date dans un nombre impressionnant d'archives officielles et notamment dans des écrits français du XVII^e et XVIII^e siècle (d'Aviler, 1691 et Dezailler d'Argenville, 1755, cités par Dumon, 1979 et H. Vérin, comm. pers.).

J'ai cependant décidé de ne retenir que les travaux postérieurs au XIX^e siècle, essentiellement pour trois raisons: d'abord, parce que les travaux antérieurs au XIX^e siècle consistent en général en descriptions à but technique (exploitation, décoration,...) qui n'intéressent pas directement le sédimentologue; ensuite bien sûr, parce que la difficulté de rassembler des documents croît proportionnellement à leur ancienneté...; et enfin, car il est difficile et peut-être même dangereux d'interpréter des raisonnements élaborés

(1): Les diverses appellations appliquées à ces objets géologiques seront, dans cet historique, celles utilisées par les auteurs cités.

rés dans un cadre conceptuel qui nous est étranger, les bases de la géologie moderne datant tout au plus de deux cents ans.

J'ai aussi, de manière délibérée, mis l'accent sur les aspects "sédimentologiques" (pris dans un sens large) au détriment de certains aspects paléontologiques et stratigraphiques, qui s'écartaient trop de la ligne de mon propre travail.

Ces restrictions une fois faites, il importe encore de préciser que de nombreux auteurs se sont, avant moi, attachés à présenter un historique des travaux consacrés aux "récifs de marbre rouge" belges; citons Gosselet (1888, p. 13-24) qui reprend depuis ses premiers balbutiements l'histoire de la géologie de l'Ardenne, Harroy (1910, p. 330-331), Maillieux (1926, p. 86-95) et Tournour (1981), dont l'étude très bien documentée couvre la période antérieure à 1970. Dans un registre plus proche de l'archéologie industrielle, il faut mentionner aussi les recherches historiques très fouillées de Dumon (1982) qui recense chronologiquement les différentes exploitations de marbre rouge ainsi que l'appellation de leurs produits.

A. LES PREMIERES ETUDES GEOLOGIQUES - L'ATTRIBUTION D'UNE ORIGINE RECIFALE

Si la postérité attribue en général la paternité de cette découverte à Edouard Dupont, la lecture des publications belges de la période 1812 - 1890 laisse apparaître à ce sujet une vive controverse. Cette dispute opposa principalement l'auteur précité à Gustave Dewalque qui revendiquait la priorité de cette découverte (voir les notes de Dewalque, 1882a, b, les réponses de Dupont, notamment 1882b et la discussion dans Maillieux, 1913 p. 4 et 1926 p. 87).

Que ressort-il de cette controverse? Il semble bien que si Dupont a été le premier à organiser sous la forme d'une "théorie" certaines idées concernant l'origine corallienne des calcaires, ces idées étaient répandues chez plusieurs de ses contemporains et notamment chez Dewalque (1863 et surtout 1868 p. 67-68) puisqu'il écrit à propos des schistes de Frasnes:

"De loin en loin on y trouve un niveau de marbre rouge très remarquable. (...); il constitue des amas irréguliers, ordinairement sans stratification, enfouis dans les schistes comme le serait un culot éruptif. Ce sont probablement des récifs de polypiers qui se sont développés sur le fond de la mer où se déposaient les schistes. Quoique la texture organique y soit ordinairement peu apparente, on y distingue fréquemment des traces de polypiers, plus rarement des coquilles bien conservées. Nous considérons les divers amas comme représentant un même horizon; (...)."

C'est en 1881 que Dupont expose sa "théorie corallienne" dans un article qui sera ensuite complété en 1882, 1885, 1891 a, b et 1892 par de nouvelles observations et déductions.

Sa démonstration repose sur des observations de terrain: les amas calcaires se disposent en lentilles discontinues où les Coraux abondent et sur une observation microscopique: la pâte calcaire contient en grand nombre des fragments d'origine également corallienne.

A partir de ces observations, réalisées primitivement sur les calcaires coralliens stratifiés du bord sud du Synclinorium de Dinant, Dupont étend sa théorie génétique aux "terres de calcaire rouge et gris qui émergent au milieu des schistes de la Famenne", où les Coraux sont plus rares mais où abondent des structures qu'il appelle "*Stromatactis*" et qu'il attribue aux Stromatopores (1881, p. 267), groupe également constructeur. D'autres constituants fréquents des calcaires rouges sont *Alveolites*, *Cyathophyllum*, *Receptaculites* et divers Crinoïdes, Brachiopodes et Lamellibranches (1882a, p. 137).

Par la suite, Dupont distinguera au sein des calcaires coralligènes, les calcaires construits "formés de coraux agglomérés" où la stratification disparaît, et les calcaires "sédimentaires", formés de détritiques, nettement stratifiés (1885, p. 24).

On peut regretter qu'à partir de ces observations pertinentes, la démarche interprétative de Dupont se soit orientée vers une sorte d'"hyperactualisme" qui le fera assimiler totalement ⁽²⁾ les calcaires dévoniens aux récifs actuels décrits quelques années auparavant par Darwin (1874).

Le caractère extrême de ces assimilations conduira parfois Dupont à commettre de graves erreurs d'observation et d'interprétation. Refusant toute déformation tectonique importante (1881, p. 277), il méconnaît la structure plissée du Massif de Philippeville, pourtant pressentie par André Dumont et nettement établie par Jules Gosselet (1860, cité par Gosselet 1881 et 1881, p. 180) et Dewalque (1862, cité par Gosselet, 1881). Ainsi il voit dans les "boutonniers" de calcaire givétien du Massif de Philippeville non des structures anticlinales, mais des îles ourlées de récifs frangeants (atolls). De même, les bandes calcaires couvinienne et givétienne du bord sud du synclinorium de Dinant sont pour lui des récifs frangeants adossés à l'ancienne côte, avec plus au large, séparés par un "chenal" de la barrière principale, quelques récifs isolés (il s'agit des "terres de calcaire rouge" frasniens des environs de Frasnes, Mariembourg, Dourbes) (1881, p. 271 et suivantes et 1882, p. 109 et suivantes).

Poursuivant son assimilation avec la nature actuelle, Dupont postule une stricte antériorité des récifs coralliens par rapport aux schistes qui les encaissent (puisque les Coraux hermatypiques actuels nécessitent pour leur développement des eaux non turbides) (1892, p. 203):

(2): Dupont écrit notamment (1891a, p. 103): "Nos calcaires coralligènes rappellent par conséquent de point en point les phénomènes et les dispositions des calcaires en formation dans les mers tropicales" et insiste (p. 104) sur "(...) le plus étroit parallélisme entre nos terrains coralligènes anciens et les terrains coralligènes actuels, au point de conclure à une complète identité de lois.". Dans sa note de 1891b, p. 133, il conclut: "(...) l'évidence d'une identité d'actions et de lois se perpétuant pour ces roches organiques depuis l'époque paléozoïque se trouvait complétée. Et, nous appuyant en toute sécurité sur le phénomène actuel d'une part, sur nos observations directes d'autre part, nous allions être en mesure de reconstituer de toute pièce l'étonnant phénomène de nos terrains anciens."

"(...) les calcaires coralligènes, qu'ils soient rouges ou gris (...) représentent, dans l'époque frasnienne, une première phase, et les dépôts calcaréo-schisteux en caractérisent une seconde. (...) lorsqu'apparaissent les substances schisteuses, le phénomène coralligène prend fin; tandis qu'il produisait ces innombrables masses de calcaire gris et rouge, lorsque les eaux n'étaient pas troublées par des apports terreux".

Cette opinion est cependant nuancée pour les Coraux "*Acervularia*" des "récifs de calcaire rouge" (1882 a, p. 136) qui lui semblent tolérer des eaux plus turbides.

Les relations stratigraphiques qui découlent des hypothèses et déductions de Dupont sont donc que tous les calcaires récifaux sont antérieurs aux schistes qui les envasent et que tous sont approximativement contemporains, les calcaires rouges supposés plus profonds formant soit le soubassement des calcaires gris, soit dans le cas de récifs rouges isolés, représentant des édifices n'ayant pas atteint une profondeur optimale de développement (1892 p. 195 et 196).

Dupont, à la suite de Gosselet (1880, cité par Gosselet, 1881) sépare les schistes d'"envasement" en deux horizons successifs: les schistes noduleux verts à *Rhynchonella cuboides* et les schistes noirs fins à *Cardium palmatum* (1882, p. 121).

A une autre échelle d'observation, d'un point de vue morphologique cette fois, Dupont décrit les "récifs de marbre rouge" comme possédant des pentes sédimentaires très fortes, voire surplombantes, observation en accord selon lui avec la morphologie des récifs actuels (1892, p. 197, 202 et sa fig. 7 p.198). Nous verrons que Dupont sera suivi dans cette voie (qui postule que les pentes actuelles fortes sont proches des pentes sédimentaires originelles) par bon nombre de géologues, et ce jusqu'à ce jour...

Il serait injuste, en terminant l'évocation des travaux de Dupont, de ne pas rappeler que si ses coupes interprétatives sont erronées, suite à sa mauvaise évaluation de l'importance de la tectonique, ses cartes détaillées du Massif de Philippeville se sont ré-

vélées d'une grande précision, inégalée à l'époque (voir p. ex. la pl. VII, 1882).

B. L'ETABLISSEMENT D'UNE ECHELLE STRATIGRAPHIQUE DETAILLÉE DU BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT

I. LES PRECURSEURS

Il faudra de nombreuses années aux géologues, tant était grande la stature de Dupont, pour s'affranchir totalement de ses idées sur la stratigraphie du Massif de Philippeville.

Gosselet cependant, dès 1888 dans son ouvrage sur l'Ardenne, quoique séduit par les théories de Dupont (p. 499), réaffirme l'importance de la tectonique dans la disposition des calcaires du Massif de Philippeville (p. 476 et 477). A propos du "Massif" de Roly, choisi par Dupont comme type des atolls coralliens, il écrit (p. 488):

"M. Dupont considère les masses calcaires (...) comme des îles qui bordaient un atoll (...). Je ne puis y voir que deux voûtes, le résultat de deux plis anticlinaux très voisins, comparables à tous ceux des terrains primaires de l'Ardenne."

Gosselet a également remarqué que les masses lenticulaires de calcaire rouge sont souvent inclinées par rapport à leur position primitive, et que si certaines sont encaissées par les "schistes noduleux", d'autres le sont par les "schistes noirs"⁽³⁾ et d'autres encore par les deux types de schistes. Cette observation lui permet de supposer que (p. 467):

"Lorsque les terrains se sont plissés, les roches calcaires, dures et compactes, ont été affectées autrement que les roches schis-

teuses tendres et flexibles. Ces masses dures, isolées, ont pu être poussées en haut, chassées en quelque sorte de leur enveloppe schisteuse primitive (...). Elles auraient ainsi pénétré dans des schistes plus récents, qui se plissaient en même temps qu'elles."

Il montre, à l'aide d'une coupe de la carrière du Petit-Mont à Vodelée (p. 480), que si certains schistes sont effectivement postérieurs au récif, d'autres lui sont bien antérieurs.

Il mentionne aussi (p. 490) la présence, dans la partie supérieure des "schistes à nodules" l'existence, dans certaines zones même éloignées d'un récif de marbre rouge, d'un niveau de schistes à nodules rouges. Nous verrons dans un chapitre ultérieur combien cette observation, souvent négligée, est importante.

* *

La Carte Géologique au 1/40 000^e (publiée entre 1897 et 1902 pour les feuilles qui concernent le Massif de Philippeville et la bordure méridionale du Synclinorium de Dinant au sud de celui-ci) s'inspire, pour l'essentiel, des tracés de Dupont, d'observations personnelles des auteurs des différentes planchettes et des données de Gosselet. Elle adopte comme unités lithostratigraphiques les termes lithologiques suivants:

Fr1m: tous les horizons schisteux du Frasnien moyen (hormis donc les schistes de Matagne);

Fr1y: dolomie;

Fr1o: tous les termes calcaires du Frasnien hors les marbres "récifaux" ("calcaires stratifiés, massifs ou noduleux");

Fr1p: tous les marbres rouges et gris;

Fr2: les schistes de Matagne.

(3): appelés "Schistes de Matagne"; "(ce) sont des schistes noirs, homogènes, durs et néanmoins très friables. Ils se divisent tantôt en feuillets très minces comme de petites ardoises, tantôt en éclis allongés et irréguliers. Ils renferment souvent des nodules argilo-calcaires dont la taille ne dépasse pas celle du poing. (...) Ils passent insensiblement par leur partie inférieure aux schistes de Frasnien et par leur partie supérieure aux schistes de Famenne." (1888, p. 470).

II. EUGENE MAILLIEUX

C'est probablement Eugène Maillieux qui réfuta de la manière la plus définitive les conceptions stratigraphiques de Dupont (1913a, p. 67-70 et 1913b, p. 117). C'est également à lui que l'on doit la publication d'une échelle stratigraphique détaillée du Frasnien au bord sud du Synclinorium de Dinant (1913a, p. 71-72 et Maillieux et Demanet, 1928, tableau II) inspirée, comme le rappelle Sartenaer (1974, p.3-4) principalement des travaux de Gosselet. Certaines des unités seront étendues par la suite en 1926 au Massif de Philippeville⁽⁴⁾.

Maillieux démontre d'abord (1908), en utilisant des arguments paléontologiques (l'absence dans certains récifs de marbre rouge du Corail "*Acervularia*") et géométriques (la proximité de ces édifices de la base du Frasnien) que tous ne sont pas du même âge et que certains (il cite l'exemple du "Récif de l'Arche" à Frasnes) sont antérieurs au niveau "classique" des récifs rouges à "*Acervularia*" du Massif de Philippeville. Il les dénomme provisoirement "récifs de base" et plus tard, récifs "F2d" (1913a, p. 71-72). Il les caractérise par l'abondance du Corail *Phacellophyllum* (1913 a, p. 68). Les récifs à "*Acervularia*" (ou récif "F2j", 1913a, p. 71-72) sont compris dans les schistes à *Spirifer pachyrhynchus* ("F2i", *ibid.*) et possèdent en commun la même faune. Ils sont envasés par ces mêmes schistes, souvent surmontés brutalement par les schistes de Matagne ("F3", *ibid.*).

Il montre aussi que le "calcaire gris à *Pachystroma*" de Dupont est en fait un ensemble composite composé des "véritables récifs à *Pachystroma*" (1913a, p. 69) et des niveaux calcaires gris des récifs de marbre rouge "F2d" et "F2j"... Il observe également qu'au bord sud du Synclinorium de Dinant, les trois niveaux de récifs se superposent souvent (fig. II.1), ce qu'il attribue (*id.*, p. 89) au maintien de conditions favorables suite à l'existence d'un relief sous-marin.

Du point de vue sédimentologique, les travaux de Maillieux s'inscrivent dans la même ligne de pensée que ceux de Delhaye,

dont il sera question ci-dessous et dont il approuve les conclusions (1926, p. 94). Ses nombreuses observations de Coraux en position de vie lui permettent, à la suite de Delhaye (1908, p. B246), d'insister sur le fait suivant (1913a, p. 69):

"(...) dans les mers paléozoïques, les coraux se sont développés parfois dans des conditions bien différentes de celles qu'ils exigent dans nos mers actuelles. (...) Ce sont donc bien des êtres autochtones et non des matériaux entraînés hors de leur milieu par le charriage des courants marins, et, comme la plupart d'entre ces polypiers atteignent fréquemment une très grande taille, il est incontestable que les eaux chargées de matières terreuses dans lesquelles ils ont vécu, étaient loin de constituer pour eux un milieu nuisible."

Maillieux s'est également intéressé au problème des *Stromatactis* (1913 b, p. 115-116 et 1913 a, p. 78) qu'il attribue, comme de Dorlodot, à la cimentation de cavités laissées par des organismes à corps mou. Ces organismes ne peuvent donc participer à l'édification récifale, essentiellement due selon lui à:

"(...) l'activité physiologique d'organismes réunis en colonies et sécrétant en grande abondance la calcite qu'ils extrayaient du sulfate de chaux contenu dans les eaux marines. Ces organismes, dont le rôle a été identique à celui des organismes constructeurs de l'époque actuelle, sont selon les cas, soit des Zoanthaires et des Alcyonnaires, soit des Hydrozoaires [cas des récifs à Stromatopores]. Les Spongiaires et les Bryozoaires les ont puissamment aidés dans leur oeuvre édifiatrice;" (1913 a, p. 103-104)

La forme générale des récifs est celle d'un "dôme à base coincée", de calcaire peu stratifié mais souvent interrompu par des "terrasses" argileuses, correspondant à des périodes d'arrêt dans la croissance du récif (1913a, p. 17).

(4): l'absence de certaines autres ("récifs F2d" par exemple) est expliquée par des "lacunes" (p. 110) ou par des mouvements tectoniques.

C. LES PREMIERES ETUDES SEDIMENTOLOGIQUES⁽⁶⁾

I. FERNAND DELHAYE

Les observations sédimentologiques et paléontologiques effectuées par Maillieux lui ont permis de proposer une reconstitution de l'évolution du milieu de sédimentation. Retenons que pour les récifs gris à Stromatopores "F2h" et les récifs rouges qui les surmontent, il considère que l'accrétion récifale a été plus rapide que la subsidence continue du fond marin, amenant les édifices dans des zones de moins en moins profondes, jusqu'à la fin du développement des récifs rouges⁽⁵⁾. Après cette époque, la subsidence se serait fortement accentuée, culminant avec le dépôt des schistes de Matagne:

"L'acheminement progressif du fond de la mer vers les sommets de la région néritique est marqué, dans la suite, par le développement des récifs à *Pachystroma* d'abord, puis des récifs à *Acervularia* ensuite. Les récifs se sont édifiés à des profondeurs où l'action des vagues se faisait de plus en plus sentir (...). Mais en même temps, (...) le mouvement d'oscillation descendante du fond de la mer se poursuivait, bien qu'avec une lenteur telle qu'il n'a eu qu'une influence très réduite et qu'il a été dépassé considérablement en amplitude par l'accumulation des formations sédimentaires et organogènes. Il s'est toutefois considérablement accentué à la fin du dépôt des schistes à *Sp. pachyrhynchus*, au point d'atteindre brusquement, du sommet des régions néritiques, un isobathe nettement bathyal, indiqué par la présence des schistes à *Buchiola palmata*, où ne se rencontrent que des formes nettement bathyales (...)." (1913a, p. 73).

Quoique les travaux de Maillieux puissent être considérés sous certains aspects comme participant de la sédimentologie, il considérait lui-même avoir avant tout fait oeuvre de stratigraphe, et reconnaît en Fernand Delhaye le premier "observateur attentif" des "récifs de marbre rouge".

Delhaye s'est intéressé uniquement aux "récifs de calcaire rouge" à "*Acervularia*" du niveau supérieur "F2j", selon la nomenclature de Maillieux, au Sud du Synclinorium de Dinant, de Trélon à Barvaux et dans le Massif de Philippeville.

Il décrit les "récifs de calcaire rouge" comme des:

"(...) lentilles concavo-convexes à contour circulaire ou elliptique, entièrement comprises au milieu des schistes; leurs dimensions, assez variables, sont toujours très réduites, leur épaisseur n'atteint pas 100 mètres au centre de la lentille où elle est maximum, et leur diamètre dépasse rarement 400 m." (1908 a, p. B244).

Leur pente originelle peut être forte (jusqu'à 70°, 1908 a, p. B250) et s'accroît au fur et à mesure de la croissance du récif. Chaque zone d'accroissement est très homogène latéralement, hormis son augmentation d'épaisseur en direction du centre de l'édifice (1908a, p. B245). Latéralement, le calcaire passe progressivement aux schistes, en formant des indentations:

"Toutes les zones du calcaire ne se transforment pas [= ne passent pas aux schistes] à une égale distance de l'axe du récif; vers les parties périphériques on voit s'intercaler entre les zones de cal-

(5): Maillieux considère donc que les "récifs rouges" sont moins profonds que les "récifs gris" et ce sur base d'un argument essentiellement paléontologique: les Stromatoporoïdes représentent une faune plus profonde que les Coraux (1913a, p. 77).

(6): "sédimentologie" étant bien sûr utilisé ici comme définissant le but d'une étude (la compréhension de l'histoire, des modalités de formation d'un sédiment) et non les méthodes utilisées pour atteindre ce but (auquel cas, on ne qualifierait d'"étude sédimentologique" que des travaux beaucoup plus récents).

caire rouge non transformées des bancs de calcaire noduleux, parfois encrinétiques et des schistes qui donnent à l'ensemble une allure franchement stratifiée." (1913a, p. B472).

Dans le détail, Delhaye observe la succession suivante de la base vers le sommet des "récifs de calcaire rouge" (1908 a, p. B247-250, 1913 a, p. B469-470, 1932, p. 87-88):

1^e phase: "phase préparatoire", correspond à la formation d'un mamelon schisteux à nombreux polypiers lamellaires, principalement "*Acervularia*";

2^e phase: dépôt de calcaires rouges à Coraux lamellaires ("*Acervularia*" et *Alveolites*), alternant avec des *Stromatactis* (interprétés comme concrétions de calcite en remplissage d'un vide d'origine organique);

3^e phase: dépôt de calcaires roses évoluant vers le sommet à des calcaires gris, à Coraux irréguliers et branchus (essentiellement *Alveolites* et *Favosites*) et nombreux Brachiopodes, souvent concentrés en "poches"; les *Stromatactis* sont rares;

4^e phase: dépôt de calcaires rouges semblables à celui de la phase 1, avec relativement plus de polypiers lamellaires et moins de *Stromatactis*;

5^e phase: mise en place des schistes "supérieurs" à "*Acervularia*", interprétés comme formant un talus d'éboulement contre les parois latérales des récifs (voir aussi 1908 b, p. B342).

Le niveau correspondant à la "phase 4" représente pour Delhaye:

"(...) la partie de la formation qui s'est édifiée le plus près de la surface de la mer, et même les dernières zones ont émergé, car il s'est produit, sous l'action des agents atmosphériques, des poches de dissolution qui descendent jusqu'à une grande profondeur à l'intérieur des récifs et dans lesquelles se sont accumu-

lées de nombreuses coquilles." (1908 a, p. B249).

"Ces récifs se sont entièrement édifiés à une faible profondeur, car ils portent l'empreinte de l'action des vagues sur toute l'épaisseur de leur formation; en s'exerçant sur leur surface active, elle a donné lieu par la trituration des coraux et des coquilles à la production des éléments constituants de la pâte détritique, qui joue un rôle des plus importants dans la constitution de ces calcaires;" (1908 a, p. B245).

Outre la micrite, considérée donc comme indigène (voir aussi 1913a, p. B478 et 1932, p. 91), la pâte calcaire contient des argiles, d'origine détritique, dont la teneur augmente vers les zones inférieure et tout-à-fait supérieure du récif et un "élément colorant" rouge, identifié comme de l'oligiste (1908 a, p. B252). Les proportions de pigment et d'argile varient, selon Delhaye, toujours dans le même sens, diminuant en réponse à toute diminution de profondeur. Cette corrélation l'amène à suggérer une origine continentale pour l'oligiste, transportée en suspension dans l'eau de mer (1908 a, p. B252) en même temps que les particules argileuses.

Les récifs contiennent également une proportion non négligeable de ciments de cavité et parmi ceux-ci, Delhaye (1932, p. 93) considère la "calcite rubannée teintée de gris-bleu" comme un ciment précoce, contemporain de la formation des édifices.

Delhaye s'est également fortement intéressé au problème posé par l'existence dans les récifs des "terrasses", "minces intercalations de schistes verts ou rouges qui figurent à tous les niveaux du calcaire." (1913 a, p. B473). Il observe que certaines d'entre elles, de grande extension, s'épaississent progressivement en direction de la périphérie des édifices et passent finalement aux "délits schisteux qui séparent les bancs de calcaire noduleux" (*ibid.*). Elles sont interprétées comme des dépôts boueux "qui recouvraient la surface des récifs pendant des périodes d'arrêt dans la formation du calcaire" (*id.*, p. B475). D'autres "terrasses", plus irrégulières et d'extension plus limitée sont attribuées à

l'action abrasive des vagues lors de fortes tempêtes (*ibid.*)⁽⁷⁾.

En comparant les divers édifices qu'il a étudiés, Delhaye remarque des différences sensibles de constitution. Les seuls récifs à posséder les cinq phases qu'il a définies sont ceux du Massif de Philippeville, quoique certains même soient limités aux niveaux inférieur et moyen; au bord sud du Synclinorium de Dinant, entre Trélon et Beauraing, les récifs sont constitués uniquement par les calcaires à *Stromatactis* du niveau inférieur, très réduits en épaisseur; vers l'Est, dans la région de Rochefort, ce niveau inférieur devient très épais et, enfin, dans la plaine des Fagnes, entre le Massif de Philippeville et la bordure méridionale du synclinorium, les récifs possèdent les deux niveaux, inférieur et moyen (1913a, p. B480).

Il montre également que si "l'envasement" des récifs se fait dans le Massif de Philippeville par les schistes à *Spirifer pachyrhynchus* (schistes F2i de Maillieux), dans la plaine des Fagnes et surtout au bord sud du Synclinorium de Dinant, il commence par les mêmes schistes mais se termine par les schistes de Matagne (1913a, p. B480, 1932, p. 89).

Ces observations lui permettent de poser comme hypothèse que le calcaire à *Stromatactis* des récifs rouges du bord sud du synclinorium est l'équivalent temporel du niveau moyen des récifs du Massif de Philippeville (1932, p. 89) et que tous ces édifices se sont développés sur une plateforme s'ennoyant vers le sud, durant un "mouvement d'oscillation du fond de la mer" (1926, p. 88). Les conditions bathymétriques les plus favorables à la formation des récifs ont été atteintes "à la fin du soulèvement" (*ibid.*) et coïncident avec le développement du niveau de calcaire rose à gris (phase 3) dans le Massif de Philippeville.

(7): cela implique évidemment que Delhaye imaginait une lithification très rapide de la boue récifale. Il signale d'ailleurs (1932, p. 93-94), dans le récif du Petit-Mont, une fissure précoce de plus de 35 m d'extension verticale, pour une ouverture de plusieurs dizaines de cm, due selon lui à des chocs sismiques.

II. JULES HARROY

L'examen de la contribution de Jules Harroy nécessite un petit retour en arrière chronologique, puisqu'elle paraît en 1910, deux ans après la première note de Delhaye.

Harroy appuie son étude sur de nombreuses observations, effectuées dans une dizaine de carrières du Massif de Philippeville, dont il donne des coupes schématiques et/ou des descriptions lithologiques.

Il reconnaît l'influence de la tectonique sur la structure générale de la région et sur la morphologie actuelle des récifs de calcaire rouge, dont les pentes ont été fortement exagérées (1910, p. M319-320). La croissance des récifs débute par un mamelon de schistes à *Alveolites* et "*Acervularia*", se poursuit par du "marbre rouge foncé", du "marbre royal" (rouge clair), du "marbre rose gris" et enfin du "marbre rouge altéré". La répartition des polypiers lui semble aléatoire⁽⁸⁾.

Harroy pense que la forme en dôme des récifs est due à une érosion par la mer, qui augmente d'intensité lorsque l'édifice croît, jusqu'à l'obtention d'une sorte de forme d'équilibre (*id.* p. M332). Les fragments arrachés s'accumulent au pied du récif et sont englobés dans des schistes lors de l'envasement final, dû selon lui à un retrait de la mer (*id.* p. M325).

Concernant le problème de la formation des "terrasses", il propose une origine par "dissolution-concentration".

"Ne pourrait-on pas voir dans ces terrasses une sorte de concentration des particules argileuses englobées dans le récif? On pourrait, peut-être, rapprocher ces limés argileux des limés charbonneux du calcaire de Givet." (*id.* p. M328).

(8): il écrit : "Je ne crois pas qu'il puisse être distingué plusieurs zones écologiques dans les récifs. Les localisations de polypiers sont arbitraires et n'ont aucun rapport, semble-t-il, avec les étapes de la croissance du récif." (1910, p. M332).

Il réfute de toute façon une formation par érosion marine, jugeant leur surface trop irrégulière et trop "délicate".

Enfin, Harroy nous soumet une série d'analyses chimiques des différentes lithologies (*id.* p. M329), ce qui lui permet de poser le problème de l'origine du pigment ferrugineux. Son hypothèse est que des "sels de fer" contenus dans le récif ont été oxydés soit par circulation lente d'eaux phréatiques (cas du calcaire rouge inférieur), soit par rubéfaction récente lors de la mise à découvert (cas du calcaire rouge supérieur) (*id.* p. M333).

III. PAUL DUMON

C'est en temps qu'Ingénieur-géologue que Paul Dumon a longtemps suivi l'exploitation des carrières de marbre rouge à Vodelée. Son regard est cependant, à maints égards, celui d'un naturaliste et d'un stratigraphe.

En 1929, dans une publication concernant l'ensemble du Frasnien en Belgique, il reprend les "stades" de développement des récifs de Delhay (voir ses coupes p. 122, 1932; p. 3, 1957; ch. 25, 1984 et Dumon et coll., p. 160, 1954, voir aussi fig. II.2) et détaille le stade "3" de la façon suivante:

"a) marbre "royal" et "royal rosé" (...) *Receptaculites neptuni* abondant; b) marbre "royal clair" avec brachiopodes de plus en plus abondants à mesure qu'on s'élève; c) marbre "byzantin" ou "byzantiné" avec brachiopodes très abondants et formant presque exclusivement la masse; d) marbre gris formé à la base de brachiopodes et lamellibranches se chargeant vers le haut d'un fleurage spécial dû sans doute à des organismes mous, et marbre "ROYAL" de teinte assez vive (...), stromatopores abondants, colonies d'*Acervularia* aplatis, (...)." (1929, p. 166).

Dumon a remarqué l'existence de variations latérales au sein des récifs. Il cite l'exemple du récif du Hautmont, à Vodelée, où l'on observe le passage du "marbre gris" à la "griotte" lorsqu'on s'éloigne du centre de l'édifice vers la périphérie (1957, p. 3; 1964,

ch. 25). C'est au centre d'ailleurs que les marbres "gris" et "byzantin" sont les plus développés. Il attribue ces variations à des différences contemporaines de bathymétrie.

Dumon signale que les *Stromatactis* "vivent" à "un niveau extrêmement constant" (1929, p. 167) de la "griotte" et paraissent "indiquer la plus grande profondeur à laquelle pouvaient croître les récifs paléozoïques" (*id.*, p. 157).

Les listes fauniques dont s'enrichissent ses publications sont remarquablement exhaustives et concernent en général les Coraux, les Brachiopodes et les Mollusques (1929, p. 163-165, 170-171; 1957; 1964 ch. 30 et Dumon & coll., 1954). Dumon nous livre à plusieurs reprises des coupes et descriptions détaillées des récifs du Hautmont et du Petit-Mont à Vodelée (1957 et 1964 principalement), souvent complétées par des données de sondage qui, toujours confirment le développement des récifs sur un "mamelon schisteux riche en polypiers" (1936).

Concernant les "terrasses", il rejette l'opinion de Harroy et se rallie à la formation par arrêt de sédimentation de Delhay (1932, p. 124; 1957, p. 16 et 1964, ch. 26); il confirme aussi que les terrasses sont plus abondantes dans la "griotte" que dans les stades "royal" et "gris" et qu'elles s'épaississent des zones centrales vers la périphérie.

La question des terrasses l'amène à envisager le problème de la lithification, qu'il suppose précoce, pour que se maintiennent ouvertes les cavités dues aux *Stromatactis* et les "carolines", fissures à remplissage complexe, contemporaines de la formation des récifs (1957, p. 27 et Dumon et coll., 1954, p. 194). Dumon suggère aussi une compaction différentielle entre schistes et récif:

"(...) l'angle entre le sédiment d'envasement et la forme extérieure du récif ou la "terrasse" qui en souligne les augmentations successives n'est pas forcément le même à présent que ce qu'il était pendant la formation à cause du tassement différentiel dans les schistes d'une part, dans les calcaires d'autre part; (...)." (Dumon et coll., 1954, p. 193-194).

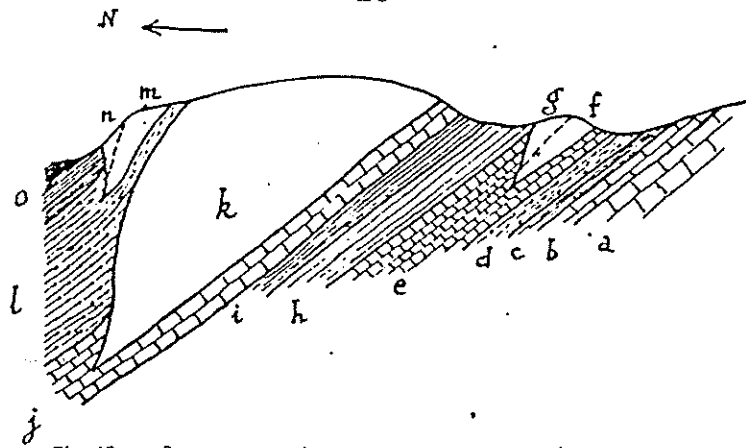
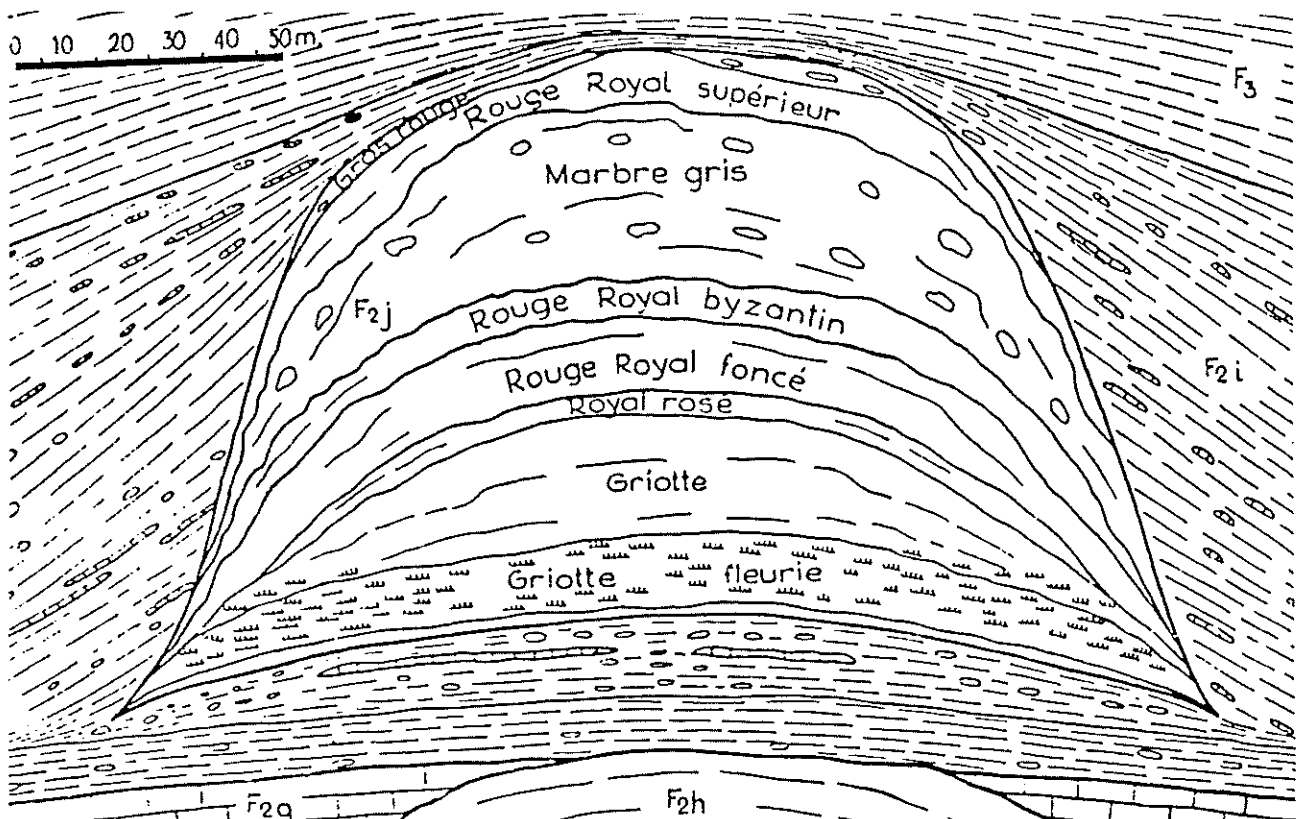


Fig. 12. — Coupe semi-schématique passant par la région axiale des trois récifs superposés de l'ADUGEOR ET DU TIENNE DEVANT LE VILLAGE.

- a. Calcaire F1a. ^
- b. Calcaire F1b.
- c. Schistes F2a.
- d. Schistes F2b
- e. Calcaire F2c.
- f, g. Récif de F2d, l'Adugeoir { 1. Calcaire rouge.
2. Calcaire gris.
- h. Schistes F2e.
- i. Schistes F2f.
- j. Calcaire F2g.
- k. Récif F2h. Calcaire gris.
- l. Schistes F2i.
- m, n. Récif F2j { 1. Calcaire rouge.
2. Calcaire gris-bleu.
- o. Schistes F3b.

Figure II.1: superposition des trois "niveaux" de "récifs" F2d, F2h et F2j au bord sud du Synclinorium de Dinant. Maillieux, 1913 p. 94.

Figure II.2: constitution du bioherme "de marbre rouge" de Petit-Mont, à Vodelée. Dumon, 1957 p. 2, fig. 2.



Quoiqu'il en soit, les contacts entre schistes et récif sont le plus souvent tectoniques, montrant des stries de glissement (1936, p. 378; 1932, p. 124, etc...). La forme des édifices est actuellement "en cloche" (1957, p. 15).

Constatant que, contrairement aux récifs actuels, dont les Coraux forment la charpente, les "récifs" de marbre rouge du Frasnien n'en comptent que peu, Dumon propose de suivre la proposition de Cummings et Shrok (1928) et de les appeler "biohermes" (1964, ch. 31).

Dumon a accumulé nombre d'observations sur les schistes "F2i", parfois interstratifiés "sur quelques décimètres" avec les calcaires de la bordure externe des récifs; il en donne une estimation de la puissance: variant entre 30 et 75 m (1929, p. 162); en moyenne 60 m (Dumon et coll., p. 157, 1954); variant de 80 à 30 m sur une distance horizontale de 650 m (1957, p. 38). il signale également que ces schistes ne sont fossilifères que dans les environs immédiats des biohermes de marbre rouge (1929, p. 161; 1936, p. 379; 1964, ch. 31); ailleurs, la faune est pauvre et ne compte que quelques petits Brachiopodes. Les schistes F2i passent le plus souvent brutalement aux schistes de Matagne (1929, p. 161). A certains endroits néanmoins, on peut constater la présence de schistes de caractère intermédiaire ("F3a" de Maillieux).

D'un point de vue plus général, concernant la bathymétrie et l'évolution du milieu de sédimentation des biohermes, Dumon partage les vues de Maillieux et Delhaye. Dumon et coll. (1954, p. 159) avancent même des estimations de profondeur: entre -50 et -30 m pour le développement du stade griotte, une profondeur moindre pour les stades "royal" et "gris" puisque l'accrétion récifale rattrape progressivement l'affaissement du fond marin, et ensuite une nouvelle accentuation de la profondeur (et de la vitesse de subsidence), amenant la récurrence des griottes sommitales. Les schistes de Matagne correspondraient à des profondeurs supérieures à -80 m.

Dumon attribue aussi à une différence de profondeur (liée à une différence d'oxygénation de l'eau) la différence d'état d'oxydation du fer dans le bioherme (oxyde

de fer) et dans les schistes périphériques (sulfure de fer) (1964, ch. 31).

Enfin, il ne faut pas oublier l'oeuvre stratigraphique de Dumon. En 1929 (p. 209), il propose des raccords entre le bord sud du Synclitorium de Dinant (utilisant la nomenclature de Maillieux), son bord nord et le Synclitorium de Namur. Les unités manquantes dans le Massif de Philippeville (notamment "F2d") sont peut-être liées à des lacunes de sédimentation (*id.*, p. 186), mais certainement pas à un effet tectonique.

D. CONTRIBUTIONS STRATIGRAPHIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES

I. A.L. MOUREAU

Moureau (1933) s'est surtout intéressé à la stratigraphie du Frasnien dans la région de Givet-Beauraing. Il y a recensé plusieurs récifs de marbre rouge dont il donne une description succincte en suivant la "nomenclature" de Delhaye. Les récifs y possèdent les 2^e (griotte), 3^e (marbres rose et gris à Brachiopodes et Crinoïdes) et peut-être 4^e stade, représenté par du calcaire à Crinoïdes (qu'il pense être une variation latérale de la griotte sommitale) (1933, p. B192).

Les schistes F2i, d'épaisseur variant entre 80 et 100 m à Givet (50 à 70 m à Revogne) ne sont riches en faune que près des récifs F2j. Lorsqu'on s'éloigne des édifices, non seulement le nombre, mais aussi la taille des organismes diminue (*id.*, p. B181). Il attribue ce phénomène à une augmentation latérale de profondeur. Le passage des schistes F2i aux Schistes de Matagne est progressif.

Enfin, il insiste sur le fait que les fossiles choisis par Maillieux sont des fossiles de faciès et que ces zones ne peuvent donc avoir une signification chronostratigraphique trop stricte:

"(...) l'absence apparente de certaines zones (F2d, F2f, F2g, F2h [...]) [dans la région étudiée] indique non pas une lacune stratigraphique mais un changement latéral de faciès. En effet, ainsi qu'il ressort des pages précé-

denes, les fossiles frasniens sont uniquement des fossiles de faciès et les zones qu'ils déterminent ne correspondent pas toujours à des niveaux d'âge différent mais à des faciès différents appartenant parfois à un même niveau (...)" (*id.*, p. B192).

II. L. DUBRUL

Dubrul, en 1939, confirme ces observations et voit (p. B302) dans les variations verticales des faunes, non pas le reflet de l'évolution, mais celui des variations du milieu de sédimentation.

Il montre également que tout en n'étant pas chronostratigraphiques, certains horizons ont une remarquable constance, et parmi ceux-ci, le niveau de schistes "F2i" qui, d'une épaisseur moyenne de 70 m (mesuré sur la fig. p. B313), ne présente que peu de variations de faciès au bord sud du Synclinorium de Dinant et dans le Massif de Philippeville. Il signale cependant que les schistes noduleux "F2i" contiennent des bancs de calcaire dans la zone allant de Givet à Marche et que, dans la région de Barvaux, tout le sommet de l'"Assise" devient calcaire et riche en polypiers. Il attribue ces variations de faciès à des différences de profondeur de la mer:

"Dans la région méridionale, la mer était assez profonde pour que les récifs ne puissent s'élever qu'en des endroits isolés où le fond était exhaussé (...). Au nord, la profondeur s'est trouvée favorable, sur de grandes étendues et pendant assez longtemps, à l'édification de récifs." (*id.*, p. B307).

Dubrul signale aussi que vers le Nord-Ouest du Massif de Philippeville, les schistes "F2i" (ou mieux, le "faciès F2i") vient en contact avec le Famennien, sans l'intermédiaire des schistes F3 (*id.*, p. B308).

Après avoir fusionné certaines des zones de Maillieux, Dubrul présente des corrélatons entre ces ensembles et les différentes "assises" du bord nord du Synclinorium de Dinant et du Synclinorium de Namur (*id.*, p. B316).

III. Y. de MAGNEE

C'est au cours de son levé géologique de la région de Barvaux (partie sud du bord oriental du Synclinorium de Dinant) que de Magnée a été amené à étudier plusieurs récifs de marbre rouge.

Les coupes détaillées et les descriptions qu'il en donne montrent que hormis la griotte de base, les différents stades d'évolution des récifs définis par Delhaye dans la région du Massif de Philippeville sont présents. Le marbre rose du "3^e stade" se différencie cependant de ses équivalents lithologiques du Massif de Philippeville par l'absence du faciès "byzantin" et du faciès "gris" (1932, p. 21).

Y. de Magnée remarque que le récif résulte de l'empilement de petites unités élémentaires (*id.* p. 37), et qu'il est entouré de tous côtés par des calcaires noirs stratifiés contenant de nombreux Crinoïdes et débris de polypiers (*id.* p. 22). Ces calcaires biodétritiques passent progressivement, par "augmentation d'épaisseur des intercalations schisteuses" à des schistes analogues à ceux qui envasent le récif. Toutes les surfaces de stratification étaient primitivement proches de l'horizontale (*id.* p. 37-38). Le mécanisme à la base de la différenciation de la structure en calcaires construits et calcaires biodétritiques est pour l'auteur, la "lutte entre les organismes constructeurs et l'action destructrice et nivellatrice des vagues, aidée d'apports de matières argileuses" (*id.* p. 38).

E. DE LA SEDIMENTOLOGIE AUX PREMIERES RECONSTITUTIONS PALEO-ENVIRONNEMENTALES ET PALEO-TECTONIQUES

C'est à Marius Lecompte et à son "Ecole" qu'il faut attribuer le souci d'une vision "intégrée" du phénomène biohermal. Intégration dans l'espace par l'étude de l'entière de la plate-forme carbonatée dans sa différenciation géographique; intégration dans le temps par l'étude de la succession des cycles sédimentaires. Ces conceptions se retrouvaient bien sûr latentes chez plusieurs de ses prédécesseurs (pensons à Maillieux), mais comme souvent, le cadre conceptuel qui

aurait pu favoriser leur épanouissement n'était probablement pas encore fermement établi...

Une des originalités de l'approche personnelle de Lecompte tient aussi à la minutie, neuve à l'époque, de son échantillonnage et de son examen microscopique⁽⁹⁾ (au moins lors de la phase initiale de son "exploration" des récifs de marbre rouge). Ainsi, son étude du récif "F2j" de Trélon (1936) est la première description pétrographique que nous possédions de ce genre d'édifice; la première aussi où l'on met en évidence le rôle non négligeable des Algues et des Eponges dans l'édification des zones centrales (1936 p. 76 et 83) et celui, plutôt accessoire des polypiers (*id.* p. 80).

Au gré des publications, Lecompte présente d'autres coupes de "biohermes" de marbre rouge (terme qu'il utilise de préférence à celui de "récif", 1959 b, p. 15; 1958a p. 1064), dont celles de la carrière des Croisettes et du Grand Fond à Vodecée (1954, fig. 1, 2 pl. III; 1959 a, fig. 1 et 2 p. 17), pour arriver finalement à une coupe synthétique (fig. II.3).

La succession lithologique, décrite à plusieurs reprises (1954 p. 156-161; 1956, p. 14-17; 1958a, p. 1055-1057) peut se résumer comme suit:

- une zone rouge inférieure, à *Alveolites* et "*Acervularia*" discoïdes, passant vers le haut à une zone à *Stromatactis* (interprétés comme organismes constructeurs, d'affinité peut-être algale: 1937, p. ; 1954 p. 157; 1958a p. 1057; 1959b p. 62). La pâte calcaire est une bouillie de Bryozoaires, Ostracodes, spicules, Crinoïdes ; les terrasses, nombreuses dans cette zone, sont attribuées à la stylolithisation:

"La roche, dans toute sa hauteur, mais beaucoup plus sur les bords du récif que vers le centre, est parcourue d'un réseau de limets argileux stylolithiques, parfois très dense, échevelé et tranchant

les organismes fossiles, ce qui ne laisse aucun doute sur la nature du phénomène de pression responsable, en relation avec la teneur de la roche en argile, laissée comme résidu dans les joints stylolithiques" (1956, p. 15-16).

- une zone moyenne rose ou grise, caractérisée par des Coraux "subglobulaires" et branchus souvent retournés, des Brachiopodes et d'abondants Crinoïdes. On observe quelques Stromatopores lamellaires, Gastéropodes et Algues (*Sphaerocodium*). A la base de cette zone s'individualise souvent un niveau à *Receptaculites*. Les terrasses stylolithiques sont peu développées;

- une zone supérieure rouge, qui se présente comme une "récurrence de la phase inférieure de la première zone, à polypiers lités" (1956, p. 17).

D'un point de vue géométrique, Lecompte observe que:

"Les lentilles récifales F2j sont complètement isolées dans des schistes. Ceux-ci ne s'y indentent pas mais buttent sur la surface du récif suivant un angle qui n'est pas originel mais qui a été exagéré par les phénomènes de tassement interrécifal (...). Aucun talus ne s'avance dans les schistes et il n'y a aucune influence sédimentaire du récif calcaire sur le milieu environnant. Sur le pourtour immédiat du récif, les schistes contiennent une faune autochtone. (...). Au large des récifs, dans l'aire inter-récifale, la faune disparaît rapidement et le schiste est bourré de nodules calcaires." (1956, p. 18; voir aussi 1954, p. 155-156).

Il va se servir de certaines de ces observations pour interpréter le milieu de sédimentation, après avoir rejeté toute analogie avec les appareils récifaux actuels (1938, p. 23; 1956, p. 11; 1958a, p. 1065; 1958b, p. 387) qu'il a eu l'occasion de visiter (Floride et Bermude). Il énumère (1938, p. 39-40) les différences les plus significatives entre édifices paléozoïques et édifices actuels. On peut résumer ces différences sous la forme du tableau II.1.

(9): voir l'exposé de sa méthode (1936, p. 54-55). Il ne s'agit pas exactement d'un échantillonnage de type "banc-par-banc", mais on s'en approche indubitablement (18 échantillons pour 50 m, prélevés dans des zones où il discerne une variation lithologique).

L'originalité principale des biohermes F2j est selon lui, leur édification en milieu profond et subsident, subsidence qui est liée au contexte tectonique géosynclinal (1938, p. 42; 1954, p. 161; 1958b p. 385, 1959b, p. 18; 1967, p. 35).

"Ce type de bioherme (...), s'est tout entier développé en milieu calme, sous la zone de turbulence, comme le montrent l'absence de talus et d'épanchement organoclastique autour du récif, la petite taille et la forme lamellaire des coraux, l'absence de Stromatopores massifs, la pauvreté de la faune en général et sa distribution horizontale uniforme, la pigmentation rouge et les linéoles argileuses abondantes, surtout marginalement, accusant la décantation argileuse continue." (1958a, p. 1057).

L'influence bathymétrique se traduit principalement par le degré d'agitation des eaux et leur turbidité. C'est la raison pour laquelle Lecompte propose une zonation bathymétrique basée sur cinq à sept faciès (suivant les publications), qui sont interprétés en terme d'agitation du milieu (1956, p. 28; 1958a, p. 1051-1052; 1958b, p. 388-390; 1959b, p. 22; 1961, p. B32 et fig. 3 p. B29-31; 1963b, p. 2; 1967, pl. IV, p. 26-27).

- 1.- Zone turbulente à Stromatopores massifs,
- 2.- Zone subturbulente à Stromatopores lamellaires et Coraux (...).
- 3.- Zone sous-turbulente à Coraux constructeurs. (...).
- 4.- Zone mixte, de calcaires très argileux, fins, pauvres, à Brachiopodes, Coraux constructeurs disséminés et Coraux non constructeurs. (...);
- 5.- Zone quiescente, constituée de schistes plus ou moins grossiers, plus ou moins calcaires, à faune dominante de Brachiopodes de taille normale et de polypiers solitaires.
- 6.- Zone profonde, de schistes fins, peu ou non calcaires, à faune benthonique naine

(Brachiopodes et Lamellibranches).

7.- Zone à Goniatites, de schistes très fins, noirs, à faune pélagique." (p. 22, 1959b).

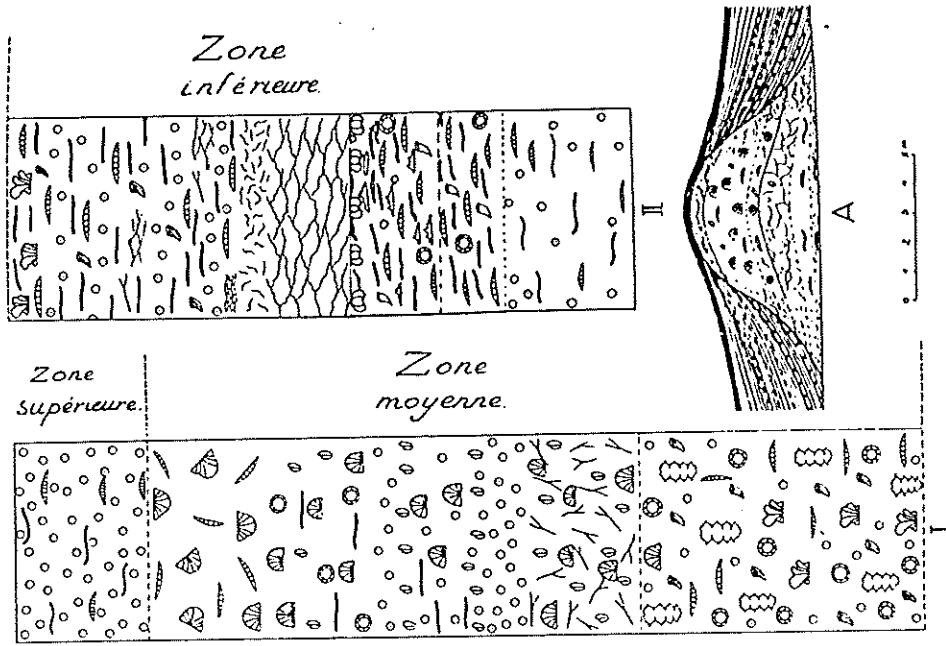
Les biohermes F2j, dont la phase initiale de développement est liée à une courte période de stabilité relative épirogénique (1967, p. 33) se sont édifiés en zone sous-turbulente pour les zones rouges et en zone sub-turbulente pour la zone gris-rosé (1967, pl. XI, p. 36). Les schistes encaissants se sont déposés en zone quiescente⁽¹⁰⁾.

"(...) [les biohermes F2j] se sont développés au cours d'une subsidence, lente au départ et durant la plus grande partie du développement du récif -qui, non seulement compense la sédimentation mais prend l'avance sur elle jusqu'à approcher de la zone de turbulence- précipitée dans la phase terminale. L'avance a toujours été très faible cependant, car pendant toute la durée du développement vertical du récif, la sédimentation contrarie celui-ci (terrasses marginales dans toutes les zones et rétrécissement du récif), ce qui exclut une phase de stabilité prolongée." (p. 19, 1956).

La récurrence de la zone rouge est brutale ("on ne refait pas en sens inverse le chemin vertical parcouru au cours de l'évolution antérieure du récif", *id.* p. 17) et précède de peu le dépôt "cataclysmique" des schistes de Matagne, considérés comme des sédiments profonds, qui provoquent l'"envasement" de l'édifice (1954, p. 164; 1958 b, p. 391; 1961, p. B52; 1967, p. 33).

Les apports argileux représentent le "fond continu" de la sédimentation (1958b, p.

(10): Remarquons qu'il apparaît là une difficulté d'interprétation, puisque les calcaires biohermaux et les schistes encaissants sont contemporains (1967, p. 32). Cette difficulté s'estompe si l'on suppose l'existence d'une dénivellation entre biohermes et schistes.



Caractéristiques	Édifices frasniens	Édifices actuels
Contexte tectonique	géosynclinal	"bassins peu déformables"
influence des édifices sur leur environnement	faible	forte (pouvoient des sédiments au milieu inter-récifal)
Morphologie des édifices	"simple", traduisant l'absence de courants. Pas de talus d'éboulis	complexe, avec talus
Structure des édifices	pas de zonation écol. horizontale, mais verticale pas de phase d'émerision	forte zonation horizontale une phase "sénile" liée à l'émerision.
Taille des édifices	restreinte	vaste.
Conditions bathymétriques	profondes, pas de symbiose prouvée Coraux-Algues photosynthétiques. Milieu calme	peu profondes: symbiose Coraux-Zooxanthelles. Milieu turbulent.
Formule biologique	peu d'espèces, beaucoup d'individus. Pas d'organismes perforants. Peu d'Algues	nombreuses espèces, y compris perforants. Les Algues sont un constituant important.

Tableau II.1: comparaison d'après Lecompte entre édifices récifaux paléozoïques et actuels (1938, 1954, 1956, 1958 a, b, 1959 b et 1961).

Figure II.3: coupe schématique d'un "récif de marbre rouge F2j" du Massif de Philippeville. Lecompte, 1958 a, p. 1056.

396-397) et non des apports détritiques soudains;

"passant en grande partie au-dessus des biostromes de la plateforme, [ils] vont s'accumuler pour la plus grande partie dans le bassin entre les biohermes et dans les fosses transversales de subsidence." (1967, p. 24).

La forme, en "biohermes", c'est-à-dire à développement vertical marqué, n'est que le reflet de la compétition entre l'accrétion organique et la décantation argileuse dont l'intensité est fonction de la profondeur (1958 b, p. 395) et finalement de la rapidité de la subsidence⁽¹¹⁾ (1963 b, p. 19). En milieu peu profond, où la turbulence empêche le dépôt des argiles, les édifices organiques s'étalent en biostromes (1956, p. 13; 1958a, p. 1047; 1958b, p. 395; 1959b, p. 11, 15; 1963, p. 6; 1967, p. 36-37).

Lecompte voit donc, correspondant aux trois phases de développement de biohermes du bord sud du Synclinorium de Dinant, trois phases de développement de biostromes au Nord du synclinorium.

"(...) les trois niveaux de biohermes du Sud sont remplacés au Nord par des biostromes séparés par des horizons dont la nature lithologique varie progressivement de schistes au Sud à des calcaires argileux vers le Nord, à Coraux massifs et branchus associés à des Brachiopodes, (...)" (1958a, p. 1061).

"La transition entre les deux types [de constructions récifales] se déplace, stratigraphiquement, de la base au sommet, en direction Nord. Tandis que les récifs F2d ne sont connus en affleurement que sur le bord sud du bassin de Dinant et que les derniers biohermes F2h ne dépassent pas les abords du Massif de Philippeville, les derniers bio-

hermes F2j se voient encore à l'affleurement à Renlies, à 18 Kms au Nord du bord sud du bassin de Dinant." (1958 b, p. 385).

Ce déplacement est dû à la transgression marine frasnienne. La prise en compte de ces déplacements de faciès a amené Lecompte à émettre de nettes réserves quant à la valeur chronostratigraphique de fossiles qui pourraient être par trop dépendants des conditions du milieu (zones de Maillieux et Gosselet) (1958 a, p. 1061-1063; 1959 b, p. 13-14 & 24; 1961, p. B55; 1963 b, p. 11; 1967, p. 24 & 36). Il préfère, pour établir des corrélations entre bord sud et bord nord du Synclinorium de Dinant, utiliser les "rythmes sédimentaires", à l'origine des trois phases récifales susmentionnées.

Ces rythmes sont la conséquence de "déformations épirogéniques" synsédimentaires qui individualisent des zones de "fosse géosynclinale" ou "bassin" à forte subsidence (faciès biohermaux, au sud du synclinorium et dans le Massif de Philippeville) et des zones de "shelf" à faible subsidence (faciès biostromaux du nord du synclinorium) (1958 b, p. 398-399; 1959 b, p. 9 & 21; 1961, p. B39; 1963 b, p. 5 & 17). Le Massif de Philippeville est proche, durant le Frasnien moyen, de la zone de flexure entre "fosse" et "shelf".

A cette différenciation longitudinale se superpose une différenciation transversale en zones de subsidence plus ou moins marquées (1959 b, p. 9; 1961, p. B39-40; 1963 b, p. 5; 1967, p. 22).

"Ces bombements actifs (...) mettent aussi en évidence des dorsales transversales au plissement séparant des fosses d'ennoyage latéral, d'Ouest en Est: l'ennoyage de l'Artois, la dorsale de Rocroi-Philippeville-Beaumont, l'ennoyage de la Meuse (Givet-Anhée), la dorsale de Serpont-Rochefort, l'ennoyage de l'Ourthe, la dorsale de Stavelot, (...)" (1959b, p. 9).

Les biohermes se localisent sur les bombements, tandis que les zones d'ennoyage se caractérisent par une sédimen-

(11): "(...) il apparaît certain que la forme en bioherme ou en biostrome suivant laquelle se présentent les récifs est liée à la rapidité de la subsidence, elle-même fonction de la distance à la charnière oscillatoire." (1958 a, p. 1063).

tation argileuse dominante (1961, p. B40; 1963 b, p. 7).

* *

Les conceptions de Lecompte ont influencé nombre de géologues durant ces dernières décennies. Ses élèves d'abord, d'autres chercheurs ensuite, ont repris son cadre "tectono-sédimentaire" ou ses zones bathymétriques.

Rutten, notamment, après avoir participé à une excursion organisée par Lecompte (en 1955), a publié un article (1956) où il fait intervenir la dynamique crustale pour expliquer les grandes alternances entre sédimentation calcaire et détritique dans le Dévonien belge (p. 685).

Dans le cas du Frasnien "F2j", les biohermes commencent à se développer dans un environnement bien oxygéné, riche en éléments nutritifs puis, rapidement, la sédimentation détritique reprend, couplée à un approfondissement progressif du fond marin. Certains biohermes peuvent continuer à se développer car ils forment un haut-fond générateur de conditions locales plus favorables. Lors de l'enfouissement par la sédimentation détritique, on observe un nivellement progressif du fond et les nouveaux édifices se développeront en d'autres endroits (1956, p. 688). Il n'existe pas d'interdigitations entre récifs et sédiments environnants (*id.* p. 687 & 689).

Rutten remarque que paradoxalement, les phases d'approfondissement semblent liées à des apports détritiques abondants. Ceci peut s'expliquer si l'on considère que toute subsidence du bassin de sédimentation est compensée par une élévation du continent, déterminant une reprise d'érosion (*id.* p. 690). La "chamrière" autour de laquelle se fait ce mouvement de bascule est située approximativement à la limite continent-océan.

* *

Sur un plan purement sédimentologique, signalons une contribution de M. Moniez (1961), consacrée à l'étude du "récif" de Château-Gaillard, près de Trélon (bord sud du Synclinorium de Dinant). Relevons entre autre que cet auteur postule l'existence

de courants marins longeant l'édifice, pour expliquer sa dissymétrie (1961, p. 109), et qu'il explique le passage de la "zone rouge" à la "zone grise" par une stabilisation du fond, permettant aux constructeurs d'atteindre la zone turbulente (*ibid.*).

* *

E. van Winkel, élève de Lecompte, a écrit une thèse consacrée à l'écologie du Frasnien dans le Synclinorium de Dinant et au bord sud du Synclinorium de Namur. D'un point de vue sédimentologique et stratigraphique, il confirme les vues de Lecompte et illustre notamment les déplacements de la macrofaune au gré des variations de faciès (1964, p. 125). La microfaune par contre, lui semble moins liée aux conditions de l'environnement et plus susceptible d'affiner les corrélations "dynamiques" de Lecompte.

L'étude détaillée des relations géométriques entre la coupe du chemin de fer de Neuville et la carrière des Bulants (bioherme situé à quelques centaines de mètres) amène van Winkel à démontrer la présence d'indentations entre le "récif" et les sédiments périrécifaux. Ces indentations correspondent à des "ralentissements de subsidence" (*id.* p. 67) et sont séparées entre elles par des bancs plus argileux. Le récif s'est développé sur un bombement "provoqué par un amoncellement de colonies coralliennes" (*id.* p. 63).

* *

Pierre Cornet a étudié la carrière de marbre rouge de Beauchâteau à Senzeille (Massif de Philippeville), au cours de son travail consacré aux Stromatoporoïdes dévoniens au bord sud du Synclinorium de Dinant. Je reviendrai plus tard à ses observations sédimentologiques dans le paragraphe consacré à ce "récif". Relevons toutefois dès maintenant que Cornet observe une dissymétrie dans les dépôts de flanc du récif, révélatrice selon lui d'un "versant exposé" et d'un "versant abrité" (1975, p. 187). L'envasement du récif pourrait être dû "soit à une accélération de la subsidence, soit à une recrudescence des apports argileux". (*ibid.*).

* *

Hsien Ho Tsien, élève de Lecompte, poursuit depuis une trentaine d'années l'oeuvre de son maître. Son approche, d'abord essentiellement paléontologique et stratigraphique, s'orientera ensuite rapidement dans le sens d'une synthèse paléocéologique et paléogéographique. C'est surtout cet aspect de son travail que nous allons considérer. Ses publications sont nombreuses, et malheureusement pour le lecteur, souvent redondantes.

Après avoir utilisé dans plusieurs publications les unités stratigraphiques de Maillieux et Gosselet (1967, 1968, 1970), Tsien les remet en question et insiste sur les problèmes découlant de leur utilisation⁽¹²⁾ (1972, p. 1; 1974, p. 2; 1977c, p. 204; 1980, p. 634). Il propose une nouvelle subdivision du Dévonien belge, lithostratigraphique, biostratigraphique et chronostratigraphique. Cette subdivision est figurée aux tabl. 1 & 2, 1972; tabl. 1 & 2, p. 4 et 5, 1974; fig. 2, p. 192, 1977 b; fig. 1 et tabl. 1, p. 204 et 205, 1977 c; fig. 1, p. 105, 1979; tabl. 1 et fig. 1, p. 72 et 73, 1980; Tsien et coll., tabl. 1 p. 18, 1980; tabl. 1 p. 18, Tsien & coll., 1980; Mouravieff & Tsien, fig. 2, p. 2, 1983; Tsien, fig. 5, p. 7.8, 1984.

La proposition de 1972 utilise une biozotation sur base des Brachiopodes, des Conodontes et des Rugueux (dans les publications suivantes, seuls ces deux derniers groupes seront utilisés). Les "récifs de marbre rouge F2j", qui représentent un "faciès" diachronique, sont situés à cheval sur les biozones à *Ancyrognathus triangularis-Phillipsastraea pentagona* et *Ph. micrommata*, à la limite "Fr3a" et "β" (tabl. 2, 1972). Par après, dans les travaux ultérieurs, ces édifices seront "partagés", dans le Massif de Philippeville, entre deux niveaux successifs; les uns, "inférieurs", équivalents des biohermes "F2j" du bord sud du Synclinorium de Dinant seront rangés dans la biozone à *Ancyrognathus triangularis-Phillipsastraea pentagona*, d'âge "Fr2a"; les autres, "supérieurs" et présents uniquement dans le Massif de Philippeville, seront rangés dans la biozone à *Ph. micrommata*, d'âge "Fr2β" (fig. II. 4). Les deux niveaux, avec les schistes encaissants, forment la "Formation de Neuville".

Cette nouvelle stratigraphie représente, au point de vue des rapports entre les deux bords du Synclinorium de Dinant, une rupture nette avec Lecompte, qui corrélait les biohermes de marbre rouge "F2j" avec les calcaires biostromaux de la Formation de Lustin au bord nord du synclinorium⁽¹³⁾.

Tsien explique que les biohermes "Fr2"⁽¹⁴⁾ se sont édifiés au cours d'une transgression marine, au contraire des biohermes "Fr1" qui se sont développés durant une phase "relativement stable" (1980, p. 78). A ces édifices correspondent respectivement au bord nord du Synclinorium de Dinant soit des calcaires argileux à polypiers, soit des biostromes à Coraux et Stromatopores, alternant avec des calcaires fins de milieu restreint. En effet, durant les périodes de stabilité relative, une barrière organique s'édifierait près de la zone de flexure, séparant un environnement marin ouvert d'un environnement plus restreint, soumis à des ouvertures périodiques (1974, p. 10; 1977a, p. 63; 1977b, p. 192; 1980, p. 78; Mouravieff et Tsien, 1983, p. 1; Tsien, 1983c; 1984, p. 7.6).

Ce sont les "mouvements épirogéniques" (1974, p. 14; 1977a, p. 62; 1977c, p. 192, 1980, p. 71 & 75) qui sont responsables des alternances de phase calme et transgressive. Ces mouvements déterminent aussi des ondulations transversales du fond du bassin de sédimentation (ce sont les zones d'"ennoyage" et de "bombement" de Lecompte).

Suivant la nature du "régime tectonique" et la localisation paléogéographique, différents types de constructions organiques se développent (1974, p. 14; 1977 a, p. 61; 1977 b, p. 192; 1979, p. 103-104; 1980, p. 78; Mouravieff & Tsien, 1983, tabl. I, p. 2; Tsien, 1984, p. 7.6). Les biohermes de marbre rouge, édifices caractéristiques d'un "bassin" soumis à un régime transgressif (1980, p. 75) sont qualifiés de "mud-mounds" (1974, p. 14, etc...). A partir de 1977, Tsien présente une classification des bioconstructions dévoniennes de l'Ardenne ("R1 à R5", Tsien & Dricot, 1977, p. 344;

(12): "ces unités sont tantôt lithostratigraphiques, tantôt biostratigraphiques et leur désignation est d'apparence chronostratigraphique" (1972, p. 1).

(13): d'autres auteurs ont critiqué également ces corrélations: citons Mouravieff, 1970 (*in* Groessens, 1971), Groessens, 1971 p. 11-12 et Lacroix, 1972.

(14): acception post 1972.

"R1 à R6", Tsien, 1977 a) qui sera étoffée progressivement par ajout de sous-types "R5A et R5B" (1977 b); Tsien & coll., 1980, p. 17, "R5A, B, C, D" (utilisés à partir de 1983) pour les notations afférentes aux mud-mounds.

C'est la version la plus complète qui est détaillée ci-dessous.

Mouravieff & Tsien, 1983 (p. 4-5) et Tsien (1984, p. 7.21) définissent d'abord six "biofaciès":

biofaciès I: calcaire rouge pâle à *Phillipsastraea*, *Alveolites* globuleux et *Stromatopores* lamellaires; quelques *Thamnopora*, *Renalcis* et *Rothpletzella*;

biofaciès II: calcaire rouge pâle ou rouge à *Alveolites*, *Phillipsastraea*, *Spongiaires* et *Stromatactis*;

biofaciès III: calcaire rouge à Coraux branchus; quelques *Renalcis*;

biofaciès IV: calcaire rouge à *Stromatactis*;

biofaciès V: calcaire rouge pâle à *Renalcis*;

biofaciès VI: calcaire gris à *Phillipsastraea*, *Alveolites*, *Iowaphyllum*, *Renalcis* et "micrite à structure stromatolitique".

Les biofaciès I, II, III et VI sont considérés comme "récifaux" (Tsien, *ibid.*) et comme tels, formés dans la zone d'action des vagues, tandis que les biofaciès IV et V sont interprétés comme "non récifaux" et formés sous la zone d'action des vagues.

Ces faciès une fois établis, chaque "type" de "mud-mound" est caractérisé par les biofaciès prédominants. Ainsi, le type "R5A" (exemple: bioherme de la carrière des "Croisettes" à Vodecée), contient surtout les biofaciès IV et II; le type "R5B" (exemple: bioherme de la carrière Beauchâteau à Senzeille), les biofaciès III et I⁽¹⁵⁾; le type

"R5C" (exemple: bioherme du Fort-Condé à Givet), les biofaciès IV et V et le type "R5D" (exemple: bioherme de la carrière du Hautmont à Vodelée), les biofaciès VI et I.

D'une manière générale⁽¹⁶⁾, Tsien considère que les "mud-mounds" "R5" se sont développés dans la zone photique, à proximité de la zone d'action des vagues, dans un environnement où la décantation argileuse était importante⁽¹⁷⁾ (1977 b, p. 193-194, par exemple). Les organismes présents ("Il s'agit de Tabulés, de microorganismes, d'algues, de coraux rugueux, de Crinoïdes et de spongiaires; à ceux-ci s'ajoutent encore des structures d'origine microorganique, les *Stromatactis* (...)", 1984, p. 7.22) tolèrent ces eaux boueuses et participent à l'édification du "mound", soit en piégeant le sédiment en suspension (bafflestone), soit en le stabilisant après son dépôt, par simple protection mécanique (coverstone) ou par encroûtement (bindstone) (1979; 1981; 1983 a; Mouravieff & Tsien, 1983; 1984, p. 7.3).

Les Algues sont un constructeur important ("the principal frame-builders": Tsien & Dricot, 1977, p. 345) et sont représentées par *Renalcis*, *Epiphyton* et *Rothpletzella*.

Les "mud-mounds" s'interdigent avec les dépôts encaissants (voir Tabl. 2, 1972; 1977 b, p. 197; 1980, p. 91; Mouravieff & Tsien, 1983, p. 5; Tsien, 1984 p. 7. 26 & 28; Tsien & coll., 1980, p. 21-24), mais la compaction différentielle, en partie synsédimentaire, entre les deux types de sédiments est importante et provoque une accentuation des pentes originelles (1977 b, p. 199; 1980, p. 90-91; Mouravieff et Tsien, 1983, p. 5; Tsien, 1984, p. 7.24). La valeur des pentes sédimentaires est estimée entre 10 et 45° (Mouravieff & Tsien, 1983).

Tsien s'est beaucoup intéressé aux variations morpho-écologiques des Coraux (1967, 1968, 1970, 1980). Il pense d'ailleurs que les grandes transgressions et régressions marines, par le stress qu'elles font peser sur

"R5B: mainly fasciculated corals and algae" (1977 b, tabl. I, p. 193).

(16): les observations particulières de Tsien sur les biohermes cités seront discutées dans le chapitre IV, traitant de la description générale des coupes.

(17): ces argiles "trouvent probablement leur origine au Sud, c-à-d. dans l'île Mid-Européenne" (1977a, p. 59).

(15): ces deux types de mud-mounds, définis depuis 1977 (b), étaient caractérisés alors par leur contenu paléontologique: "R5A: mainly lamellar corals and algae",

les communautés organiques, sont à l'origine d'une intensification des processus cladogénétiques (1980, p. 643; 1983 b). On trouvera dans les quatre publications citées ci-dessus des exemples de différenciation morphologique des polypiers en fonction des conditions du milieu; je n'y reviendrai pas ici.

Les *Stromatactis* sont pour Tsien des organismes constructeurs qui, comme les Coraux ou les Stromatoporoides, présentent des variations écologiques liées à l'environnement (1977 a, p. 63; 1977 b p. 194; 1979, p. 119; 1980, p. 90-91; Tsien & coll., 1980, p. 25; Mouravieff & Tsien, 1983, p. 15 et fig. 14).

"A la base de la zone à *Stromatactis*, ces derniers sont lamellaires, minces et régulièrement lités (...); ils apparaissent en petits fleurages irréguliers dans la partie inférieure de la zone (...). Ils deviennent des fleurages irréguliers de grande taille dans la partie moyenne (...). A la partie supérieure, ils redeviennent des fleurages irréguliers de petite taille." (1980, p. 90-91).

Ces "organismes" sont interprétés comme "probablement algaires" (Tsien et Dricot, 1977, p. 345; Tsien, 1980, p. 97), puis "d'origine microorganique" (1984, p. 7.22; 1985b).

Enfin, Tsien attribue à partir de 1983 une origine microorganique à la boue carbonatée qui constitue la fraction majeure du sédiment (Mouravieff et Tsien, 1983, p. 6 & 18; Tsien, 1984, p. 7.28; 1985a).

* *

C'est une version des idées de Lecompte et de Tsien "rajeunie" par un "vocabulaire actuel" que défend Tom Reijers.

Il insiste sur une séparation entre un environnement de plate-forme peu profonde au Nord et une zone nettement plus profonde vers le Sud (1984, p. 24; 1985). L'emplacement de cette zone de séparation, affectée d'une dolomitisation intense (*ibid.*), varie au cours du temps. Comme aucune construction récifale importante n'est localisée sur cette zone de flexure, la plate-forme

est du type rampe ("(...) knoll-reef rimmed ramp with no apparent wind or tide dominance (...)", p. 58, 1985), à pente marquée due à la situation géosynclinale.

Les monticules micritiques du Massif de Philippeville sont situés partiellement sur la zone de flexure (1984, p. 26). Ces édifices sont caractérisés par des pentes fortes (60°-70°, comm. orale) responsables de slumps et de dykes neptuniens (1984, p. 26; 1988). Le pigment ferrugineux est d'origine terrigène, lessivé du continent situé au Nord. Il est conservé sous forme oxydée dans les monticules "because it remained with the "growing" mud-mound in the shallowest part of the depositional environment" (1984, p. 28). Dans les schistes encaissants, il est transformé en pyrite. Les monticules se localisent sur des accidents tectoniques synsédimentaires (*id.* p. 29), dont la formation est liée à un régime en distension durant la fin du Dévonien (*ibid.*).

* *

Avant de clôturer le chapitre consacré aux travaux de Lecompte et de ceux qu'il a fortement inspirés, il me semble opportun de rappeler quelques critiques émises par Paul Sartenaer en 1974, concernant les reconstitutions paléogéographiques et la "dynamique" sédimentaire de Lecompte.

Sartenaer fait en effet remarquer que l'hypothèse des trois phases discontinues d'édification récifale ne représente peut-être qu'une vue de l'esprit, puisque certaines observations font état d'édifices en position intermédiaire, ou même d'édifices dont la croissance se prolonge durant deux "phases" (1974, p. 11)... Les zones bathymétriques de Lecompte lui semblent aussi sujettes à caution, tant qu'un canevas biostratigraphique précis n'aura pas été établi:

"la méthode paléontologique, en fixant des âges relatifs, permettra d'éviter de nombreuses erreurs et notamment celle qui consiste à placer à diverses profondeurs d'une même mer des faunes ayant vécu à des périodes différentes." (*id.* p. 13).

F. ETUDES STRATIGRAPHIQUES RECENTES

Michel Coen et surtout Marie Coen-Aubert ont mis l'outil paléontologique au service de la stratigraphie fine du Frasnien. J'aurai l'occasion de parler de leur travail, puisque c'est à leur zonation biostratigraphique sur base des associations de Rugueux massifs que je me suis moi-même référé. Je vais donc simplement faire état ici des résultats qui concernent la sédimentologie des biohermes de marbre rouge.

Les nouvelles données doivent beaucoup à la finesse des cénozones utilisées: les biohermes de marbre rouge et les schistes encaissants contiennent trois associations successives de Rugueux massifs (Coen, Coen-Aubert & Cornet, 1976; Coen-Aubert, 1977, p. 53-55; 1980; 1982, p. 9 & 14) indépendantes du faciès (Coen-Aubert, 1980).

Ces associations permettent donc de préciser les relations stratigraphiques entre biohermes et dépôts péri-récifaux (Coen & Coen-Aubert, 1976) et au niveau régional, de mettre en évidence un diachronisme des bioconstructions.

Appelons, comme les auteurs précités, ces associations "faune 1", "faune 2" et "faune 3". La "faune 1" est d'âge "F2j" et les "faune 2" et "faune 3" sont d'âge "F3" (Coen, Coen-Aubert & Cornet, *op. cit.* p. 330; Coen-Aubert, 1982, p. 9 & 14). Dans le Massif de Philippeville, les biohermes étudiés par Coen-Aubert (1974b) et Coen, Coen-Aubert & Cornet (*op. cit.*) contiennent les faunes "1" et "2". La "faune 1" caractérise le stade "griotte" (Coen & coll., *op. cit.*, p. 329-330) citent l'exemple du "Petit-Mont" à Vodelée); la "faune 2" les stades "royal" et "gris" (*ibid.*, exemple du récif de "Beauchâteau" à Senzeille et du sommet du récif des "Bulants" à Neuville). La "faune 3" apparaît quant à elle dans des "calcaires noduleux" postérieurs au développement du bioherme de "Beauchâteau" et déposés sur son flanc (Coen-Aubert, 1974, p. 9; Coen & Coen-Aubert, 1974, p. 3; Coen & coll., *ibid.*). Ces calcaires noduleux, associés à d'autres unités, se retrouvent en milieu péri-récifal dans la coupe de la tranchée du chemin de fer de Neuville (Coen & Coen-Aubert, *op. cit.*),

permettant une comparaison des deux types de sédimentation⁽¹⁸⁾.

Au bord sud du Synclinorium de Dinant et jusque dans la région de Rochefort, les récifs de marbre rouge sont tout entier compris dans la première zone à Rugueux (Coen & coll., fig. 1, p. 327, ma fig. II.6). "Les récifs (...) sont donc, dans l'ensemble, sensiblement plus jeunes au nord qu'au sud, comme l'avait d'ailleurs suggéré Tsien dès 1971." (*id.* p. 330).

Au bord nord du Synclinorium de Dinant, on retrouve la "faune 1" dans le "premier niveau récifal de la Formation d'Aisemont" (Coen-Aubert, 1982, p. 9) et la "faune 2" dans le "second niveau récifal" de cette formation (*id.* p. 14). La "faune 3" se retrouve dans le Massif de la Vesdre dans des calcaires noduleux situés peu au-dessus de la Formation d'Aisemont (*ibid.*).

Ces importants résultats stratigraphiques n'ont pas empêché ces auteurs de faire aussi des observations d'ordre sédimentologique. Ainsi, Coen & coll. (*op. cit.*) donnent une description du bioherme de Beauchâteau à Senzeille et, comme Cornet, postulent l'existence d'une dissymétrie des dépôts de flanc, due selon eux à une différence d'exposition aux agents érosifs (*id.*, p. 330). Le relief de ces édifices était important et, pour le cas concret du récif de Petit-Mont, atteignait une quarantaine de mètres au-dessus du fond marin (*id.* p. 329). Notons aussi que dans leurs figures, ces auteurs représentent les récifs de marbre rouge sans indentation dans les schistes encaissants (Coen & coll., 1976, fig. 1 p. 327 par exemple).

Enfin, la disparition des récifs de marbre rouge serait liée à une "recrudescence des apports terrigènes" (Coen et coll., p. 330).

* *

Ce sont des données d'ordre essentiellement paléontologique et stratigraphique que nous fournit Francis Tourneur, qui a étu-

(18): signalons que Coen & coll. (*op. cit.*) n'admettent pas la présence d'un second niveau de biohermes de marbre rouge à *Phillipsastraea* latéralement aux calcaires noduleux contenant la "faune 3", comme figuré à de nombreuses reprises par Tsien.

dié les biohermes de "Beauchâteau" à Senzeille (Massif de Philippeville) de "Fort-Condé" à Givet et de "Château-Gaillard" à Trélon (bord sud du Synclinorium de Dinant).

Tourneur confirme, sur base des Conodontes, les âges "F2j" et "F2j"- "F3" des biohermes de Fort-Condé et Beauchâteau (1982). L'abondance relative des divers genres de Conodontes lui permet de supposer un milieu de développement assez profond pour le récif de "Fort-Condé" et nettement moins profond pour "Beauchâteau" (1982, p. 96). Le récif de "Château-Gaillard" s'est édifié en "milieu relativement profond" (*id.* p. 98), mais surtout, il est d'âge "F2j" à "F3" ce qui, puisqu'il est situé au bord sud du Synclinorium de Dinant, cadre mal avec le schéma simple selon lequel les récifs seraient de plus en plus jeunes du Sud vers le Nord.

* *

En 1983, J.P. Biron, M. Coen-Aubert, R. Dreesen, B. Ducarme, E. Grossens et F. Tourneur ont étudié le bioherme de marbre rouge dit du "Trou de Versailles" à Rance.

Stratigraphiquement, sur base des Conodontes et des Rugueux massifs, cet édifice date du sommet du Frasnien ("F3"), malgré sa position relativement méridionale dans le Synclinorium de Dinant (1983, p. 327). Il est envasé par des calcaires noduleux à Brachiopodes datés de la base du Famennien, sans qu'apparaissent les "schistes de Matagne" (Ducarme, 1980, p. 116). La position stratigraphique de ce récif confirme donc l'observation de Tourneur (1982) sur la variabilité de l'âge du "faciès récif de marbre rouge".

Les auteurs font un relevé détaillé des Tabulés, Rugueux, Conodontes. Ils signalent également la présence de Girvanelles, *Sphaerocodium*, "Epiphytales", Fénestelles, spicules d'Eponge, Tentaculites, et Bryozoaires branchus. Quelques Parathuramminidés et Foraminifères du genre *Nanicella* sont présents.

G. ETUDES SEDIMENTOLOGIQUES PONCTUELLES

En 1985, paraît un article de R. Dreesen, M.J.M. Bless, R. Conil, G. Flajs et C. Laschet décrivant le bioherme de marbre rouge de Baelen, situé dans le Synclinorium de Verviers. Ce bioherme, daté du Famennien (Dewalque, 1880) est la seule construction de ce type connue dans cet étage, sauf peut-être l'édifice signalé par X. Stainier (1893) dans le tunnel de chemin de fer de la ligne Jemelle-Anseremme, près de la Lesse, sous le château royal.

Cette étude comprend une description lithologique détaillée ainsi que des données paléontologiques concernant les Algues, les Ostracodes, les Eponges, les Conodontes et les Foraminifères.

Le coeur de l'édifice, formé de mudstones à *Stromatactis* et spicules d'Eponge, alternant avec des grainstones et packstones à Crinoïdes, repose sur des calcaires noduleux et argilo-sableux, comprenant des "bindstones" à Dasycladacées, des wackestones bioclastiques, etc... La présence dans la masse micritique de grainstones et de packstones à Crinoïdes est due à des passages répétés dans la zone d'action des vagues, peut-être suite à des tempêtes (1985, p. 344). Le milieu de développement de la partie micritique centrale, interprétée comme "algal mud mound" (*ibid.*) est ordinairement situé dans la zone photique, sous la zone d'action des vagues.

Les Eponges, peut-être à l'origine des *Stromatactis*, sont des constructeurs importants. La présence de "slumps" témoigne de l'existence d'un relief au-dessus du fond marin (*ibid.*). La croissance de cet édifice, en régime de transgression marine, serait liée à l'arrêt des apports détritiques (*id.* p. 342). Sa localisation semble dépendre de la formation d'un haut-fond suite au jeu d'une faille synsédimentaire (*ibid.*). Des communautés à Algues, Eponges, Crinoïdes auraient alors stabilisé et piégé le sédiment, préparant l'installation des faciès cryptalgaires centraux (*ibid.*) producteurs et fixateurs de micrite.

* *

Jean-Georges Casier a étudié la répartition et la nature des Ostracodes de la partie supérieure du récif de marbre rouge du "Hautmont" à Vodelée et des sédiments envasant du récif de "Beauchâteau" à Senzeille. Les informations qu'il publie sont de nature biostratigraphique et paléocéologique.

A "Hautmont", plusieurs associations d'Ostracodes sont observées dans les calcaires gris du coeur du récif, la griotte sommitale et les schistes envasants (1987, p. 199). Ces associations, interprétées en terme de paléoenvironnements indiquent que les calcaires gris se sont formés dans un milieu "sensiblement agité, situé à proximité du niveau d'action des vagues", la partie supérieure de la griotte dans un environnement "un peu plus calme situé avec certitude sous le niveau d'action des vagues" et les schistes envasants dans un milieu encore un peu plus profond, proche d'une zone relativement pauvre en oxygène dissous (*ibid.* et 1988, p. 84). Ces eaux mal oxygénées seraient reponsables de la fin de la croissance des récifs et du dépôt des schistes à aspect "Matagne" (1987, p. 200).

La présence d'eaux mal oxygénées dans la Paléothétys est attribuée à des événements tectoniques et climatiques globaux.

H. RE-INTERPRETATION DES "RECIFS" CLASSIQUES DU FRASNIEN DE L'ARDENNE

C'est sous ce titre provocateur que C.L.V Monty, M.C. Bernet-Rollande & A.F. Maurin ont fait paraître en 1982 un "extended abstract" contenant une énumération d'idées nouvelles sur l'origine des "mud-mounds" des Ardennes. J'estime important de résumer l'essentiel de cette publication dans le cadre de cet historique. Je l'ai complétée par des éléments provenant de publications ultérieures.

- Les édifices sont constitués de micrite carbonatée presque pure. Certains contiennent de l'hématite microbienne (voir aussi Monty, 1982). Leur encaissant est par contre très argileux et révèle souvent une condensation des biozones; les auteurs en tirent argument pour supposer que la croissance des monticules s'est faite pendant des pé-

riodes d'arrêt de la décantation argileuse (voir aussi Monty, 1984, p. 23.5 et Monty & Van Laer, 1988, p. 158);

- la micrite est d'origine bactérienne, précipitée *in situ* (voir aussi Monty & Van Laer, *op. cit.*, p. 157 et Van Laer, 1988) tout comme la plupart des ciments de cavité (Monty, 1982c; Van Laer & Monty, 1984; Monty, 1985, p. 86; 1986; Van Laer, 1988);

- les édifices possédaient des pentes sédimentaires fortes (jusqu'à 50° d'après Monty, 1984, p. 23.2) et un relief marqué sur le fond marin. Comme cette micrite n'était pas cimentée (car on retrouve de nombreuses structures du type "slump", injection de sédiments, etc...), le maintien de pentes fortes est dû à la présence de films et de gels microbiens stabilisant le sédiment (voir aussi Monty & Van Laer, 1984, p. 157 et Monty, 1984 a, p. 23.6);

- une certaine cimentation, due à l'activité microorganique, permet la formation de cavités et fractures, accueillant des communautés bactériennes non-photosynthétiques ou "endostromatolithes". Parmi ces microbes, les auteurs (de même que Monty, 1982 a & b; 1984, p. 23.5; Monty & Van Laer, 1984; Monty, 1986 c; Van Laer, 1988, pl 7, p. 184) citent les genres *Renalcis* et *Epiphyton*;

- la croissance des édifices résulte de l'empilement vertical de lentilles sigmoïdales (voir aussi Bernet-Rollande, Maurin & Monty, 1982). La carrière des "Croisettes" à Vodecée est prise comme exemple (Monty & Van Laer, 1988, p. 174);

- L'environnement de croissance des "mud-mounds" est profond, "well below wave base" (Monty et coll., 1982, p. 340); leur conformation ne leur permettait de toute façon pas de résister à l'impact des vagues de tempête. Certaines "Algues", comme *Renalcis* ou les Girvanelles ne sont que des accrétions microbiennes dont la croissance peut se faire dans des cavités obscures; elles ne sont donc pas des

indicateurs de la zone photique (voir aussi Monty, 1984, p. 23.5);

- un des facteurs à l'origine du développement des "mud-mounds" pourrait être la présence de courants d'"upwelling", l'occurrence de refroidissements océaniques généraux ou liés à des variations locales des courants marins, etc... (Bernet-Rollande, Maurin & Monty, 1981; 1982).

Dans sa thèse, consacrée à la pérennité -dans le temps et dans l'espace- du "phénomène mud-mound", Pierre Van Laer consacre quelques pages aux "mud-mounds" "F2j" du frasnien belge (1988, p. 369-397).

Il insiste sur le caractère épiphénoménal de la macrofaune (*op. cit.*, p. 371) par rapport aux "microbes constructeurs" (*id.* p. 185) responsables de la précipitation *in situ* de la micrite carbonatée⁽¹⁹⁾. Il faut donc s'intéresser aux caractères de la boue pour comprendre la nature de ces bioconstructions.

Les "mud-mounds" possèdent des pentes sédimentaires fortes et des morphologies diverses:

"[Ils] peuvent soit présenter une forme hémisphérique très prononcée, avec de fortes condensations latérales (...), soit s'indenter fortement avec les dépôts argileux environnants (...)" (*id.* p. 371).

Ils se sont développés sur une zone de flexure (le bord sud du Massif de Philippeville) qui doit son origine à une tectonique d'affaissement de blocs (*id.* p. 392). Leur milieu de croissance est situé sous la zone d'action des vagues de tempête (*ibid.*).

D'une manière générale, les "mud-mounds" représentent une adaptation "évolutive" des stromatolithes précambriens à l'apparition de la vie benthique marine en

conditions normales de salinité, oxygénation,... (*id.* p. 533). Leur développement à certaines époques de l'histoire de la terre pourrait être liée à des "crises" biologiques éliminant une partie des organismes concurrents (*id.* p. 532; voir aussi Monty, 1984a, p. 23.7).

Van Laer s'est intéressé de manière particulière à l'origine et à la nature des ciments des "mud-mounds". J'aurai l'occasion d'y revenir brièvement dans le chapitre consacré à la diagenèse.

I. CONCLUSION

Est-il nécessaire de conclure un tel chapitre, qui par essence n'est pas "clos"? Oui, dans la mesure où conclure n'est pas clore, mais retirer des enseignements...

J'ai certainement, et le lecteur en était prévenu, favorisé la sédimentologie au détriment des contributions paléontologiques et stratigraphiques; mais n'oublions pas que toute avance importante dans l'une de ces deux disciplines a forcément eu, pour le sujet qui nous intéresse, des répercussions importantes. Disons alors que j'ai considéré dans cet historique, la stratigraphie et la paléontologie comme outils de la sédimentologie, et leur ai donné l'importance et le poids que chacun de leur apport justifiait.

Le lecteur a pu s'apercevoir que les études biostratigraphiques des "récifs de marbre rouge" sont nombreuses et que les reconstitutions paléogéographiques ont très tôt fait florès... Il semble pourtant qu'aucune étude sédimentologique comparée des monticules de marbre rouge, appuyée sur un échantillonnage pétrographique détaillé n'existe à ce jour. Le lecteur a pu également remarquer qu'aucune étude diagénétique d'ensemble n'a encore été entreprise. De même d'ailleurs qu'aucune étude de compaction, qu'aucune étude tectonique moderne, etc...

Je n'ai pu m'empêcher de faire -de manière un peu caricaturale- un schéma reprenant quelques idées fondamentales concernant la sédimentologie des monticules (tabl. II.2). C'est, je le concède, une approche grossière, mais qui a le mérite, comme le suggère Jules Gosselet de montrer que:

(19): ces microbes, allant des "Girvanelles bien conservées" à des "filaments fantomatiques" (*id.*, p. 522) sont ubiquistes dans les "mud-mounds". Seule leur mauvaise préservation empêche de les déceler. A cette accréation "en surface", sous forme de tapis s'ajoute, dans le sédiment, des carbonates précipités par "diagenèse microbienne".

"L'histoire de la géologie de l'Ardenne et de ses dépendances peut se diviser en plusieurs phases dont chacune est marquée par une impulsion particulière donnée à la science et par la prédominance de certaines idées. Mais ces périodes, semblables à toutes celles de l'histoire scientifique, n'ont rien de bien tranché et empiètent les unes sur les autres; car il arrive toujours que quelques esprits poursuivent la direction dans laquelle ils ont marché pendant leur jeunesse, en même temps que d'autres, profitant des faits déjà acquis, tracent

une voie encore inexplorée, destinée à marquer une nouvelle étape de la science." (1888, p. 13).

Et de montrer aussi que si certaines questions posées à propos de la sédimentologie des monticules ont reçu très tôt une réponse (relations schistes-récifs, profondeur relative des faciès rouge et gris, nature de la sédimentation argileuse), d'autres restent pendantes, notamment le problème des indentations latérales, celui de l'origine des *Stromatactis*, de l'environnement de développement des édifices, de leur géométrie, de l'origine de la pigmentation, etc...

	rel. sch/ récif	angle des "pentes" lat.	indenta- tions lat.	constructeurs principaux	origine <i>Stromatolact.</i>	origine pigm. rouge	nature boue carbonatée	profondeur dév. récif Z.A.V.	prof. r. rouges/gris	décantation argileuse	origine des "terrasses"	fin du "rég. récifal"	env. "sch. Madagne"
CASIER 1987-	↑							proximité Z.A.V.			↑	diminution oxygcn.	peu oxygéné
MONTY et coll. 1982-		élevé		microbes (1982)	fluides + variable	microbes	microb. (1982)	entièrement ss Z.A.V.		dév. récif pdt arrêt			profond
COEN et coll. 1974-	↑		non	Coraux					↑	↑		apports détritiques	
TSIEN 1967-		"moyen", effet de compact.	oui	Cor., Algues Eponges... microbes (84)	Algues, microbes (1984)	microb. (1985a)	importante			continue		envasement augm. pfd.	profond
SAERTENAER 1974-													peu profond
VAN WINKEL 1964		↑	oui	↑		↑	↑	↑	↑	continue		envasement augm. pfd.	↑
LECOMPTE 1936-1967		acc. par tassement	non	Algues, Ep. Coraux	Algues	détritique avec argile	détritus	sous Z.A.V.	rouges = + profonds	continue	concentr. par dissol.	envasement augm. pfd.	profond "bathyal"
DE MAGNEE 1934		proche de l' horizontale	oui	↑				dans Z.A.V.	↑	continue			
DUMON 1929-1982		tectonique, comp. diff.	oui, "démétr."	Coraux	organismes à corps mou			dans Z.A.V.	rouges = + profonds	↑	arrêt de sédiment.	envasement augm. pfd.	profond
HARROY 1910		origine tectonique		Coraux		circulation d'eaux		dans Z.A.V.			concentr. par dissol.	envasement retrait mer	peu profond
DELHAYE 1908-1932		jusqu'à 70°	oui	Coraux	organismes à corps mou	détritique	détritus	dans Z.A.V.	rouges = + profonds	continue	arrêt scdim. + abrasion	envasement	↑
MAILLIEUX 1908-1928		? élevé		Coraux, Ep, Bryozoaires	organismes à corps mou			dans Z.A.V.	rouges = - profonds	continue	arrêt de sédiment.	envasement augm. pfd.	profond
GOSSELET 1881-1888	sch. post- et pré-récif			↑				↑					
DUPONT 1881-1892	schistes = post-récif	élevé		Coraux	variété de Stromatop.		détritus	dans Z.A.V très peu pfd	rouges = + profonds			envasement	? peu profond

Tableau II.2: évolution historique de quelques idées fondamentales concernant la sédimentologie des biohermes "de marbre rouge".

Chapitre 3: STRATIGRAPHIE

A. INTRODUCTION

Ce court chapitre est un survol des unités stratigraphiques les plus couramment utilisées dans la littérature belge pour la partie supérieure du Frasnien.

Les différentes unités proposées sont regroupées au sein de deux tableaux: le tableau III.1 est consacré au bord sud du Synclinorium de Dinant et au Massif de Philippeville, le tableau III.2 au bord nord du Synclinorium de Dinant, au bord sud du Synclinorium de Namur, au bord nord-est du Synclinorium de Namur et au Massif de la Vesdre.

N'oublions pas que l'un des objectifs de la présente étude est d'établir des corrélations séquentielles (Lombard, 1953; Mamet, 1972; Errera, 1976) permettant à la fois un positionnement stratigraphique précis des monticules les uns par rapport aux autres (ont-ils tous commencé leur développement à la même époque?) et à plus grande échelle, des corrélations entre Synclinorium de Dinant, Massif de Philippeville et Synclinorium de Namur.

J'ai donc été amené, à plusieurs reprises, à confronter corrélations biostratigraphiques et corrélations séquostratigraphiques, comme par exemple dans le cas des corrélations entre les biohermes du Massif de Philippeville et les sédiments stratifiés du bord nord du Synclinorium de Dinant (Boulvain et Coen-Aubert, 1989).

Cela m'a permis de constater combien la complémentarité de ces deux méthodes était grande et leur usage conjoint nécessaire lorsque l'on essaie de corréler des sédiments bioconstruits avec des sédiments à caractère détritique plus marqué. Ce point de vue sera discuté dans le chapitre consacré aux corrélations séquostratigraphiques.

B. BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT ET MASSIF DE PHILIPPEVILLE

Le tableau III.1 inclut l'échelle "mixte" (à aspects bio-, chrono- et lithostratigraphique, cf. ch. "Historique") de Maillieux et Demanet (1928)⁽¹⁾ et les échelles litho- et chronostratigraphique de Tsien (1974 à 1984, cf. "Historique"), auxquelles s'ajoute sa zonation sur base des Coraux rugueux (1977 a).

Figurent dans le même tableau les zonations biostratigraphiques par Conodontes établies par Coen (1972, 1973) et par Mouravieff (1970, *in* Tourneur, 1982).

La différence entre ces deux zonations tient à l'emplacement de la base de la zone à *Ancyrognathus triangularis*, définie par l'apparition de ce fossile. Mouravieff fait commencer cette zone à la base des "récifs F2j", alors que Coen, après la découverte d'une sous-espèce d'*A. triangularis* (*A. triangularis englypheus*)⁽²⁾ dans les calcaires "F2g", la place stratigraphiquement plus bas.

L'apparition d'*A. triangularis triangularis* à la base des "récifs rouges F2j" permet dès lors à Coen de subdiviser la zone à *A. triangularis* en deux sous-zones.

(1) Cette échelle a été définie à l'origine au bord sud du Synclinorium de Dinant (Maillieux, 1913a). Plusieurs auteurs (cf. "Historique") ont essayé par la suite d'étendre son application au Massif de Philippeville (Maillieux, 1926; Dumon, 1929), au bord nord du Synclinorium de Dinant et au bord sud du Synclinorium de Namur (Dumon, 1929; Dubrul, 1939), à la région de Givet-Beauraing (Moureau, 1933; Dubrul, 1939), à la région de Barvaux (Dubrul, 1939; Coen, 1974) et au Massif de la Vesdre (Coen-Aubert, 1974a)

(2) Cette attribution a été contestée par Mouravieff, qui y voyait une nouvelle espèce; la détermination de Coen a été confirmée en 1981 par d'autres auteurs (voir l'excellente discussion dans Tourneur, 1982 p. 91-92). Mouravieff (1982, p. 104-105) a par la suite décrit l'espèce sous le nom d'*A. tsiensi*.

La zone à *Palmatolepis gigas* sup. est définie par les deux auteurs à l'apparition d'*A. asymmetricus* et correspond, dans la région de Frasnes, à la limite "F2"- "F3" (les *Palmatolepis* sont des fossiles rares dans la zone étudiée, essentiellement pour des raisons de faciès; ce sont eux qui permettent en Allemagne une zonation plus précise, incluant une zone à *Palmatolepis gigas* inférieure, non reconnue ici)⁽³⁾.

Les limites entre "MGM" ("micropaleontological guide marks") 21/22 et 22/23 (Streel et coll., 1974) sont définies à la première apparition d'*A. triangularis* (21/22, *op. cit.* p. 3) et d'*A. asymmetricus* (22/23, *op. cit.* p. 4).

Dans le tableau III.1 figure également la zonation biostratigraphique basée sur les Rugueux de Coen-Aubert, établie dans le Frasnien du Massif de la Vesdre (1974) et étendue par la suite par Coen, Coen-Aubert et Cornet (1977) au Frasnien de l'Ardenne.

Cette zonation est basée sur la succession, au sein des biohermes de marbre rouge et des schistes encaissants de trois cénozones de Rugueux massifs: la "Faune 1", d'âge strictement F2j, où domine *Frechastraea carinata* Scrutton 1968; la "Faune 2" avec *F. pentagona micrastaeta* (Penecke 1904), *F. limitata* (Edwards et Haime 1851) et *Phillipsastraea ananas* (Goldfuss 1826) et la "Faune 3" où l'on trouve surtout *F. pentagona pentagona* (Goldfuss 1826), *Iowaphyllum rhenanum* (Schlüter 1880) et *Ph. ananas veserensis* Coen-Aubert 1974. L'apparition d' *A. asymmetricus* coïncide avec une "Faune 2" bien installée (Coen & coll., 1977; Coen-Aubert, 1982, p. 14).

Ces associations coralliennes semblent indépendantes du faciès, puisqu'on les retrouve aussi bien dans les calcaires argileux stratifiés du bord nord du

Synclitorium de Dinant, du bord sud du Synclitorium de Namur et du Massif de la Vesdre que dans les monticules micritiques du Massif de Philippeville et du bord sud du Synclitorium de Dinant (Coen-Aubert, 1980 p. 68; 1982, p. 9-14).

La plupart des biohermes que j'ai étudiés ont été datés par Madame Coen-Aubert sur base de cette biostratigraphie, plus précise que la biozonation des Conodontes.

Regrettons au passage l'absence d'accord des géologues belges sur une échelle lithostratigraphique pour cette région, conduisant à l'emploi (en général sous le couvert des guillemets) des notations à caractère mixte de Maillieux et Demanet (*op. cit.*).

C. BORD NORD DU SYNCLITORIUM DE DINANT, SYNCLITORIUM DE NAMUR ET MASSIF DE LA VESDRE

Pour le bord nord du Synclitorium de Dinant, le bord sud du Synclitorium de Namur et la partie orientale de sa bordure nord, j'ai repris uniquement l'échelle lithostratigraphique (tabl. III.2) résultant des travaux récents de Lacroix (1972, 1974 a, b), Coen (1974), Coen-Aubert et Coen (1974), Coen-Aubert et Lacroix (1978, 1985).

On consultera, pour un tableau comparatif des autres échelles publiées antérieurement, l'article de Lacroix (1974 b, p. 13).

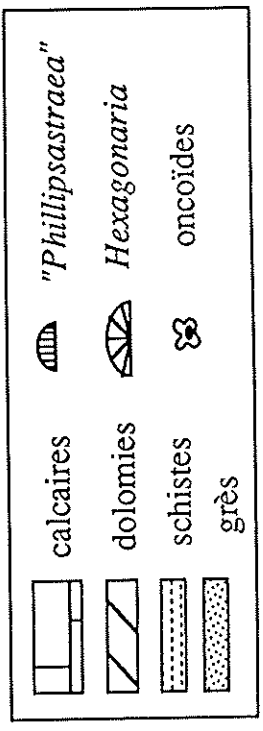
De même, pour le Massif de la Vesdre, l'échelle stratigraphique utilisée (tabl. III.2) est basée sur les travaux de Coen-Aubert et Lacroix (1978). Notons simplement que au sein de la partie supérieure du Frasnien, Coen-Aubert (1971, 1974a, b) distingue trois niveaux récifaux à "*Phillipsastraea*", séparés ou non par des épisodes plus argileux.

Ces niveaux récifaux sont dénommés "premier", "deuxième" et "troisième" biostrome et peuvent être distingués sur base de leur faune. Le premier biostrome est d'âge "F2j", alors que les deux derniers sont d'âge "F3" (Coen-Aubert, 1982, p. 14).

(3) Une publication de Bultinck & coll. (1988) utilise une zonation de Conodontes où apparaît une zone à *P. gigas* inf., basée sur l'apparition de *P. rhenana* n. subsp. (p. 32). La base de la zone à *P. gigas* sup. est définie par la première occurrence d'*Icriodus alternatus* et correspond à l'acmé de *A. triangularis*. D'après ce travail, cette espèce est déjà présente au sommet du "récif" du Lion. Cette zonation est actuellement controversée.

MAILLIEUX & DEMANET, 1928 Sud du Syncl. de Dinant	TSIEN (après 1972)			MOURAVIEFF 1970	COEN, 1973	COEN, COEN-AUBERT & CORNET, 1977 M. de Philippeville	MGM
	Sud du Synclinorium de Dinant	Massif de Philippeville	Sch. de Laneffe				
DEVONIEN SUP. FRASNIEU	F3 Sch. Matagne à <i>Buchiola palmata</i>	Schistes de Matagne	⊗	<i>Palmatolepis gigas</i> s. l.	<i>P. gigas</i> sup. <i>A. asymmetr.</i>	Faune 3 Faune 2	23
	F2j <i>Acervularia</i> Sch. à <i>Sp. pachy-hynchus</i>	F. de Neuville	β	<i>Ancyrognathus triangularis</i> s. l.	sup. <i>Ancyrognathus triangularis</i>	Faune 1	22
	F2h R. à Suomatop.	F. de Frasnés M. Lion	⊗	<i>asymmetricus</i> supérieure	inf. <i>A. triang. euglypheus</i>		21
	F2g	M. Bieumont	⊗	Zones à Conodontes	<i>asym. sup.</i>	Z. à "Phillips- astraea"	
	Litho- stratigraphie	Litho- stratigraphie	Chrono- strat.			Lithologie	

Tableau III.1: comparaison de différentes échelles stratigraphiques du Massif de Philippeville et du bord sud du Synclinorium de Dinant. D'après les travaux de Maillieux (1913 a, 1926), Maillieux & Demanet (1928), Mouravieff (1970), Tsien (1974, 1977 b, c, 1979, 1980, 1984), Coen (1973), Streel & coll. (1974) et Coen & coll. (1977).



DEVONIEN SUP.		FRASNIEU		S Syncl. de Namur & N Syncl. de Dinant		Massif de la Vesdre		Nord du Synclinal de Namur	
F3	"Schistes supérieurs"		"Schistes supérieurs"		Tn				Z. à P. gigas sup. (A. asymmetrica)
	F. d'Aisemont	Faune 2	F. d'Aisemont	Faune 2	F3	Faune 3	Formation d'Aisemont	Faune 2	Faune 2
F2ij	F. d'Aisemont	Faune 1	F. d'Aisemont	Faune 1	F2ij	Faune 1	F. d'Aisemont	Faune 1	A. triangularis
	Formation de Lustin		Formation de Lustin		F2gh		F. de Huccorgne		
F2gh	Formation de Lustin		Formation de Lustin						
	Chronostratigraphie	Lithologie	Lithostratigraphie	Lithologie	Chronostrati.	Lithostratigraphie	Lithologie	Lithologie	Z. à Phillipsastraea
		Z. à Phillipsastraea	Lithostratigraphie	Lithologie	Z. à Phillipsastraea	Lithostratigraphie	Lithologie	Z. à Phillipsastraea	Z. à Conodontes

Tableau III.2: échelles stratigraphiques utilisées pour le bord nord du Synclinorium de Dinant, le Synclinorium de Namur et le Massif de la Vesdre. D'après Lacroix (1972, 1974 a, b), Coen (1974), Coen-Aubert & Coen (1974), Coen-Aubert & Lacroix (1978, 1985).

Chapitre 4: LOCALISATION ET DESCRIPTION DES COUPES

"(...) here the invincible old reefs were overwhelmed by the slimy mud, underneath which many of them still lie buried, but many more, surviving every fate, still lift their grisly heads against the sky... and hurl defiance at the elements!"
Cumings & Shrock (1928, *in* Shaver & Sunderman, 1989).

A. INTRODUCTION

Le chapitre historique nous a montré qu'un grand nombre de "récifs de marbre rouge" sont connus des géologues depuis toujours. Comme aucune carrière nouvelle n'a été ouverte depuis plusieurs décennies, je me suis basé sur les données de la littérature pour recenser et localiser les monticules micritiques du Massif de Philippeville et du bord sud du Synclinorium de Dinant (fig. IV.1).

Les régions investiguées s'étendent de Rance à Heer et de Roly à Vodecée, soit la totalité du Massif de Philippeville (fig. IV.2); au bord sud du Synclinorium de Dinant, il s'agit des régions de Boussu à Nismes, Givet (fig. IV.2), Rochefort - Marche-en-Famenne (fig. IV.3), et Durbuy (fig. IV.4). Enfin, dans le Massif de la Vesdre, j'ai étudié le bioherme recoupé par le sondage E 303 de Chaudfontaine, situé à l'extrémité orientale actuellement connue de l'aire de répartition des "récifs de marbre rouge" (fig. IV.1).

En dehors de ces zones, seuls quelques édifices sont signalés: celui de Trélon (Lecompte, 1936; Tourneur, 1982) est le bioherme le plus occidental du Synclinorium de Dinant. Entre la région de Rochefort - Marche et Givet, quelques édifices ont été signalés dans la plaine des Fagnes, à Baronville (Beauraing) par Moureau (1933), mais aucun affleurement ne subsiste à ce jour. De même, au-delà de Frasnes, hormis le "récif" de Boussu-en-Fagne (Maillieux, 1913 a, 1914), les autres édifices mentionnés ont pratiquement disparu (Lompret: Maillieux, 1913 a; Delhay, 1913 b; Dumon, 1929; Aublain: Maillieux, 1913 a; Dumon, 1929; proximité de la carrière du Nord: Maillieux, *op. cit.*).

C'est indiscutablement dans le Massif de Philippeville et ses dépendances que les monticules micritiques sont les plus abondants. Leur nombre exact est difficile à déterminer, puisque chaque "tiène" peut en cacher un. Thonnard (1964) en a d'ailleurs identifié plusieurs, ignorés jusqu'alors, au cours de son étude aérophotogéologique de la région. Plusieurs auteurs ont essayé d'estimer leur abondance: ils seraient de 130 à 140, peut-être 200 pour Dupont (1882, p. 137); pas beaucoup plus de 100 pour Maillieux (1926, note 1, p. 90) et environ 80 pour Dumon (1929, note 1, p. 185). Je pense que ces estimations n'ont pas beaucoup de sens, puisque ces auteurs ne précisent pas s'il s'agit d'édifices exploités, en affleurement ou subaffleurant.

J'ai pour ma part relevé et visité dans le Massif de Philippeville, 56 monticules micritiques dont je peux pour la plupart confirmer l'attribution aux "récifs de marbre rouge F2j", par l'observation de "*Phillipsastrea*", fossile caractéristique (*cf.* chapitres II et III). Ces édifices sont reportés sur les figures IV.2, IV.3 et IV.4. Les numéros renvoient à une liste, en annexe (ANNEXE I), où sont énumérées leur localisation précise, les références bibliographiques les concernant et une brève description de leur état actuel d'affleurement.

En dehors du Massif de Philippeville, au bord sud du Synclinorium de Dinant, les monticules micritiques "F2j" sont nettement moins nombreux (48 seulement pour Dumon, 1929, p. 170) et suivant la région, de taille équivalente à ceux du Massif de Philippeville ou, plus souvent, nettement moins développés.

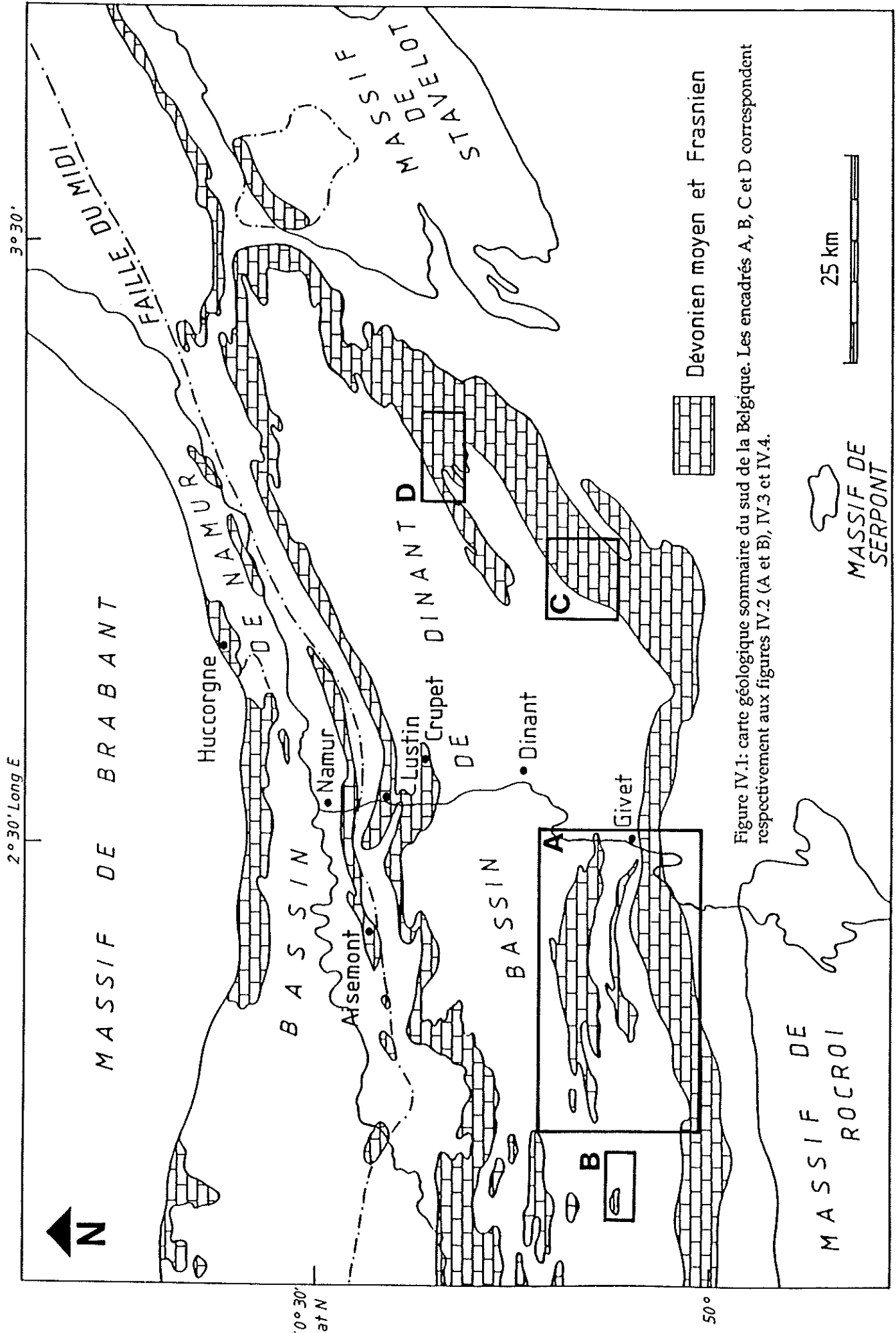
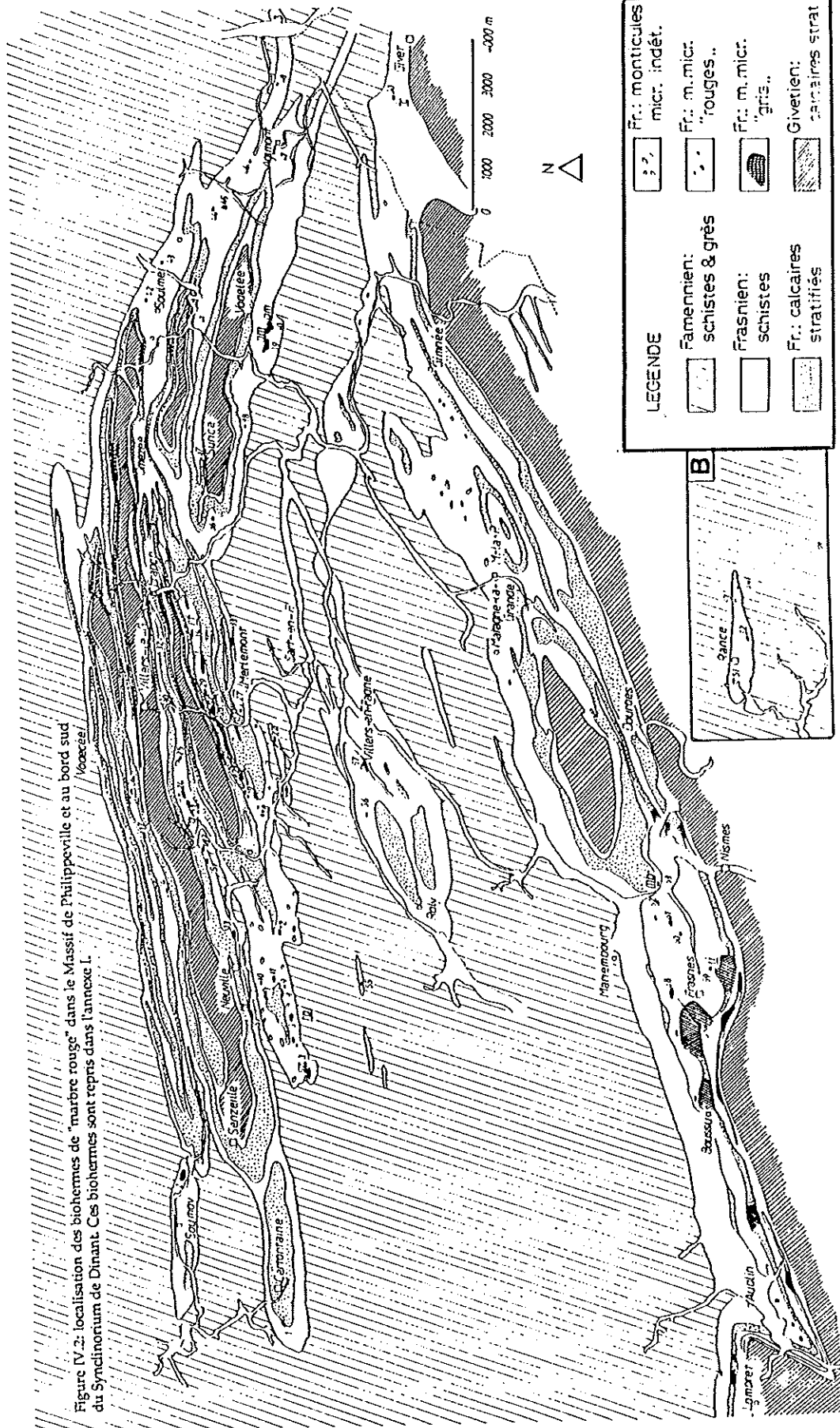


Figure IV.1: carte géologique sommaire du sud de la Belgique. Les encadrés A, B, C et D correspondent respectivement aux figures IV.2 (A et B), IV.3 et IV.4.



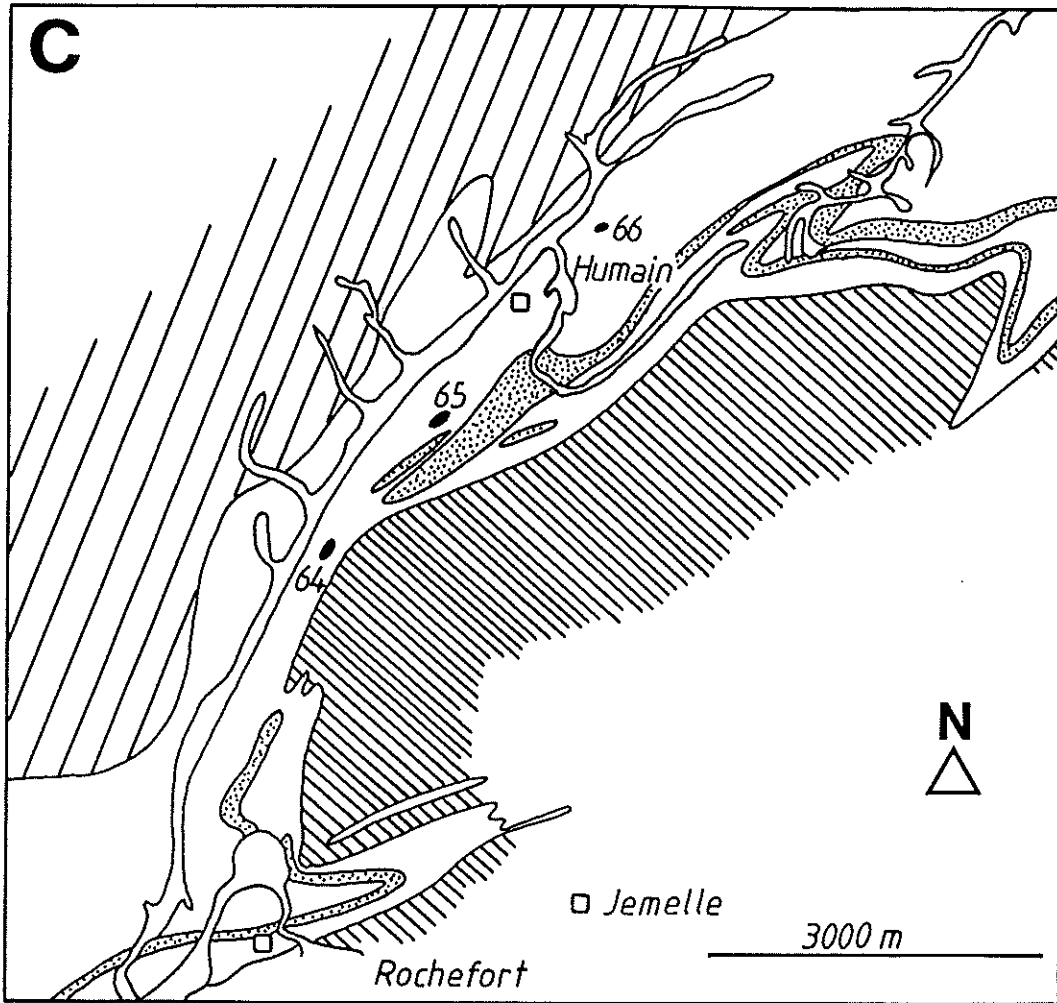


Figure IV.3: localisation des biohermes de "marbre rouge" dans la région de Rochefort; même légende que fig. IV.2.

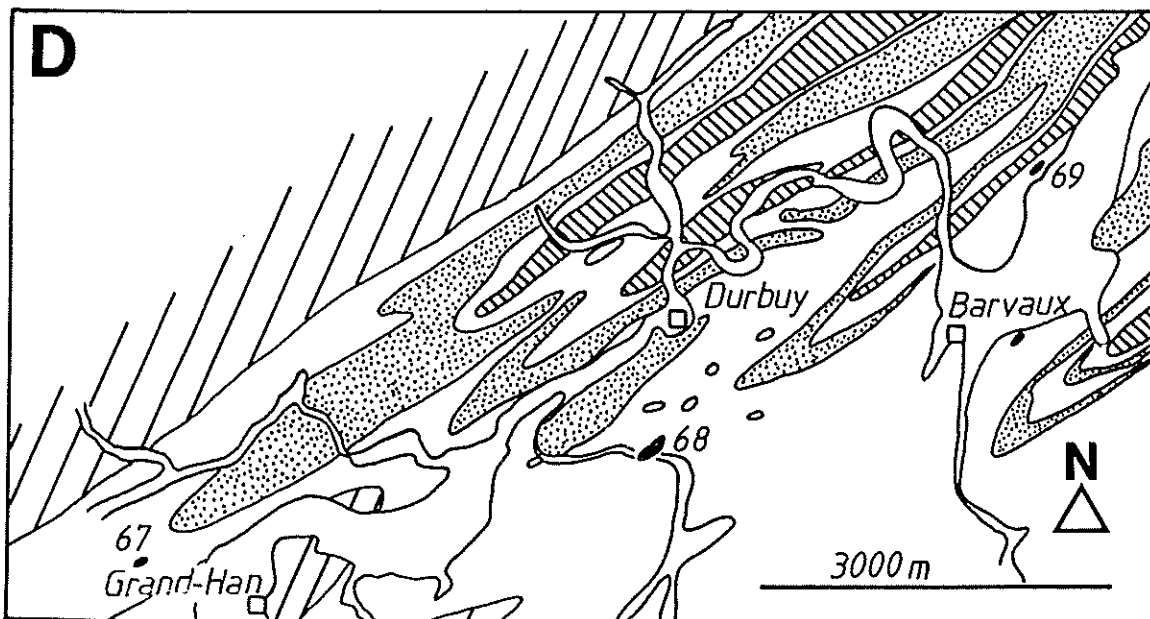


Figure IV.4: localisation des biohermes de "marbre rouge" dans la région de Durbuy; même légende que fig. IV.2.

L'impression générale qui ressort de cet inventaire est que le nombre et la qualité des affleurements ont nettement diminué depuis les études classiques de Delhay, Dumon et Lecompte. Un bon nombre de carrières ont été en partie remblayées, beaucoup sont inondées et d'une manière générale, sauf deux ou trois exceptions, l'exploitation a été relativement complète, ne laissant affleurer que les zones périphériques des édifices.

Parmi ces monticules, j'ai sélectionné neuf édifices du Massif de Philippeville et quatre édifices du bord sud du Synclinorium de Dinant, auquel il faut rajouter celui recoupé par le sondage de Chaudfontaine, comme base d'une étude détaillée. Mon choix a été guidé par les critères suivants:

- possibilité de décrire et d'échantillonner des coupes continues pénétrant différents niveaux des édifices (par souci de clarté, je découpe les biohermes verticalement en "niveaux" et latéralement en "zones": fig. IV.5);
- présence de faces sciées permettant des descriptions détaillées;
- accès au coeur des biohermes (Hautmont [39], Beauchâteau [3] dans une moindre mesure, Tapoumont également [5]) ou au contraire à des coupes en périphérie, où s'observent en indentation des faciès péri-biohermaux (Les Bulants [6] et surtout Tiène à l'Gatte [23]);
- représentativité de l'édifice au point de vue développement et situation géographique (Fort-Condé [50], par exemple n'est qu'un petit édifice non exploité en carrière qui ne présente aucune face sciée. Sa position géographique médiane entre les biohermes de la région de Frasnes et ceux de la région de Rochefort le rend cependant intéressant);
- simplicité tectonique (surtout important pour l'observation des relations avec l'encaissant plus argileux);
- état d'altération (possibilité néanmoins d'améliorer l'état des surfaces par nettoyage à l'HCL);
- je ne mentionne l'accessibilité que pour mémoire, car un matériel adéquat permet le levé même dans des conditions difficiles: en rappel

à Beauchâteau ou en canot pneumatique à Petit-Mont et Tiène à l'Gatte.

A 21 coupes levées dans les 14 biohermes sélectionnés s'ajoutent trois coupes situées en milieu péri- et extra-biohermal: une à Frasnes au bord sud du Synclinorium de Dinant et deux autres à Neuville dans le Massif de Philippeville.

Afin d'arriver à reconstituer l'évolution du bassin de sédimentation, j'ai également étudié deux coupes situées au bord nord du Synclinorium de Dinant, une coupe au bord sud du Synclinorium de Namur et une coupe située au bord nord-est du même synclinorium. Ces coupes, situées à respectivement une trentaine de km au nord-nord-est du Massif de Philippeville pour les trois premières et à une soixantaine de km au nord-est pour la dernière (fig. IV.I) recoupent des niveaux stratigraphiquement équivalents aux biohermes "de marbre rouge".

I. TECHNIQUES D'ETUDE MACROSCOPIQUE

Je parlerai ici essentiellement de la technique d'échantillonnage; concernant l'observation qui doit être minutieuse, je soulignerai combien le dessin sur affleurement lui est un auxiliaire indispensable... aidant non seulement à appréhender des détails qui auraient échappé à un examen trop superficiel, mais surtout à arriver à une sorte de connaissance proprioceptive de la roche.

la technique d'échantillonnage utilisée est dérivée de celle du "banc-par-banc" (Lombard, 1953, p. 6; Mamet, 1972). Le concept de banc montre ici toutes les limites inhérentes à sa définition. En effet, suivant que l'on examine des surfaces sciées ou des séries en affleurement naturel, le nombre de bancs que l'on va déceler est variable. Les "terrasses" des marbriers qui n'apparaissent que comme de minces filets argileux en surface sciée délimitent des bancs calcaires en affleurement altéré. Rapportant la discussion de l'origine des joints et terrasses au chapitre 12, j'ai considéré dans tous les édifices étudiés toute discontinuité d'épaisseur centimétrique, généralement de nature argileuse, comme une limite de banc. L'échantillonnage est plus fonction des variations lithologiques que du découpage en bancs. Pour le Massif de

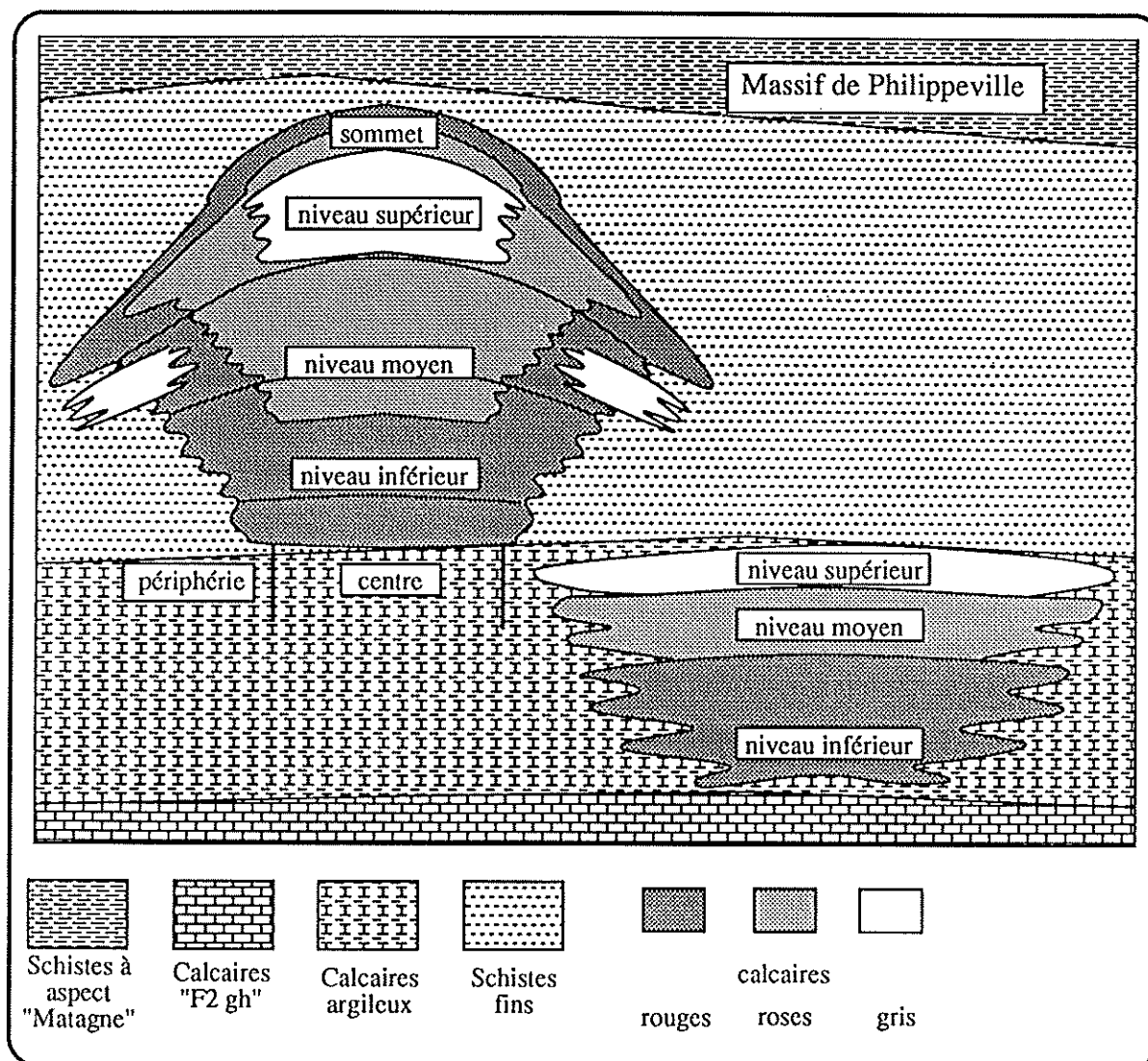


Figure IV.5: découpage des biohermes en "niveaux" et "zones" pour deux exemples d'édifices du Massif de Philippeville.

Philippeville, près de 1000 échantillons ont été prélevés pour 700 m de coupe en milieu biohermal, 200 échantillons pour 300 m de coupe en milieu péri-biohermal et 100 échantillons pour 200 m de coupe dans les zones plus internes⁽¹⁾. Bien sûr, la densité que l'on pourrait obtenir en divisant les deux nombres n'a que peu de signification, car le pas d'échantillonnage varie en fonction du degré de monotonie de la succession lithologique.

Une difficulté inhérente à la nature des monticules (qui n'apparaît pas lors du levé de calcaires stratifiés de plate-forme, par exemple), est la forte variabilité latérale des lithologies à l'échelle décimétrique. Cette variabilité, qui est elle-même riche d'enseignements doit être prise en compte:

- soit par le levé de coupes perpendiculaires à la direction de croissance des monticules, "au sein d'un même banc" (coupe HML à Hautmont, coupe B des Bulants);

- soit par le levé de coupes perpendiculaires à la stratification, parallèles entre elles à distance adéquate (coupes de Beauchâteau, de Petit-Mont, de Hautmont); l'examen de photomosaïques permet ensuite de "raccorder" les coupes et de déterminer si les variations latérales sont continues ou discontinues.

Outre l'échantillonnage systématique pour confection de lames minces, j'ai prélevé un grand nombre de blocs de plusieurs dm que j'ai scié et attaqué à l'HCL pour l'observation de structures à l'échelle intermédiaire. Je voudrais insister sur cette notion d'échelle lors de la récolte des observations. S'il paraît évidemment absurde de passer directement de l'échelle de la photo aérienne à celle du microscope électronique à balayage, il n'apparaît pas toujours clairement que de l'échelle de l'affleurement à celle de la lame mince, il peut effectivement manquer celle de l'observation sur plaque ou bloc scié, à l'œil ou à la loupe binoculaire. L'attaque à l'HCL (quelques dizaines de secondes avec HCL 3 M) a l'avantage de faire nettement apparaître diverses caractéristiques des ciments: leur na-

ture (calcite-dolomite) notamment apparaît clairement par la différence de relief qu'induit leur différence de solubilité.

Dans plusieurs cas (Les Maquettes [25], Rochefontaine [35], Hautmont [39]), la présence dans la carrière de "chutes" de scierie m'a permis d'avoir à disposition un nombre presque illimité de plaques provenant de plusieurs zones et niveaux des biohermes.

II. ETABLISSEMENT DES COLONNES LITHOLOGIQUES

Ce document important servira à localiser les échantillons, aidera à définir les lithofaciès, à déterminer la géométrie des édifices et sera le support de l'analyse séquentielle. Je voudrais insister ici sur la nature des renseignements qu'il est souhaitable d'y faire figurer: caractéristiques sédimentologiques, paléontologiques, lithologique, etc... Il ne peut en tout cas s'agir que de données objectives et observables sur le terrain.

Ces deux impératifs sont liés au caractère descriptif de la colonne lithologique: tout géologue muni de ce document devrait idéalement pouvoir repérer sur le terrain les différentes unités. Il n'est donc pas recommandable de brouiller les pistes en y indiquant des caractères non visibles à l'affleurement ou pire, de représenter des caractéristiques résultant d'autres types d'approches par des variations de paramètres d'affleurement (par exemple représenter la structure microscopique de la roche par des variations dans la forme des bancs). Les coupes **interprétatives** par contre autorisent ce genre de manipulation, pour autant que le lecteur en soit prévenu.

Les colonnes lithologiques de ce travail comprennent donc l'essentiel des renseignements provenant de l'observation de terrain de nature à faciliter la démarche interprétative ou simplement le repérage des unités. Citons essentiellement:

- la résistance à l'altération (lorsque c'est possible); la lithologie; la couleur; la géométrie des unités et de leurs transitions; la présence d'accidents tectoniques; la position des échantillons; pour le cas particulier des calcaires nodulaires, la taille, l'orientation et le caractère plus ou moins individualisé des nodules;

(1): cf. Flügel (1982, p. 7-8); cet auteur montre après une revue de la littérature que pour l'étude de carbonates de plate-forme, les auteurs utilisent en moyenne un pas d'échantillonnage compris entre 10 et 30 cm et pour l'étude de "carbonates d'eau profonde", un pas de 100 à 250 cm.

- la nature de la faune, sa morphologie (pour les Coraux: lamellaire, subsphérique, etc... par exemple), son abondance et la taille moyenne des organismes, représentée à l'échelle 1/20 quelle que soit l'échelle de la colonne lithologique. J'ai également essayé de représenter les relations d'encroûtement des organismes et leur disposition géométrique;

- la forme, la taille (également à l'échelle 1/20) et l'abondance des *Stromatactis* et des autres masses de ciment fibreux.

A cette colonne lithologique qui résume l'essentiel des observations de terrain, mais avec une composante unidirectionnelle assez marquée, s'ajoutent quelques dessins de surfaces sciées ou d'affleurement, lorsque les variations latérales ou "l'architecture" des lithofaciès sont remarquables.

En regard des colonnes lithologiques figurent des informations de nature descriptive et objective issues de l'observation des lames minces: la structure de la roche (mudstone, wackestone, packstone, grainstone,...) et l'abondance relative des éléments figurés (fig. IV.6). L'abondance relative est basée sur le nombre et non sur la surface des différents constituants (exprimée en %), une solution pourtant utilisée par beaucoup de géologues (voir Flügel, 1982, p. 241-261) mais qui a le désavantage, selon moi, en prenant trop en compte la taille relative des organismes, de ne refléter que peu la structure des populations. Au contraire, en utilisant une abondance de type numérique, on évite dans une certaine mesure cet inconvénient (cf. aussi Hennebert & Lees, 1985, p. 123 qui utilisent un indicateur du type présent-absent afin d'éviter les artefacts qu'induisent le "bouclage à 100%" de la méthode des surfaces). Les différentes classes utilisées sont les suivantes: "absent", "rare", "abondant", "très abondant". "Rare" implique qu'un, voire deux exemplaires de l'élément figuré sont présents dans la lame; "abondant" indique que ces éléments figurés sont bien représentés (jusqu'à une dizaine d'occurrences); "très abondant" implique une dominance d'un ou deux types d'éléments figurés.

Les éléments figurés

J'ai en général uniquement représenté l'abondance des constituants millimétriques; l'abondance de la macrofaune, sans signifi-

tion en lame mince étant figurée sur la colonne lithologique.

La plupart des groupes de fossiles sont repris mais à des niveaux taxonomiques différents, suivant leur sensibilité écologique. Les Algues par exemple, qui se sont avérées de bons indicateurs écologiques sont reprises au niveau générique; de même pour *Egosiella* et *Senceliaepora*, deux Tabulés branchus (Boulvain & coll., 1988; Lafuste & Tourneur, 1988).

Les Foraminifères sont toujours des *Nanicella*, sauf dans les coupes du bord nord du bassin de sédimentation où l'on trouve aussi des Frondilines. Les deux taxa sont cependant mutuellement exclusifs et j'ai pu représenter par une barre la limite de leur répartition (voir les coupes de Lustin, Crupet, Huccorgne et Aisemont). J'ai distingué aussi les spicules des réseaux spiculaires conservés et au sein des minéraux opaques, l'hématite, représentée par un cercle et la pyrite par un carré. Le diamètre du grain moyen du quartz détritique est représenté, essentiellement pour les coupes en milieu non biohermal; en effet dans les monticules, le quartz est toujours néoformé, en prismes bipyramidés ou plus rarement, dans des fissures, en plages de cristaux xénomorphes. Les microbrèches comprennent aussi des "boules de boue" (Purser, 1980, p. 46).

B. LOCALISATION ET DESCRIPTION GENERALE DES COUPES

Je ne décrirai ici que les monticules micritiques et les coupes en milieu péri- et extra-biohermal ayant fait l'objet d'une étude détaillée. L'ensemble des biohermes visités est, je le rappelle, repris en annexe avec les localisations, les données bibliographiques les concernant et leur état d'affleurement. Les coupes levées au bord nord du Synclinorium de Dinant et dans le Synclinorium de Namur sont également décrites ci-dessous.

Les directions et pendages donnés pour les monticules micritiques sont approximatifs et correspondent aux caractéristiques de la surface de base des monticules.

Le numéro de chaque carrière ou affleurement permet de le situer sur les figures

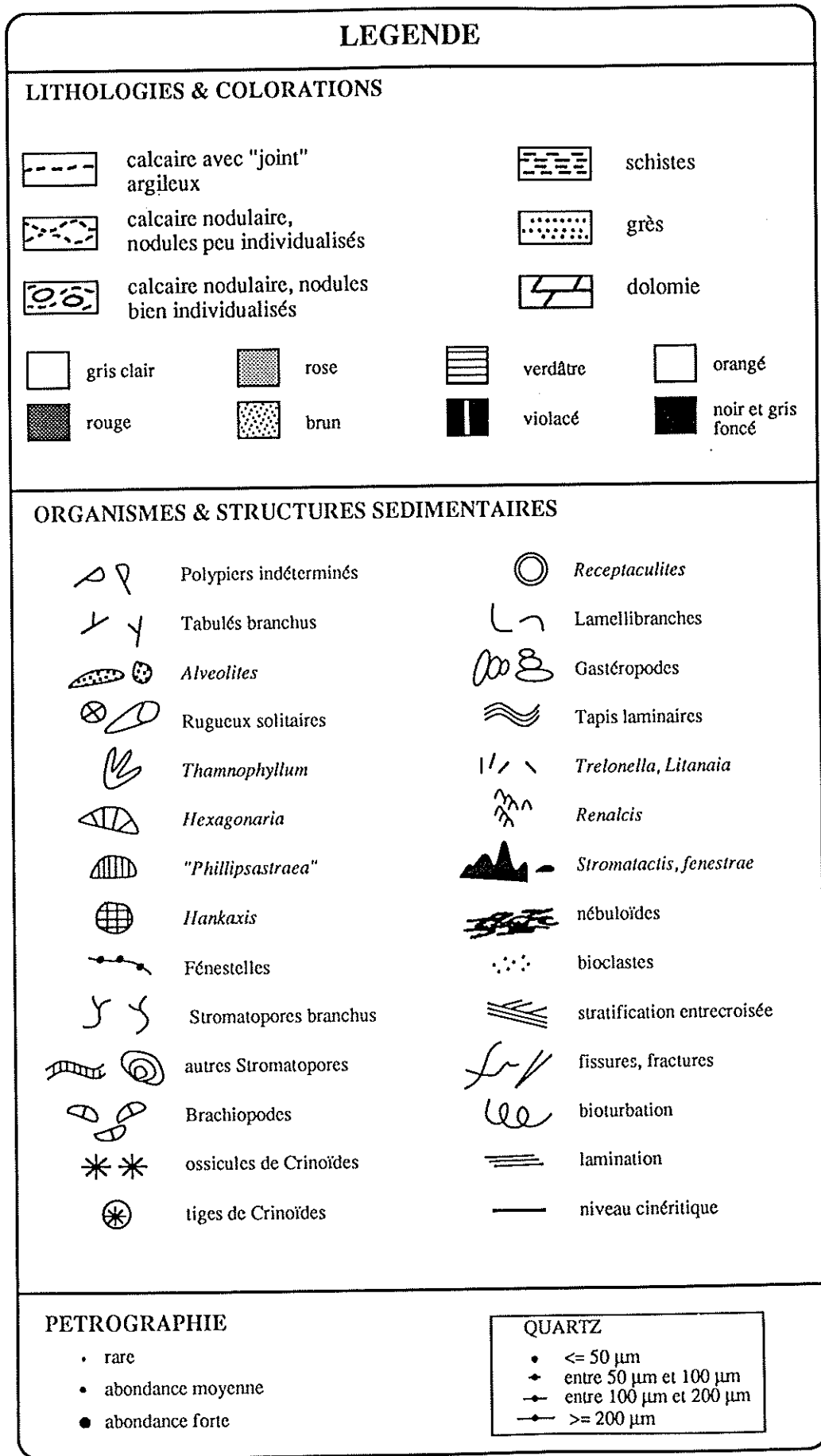


Figure IV.6: légende générale des colonnes lithologiques

IV.2, IV.3 et IV.4; la localisation est précisée par le numéro de la carte IGNB au 1/25 000 et par les coordonnées Lambert.

I. MASSIF DE PHILIPPEVILLE

1. Carrière Beauchâteau à Senzeilles (n°3, fig. IV.2)

2,5 km au Sud-est de Senzeilles, IGNB 57/3-4, X: 158305 Y: 94335.

a. Bibliographie:

Gosselet, 1888; Delhay, 1908; Dumon, 1929; Dumon & coll., 1954 (coupes); Coen-Aubert, 1974 b; Cornet, 1975 (description); Coen, Coen-Aubert & Cornet, 1976 (coupe); Tsien, 1977 b (coupe + planches), Dumon, 1979; Tsien, 1980 (coupe); Tsien & coll., 1980 (coupe); Dumon, 1982; Tourneur, 1982 (coupe); Mouravieff & Tsien, 1983 (coupe); Reijers, 1984 (planches); Tsien, 1984 (coupe + planches); Bultinck & coll., 1988 (coupe); Casier, 1988 (coupe); Monty & Van Laer, 1988 (coupe); Pr at & Boulvain, 1988 (coupes); Van Laer, 1988 (coupe).

b. Biostratigraphie:

"Faune 2" (Coen & coll., 1976, p. 330); zone à *Ancyrognathus triangularis* et zone à *Palmatolepis gigas* (Tourneur, 1982); j'ai repris sur la fig. VI.8 la limite des deux zones selon cet auteur.

c. Description et localisation des coupes

Le monticule est en position horizontale (pl. I, photo 1) et ses contacts avec l'encaissant schisteux sont peu tectonisés au nord-ouest. Le sommet de l'édifice culmine à 30 m au-dessus du sol. Coen & coll. (1976, note infra-paginale p. 329) rapportent que d'après Dumon, un sondage effectué au centre de la carrière a traversé 18 m de marbre "royal" (voir tableau V.1) sans atteindre la "griotte" de base.

Quatre coupes ont été levées et échantillonnées (fig. IV.7) et une "face sciée" a été étudiée en détail (fig. IV.13).

La coupe A (fig. IV.8), dont certains échantillons m'ont été aimablement communiqués par Francis Tourneur est située sur le flanc du bioherme et recoupe, immédiatement à son contact, des grainstones crinoïdiques en bancs décimétriques. Ces bancs ont en général une surface supérieure plane et inférieure irrégulièrement ondulée (pl. III, photo 5). Par endroit, des épaisissements sont visibles contenant des colonies coralliennes en place. Les Crinoïdes sont également abondants dans les schistes, sous forme de tiges de plusieurs ossicules accolés. Leur orientation est constante et pointe vers une zone située à 20 m en retrait du panneau scié central. Plus haut, les schistes s'appauvrissent en Crinoïdes. Seuls quelques minces bancs calcaires matérialisent encore la stratification; leur allure permet de déceler de petites failles. Vers 7 m (comptés à partir du bas de la coupe auquel on attribue arbitrairement une cote 0) apparaissent des bancs de calcaire argileux rouge contenant des "*Phillipsastrea*" tabulaires⁽²⁾, surmontés à leur tour de schistes fins et de schistes à nodules calcaires de quelques cm. Entre les schistes fins et les schistes noduleux, un banc de 20 cm contient des fragments de *Trelonella*.

La coupe D est également située en périphérie du monticule et débute par des packstones et wackestones argileux rouges à "*Phillipsastrea*", *Alveolites*, *Thamnopora*, Crinoïdes, féncstellidés et diverses Algues (fig. IV.9). Vers le haut, ces faciès s'enrichissent en Crinoïdes au dépens des Coraux, puis passent à des schistes à Crinoïdes et Coraux. Cette coupe est très semblable à la coupe A, hormis son état d'altération, nettement plus prononcé puisqu'il n'a pas été raffraîchi par sciage. Le sommet du bioherme, situé ici à la cote 7 m est surmonté, tout comme en A par des schistes à Crinoïdes. Je ne vois donc pas ici d'arguments suffisants pour différencier nettement les deux coupes et opposer une zone

(2): j'utilise ici la classification morphologique de Abott (originellement destinée aux Stromatoporoïdes, mais aisément transférable aux Coraux) qui distingue notamment les formes lamellaires (formes planes possédant un rapport longueur sur hauteur > 10/1), les formes tabulaires (l/h < 10/1), les formes subsphériques, les formes nodulaires (subsphériques mais diamètre < 8 cm), les formes hémisphériques et les formes bulbeuses (formes irrégulières de grande taille, avec l ≈ h), etc... (1973, p. 805).

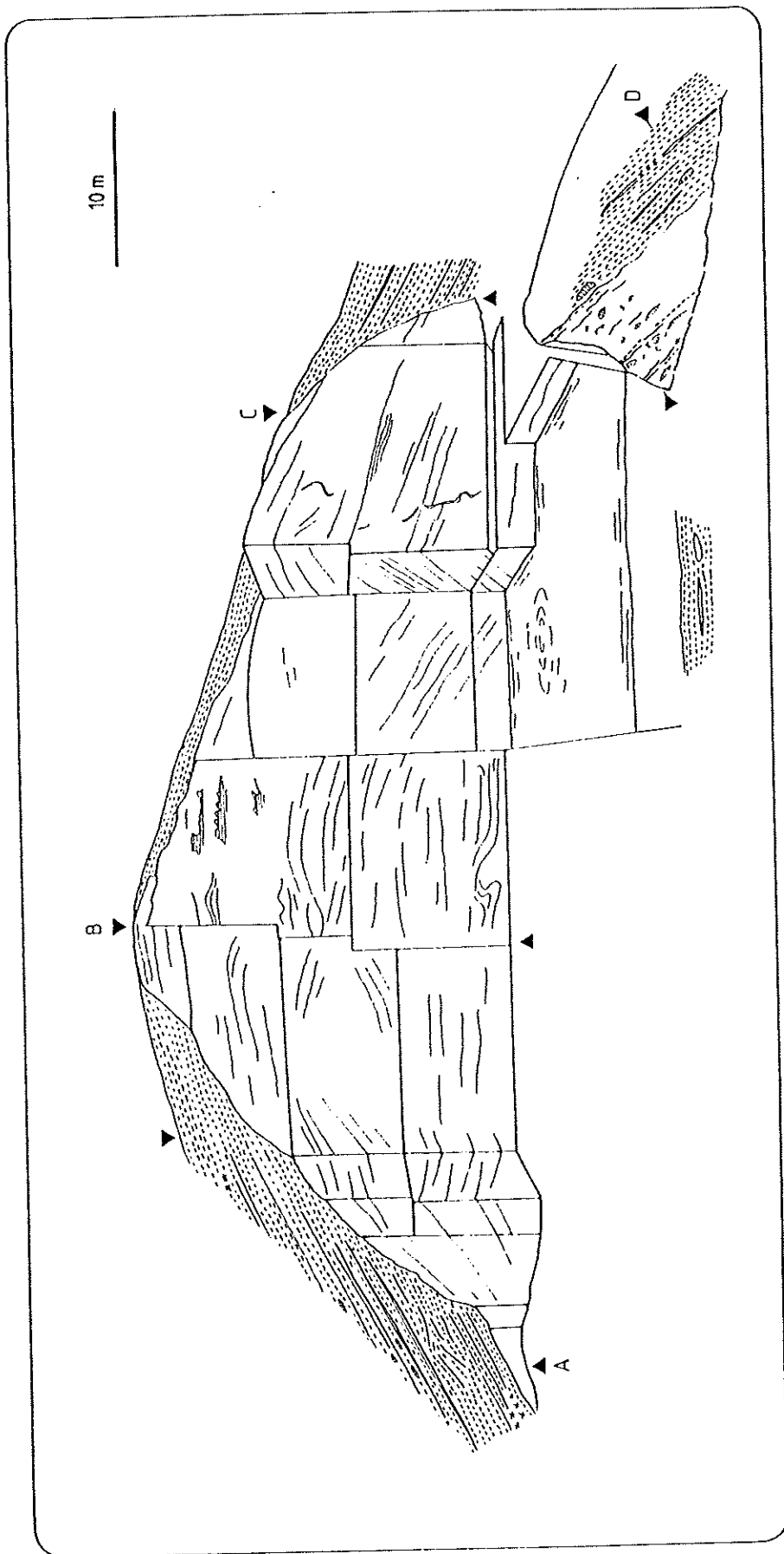


Figure IV.7: carrière de Beauchâteau: localisation des coupes A, B, C et D.

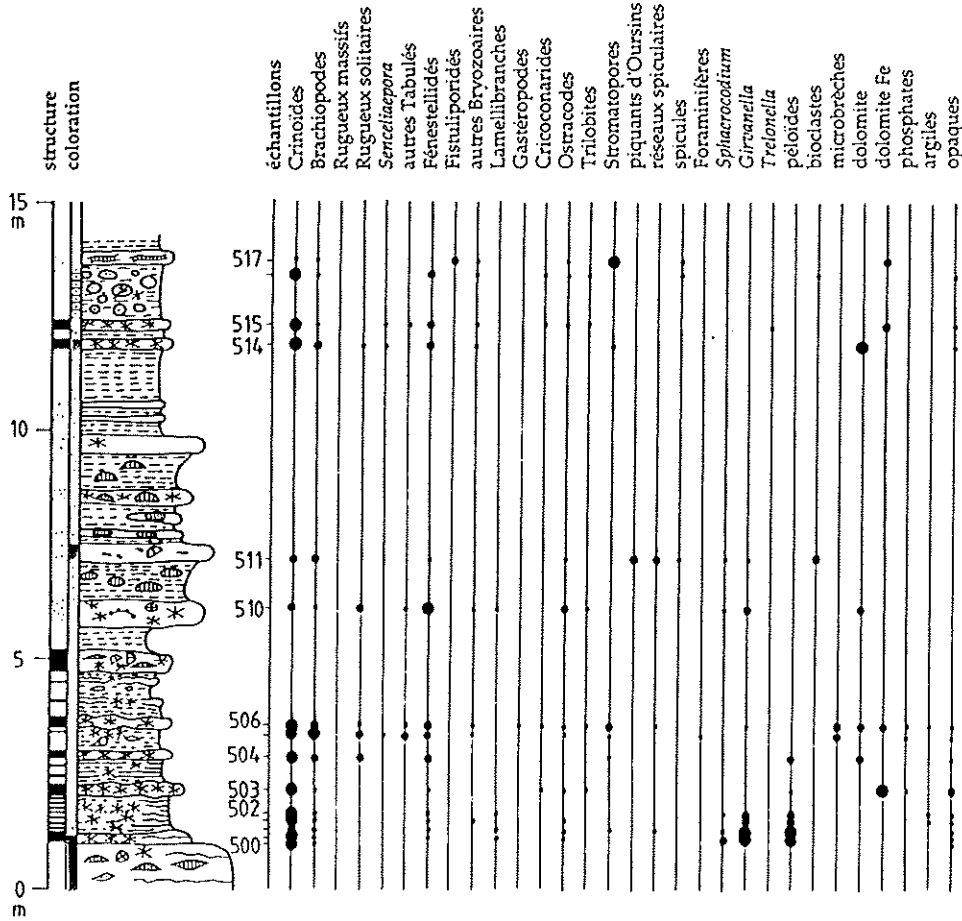
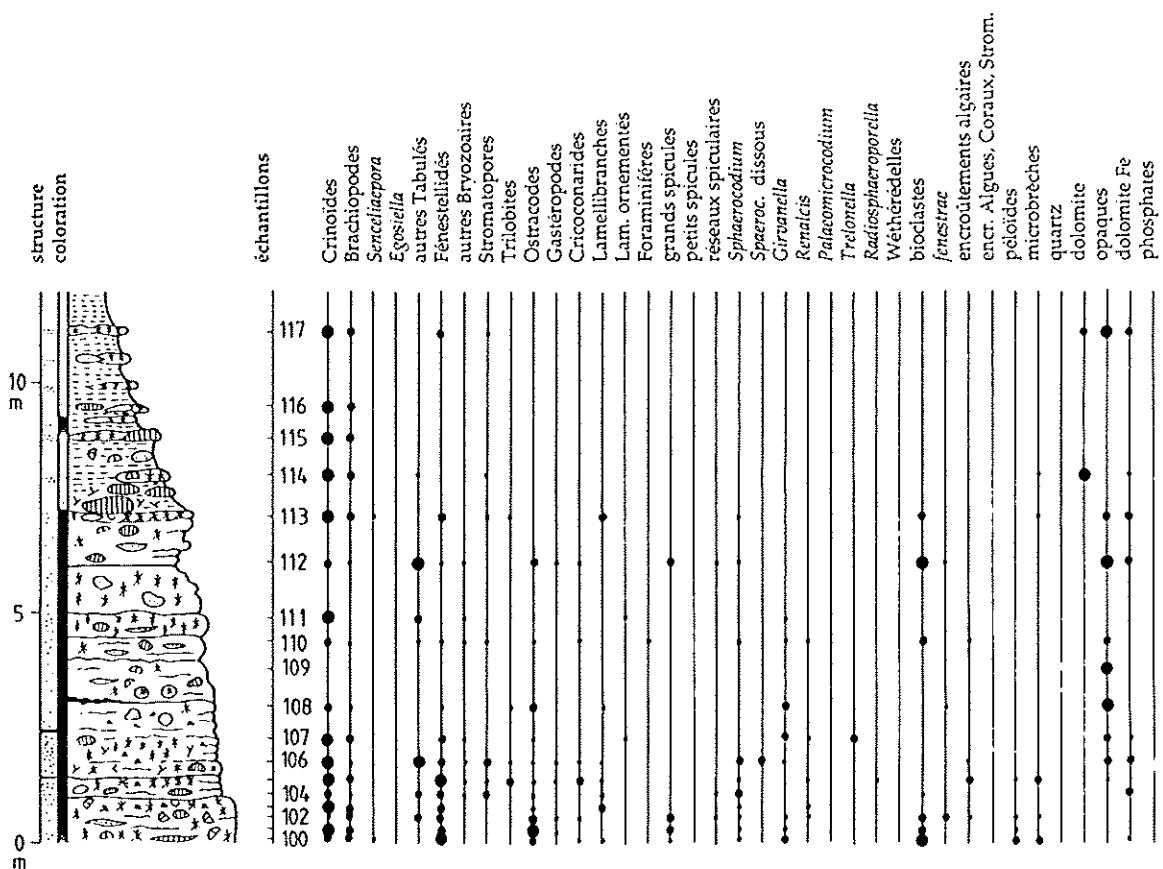


Figure IV.8: bioherme de Beauchâteau: coupe A: colonne lithologique et données pétrographiques.

Figure IV.9: bioherme de Beauchâteau: coupe D: colonne lithologique et données pétrographiques.



abritée" (coupe A) à une "zone exposée" (coupe D), comme indiqué par Cornet (1975, p. 187), Coen & coll. (1976, p. 330) et Monty & Van Laer (1988, p. 172).

Les coupes B et C, levées en rappel, sont situées dans des zones moins périphériques de l'édifice. La coupe C (fig. IV.10) présente un aspect nettement stratifié et montre à la base des wackestones et packstones rouges à Eponges, *Thamnophyllum*, *Alveolites*, *Renalcis* qui passent vers 3 m à des packstones bioclastiques à Crinoïdes, *Alveolites*, Fénestelles, Stromatopores, *Sphaerocodium*, Girvanelles, souvent stabilisés par des constructeurs lamellaires. De 6 à 10 m, *Renalcis* devient à nouveau abondant avec des péloïdes et de nombreux encroûtements de Coraux, de Stromatopores, de *Sphaerocodium*, etc...; les trois derniers mètres sont riches en Crinoïdes et *Thamnopora*.

La coupe centrale, B, a un aspect stratifié sur les 15 premiers mètres. Il s'agit d'une alternance de packstones bioclastiques à Crinoïdes, Coraux, *Sphaerocodium*, Girvanelles, péloïdes, etc... souvent stabilisés par des *Alveolites* tabulaires ou des Stromatopores lamellaires et de wackestones à *Stromatactis*⁽³⁾ centimétriques en relais, Crinoïdes, péloïdes, *Sphaerocodium*, etc... Latéralement vers la coupe C, apparaissent des *Thamnophyllum* métriques, souvent retournés (Tsien, 1977 b, p. 197; 1979, p. 120; 1980, p. 91; 1984, p. 7.26; Tsien & coll., 1980, p. 24). Ces faciès sont, à la base du panneau central, affectés par une déformation (fig. IV.12). Si l'on y observe les géopètes, toutes indiquent la même horizontale, témoignant simplement d'une cimentation postérieure à la déformation. Cette structure a été interprétée comme un slump (Cornet, 1975, p. 186; Coen & coll., 1976, p. 329; Tsien, 1980, p. 91; 1984, p. 7.26; Tsien & coll., 1980, p. 24; Mouravieff & Tsien, 1983, p. 24; Reijers, 1984, p. 26) ou comme une "structure d'injection de boue" (Van Laer, 1988, p. 382-383; Van Laer & Monty, 1988, p. 173). La première interprétation semble la plus convaincante.

A partir de 16 m jusqu'à 24 m, au sommet de la face supérieure centrale (fig.

IV.13), se différencient des zones stratifiées rouges et des zones massives gris-rose. Cet aspect particulier a été remarqué par certains géologues qui en ont donné les interprétations suivantes:

- pour Cornet (1975, p. 186) et Coen & coll. (1976, p. 330), il s'agit d'"(...) une sorte de lagon montrant des amas arrondis de sédiments bioclastiques mélangés à des dépôts schisteux dans lesquels ils s'impriment en load-cast." (Cornet, *op. cit.*);

- pour Van Laer (1988, p. 384-390) et Monty & Van Laer (1988, p. 173), il s'agit de remplissages de cavités (parties stratifiées rouges) entre des zones lithifiées (parties massives grises). On reconnaît dans ces remplissages des "Crinoïdes, des Brachiopodes et des Tabulés lamellaires (probablement en place (...))" (Van Laer, *op. cit.*, p. 385).

Les zones massives grises sont riches en *Renalcis*, *Palaeomicrocodium* et encroûtements algaires. Au-dessus du panneau scié, au sommet du bioherme, apparaissent d'abord des wackestones massifs gris à *Alveolites* et "*Phillipsastrea*" tabulaires à subsphériques, Stromatopores lamellaires, *Sphaerocodium* et Girvanelles avec localement des *Trelonella*, ensuite, en bancs décimétriques des packstones et wackestones stratifiés à *Thamnopora* branchus, péloïdes, *Trelonella*, *Renalcis* et quelques Crinoïdes.

Bultinck & coll. (1988, p. 16) signalent de profondes crevasses et un enduit hématitique dans la zone sommitale de l'édifice, témoignant de "(...) subaerial exposure and synsedimentary volcanic activity (...). Moreover, large blocks of the emerged reef have been removed by storm waves and transported towards the deeper intermound area (...). Mes observations personnelles ne m'ont permis de retrouver ni traces d'émersion, ni blocs récifaux transportés en milieu péri-biohermal.

D'une manière générale, pour Tsien (1980, p. 92; 1984, p. 7.26), Tsien & coll. (1980, p. 24), Mouravieff & Tsien (1983, p. 24), les Coraux de Beauchâteau évolueraient d'une morphologie globulaire à une morphologie lamellaire du bas vers le haut du monticule, ce qui suggérerait une augmentation de la profondeur. Je ne peux souscrire à cette ob-

(3): ce terme est défini au chapitre suivant. Morphologiquement, il s'agit de masses de ciment fibreux possédant une base plane et un sommet digité.

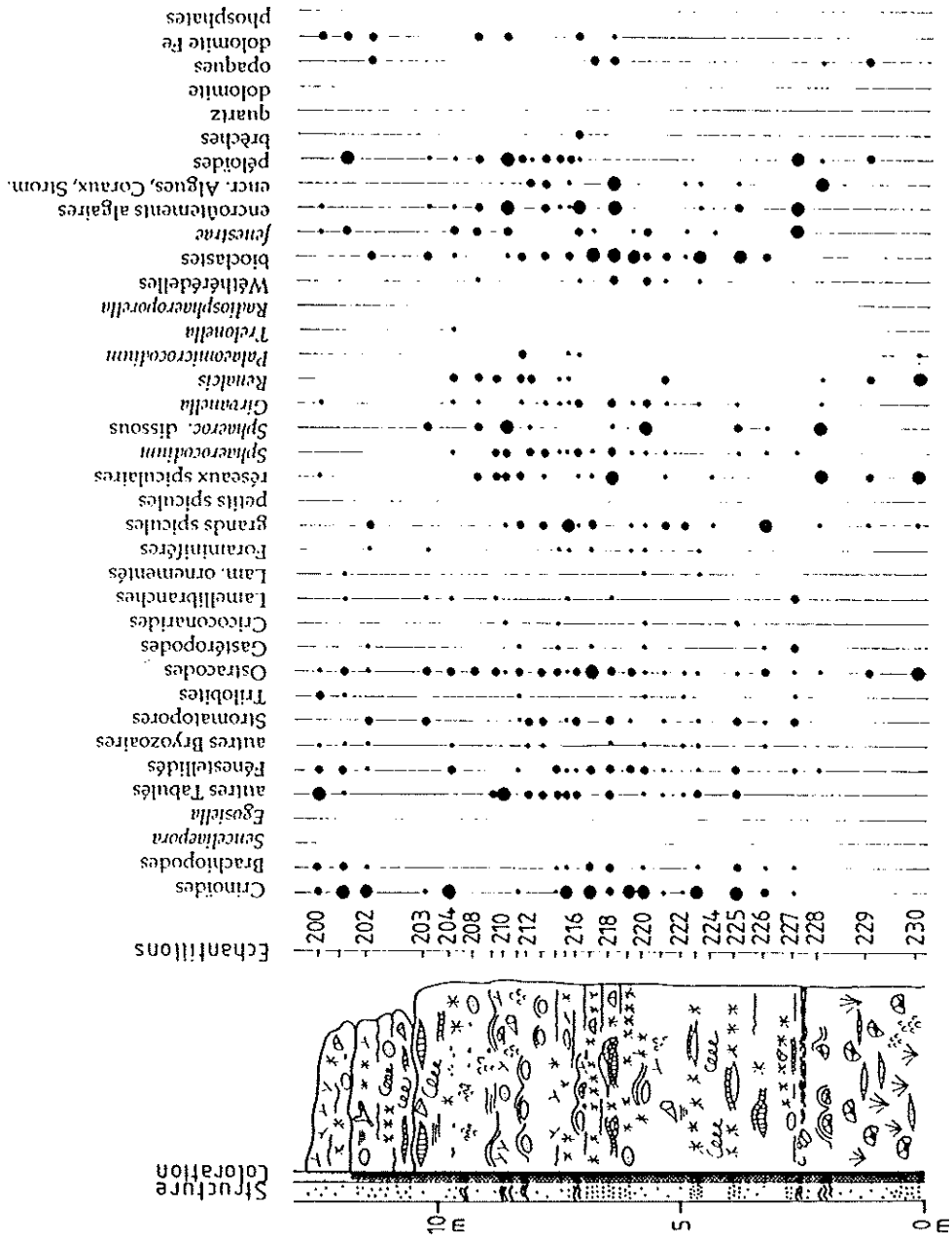


Figure IV.10: bioherme de Beauchâteau: coupe C: colonne lithologique et données pétrographiques.

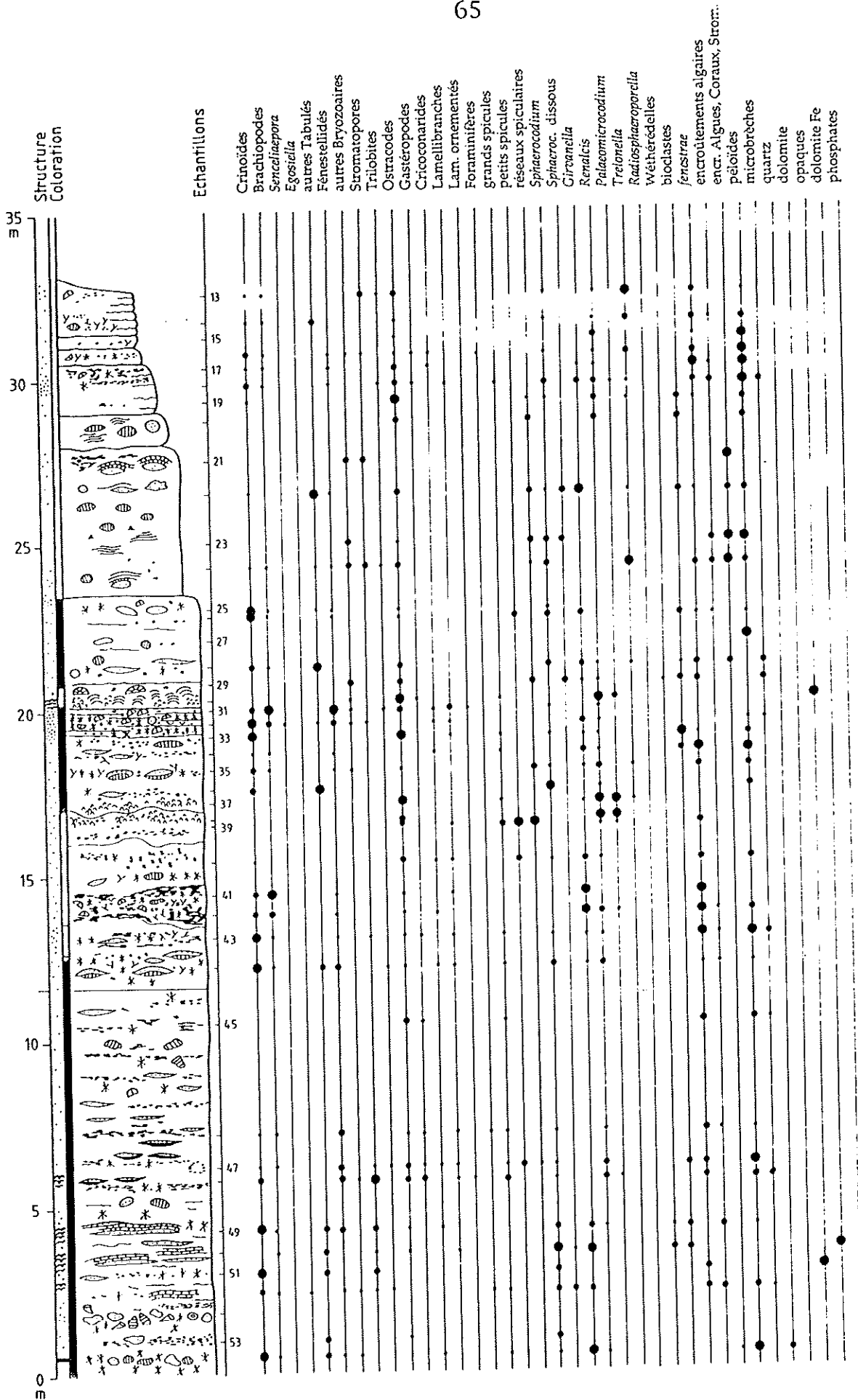


Figure IV.11: bioherme de Beauchâteau: coupe B: colonne lithologique et données pétrographiques.



Figure IV.12: déformation synsédimentaire dans des calcaires rosés du niveau moyen du bioherme de Beauchâteau; localisation: base de la coupe B sur la fig. IV.7.

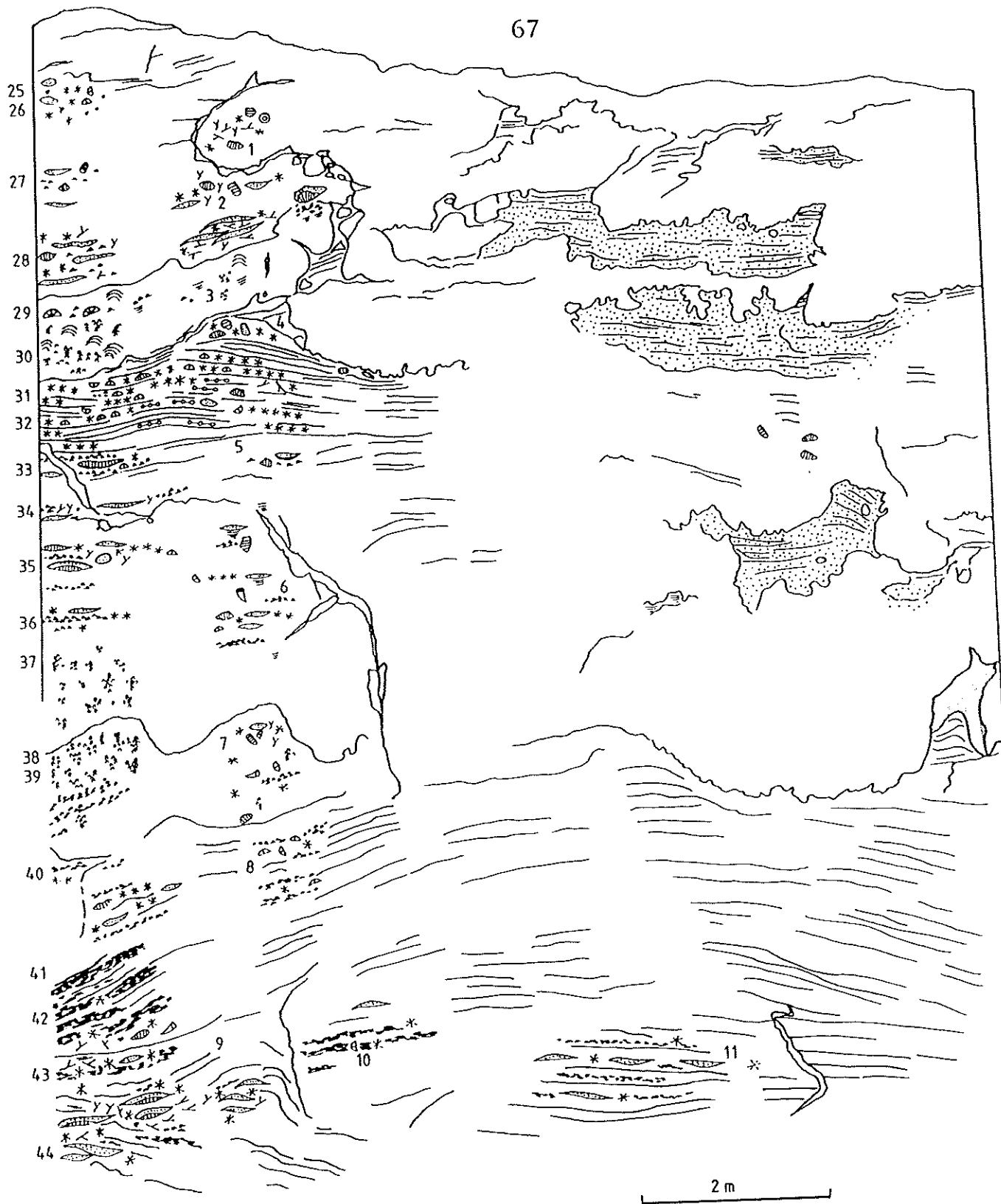


Figure IV.13: bioherme de Beauchâteau, coupe B, face centrale supérieure de la carrière, avec localisation des échantillons. En pointillés, les zones les plus rouges.

servation que mes propres levés contredisent (voir coupe B, fig. IV.11 par exemple: les "*Phillipsastrea*" et *Alveolites* tabulaires et subsphériques abondent tout au long de la coupe et vers le sommet apparaissent en outre de nombreux *Thamnopora* branchus).

2. Carrière Tapoumont à Neuville (n°5, fig. IV.2)

IGNB 57/3-4, X: 159,600 Y: 94,675.

a. Bibliographie

Bayet, 1869 (non publié); Dumon, 1929; Dumon et coll., 1954 (coupe); Dumon, 1979, 1982; Boulvain et coll., 1987.

b. Biostratigraphie

"Faune 2" (Boulvain et coll., 1987).

c. Description et localisation des coupes

La carrière, à flanc de colline, entame le bioherme situé en position subhorizontale. Les variétés de marbre exploitées actuellement de façon intermittente par la SA Gauthier-Wincqz de Soignies sont essentiellement des calcaires rosés et gris-rosé ("royal"). Un sondage vertical, effectué en 1921 dans le fond de la carrière au nord (fig. IV.14) par la "Marbrerie d'Avesnes" a recoupé environ 8 m de "griotte" (calcaire rouge) sous 8 m de "royal" avant d'arriver aux calcaires argileux de base (P. Dumon, comm. pers.).

Les calcaires argileux latéraux sont bien exposés le long de la tranchée d'accès sud. Le contact avec le monticule est tectonisé. La coupe A (fig. IV.15) part de la paroi nord et se termine dans des schistes fins au niveau de la rampe d'accès sud.

La première dizaine de mètres est constituée de wackestones (plus rarement packstones) gris-rosé à Crinoïdes, Brachiopodes et Fénestellidés souvent englobés dans des masses allongées de ciment fibreux ("nébuloïdes", voir chapitre 5). Ensuite, la disparition assez brutale de ces zones cimentées s'accompagne de l'apparition en grand nombre de *Sphaerocodium* et de Girvanelles en encroûtements autour des éléments figurés; ceci jusqu'à la cote 20 m environ, pour revenir jusqu'à la cote 30 m à des

wackestones et packstones à Crinoïdes et Brachiopodes où les Algues sont plus rares.

De la cote 30 m à la fin du bioherme, Crinoïdes et Coraux deviennent très abondants: on observe *Frechastraea pentagona micrastraea* (Penecke 1904), *Phillipsastrea ananas* (Goldfuss 1826), *Thamnophyllum* n. sp., *Frechastraea limitata* (Milne-Edwards & Haime 1851), *Macgeea* et *Tabulophyllum* pour les Rugueux; *Alveolites suborbicularis* Lamarck 1801, *A. tenuissimus* Lecompte 1933, *Egosiella gracilis* (Lecompte 1939), *Senceliaepora tenuiramosa* Lafuste & Tourneur 1988 et *Thamnopora micropora* Lecompte 1939 pour les Tabulés (Boulvain & coll., 1987, p. 227). Des *Sphaerocodium*, Bryozoaires, Stromatopores lamellaires et Girvanelles sont également présents.

Le passage aux calcaires argileux est tectonique. On trouve encore sur 5 à 6 m quelques bancs à Crinoïdes, Brachiopodes et Tabulés branchus ou à Eponges, puis la coupe se termine par quelques mètres de schistes fins.

Une petite coupe de 5 m a été levée au sommet du bioherme; elle présente à peu près la même succession que le sommet de la coupe A. Divers échantillons ont été prélevés dans la paroi centrale nord-sud en face de la coupe A: on y observe un développement plus important des masses allongées de ciment fibreux à Crinoïdes et Brachiopodes qui se superposent sur près d'une vingtaine de mètres à raison de quatre à six passées par mètre (Boulvain & coll., 1987, p. 235). Au-dessus de ces faciès apparaissent des wackestones gris riches en Girvanelles, péloïdes, *Sphaerocodium*, *Trelonella*.

3. Carrière des Bulants à Neuville (n°6, fig. IV.2)

IGNB 57/3-4, X: 159,775 Y: 95,625.

a. Bibliographie

Dumon, 1929; Lecompte, 1959b; Van Winkel, 1964 (coupe); Coen, Coen-Aubert & Cornet, 1976; Tsien, 1977b (coupe); Dumon, 1979; 1982; Mouravieff & Tsien, 1983 (coupe); Tsien, 1984; Prétat & Boulvain, 1988 (coupe); Boulvain, 1989 b (coupe).

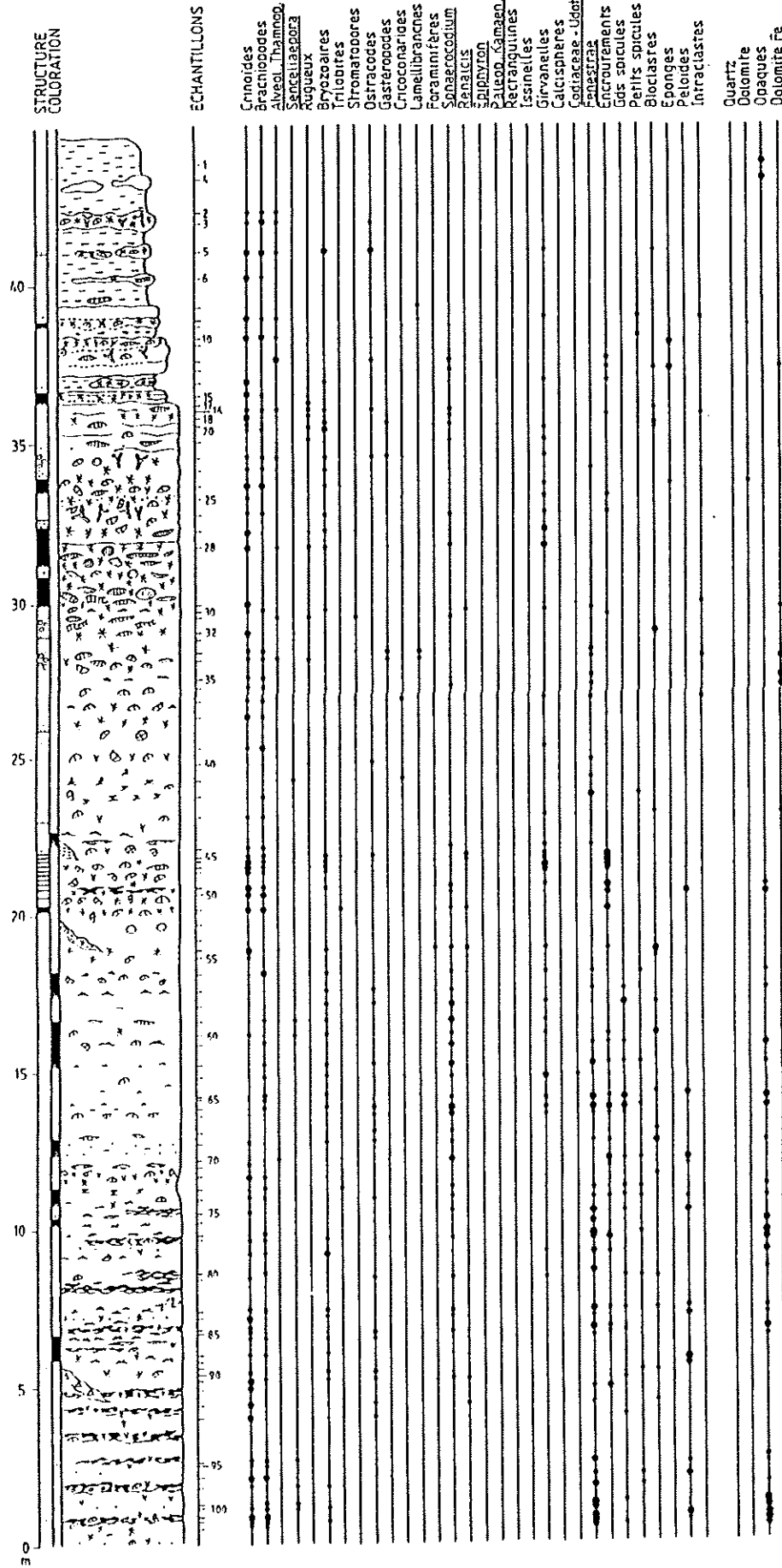


Figure IV.15: bioherme de Tapoumont: coupe A: colonne lithologique et données pétrographiques.

b. Biostratigraphie

Base: "Faune 1"; partie sommitale: "Faune 2", avec apparition d'*A. asy-metricus* (Coen & coll., 1976, p. 329).

c. Description et localisation des coupes:

Direction E-W, pendage 80° S.

Cet édifice d'une quarantaine de mètres de puissance a été exploité dans sa partie périphérique. Une dalle sciée horizontale de 30 m x 16 m (perpendiculaire à la stratification), à l'extrémité est de la carrière a été étudiée en détail. Deux coupes y ont été levées et échantillonnées; l'une (A, fig. IV.16), perpendiculaire à la stratification débute dans les calcaires argileux formant la paroi nord de la carrière, se poursuit le long du côté ouest de la dalle et se termine au sommet du bioherme par un contact tectonique avec des schistes fins. L'autre (B, fig. IV.17), au niveau de la cote 18 m de la coupe précédente suit un même banc, depuis le bord de la dalle à l'ouest jusqu'à la paroi est (pl. I, photo 2).

De fréquentes interdigitations entre calcaires biohermaux rouges et calcaires argileux péri-biohermaux gris-vert apparaissent nettement sur la paroi est, non sciée et altérée (Van Winkel, 1964; Tsien, 1977 b, p. 197, 1984, p. 7.26; Tsien & coll., 1980, p. 24). Certaines intercalations verdâtres d'épaisseur métrique à décimétrique s'avancent même par endroit jusqu'à l'extrémité de la dalle (pl. I, photo 2), soit sur une quinzaine de mètres. Les joints et les fossiles lamellaires matérialisant la stratification ne sont pas toujours exactement parallèles au contact calcaire rouge-calcaire verdâtre; la coupe B (fig. IV.17) suit une telle digitation. Le contenu en insolubles (manocalcimétrie à volume constant) n'y varie pas significativement, malgré la variation de coloration.

La paroi ouest de la carrière, accessible en canot est sciée; elle est située à une cinquantaine de mètres de la paroi est. On y observe des calcaires rouges bien stratifiés à nombreux *Stromatactis* et "*Phillipsastrea*" tabulaires, sans intercalation de calcaires verdâtres.

Brièvement, la coupe A (fig. IV.16) montre, après une dizaine de mètres de wackestones argileux à Brachiopodes, 7 m d'une alternance de wackestones rouges à Coraux

("Phillipsastrea", Rugueux solitaires), Crinoïdes et encroûtements de *Kleinbergella* et de wackestones gris-verdâtre à Brachiopodes, Eponges et *Egosiella*. A partir de la cote 18 m, les wackestones rouges s'enrichissent en *Stromatactis* et s'appauvrissent relativement en Crinoïdes; quelques packstones bioclastiques font leur apparition. Les "*Phillipsastrea*" tabulaires et subsphériques restent assez abondants. De la cote 26 m à la cote 33 m, les *Stromatactis* décimétriques disparaissent au profit de réseaux de *Stromatactis* centimétriques en échelons, groupés en passées; les *Kleinbergella* sont remplacées par des *Sphaerocodium* et Girvanelles. Enfin, de la cote 33 m au sommet de la coupe, le calcaire prend une teinte grise et devient riche en passées de Brachiopodes et Crinoïdes englobés dans un ciment fibreux (nébuloïdes).

4. Carrière du Tiène à l'Gatte à Philippeville (n°16, fig. IV.2)

IGNB 58/1-2, X: 163,650 Y: 96,625.

a. Bibliographie

Dumon, 1929, 1979, 1982; Boulvain, 1989 b (coupe).

b. Biostratigraphie

Base: "Faune 1"; partie sommitale, "Faune 2" (M. Coen-Aubert, *in* Boulvain, 1989 b, fig. 2 p. 138).

c. Description et localisation de la coupe

Direction E-W, en dressant; le sommet de l'édifice est au sud.

Cette carrière a été très peu étudiée malgré le grand intérêt de sa situation: elle entame un monticule sur sa périphérie, depuis sa base jusqu'à son sommet en contact anormal avec des schistes fins.

Une coupe a été levée et échantillonnée le long de la paroi ouest, non sciée, accessible en canot. Cette paroi, la plus éloignée du cœur de l'édifice, montre d'épaisses interdigitations de calcaires argileux (pl. I, photo 3). L'autre paroi, située à une cinquantaine de mètres à l'est, est sciée et présente la même succession que la coupe A des Bulants avec des wackestones rouges à *Stromatactis* et

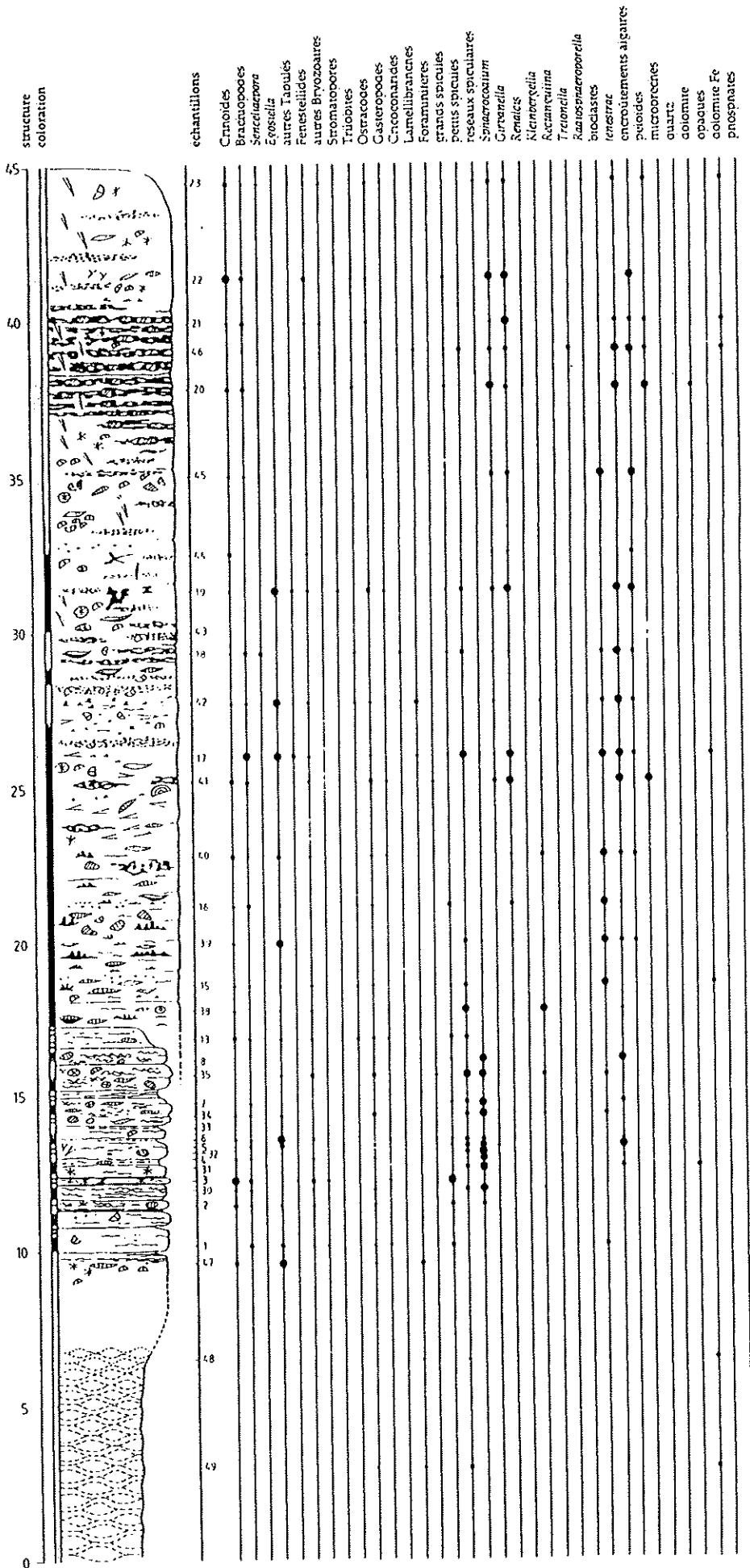


Figure IV.16: bioherme des Bulants: coupe A: colonne lithologique et données pétrographiques.

CARRIERE DES BULANTS (NEUVILLE)

dalle horizontale, côté nord

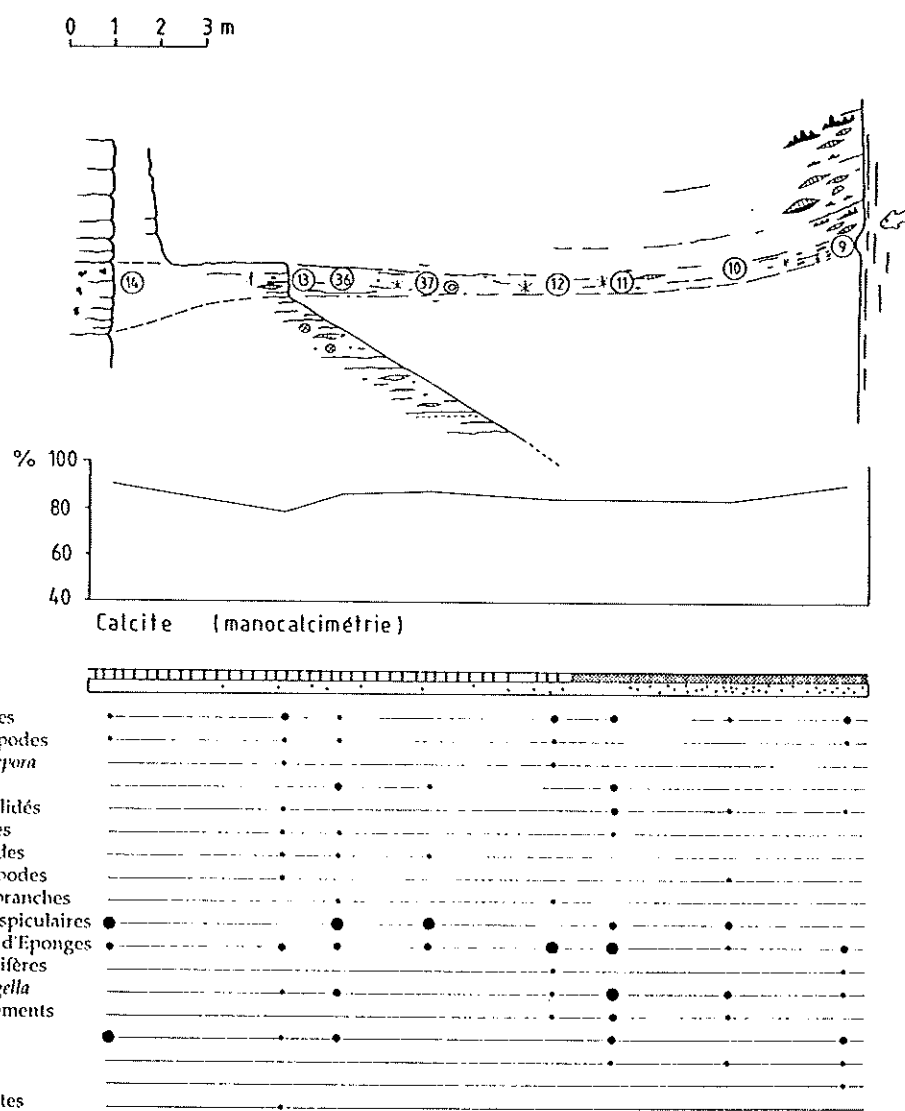


Figure IV.17: bioherme des Bulants: coupe B: colonne lithologique et données pétrographiques.

Coraux à la base et dans la partie moyenne et des wackestones gris vers le sommet.

Le début de la coupe (fig. IV.18), levée en rappel le long de la paroi nord de la carrière, est constitué de wackestones argileux à Brachiopodes, comme aux Bulants. Ensuite, sur une vingtaine de mètres (cotes 5 m à 23 m), on observe des mudstones et des wackestones rouges, souvent argileux, à *Stromatactis* centimétriques, alternant vers la base avec des wackestones argileux gris-verdâtres, tous deux riches en Eponges. Le passage à la cote 23 m à des wackestones (plus rarement packstones et grainstones) gris à Crinoïdes, Brachiopodes, encroûtements de *Sphaerocodium* et Girvanelles, péloïdes et *Trelonella* est brutal après une passée plus argileuse. A partir de la cote 28 m, on observe à nouveau des wackestones rouges à petits *Stromatactis*, mais les spicules d'Eponges y sont rares. La coupe se termine, après un banc grisâtre à "*Phillipsastrea*" par une cinquantaine de mètres de schistes fins, riches vers la base en Brachiopodes, "*Phillipsastrea*" tabulaires, Crinoïdes et Fénéstellidés.

5. Carrière des Wayons à Merlemont (n°28, fig. IV.2)

IGNB 58/1-2, X: 166,800 Y: 96,250.

a. Bibliographie

Harroy, 1910; Dumon, 1929, 1979, 1982; Thonnard, 1964 (coupe); Pedrosa da Silva Lopes, 1988 (coupe).

b. Localisation et description de la coupe

Direction ENE-WSW, pendage 60° S.

Remarquable par l'important développement des mudstones rouges à *Stromatactis* à sa base, cet édifice d'accès facile n'a pourtant été que peu étudié. La fig. IV.19 montre l'aspect général de la carrière et l'emplacement de la coupe qui part de la base de l'édifice, en contact tectonique avec des schistes noduleux et se poursuit sans grand hiatus jusqu'à son sommet en contact également tectonique avec des schistes fins (fig. IV.20).

Les vingt premiers mètres montrent des mudstones (rarement wackestones) rouges à grands *Stromatactis*, souvent groupés en passées; ils ne sont accompagnés que par des

spicules d'Eponges. Ensuite, de 21 m à 27 m, avec la disparition progressive des *Stromatactis*, apparaissent des Coraux (surtout des "*Phillipsastrea*" tabulaire), des Crinoïdes, des Brachiopodes et des Lamellibranches. Sous les organismes lamellaires, on remarque du ciment fibreux. De 27 m à 37 m, les masses allongées de ciment fibreux englobant Crinoïdes et Brachiopodes deviennent fréquentes, de même que les encroûtements de *Sphaerocodium* et Girvanelles, les *Renalcis* et les péloïdes. A partir de 37 m jusqu'à la fin de la coupe, le calcaire (packstones, wackestones surtout) est plus rosé, parfois gris et prend un caractère nettement bioclastique. Les Crinoïdes sont très abondants, avec quelques Brachiopodes, Lamellibranches et Coraux (vers le sommet apparaissent quelques Stromatopores lamellaires), des *Sphaerocodium*, Girvanelles et *Renalcis*. Les encroûtements sont néanmoins moins développés et les spicules réapparaissent.

6. Carrière Rochefontaine à Franchimont (n°35, fig. IV.2)

IGNB 58/1-2, X: 169,450 Y: 96,925.

a. Bibliographie

Cauchy, 1825; Harroy, 1910; Delhaye, 1913; Dumon, 1929, 1979, 1982; Thonnard, 1964 (coupe); Tsien, 1977 a.

b. Localisation et description de la coupe

Direction WNW-ESE, pendage 60° N.

Cette carrière, en exploitation actuellement par la Société Comarble, recoupe sur plus de 40 mètres un édifice en position inclinée. L'exploitation est en creux. Une série d'échelles permettent l'accès à la paroi nord depuis la surface jusqu'au fond de l'exploitation. J'ai échantillonné cette paroi, malgré son aspect altéré qui empêche une observation détaillée pour simuler un sondage et tester l'apport d'un échantillonnage assez lâche à la connaissance de la géométrie, de la situation et de la nature d'un monticule en subsurface.

Sur le site de la carrière se trouve également une scierie qui fournit en quantité

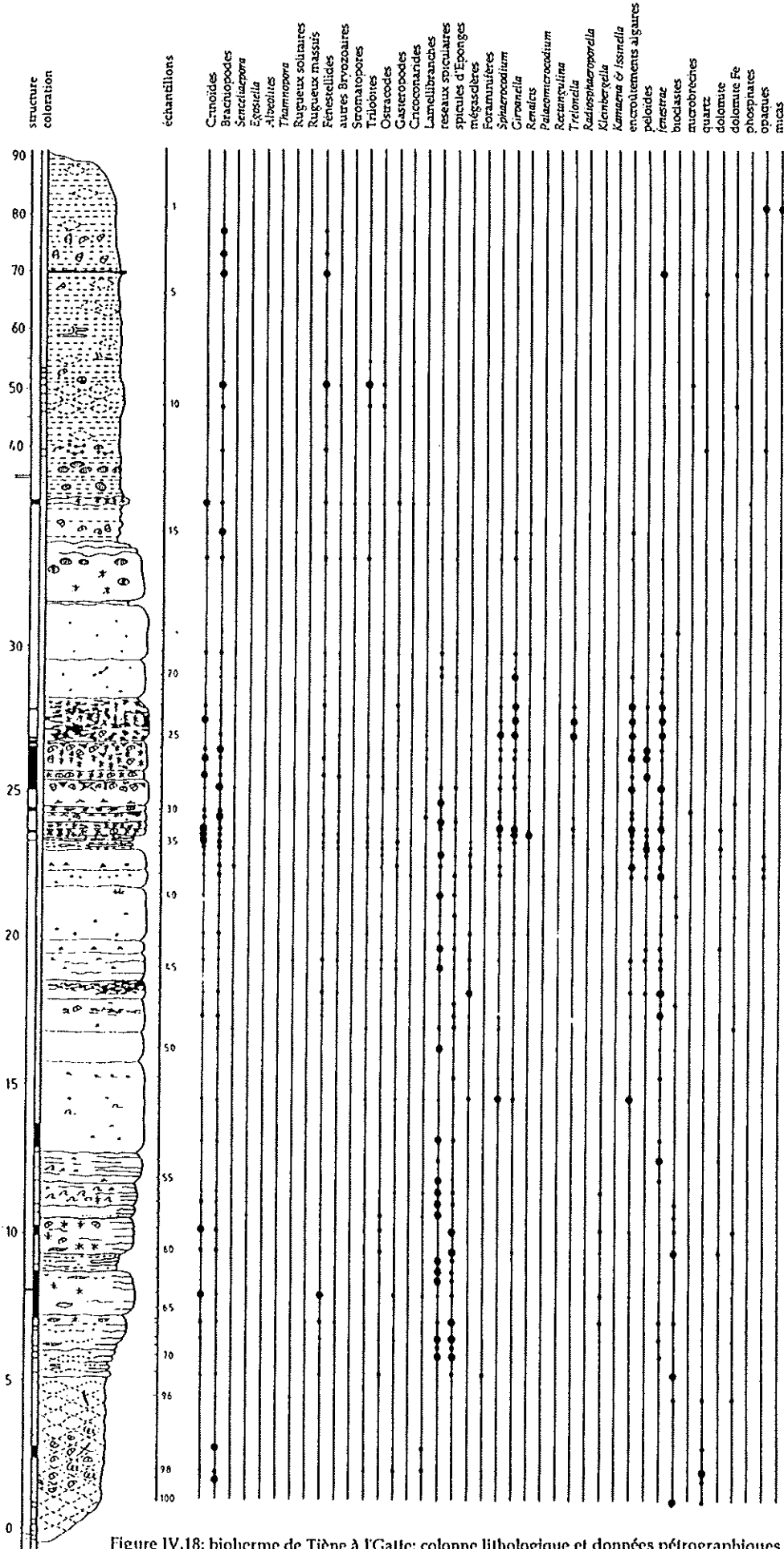


Figure IV.18: bioherme de Tiène à l'Gatte: colonne lithologique et données pétrographiques.

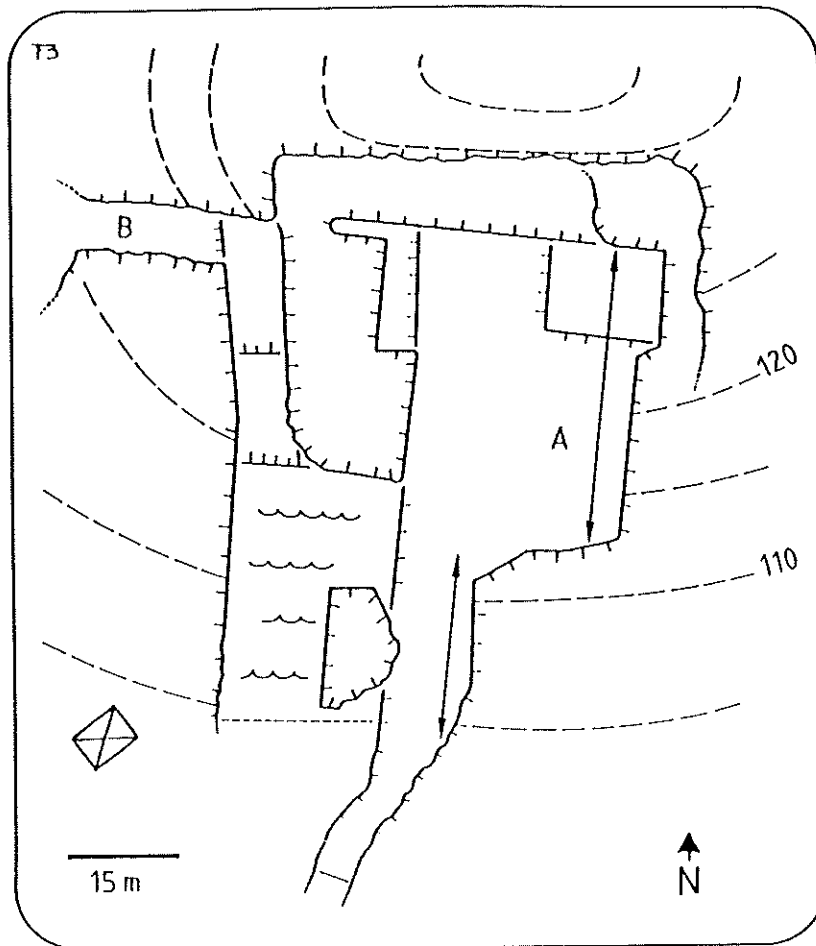


Figure IV.14: état de la carrière de Tapoumont en 1988, après arrêt de l'exploitation. Localisation des coupes A et B.

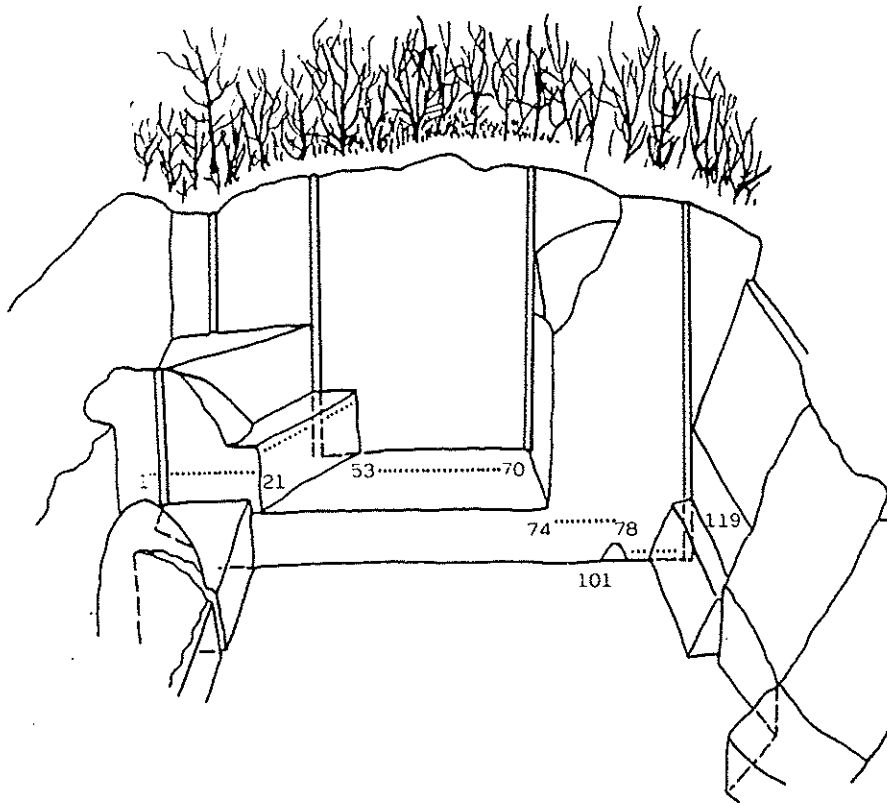


Figure IV.19: schéma de situation de la carrière des Wayons, avec localisation de la coupe et de quelques échantillons. D'après Pedrosa da Silva (1988), modifié.

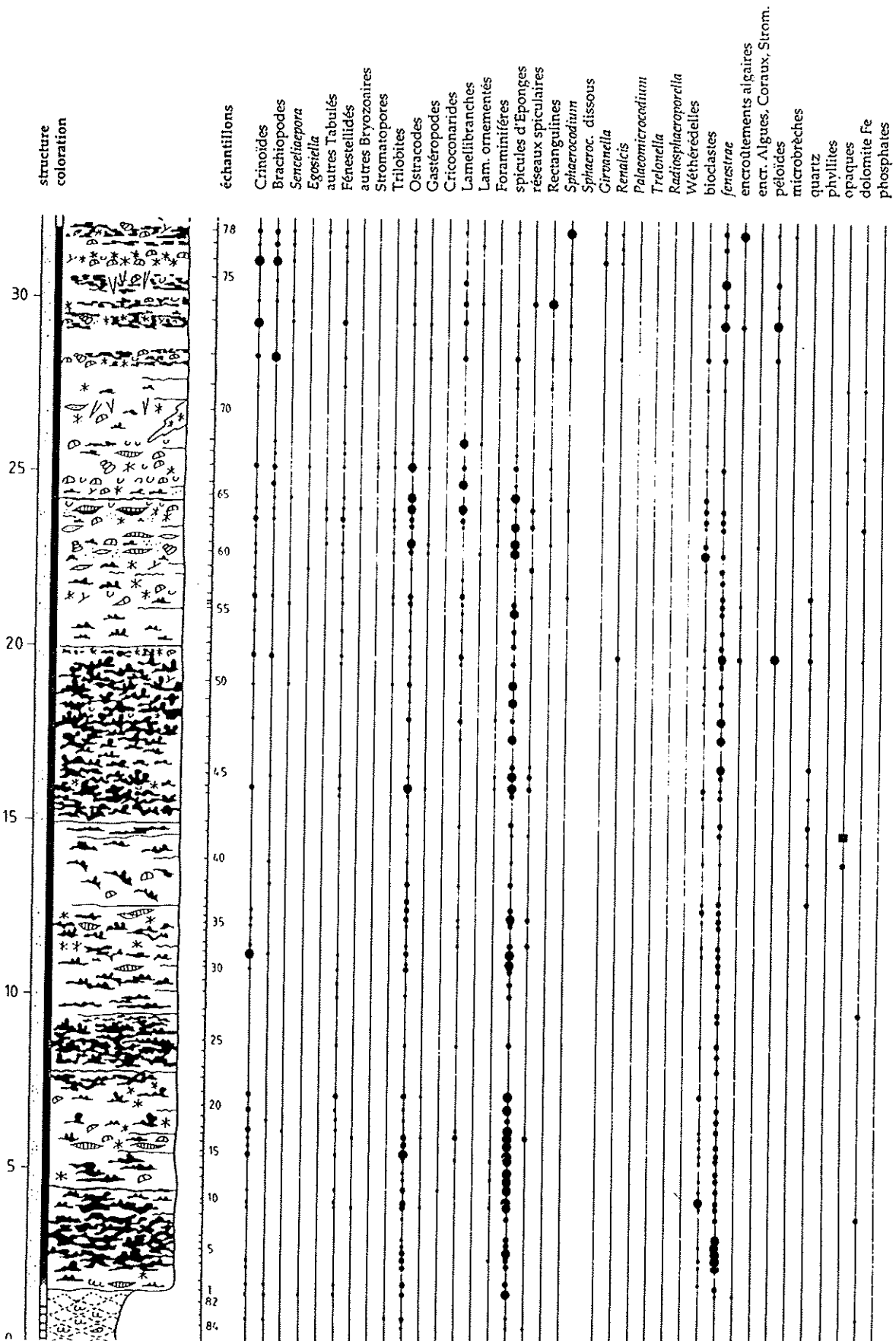
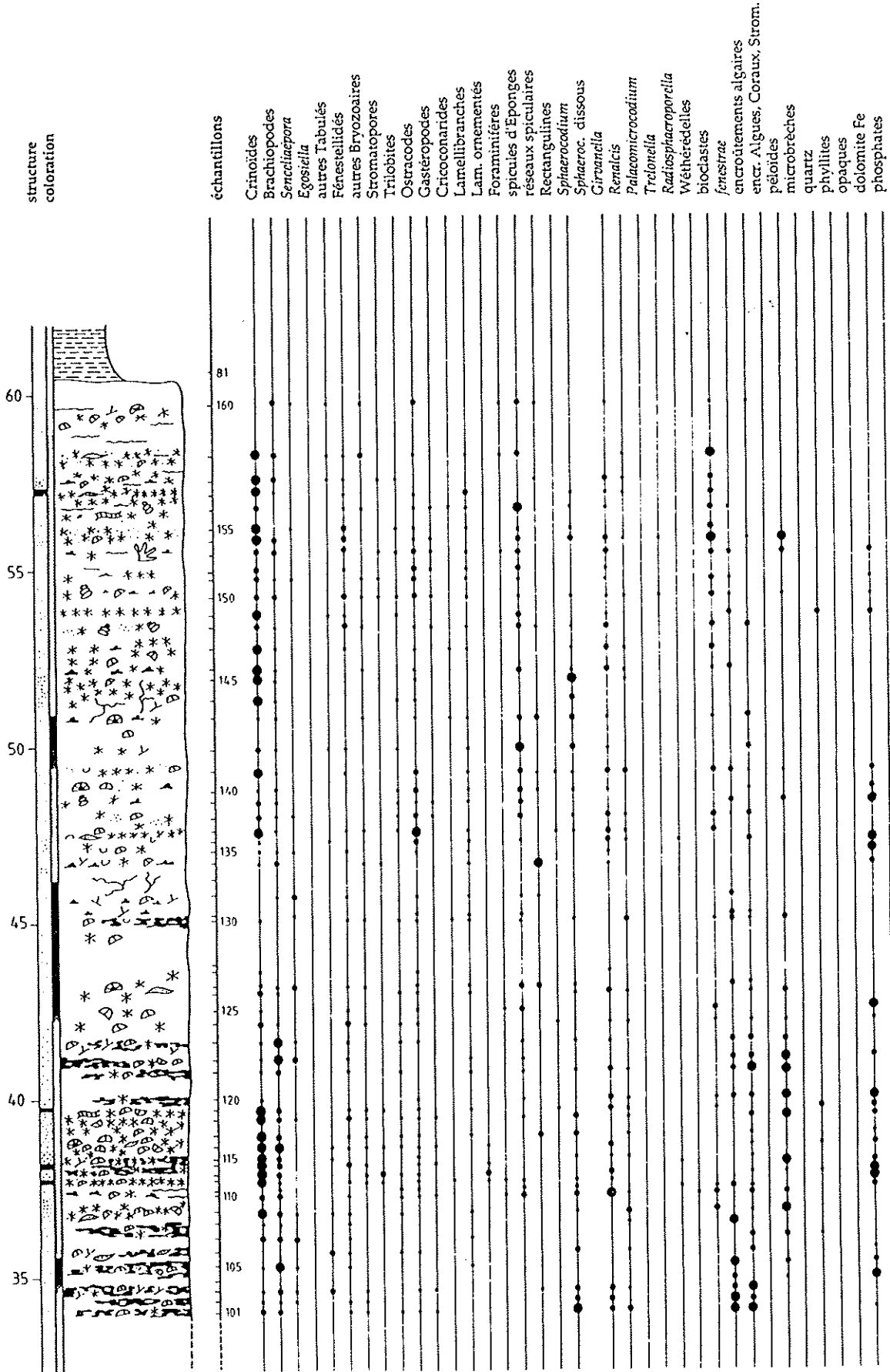


Figure IV.20: bioherme des Wayons: colonne lithologique et données pétrographiques.



plaques et blocs sciés utiles pour un examen approfondi de certains faciès.

7. Carrière du Hautmont à Vodelée (n° 39, fig. IV.2)

IGNB 58/1-2, X: 175,200 Y: 95,000.

a. Bibliographie

Cauchy, 1825; Dupont, 1882 a; Dumon, 1929, 1932 (coupe), 1957 (nombreuses coupes et planches), 1979, 1982; Mouravieff et Tsien, 1983 (coupe); Tsien, 1984 (coupe et planche); Terroir, 1987 (coupe); Casier, 1987 (coupe); Mamet & Boulvain, 1988; Boulvain, 1989 b (coupe).

b. Biostratigraphie

"Faune 2 et "Faune 3" (M. Coen-Aubert, comm. écrite).

c. Localisation et description des coupes

Direction WNW-ESE, pendage 45° S.

Cette carrière, actuellement en exploitation par la SA "Carrières de Sprimont", est l'une des seules où subsiste du "marbre gris". Elle a été longuement étudiée par Paul Dumon qui en donne des coupes précises (1957, surtout). Dumon livre également les résultats de quatre sondages verticaux exécutés en 1913-1914 par la Société de Merbes-le-Château (fig. 28, 29, 30 et 31, 1957). Sous le "marbre gris", les sondages ont recoupé une soixantaine de mètres de "royal" qui surmontent une cinquantaine de mètres de "griotte". Les sondages montrent également que plusieurs failles sont à l'origine de répétitions de couches et que le bioherme est en position redressée, surtout pour la partie en subsurface. Les épaisseurs sont donc douteuses.

Le contact avec les schistes est en général tectonique, sauf dans la tranchée d'accès ouest (fig. IV.21).

Stratigraphiquement au-dessus du "marbre gris", on observe quelques mètres de calcaires rouges à Coraux et *Stromatactis* ("griotte supérieure") qui passent progressivement, dans la tranchée d'accès ouest, à des schistes rougeâtres à bancs calcaires puis à des schistes fins. Dumon (1957, p. 31) signale

le passage latéral du "marbre gris" à la "griotte supérieure" ce qui est attribuable, selon lui "(...) au fait que le calcaire gris se formait le plus près de la surface vers le centre du récif et que latéralement, il correspondait à un calcaire rouge griotte, les organismes ayant produit le marbre gris, brachiopodes et polypiers se développent moins facilement (...) dès qu'on arrive à de plus grandes profondeurs." (*id.* p. 31-32).

Plus récemment, Tsien signale des blocs remaniés du récif déposés sur ses flancs (1984, p. 7.29 et Mouravieff & Tsien, 1983, p. 22) à l'intervention de tempêtes et l'évidence de faciès stromatolithiques dans le "marbre gris" (1984, p. 7.29). Casier (1987) a étudié les Ostracodes dans le "marbre gris", la "griotte" et les schistes encaissants. Les conclusions paléoenvironnementales auxquelles il parvient ont été exposées au chapitre 2.

J'ai pour ma part levé et échantillonné six coupes dans l'édifice (fig. IV.21), cinq perpendiculairement à la stratification (A, B, C, D, P) et une latéralement au sein d'un même ensemble de bancs (L). Toutes les coupes peuvent être raccordées lithostratigraphiquement et dans le cas des coupes C, D et B, à 90°, également par calage par rapport à deux épais joints de stratification (fig. IV.22, IV.23, IV.24).

Les coupes C, D et B partent du cœur du bioherme pour aboutir dans les schistes fins qui lui sont postérieurs. Elles recoupent respectivement 32 m, 18 m et 7 m de bindstones et packstones gris à *Renalcis*, *Sphaerocodium*, Rugueux massifs subsphériques ou bulbeux, Stromatopores lamellaires, Tabulés branchus, péloïdes et tapis laminaires (voir discussion au chapitre 5). Remarquons que la coupe D (fig. IV.23) qui n'est située qu'à quelques mètres de C (fig. IV.22), est moins riche en tapis laminaires et encroûtements algaires et nettement plus bioclastique. Au-dessus du "marbre gris", le passage à la "griotte" est assez progressif, avec des wackestones roses à Coraux, Crinoïdes et Brachiopodes sur 2 à 5 m. Ensuite, avec l'apparition des *Stromatactis*, des Crinoïdes en grand nombre et des spicules d'Eponges, on constate la disparition progressive des Algues, des encroûtements et des péloïdes. La "griotte" est très argileuse, avec plusieurs "joints" centimétriques de grande extension latérale.

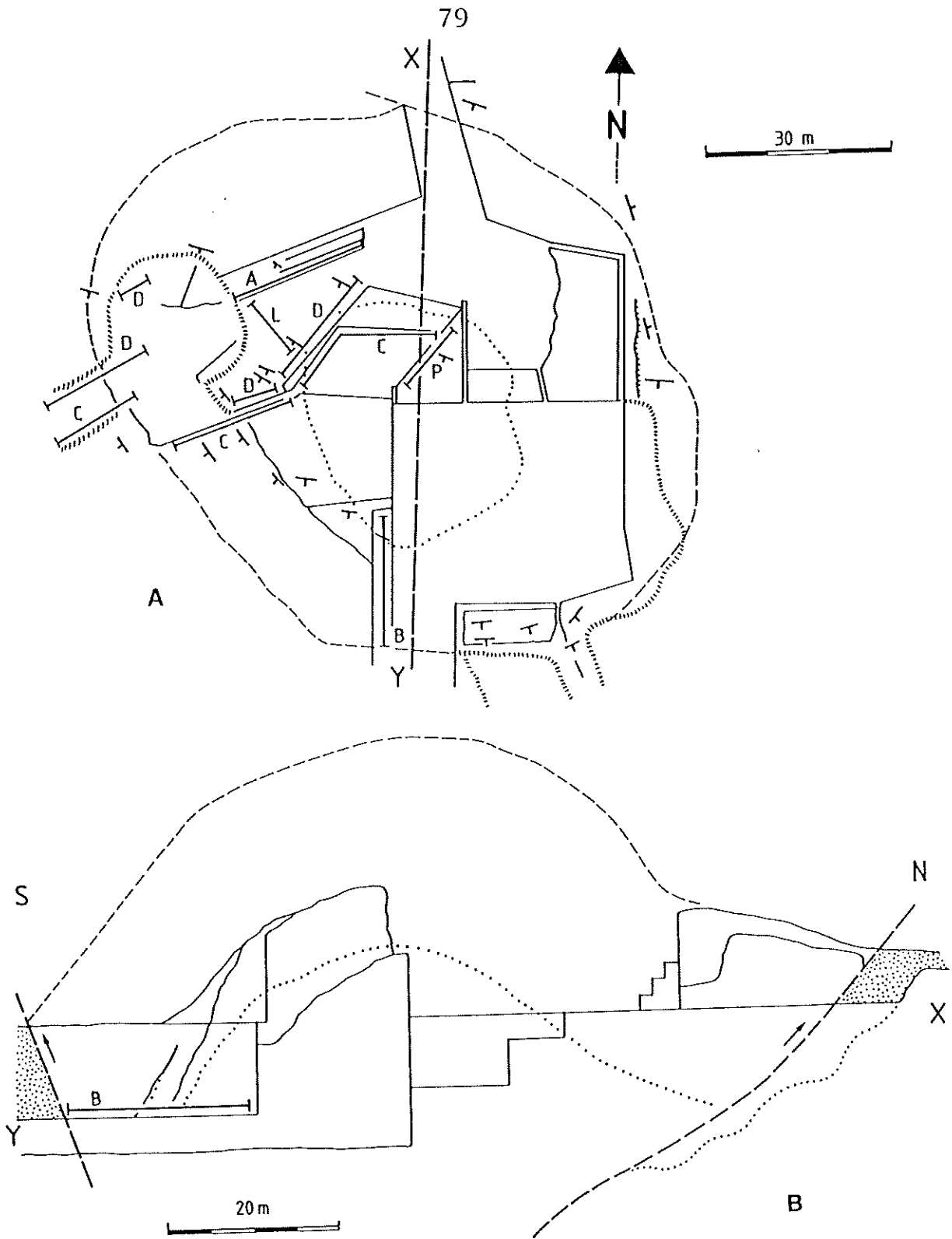


Figure IV.21: carrière du Hautmont: (a): plan général, directions, pendages et localisation des coupes A, B, C, D, L et P; (b): coupe de la carrière selon X-Y et localisation de la coupe B.

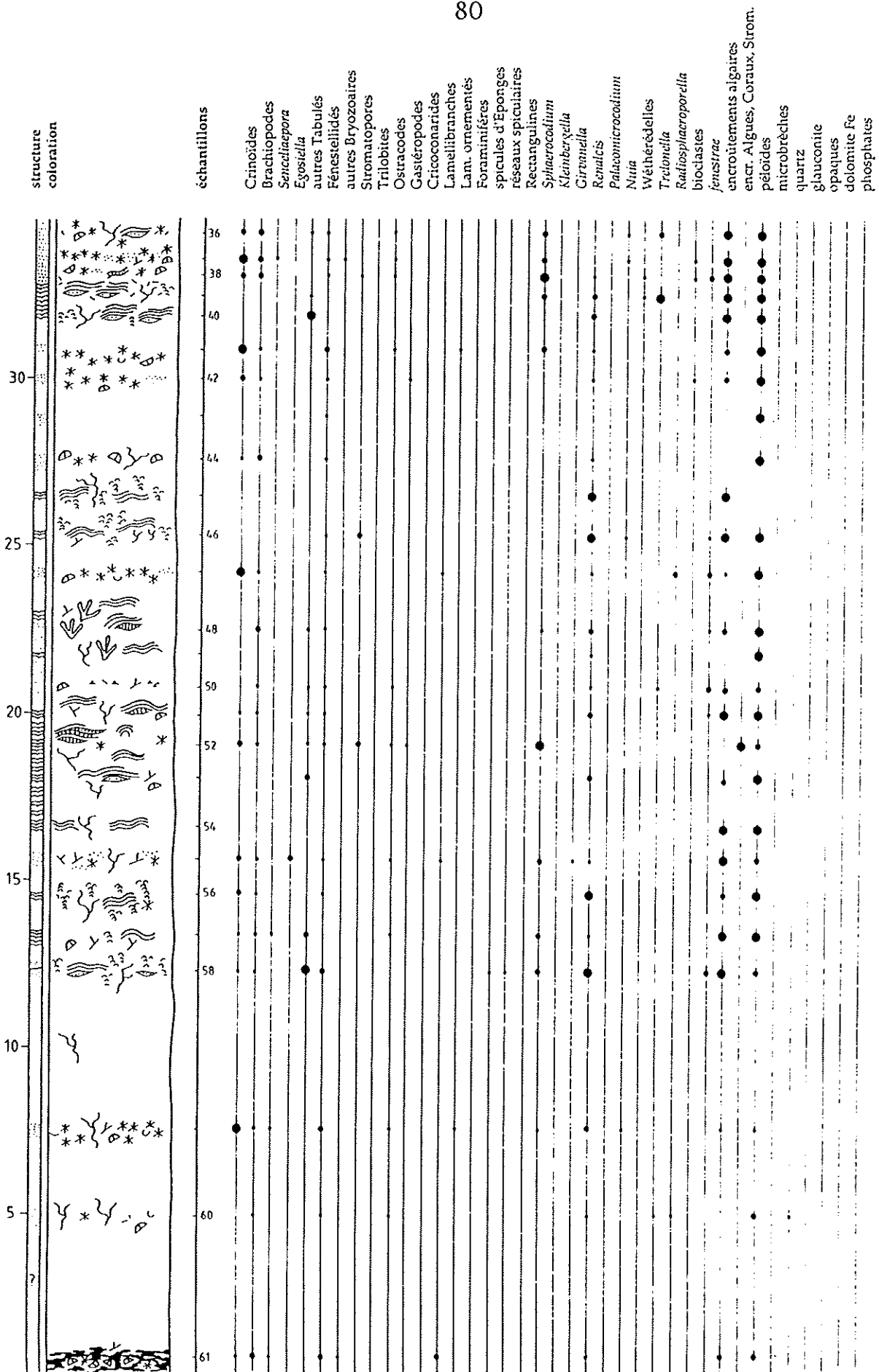
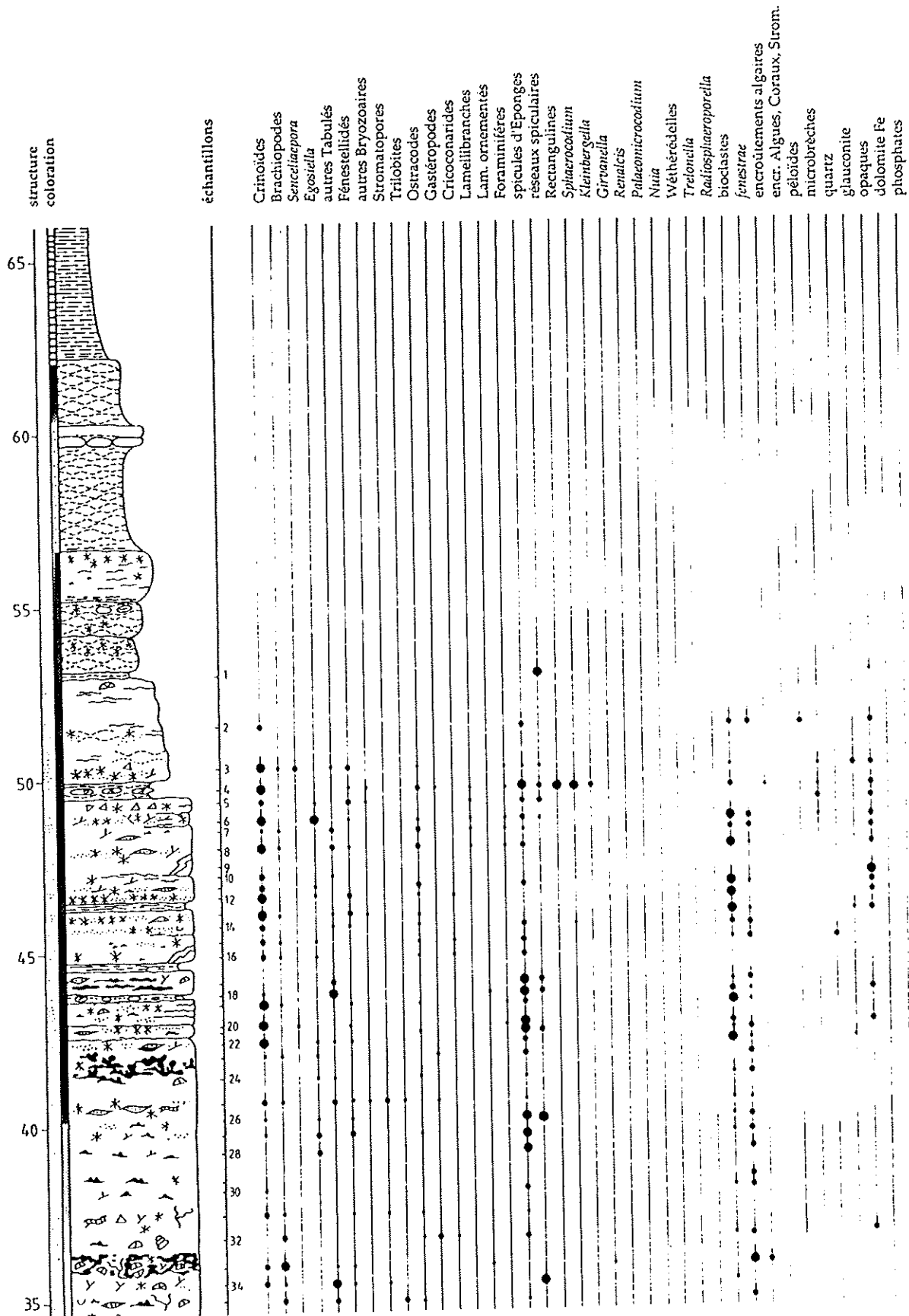


Figure IV.22: bioherme du Hautmont: coupe C: colonne lithologique et données pétrographiques.



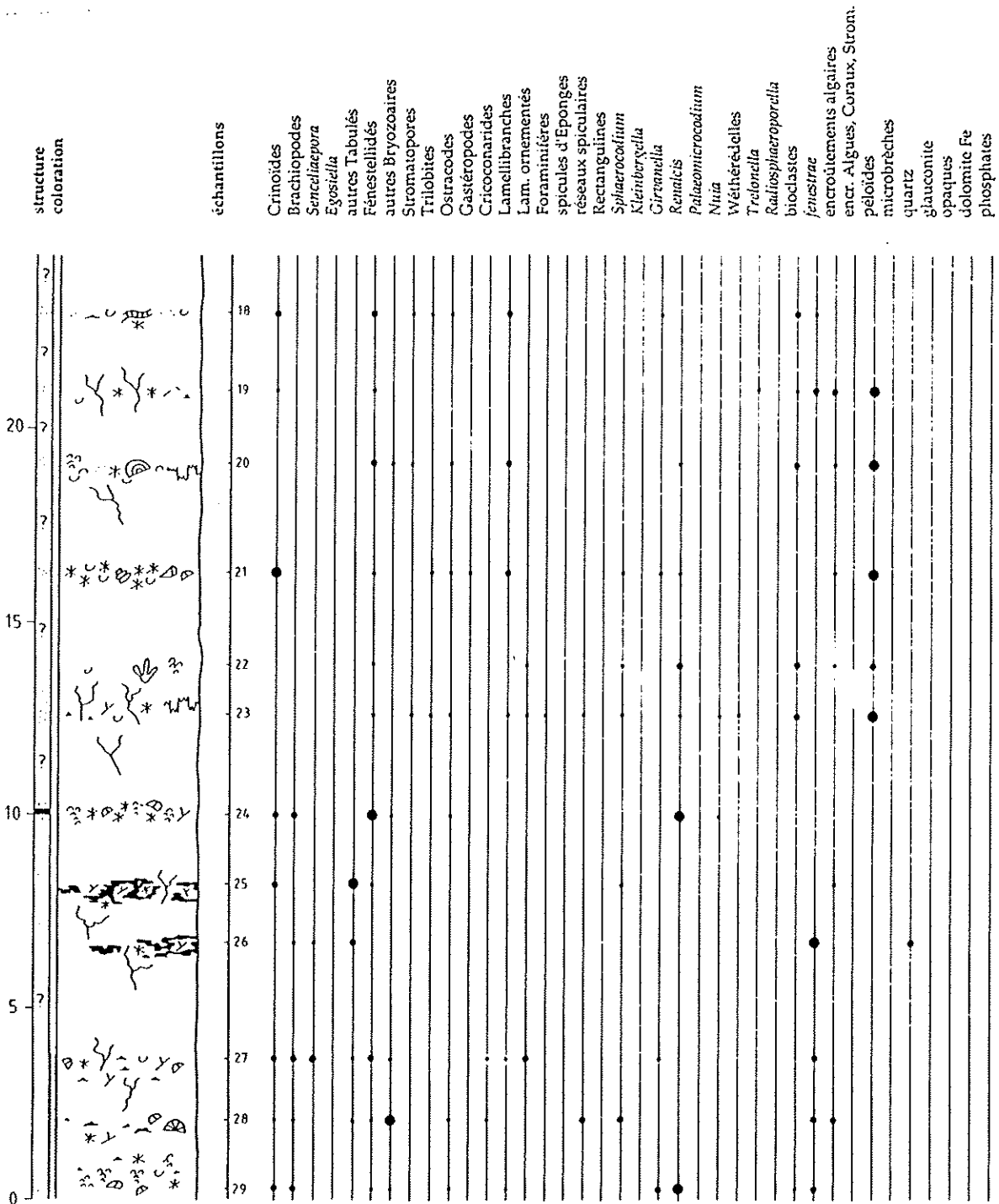
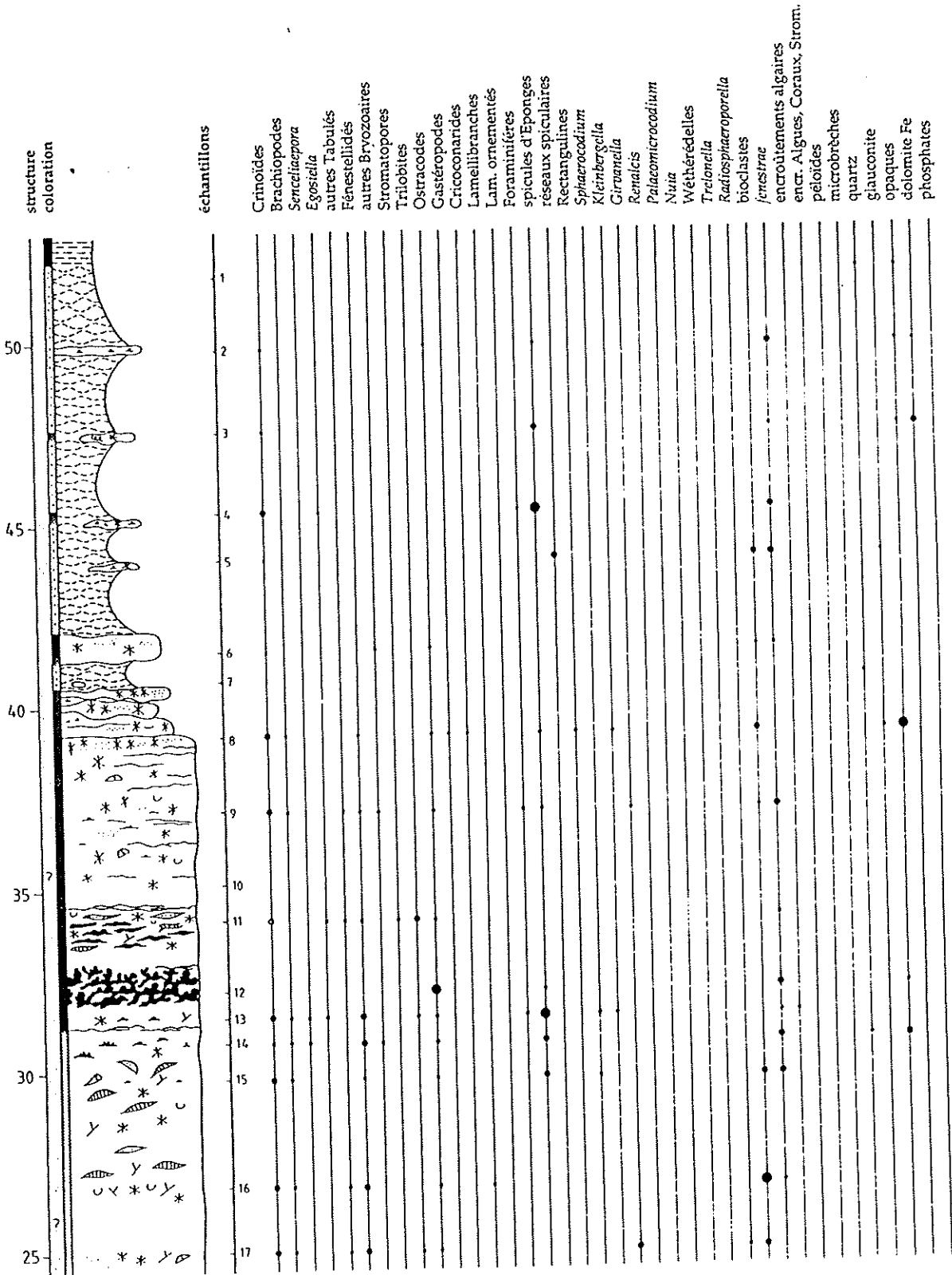


Figure IV.23: bioherme du Hautmont: coupe D: colonne lithologique et données pétrographiques.



Les coupes C et D montrent vers la base de la "griotte" une passée de *Stromatactis* pluri-décimétriques organisés en réseau. Quelques mètres plus haut apparaissent des masses allongées de ciment fibreux que surmontent invariablement des *Alveolites* lamellaires (fig. X.7). Le passage de la "griotte" aux schistes fins est tectonique dans le cas de la coupe B (fig. IV.24), par l'intermédiaire de 12 m de schistes noduleux à bancs calcaires pour les coupes C et D. Dans les trois cas, la "griotte" est surmontée d'un fond durci. Malgré la proximité des coupes C et D (environ 10 m à ce niveau), le découpage en bancs dans la partie schisteuse est variable. Les bancs calcaires contiennent quelques Crinoïdes et Brachiopodes et sont généralement riches en spicules d'Eponges.

La coupe A (fig. IV.25) est située à une dizaine de mètres de la coupe D, en position plus périphérique. Le sommet de la coupe est en contact tectonique avec les schistes noduleux et permet un calage avec les coupes B, C et D. On remarque l'absence de calcaires gris. Il s'agit ici uniquement de wackestones et packstones rouges à Coraux, Crinoïdes, *Stromatactis*, Brachiopodes. En partant de la base de la coupe, on observe d'abord 8 m de wackestones à masses allongées de ciment fibreux englobant des Brachiopodes, puis environ 13 m de packstones et wackestones à Crinoïdes, Brachiopodes, *Alveolites* et "*Phillipsastrea*" tabulaires, *Thamnopora* branchus, Stromatopores lamellaires, avec par endroit des spicules d'Eponges. Les *Stromatactis* sont assez abondants dans la première moitié de cet ensemble. Ensuite, de la cote 21 m à la cote 25 m, avec la disparition des *Sphaerocodium* s'affirme le caractère bioclastique, riche en Crinoïdes et enfin, de la cote 25 m à la fin de la coupe, réapparaissent les *Stromatactis* et les spicules d'Eponges. Ces 3 mètres de wackestone à *Stromatactis* sont comparables à la "griotte supérieure" des coupes B, C et D.

La coupe L a été levée, au sein d'un même niveau, entre les coupes A et D, sur la surface horizontale sciée (fig. IV.26). Elle débute au niveau de l'échantillon 21 de la coupe D (fig. IV.23). On passe du "marbre gris" à des packstones rouges bioclastique à *Alveolites*, "*Phillipsastrea*" tabulaire, *Stromatactis*, Crinoïdes et spicules d'Eponges par l'intermédiaire de wackestones rosés à *Thamnopora*, Brachiopodes et *Alveolites* no-

dulaires. La transition s'effectue sur une quinzaine de mètres.

Enfin, la coupe P, représentée fig. IV.27 à une échelle plus détaillée, recoupe 6 m de "marbre gris" qui surmontent un peu moins de 1 m de wackestones rosés à masses allongées de ciment fibreux à Brachiopodes, Crinoïdes, Tabulés branchus. Le passage entre ce faciès et le "marbre gris" est brutal, par l'intermédiaire d'une surface irrégulière de nature énigmatique. Le "marbre gris" montre une succession de bindstones, wackestones et packstones à tapis laminaires, *Hankaxis mirabilis*, pétoïdes, encroûtements algaires (*Sphaerocodium*, Girvanelles), bioclastes, avec plusieurs niveaux bréchifiés où apparaissent des Crinoïdes.

8. Carrière du Petit-Mont à Vodelée (n°40, fig. IV.2)

IGNB 58/1-2, X: 175,625 Y: 95,000.

a. Bibliographie

Cauchy, 1825; Dupont, 1882 a; Gosselet, 1888 (coupe); Harroy, 1910 (coupe); Dumon, 1929, 1932, 1936, 1957 (nombreuses coupes et planches), 1964 (idem), 1979, 1982; Delhay, 1932; Dumon & coll., 1954 (coupe); Coen, Coen-Aubert & Cornet, 1976 (coupe); Boulvain, 1989 b (coupe).

b. Biostratigraphie

"Griotte inférieure": "Faune 1"; "royal" et "marbre gris": "Faune 2" associée à *A. asymmetricus* (Coen & coll., 1976, p. 329).

c. Localisation et description des coupes

Direction WNW-ESE, pendage 60° S.

La carrière du Petit-Mont n'est située qu'à 500 m de centre à centre à l'est de Hautmont. Tout comme Hautmont, elle a été abondamment étudiée par Dumon (nombreuses coupes et photographies dans ses articles de 1957 et 1964). De nos jours, la carrière est inondée et ses parois ne sont accessibles qu'en canot.

La paroi E est sciée et présente actuellement une bonne coupe depuis la base de

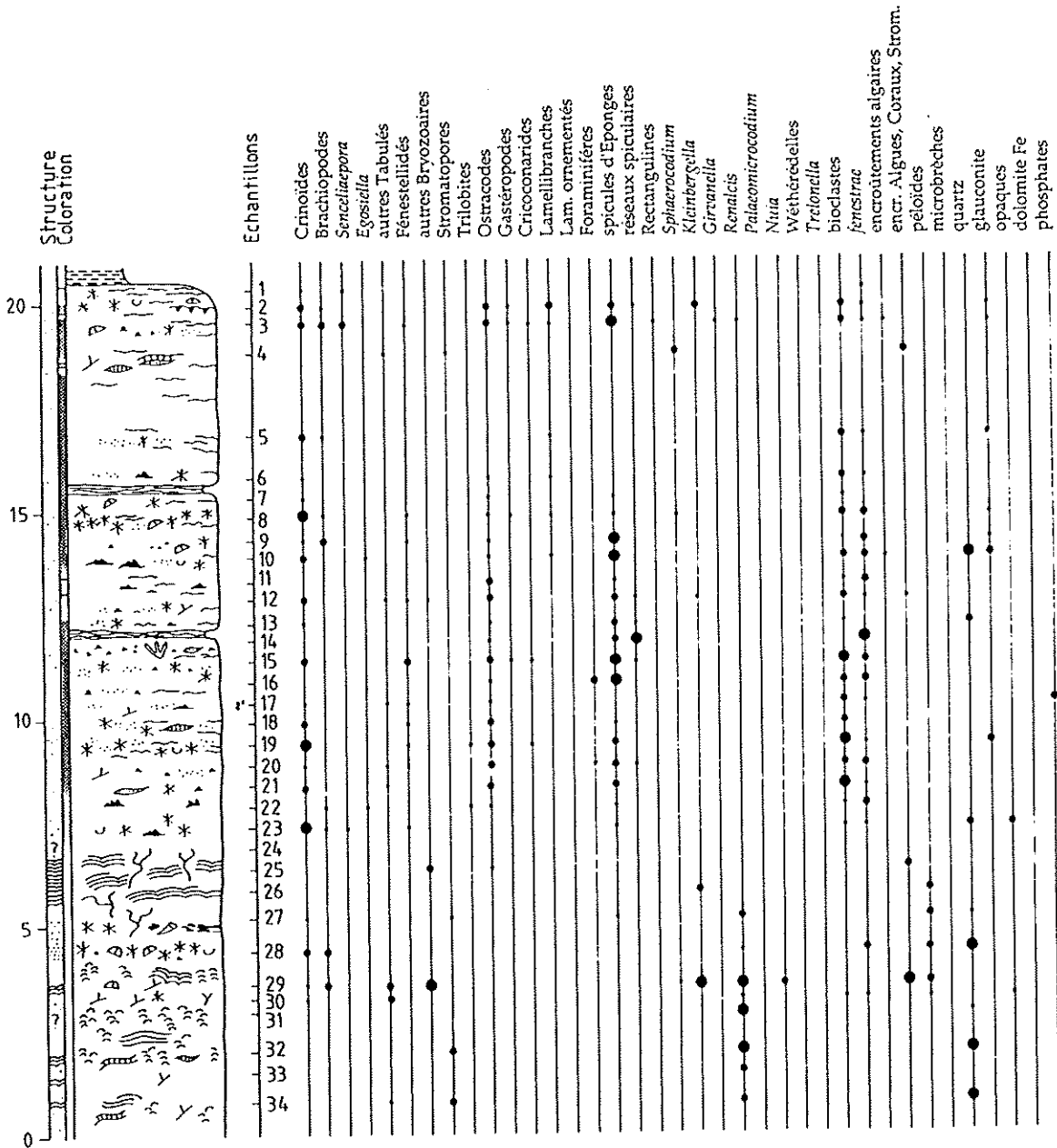


Figure IV.24: bioherme du Hautmont: coupe B: colonne lithologique et données pétrographiques.

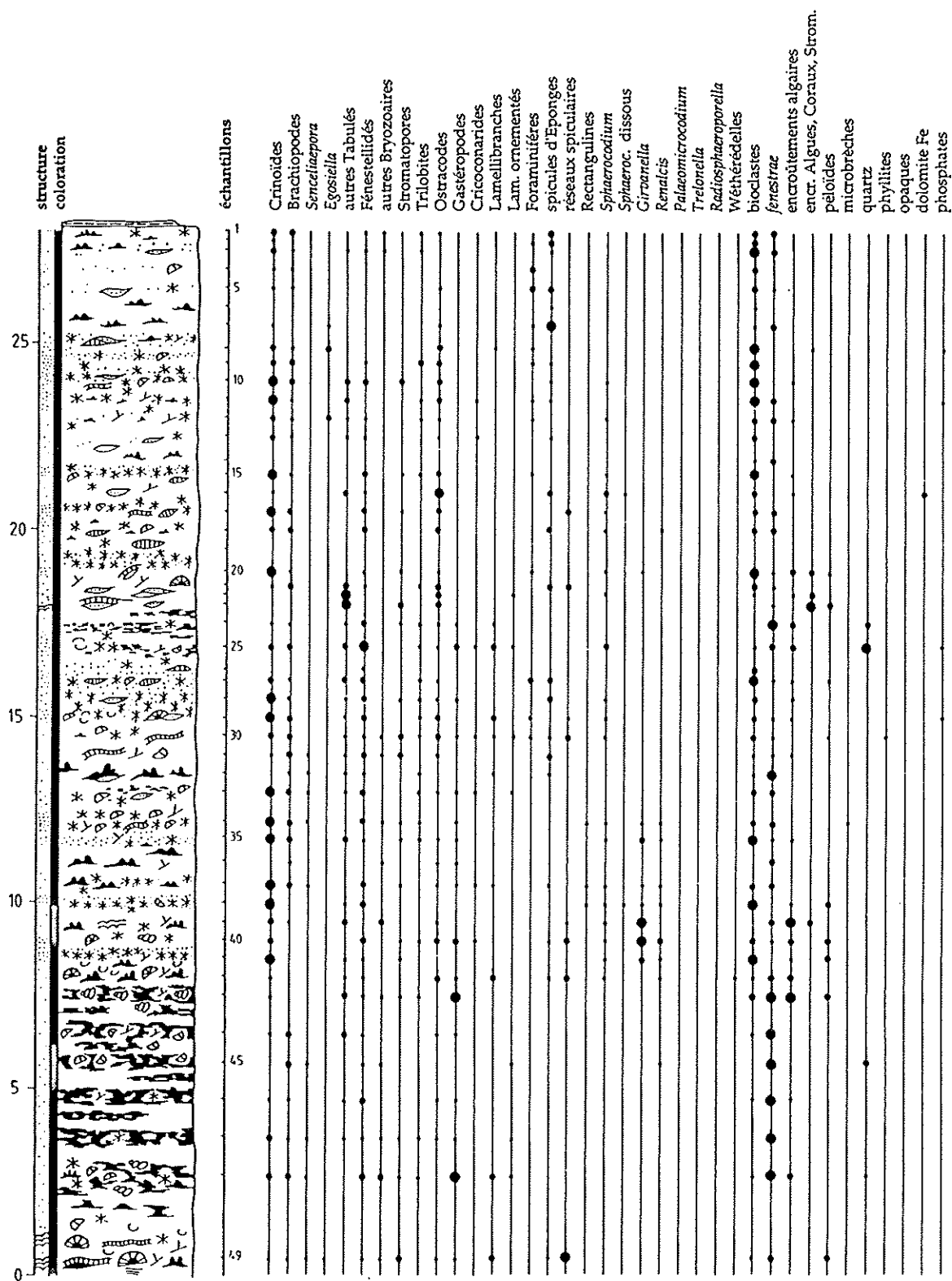


Figure IV.25: bioherme du Hautmont: coupe A: colonne lithologique et données pétrographiques.

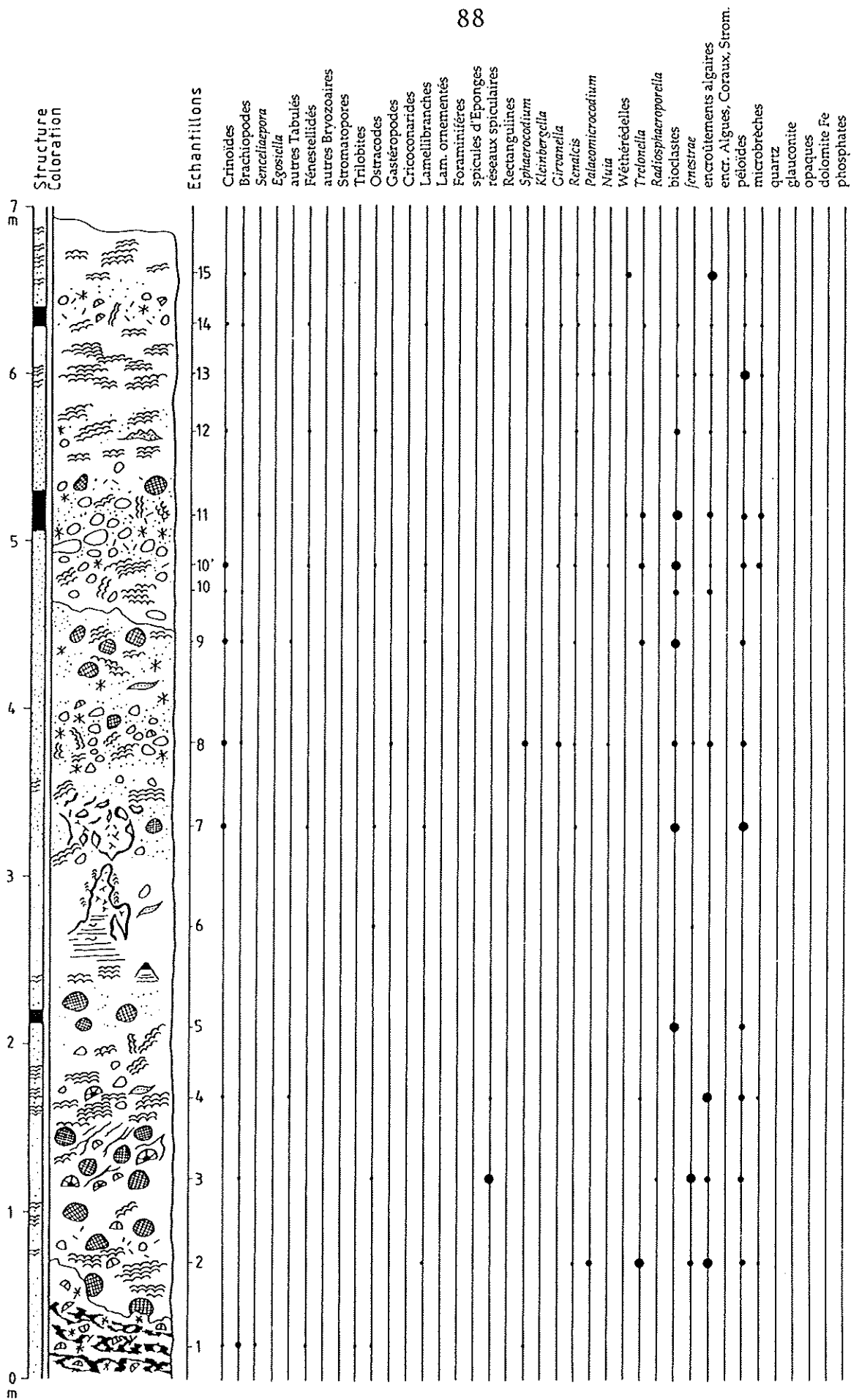


Figure IV.27: bioherme du Hautmont: coupe P: colonne lithologique et données pétrographiques.

l'édifice, matérialisée par une surface ondulée fermant la carrière au nord-est, jusqu'à une terrasse horizontale sciée de 12 m de longueur en contact tectonique à son sommet avec des schistes fins. Cette coupe (B) a été levée, mais non échantillonnée; elle est représentée à la fig. VI.11. J'y ai ajouté les données d'un sondage horizontal effectué par la Société de Merbes-Sprimont dans le fond de la carrière, perpendiculairement à la stratification. Dumon (1936, p. 377-378) rapporte que le sondage a traversé 1,5 m de "griottes", ensuite 14,5 m de schistes noduleux à polypiers, puis 10 m de schistes fins pour pénétrer enfin sur quelques mètres dans du calcaire gris attribué au "F2h". Les schistes à polypiers semblent localisés uniquement sous le bioherme (Dumon, 1964, ch. 25).

La coupe A (fig. IV.28) a été levée et échantillonnée sur la bordure actuelle du monticule, le long du sommet de la colline. Elle débute au nord-est, sous la base du bioherme, le long d'une petite paroi qui recoupe la stratification et se prolonge vers le nord-ouest sur une vingtaine de mètres. La coupe reprend ensuite au sommet de la face est, où un peu plus de 20 m de calcaires sont accessibles.

Brièvement, après 7 m de wackestones et packstones argileux à Crinoïdes, *Egosiella*, Fénestellidés, Brachiopodes, péloïdes, etc... on pénètre sans transition dans le bioherme. On observe d'abord des wackestones (rarement packstones) rouges à "*Phillipsastrea*" lamellaires ou tabulaires, Crinoïdes, Brachiopodes, Fénestellidés, petits *Stromatactis* centimétriques, spicules d'Eponges et *Sphaerocodium* qui passent, à la cote 15 m à des mudstones et wackestones à *Stromatactis* pluri-décimétriques; les Coraux, les Crinoïdes et les *Sphaerocodium* disparaissent. Ensuite, après un joint argileux (cote 20 m), on retrouve des wackestones rouges à Coraux, Crinoïdes, spicules, *Sphaerocodium*, etc..., du même type que ceux de la première unité biohermale. La seconde partie de la coupe montre des wackestones et packstones rosés et gris, riches en Crinoïdes, Brachiopodes, *Alveolites* et "*Phillipsastrea*" tabulaires à subsphériques, Tabulés branchus, encroûtements algaires, péloïdes, *Sphaerocodium*, Girvanelles. Des *Renalcis* apparaissent à partir de la cote 30 m et des *Trelonella* de la cote 32 m à la cote 43 m environ. Les masses de ciment fibreux sont nombreuses et le caractère bioclastique affirmé.

Si l'on compare cette coupe avec la coupe B située 20 m plus bas, c'est-à-dire vers le centre de l'édifice, on constate bien sûr en B une nette augmentation d'épaisseur, principalement dans la seconde partie de la coupe; un joint important permet en effet un calage à mi-coupe. On constate également un développement plus important des *Stromatactis* dans la coupe B, la présence d'abondants *Receptaculites* à plusieurs niveaux dans la seconde partie de la coupe B et le développement de "marbre gris" à tapis laminaires, *Hankaxis*, brèches, Brachiopodes, etc..., absent au sommet de A (déjà signalé par Dumon, 1964, ch. 25). Ce "marbre gris" est surmonté d'un fond durci, bien visible sur la dalle horizontale au sommet du bioherme. Au-dessus du fond durci s'observent des wackestones et packstones rouges à rosés, à fréquentes intercalations argileuses, contenant au contact des fragments remaniés de "marbre gris", puis des *Alveolites* et "*Phillipsastrea*" subsphériques à tabulaires, des Tabulés branchus, des Rugueux solitaires, des Brachiopodes et des Crinoïdes.

Signalons enfin que Coen & coll. (1976 p. 329) indiquent pour Petit-Mont un relief de 40 m à la fin du Frasnien supérieur.

9. Coupe de la tranchée de chemin de fer Philippeville-Mariembourg, près de Neuville

IGNB 57/3-4; coupe A: X: 159,125 Y: 94,850; coupe B: X: 159,750 Y: 95,600.

a. Bibliographie

Lecompte, 1959 b, 1963 a (coupes); Van Winkel, 1964 (coupe); Coen, 1977 (coupe) (ancien tronçon) et Bouckaert & coll., 1970 (coupe); Coen-Aubert, 1974 b; Tsien, 1974, 1975 (coupe); Coen & coll., 1976; Coen & Coen-Aubert, 1976 (coupe); Coen, 1977 (coupe); Mouravieff & Tsien, 1983; Casier, 1988 b (nouveau tronçon).

b. Stratigraphie

Formation de Neuville *sensu* Tsien, 1975 et schistes de Matagne. Biostratigraphie ci-dessous dans le texte.

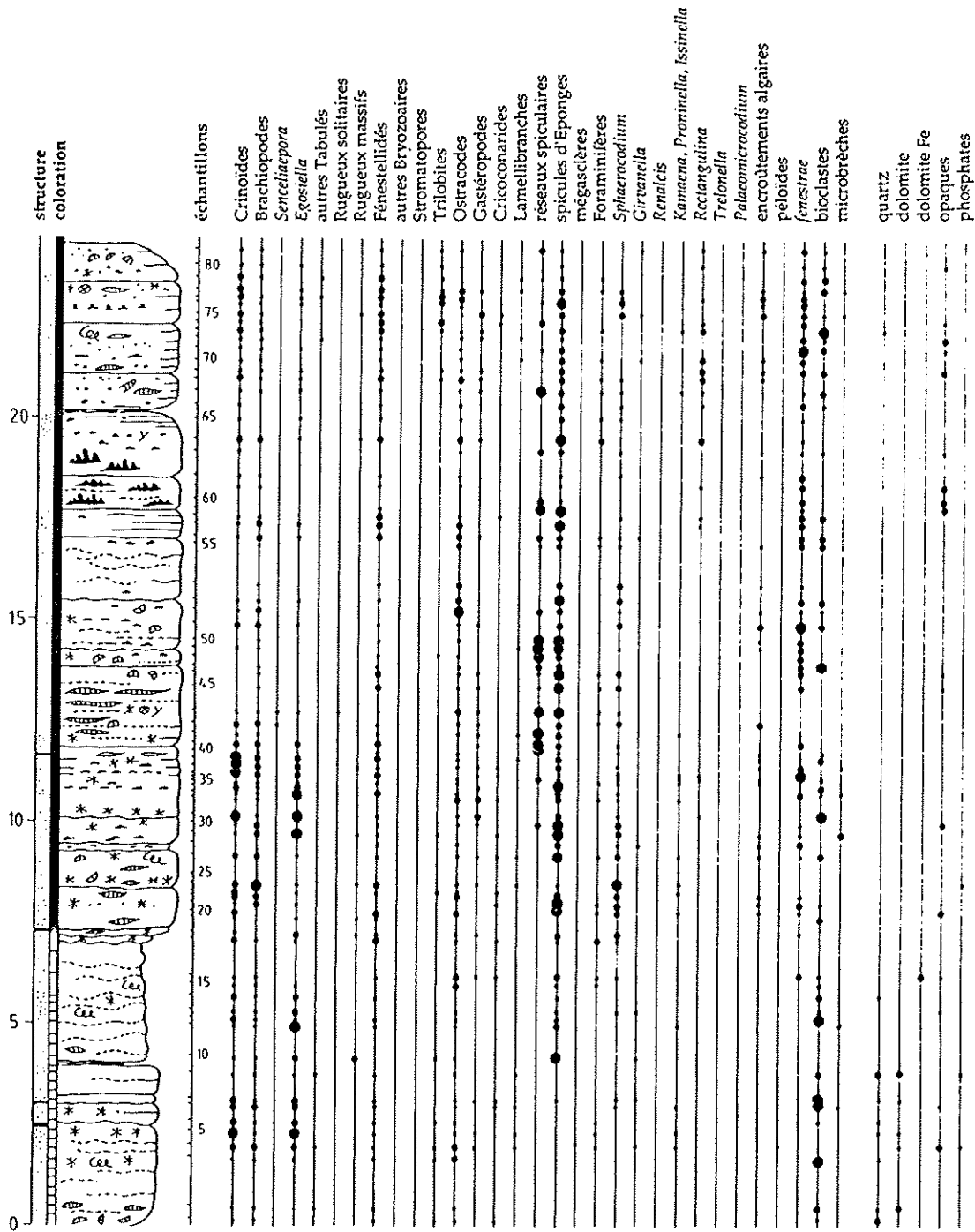
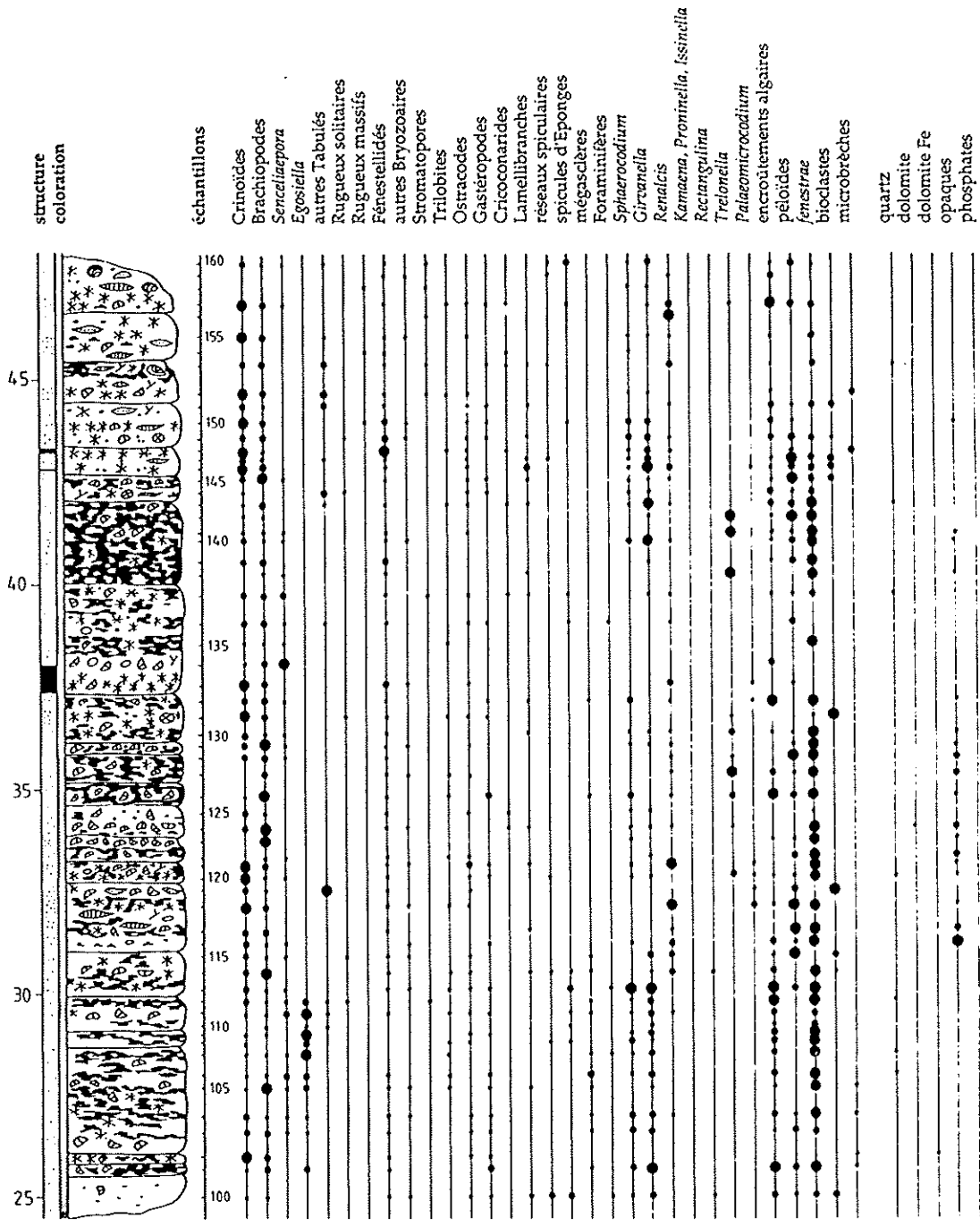


Figure IV.28: bioherme du Petit-Mont: coupe A: colonne lithologique et données pétrographiques.



c. Localisation et description des coupes

Deux coupes ont été levées; l'une est située le long du nouveau tronçon de la ligne de chemin de fer Philippeville-Mariembourg (A) et débute à 1120 m au sud-ouest du pont de Neuville Nord; l'autre (B) est située le long du tracé ordinaire, dans un virage, à environ 250 m au sud du même pont (localisation pl. I in Bouckaert & coll., 1970).

La coupe A (fig. IV.29) commence, au coeur d'un petit anticlinal surbaissé, par des wackestones et packstones massifs en gros bancs à Stromatopores, bioclastes, Calcisphères, Issinelles et Paléobéréselles et se poursuit en direction du nord-est. Ces calcaires sont attribués au "F2h" (Coen & Coen-Aubert, 1974, p. 2). Ils sont surmontés d'un fond durci. On observe ensuite environ 3 m de packstones argileux à Crinoïdes, Brachiopodes, bioclastes, Fénestelles, spicules d'Eponges, *Hexagonaria*, Gastéropodes et Lamellibranches, suivis de 1,5 m de schistes contenant quelques nodules calcaires. De la cote 10 m à la cote 13,7 m, affleurent des wackestones argileux bioclastiques avec quelques *Hexagonaria*. De la cote 13,7 m à la cote 17 m, on observe des wackestones et mudstones argileux avec quelques "*Phillipsastrea*" évoluant progressivement vers des schistes noduleux, surmontés de la cote 17 m à la cote 23,7 m par une alternance de schistes noduleux et de mudstones et wackestones argileux avec des niveaux riches en Lamellibranches. Les Ostracodes sont abondants. Certains bancs calcaires montrent une lamination oblique.

Cet ensemble de calcaires argileux et de schistes noduleux est surmonté par des schistes fins, avec à la base quelques petits bancs calcaires. L'épaisseur exacte de ces schistes, difficile à mesurer du fait d'un plissement est estimée à 43 m (Bouckaert & coll., 1970, p. 7), environ 40 m (Coen & Coen-Aubert, 1976, p. 3) ou environ 50 m (Coen, 1977, fig. 3, p. 28). Au-dessus de ces schistes fins apparaît un ensemble de schistes noduleux à bancs calcaires d'une trentaine de mètres d'épaisseur. Dans la moitié inférieure, ces schistes contiennent un grand nombre de "*Phillipsastrea*" tabulaires et possèdent une couleur verdâtre lorsqu'ils sont peu noduleux et rougeâtre lorsqu'ils contiennent de nombreux petits nodules calcaires. Les bancs calcaires décimétriques qui s'intercalent irrégulièrement sont des grainstones bioclastiques,

riches en Fénestelles, Ostracodes et microbrèches. Dans la moitié supérieure, la répartition des nodules et la coloration devient plus mêlée, tandis qu'apparaissent des bancs calcaires à Crinoïdes, à Coraux et à spicules d'Eponges. M. Coen-Aubert note la ressemblance entre les schistes noduleux verts-rouges et une unité de même lithologie surmontant le bioherme de Beauchâteau (Coen-Aubert, 1974 b, p. 6; Coen & Coen-Aubert, 1976, p. 3).

Après 1 à 2 m de schistes noduleux brunâtres, on observe des schistes fins.

Coen et Coen-Aubert (*op. cit.*, p. 3) ont observé dans les calcaires argileux surmontant le biostrome F2h, immédiatement après les calcaires argileux à colonies d'*Hexagonaria*, des *Phillipsastrea pentagona carinata*, typiques de la "Faune 1" (*ibid.*); les schistes noduleux verts et rouges sont caractérisés par contre par des représentants de la "Faune 3". Ces occurrences sont confirmées par les Conodontes.

La coupe B (fig. IV.30) est située approximativement à 800 m de la coupe A au nord-est. Elle n'est éloignée que d'environ 175 m de la coupe du bioherme des Bulants. Van Winkel (1964, p. 67) a d'ailleurs attribué les quelques passées de calcaire rougeâtre de la coupe à des extensions latérales de ce monticule.

La coupe commence au sommet des packstones à Paléobéréselles, bioclastes et Stromatopores branchus attribués au "F2h" (Van Winkel, 1964, p. 62). La direction des couches est E-W avec un pendage de 80° S. On observe d'abord 9 m de schistes noduleux alternant avec des wackestones argileux à Crinoïdes, Brachiopodes, Gastéropodes et Lamellibranches. Par endroit, quelques péloïdes et pelotes de Girvanelles sont présents. De nombreuses colonies pluri-décimétriques d'*Hexagonaria* sont en position de vie jusqu'à la cote 5 m. Aux environs de cette cote, les "*Phillipsastrea*" ("Faune 1") prennent le relais (Coen, 1977, p. 29).

De la cote 10 m à la cote 16 m, les quelques bancs de wackestones et mudstones présents dans les schistes noduleux prennent une teinte rougeâtre et contiennent des bioclastes, spicules d'Eponges et *Stromatactis*. A partir de la cote 16 m jusqu'à la cote 20,5 m les bancs calcaires deviennent épais, seule

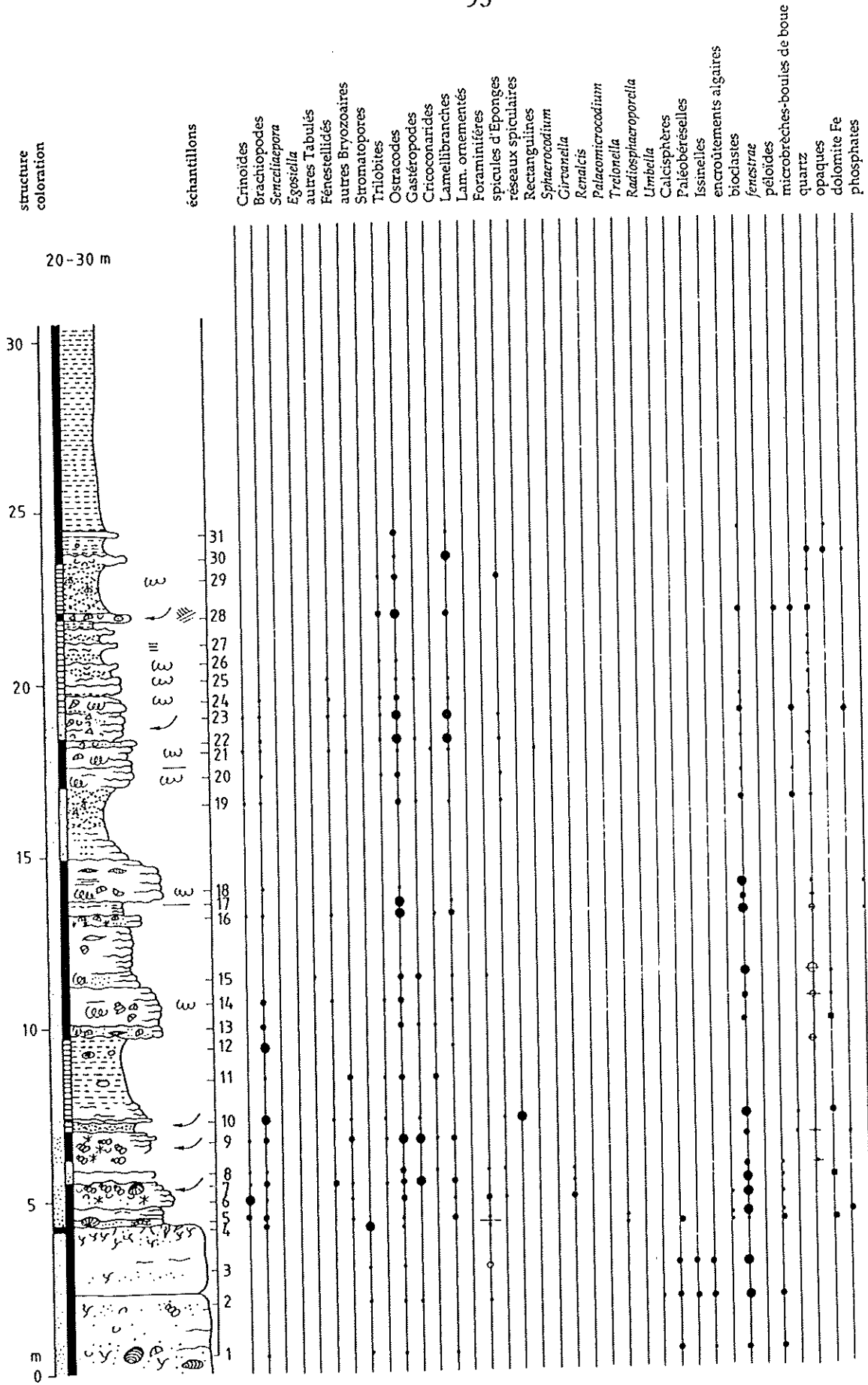


Figure IV.29: "nouvelle" tranchee de chemin de fer de Neuville: coupe A: colonne lithologique et données pétrographiques.



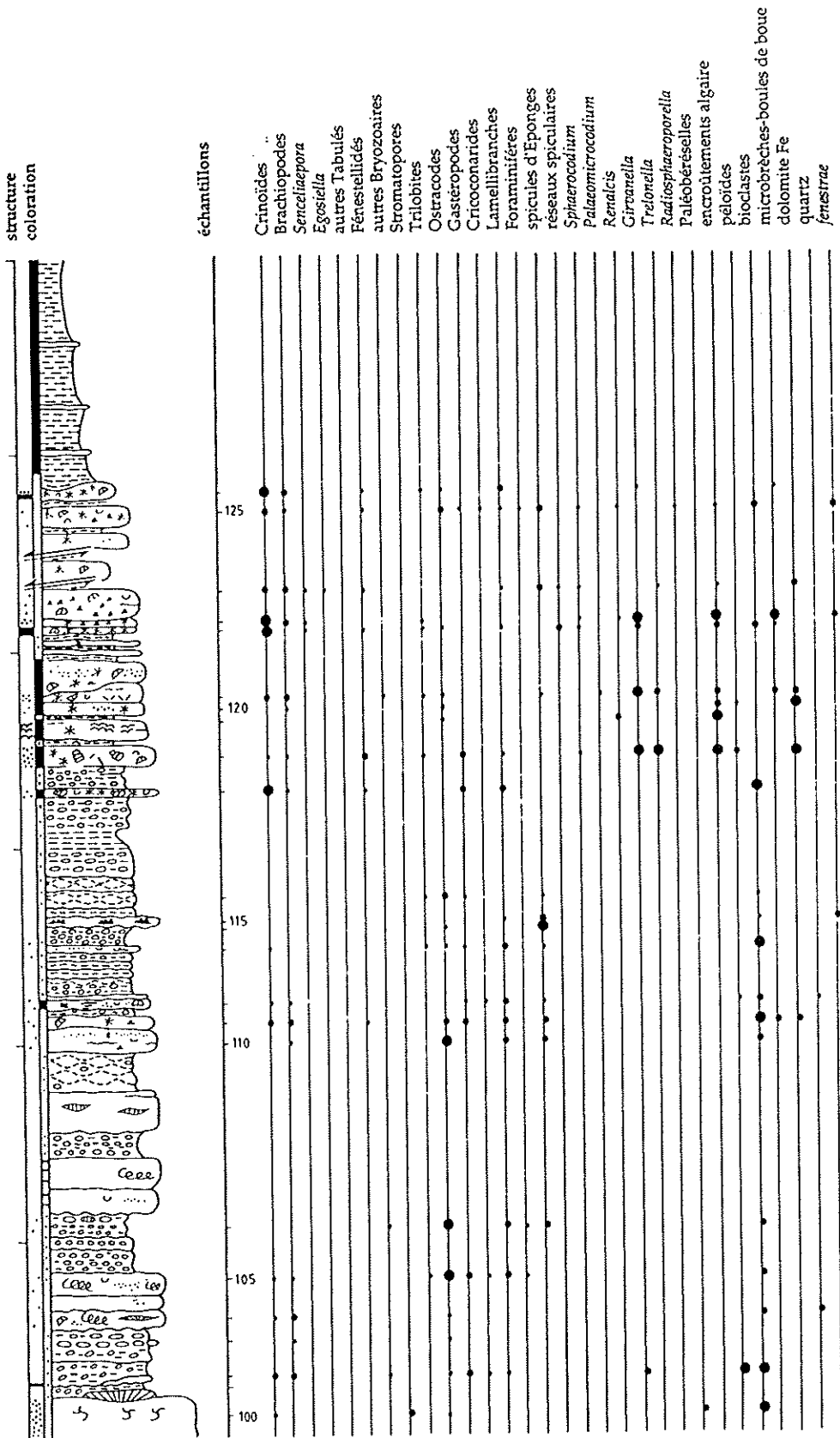


Figure IV.30: trançée de chemin de fer de Neuville: coupe B: colonne lithologique et données pétrographiques.

ment séparés par quelques joints argileux centimétriques. On y observe des packstones à Girvanelles, *Trelonella* et quelques Crinoïdes et même, à la cote 18 m, un banc de bindstone à tapis laminaires, *Renalcis* et encroûtements algaires divers. Tous ces calcaires ont une couleur sombre. Les wackestones (plus rarement packstones) qui surmontent cette unité sont à nouveau riches en Crinoïdes, Brachiopodes, spicules d'Eponges, et Lamellibranches; quelques *Stromatactis* centimétriques y sont visibles. A partir de la cote 24 m, apparaissent des schistes fins, contenant encore vers la base quelques petits bancs calcaires centimétriques.

II. BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT

1. Affleurement du Fort-Condé à Givet (n° 50, fig. IV.2)

a. Bibliographie

Gosselet, 1881; Lecompte, 1959 b; Dumon, 1979, 1982; Tourneur, 1982 (coupe); Tsien, 1984; Boulvain, 1989 b (coupe).

b. Biostratigraphie

Zone à *Ancyrognathus triangularis* (Coen & coll., 1976, p. 328; Tourneur, 1982, p. 96).

c. Localisation du bioherme et description de la coupe

Ce petit bioherme est situé au sein des fortifications du Fort de Charlemont. On y accède par un sentier qui monte de la route Givet-Doische, à hauteur de la Chapelle Walcourt. La coupe (fig. IV.31) débute sous le bioherme, le long d'un talus situé à une vingtaine de mètres à l'ouest. On y observe une alternance de schistes verdâtres et de wackestones et mudstones à Crinoïdes, bioclastes ou spicules d'Eponges, assez semblables aux sédiments situés sous le monticule des Bulants par exemple. La coupe se poursuit ensuite sur le côté ouest de l'affleurement (dont aucune paroi n'est sciée) par environ 2 m de mudstones rouges à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, spicules d'Eponges suivis, après un joint argileux, de 18 m de mudstones rouges à grands *Stromatactis* pluri-décimétriques, souvent groupés en passées. Les spicules

d'Eponges sont très abondants et par endroits apparaissent quelques Ostracodes. Vers le sommet, on constate l'apparition de rares Crinoïdes, de quelques Fénestellidés et *Kleinbergella* en encroûtements sur les spicules.

Sur base de l'écologie des Conodontes, Tourneur (1982, p. 96) conclut à une certaine diminution de la profondeur depuis la base jusqu'au sommet de l'édifice, tout en restant dans un milieu situé sous la zone d'action des vagues (présence de *Palmatolepis*).

2. Coupe du chemin de fer de Mariembourg à Nismes, près de Mariembourg (n° 63, fig. IV.2)

IGNB 58/5-6, X: 162,600 Y: 86,075.

a. Bibliographie

Mailieux, 1914 (coupe).

b. Localisation et description de la coupe

La coupe (fig. IV.32) commence, dans le talus nord de la voie par environ 3 m de wackestones argileux noirs et lie-de-vin à bioclastes, Fénestellidés, Brachiopodes et Crinoïdes qui surmontent des packstones à péloïdes, pelotes de Girvanelles et Brachiopodes. Ensuite, après 2 m de schistes verdâtres à tiges de Crinoïdes, on observe 5 m de wackestones rouges à gris interrompus aux deux-tiers par une passée plus argileuse. Ces wackestones sont riches en Crinoïdes; y apparaissent également des Tabulés branchus dont principalement *Senceliaepora*, des Fénestelles, des spicules, des bioclastes, des Ostracodes et des petits *Stromatactis*. Au niveau de la cote 8 m, les bancs s'épaississent latéralement sur quelques mètres et prennent un aspect massif. Je les ai représentés en haut de la coupe (fig. IV.32).

Cet ensemble est surmonté, après une petite faille de faible rejet par environ 5 m de wackestones et packstones plus ou moins argileux gris, rouges et noirs à abondants Crinoïdes et spicules d'Eponges. On y observe également des Lamellibranches, des Fénestelles, des *Senceliaepora*, des petits *Stromatactis* et des *Kleinbergella*. A partir de la cote 17 m, apparaissent des schistes nodulaires verdâtres alternant avec quelques bancs

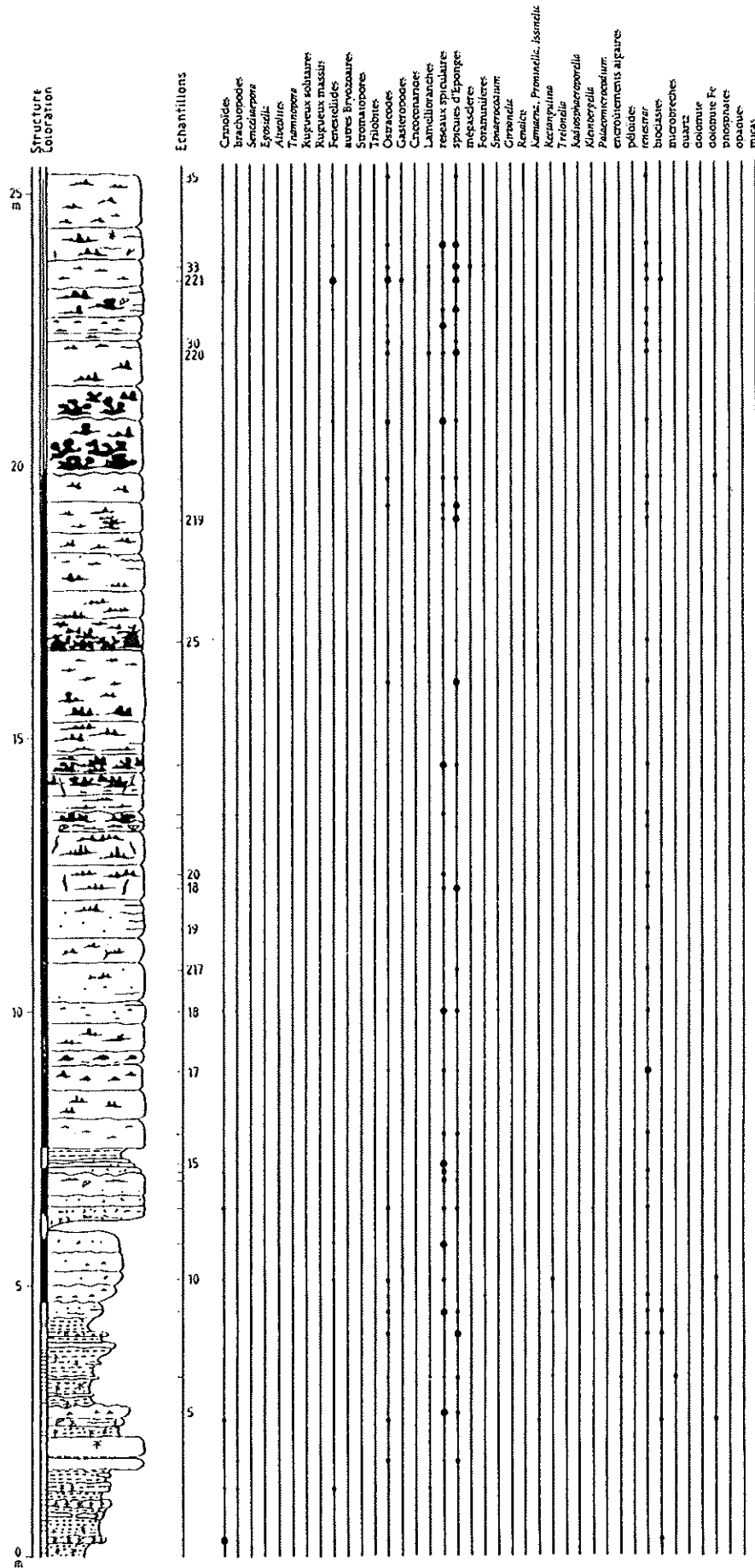


Figure IV.31: bioherme de Fort-Condé: colonne lithologique et données pétrographiques.

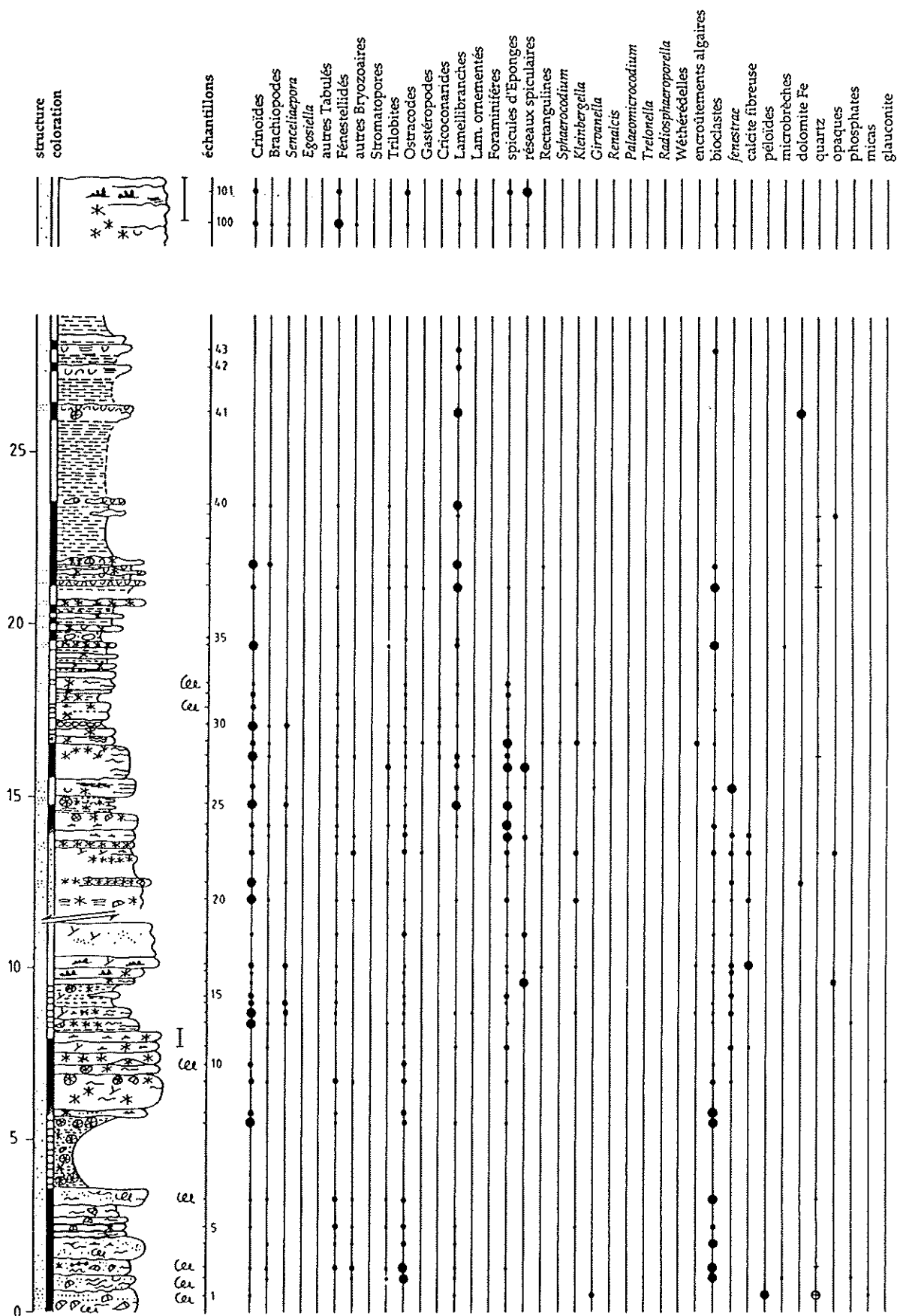


Figure IV.32: affleurement du chemin de fer de Mariembourg: colonne lithologique et données pétrographiques.

décimétriques de packstones et wackestones gris à Crinoïdes, Lamellibranches et bioclastes qui passent ensuite de manière brutale (fig. IV.33) à des schistes fins, noirs (Schistes de Matagne, Maillieux, 1914, p. 91). Ces schistes contiennent quelques nodules calcaires décimétriques et des bancs décimétriques de wackestones à Lamellibranches. Des analyses manocalcimétriques ont révélé 96 % d'insolubles dans les schistes.

3. Carrière Saint-Rémy à Rochefort (n° 64, fig. IV.3)

IGNB 59/3-4, X: 211,625 Y: 97,775.

a. Bibliographie

Cauchy, 1825; Gosselet, 1888; Harroy, 1910; Delhayé, 1913 a; Dumon, 1929, 1979, 1982.

b. Biostratigraphie

Zone à *Ancyrognathus triangularis* sup. (Coen & coll., 1976, p. 328).

c. Localisation et description de la coupe

Subhorizontale?

Cette carrière expose plusieurs dizaines de mètres de mudstones rouges à *Stromatactis* ("griotte"), souvent groupés en passées. Une série de photos et dessins ont été exécutés, notamment une photomosaïque de la totalité de la face nord-est (fig. V.8), afin d'étudier la répartition des *Stromatactis*. Une seule coupe a été levée, le long de la rampe d'accès à la carrière. La coupe (fig. VI.10) débute contre un muret de brique et se poursuit, perpendiculairement à la stratification jusque dans des schistes fins à la sortie de la carrière.

Il s'agit essentiellement, sur 18 m, de mudstones rouges à *Stromatactis* pluri-centimétriques et spicules d'Eponges. Un fond durci est visible à la cote 7,5 m. Vers le sommet, le calcaire devient plus argileux et s'enrichit en Crinoïdes et Brachiopodes. Le passage aux schistes fins se fait par l'intermédiaire de 1 m de schistes noduleux à Crinoïdes et Lamellibranches.

4. Carrière du Tiers Cocrai à Humain (n° 65, fig. IV.3)

IGNB 54/7-8, X: 212,500 Y: 99,000.

a. Bibliographie

Dumon, 1929, 1979, 1982.

b. Biostratigraphie

Zone à *A. triangularis* sup. (Coen & coll., 1976, p. 328).

c. Localisation et description des affleurements

Subhorizontale?

Ce gros édifice est entamé par plusieurs carrières, dont les plus importantes font affleurer entre 10 et 20 m de mudstones rouges à *Stromatactis* (carrières A et B, fig. IV.34). Dans la carrière D n'affleurent plus que quelques mètres de schistes fins, mais dans la carrière C, 3 à 4 m de parois altérées montrent des wackestones rosés à Crinoïdes, péloïdes, petits *Stromatactis* et Coraux lamellaires.

Outre divers dessins et photos, une coupe de 17 m (fig. VI.17) a été levée dans des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges de la carrière B (fig. IV.35). Elle montre de fortes variations dans la taille et la morphologie des *Stromatactis*. Le sommet de la coupe est en contact tectonique avec des schistes noduleux.

4. Coupe de la tranchée d'accès sud à la carrière du Lion à Frasnes

IGNB 57/7-8, X: 160,200 Y: 84,550.

a. Bibliographie

Lecompte, 1959 b (coupe); Bultinck & coll., 1988 (coupe).

b. Stratigraphie

Membre de Boussu-en-Fagne, Formation de Frasnes; Formation de Neuville (Tsien, 1975).

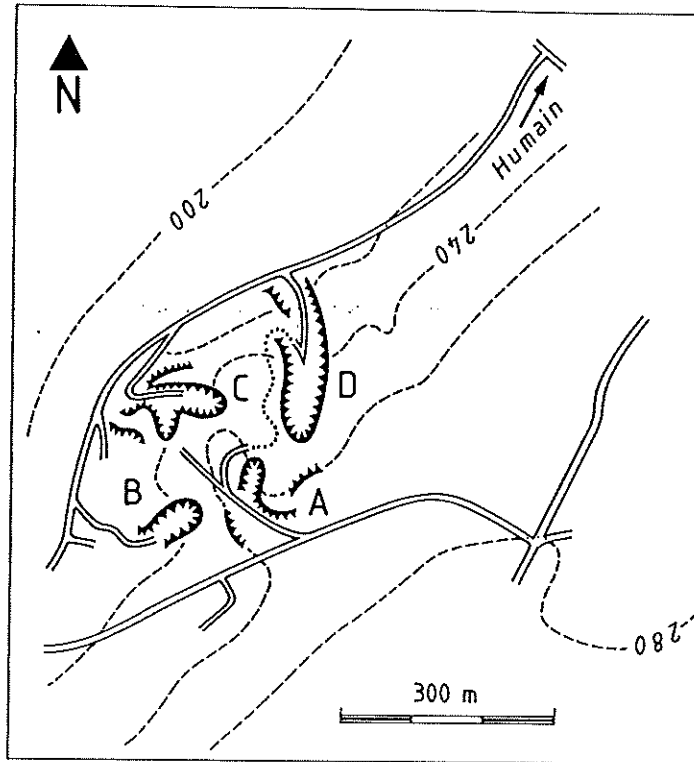


Figure IV.34: localisation des carrières A, B, C et D entamant le bioherme de Tiers Cocrai, près de Humain.

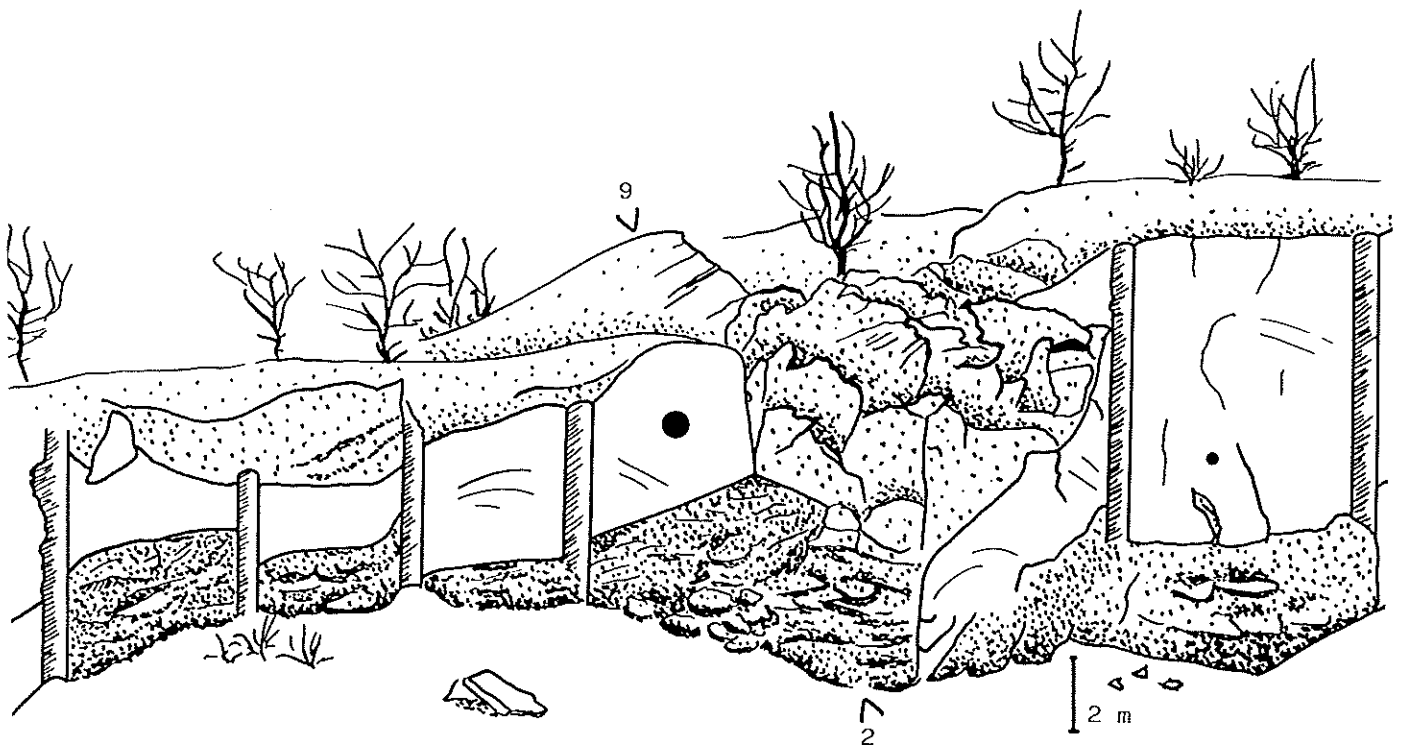


Figure IV.35: carrière de Tiers Cocrai; croquis de la carrière B, localisation de la coupe et des figures V.7 (petit disque) et V.26 (grand disque).

c. Localisation et description de la coupe

Direction approximativement E-W, pendage environ 45° N.

la coupe (fig. IV.36) débute contre le flanc ouest du bioherme "F2h" du "Lion" et se poursuit le long de la tranchée d'accès sud, en direction du nord-nord-ouest. Les 4 premiers mètres de schistes noduleux (42 % de calcite, 58 % d'insolubles) sont très riches en *Hexagonaria*, parfois retournées, Crinoïdes et bioclastes. Il s'y ajoute quelques Brachiopodes, Tabulés branchus et Fénestellidés. Le passage à des schistes fins à nodules calcaires décimétriques nettement individualisés et bancs calcaires de quelques centimètres d'épaisseur est brutal. Ces schistes fins (6 à 8 % de calcite) se poursuivent à peu près jusqu'à la cote 37 m. Plusieurs types de bancs et nodules calcaires s'y rencontrent: certains sont constitués de micrite pure; d'autres sont des grainstones à Fénestelles, Crinoïdes, Brachiopodes, Gastéropodes et bioclastes. Ces bancs ont parfois un sommet plan et une base onduleuse; beaucoup montrent des variations latérales d'épaisseur. A la cote 22,5 m, un banc décimétrique possède une lamination en "auges et mamelons" ("hummocky cross stratification"). Aux cotes 20 m et 35 m, les schistes deviennent plus nodulaires.

J'ai représenté à côté de la colonne lithologique, en sus des informations habituelles, le caractère bioturbé ou laminaire de la roche (en lame mince), ainsi que la présence de cinérites (E. Vandelaer, comm. pers.). Les bancs calcaires des schistes fins sont interprétés par Bultinck & coll. (1988, p. 30) comme des "(...) thin channel fills from post-reef crinoid meadows".

A partir de la cote 37 m, les schistes se chargent en nodules calcaires centimétriques mal individualisés et deviennent plus calcaires (10 % de calcite); on remarque même des bancs de mudstone rougeâtre à Crinoïdes, Brachiopodes, Fénestelles, bioclastes et spicules d'Eponges (cotes 40 m à 44 m). Ensuite, jusqu'à la cote 50,5 m, ces bancs calcaires sont remplacés par de petits nodules centimétriques grisâtres dans du schiste verdâtre. Les Ostracodes sont abondants; quelques bioclastes et galets mous sont également présents. A partir de la cote 50,5 m jusqu'à la fin de l'affleurement, on retrouve des schistes

fins à nodules décimétriques bien individualisés.

Une petite coupe d'une dizaine de mètres (fig. IV.37), levée à quelques centaines de mètres au nord-est de la tranchée d'accès dans une ancienne petite exploitation encombrée de taillis permet de cerner à nouveau le passage entre le monticule "F2h" du Lion et les calcaires argileux et schistes noduleux qui le surmontent. Ici encore, le passage entre des grainstones et packstones à Amphypores, péloïdes, encroûtements algaires sur bioclastes, microbrèches, Calcisphères avec souvent des traces de démantèlement et classement à grande échelle (lamines centimétriques) et des wackestones et packstones argileux à Crinoïdes, bioclastes, Rugueux tabulaires et Tabulés branchus ou tabulaires est brutal.

III. BORDURE OUEST DU MASSIF DE LA VESDRE

1. Sondage 134 E 303 de Chaudfontaine

IGNB 42/6, à proximité de l'hôtel "Les Thermes" et des sources chaudes publiques.

a. Bibliographie

Graulich, 1967 (coupe); Coen-Aubert, 1971, 1974 (coupe); Dejonghe, 1985 (coupe).

b. Stratigraphie

Formation d'Aisemont, Formation de Matagne (Dejonghe, 1985, p. 300).

c. Description de la partie étudiée du sondage

Il s'agit d'un sondage à but hydrologique, exécuté pour le Service Géologique de Belgique et atteignant une profondeur de 548 m. Ce sondage a recoupé une zone plissée et faillée qui amène une répétition de certaines couches. La série forée va du Dévonien inférieur au Famennien (Graulich, 1967, p. 9-14). Graulich a signalé la présence "inattendue" d'un "récif de marbre rouge" (1967, p. 13) entre les cotes 59 m et 134,30 m.

J'ai étudié les carottes et les lames minces du sondage, conservées au Service Géologique de Belgique et aimablement mise

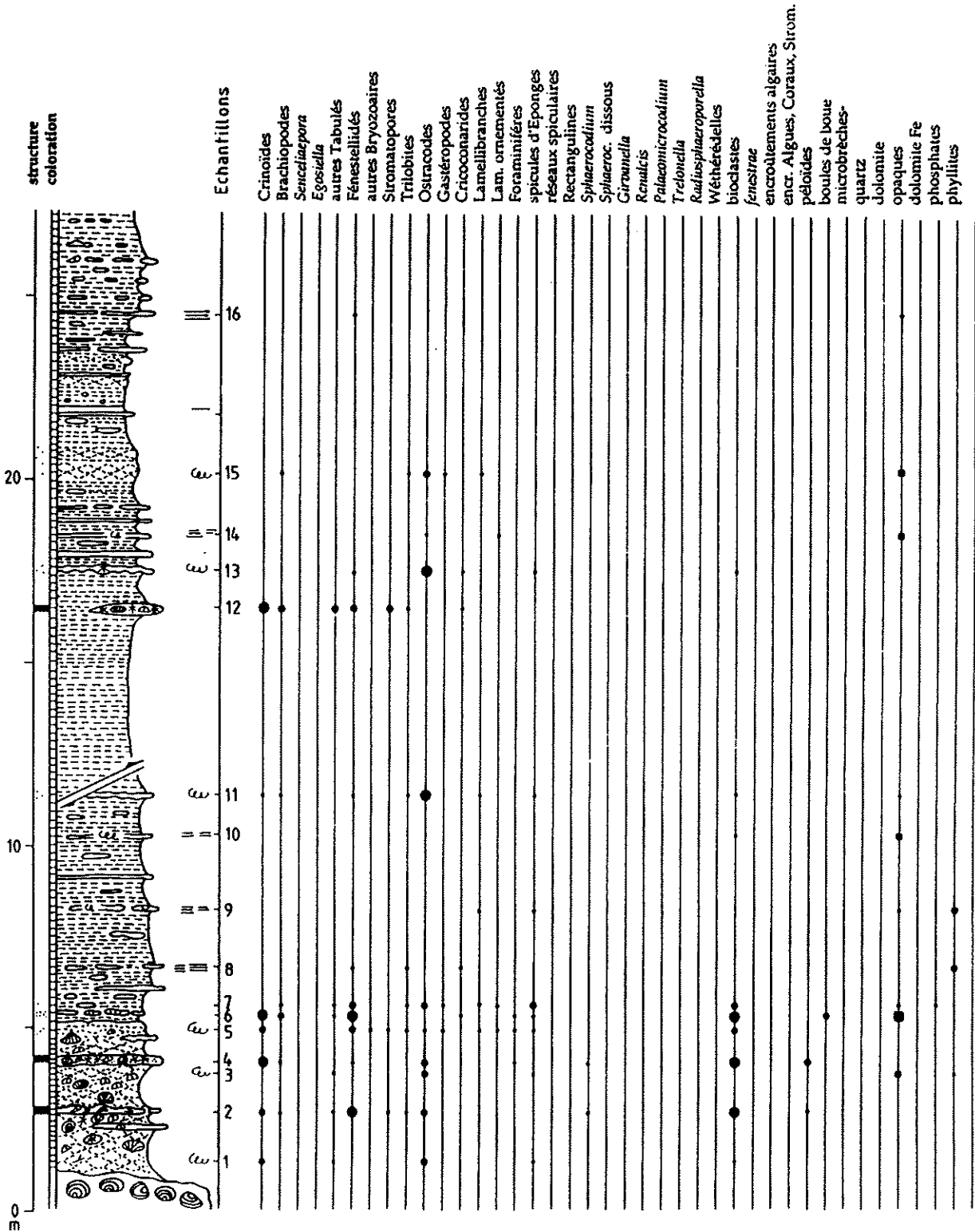
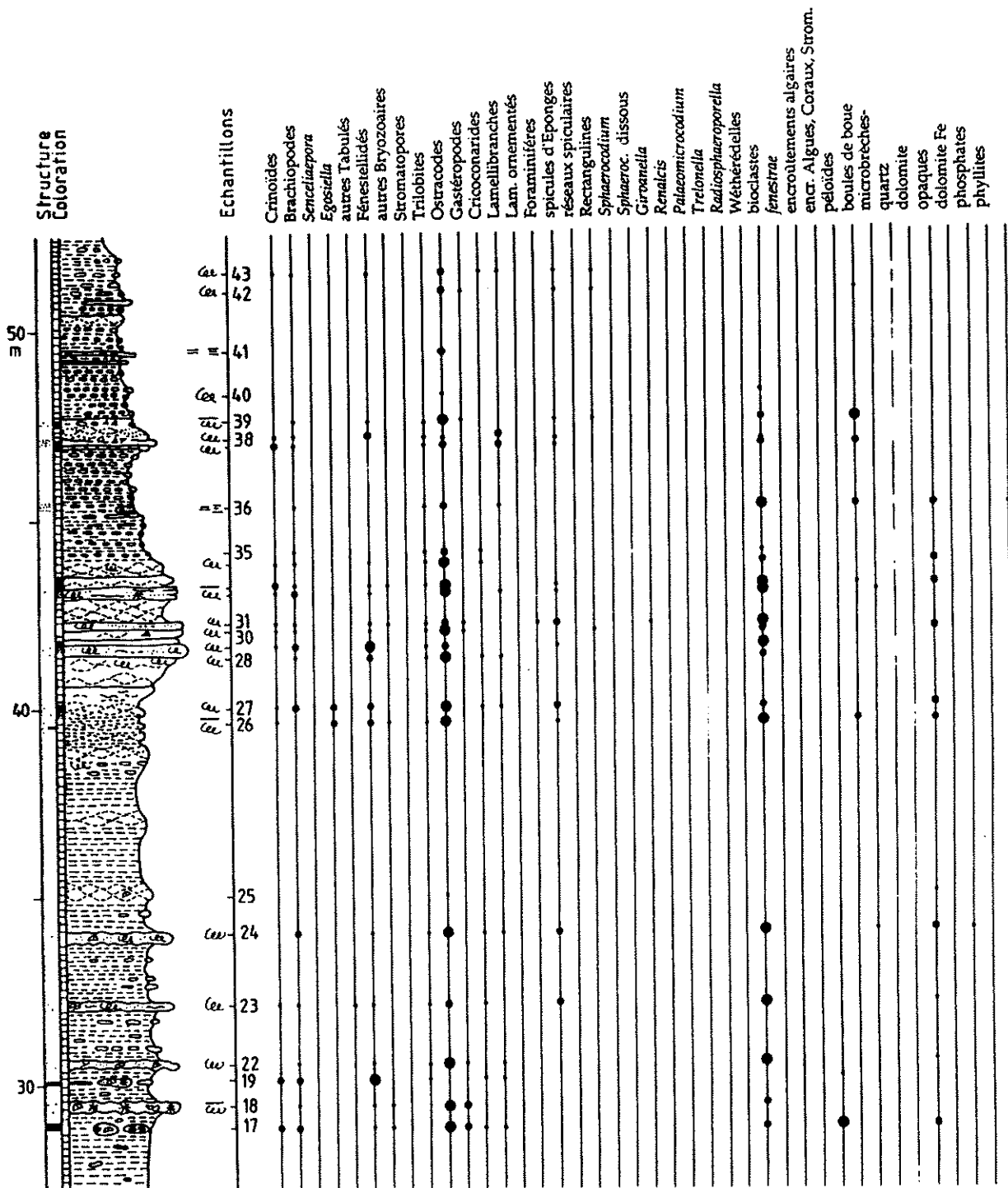


Figure IV.36: tranchée d'accès sud à la carrière du Lion: colonne lithologique et données pétrographiques.



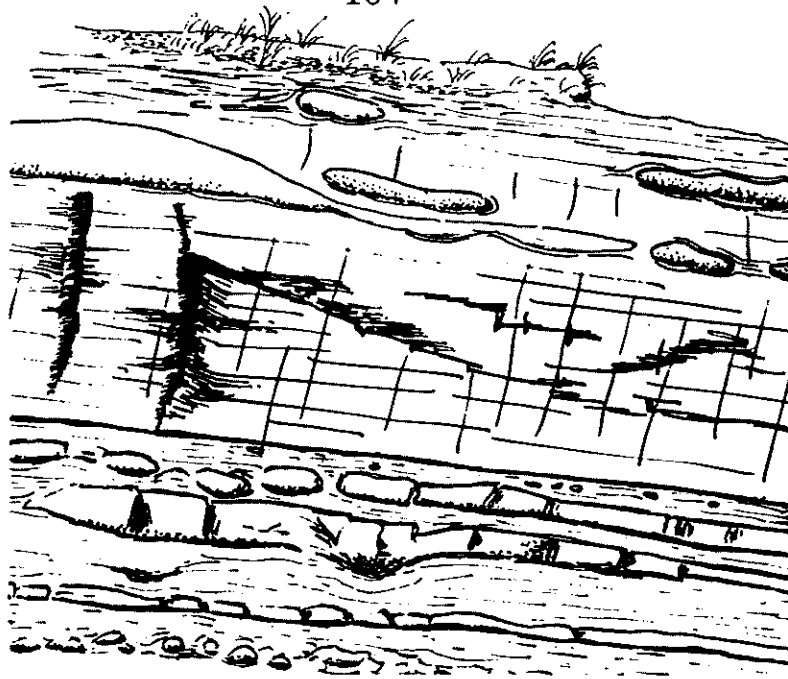


Figure IV.33: coupe du chemin de fer de Mariembourg; dessin d'après affleurement de la transition schistes à nodules calcaires mal individualisés-schistes fins à "aspect Matagne", à nodules calcaires nettement individualisés.

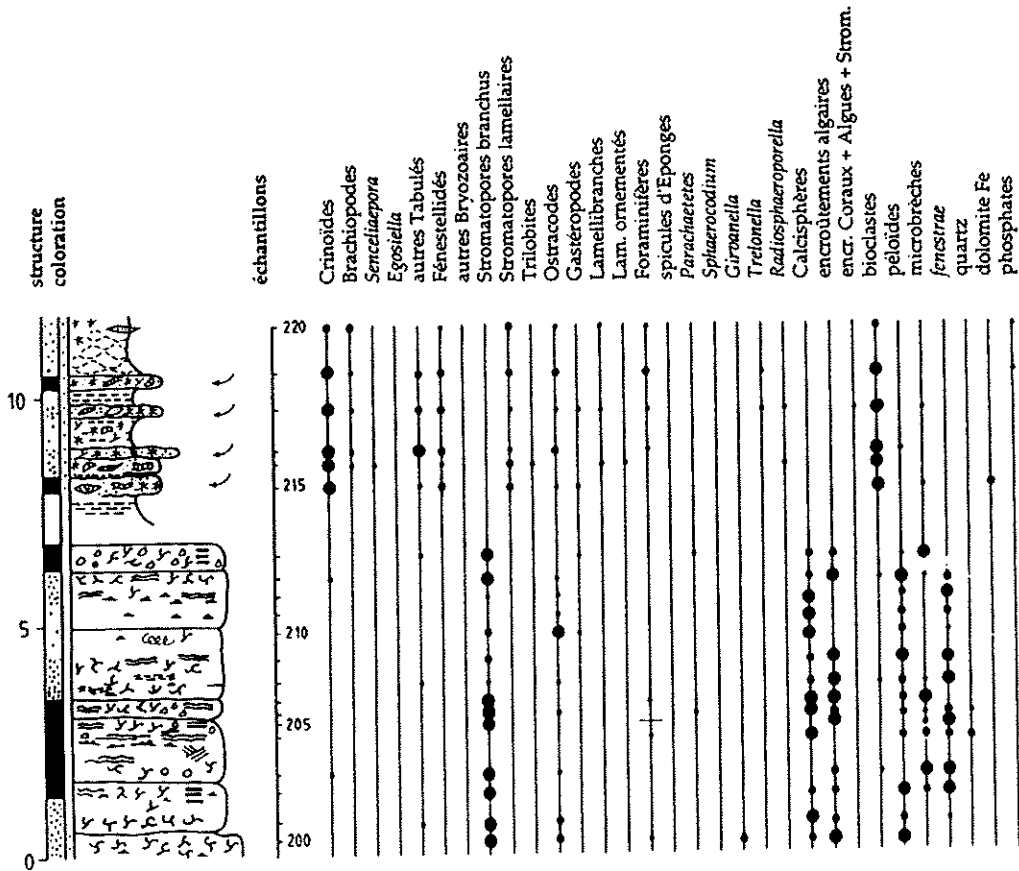


Figure IV.37: nord-est de la carrière du Lion: colonne lithologique et données pétrographiques.

à ma disposition par L. Dejonghe entre les cotes 25 m et 152,35 m (fig. IV.38). Une description lithologique précise du sondage est donnée par Graulich (*op. cit.*), Coen-Aubert (1974, p. 37-38) et Dejonghe (*op. cit.*). Signalons simplement que si Coen-Aubert (1971, p. 3; 1974, p. 37-38) considère que le bioherme de marbre rouge (cotes 134,3 m à 79 m) s'installe au-dessus du "premier biostrome à *Phillipsastrea*" et est surmonté par le "troisième biostrome", Dejonghe figure un bioherme rouge (134 m à 99 m) surmontant le "premier biostrome" et recouvert à son tour par les "deuxième" et "troisième" biostromes (*op. cit.* p. 300-301). Le "troisième biostrome" est rapproché par Coen-Aubert (1974 b, p. 8; 1982, p. 14) des schistes noduleux rouges-verts affleurant dans les parties supérieures des coupes de Beauchâteau (coupe A, fig. IV.8) et de Neuville (coupe A, fig. IV.29).

La description du sondage peut s'établir comme suit:

- de 152,35 m à 150 m: wackestones noirs violacés à Crinoïdes, *Alveolites*, Girvanelles, Stromatopores branchus, Gastéropodes;
- de 150 m à 148,8 m: packstones laminaires à péloïdes, avec fentes de dessiccation;
- de 148,8 m à 135 m, des packstones bioclastiques à Crinoïdes, "*Phillipsastrea*" tabulaires, *Alveolites* lamellaires, Brachiopodes et Tabulés branchus, avec des Fénestelles, des Gastéropodes et quelques Paléobéréselles et *Kamaena*. A la base, on observe un niveau à Stromatopores subsphériques, péloïdes, Gastéropodes, Umbelles, etc...
- de 135 m à environ 122 m: wackestones rouge à rose à *Alveolites* lamellaires, quelques "*Phillipsastrea*" tabulaires, Crinoïdes, Brachiopodes, bioclastes et quelques petits *Stromatactis*; apparition en grand nombre de spicules d'Eponges;
- d'environ 122 m à 110 m: wackestones roses à abondants *Phacellophyllum*; les *Renalcis*, *Sphaerocodium* et Girvanelles sont abondantes, les spicules d'Eponges et les péloïdes sont présents;
- de 110 m à 100 m: wackestones roses à abondants *Phacellophyllum*; les *Renalcis* et les petits *Stromatactis* sont localement abondants;
- de 100 m à 90 m: wackestones, packstones, grainstones et bindstones roses à gris à Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis*, Tabulés branchus, quelques "*Phillipsastrea*", tapis laminaires, Fénestelles, Stromatopores, abondants péloïdes, Girvanelles et débris d'Udotéacées;
- de 90 m à 85 m, wackestones gris à Brachiopodes, Fénestelles, petits *Stromatactis*, Stromatopores, péloïdes, Girvanelles, quelques spicules, Ostracodes;
- de 85 m à 77 m: wackestones gris à *Phacellophyllum*, Fénestelles, Ostracodes, péloïdes, quelques spicules, *Sphaerocodium*, *Renalcis*;
- de 77 m à 74 m: calcaires argileux verdâtres à Crinoïdes et Fénestelles;
- de 74 m à 60 m: calcaires argileux bariolés de rouge et de vert à tiges de plusieurs ossicules de Crinoïdes, Brachiopodes, nombreuses Fénestelles;
- de 60 à 30 m: schistes verdâtres à niveaux de Lingules;
- de 30 à 25 m: schistes bariolés rouge-vert à tiges de Crinoïdes.

IV. BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT

1. Coupe de Lustin

a. Bibliographie

Coen-Aubert & Coen, 1974 (coupe).

b. Localisation, stratigraphie et description de la coupe

Point 4 de Coen-Aubert & Coen (*op. cit.*). Direction N 70° W, pendage 75° N.

La coupe (fig. IV.39) est située le long d'un chemin creux en sous-bois, au flanc sud du synclinal de Walgrappe, au nord des Rochers de Frènes. Elle débute par quelques bancs de calcaire massif attribués à la Formation de Lustin (Coen-Aubert & Coen, *op. cit.*) qui bordent une ravine; ces packstones laminaires, loférites et wackestones bioturbés à péloïdes, bioclastes, Calcisphères, Umbelles sont surmontés d'un banc de 2 m de

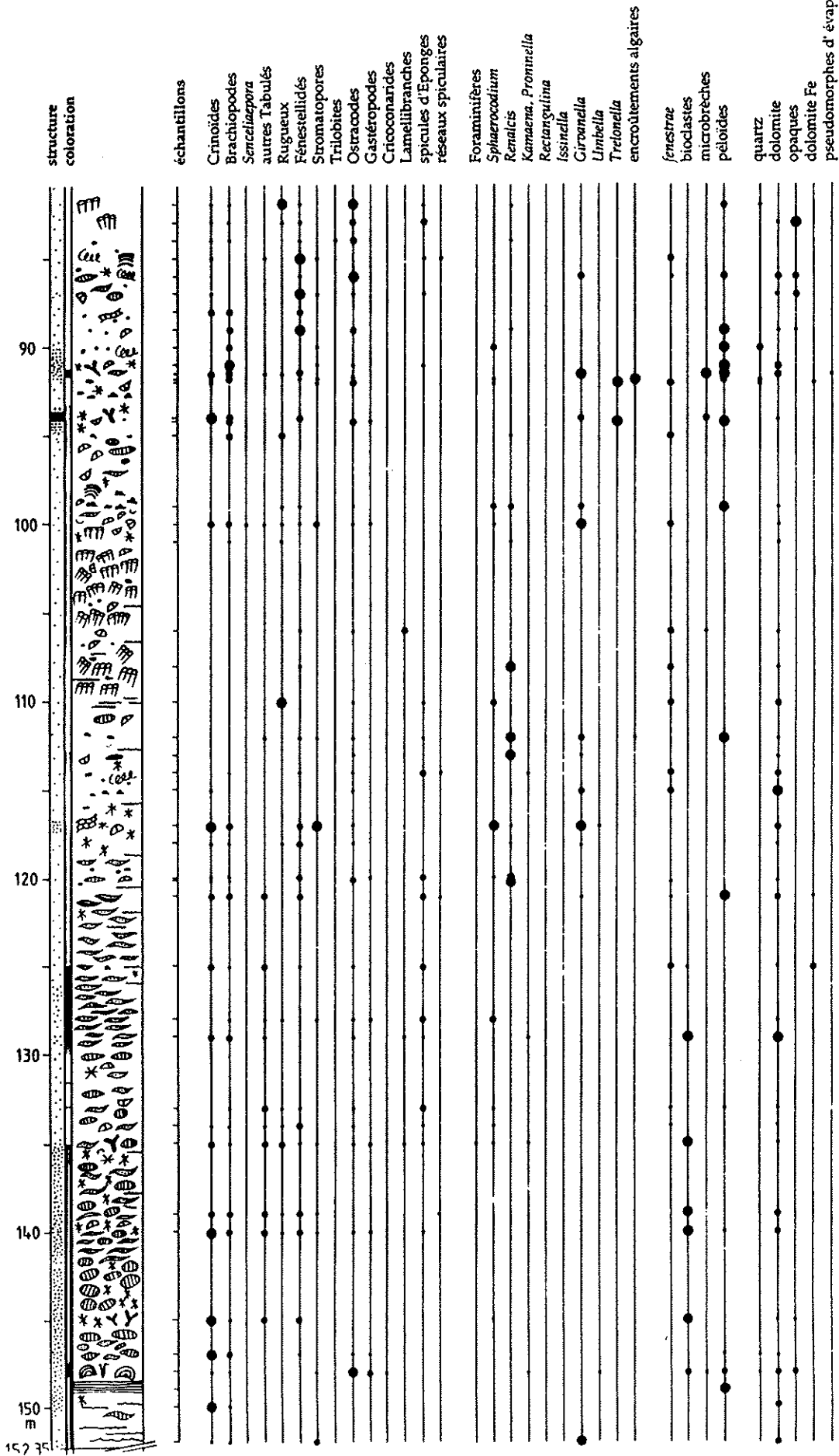
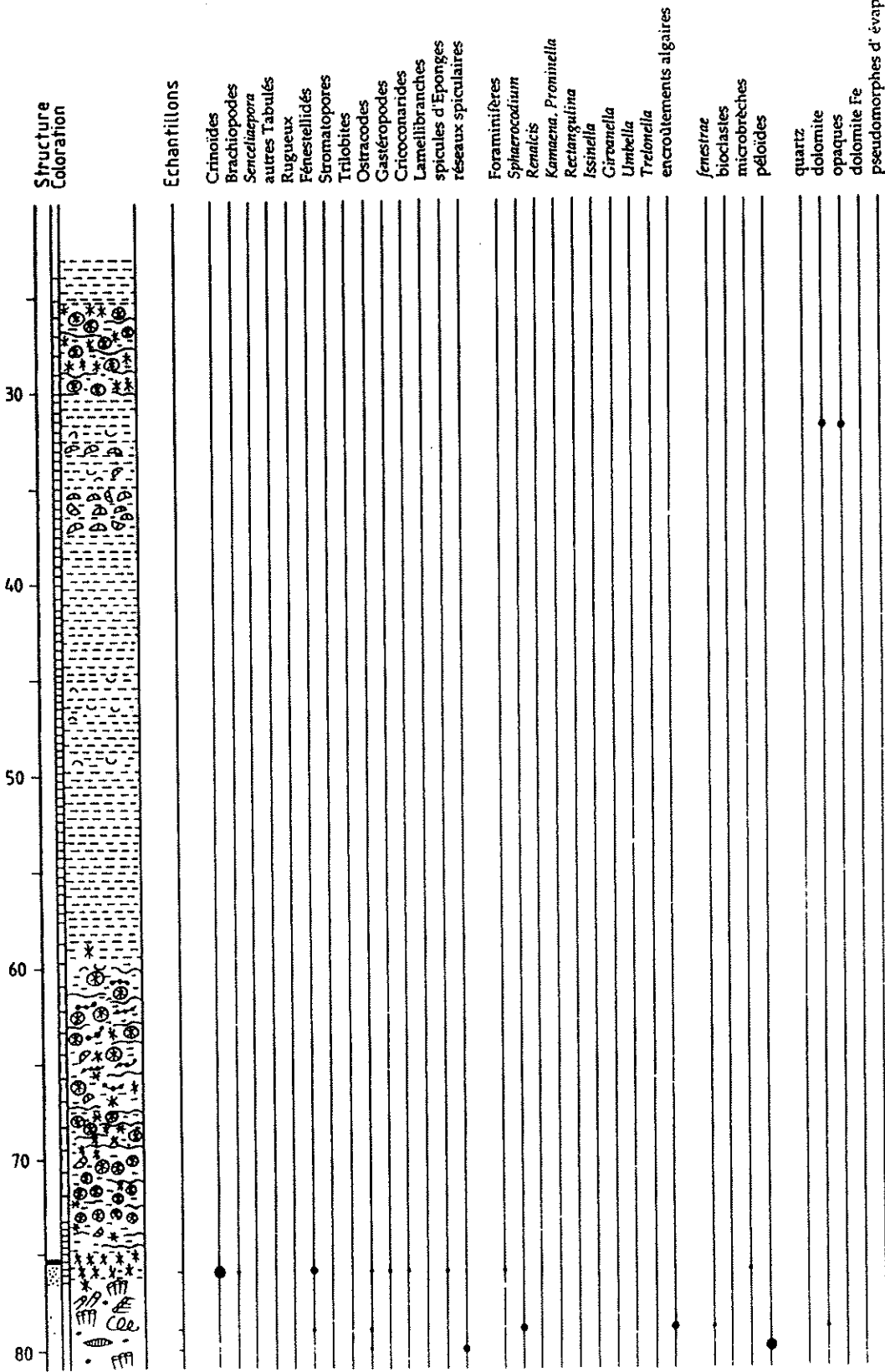


Figure IV.38: sondage 134 E 303 de Chaudfontaine: colonne lithologique et données pétrographiques.



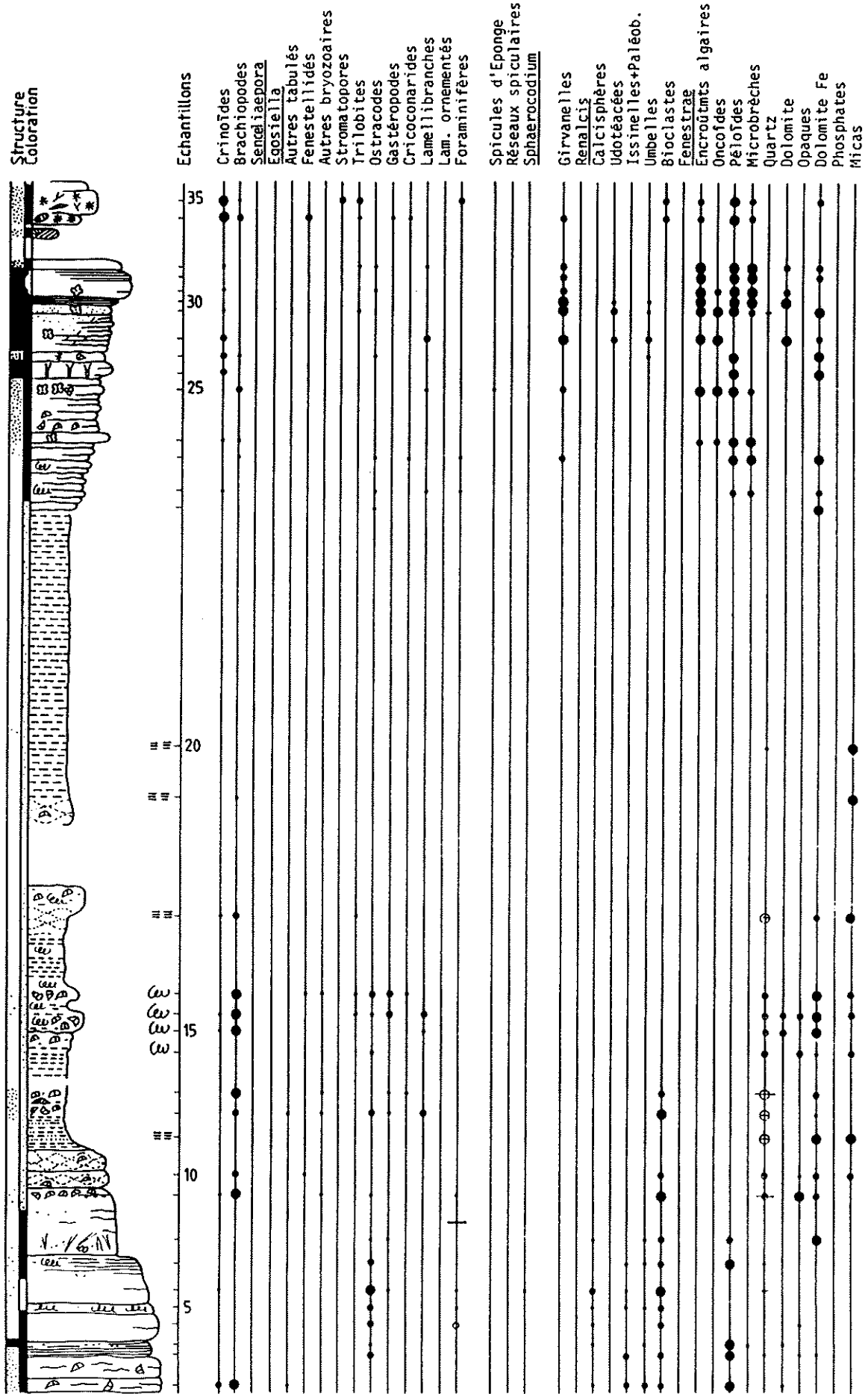


Figure IV.39: affleurement de Lustin: colonne lithologique et données pétrographiques.

wackestones argileux à bioclastes et Brachiopodes, dont le sommet est affecté d'un fond durci avec bioperforations et remplissage par le sédiment postérieur (pl. III, ph. 8).

On observe ensuite dans le talus du chemin, 9 m de schistes brunâtres avec quelques passées nodulaires riches en Brachiopodes. Ces 11 m de calcaires argileux et schistes contiennent des *Ancyrognathus triangularis triangularis* (Coen-Aubert & Coen *op. cit.*, p. 519) et des *Frechastraea carinata* (Boulvain & Coen-Aubert, 1989, p. 86). Un hiatus de 2 m est suivi de 8 m de schistes qui passent à 2 m de mudstones argileux gris foncé à péloïdes, eux-même surmontés de 5 m de grainstones et packstones non argileux à péloïdes, oncoïdes pluri-millimétriques, Girvanelles et *Litanaia*. Vers le sommet de cette unité apparaissent des laminites. Après un mince hiatus, la coupe se termine par 1,5 m de packstones gris foncé à Crinoïdes, Brachiopodes, péloïdes, Fénestelles, Stromatopores, etc... Coen-Aubert & Coen (*op. cit.*) y signalent des *F. limitata*.

2. Coupe de Crupet

a. Bibliographie

Coen-Aubert & Coen, 1974 (coupe).

b. Localisation, stratigraphie et description de la coupe

Point 20 de Coen-Aubert & Coen (*op. cit.*). Direction N 80° W; pendage 90° S.

La coupe (fig. IV.40) est située au nord de l'église de Crupet, le long du talus d'une route qui descend vers le Bocq; elle débute contre un muret de pierre, près du carrefour.

On observe d'abord 15 m de schistes brunâtres puis verdâtres, localement riches en Brachiopodes et Lamellibranches. Coen-Aubert & Coen (*op. cit.*, p. 520) y ont recueilli *Ancyrognathus triangularis triangularis*. Ensuite, en affleurement discontinu, on observe deux bancs de grainstones gris foncé à brunâtre riches en péloïdes, oncoïdes, Girvanelles et Gastéropodes, suivis d'un troisième banc de wackestone bioclastique à péloïdes et Crinoïdes avec également quelques Brachiopodes. La coupe se termine, après un hiatus de 2 m, par 2 m de schistes brun-vert,

riches par endroit en silts et en Brachiopodes, surmontés après un hiatus de 6 m par 6 m de schistes verdâtres puis noirâtres.

V. BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE NAMUR

Coupe d'Aisemont

a. Bibliographie

Lecompte, 1963 (coupe); Van Winkel, 1964 (coupe); Lacroix, 1972 (coupe), 1974 a (coupe), 1974 b; Dejonghe, 1985 (coupe).

b. Localisation, stratigraphie et description de la coupe

Direction E-W, série renversée à pendage 60° S.

La coupe (fig. IV.41) débute au deuxième niveau d'exploitation, au fond côté est de l'ancienne carrière Moreau, à Falisolle, actuellement propriété de la SA Carmeuse. L'exploitation est située près de la gare d'Aisemont.

J'ai commencé le levé dans les derniers bancs de calcaires massifs gris foncé de la Formation de Lustin. Il s'agit, sur les six derniers mètres d'une alternance de wackestones bioclastiques à *Hexagonaria*, péloïdes, Issinelles, Paléobéréselles, avec par endroit des Stromatopores branchus, des *Bevocastraea*, des Umbelles et des packstones laminaires. Ces calcaires sont surmontés de 7 m de wackestones et mudstones argileux brunâtres contenant quelques niveaux riches en Brachiopodes ou en "*Phillipsastrea*". Vers le sommet, ces calcaires deviennent de plus en plus dolomitiques. On observe aussi, de la base vers le sommet de l'unité, une diminution de l'abondance et de la taille du grain moyen du quartz.

Après un petit hiatus, 2,5 m de mudstones argileux dolomitiques sont surmontés par 5,5 m de schistes brunâtres contenant quelques bancs centimétriques de dolomite. La coupe se poursuit ensuite plusieurs centaines de mètres à l'ouest, près de la route d'Aisemont, en direction du nord. Un hiatus de un à deux mètres est probable. On observe 7 m de dolomies brun-orangé, surmontées d'une quarantaine de mètres de schistes gris

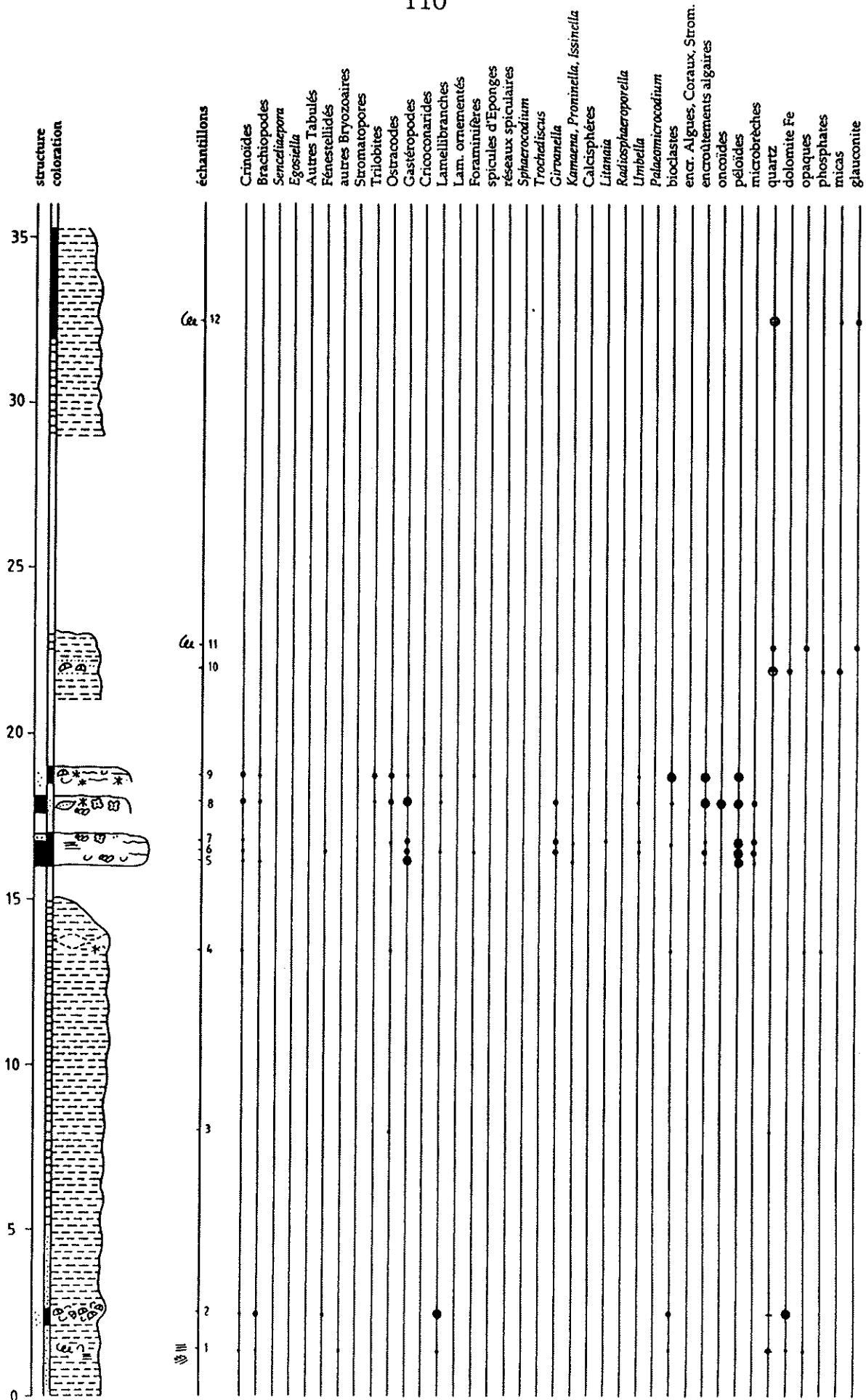


Figure IV.40: affleurement de Crupet: colonne lithologique et données pétrographiques.

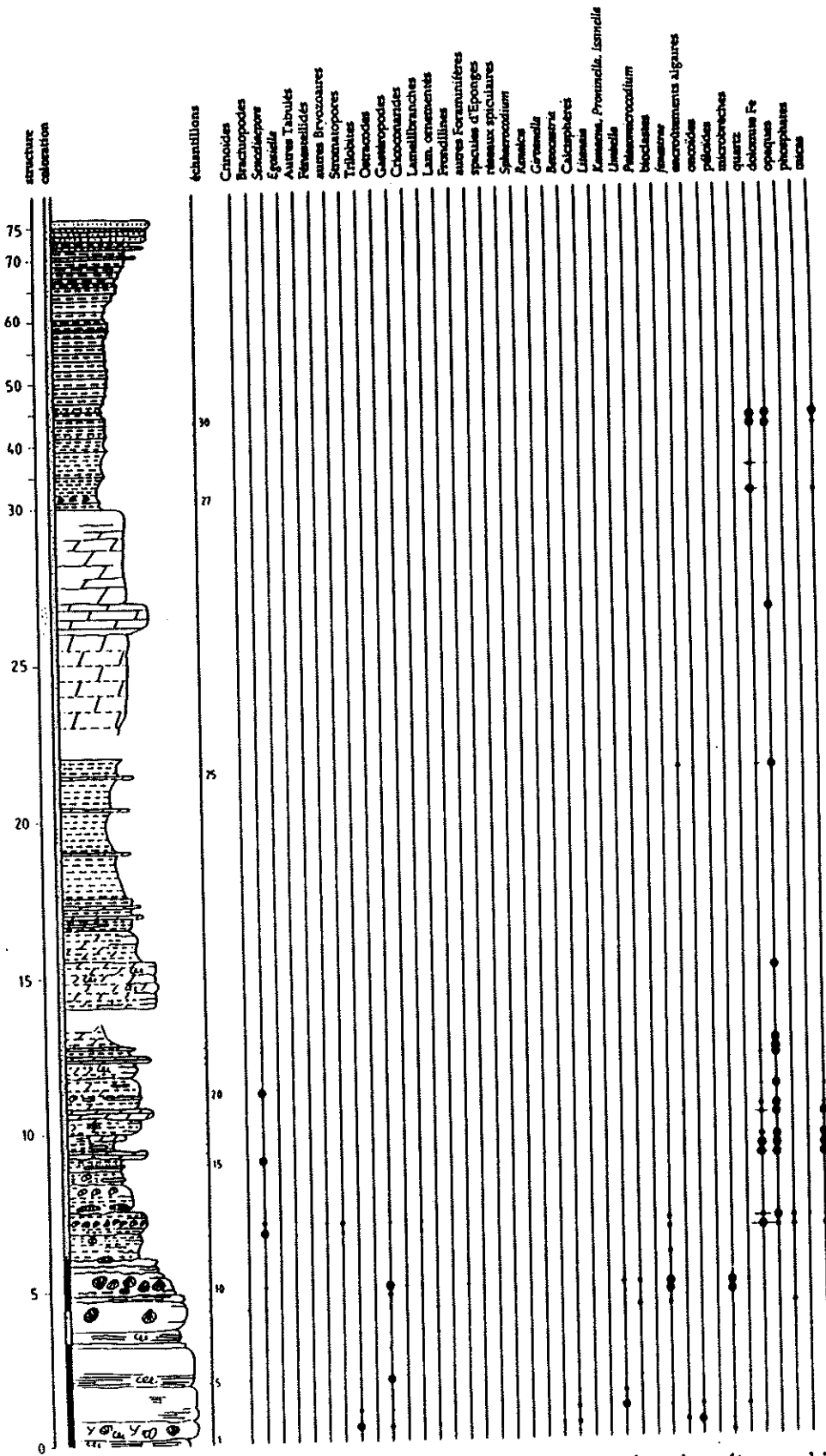


Figure IV.41: carrière d'Aisemont: colonne lithologique et données pétrographiques.

foncé qui s'enrichissent progressivement vers le sommet de l'unité en bancs de grès. Enfin, en quelques mètres on passe à des grès en bancs pluri-décimétriques séparés par des joints schisteux, visibles dans une petite exploitation sur le côté est de la route.

VI. BORD NORD-EST DU SYNCLINORIUM DE NAMUR

Coupe de Huccorgne

a. Bibliographie

Asselberghs, 1936 et Damiaen, 1956, cités par Pel & Montjoie, 1964; Pel & Montjoie, *op. cit.* (coupe); Lacroix, 1972 (coupe); Coen-Aubert & Lacroix, 1985 (coupe); Dejonghe, 1985 (coupe).

b. Localisation, stratigraphie et description de la coupe

Points 8 et 12 de Lacroix, 1972 et Coen-Aubert & Lacroix, 1985. Direction E-W, pendage 10 à 20° S.

La coupe (fig. IV.42) est située à l'est du village de Huccorgne, le long du talus de la route qui monte vers l'autoroute de Wallonie (chemin du château de Famelette).

Plusieurs mètres de schistes nodulaires à Brachiopodes affleurent au nord, le long de la bretelle d'accès à l'autoroute. Coen-Aubert & Lacroix (1985, p. 121) y signalent *Frechastraea carinata* ("Faune 1"). 8 m

d'hiatus avec des affleurements discontinus de schistes brunâtres séparent cette unité de la suivante, formée de 1 m de wackestones argileux à péloïdes, Brachiopodes, quelques "*Phillipsastrea*" que surmontent 4,5 m de wackestones gris foncé à oncoïdes pluri-millimétriques, péloïdes, Girvanelles, *Litanaia* et localement "*Phillipsastrea*" (*Frechastraea limitata* et *Phillipsastrea ananas ananas*, "Faune 2": Coen-Aubert & Lacroix, *ibid.*), Tabulés et Stromatopores branchus. Ensuite, 2 m de dolomie brunâtre, pulvérulente, riche également en encroûtements algaires et péloïdes précèdent 1,5 m de packstones dolomitiques à oncoïdes, péloïdes, quelques Brachiopodes, Rugueux, Tabulés branchus et Crinoïdes. Les 4 m de packstones gris foncé qui surmontent ces dolomies sont encore riches en péloïdes, encroûtements de Girvanelles et *Litanaia*, mais leur caractère est plus bioclastique et il s'y ajoute des Crinoïdes, des Brachiopodes, des "*Phillipsastrea*" (*Ph. ananas ananas* notamment, *ibid.*) et des *Alveolites* subsphériques, des Stromatopores bulbeux ou lamellaires, des Gastéropodes et quelques Rugueux solitaires (*Macgeea*, *ibid.*). Les deux derniers mètres sont moins riches en macrofaune.

Ces calcaires sont surmontés de 11 m de schistes verdâtres à brunâtres contenant des bancs gréseux dont certains montrent des structures pédogénétiques. Un échantillon prélevé par Streel (1977, p. 399) à un peu moins de 1 m au-dessus de l'unité calcaire a été daté par spores de l'Hastarien inférieur (Tourmaisien).

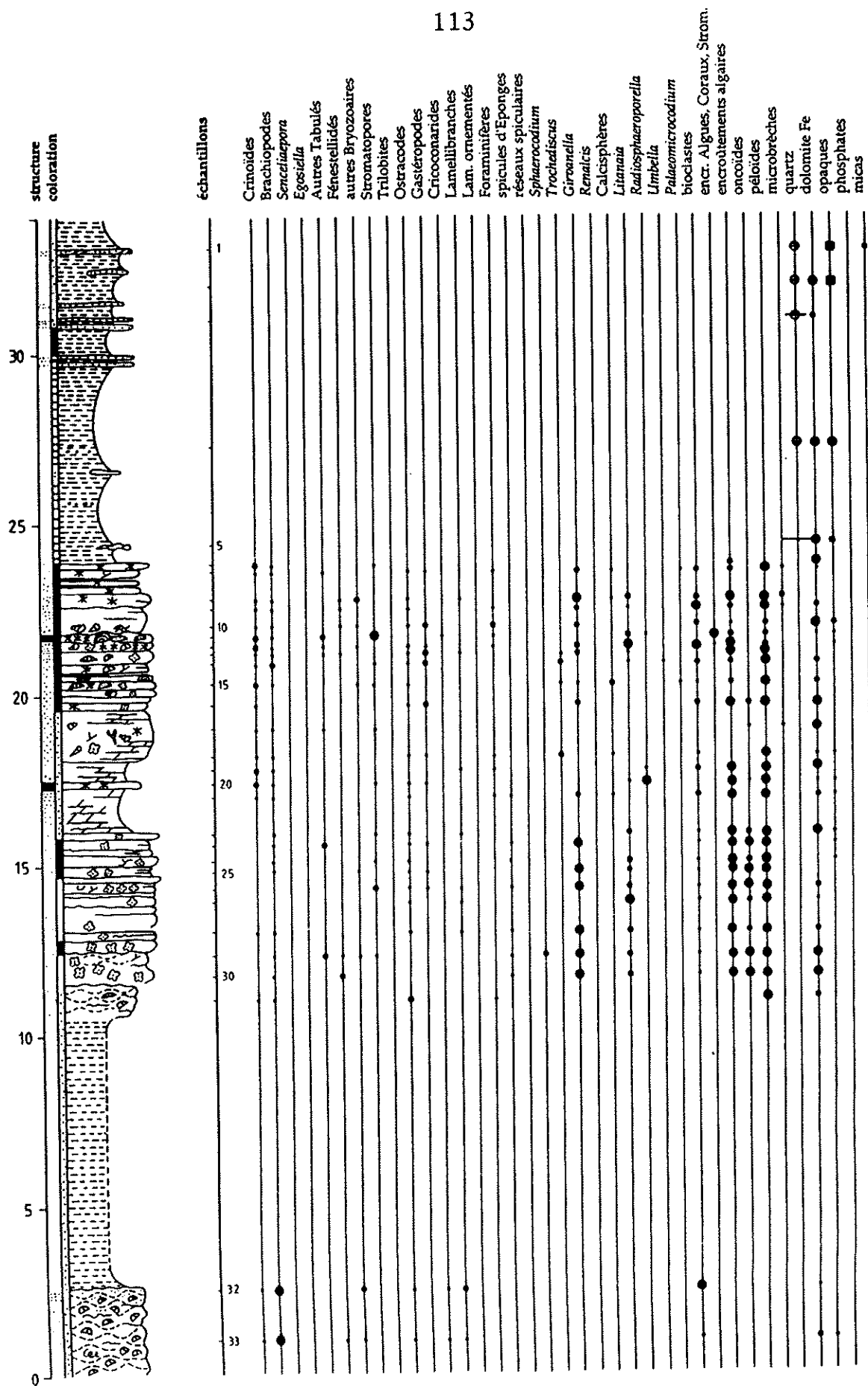


Figure IV.42: affleurement de Huccorgne: colonne lithologique et données pétrographiques.

Chapitre 5: DESCRIPTION DES FACIES

A. INTRODUCTION

I. LITHOFACIES, MICROFACIES ET ASSEMBLAGES

A la base de ces trois notions, existent à la fois un souci de simplification et de standardisation des descriptions sédimentologiques, et une volonté d'utilisation de ces notions lors de l'interprétation des paléoenvironnements et de l'analyse séquentielle. Reprenons ces différents aspects:

- il est évidemment possible, pour décrire des coupes dont on a observé les lames minces, parmi lesquelles certaines sont raisonnablement identiques, de reprendre à chaque fois une caractérisation détaillée du sédiment. Cette méthode est fastidieuse. Il est nettement plus avantageux de définir une série de "microfaciès" et de représenter, en regard de la coupe, leur succession (Mamet, 1972, p. 664);

- dans l'esprit de la plupart des sédimentologues existe l'espoir qu'à un "type" de sédiment corresponde un environnement. Des exceptions à cette relation s'observent, bien entendu, mais "si des termes lithologiques analogues existent, ceux-ci, par des études toujours plus poussées, voient leur individualité propre se dessiner de plus en plus nettement. Néanmoins, le risque que le sédimentologiste doit garder à l'esprit, c'est-à-dire ranger sous un même terme lithologique des roches génétiquement très différentes, est comparable à celui du paléontologue qui regroupe dans un même genre des espèces appartenant à des phylla différents." (Errera, 1976, p. 111). La description synthétique envisagée ici est une aide à l'interprétation des paléoenvironnements, dans la mesure où elle permet d'appréhender dans un corps sédimentaire, une organisation à grande échelle résultant d'une "certaine" répartition des types de sédiment; cette organisation à grande échelle est souvent une des clefs de l'interprétation;

- l'analyse séquentielle (voir ce chapitre) est basée sur l'examen de la courbe lithologique (Lombard, 1953, p. 4-5). cette courbe lithologique est construite sur base de la succession de "termes lithologiques" ou "lithofaciès".

Précisons maintenant ces notions et l'acception qui leur est donnée dans ce travail.

1. Le lithofaciès

Ce terme a été défini pour la première fois par Krumbein (1948, p. 1909) comme "the sum total of the lithological characteristics of a sedimentary rock", incluant donc la nature, l'abondance, etc... des organismes s'ils influencent l'apparence de la roche. Ce terme est **descriptif** et ne doit contenir aucun élément interprétatif, comme le font justement remarquer Lecompte (1961, p. B21)⁽¹⁾ ou Errera (1976, p. 27). Il est donc, pour prendre un exemple, injustifié de parler de "lithofaciès de mer ouverte" pour ce qui devrait être appelé "lithofaciès des calcaires argileux à Brachiopodes".

Je me conformerai à cette définition du lithofaciès et ne ferai apparaître dans ce chapitre aucun terme ou élément interprétatif.

Pour la facilité du lecteur, j'attribuerai à chaque lithofaciès un numéro, précédé d'une lettre: "S" pour tous les lithofaciès du Massif de Philippeville et du bord sud du Synclinorium de Dinant, "N" pour les lithofaciès du bord nord du Synclinorium de Dinant et du Synclinorium de Namur. Ces numéros de lithofaciès seront repris dans la description à la suite des noms des microfaciès.

(1): ce qui n'empêche pas cet auteur, dans la même publication, de parler de "faciès turbulent", "subturbulent", "sous-turbulent", "quiescent" et "profond" (p. B32), qui sont des qualifications résolument interprétatives.

2. Le microfaciès

Si le lithofaciès est d'observation relativement directe, sur le terrain, le microfaciès est déterminable sous le microscope. Je reprends la définition proposée par Flügel (1982, p. 1): "Microfacies is the total of all the paleontological and sedimentological criteria which can be classified in thin-sections, peels, and polished slabs." Il va sans dire que ce terme est également uniquement descriptif.

L'utilisation conjointe des notions de lithofaciès et de microfaciès permet de respecter le principe de la gradation des échelles d'observation, dont j'ai déjà parlé dans le chapitre précédent. L'expérience montre qu'en général, à chaque lithofaciès correspond un ou plusieurs microfaciès; à chaque microfaciès ne correspond qu'un seul lithofaciès.

3. L'assemblage

L'étude pétrographique a rapidement montré qu'au-delà du microfaciès, correspondait de manière biunivoque, à chaque lithofaciès, une association particulière d'éléments figurés caractéristiques que j'ai appelée "assemblage" à la suite de Lees & coll. (1985, p. 149). Ces auteurs précisent que les assemblages "(...) are based on the presence of components which are consistent, easily recognized and, it will be shown later, related to environmental parameters". (*ibid.*) Il s'agit donc ici encore d'une notion descriptive, qui ne tient pas compte de la structure de la roche mais uniquement de la nature des éléments figurés.

L'utilité manifeste des assemblages provient de la nature biunivoque de la relation qui les lie ici à la notion de lithofaciès. Une unité lithologique dont l'altération ne permet pas la reconnaissance du lithofaciès pourra être néanmoins identifiée en lame mince par l'intermédiaire de son assemblage, ce qui permettra par la suite de tracer la courbe lithologique.

Devant cette dualité, j'utiliserai dans la suite du travail le lithofaciès pour insister sur l'aspect de la roche et l'assemblage pour insister sur sa valeur écologique.

II. CLASSIFICATIONS ET DEFINITIONS

J'utiliserai pour les descriptions pétrographiques, la classification de Dunham (1962), étendue par Embry et Klovan (1972) à laquelle j'ai rajouté un terme proposé par Tsien (1981, fig. 5 p. 605; 1983, fig. 6 p. 6; 1984, fig. 2 p. 7.3 par exemple), celui de "coverstone". Ce terme ne fait pas double emploi avec "bindstone" (Embry et Klovan, *op. cit.*), puisque dans un "coverstone", les organismes lamellaires ou tabulaires ne s'encroûtent pas mutuellement ou n'encroûtent pas leur substrat, mais fixent le sédiment par simple protection mécanique. Il va de soi que cette classification est uniquement descriptive.

J'ai à plusieurs reprises, en rédigeant ce chapitre, constaté combien certains termes, normalement de nature descriptive, avaient acquis une connotation interprétative. Je n'en veux pour preuve que les termes suivants: *Stromatactis*, stromatolithe, thrombolite, structure grumeleuse, *fenestra*, zebra, etc...

L'acception que j'utiliserai pour chaque terme important, défini lors de sa première utilisation, restera, dans la mesure du possible, descriptive.

Enfin, pour alléger la description des faciès, j'ai préféré définir dès maintenant quelques termes relatifs aux ciments, ces termes seront par la suite repris et discutés dans le chapitre 12, consacré à la diagenèse. La nomenclature utilisée est inspirée des synthèses de Bathurst (1971, ch. 10); Horowitz et Potter (1971, p. 5-7); Scholle (1978); Tucker (1981, fig. 4.35 p. 126, p. 132-135) et Flügel (1982, p. 82-87).

On appellera **sparite** des cristaux de taille généralement supérieure à 50 μm . Un préfixe sert à différencier une sparite précipitée comme ciment : orthosparite d'une sparite néomorphique: pseudosparite (voir les critères de différenciation cités notamment par Bathurst, 1971, p. 417-419 et Flügel, 1982, p. 84-85). La morphologie des cristaux permet de distinguer des formes **granulaires** (rapport entre la plus grande et la plus petite dimension du cristal $\leq 1,5$ à 1), des formes **en lames** (rapport de 1,5 à 1 jusqu'à 6 à 1) et des formes **fibreuses** (rapport > 6 à 1)⁽²⁾. Il

(2): en anglais, respectivement "equant sparite", "bladed sparite" et "fibrous sparite".

est utile de préciser, lorsque l'on décrit une mosaïque de cristaux de sparite, si la taille des cristaux augmente depuis la bordure de la cavité jusqu'au centre, auquel cas on parlera de sparite **drusique**, ou si les cristaux possèdent tous la même taille, auquel cas on parlera de mosaïque **équigranulaire**⁽³⁾. La forme des cristaux peut être précisée par les termes **automorphe** ou **xénomorphe**⁽⁴⁾. Enfin, les relations particulières avec le substrat sur lequel croissent les cristaux seront qualifiées par les termes **syntaxique** lorsque les cristaux de sparite ont la même orientation optique que leur substrat, **en frange**⁽⁵⁾ dans le cas contraire. Les qualificatifs **isopaque** et **anisopaque** permettent de décrire la morphologie de ces franges.

B. MASSIF DE PHILIPPEVILLE ET BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT

I. SCHISTES FINS A FAUNE PAUVRE (LITHOFACIES S1)

C'est un lithofaciès extrêmement bien individualisé sur le terrain. Ces schistes fins sont verdâtres ou brunâtres suivant leur degré d'altération ou bien noirs à "aspect Matagne" (Sartenaer, 1970 p. 346). Leur teneur en calcite déterminée par manocalcimétrie⁽⁶⁾ varie de 4 à 17% (tableau V.1); les schistes à "aspect Matagne" sont les plus pauvres, avec des teneurs de l'ordre de 4% de calcite. Aucun de ces schistes ne contient de dolomite. La schistosité est nettement marquée et occasionne un débit en plaquettes minces.

Des nodules calcaires oblongs, centimétriques à décimétriques, à surface irrégulièrement mamelonnée sont occasionnels. Dans certains cas, leur alignement, voire leur coalescence donne naissance à des bancs à aspect boudiné. Le contact schiste encaissant-nodule calcaire est toujours extrêmement net, ce qui, combiné à la résistance différente des deux roches à l'altération, isole parfaitement les nodules à l'affleurement (fig. IV.33).

En lame mince, on y distingue trois microfaciès.

1. Schistes laminaires

Ce microfaciès contient quelques % de grains de quartz d'une trentaine de μm de diamètre moyen, très bien classés; une proportion un peu plus importante de paillettes d'illite, d'une centaine de μm de longueur et quelques agrégats de 50 à 150 μm de cristaux de chlorite. La lamination résulte de la superposition de lamines d'environ 100 μm d'épaisseur, alternativement riches et pauvres en quartz et micas.

2. Schistes bioturbés à faune pauvre

Ce microfaciès est très comparable, par son contenu en quartz et micas aux schistes laminaires, mais la bioturbation a fait disparaître la lamination. On observe quelques terriers horizontaux ouverts, à cimentation sparitique drusique, de 2 à 3 mm de diamètre. Des Ostracodes à carapaces non dissociées ainsi que des Cricoconarides sont présents. De nombreux filaments non dichotomes de quelques centaines de μm à 1 mm sont dispersés dans le sédiment. Ces filaments ont un diamètre de l'ordre de 100 μm et sont constitués de pyrite.

3. Schistes à Lamellibranches, Brachiopodes et bioclastes

Il s'agit toujours des mêmes schistes, laminaires ou bioturbés, contenant quelques % de quartz et de micas mais également, accumulés en passées de quelques mm à quelques dizaines de mm d'épaisseur, des Brachiopodes et des Lamellibranches. Ces organismes sont souvent mutuellement exclusifs. Associés à ces passées ou dispersés dans le sédiment, s'observent divers bioclastes dont l'état de conservation est nettement moins bon que celui des Brachiopodes et Lamellibranches: quelques ossicules de Crinoïdes, bioperforés, quelques fragments millimétriques de Fénestelles, de Fistuliporidés et de Rugueux solitaires. On trouve également quelques rares Cricoconarides, Ostracodes, Gastéropodes,

(3): respectivement "drusy mosaic" et "equant mosaic".

(4): respectivement "euhedral" et "anhedral".

(5): respectivement "syntaxial" et "crusts".

(6): manocalcimètre à volume constant, brevet SNPA.

Nanicella et des micro-bioclastes⁽⁷⁾ de coquilles. Certains Lamellibranches contiennent des pellets allongés, réguliers, de 100 μm de long.

II. SCHISTES NODULAIRES ET CALCAIRES ARGILEUX A BRACHIOPODES, SPICULES D'EPONGES, CORAUX, CRINOIDES (LITHOFACIES S2) ASSEMBLAGE A EPONGES, BRACHIOPODES, CRINOIDES

Suivant le degré d'altération et son contenu en calcite qui est variable (de 40% à plus de 90%), ce lithofaciès prendra l'aspect de calcaires argileux gris verdâtre ou brunâtre en bancs centimétriques à décimétriques à surface irrégulière, séparés par des joints argileux ou de schistes à nombreux nodules calcaires. Ces schistes, contrairement aux schistes fins décrits ci-dessus, ont un débit en fragments irréguliers. Les nodules calcaires qu'ils contiennent, de forme grossièrement lenticulaire, sont centimétriques à décimétriques, avec une surface externe mal définie, passant progressivement aux schistes.

Ce lithofaciès possède parfois la particularité d'être bariolé de rose et de gris verdâtre en zones irrégulières interpénétrées (coupes de Neuville "a" et des Bulants). Parfois, seuls les nodules prennent une teinte rougeâtre au milieu des schistes de couleur gris-vert (coupe de Neuville).

Outre les Brachiopodes, Rugueux, Tabulés et Crinoïdes, assez fréquents, on constate la présence de spicules (mégasclères) visibles à l'oeil nu, de 1 à 3 mm de long, associés à des *fenestrae*⁽⁸⁾ irrégulières à ciment sparitique granulaire.

En lame mince, on y reconnaît quatre microfaciès distincts.

1. Mudstones gris verdâtres bioturbés

Ce microfaciès, dont la matrice est microsparitique à pseudosparitique⁽⁹⁾, est généralement fortement bioturbé. La bioturbation se manifeste par des terriers horizontaux de 1,5 millimètre de diamètre moyen, remplis de sédiments présentant un arrangement concentrique des micro-bioclastes ("bioturbation figurée" de Schäfer, 1956, 1972, cité par Reineck & Singh, p. 159, 1985) ou simplement par des différences de couleur ou de cristallinité de la matrice (bioturbation "déformative", *id.*) associée à de très petites *fenestrae* irrégulières à ciment sparitique granulaire. Ces mudstones contiennent quelques rares carapaces d'Ostracodes, Cricoconarides, Brachiopodes et micro-bioclastes.

2. Floatstones et coverstones gris-verdâtres à rouges à Coraux lamellaires

Dans la même matrice que décrite en (1) ci-dessus s'observent des *Alveolites* lamellaires⁽¹⁰⁾, pluricentimétriques ou même des "*Phillipsastrea*". On rencontre également de rares Stromatopores lamellaires. Tous ces organismes jouent un rôle stabilisateur du sédiment, essentiellement boueux, par leur action mécanique de protection. Des *fenestrae* à ciment sparitique granulaire sont fréquentes sous les organismes lamellaires. La matrice contient quelques spicules d'Eponges et quelques micro-bioclastes.

(7): je distinguerai des divers bioclastes de Brachiopodes, Lamellibranches, Coraux, etc..., les "micro-bioclastes", de taille généralement inférieure à 100 μm et difficilement identifiables.

(8): devant la confusion et le mélange de connotations descriptive et interprétative régnant dans la littérature pour les termes "*fenestrae*", "birds-eyes", etc... (voir par exemple Deelman, 1972; Wilson, 1975, p. 82; Tucker, 1981, p. 124-126; Flügel, 1982, p. 216-226; Leeder, 1982, p. 291), j'utiliserai le terme *fenestra* pour toute masse de sparite, présente dans le sédiment, non attribuable à un squelette d'organisme. D'autres termes,

utilisés dans la suite du travail préciseront d'avantage le type de *fenestra*.

(9): le néomorphisme de la micrite donne naissance au cours de la diagenèse à de petits cristaux de sparite. Folk a proposé d'appeler "microspar" des cristaux de diamètre compris généralement entre 5 et 10 μm (1965, p. 37) et "pseudospar" des cristaux de diamètre supérieur à 30 μm (1965, p. 43). Cette classification a été suivie par de nombreux auteurs (voir Longman, 1977, Flügel, 1982, etc...). Tucker (1981, p. 137) propose les aménagements suivants: micrite: < 4 μm ; microspar: de 4 à 10 μm ; pseudospar: de 10 à 50 μm . C'est cette classification que j'utiliserai dans la suite du travail.

(10): voir note 3, chapitre IV.

3. Wackestones et packstones gris-verdâtres à rouge à bioclastes (Crinoïdes, Coraux...) et spicules d'Eponges

Il s'agit généralement de wackestones et de packstones bioclastiques. Les Crinoïdes, souvent très abondants, sont bioperforés (probablement par des Eponges) et accompagnés de spicules, de Brachiopodes et de Lamellibranches; en moindre abondance, on trouve également des Bryozoaires branchus, des carapaces d'Ostracodes, des fragments de Coraux, des Cricoconarides, des Fénestelles et des Gastéropodes. Tous ces bioclastes ont une taille assez homogène (généralement de l'ordre de 300 μm) et sont groupés en passées, souvent bioturbées. La bioturbation se manifeste également par des terriers ouverts horizontaux, cimentés par de la sparite, contenant parfois des pellets oblongs de 150 μm (ex.: TG 97) et des terriers de 2 à 3 mm de diamètre, comblés par des sédiments en structure concentrique (ex.: NV 14). Quelques *fenestras* irrégulières de 1 à 2 mm, à remplissage pseudosparitique et ciment sparitique granulaire sont également attribuées à la bioturbation.

Associées aux passées bioclastiques, on trouve des "boules de boue" (Purser, 1980, p. 46; on peut également parler de "plasticlastes", une variété d'intraclastes: Flügel, 1982, p. 134). Ces boules de boue de taille millimétrique à centimétrique peuvent être irrégulières, à contour diffus ou au contraire, être régulières, sphéroïdales ou allongées, à contour net (ex.: FC 6). Le sédiment qui les constitue est identique au sédiment encaissant, mais souvent de couleur plus sombre. Dans certains cas, même (ex.: TG 10), les boules de boue sont plus sombres en leur centre qu'à leur périphérie. Exceptionnellement, certaines boules peuvent être encroûtées asymétriquement par *Kleinbergella* (ex.: FC 6) ou encore, s'emboîter mutuellement.

En dehors des passées bioclastiques, on trouve parfois de nombreux *Egosiella gracilis*, bien conservés, sans indice de transport (BL 1), quelques rares Fistuliporidés, des spicules d'Eponges, parfois encroûtés asymétriquement par *Sphaerocodium* (TG 52) ou *Kleinbergella* (MB 18), des micro-bioclastes, quelques Crinoïdes, quelques Rugueux solitaires de petite taille et des Trilobites.

Le quartz et les micas sont rarement présents (TG 9 et TG 98: quartz et paillettes de micas de 40 μm). La lame BL 1 montre un fond durci encroûté par endroits par *Kleinbergella*.

La couleur de la roche est le plus souvent gris-verdâtre, mais des zones rouges violacées sont quelquefois présentes et leur répartition semble suivre certaines inhomogénéités du sédiment. Dans la lame HMD 3, par exemple, à dominante verte, les terriers sont entourés d'une zone verdâtre de 0,5 mm d'épaisseur, suivie d'une zone rouge de même extension.

4. Mudstones et wackestones gris-verdâtres à rouge à spicules d'Eponges

Ce microfaciès (pl.I, photo 4) est caractérisé par l'abondance des spicules d'Eponges, monoaxes ou tétraxes, possédant parfois un canal central et de diamètre compris entre 100 μm (abondants exemples) et 1 mm (rares)⁽¹¹⁾. Des réseaux spiculaires à maille quadrangulaire sont fréquents.

Ces fossiles sont à rapporter aux Hyalospongea (Vosmaer, 1886, in de Laubenfels, 1955). Voir aussi Lecompte, 1936, p. 95, qui donne une description précise des spicules qu'il observe dans le bioherme de marbre rouge de Château-Gaillard à Trélon et les attribue aux Eponges siliceuses et Termier & coll., 1981 qui font un inventaire des Eponges dans les sédiments encaissant des biohermes: Hexactinellides, Lyssakides et Démosponges tétractinomorphes; toutes sont siliceuses.

Les *fenestras* à cimentation sparitique granulaire sont assez abondantes. Elles sont de forme irrégulière, digitées à base plane, de taille millimétrique à centimétrique, souvent liées à la présence d'un réseau spiculaire.

Les autres organismes sont rares: quelques Cricoconarides, Brachiopodes, *Egosiella* et carapaces d'Ostracodes. Les micro-bioclastes sont rares.

(11): on constate en général la présence de deux populations distinctes, l'une de diamètre de l'ordre de 100 μm et l'autre de 300 à 500 μm .

III. CALCAIRES ROUGES A
STROMATACTIS ET SPICULES
 D'EPONGES (LITHOFACIES S3)
 ASSEMBLAGE A *STROMATACTIS* ET
 SPICULES D'EPONGES

1. Description du lithofaciès

C'est le lithofaciès caractéristique des "griottes", "griottes fleuries", etc... des carriers (cf. tableau V.2, où sont repris, en regard de leur description sédimentologique, quelques-unes des appellations des marbres provenant des récifs de marbre rouge "F2j"). Le trait saillant de ce lithofaciès, outre sa couleur, du rouge au rouge brun ou au rouge violet, est la présence, souvent en grand nombre, de "*Stromatactis*" (pl. I, photo 6).

L'appellation "*Stromatactis*" a été donnée par Dupont, en 1881 (p. 266) à "de longues bandes ou de petites masses cristallines irrégulières" fréquentes dans les récifs de marbre rouge frasniens. En 1882 (p. 93), il en donne une définition plus complète:

"d'un tissu extrêmement délicat, souvent voilé par une recristallisation, son squelette présente une disposition en bandes parallèles; l'intérieur de celles-ci se divise en chambres irrégulières et perpendiculaires dont les parois ont une structure rayonnée penniforme".

Cette définition sera encore précisée en 1885 de la façon suivante: "une série de bandes concentriques, à surface rugueuse, dont le tissu blanchâtre et chatoyant au polissage est très finement rayonné dans un sens perpendiculaire" (p.25).

Lecompte, en 1937 (p. 7) en précise la morphologie: il s'agit d'"(...) amas cristallins à surface inférieure subplane et à surface supérieure très digitée, régulièrement disposés en allure à peu près concordante avec les terrasses". En conformité avec cette définition, j'appellerai dans la suite du travail "*Stromatactis*" toute structure à base plane ou légèrement ondulante et "sommet" digité, cimentée par de la calcite sparitique fibreuse⁽¹²⁾. Notons que certains

auteurs n'insistent pas sur ce dernier critère (voir par exemple Heckel, 1972, p. 8; Wilson, 1975, p. 163; Flügel, 1982, p. 218; Bourque et Gignac, 1983, p. 522; Playford, 1984, p. 208) alors que d'autres, plus proches de la diagnose originale, l'incluent dans leurs définitions (par exemple Bathurst, 1959, p. 513; 1982, p. 167; Textoris et Carozzi, 1964, p. 399; Shinn, 1968, p. 892; Otte et Parks, 1971, p. 393; Tucker, 1981, p. 125; Pratt, 1982, p. 1207; Tsien, 1985, p. 276).

La consonance biologique de "*Stromatactis*" (en réalité un nom de genre) provient du fait que Dupont y reconnaissait un organisme apparenté aux Stromatoporoïdes (1881, p. 267). C'est Nicholson (1885, cité par de Dorlodot, 1912) qui le premier a combattu cette attribution, suivi par de Dorlodot (1912, note 1 p. 126) qui montre que le prétendu squelette des *Stromatactis* n'est que le résultat d'une précipitation par "double échange entre les sels de calcium en solution dans l'eau marine et les carbonates, et principalement le carbonate d'ammonium provenant de la décomposition des organismes" (1912, p. 129), de cristaux d'un carbonate fibreux, ensuite recristallisé sous forme de calcite (*op. cit.*).

Si la controverse concernant l'origine des *Stromatactis* s'est prolongée jusqu'à nos jours (voir chapitre 10), principalement quant à l'origine des cavités, un consensus s'est peu à peu dégagé sur la nature de la calcite fibreuse des *Stromatactis*: il s'agit d'un ciment, précipité ou non dans un vide du sédiment.

Il semble nécessaire, pour progresser dans l'étude des *Stromatactis* d'en établir une classification qui permettra de mettre en évidence les différences morphologiques, de répartition, etc... Je n'utiliserai pas la classification proposée par Tsien (1985, p. 282-283) puisqu'elle est basée sur les caractéristiques soit du ciment fibreux, soit du sédiment interne, qui sont fort probablement secondaires, voire diagénétiques.

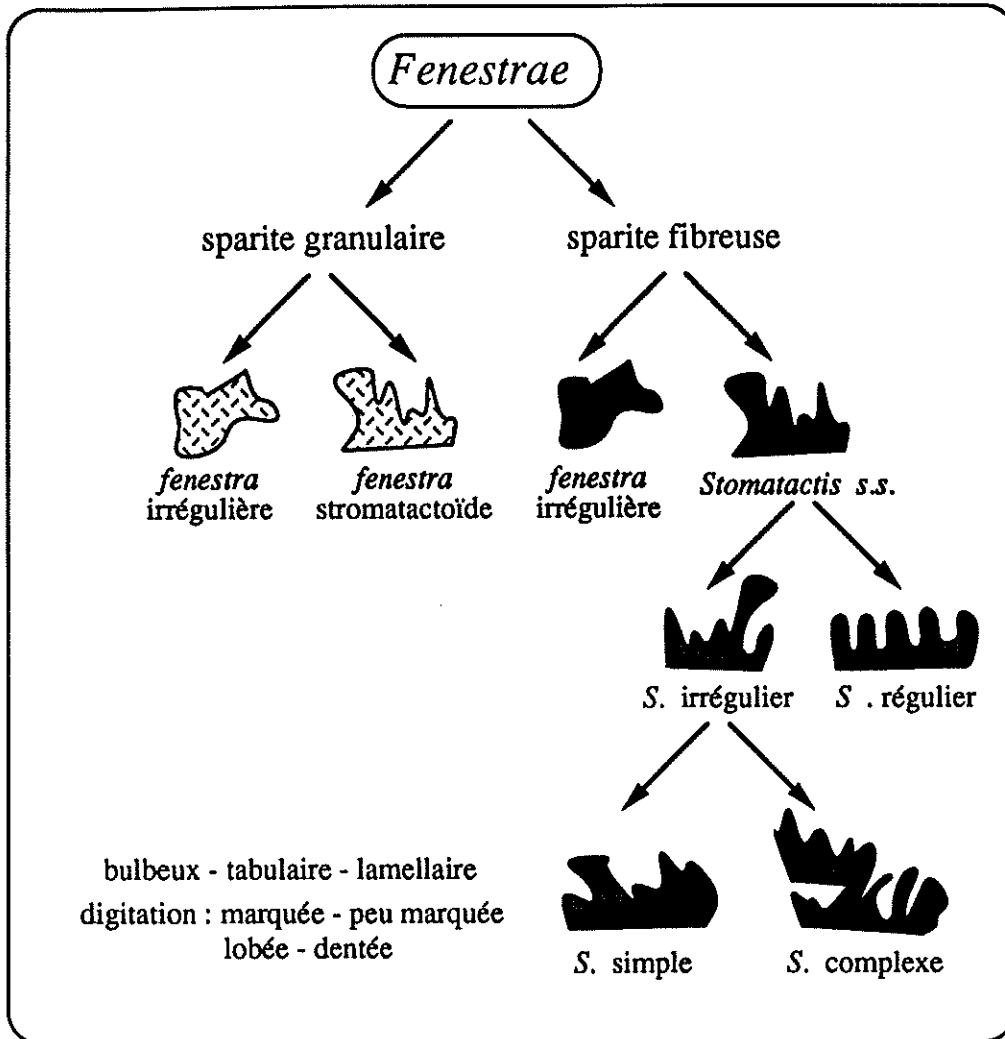
a. Etablissement d'une classification descriptive des *Stromatactis* (fig. V.1)

sédiment interne à disposition géopète, pourraient répondre à la définition (voir par exemple Newell, 1955). Limitons la définition des *Stromatactis* à des structures cimentées en contexte micritique.

(12): je n'inclus pas dans les *Stromatactis*, les innombrables occurrences de cavités "de croissance" des récifs du type framestone qui, une fois recouvertes par un

APPELLATIONS	DESCRIPTION	LITHOFACIES	LOCALISATION
Griotte unie	calcaire rouge	calc. rouge à <i>Stromatactis</i> et sp. Eponges	niveau inférieur, périphérie
Griotte fleurie	calcaire rouge avec <i>Stromatactis</i> gris	calc. rouge à <i>Stromatactis</i> et sp. Eponges	niveau inférieur, centre
Griotte impérialee, Vieux bleu, Impérial	calcaire rouge à très nombreux <i>Stromatactis</i> gris (> 50% roche)	calc. rouge à <i>Stromatactis</i> et sp. Eponges	niveau inférieur, centre
Gros rouge	calcaire argileux rouge à Coraux, Crinoïdes	calc. rouge à <i>Stromatactis</i> , Coraux, Crinoïdes	sommet
Royal rosé, R. rouge, R. clair, etc...	calcaire rouge à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, <i>Receptaculites</i>	calc. rouge/rose à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits <i>Stromatactis</i> , , Stromatopores	niveau moyen + niveau supérieur, en périphérie
Royal byzantiné, Rouge byzantiné	calcaire rouge à nombreuses <i>fenestrae</i> irrégulière grises et Brachiopodes	calc. rouge/rose à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits <i>Stromatactis</i> , , Stromatopores + nébuloïdes	niveau moyen, centre
Byzantin	calcaire rouge à nombreuses <i>fenestrae</i> irrégulière grises et Brachiopodes; <i>fen.</i> plus abondantes que calcaire rouge	calc. rouge/rose à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits <i>Stromatactis</i> , , Stromatopores + nébuloïdes	niveau moyen, centre
Gris, Royal gris, Gris des Ardennes, Bleu, Saint-Edouard, etc...	calcaire gris à Brachiopodes, Coraux subsphériques	calc. gris à Coraux, Stromatopores, Tapis laminaires & calc. gris à petites <i>fen.</i> , Tabulés branchus, Brachiopodes	niveau supérieur, centre

Tableau V.2: appellations traditionnelles, description sommaire, lithofaciès (au sens de ce travail) et répartition de quelques variétés de marbres "F2j".

Figure V.1: classification morphologique des *fenestrae*.

MANOCALCIMETRIE: % calcite par lithofaciès

lithofaciès	nbr. échant.	maximum	minimum	moyenne	σ_n
schistes à faune appauvrie S1	7	17	4	8	4
schistes nod. et calc. argilx. à Brach., Ep., Coraux, Crin. S2	8	92	42	78	17
calcaires rouges à <i>Stromatactis</i> , spicules d'Ep. S3	4	94	85	87	4
calcaires rouges à <i>Stromatactis</i> , Coraux, Crinoïdes. S4	10	97	84	91	4
calc. rouges/roses à Coraux, Crin., Brach., <i>Str-is</i> , <i>Stromatop.</i> S5	6	100	97	98	1
calc. gris à <i>fenestrae</i> spar., Tabulés branchus, Brach. S7	5	100	97	99	1
calc. gris/roses à Coraux, Strom-pores, thromb. S8	6	100	99	99	1

Brach.: Brachiopodes; calc.: calcaires; Crin.: Crinoïdes; Ep.: Eponges; nod.: noduleux; *Str-is*: *Stromatactis*; Strom-pores: Stromatopores; thromb.: thrombolites.

Tableau V.1: teneur en calcite des principaux lithofaciès, déterminée par manocalcimétrie à volume constant.

La morphologie externe des *Stromatactis*, par-delà les caractères fondamentaux qui servent à les définir (base plane, sommet digité, ciment fibreux) est très variable. Je distingue des formes "irrégulières", dont la digitation présente un caractère irrégulier autosimilaire et des formes "régulières" à digitation non autosimilaire, résultant souvent de la répétition d'un même motif (fig. V.2). Les formes illustrées dans la littérature sont en général des formes irrégulières (voir par exemple Lecompte, 1937, pl. I, 1959 a, fig. 3, 4, 5, 6; Bathurst, 1959, pl. I, 1980, fig. 3, 1982, fig. 1, 2, 6 c & d; Lees, 1964, pl. 7, fig. 37; Heckel, 1972, fig. 4; Dumon, 1974, fig. 79; Wilson, 1975, pl. XVIII B; Tsien, 1980, pl. 2, 1985, pl. I; Pratt, 1982, fig. 9, 10; Bourque et Gignac, 1983, fig. 4, 5, 9; Lees et Miller, 1985, fig. 3; Wallace, 1987, fig. 3 a).

Parmi les formes irrégulières, je fais la distinction entre formes "simples" et "complexes"; les formes simples ne possèdent qu'un niveau basal plan, les formes complexes en possèdent plusieurs à des niveaux différents (fig. V.3). Lorsque les *Stromatactis* sont très abondants, les formes complexes tendent par coalescence à former un réseau irrégulier.

Les *Stromatactis* ont en général une longueur comprise entre un centimètre et un mètre⁽¹³⁾, pour une hauteur égale ou moindre (Lecompte [1937, p. 5] signale dans la carrière de Bergnonry, des *Stromatactis* "géants" de 0,5 à 0,7 m de haut pour plusieurs mètres de développement horizontal). Le rapport longueur sur hauteur est variable, mais est souvent de l'ordre de 2-5 à 1. Il me semble utile, dans ces conditions, pour préciser d'avantage la morphologie des *Stromatactis*, d'utiliser la classification d'Abott (voir note 2, ch. IV). On distinguera donc en général des formes bulbeuses, tabulaires et lamellaires, suivant leur rapport longueur/hauteur. Certains *Stromatactis* lamellaires peuvent avoir un rapport l/h supérieur à 50 (fig. V.4). Enfin, pour caractériser la digitation des formes irrégu-

lières, j'utiliserai les termes botaniques "lobée" ou "dentée", associés au qualificatif "marquée" ou "peu marquée" suivant que la profondeur des indentations est faible ou moyenne, par rapport à la hauteur du *Stromatactis*.

La base de la plupart des *Stromatactis* est parallèle à la stratification, matérialisée en général par des joints argileux ou plus rarement par des organismes lamellaires. Dans de rares cas (coupe des Wayons, fig. IV.20, 12,5 m à 14,5 m), les *Stromatactis* d'un même banc, en opposition avec tous les autres *Stromatactis* de la coupe, s'inclinent d'un angle de plusieurs dizaines de degré avec la stratification. La figure V.5 présente un autre cas, relevé sur un bloc de la carrière de Rochefontaine, où l'on voit des *Stromatactis* irréguliers, généralement tabulaires et complexes, former un angle de 45° avec la stratification, définie dans ce cas concret par un Rugueux massif et des joints argileux.

La base des *Stromatactis* est par contre **toujours parallèle** aux divers géopètes présents dans la roche, ce qui n'est qu'une évidence, puisque les *Stromatactis* sont eux-mêmes une structure géopète. Un examen attentif de la micrite située immédiatement sous les *Stromatactis* révélera en effet souvent une légère différence de teinte, voire un certain classement des menus débris ou encore une vague lamination. Ces caractères ne se retrouvent pas dans la micrite environnante et témoignent d'une sédimentation interne, en remplissage de cavité (Bathurst, 1959, p. 506-508 et 513; Lees, 1964, p. 514-516; Heckel, 1972, p. 9 et parmi d'autres Wallace, 1987, p. 696). Les caractéristiques de ces sédiments internes seront détaillées ci-dessous, avec d'autres observations microscopiques.

Notons encore que lors de l'examen d'un *Stromatactis*, il est impératif de s'assurer de la perpendicularité de la section observée par rapport à la stratification, car dans le cas contraire, les bases notamment peuvent laisser apparaître des ondulations d'autant plus marquées que l'on se rapproche de l'horizontale (fig. V.6). Ceci est particulièrement le cas lors de l'examen de blocs utilisés comme parements, car le marbre est très souvent découpé "à la passe" (Dumon, 1964, p. 26), c'est-à-dire parallèlement à la stratification.

(13): l'observation pétrographique montre que la cimentation fibreuse n'a lieu que dans des cavités plurimillimétriques ou plus grandes (Boulvain, 1989 b, p. 143). Les cavités plus petites étant cimentées par de la sparite granulaire, il n'existe de *Stromatactis s. s.* que de dimension supérieure à 5 à 6 mm. On pourra appeler de petites *fenestras* à base plane et sommet digité, cimentées par de la sparite granulaire "*fenestras stromatactoïdes*".

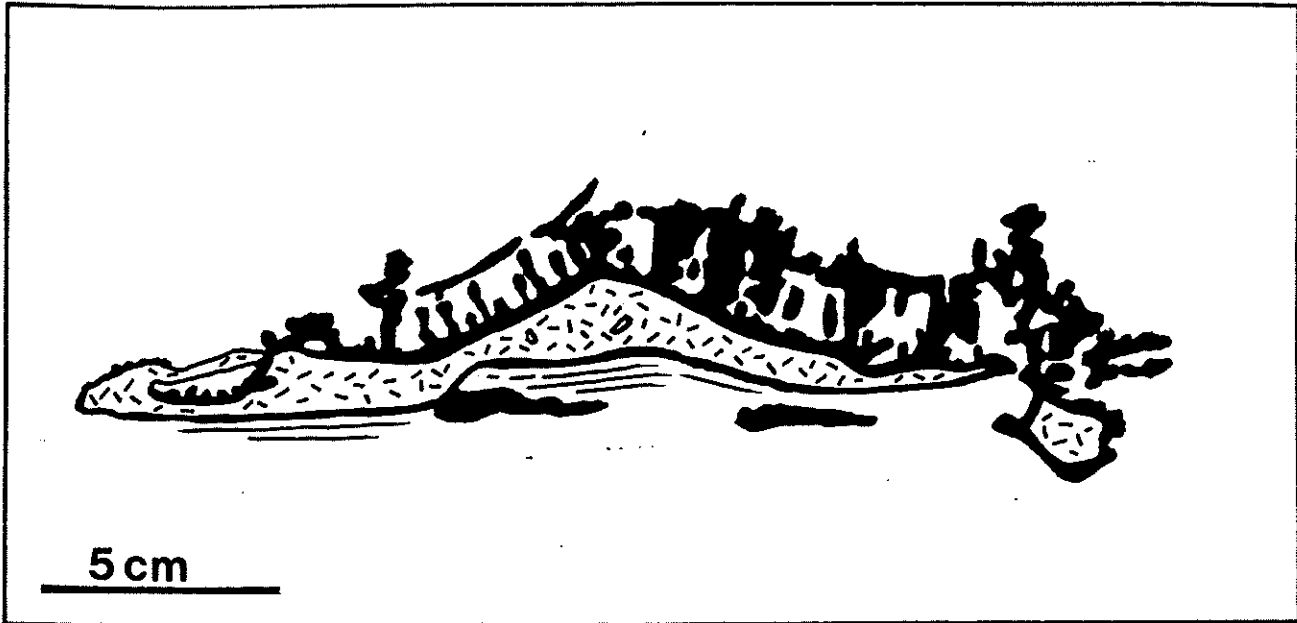


Figure V.2: exemple de *Stromatactis* à digitation "régulière". En blanc, la matrice, en noir, la sparite fibreuse, en tiretés, la sparite granulaire. Bioherme des Bulants, niveau inférieur, cote 18 m de la coupe A, fig. IV.16.

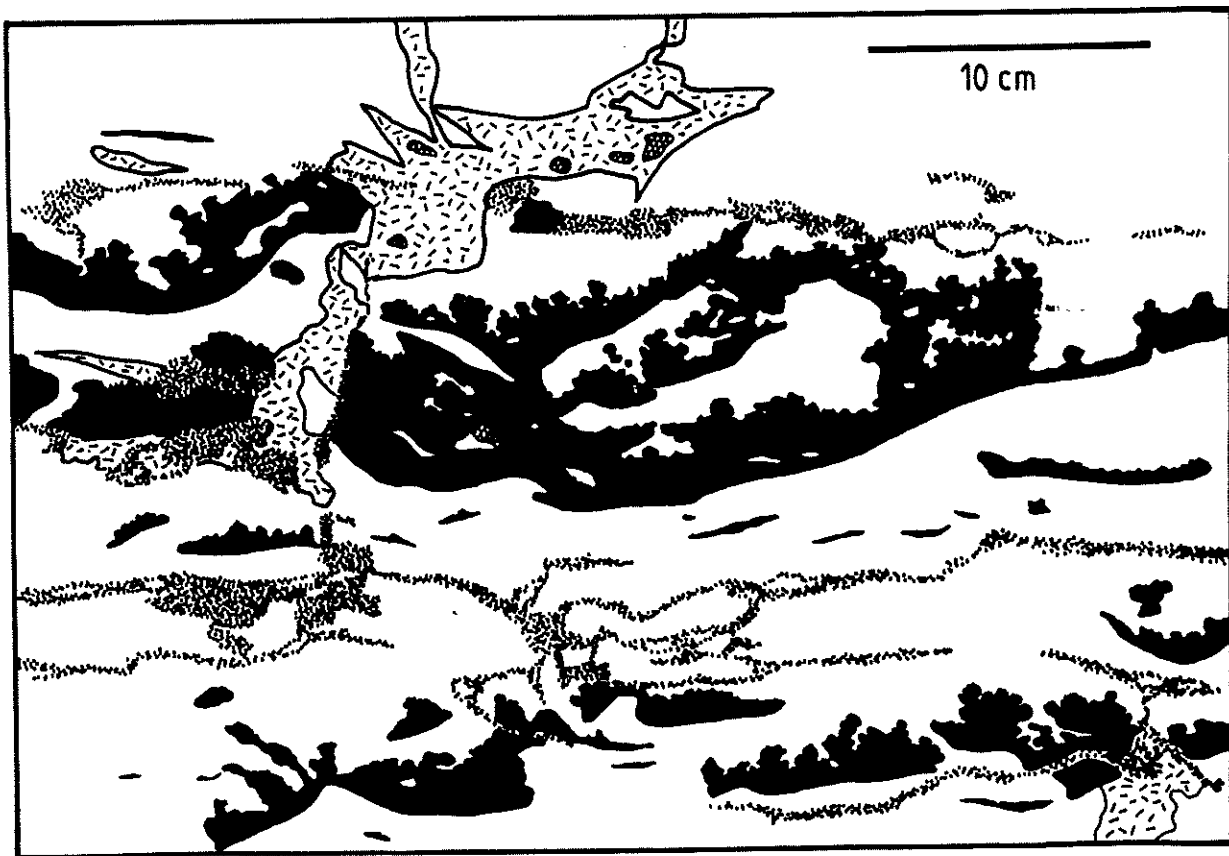


Figure V.3: exemple de *Stromatactis* irrégulier complexe. En blanc, la matrice, en noir, la sparite fibreuse, en tiretés, la sparite granulaire, en pointillés, les zones les plus argileuses. Bloc de calcaire rouge à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3), carrière des Croisettes.

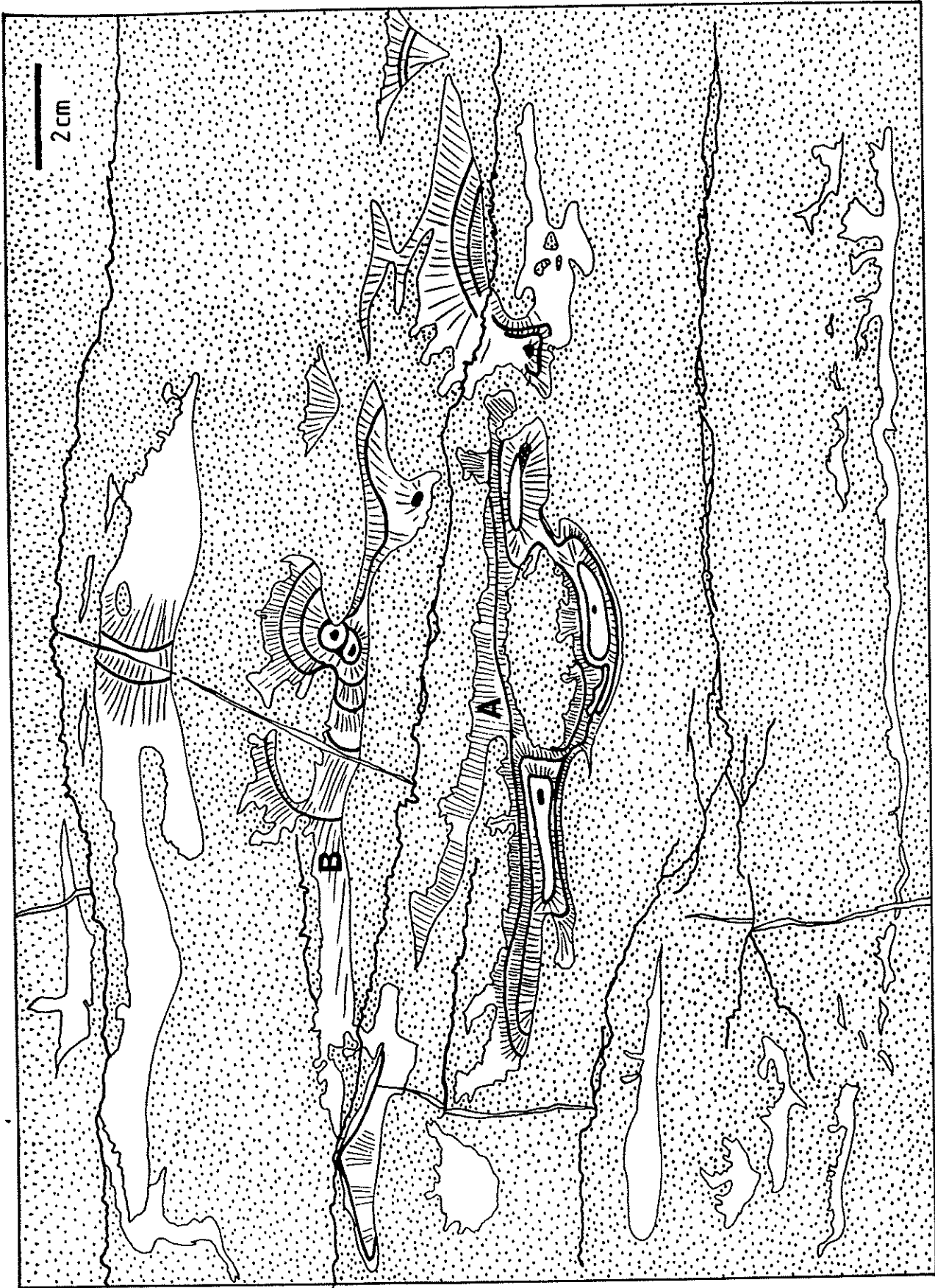


Figure V.4: exemples de *Stromatactis* lamellaires, simples et complexes. La sparite fibreuse est en blanc, la matrice en pointillés. Remarquer la disposition des fibres de sparite (matérialisées par des hachures) et des impuretés (liserés noirs): les fibres peuvent être orientées perpendiculairement à la bordure des *Stromatactis* ("A") ou bien parallèlement ("B"). Bloc de "griotte" de la carrière de Tiers Cocrai.

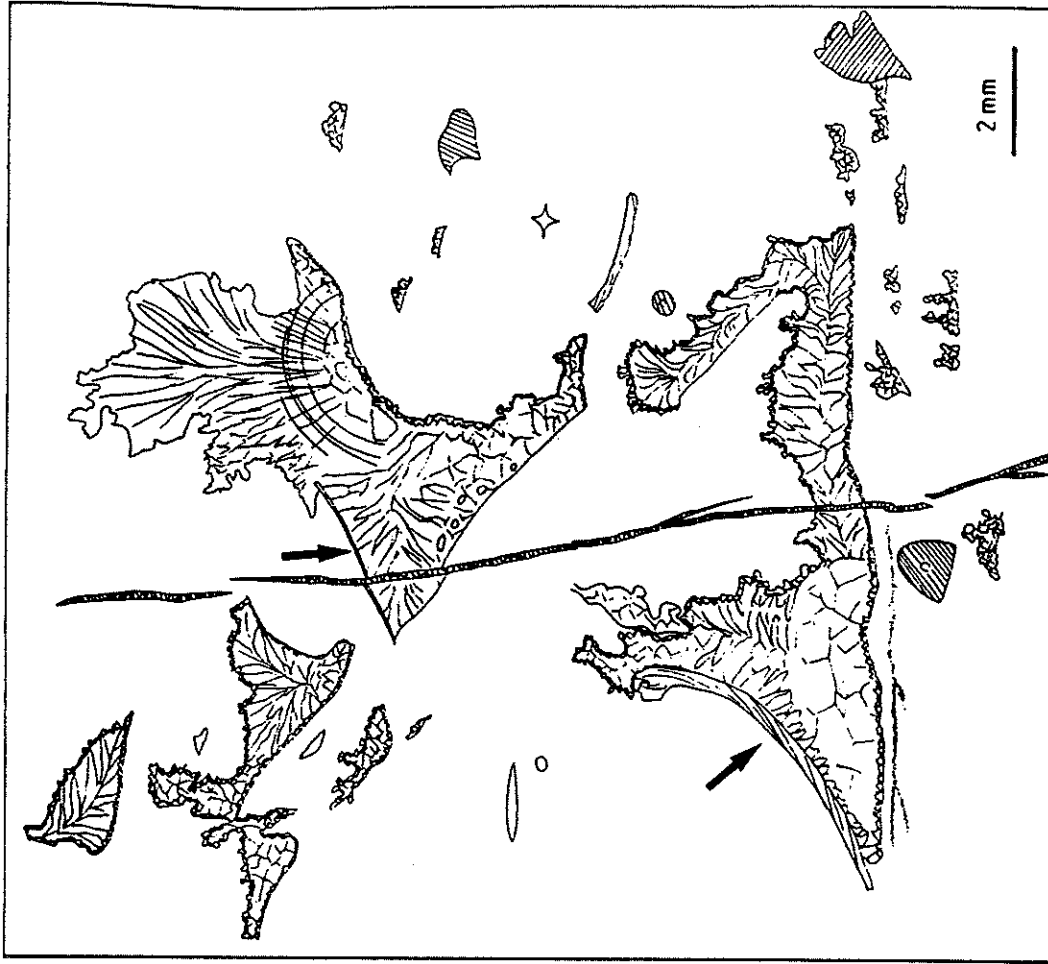


Figure V.5: *Stromatolites* très irréguliers et trains de petits *Stromatolites* (en noir) discordants par rapport à la stratification, matérialisée par des "joints" argileux (pointillés) et par un "*Phillipsastraen*" (hachuré). Calcaires rouges à *Stromatolites*, Coraux, Crinoïdes (S4). La matrice est en blanc. Bloc, carrière de Rochefontaine.

Figure V.6: divergence angulaire entre bases de *Stromatolites* dans une lame mince taillée obliquement par rapport à la stratification. Mudstone à *Stromatolites*, spicules et Crinoïdes (hachurés) (S4). Remarquer, sous le *Stromatolites* le plus inférieur, de petites *fenestrae* stromatolitoïdes à sparite granulaire, et la présence (flèches) de coquilles limitant l'extension verticale des *Stromatolites*. Lame TP 81, Tapumont.

Dans certains cas, les *Stromatactis*, structures essentiellement horizontales, peuvent passer sans solution de continuité à des structures verticales du type "dyke neptunien" (fissures subverticales à remplissage précoce, Shrock, 1948, p. 4; Tucker, 1981, p. 125 et excellentes illustrations de Playford, 1981, fig. 43; 1984, fig. 23, 25, 26) (fig. V.7).

Pour en revenir à la description du lithofaciès, signalons qu'il peut être pratiquement dépourvu de *Stromatactis* ou au contraire en compter un nombre tel qu'ils semblent former plus de 50% de la roche ("griotte" des carrières de Saint-Rémy, des Wayons, de Tiers-Cocrai). Dans ce cas, les *Stromatactis* perdent leur individualité et leur accumulation donne naissance à une structure réticulée. Le passage entre une "griotte" dépourvue de *Stromatactis* et une "griotte" où ils représentent le constituant essentiel est souvent brutal (fig. V.8).

Les *Stromatactis* sont, dans ces calcaires rouges à spicules d'Eponges, souvent de grande taille; ils ont en moyenne de 30 à 50 centimètres d'extension horizontale, avec une morphologie tabulaire, lamellaire ou bulbeuse, simple ou complexe. Il existe une relation peu nette entre ces différentes caractéristiques: des *Stromatactis* abondants ont tendance à être complexes et bulbeux, tandis que des *Stromatactis* plus rares sont lamellaires, tabulaires et souvent simples. La digitation est dentée et marquée. Quelques *Stromatactis* réguliers sont présents (coupe des Bulants, pl. I, photo 5), "évoluant" souvent vers des formes tabulaires simples. Quelques formes tabulaires complexes à digitation peu marquée sont visibles dans la carrière de Petit-Mont (fig. XII.1).

Ces calcaires rouges à *Stromatactis* contiennent un peu plus d'une dizaine de % d'insolubles, constitués d'argile et d'hématite. Ce sont les lithofaciès biohermaux les plus riches en insolubles (tabl. V.1). Il existe une relation entre *Stromatactis* et abondance des joints: dans les zones où les joints sont nombreux, les *Stromatactis* sont rares et de forme lamellaire (fig. V.9). Il est difficile de séparer la cause de l'effet: on peut envisager plusieurs hypothèses:

- les *Stromatactis* (quelle que soit leur origine) ne se "développent" pas lorsque le milieu devient plus riche en insolubles;

- la nature du sédiment a empêché le développement en hauteur de la cavité;

- la rareté des structures cimentées résistantes que sont les *Stromatactis* a facilité la concentration d'insolubles par pression-dissolution.

Je penche dans certains cas pour cette dernière hypothèse, car on trouve (ex.: MQX 2) dans des "griottes" riches en insolubles, parcourues par un réseau de joints diffus, des *Stromatactis* isolés dans des nodules de micrite pauvre en insolubles, épousant leur forme. Ces nodules paraissent en quelque sorte avoir été "armés" par le *Stromatactis*.

La coloration rouge de la roche, même en dehors des zones à sédiments internes peut être inhomogène, délimitant des zones irrégulières à intensité de pigmentation légèrement différente. Ces zones peuvent être disposées concentriquement, à la manière des courbes de niveau sur une carte topographique. Dans certains cas, des *Stromatactis* peuvent être bordés d'une auréole de quelques millimètres d'un rouge plus soutenu.

Enfin, ajoutons qu'en surface sciée, après attaque pendant quelques secondes par HCL 6M apparaissent de nombreux spicules d'Eponges, généralement de 1 millimètre de longueur.

En lame mince, on distingue trois microfaciès.

2. Mudstones à *Stromatactis* et spicules d'Eponges

Ce microfaciès ne contient en général que des *fenestras* pluri-centimétriques à ciment fibreux (les *Stromatactis* macroscopiques, dont il est difficile, étant donné leur taille, d'observer en lame mince la base plane et le sommet digité) et des spicules d'Eponges. Les spicules, souvent associés en réseaux, sont nombreux (on retrouve ici également les deux populations de 100 et 500 μm de diamètre).

Il n'existe pas de relation géométrique privilégiée entre *Stromatactis* et spicules. Les spicules peuvent surmonter les *Stromatactis* (fig. V.10 et pl. I, photo 8), voire les pénétrer, ou former des concentrations sous eux (fig. V.11), ou encore occuper une position quelconque par rapport à ceux-ci.



Figure V.7: *Stromatactis* en continuité de cimentation avec des fissures verticales à sparite fibreuse (en noir). En blanc, la matrice; hachurée, la sparite granulaire. Carrière de Tiers Cocrai, calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3); localisation dans la carrière: petit disque de la fig. V.35.



Figure V.8: dessin d'après photomosaïque de la face sciée nord de la carrière Saint-Rémy. Calcaires rouges à *Stromatactis* (S3). Groupement en "passées" des *Stromatactis*, avec transition brutale entre "griotte fleurie" et "griotte unie". En noir, les *Stromatactis*; en pointillé, les passées argileuses; en blanc, la matrice et en tiretés, les failles.

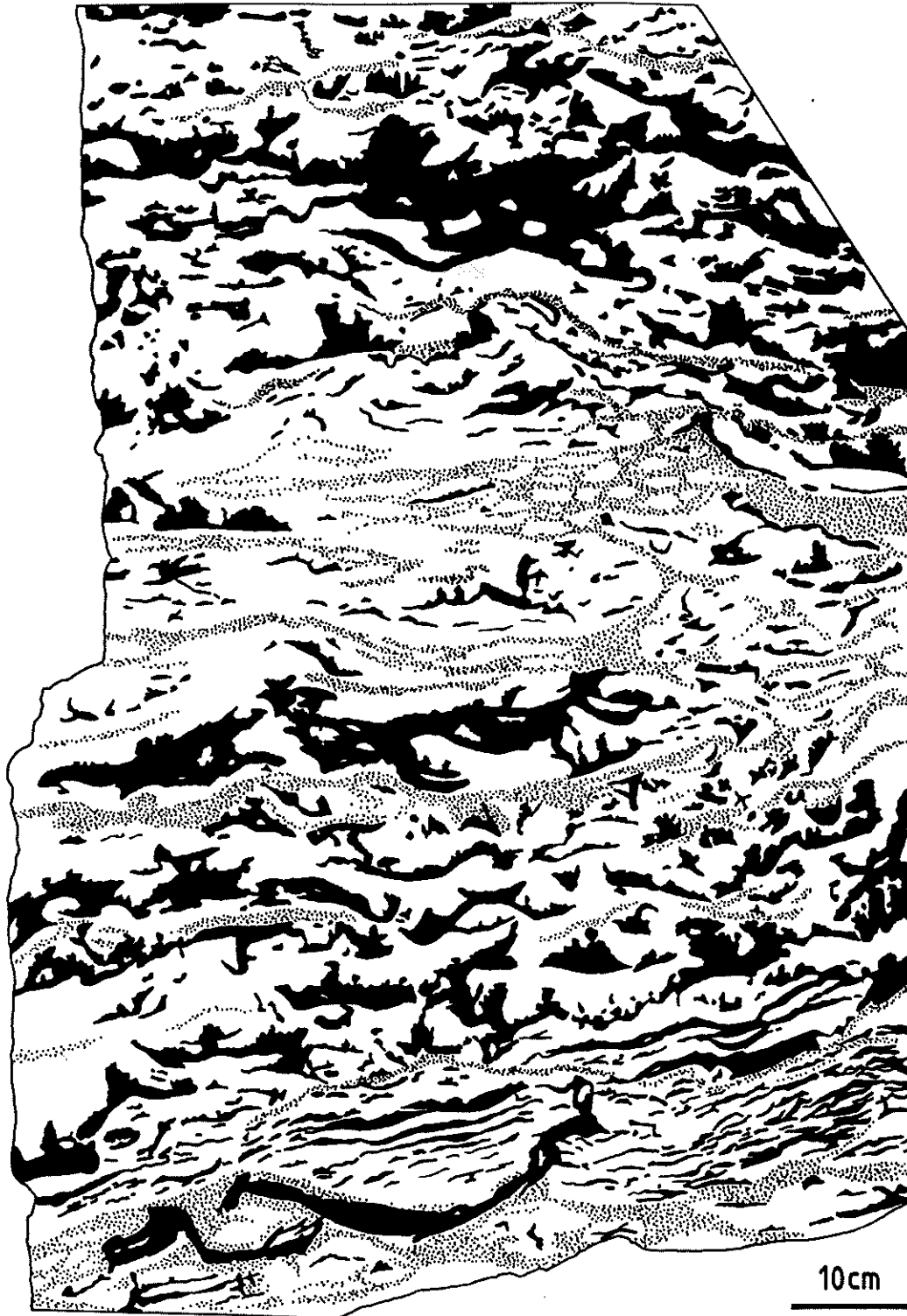


Figure V.9: relations entre taille et abondance des *Stromatactis* (en noir), et importance des "joints" argileux (en pointillé). Vers le bas, zebra au-dessus d'une petite faille inverse affectant un *Stromatactis* lamellaire. En blanc, la matrice. Calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3), bloc, carrière des Croisettes.

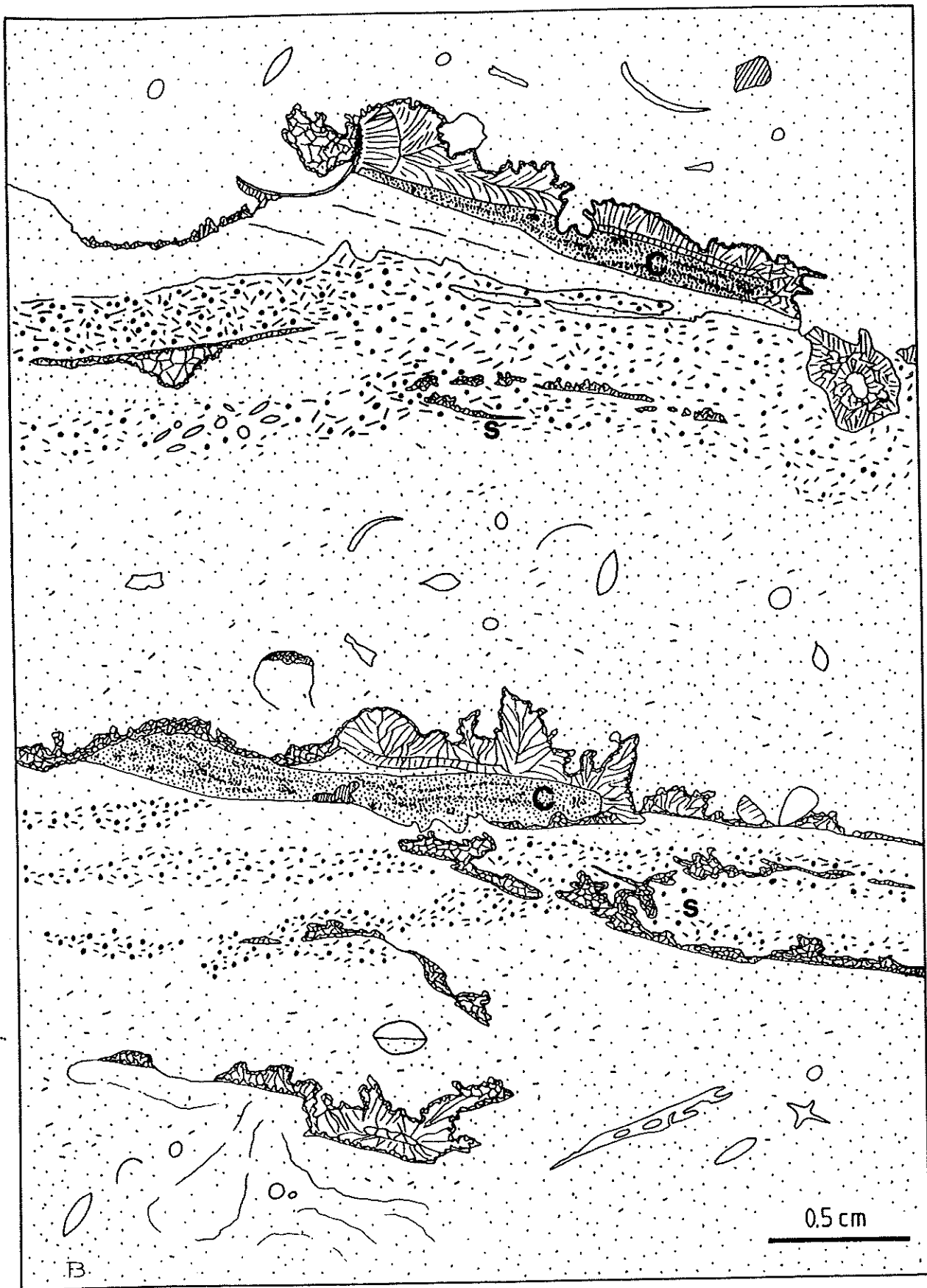


Figure V.11: relations géométriques entre des *Stromatactis*, des spicules d'Eponges (tirets) et des péloïdes (représentés par des pointillés grossiers). Les *Stromatactis* sont situés au-dessus des spicules et des péloïdes, eux-mêmes associés à des petites fenestres stromatactoïdes ("s"). Remarquer la présence d'un tapis cryptalgair ("C") dans le fond des deux *Stromatactis*, surmonté, en bas, par un peu de microspar (pointillé fin) probablement éboulé de la partie supérieure de la "cavité". Lame TP 57, Tapoumont.

Le ciment fibreux est en général plus développé au sommet des *Stromatactis* qu'à leur base. Entre le sédiment et le ciment fibreux, existe parfois une zone pseudosparitique grise, d'épaisseur irrégulière, de quelques centaines de microns. Ce pseudospar calcitique se localise surtout au sommet des *Stromatactis* et lorsque des fossiles sont inclus dans le ciment, ils possèdent aussi ce type d'"encroûtement". Lorsque cette bordure pseudosparitique est présente, on la retrouve dans tous les *Stromatactis* d'un même niveau (partie supérieure de Fort-Condé).

Outre ces *Stromatactis*, on trouve quelques petites *fenestras* généralement irrégulières, millimétriques à ciment sparitique granulaire. La fig. V.11 montre un cas où ces *fenestras* sont associées à un réseau spiculaire. La fig. V.12 montre la coexistence d'une *fenestra* millimétrique stromatactoïde avec un *Stromatactis*.

Hormis les spicules d'Éponges, les fossiles sont rares. On rencontre quelques *Egosiella*, Ostracodes, *Nanicella* et des micro-bioclastes. Les seules Algues présentes sont des *Kleinbergella*, en encroûtement asymétrique de spicules, de 200 à 300 μm d'épaisseur.

La matrice présente parfois une texture "vermiforme" (Kapp, fig. 3, 1975; Pratt, fig. 13c, 1982; Clough & Blodgett, 1985; structure "pellettoïde" au sens de Ross & coll., fig. 25 & 27, 1975; micrite "spongieuse" de Tsien, fig. 2 (2) & 3 (2), 1985; signalée également par Miller, p. 317, 1986, sans désignation). Cette structure est due à la présence de nombreuses *fenestras* tubulaires, allongées, souvent sinueuses et bifurquées, de diamètre variable proche de 70 μm (fig. V.13). Ces plages irrégulières sont souvent associées à la présence de *Stromatactis*. En dehors de ces zones, la matrice est homogène, microsparitique à pseudosparitique.

a. Les sédiments internes associés aux *Stromatactis*

La différence d'aspect entre la matrice située sous les *Stromatactis* et la matrice environnante permet de délimiter grossièrement l'extension de la cavité originale. La limite inférieure entre sédiments internes et sédiments encaissants est néanmoins souvent difficilement identifiable. Les limites latérales, par

contre, s'affirment progressivement au fur et à mesure que l'on se rapproche de la partie cimentée de la cavité.

Les remplissages de cavités (autre que les ciments) consistent (par fréquence décroissante) en:

- un microspar à vagues laminations planes (fig. V.14), passant parfois progressivement à du pseudospar vers le sommet du remplissage (il arrive cependant [ex.: HMD4], que la limite entre microspar et pseudospar soit nette, avec des interstratifications microspar-pseudospar). Le diamètre moyen des cristaux du sédiment interne est plus élevé que celui du sédiment encaissant, sauf à la base des cavités. Ce sédiment interne contient souvent des micro-bioclastes et plus rarement des spicules d'Éponges, des Ostracodes, des fragments de Crinoïdes, etc... D'une manière générale, on peut dire que les fossiles du sédiment interne sont identiques à ceux du sédiment encaissant, mais en moindre abondance. Certains remplissages contiennent des "boules de boue" (ex.: HMC28). La présence de filaments hématitiques de 20 à 40 μm de diamètre à proximité du sommet du remplissage n'est pas exceptionnelle. La transition remplissage-ciment est nette; le sédiment interne est parfois interstratifié avec des couches d'un ciment jaunâtre, en cristaux trapus de 100 μm (SC1, CD25, HMC30, par exemple). Certains sédiments internes présentent la particularité de contenir eux-mêmes des petites *fenestras* à ciment sparitique. Certaines de ces *fenestras* (diamètre 0,5 mm) peuvent être attribuées à la bioturbation;

- un microspar à texture "vermiforme" (voir ci-dessus et fig. V.13) contenant parfois des spicules identifiables;

- des péloïdes à bordure externe diffuse, de même coloration que le sédiment encaissant, d'un diamètre d'une centaine de μm , répartis à équidistance les uns des autres (cette distance est en général de l'ordre de une à deux fois le diamètre des péloïdes) et cimentés par une pseudosparite jaunâtre équigranulaire de 30 μm (ex.: SC6, SC9). Ce ciment passe insensiblement à de la calcite fibreuse lorsque la densité des péloïdes diminue. Dans certains cas, ce remplissage inclut quelques péloïdes de plus grande taille (600 μm , ex.: SC11; 200 μm , ex.: CD31) ou des micro-bioclastes et des Ostracodes (rare: CD31). Ce remplissage peut être irrégulièrement laminaire, avec alter

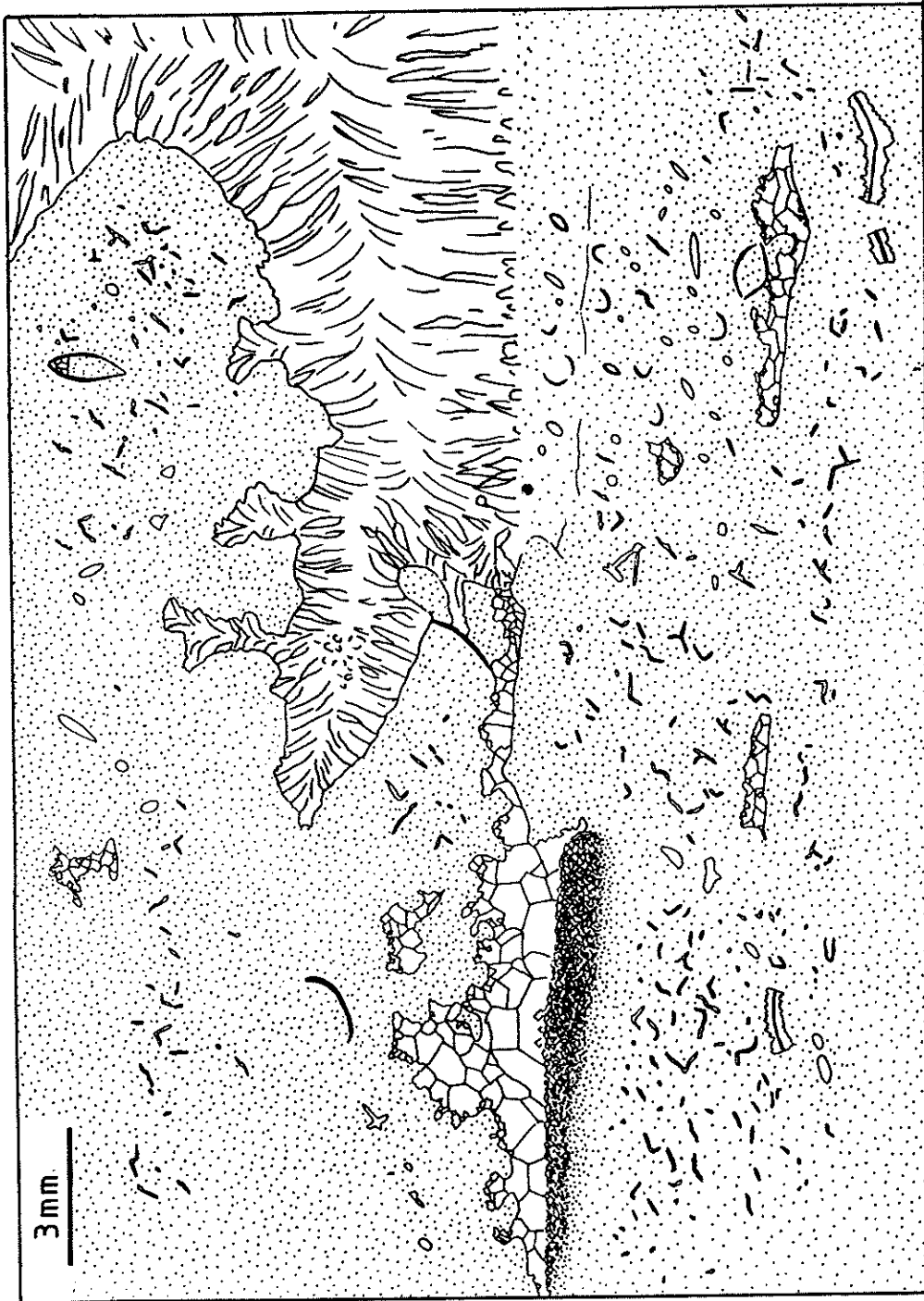


Figure V.12: *Stromatactis* (à droite) et *fenestra* stromatactoïde (à gauche), surmontant des spicules d'Eponges. Le néomorphisme de la micrite est nettement plus important sous la *fenestra* stromatactoïde, cimentée par de la sparite granulaire que sous le *Stromatactis*, cimenté par de la sparite fibreuse. La matrice est en pointillés. Lame CD 23, Fort-Condé.

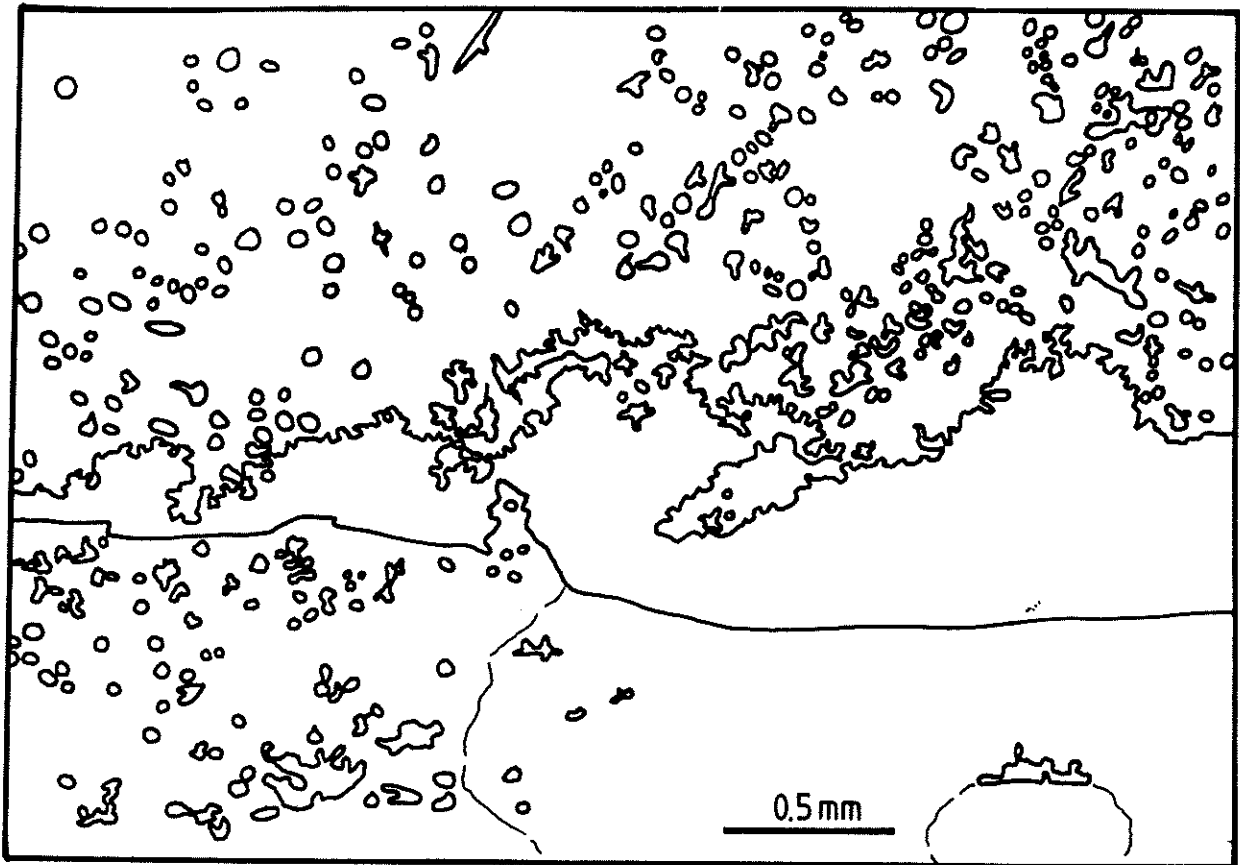


Figure V.10: relations géométriques entre une *fenestra* stromatactoïde et un réseau spiculaire. Lamé HMC 17, Hautmont, coupe C.

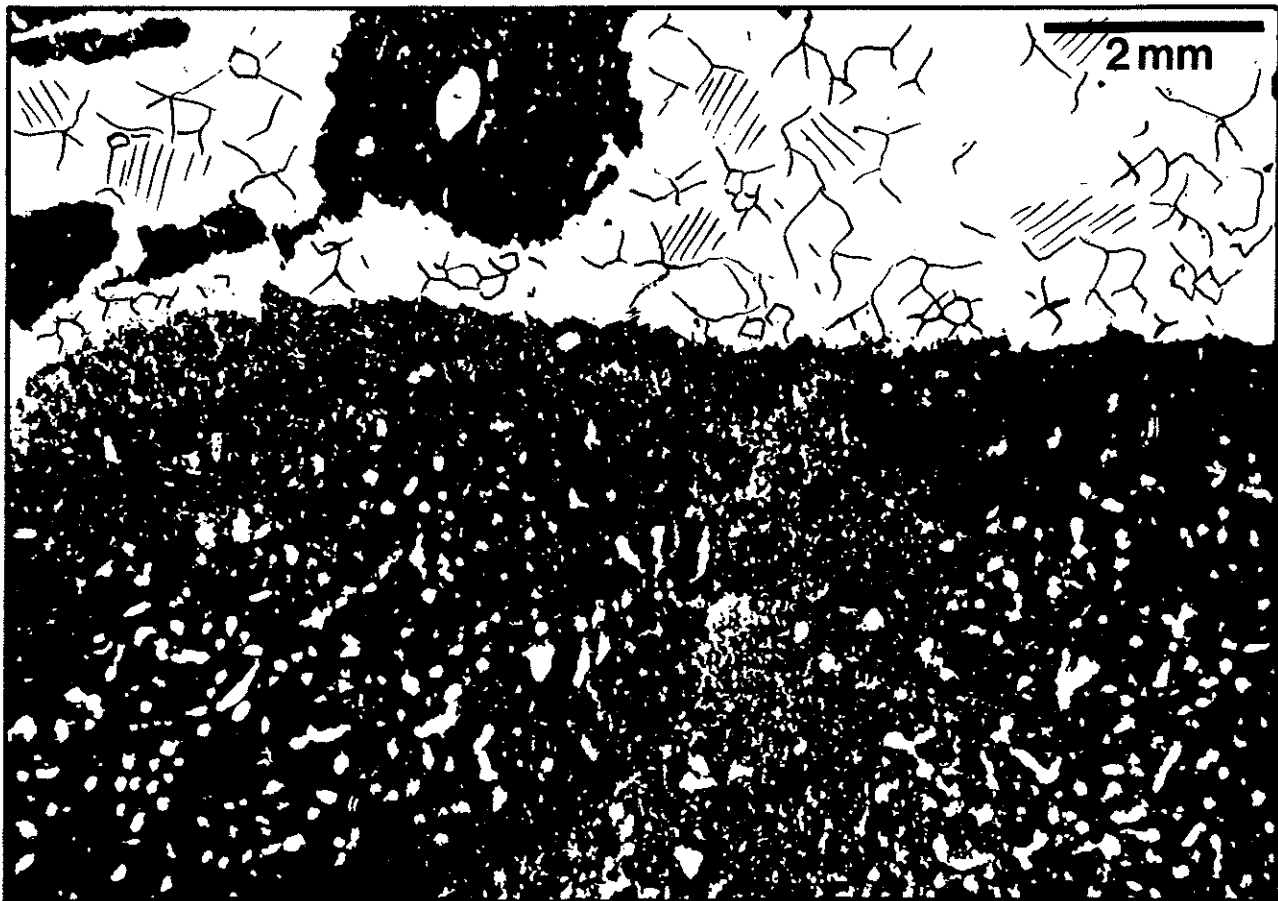


Figure V.13: structure vermiculaire sous une *fenestra*. Lamé CD 51, Fort-Condé.

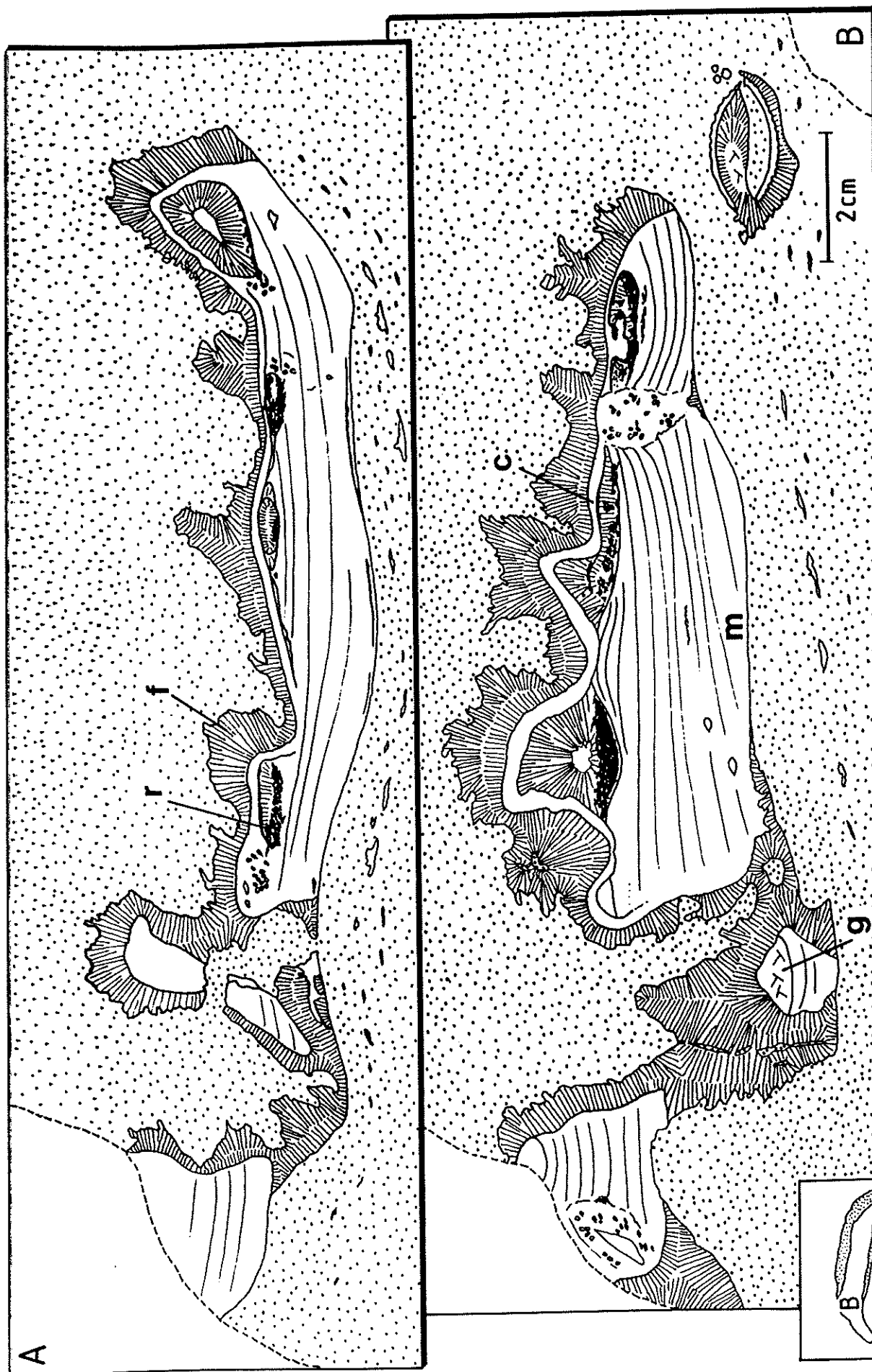


Figure V.14: sédiments internes dans un *Stromatolites*. Les tranches A et B sont découpées dans le même bloc à deux cm d'intervalle. "m": microspar laminaire; "r": péloïdes à forte coloration rouge; "c": encroûtement cryptalgare sur une première génération de ciment fibreux ("f"); "g": sparite granulaire. La matrice est en pointillés. Remarquer l'absence de ciment fibreux à la base du *Stromatolites*, par suite de la sédimentation interne. Bloc, Les Maquettes.

nance de lamines à péloïdes et pseudospar de quelques centaines de microns et de lamines micritiques de quelques dizaines de microns (ex.: CD31); ce type de sédiment est signalé par Playford, 1981, p. 18);

- des tapis micritiques sombres d'aspect cryptalgair (fig. V.11). Ces tapis encroûtent parfois, sur les parois latérales et supérieure de la cavité, une première génération de ciment fibreux (fig. V.14; pl. VIII, photo 7);

- des tubes attribuables à *Girvanella*, formant un tapis peu épais à la surface du sédiment interne (ex.: SC102);

- des "ooïdes" de 100 à 200 μm , à cortex microsparitique. Le nucleus peut être un fragment de coquille, d'Algue, un Ostracode, etc...

Ces divers types de sédiments internes peuvent être interstratifiés (fig. V.15). La séquence générale de succession des remplissages, déduite de nombreuses observations est la suivante: microspar à texture vermiforme-micrite ou microspar-péloïdes-ciment fibreux.

3. Mudstones à *Stromatactis*, spicules d'Eponges, bioclastes

Il s'agit le plus souvent de mudstones à *Stromatactis* contenant des spicules d'Eponge, parfois des réseaux spiculaires conservés, avec encroûtements sporadiques de *Kleinbergella*. S'y ajoutent des micro-bioclastes et bioclastes de coquilles, quelques Ostracodes et occasionnellement, des branches d'*Egosiella*.

4. Wackestones à bioclastes, spicules d'Eponges

Ce microfaciès est caractérisé par l'abondance relative des bioclastes (surtout de coquilles). Les spicules d'Eponges sont moyennement abondants, de même que les *Egosiella*. Secondairement, on rencontre quelques *Nanicella*, Brachiopodes, Bryozoaires branchus, Trilobites et Ostracodes. Quelques rares Crinoïdes biopérforés sont présents. Les *Stromatactis* sont moins fréquents que dans les autres microfaciès ci-dessus, mais on constate la présence de nombreuses petites *fenestras* irrégulières et stromatactoïdes à ciment granulaire.

Ce microfaciès peut, lorsque les processus de pression-dissolution (Wanless, 1979) sont intenses, prendre l'aspect d'un "stylocumulat" (cf. Logan & Semeniuk, 1976 p. 6; les stylocumulats sont des roches dont une grande part de la micrite a été dissoute, ne laissant subsister que les éléments figurés résistants, emballés dans une matrice très argileuse).

D'une manière générale, la matrice des trois microfaciès décrits ci-dessus est micro-à pseudosparitique; les cristaux se présentent sous la forme d'aiguilles trapues de 10 à 20 microns de longueur, dont l'enchevêtrement ne laisse subsister aucune porosité (voir chapitre "diagenèse").

IV. CALCAIRES ROUGES A ROSES A *STROMATACTIS*, CORAUX, CRINOIDES (LITHOFACIES S4) *ASSEMBLAGE A CORAUX, CRINOIDES, STROMATACTIS, KLEINBERGELLA*

Ce lithofaciès diffère du précédent par l'apparition, en quantité variable, de Crinoïdes (en général sous forme d'ossicules désarticulés) et de Coraux lamellaires, parfois tabulaires (*Alveolites*, "*Phillipsastrea*"). Les *Stromatactis* de grande taille sont inexistantes. On observe quelques exemplaires de taille moyenne, simples, souvent tabulaires, centimétriques à décimétriques. A ces *Stromatactis* de taille moyenne s'ajoutent des petits *Stromatactis* et *fenestras* stromatactoïdes à ciment fibreux et granulaire, millimétriques à centimétriques, dont l'abondance peut donner naissance à des réseaux irréguliers. Les *Stromatactis* y sont disposés "en relais", formant des passées d'épaisseur centimétrique (fig. V.16).

Il n'est pas rare de constater, sous les divers fossiles lamellaires (particulièrement les Coraux), la présence de *fenestras* à ciment fibreux (fig. V.17) et à base plane (due probablement à la présence de sédiments internes). Ces *fenestras* ont en général une épaisseur moindre que celle des organismes lamellaires qui les surmontent (fig. V.17); mais parfois leur épaisseur peut être du même ordre de grandeur, voire même de dix à quinze fois supérieure (fig. X.7). Dans ce cas, on a l'impression d'observer une suite (ou un ré

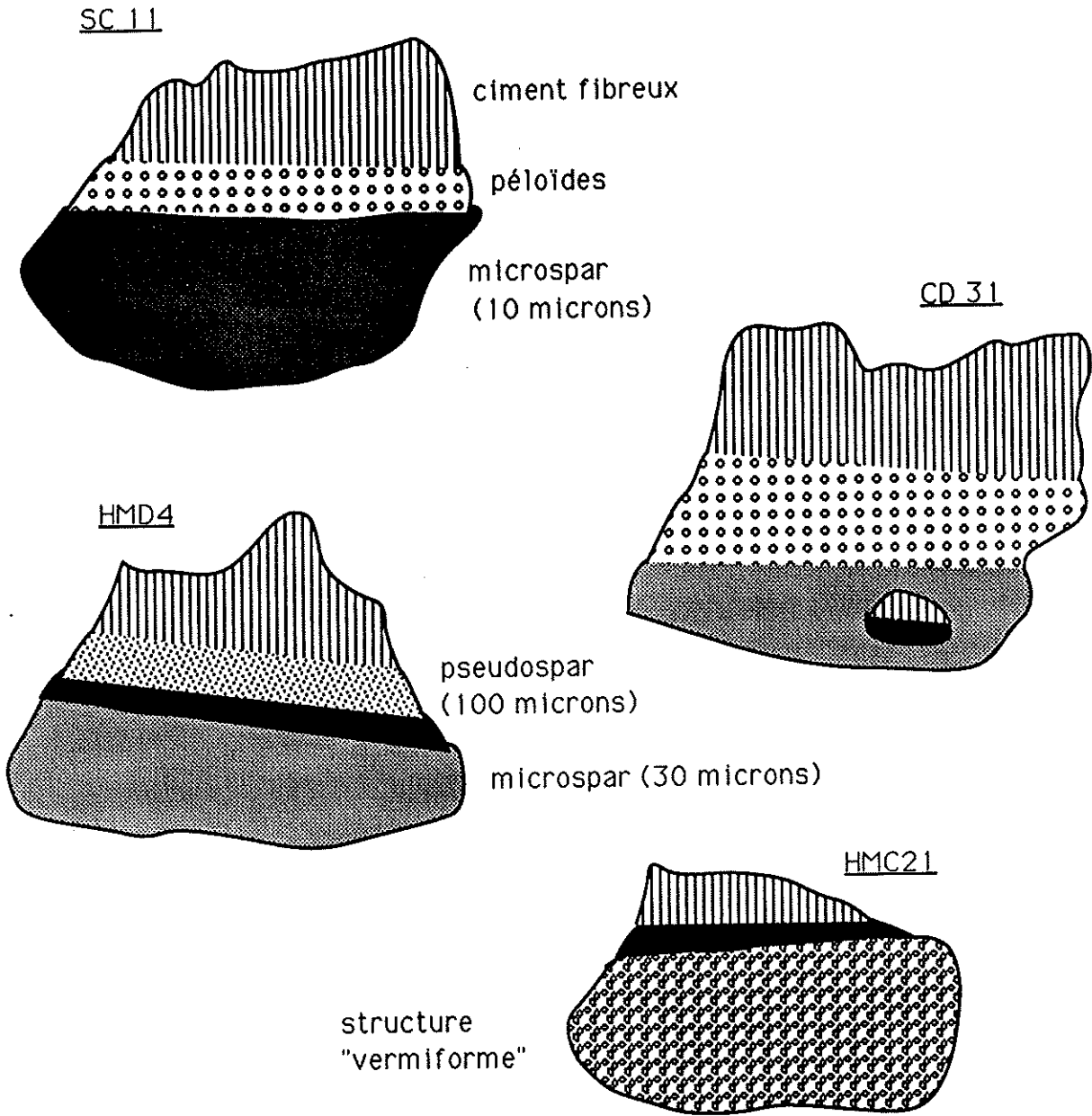


Figure V.15: divers types de sédiments internes dans des *Stromatolites*.



Figure V.16: passées de petits *Stromatolites* "en relais" dans des calcaires rouges à *Stromatolites*, Coraux, Crinoïdes (S4). En noir, la sparite fibreuse, en blanc, la sparite granulaire, en pointillés, la matrice. Plaque provenant de Rochefontaine, grandeur naturelle.



Figure V.17: *Alveolites* ("A") et "*Phillipsastraea*" ("P") lamellaires surmontant de la sparite fibreuse (en noir). Par endroit, la sparite fibreuse "déborde" des Coraux et forme des *Stromatolites* (flèches). Remarquer les spicules ("s") sous le ciment fibreux. En blanc, la matrice. Lithofaciès des calcaires rouges à *Stromatolites*, Coraux, Crinoïdes (S4). Bloc, Les Maquettes.

seau) de *Stromatactis* non digités. Dans tous les cas où la cavité déborde latéralement de l'organisme qui la recouvre, ce débordement donne naissance à une sorte d'excroissance digitée, orientée vers le haut (fig. V.18).

Ces calcaires ont un contenu en calcite de l'ordre de 90% (tabl. V.1); on y observe deux microfaciès distincts.

1. Wackestones à *Stromatactis*, spicules d'Eponge, Crinoïdes, bioclastes, Coraux

La couleur de ces wackestones (fig. V.19) est généralement rouge (exceptions: HMC35, HMD15, HMB19,...), souvent légèrement plus claire que les wackestones du lithofaciès S3. En plus des *Stromatactis* centimétriques à décimétriques s'observent de petites *fenestras* stromatactoïdes millimétriques à sub-millimétriques à ciment sparitique granulaire. Ces petites *fenestras* doivent leur base plane à un sédiment interne, légèrement moins riche en éléments figurés et plus néomorphique que le sédiment encaissant. Des Crinoïdes ou autres fossiles saillent souvent au sommet de ces *fenestras*, entre deux indentations du ciment dans le sédiment. Lorsque les coquilles sont abondantes, elles forment le toit de nombreuses *fenestras* à ciment granulaire.

Les fossiles les mieux représentés sont les Crinoïdes, les spicules d'Eponges, les Ostracodes et les micro-bioclastes. Les Brachiopodes sont plus rares, ainsi que les Gastéropodes. Occasionnellement, on observe des Lamellibranches, des Fénestelles, des Trilobites et bien sûr des Tabulés lamellaires, des "*Phillipsastrea*" tabulaires et des Rugueux solitaires. Les *Egosiella* ainsi que de rares *Senceliaepora* et *Thamnopora* branchus sont présents, mais les premiers dominent nettement. Les Algues ne sont représentées que par des *Kleinbergella* formant des encroûtements asymétriques sur les spicules et les Crinoïdes (l'échantillon HMB2 montre un encroûtement de *Kleinbergella* sur un fond durci) et de rares Rectangulines en pelotes anguleuses de quelques centaines de microns.

2. Packstones et wackestones à bioclastes (Crinoïdes, spicules d'Eponges, *Egosiella*, Brachiopodes,...)

Ce sont des packstones et wackestones bioclastiques. Les bioclastes, souvent groupés

en passées millimétriques, sont grossièrement classés. Suivant les cas, on observe des dimensions moyennes de 200 à 300 μm (ex.: HMC4) ou de 500 à 600 μm (ex.: HMC3) avec souvent quelques fossiles plus grands, de quelques millimètres à quelques centimètres (grands fragments d'*Alveolites*, de "*Phillipsastrea*", de Rugueux solitaires, de *Thamnopora* branchus, d'*Egosiella*, Brachiopodes, fragments de tiges de Crinoïdes avec plusieurs ossicules accolés,...). Ces passées bioclastiques surmontent à l'occasion un fond durci (échantillons HMC11, HMD8).

Les bioclastes consistent en ossicules de Crinoïdes, souvent fortement bioérodés, en spicules d'Eponges, fragments de Coraux (*Egosiella* principalement), de Brachiopodes, de Fénestelles; s'y ajoutent des Ostracodes et des *Nanicella*. Occasionnellement, on observe des fragments de Bryozoaires branchus, de Lamellibranches, de Trilobites, de Gastéropodes et quelques péloïdes algaires (sous forme de pelotes irrégulières, de taille variable, avec quelques tubes identifiables de *Sphaerocodium* ou de Girvanelles). Les micro-bioclastes sont abondants.

Il n'est pas rare d'observer, dans ce microfaciès, des microbrèches de quelques millimètres, constitués du même type de sédiment, parfois plus micritique (l'échantillon HMC4 contient une microbrèche avec encroûtement asymétrique de *Kleinbergella*). On observe aussi, dans des boules micritiques millimétriques, des réseaux spiculaires conservés.

les encroûtements de *Kleinbergella* sont assez fréquents. Quelques petites *fenestras* à sparite granulaire du même type que celles du microfaciès précédent sont présentes. Ce microfaciès peut évoluer vers un stylocumulat.

La matrice de ces deux microfaciès est de nature microsparitique, avec des cristaux en forme d'aiguilles trapues, mais sensiblement moins développées que dans le cas du lithofaciès précédent (ceci se remarque nettement lors de l'examen des lames de Petit-Mont, par exemple, où chaque passage entre les deux lithofaciès se marque par une variation de la taille des cristaux de microspar).

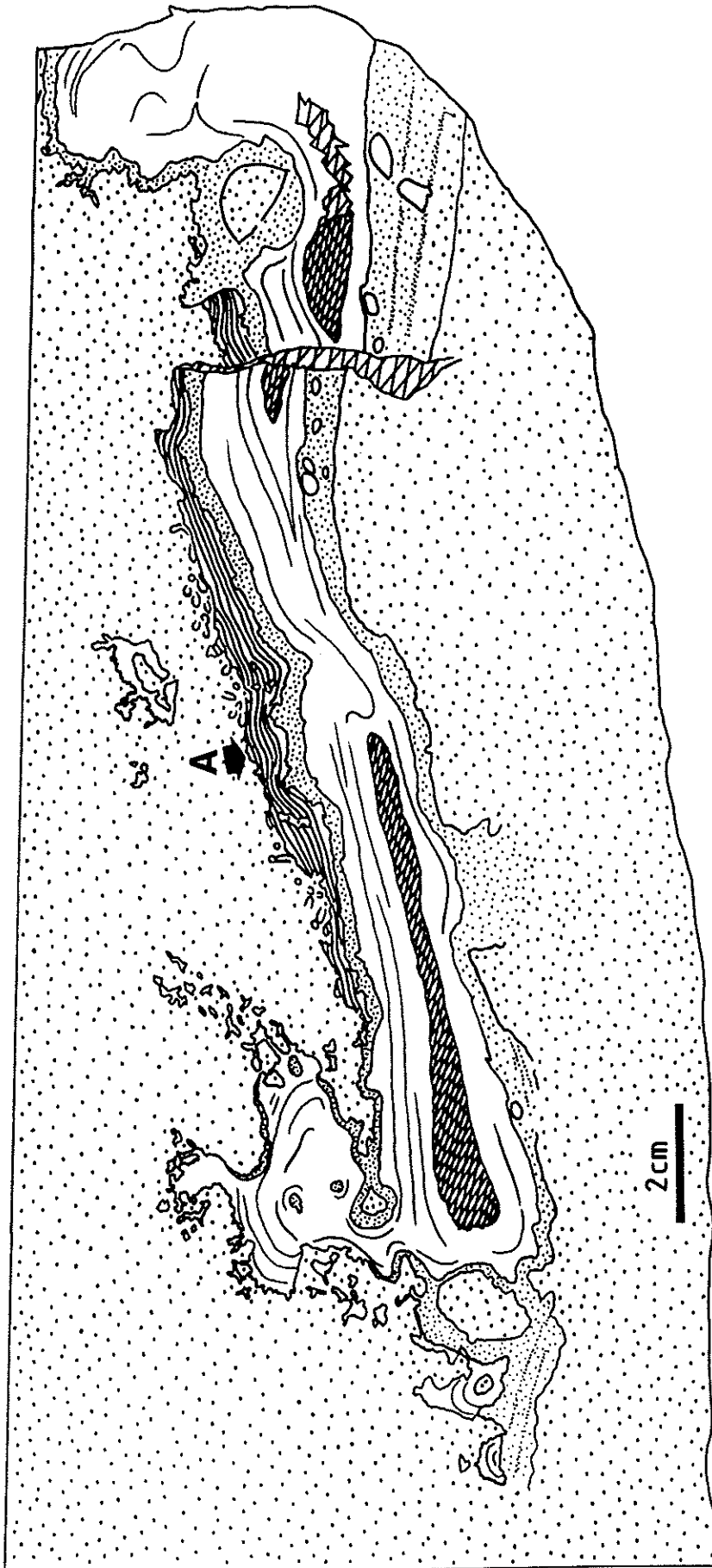


Figure V.18: *Alveolites* (A) surmontant une *fenestra* à ciment fibreux (en blanc) et dolomitique (hachures croisées); là où se termine latéralement le Corail, apparaît un *Stromatactis* (gauche du schéma). Lithofaciès des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4). La matrice est en pointillés. Plaque RFX 4, Rochefontaine.

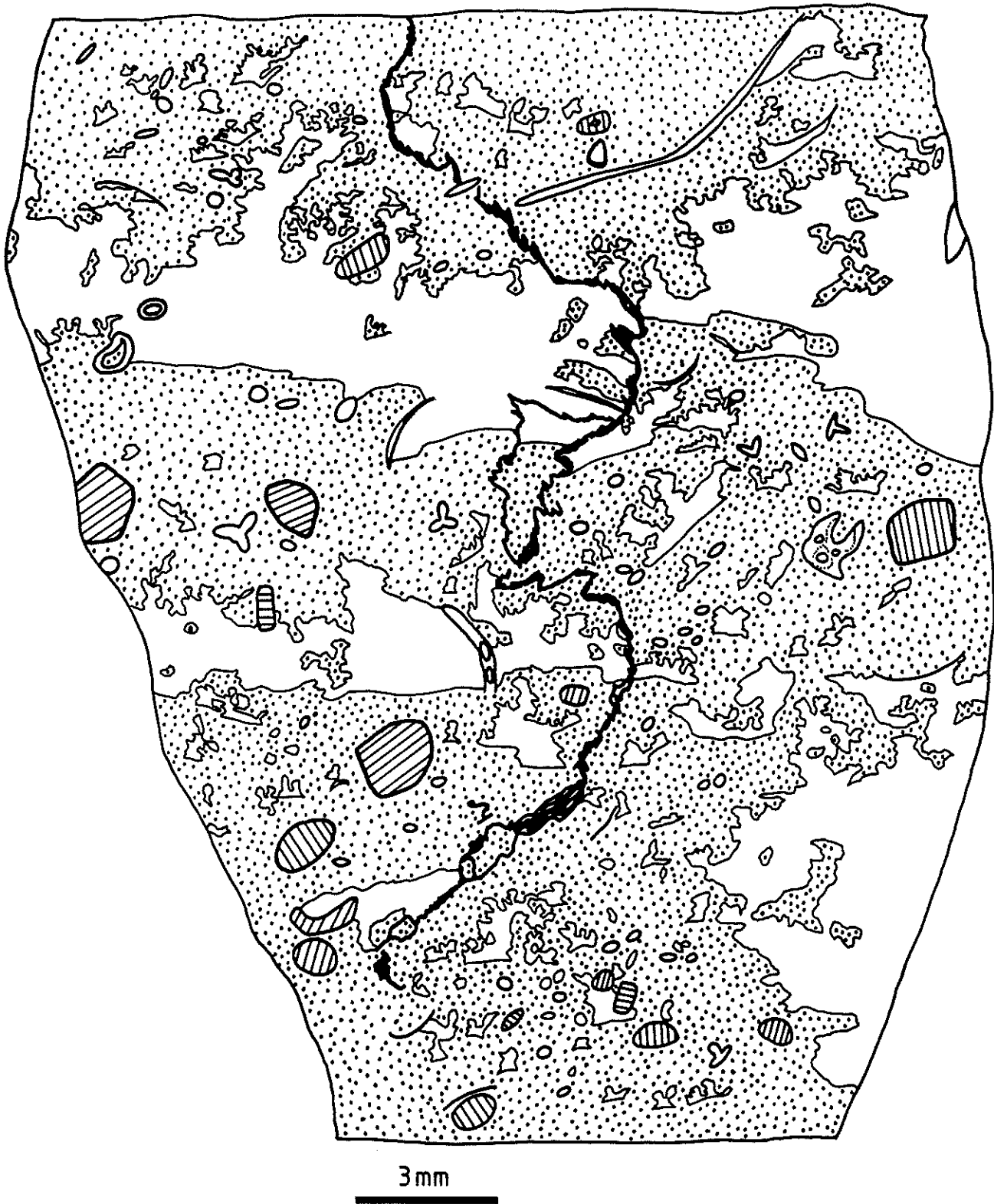


Figure V.19: wackestone à *Stromatactis* (en blanc), spicules d'Eponges, Crinoïdes (hachurés), bioclastes, (S4). La matrice est en pointillés. Lame TP 76, Tapoumont.

V. CALCAIRES ROSES A CORAUX, CRINOIDES, BRACHIOPODES, PETITS *STROMATACTIS*, *FENESTRAE*, STROMATOPORES (LITHOFACIES S5) ASSEMBLAGE A CRINOIDES, CORAUX, PELOIDES, *SPHAEROCODIUM*, *RENALCIS*

Ce lithofaciès est d'une teinte nettement plus claire que les deux lithofaciès précédents. Il est constitué de l'alternance décimétrique à métrique de:

- calcaires roses à nombreuses *fenestrae* millimétriques stromatactoïdes à ciment granulaire, Crinoïdes, Brachiopodes, etc... La matrice présente dans ce réseau de *fenestrae* possède les caractéristiques d'un sédiment infiltré (granoclassement, laminations). Par endroit, les *fenestrae*, moins abondantes, font place à des Coraux tabulaires ou nodulaires ("*Phillipsastrea*", *Alveolites* et exceptionnellement *Thecostegites*, pl. II, photo 3), voire à de grands *Thamnophyllum* formant des buissons métriques. A Beauchâteau, par exemple, ces *Thamnophyllum*, groupés sur quelques dizaines de m², sont basculés en tous sens. Les Tabulés branchus (*Thamnopora* et *Senceliaepora* essentiellement) sont abondants, comme les Brachiopodes. Des *Receptaculites* sont localement très nombreux;

- calcaires rouges à bioclastes millimétriques à centimétriques (Crinoïdes, fragments de Coraux, Brachiopodes), souvent stabilisés par des Coraux tabulaires (surtout *Alveolites*), plus rarement par des Stromatopores lamellaires. Ces passées bioclastiques sont souvent nettement plus argileuses que les sédiments encaissants.

Ce lithofaciès, très pur, a un contenu en calcite moyen proche de 100% (tabl. V.1); en lame mince, on y observe cinq microfaciès différents.

1. Wackestones à *Stromatactis*, spicules d'Eponges, péloïdes

Ce microfaciès est caractérisé par la présence de *Stromatactis* pluri-centimétriques, en général simples à digitation marquée, associés à des spicules d'Eponges. On observe aussi des Ostracodes, des péloïdes de quelques centaines de microns à un millimètre, probablement des débris d'encroûtements algaires, des *Sphaerocodium* et des

Girvanelles en encroûtements asymétriques de quelques centaines de microns et quelques *Renalcis* en petites touffes de dimension inférieure à 1 mm. Plus rarement, apparaissent quelques Crinoïdes, des *Egosiella* et quelques *Senceliaepora* et des fragments de *Thamnopora* et d'*Alveolites*.

2. Wackestones à *Stromatactis* ou *fenestrae* stromatactoïdes, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes

Il s'agit de wackestones, parfois de packstones à *Stromatactis* ou *fenestrae* stromatactoïdes millimétriques à centimétriques. Ces *fenestrae* sont abondantes, disposées en relais les unes par rapport aux autres et souvent adossées à un fossile qui limite leur extension verticale. Une partie assez importante de la matrice semble infiltrée (néomorphisme plus important que le sédiment encaissant, contenu en éléments figurés moindre, lamination, couleur légèrement différente).

Les éléments figurés consistent en abondants péloïdes irréguliers de quelques centaines de μm à 1 mm, d'origine algale (*Sphaerocodium* et/ou Girvanelles; probablement ici aussi des fragments d'encroûtements), accompagnés d'ossicules de Crinoïdes ou de fragments de Fénestelles (pl. II, photo 1). Ces deux derniers fossiles semblent mutuellement exclusifs lorsqu'ils sont abondants. S'y ajoutent des micro-bioclastes, des Ostracodes, des Gastéropodes, des Brachiopodes et des *Egosiella*. Occasionnellement, on observe des Lamellibranches, des spicules d'Eponges, des Trilobites, des *Renalcis*, des fragments d'*Alveolites* et de *Thamnopora*, des Bryozoaires branchus, des *Senceliaepora*, des *Nanicella*, des Cricoconarides, de petits fragments de Stromatopores lamellaires ou de Rugueux solitaires et des Rectangulines en pelotes anguleuses de quelques centaines de μm . Des boules de boue irrégulières de micrite sombre de 1 à 2 mm sont présentes également.

Quelques-uns des éléments figurés sont encroûtés asymétriquement soit par *Kleinbergella* qui est encore localement abondante, mais surtout par *Sphaerocodium*, plus rarement par des Girvanelles. Ces encroûtements peuvent atteindre une centaine de μm .

Par comparaison avec le lithofaciès S4 (calcaires rouges à *Stromatactis*, Crinoïdes, Coraux), on remarque que les Crinoïdes sont nettement moins bioérodés.

3. Packstones, grainstones, rudstones bioclastiques à Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes

Il s'agit d'un empilement d'éléments en équilibre mécanique avec une matrice totalement infiltrée (fig. V. 20). Ces éléments consistent en fossiles de quelques mm, en très bon état de conservation: des Fénestelles où l'on reconnaît plusieurs zoécies, des Brachiopodes, des Lamellibranches, des Cricoconarides, quelques ossicules perforés de Crinoïdes et des péloïdes millimétriques d'origine algale (Girvanelles, *Sphaerocodium* et rares *Wetheredelles*). Accessoirement, on trouve des Gastéropodes, des Bryozoaires fistuliporidés et branchus, des Stromatopores, des Tabulés branchus (*Thamnopora*, *Egosiella*, *Senceliaepora*) et des Trilobites. Signalons l'occurrence d'une microbrèche anguleuse (éch. SZ29).

A ces "grands" éléments s'ajoute une fraction bioclastique plus fine, de quelques centaines de μm , formée des mêmes fossiles, avec un enrichissement relatif en Crinoïdes; des *Renalcis*, des boules de boue et des Ostracodes sont également présents.

La cohésion de ces éléments figurés est maintenue, avant l'infiltration de la matrice par:

- du ciment fibreux en franges isopaques de 100 à 200 μm ;
- un ciment jaunâtre en cristaux trapus, rhomboédriques, formant une frange d'une seule rangée de cristaux, de 60 à 100 μm d'épaisseur;
- une frange microsparitique de quelques dizaines de μm .

La matrice, infiltrée dans cette trame consiste en:

- microspar et pseudospar approximativement équi-granulaire, montrant "granoclassement" inverse et lamination irrégulière (pl. II, photo 2). La lame SZ32' montre au sein du remplissage, un niveau cimenté par une rangée de cristaux trapus (voir ci-dessus);

- microspar à structure "vermiforme" (ex.: SC134);

- sédiment très riche en hématite, surmonté de microspar et pseudospar de couleur rouge (ex.: PM116).

Ce microfaciès peut présenter l'aspect d'un stylocumulat.

4. Coverstones à Crinoïdes, péloïdes, bioclastes, Coraux tabulaires et Stromatopores lamellaires

Il s'agit d'un sable bioclastique, à peu de choses près du même type que le microfaciès précédent, stabilisé mécaniquement (coverstone) par des Coraux tabulaires (principalement *Alveolites*, auquel on peut ajouter "*Phillipsastrea*" et de rares *Thecostegites*), des Stromatopores lamellaires (fig. V.21) et des Bryozoaires fistuliporidés encroûtants. Ces organismes sont fréquemment encroûtés par *Sphaerocodium*, par des Girvanelles et moins couramment par des *Kleinbergella* et des *Wetheredelles*. Je cite ci-dessous quelques successions d'encroûtements observées en lame mince:

- *Alveolites* - *Sphaerocodium* - Stromatopore - (*Kleinbergella* - Girvanelles - *Sphaerocodium*) x n: éch. SZ225;

- Fistuliporidé - (*Kleinbergella* - Girvanelles - *Sphaerocodium*) x n - Stromatopore - (*Sphaerocodium* - Girvanelle) x n: éch. SZ52;

- *Alveolites* - (Stromatopore - *Sphaerocodium* - *Wetheredelle*) x n: éch. SZ49;

- Fistuliporidé - *Alveolites* - (Fistuliporidé - Girvanelles - *Sphaerocodium*) x n - (Stromatopore - Fistuliporidé) x n - (*Kleinbergella* - Fistuliporidé - *Sphaerocodium*) x n - Stromatopore: éch. SZ15;

etc,...

De tels encroûtements se font sur plusieurs cm d'épaisseur (pl. II, photo 4).

Le sable bioclastique est riche en Crinoïdes et péloïdes algales (de quelques centaines de μm ; il s'agit de fragments d'encroûtements); s'y ajoutent des bioclastes

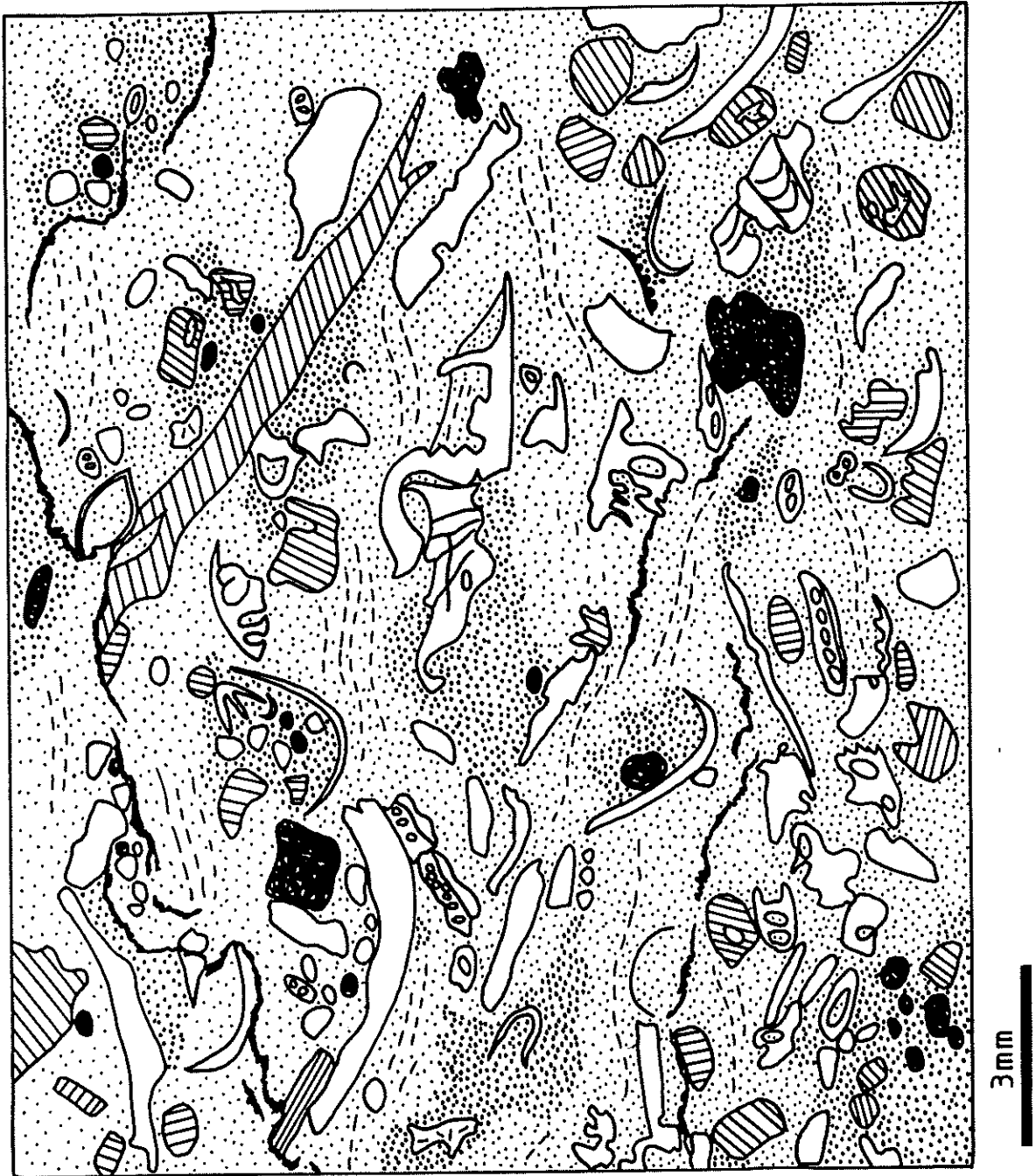


Figure V.20: packstone bioclastique à Crinoïdes (hachurés), Fénestelles, péloïdes (en noir), Brachiopodes (S5). La matrice, infiltrée et granoclassée, est en pointillés; un pointillé serré représente les zones les plus pseudosparitiques. Lamé SZ 32, Beauchâteau, coupe B.

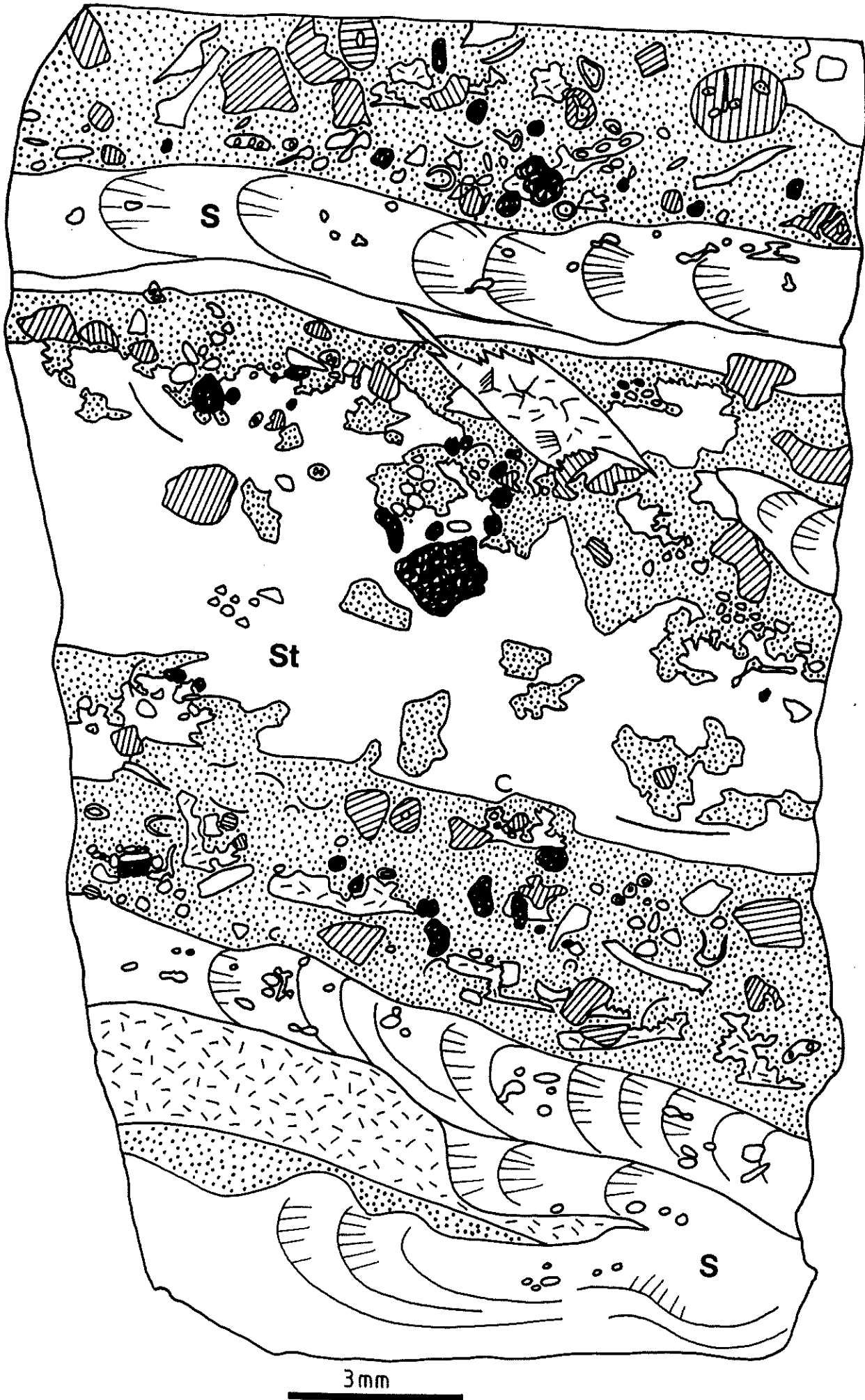


Figure V.21: coverstone à Crinoïdes (hachurés), péloïdes (en noir), bioclastes, Stromatopores lamellaires (S) (S5). Au centre, un *Stromatofactis* (St) et sous le Stromatopore du haut, une *fenestra* allongée à sparite fibreuse (en blanc). En tiretés, la sparite granulaire; en pointillés, la matrice. Lamé SZ 48, Beauchâteau, coupe B.

de Fénestelles, des Ostracodes, des *Renalcis* en petits bouquets (éch. HM42: *Renalcis* en habitat cryptique, sous un Lamellibranche), des fragments des constructeurs cités plus haut et moins fréquemment des boules de boue de 2 à 3 mm, des Gastéropodes, des *Sencelliaepora*, des *Egosiella*, des Cricoconarides, des Brachiopodes, des Lamellibranches, des spicules d'Éponges, des *Nanicella*, des fragments de Rugueux solitaires et des Rectangulines. Dans certains cas (éch. SZ51), les fragments de Coraux présentent un net arrondi. Ces bioclastes, contrairement aux organismes lamellaires, sont peu encroûtés (encroûtements asymétriques).

La matrice micritique, riche en micro-bioclastes est infiltrée entre les bioclastes et délimite parfois des *fenestras* stromatactoïdes. S'y ajoutent de rares *Stromatactis* complexes à digitation marquée, de taille centimétrique, dont le ciment fibreux contient quelques fossiles (fig. V.21). Certaines *fenestras* contiennent des ooïdes à cortex micritique.

Ce microfaciès montre une variation latérale lorsqu'on s'éloigne du centre des monticules vers la périphérie: le contenu en éléments figurés change et s'enrichit en Foraminifères, spicules, Crinoïdes et Trilobites, avec une diminution de la taille moyenne des bioclastes et l'aspect évolue vers une structure de type "stylocumulat". Le caractère "coverstone" ne se modifie pas.

5. Wackestones et floatstones à Crinoïdes, Coraux, bioclastes

Le contenu faunistique et floristique de ce microfaciès est identique à celui du microfaciès précédent. Il s'agit cependant ici d'un floatstone ou d'un wackestone où les bioclastes flottent dans une matrice micritique dont une part peut être infiltrée.

VI. CALCAIRES GRIS FONCES A BRACHIOPODES ET CRINOIDES CIMENTES PAR DE LA CALCITE FIBREUSE ("NEBULOIDES") (LITHOFACIES S6) ASSEMBLAGE A BRACHIOPODES, PELOIDES, CRINOIDES, FENESTELLES

Ce lithofaciès pourrait être considéré comme un aspect particulier, comme un "accident" du lithofaciès précédent, auquel il

est fréquemment lié, soit qu'il forme des "bancs" au sein de celui-ci, soit qu'il y forme des poches, des lentilles ou des structures irrégulières... Mais son développement peut devenir si considérable qu'il constitue la presque totalité de la roche. C'est pour cette raison et parce que ses caractères lithologiques permettent de le différencier nettement de tout autre sédiment que j'en ai fait un lithofaciès à part entière.

Il faut donc garder à l'esprit qu'il existe un continuum entre les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Stromatopores, *fenestras* avec quelques poches cimentées à Brachiopodes et Crinoïdes d'une part et des accumulations de Brachiopodes cimentés en bancs pluri-décimétriques, séparés par de minces intercalations de calcaires roses d'autre part. Les poches sont irrégulières, grossièrement lenticulaires, décimétriques à plurimétriques; les bancs sont d'épaisseur décimétrique (pl. II, photo 5) avec une extension horizontale de quelques m (coupe des Bulants, fig. IV. 16, 30 m et 38 m) ou de 20 à 30 cm d'épaisseur avec une extension latérale de plusieurs dizaines de m (coupes de Tapoumont, fig. IV.15, bas et de Petit-Mont, fig. IV. 28, 60 et 62 m par exemple).

Ce lithofaciès, que j'appelle "nébuloïde" (car le ciment fibreux englobe les éléments figurés comme une couche de brouillard noie les objets, d'une nappe par endroits effilochée), se caractérise par une accumulation de Brachiopodes ou localement de *Receptaculites*, cimentés par une calcite fibreuse gris-noir (cette calcite fibreuse est en général nettement plus sombre que la calcite fibreuse qui cimente les *Stromatactis*). En périphérie des monticules, les Brachiopodes sont progressivement remplacés par des Crinoïdes.

Lorsqu'il existe un passage latéral entre ce lithofaciès et des calcaires micritiques, on observe que la diminution de l'abondance des Brachiopodes s'accompagne de la dispersion dans le sédiment de la zone cimentée (comme le brouillard qui s'effiloche) sous forme de petits *Stromatactis* plurimillimétriques en relais, qui à leur tour se raréfient progressivement. Par endroit, les nébuloïdes prennent l'aspect de "passées" de *fenestras* très irrégulières, englobant les fossiles, à ciment fibreux et granulaire (fig. V.22), de taille variable, souvent décimétrique.

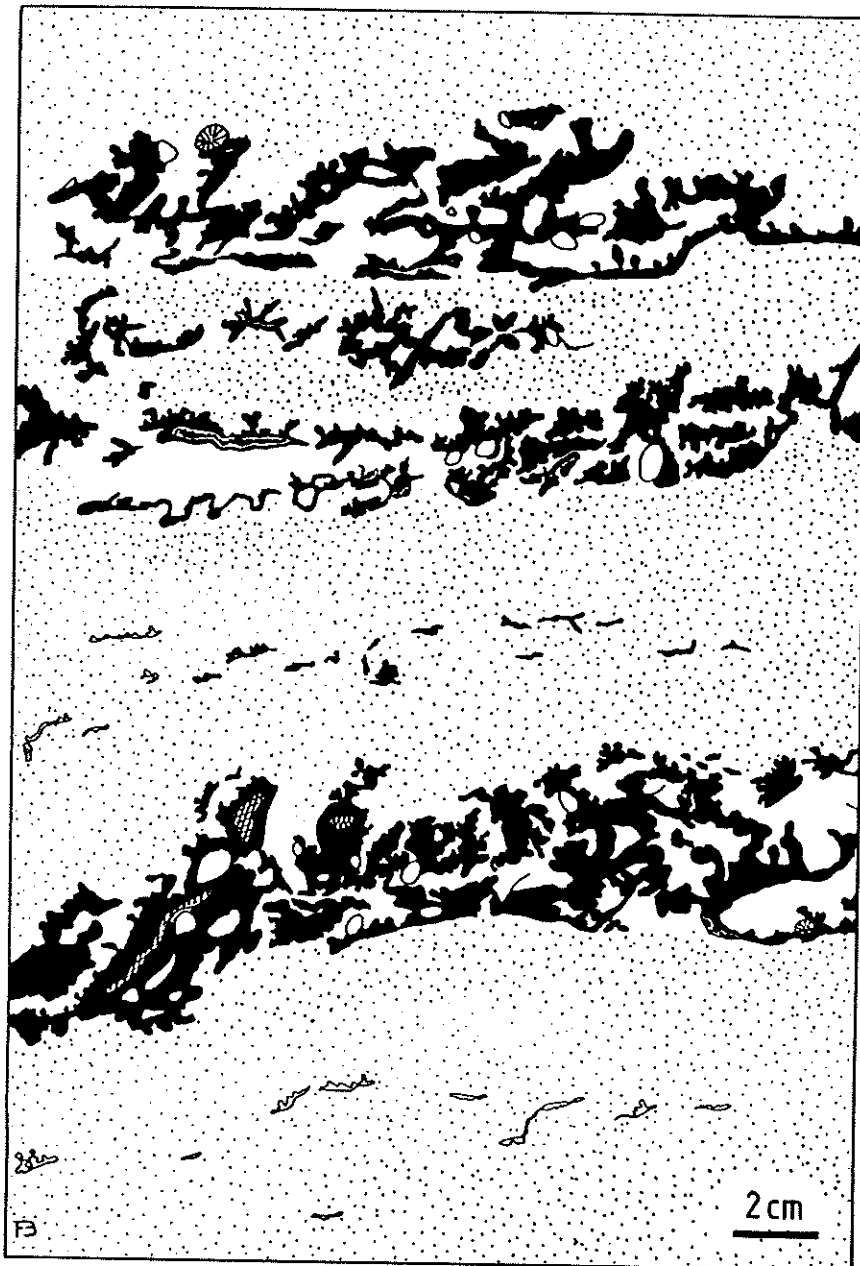


Figure V.22: type particulier de "nébuloides": *fenestrae* irrégulières à ciment fibreux (en noir), formant des "passées" décimétriques dans les calcaires rouges à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petites *fenestrae*, Stomatopores (S5). En blanc, la sparite granulaire; en pointillés, la matrice; en hachures croisées, la dolomite ferrifère. Bloc, carrière de Rochefontaine.

Dans les zones où les nébuloïdes sont fréquents en passées horizontales, les *Stromatactis* millimétriques sont abondants entre deux zones cimentées successives. Les îlots de micrite cimentés par la calcite fibreuse sont toujours décolorés par rapport au sédiment encaissant.

Ce lithofaciès possède est riche en dolomite ferrifère brun-orangée ("peaux de crapeaux" des carriers).

Une dernière caractéristique de ce lithofaciès est sa périodicité. A Tapoumont, par exemple, dans la paroi en cours d'exploitation, vers la partie centrale du bioherme, des passées de 20 à 30 cm se superposent régulièrement à intervalles de quelques dizaines de centimètres et ce sur plus d'une dizaine de mètres.

Le contenu en calcite de ce lithofaciès est proche de 100%.

1. Grainstones à ciment fibreux à Brachiopodes, péloïdes, Crinoïdes

En lame mince, on remarque immédiatement la richesse en "impuretés" du ciment fibreux (pl. II, photo 6). Ces impuretés semblent être de même nature que dans les calcites fibreuses provenant d'autres lithofaciès (voir chapitre "diagenèse" pour la nature des impuretés), mais leur abondance est nettement plus élevée. Elles se répartissent en bandes de densité différente, perpendiculaires à la direction de croissance des fibres.

Le ciment se dispose en franges isopaques de 0,5 mm à plusieurs mm autour des éléments figurés qu'il inclut (pl. II, photo 6). Les éléments figurés comprennent principalement des Brachiopodes, en très bon état de conservation, des péloïdes (probablement des fragments d'encroûtements de 50 à 500 μm de diamètre) et en quantité moindre, des Crinoïdes, des Fénestelles, des Tabulés branchus (*Thamnopora*, *Senceliaepora*, rares *Egosiella*) et quelques spicules. Occasionnellement, on observe des Gastéropodes, des fragments d'*Alveolites* et de *Receptaculites*, des Ostracodes, des pelotes irrégulières de *Sphaerocodium* de 1 à 2 mm, des Lamellibranches, des Bryozoaires branchus et des fragments de *Fistuliporidés*, des *Renalcis* et de rares microbrèches, Trilobites et Stromatopores.

Souvent, tous ces éléments figurés sont encroûtés asymétriquement par des *Sphaerocodium* ou des Girvanelles. Ces encroûtements de 0,5 mm d'épaisseur moyenne sont pseudosparitiques (pseudospar de 20 μm) et directement en contact avec la calcite fibreuse.

Les fossiles semblent souvent, tant la proportion de calcite fibreuse est importante, flotter dans le ciment. La lame BL43 montre une certaine quantité de micrite infiltrée entre les éléments figurés.

VII. CALCAIRES GRIS A *FENESTRAE* MILLIMÉTRIQUES, TABULES BRANCHUS ET BRACHIOPODES (LITHOFACIES S7) *ASSEMBLAGE A PÉLOIDES, SPHAEROCODIUM, GIRVANELLES, TRELONELLA*

Ce lithofaciès ne se différencie pas de manière spectaculaire sur le terrain. Sa couleur, son caractère stratifié et sa nature micritique suffisent cependant à le reconnaître. Les *fenestrae* à ciment sparitique granulaire sont difficiles à distinguer. On observe peu de ciment fibreux et de *Stromatactis*. Le contenu en insolubles de ces calcaires est nul (tabl. V.1).

En lame mince, on observe deux microfaciès.

1. Wackestones à péloïdes, Tabulés branchus, fenestrae millimétriques stromatactoïdes

Ces wackestones, plus rarement packstones sont caractérisés par leur richesse en péloïdes et par le développement important des encroûtements algaires. Les péloïdes, de 50 à 200 μm sont probablement des fragments d'encroûtements; ils sont accompagnés de quelques boules de boue millimétriques. A ces péloïdes s'ajoutent, mais en moindre proportion, d'autres éléments figurés: des Tabulés branchus (*Senceliaepora*, *Thamnopora*), des pelotes de *Sphaerocodium*, des *Trelonella*, souvent brisées (pl. II, photo 7), des Fénestelles et des Bryozoaires branchus, des Crinoïdes, des micro-bioclastes, des Brachiopodes, des Ostracodes et des Gastéropodes. Occasionnellement, on trouve des *Renalcis*, des Stromatopores branchus ou lamellaires, des *Nuia*, des Lamellibranches, des

Bryozoaires fistuliporidés, des spicules d'Eponges, des *Alveolites*, des fragments de Rugueux massifs, des microbrèches millimétriques (même microfaciès) et des raies de Radiosphaeroporelles.

Les encroûtements (*Sphaerocodium*, Girvanelle et dans une moindre mesure Fistuliporidés et Wetheredelles) sont asymétriques ou complets et peuvent être complexes. Ils atteignent souvent plusieurs mm. Les Crinoïdes sont en général nettement moins encroûtés que les autres fossiles. Les encroûtements les plus développés contiennent souvent quelques micro-bioclastes.

Les *fenestrae* sont souvent abondantes dans ce microfaciès. Il s'agit en général de *fenestrae* stromatactoïdes à cimentation sparitique granulaire, de taille millimétrique. Lorsqu'elles sont plus grandes, la cimentation est fibreuse et l'on a alors de petits *Stromatactis* en relais.

Par endroit, les péloïdes semblent former une trame résistante, dans laquelle s'infiltré un peu de micrite. La proportion sédiment infiltré/sédiment primaire est faible.

2. Grainstones à péloïdes, Girvanelle, *Sphaerocodium*, *Trelonella*

Ces grainstones à ciment fibreux, ciment fibreux fortement recristallisé ou ciment sparitique contiennent parfois un peu de micrite infiltrée. Les péloïdes d'origine algale (fragments d'encroûtements) sont très abondants et de taille variable (100 à 500 μm). Tous les fossiles sont encroûtés symétriquement par *Sphaerocodium*, Girvanelle, quelques Wetheredelles et de rares Serpules. Les fossiles comprennent de manière caractéristique de nombreuses *Trelonella* (pl. II, photo 8), dissoutes et cimentées par de la calcite sparitique granulaire ou même fibreuse (rare: éch. PM142). S'y ajoutent des bioclastes d'environ 200 μm de coquilles, spicules etc..., des spicules d'Eponge (mégasclères de 0,5 mm de diamètre), des Brachiopodes, des *Senceliaepora* et des *Thamnopora*, des Lamellibranches, des Crinoïdes et des Ostracodes. On observe sporadiquement des Trilobites, des Fénestelles, des Bryozoaires branchus et fistuliporidés, des Gastéropodes, des *Renalcis*, des Orthocères et des raies de Radiosphaeroporelles. Outre ces fossiles, des boules de boue de quelques mm de diamètre et

des microbrèches irrégulières de la même dimension (même lithofaciès) ne sont pas rares. Tous les éléments figurés sont brisés; il n'y a pas de classement granulométrique.

VIII. CALCAIRES GRIS MASSIFS A CORAUX, STROMATOPORES, THROMBOLITES, TAPIS LAMINAIRES (LITHOFACIES S8) ASSEMBLAGE A CORAUX, RENALCIS, SPHAEROCODIUM, STROMATOPORES, TAPIS GRUMELEUX

Ce lithofaciès ("marbre gris" des carriers) est caractérisé par son aspect massif, sans joints argileux et sans organismes lamellaires ou tabulaires. Contrairement aux autres lithofaciès, des stylolithes sont présents. Sur paroi sciée, seules se détachent des *fenestrae* à ciment granulaire blanc tranchant sur le fond gris de la roche. Ces *fenestrae*, sont de forme irrégulière à contour arrondi (pas de sommet digité du type *Stromatactis*). On y remarque souvent, isolés dans le ciment, des copeaux, résultant d'effondrement du toit ou des parois.

La coupe HMP (Hautmont, fig. IV. 27) montre, à plusieurs niveaux (1,6 à 2 m; 3,6 à 4 m; 4,6 à 5,2 m) des brèches centimétriques ou des galets légèrement arrondis, de même lithofaciès, dans un encaissant légèrement plus clair. Ces brèches, ou ces galets n'ont subi que peu ou pas de déplacement, car certains fragments s'emboîtent mutuellement.

Le lithofaciès révèle des Coraux sub-sphériques ou bulbeux (pl. III, photo 1), le plus souvent des Rugueux du genre *Hankaxis*, avec quelques "*Phillipsastrea*" et aussi quelques *Alveolites*. Les Brachiopodes sont localement abondants, de même que les *Thamnopora* et les *Renalcis* qui se détachent en blanc sur le fond gris de la roche. Le calcaire prend par endroit un aspect laminaire, avec de petits dômes surbaissés de quelques cm de haut ressemblant à des "stromatolithes"⁽¹⁴⁾ du type "LLH-S" et

(14): les stromatolithes sont définis par Logan & coll. (1964, p. 69) comme suit: "Stromatolites are laminated structures composed of particulate sand, silt and clay-size sediment, which have been formed by the trapping and binding of detrital sediment particles by an algal film (...). Stromatolites may be columnar, club-shaped, undulose or spheroidal in form".

"LLH-C" ("laterally linked hemispheroids", "close" et "space" "linked").

Je discuterai dans le chapitre interprétatif de l'attribution des structures observées. Un court examen montre toutefois que s'il s'agit bien de structures d'origine biologique et non physique (cf. les critères proposés par Aitken, 1967, p. 1170, notamment l'encroûtement des irrégularités du substrat par des lamines d'épaisseur constante) l'absence de lamines de sédiment détritique exclut l'appellation stromatolithe. Contentons-nous donc de l'appellation "tapis laminaires".

La classification descriptive que j'ai utilisée ci-dessus est celle de Logan & coll., (1964), modifiée par Aitken (1967) de manière à y intégrer les laminites planes. Cette classification, destinée aux stromatolithes est aussi applicable aux tapis laminaires.

D'une manière générale, le contour des organismes est souligné par un liseré centimétrique de même aspect que le calcaire laminaire. Le contenu en insolubles est négligeable.

On observe en lame mince quatre microfaciès.

1. Bindstones laminaires à péloïdes

Ces bindstones sont constitués de péloïdes ronds de 30 à 60 μm , à contour diffus, dispersés dans un pseudospar jaunâtre de 30 à 100 μm . Souvent, ce pseudospar forme un cortex de 30 μm d'épaisseur autour des péloïdes⁽¹⁵⁾. Cette structure particulière est comparable à la "structure grumeleuse" de Cayeux (1935, p. 271): "(...) elle montre de tout petits éléments calcaires, à pâte extrêmement fine, se détachant en gris sombre, de forme générale globuleuse ou irrégulière, dont les contours ne sont jamais franchement arrêtés et sans différenciation d'aucune sorte. Ces matériaux, dont la microstructure est invariablement cryptocristalline, sont plongés dans une gangue de calcite incolore et grenue". Voir également Bathurst, 1971, p. 511-513; Leeder, 1982, p. 296; Flügel, 1982, p. 119 qui reprennent la même définition. La structure grumeleuse est équivalente à la "structure

(15): signalons de rares cas où ce cortex est lui-même surmonté d'un liseré micritique de quelques dizaines de μm .

granulaire" de Gürich (1906, p. 15), à la "structure pelleteïdale" ou "péloïdale" ("pelleted fabric") de Riding & Toomey (1972, p. 515); Ross & coll. (1975, p. 39)⁽¹⁶⁾; Bathurst (1982, p. 167); Bourque & Gignac (1983, p. 526); Bourque (1984); Tsien (1985, p. 292), à la "clotted structure" de Schwarzacker (1961, p. 1486-1487); Lees (1964 p. 508); Lees & Miller (1985, p. 175) et Bridges & Chapman (1988, p. 144) et à la "structure spongiforme" de Pratt (1982, p. 1216 et fig. 13 a, b) et de Jansa & coll. (1989, p. 733). Je discuterai, dans le chapitre consacré à l'interprétation sédimentologique, de la signification de cet aspect particulier de la matrice. Insistons simplement ici sur le fait que le ciment est un pseudospar et qu'il ne s'agit donc pas de grainstones à péloïdes!

Outre ces péloïdes à "contour diffus", on observe en moindre abondance, des péloïdes irréguliers, à bordure nette cette fois, de quelques centaines de μm et occasionnellement des micro-bioclastes, des Ostracodes, des *Renalcis*, des *Nuia* et des brèches millimétriques du même microfaciès.

Ces bindstones sont souvent laminaires, avec par endroits, des *fenestrae* allongées horizontalement à la jonction de deux lamines successives. La lamination, plane, millimétrique à pluri-millimétrique mais peu continue latéralement, est due à la présence de fins lits plus micritiques entre lamines riches en péloïdes ("lamination alternante simple" suivant la classification de Monty, 1976, p. 195).

2. Bafflestones thrombolitiques à structure grumeleuse, à *Renalcis*, *Palaeomicrocodium*

La structure de base est une "matrice" à structure grumeleuse, telle que décrite en (1) ci-dessus mais qui, au lieu de présenter une structure laminaire, forme des digitations verticales irrégulières (thrombolite)⁽¹⁷⁾, délimitant des espaces inter-digitations de quelques mm où se dépose un sédiment à carapaces

(16): mais ces auteurs appellent aussi du même nom ce que j'ai distingué comme "structure vermiforme".

(17): ici encore, j'utilise ce terme avec une connotation essentiellement descriptive. Les thrombolites sont des "(...) cryptalgal structures lacking lamination and characterized by a macroscopic clotted fabric." (Aitken, 1967, p. 1164).

d'Ostracodes, péloïdes et micro-bioclastes. Quelques Gastéropodes et fragments de Lamellibranches et de *Trelonella* sont également présents. Ce remplissage est parfois laminaire.

Au sein des digitations, on observe de très abondants buissons verticaux de *Renalcis*, de 1 à 5 mm de hauteur, associés à d'abondants *Palaeomicrocodium* qui semblent aussi se disposer en buissons de taille et d'orientation similaire (fig. V.23, pl. III, photo 3). On observe également quelques *Nuia*. La matrice à structure grumeleuse est par endroit affectée de perforations irrégulières qui découpent également les buissons de *Renalcis* et qui sont remplis par le même type de sédiment à structure grumeleuse. On n'observe cependant pas de *Renalcis* dans ces perforations, alors qu'on y observe des *Palaeomicrocodium*.

3. Bindstones à tapis grumeleux, Coraux, Stromatopores, Renalcis, Sphaerocodium

La matrice à structure grumeleuse est du même type que celle décrite au (1) ci-dessus, avec une lamination millimétrique onduleuse, peu continue latéralement. Cette lamination délimite des tapis qui nappent les irrégularités du substrat et encroûtent les organismes (fig. V.24, pl. III, photo 2). On observe quelques *fenestrae*, allongées à la jonction de deux "tapis" ou irrégulières, entre des fossiles (cavités de croissance). Ces *fenestrae*, à cimentation essentiellement granulaire, sont parfois remplies de sédiments internes (fig. V.25): fragments anguleux millimétriques de "tapis" à structure grumeleuse ou microspar contenant des micro-bioclastes, des Ostracodes ou quelques Crinoïdes.

Les organismes présents sont surtout des Rugueux massifs bulbeux ou subsphériques (essentiellement *Hankaxis*, mais on observe aussi quelques "*Phillipsastrea*"). S'y ajoutent des *Alveolites* subsphériques et des Stromatopores tabulaires, quelques *Thamnopora* branchus, des ossicules de Crinoïdes, des *Renalcis* en petites touffes de 1 à 2 mm (fig. V.24), quelques *Senceliaepora*, Lamellibranches, Fénestelles, des spicules d'Eponges, des Ostracodes, des *Nuia*, des fragments de *Trelonella* et de rares *Palaeomicrocodium*. A ces fossiles s'ajoutent des péloïdes irréguliers de quelques centaines de μm , des fragments de tapis à structure

grumeleuse (0,5 à 1 cm) et des boules de boue millimétriques contenant quelques micro-bioclastes.

Tous les fossiles (y compris *Palaeomicrocodium*, éch. HMP 2), mais spécialement les organismes constructeurs sont fortement encroûtés sur quelques centaines de μm à plus d'un cm d'épaisseur. Outre les tapis à structure grumeleuse signalés plus haut, les organismes encroûtants comprennent surtout les *Sphaerocodium*, les Girvanelles et les Bryozoaires fistuliporidés. On peut observer des encroûtements du type *Thamnopora* + *Fistuliporidé* + *Sphaerocodium* + tapis à structure grumeleuse et *Renalcis* (ex.: HMB 29) ou Girvanelle + *Wetheredelle* + *Stromatopore* + *Sphaerocodium* (ex.: SZ 228), etc... Les *Sphaerocodium* sont parfois dissous; ils apparaissent alors sous l'aspect de "*Sphaerocodium* inversés". Dans certains cas, les tapis à structure grumeleuse sont entrelardés de lamines plus micritiques ou de lamines contenant des filaments de Girvanelles ou de *Sphaerocodium*.

4. Packstones, grainstones, rudstones à brèches, tapis à structure grumeleuse, Coraux, Stromatopores, Renalcis, Sphaerocodium

Ce microfaciès est le résultat de la bréchification du microfaciès précédent. Il possède le même contenu faunistique et floristique. Les brèches sont millimétriques à centimétriques, parfois légèrement arrondies, mais souvent anguleuses et **présentant entre elles des emboîtements**. Ces brèches sont donc en général des fragments de tapis à structure grumeleuse, des fragments d'encroûtements, voire des fragments mixtes Corail-tapis à structure grumeleuse.

Ce microfaciès représente, avec le précédent, les termes extrêmes d'un continuum où tous les degrés de démantèlement s'observent: des poches localisées à fragments millimétrique jusqu'à une brèche caractérisée à éléments pluri-centimétriques. Parfois les deux termes extrêmes sont présents au sein d'une même lame: un tapis à structure grumeleuse associé à des Coraux, surmonté d'un grainstone à micro-brèches (éch. HMP 2).

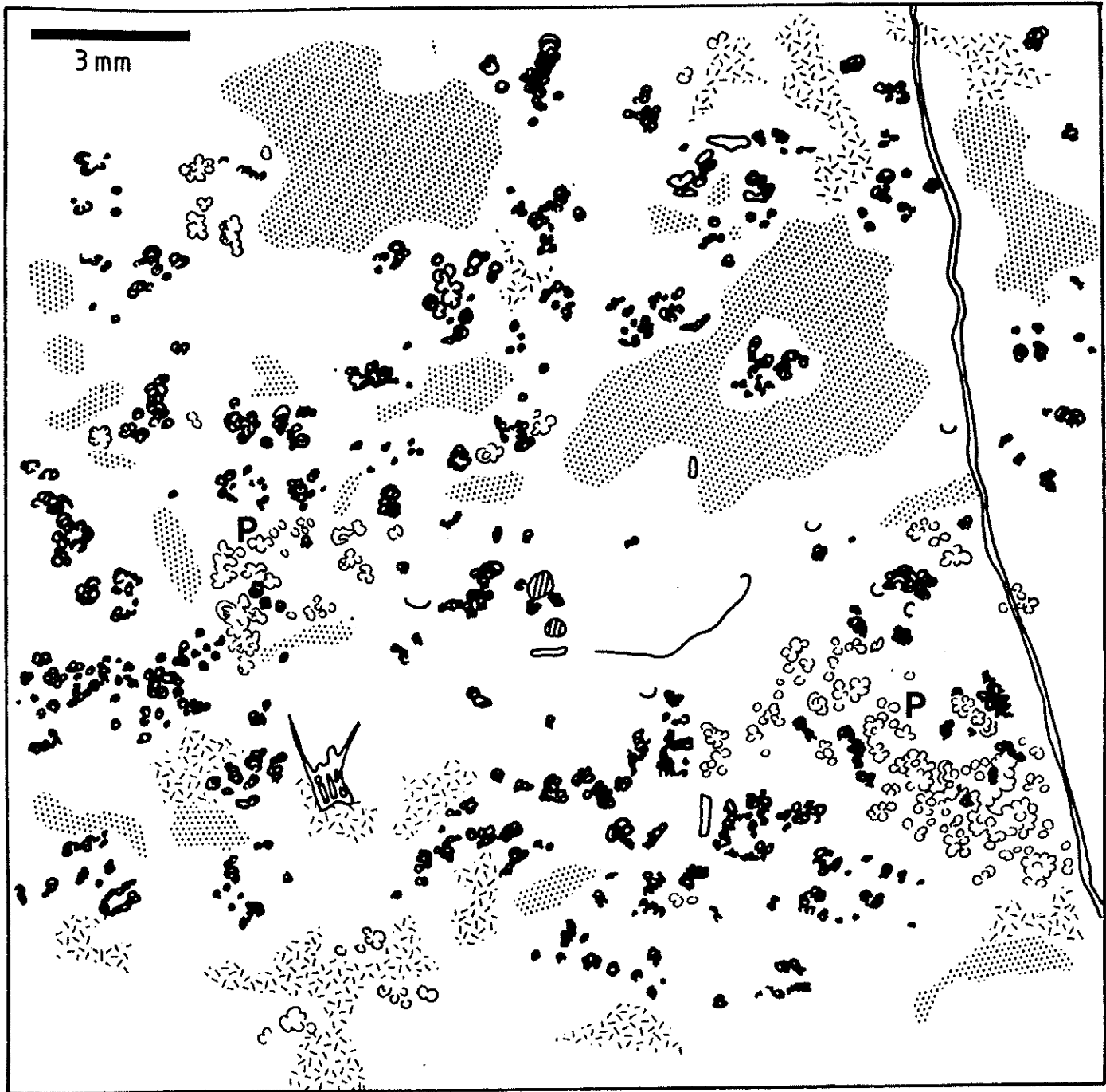


Figure V.23: bafflestone thrombolitique à *Renalcis* (en noir) et *Palaeomicrocodium* ("P")(S8). La matrice thrombolitique est représentée en blanc, quelques *fenestrae* irrégulières à sparite granulaire apparaissent en tiretés et le sédiment microsparitique infiltré au sein des thrombolites est représenté par des pointillés. lame SZ 38, Beauchâteau, coupe B.

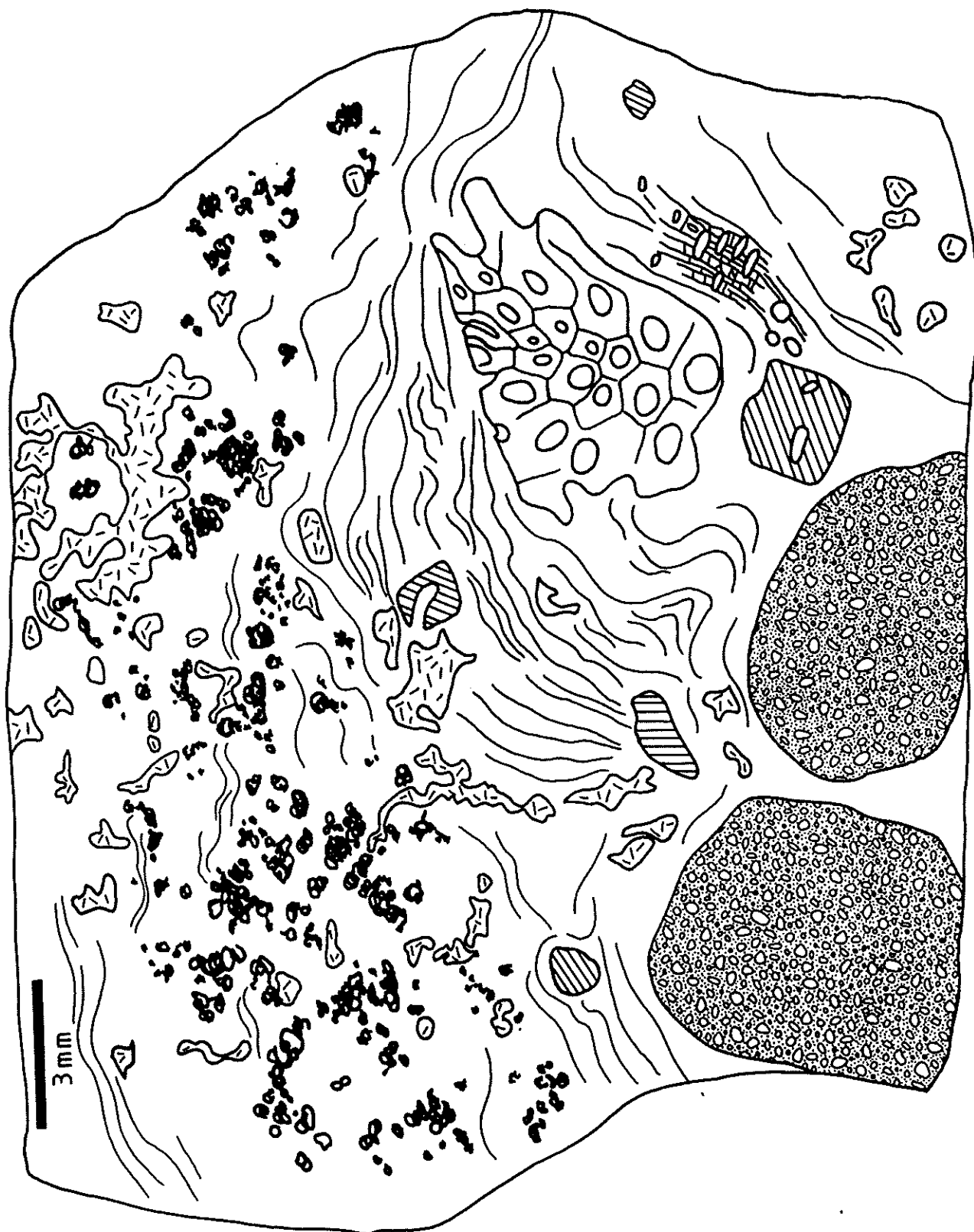


Figure V.24: bindstone à tapis grumelleux, Coraux (*Thamnopora*, au centre à droite et Coraux indéterminés, en bas), *Renalcis* (en noir) et Crinoïdes (hachurés) (S8). Quelques fenestres irrégulières à sparite granulaire, en tiretés, apparaissent vers le haut de la lame. lame HMB 29, Hautmont, coupe B.

Ce microfaciès, comme le précédent, est affecté d'une forte fracturation (fractures d'ouverture millimétrique à ciment granulaire).

**IX. CALCAIRES GRIS FONCES
STRATIFIÉS A CRINOÏDES
(LITHOFACIÉS S9)
ASSEMBLAGE A CRINOÏDES,
FENESTELLES**

Ce lithofaciès est aisément reconnaissable sur le terrain grâce à sa richesse en ossicules de Crinoïdes. Il forme souvent des bancs d'épaisseur décimétrique qui s'individualisent nettement lorsqu'ils sont encaissés par des schistes ou des calcaires argileux. Dans ce cas, on observe les caractères géométriques suivants:

- la continuité latérale du banc peut être pluri-décamétrique, mais elle est en général de l'ordre de quelques m;

- l'épaisseur du banc n'est pas constante; il forme par endroit des renflements qui triplent ou quadruplent son épaisseur moyenne; ces renflements sont liés à la présence locale de colonies coralliennes; le banc peut s'interrompre localement pour réapparaître plus loin;

- en dehors des zones où existent des renflements dus à la présence de Coraux, la surface supérieure des bancs est plane. Ce n'est pas le cas de la surface inférieure qui est souvent très onduleuse, pénétrant sur plusieurs dizaines de cm dans les schistes ou calcaires argileux inférieurs (pl. III, photo 5).

Ces calcaires ne montrent en général aucune lamination macroscopiquement décelable. Le banc LI 50 (coupe du chemin d'accès à la carrière du Lion à Frasnes, fig. IV.36) est un cas particulier de calcaire laminaire à grain fin. Il devrait être classé dans un autre lithofaciès, car quoique riche en Crinoïdes, le diamètre moyen des éléments figurés est inframillimétrique. Cependant, ce banc étant unique et son contenu répondant néanmoins à la définition de l'assemblage, il est commode d'en traiter ici. Ce banc de 4 cm d'épaisseur, continu latéralement à l'échelle de l'affleurement (4 m) est isolé dans des schistes fins. Sa lamination est millimétrique, généralement plane, mais on observe aussi des laminations obliques en auge et mamelons ("hummocky cross stratification; voir par

exemple la définition et les excellentes représentations de Moretti & coll., 1984, p. 31-37).

Outre les Crinoïdes, en ossicules isolés de 0,5 à 1 cm ou formant des tiges de quelques cm, on observe des fragments de Coraux et des Brachiopodes. Les ossicules de Crinoïdes ont souvent une coloration rosée se détachant sur le gris de la roche.

**1. Rudstones non granoclassés à Crinoïdes,
(micro-)brèches, bioclastes**

Ces rudstones à ciment sparitique granulaire, souvent syntaxique sur les Crinoïdes, sont fréquemment dolomitisés (dolomite en cristaux idiomorphes de 100 à 200 μ m). La dolomitisation est surtout effective dans les zones où un peu de matrice argileuse ou pseudosparitique est présente (éch. SZ 114, TP 60).

Outre les Crinoïdes, très abondants, on trouve des brèches (millimétriques à centimétriques), généralement du lithofaciès à Coraux et Crinoïdes, des Brachiopodes, des fragments de Lamellibranches, de Tabulés, de Rugueux solitaires ou massifs, de Fénestelles et de Cricoconarides. La plupart des éléments figurés, y compris les brèches, sont fortement encroûtés par des *Sphaerocodium* et plus rarement des Girvanelles. Il s'agit souvent d'encroûtements asymétriques. Il n'y a aucun classement granulométrique.

2. Grainstones granoclassés à Crinoïdes, péloïdes, bioclastes

Ces grainstones (pl. III, photo 7), plus rarement rudstones, sont cimentés par de la sparite équigranulaire et syntaxique sur les Crinoïdes, ou parfois drusique. Par endroit, on peut suspecter la présence d'une première phase fibreuse très recristallisée. On observe un certain classement des éléments figurés, avec un diamètre moyen de 1 mm, mais aussi quelques éléments plus grossiers (centimétriques). Localement se superposent des zones de quelques mm d'épaisseur de granulométrie moyenne nettement différente. Un peu de matrice argileuse peut être présente.

Les éléments figurés consistent essentiellement en Crinoïdes peu perforés (ossicules isolés et tiges), mais les péloïdes irréguliers sont également abondants; ce sont

des fragments d'encroûtements algaires, avec parfois des *Sphaerocodium* ou des Girvanelles, des fragments de tapis à structure grumeleuse et quelques boules de boue. On observe moins fréquemment d'autres bioclastes: des Brachiopodes, des Fénestelles, quelques *Renalcis*, des Cricoconarides, des Coraux, des Stromatopores, des Bryozoaires branchus, des Ostracodes et des Lamellibranches. Occasionnellement, on observe quelques Radiosphaeropores, *Nuia*, Trilobites et fragments de Fistuliporidés.

3. Rudstones peu granoclassés à Crinoïdes, Fénestelles, bioclastes

Ce microfaciès ressemble au précédent au point de vue de son contenu faunistique, mais il n'y a pas ici de ciment, qui est remplacé par une matrice micritique à microsparitique sombre (pl. III, photo 6), présentant par endroit un granoclassement. Cette phase est vraisemblablement infiltrée entre les éléments figurés.

les Crinoïdes sont abondants (ossicules de 0,5 cm de diamètre et tiges), mais les Fénestelles sont également nombreuses. Des fragments de Rugueux solitaires, des péloïdes algaires, des Brachiopodes et des Bryozoaires branchus sont présents. Occasionnellement, on trouve des Trilobites, des Lamellibranches, des Ostracodes, des Gastéropodes et des Radiosphaeropores.

Le classement est nettement moins marqué que dans le cas du microfaciès précédent.

4. Rudstones peu granoclassés à Fénestelles, Crinoïdes, Brachiopodes, péloïdes

Ce microfaciès n'est que médiocrement granoclassé. Des bioclastes millimétriques d'organismes sont empilés en équilibre mécanique, avec une orientation des éléments allongés parallèle à la stratification. On observe souvent une phase microsparitique infiltrée, parfois accompagnée de péloïdes algaires et/ou de micro-bioclastes. Cette phase infiltrée se dépose irrégulièrement sur les éléments figurés; les vides restants sont cimentés par de la sparite fibreuse ou par de la sparite équi-granulaire dans laquelle on observe par endroit des fantômes de cristaux fibreux.

Les éléments figurés ne comprennent que peu de fragments coralliens et pas de micro-brèches, contrairement au microfaciès décrit en (1) ci-dessus. Ils sont dominés par un type d'organisme variant suivant l'échantillon. Il peut s'agir (c'est le cas le plus fréquent) de Fénestelles (ex.: LI 19), des Brachiopodes (ex.: NV 10), de Gastéropodes (ex.: NV 9) ou de fragments de Tabulés (ex.: NV 35) ou de Stromatopores (ex.: LI 12). Il s'y ajoute un fond continu de Crinoïdes, Bryozoaires branchus, boules de boue de quelques mm, péloïdes algaires, Ostracodes, Cricoconarides, Trilobites, Lamellibranches et micro-bioclastes.

5. Grainstones granoclassés à péloïdes et bioclastes

Ces grainstones sont généralement nettement classés, voire laminaires (LI 50, fig. IV.36, dont il a déjà été question). La taille moyenne des éléments figurés est souvent proche de 1 mm, mais LI 50 est beaucoup plus fin, avec un diamètre moyen de l'ordre de 100 μ m. Latéralement, ce microfaciès peut passer à des rudstones à Fénestelles (fig. X.10). Les constituants sont essentiellement des péloïdes algaires, accompagnés de quelques bioclastes, souvent de taille plus importante (Crinoïdes, Brachiopodes, Lamellibranches, Fénestelles). On observe également quelques Ostracodes.

X. LES STRUCTURES "UBIQUISTES" DES MONTICULES MICRITIQUES

Ces structures sédimentaires s'opposent aux *Stromatactis*, stromatolithes, etc... dont la répartition était liée à un, voire à deux ou même trois lithofaciès. Les structures qui font l'objet de ce paragraphe s'observent dans plusieurs lithofaciès sans changement notable de leurs caractéristiques.

1. Les zebra (définis par Fischer, 1964, p. 135)

Il s'agit de structures cimentées par de la calcite fibreuse et granulaire, de longueur décimétrique à métrique, à base plane et sommet plan à très légèrement digité (digitation lobée peu marquée). Ces structures forment souvent un angle par rapport à la stratification (fig. V.26). Dans certains cas, du sédiment interne, en discordance avec la base de la

structure, souligne cette différence angulaire (fig. V.27).

Les zebra ne sont pas des structures très abondantes dans les monticules de marbre rouge (contrairement aux monticules dolomitiques frasniens moyens de la région de Villers-le-Gambon, où ils sont très répandus, cf. Monty & Van Laer, 1988, p. 174; Van Laer, 1988, p. 393).

Outre les deux exemples figurés provenant de calcaires rouges à *Stromatactis* des carrières des Bulants et de Tiers Cocrai, j'ai observé des structures semblables dans la "griotte" de la carrière des Wayons, dans des faciès gris à la carrière des Croisettes et dans un remplissage microsparitique de cavité pluri-métrique de la carrière du Hautmont. Il s'agissait toujours de sédiments à caractère micritique.

Les zebra ne forment jamais de niveaux étendus, mais sont limités latéralement (fig. V.28, V.29). Ils semblent souvent associés à des déformations du sédiment résultant de compressions latérales.

Les zebra sont en général interprétés comme des structures liées à une action mécanique (Schwarzacher, 1961, p. 1494; Lees, 1963, p. 523; Wilson, 1975, p. 163, par exemple), à la recristallisation de boue carbonatée (Ross & coll., 1975, p. 43), à la superposition de croûtes lithifiées (Bathurst, 1980, p. 132, fig. 1) ou de tapis algaires (Pratt, 1982) et de sédiments non consolidés et vannage par les courants marins, ou enfin, au collapse de gels thixotropiques (Monty, comm. orale).

2. Les dykes et sills neptuniens (définis par Shrock, 1948, cité par Wilson, 1975)

Les dykes neptuniens sont des fissures emplies de sédiments internes, sécantes par rapport à la stratification (fig. V.30). Leur extension peut être centimétrique à pluri-décamétrique (fissure signalée par Delhay, 1932, p. 93-94). Elles tranchent nettement le sédiment encaissant (avec troncature des éléments figurés) ou le déchiquent irrégulièrement en contournant les fossiles (ex.: TP 55). Playford (1981, fig. 43, p. 46; 1984, p. 203-208) donne de belles illustrations de dykes neptuniens du Dévonien du Canning Basin (Nullara Limestone, Famennien) qu'il associe à des phénomènes d'ouverture mécanique du

sédiment par étirement latéral, tout comme Bridges & Chapman (1988, p. 156-159) pour des fissures dans des monticules micritiques waulsortiens du Derbyshire (Royaume-Uni).

Les sills neptuniens (Playford, 1984, p. 203) sont des fissures parallèles à la stratification. Ils sont nettement plus rares que les dykes dans les monticules étudiés et les quelques exemples que j'ai observé sont de dimension métrique à pluri-métrique. Ces structures sont interprétées comme résultant de l'ouverture du sédiment à l'état plastique sous l'effet de compressions latérales (*ibid.*). A l'appui de cette interprétation, signalons les raccourcissements par petites failles inverses d'une première génération de sédiments internes, visibles dans un sill neptunien de la carrière des Croisettes (fig. V.31).

Dykes et sills neptuniens peuvent jouer en ouverture à plusieurs reprises; ils représentent probablement dans le sédiment des zones de faiblesse à caractère plus ou moins permanent.

3. Les remplissages de cavité

Les sédiments internes comprennent les divers exemples cités en remplissage des *Stromatactis*:

- du microspar à structure vermiforme;
- du microspar à pseudospar laminaire, souvent à coloration rouge ou rose, contenant quelques bioclastes ou fossiles (fig. V.32). La taille plus grande des cavités permet la présence de petits Lamellibranches, Brachiopodes, Ostracodes, voire Orthocères, souvent groupés en passées; Pour Monty (comm. orale) il s'agirait d'organismes endobiontes (= "coelobiontes" de Kobluk, 1981, a, b, par exemple). Ce microspar laminaire semble dans un cas au moins ("griotte" supérieure de Hautmont), pouvoir se disposer le long des épontes d'une fissure verticale;



Figure V.26: zebra ("Z") et *Stromatactis* (en noir) dans des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3). La sparite granulaire ("g") matérialise des réseaux de failles. Carrière B de Tiers Cocrai; localisation dans la carrière: grand disque sur la fig. IV.35.

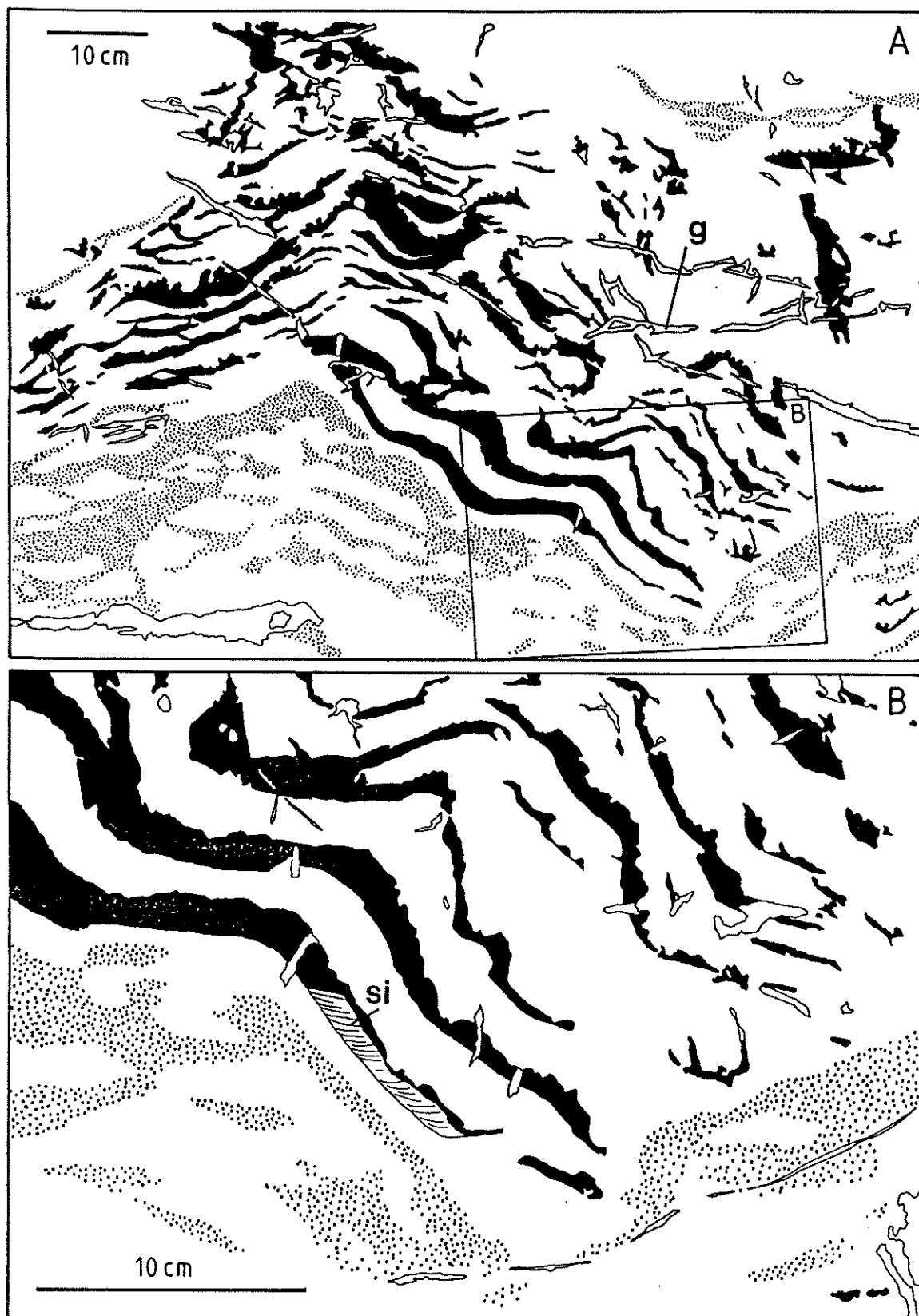


Figure V.27: zebra (zone inférieure droite du dessin) dans la "griotte" à *Stromatactis*. A: vue générale, montrant l'existence d'un petit dôme; en haut du dessin, quelques *Stromatactis* complexes; B: détail de A: sédiments internes ("si") discordants par rapport à la base du zebra. En noir, la sparite fibreuse; en pointillés, les zones argileuses; en blanc, la matrice; "g": sparite granulaire. Niveau inférieur du bioherme des Bulants.

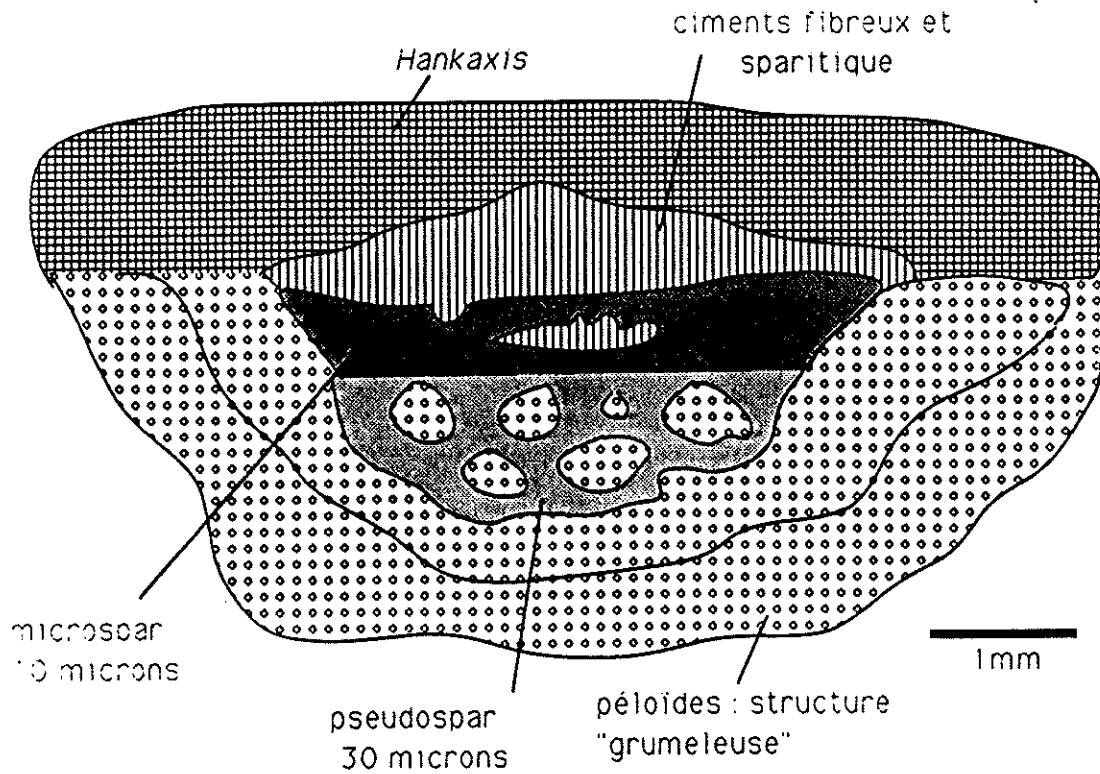


Figure V.25: sédiments internes et ciments dans une cavité de croissance d'un bindstone à tapis grumeleux et Corail (S8). lame HMC 51, Hautmont, coupe C.

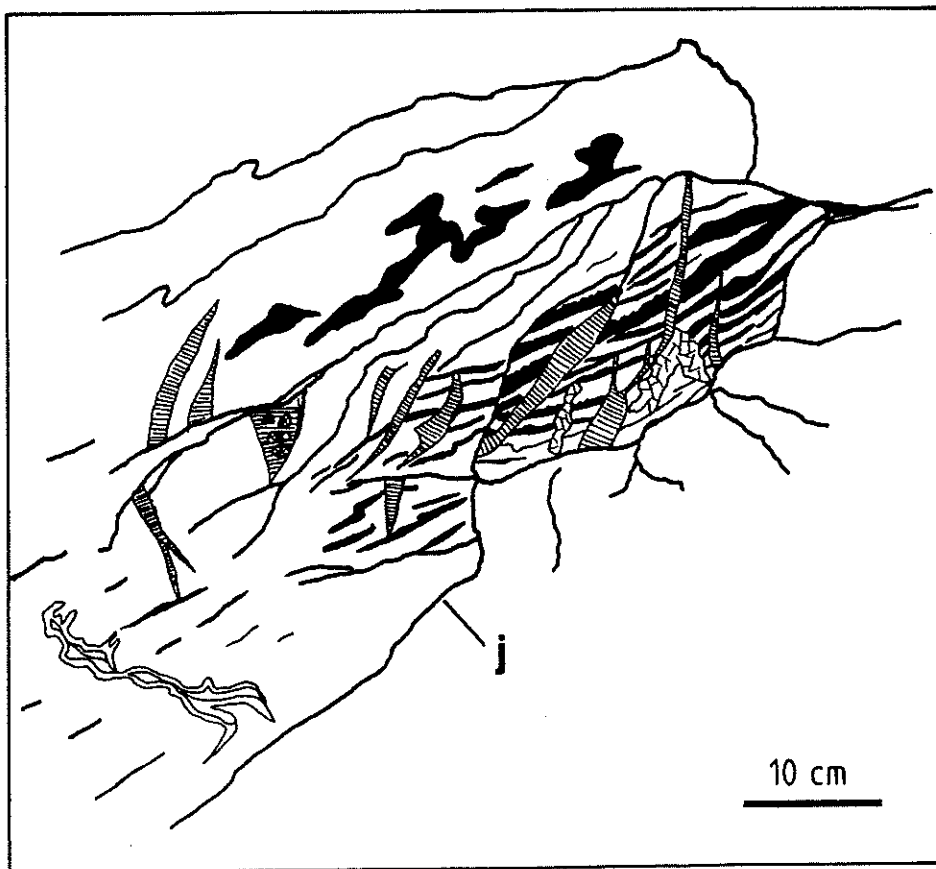


Figure V.28: zebra dans des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules (S3) affectés par des déformations. Remarquer la disparition latérale progressive (à gauche) ou brutale (à droite) des zebra; vers le haut, quelques *Stromatactis*. En noir, sparite fibreuse; hachurée, sparite "feuilletée", résultant de phénomènes d'ouverture du sédiment; "j", "joints" argileux; en blanc, la matrice. Carrière B de Tiers Cocrai, même localisation que fig. V.26.

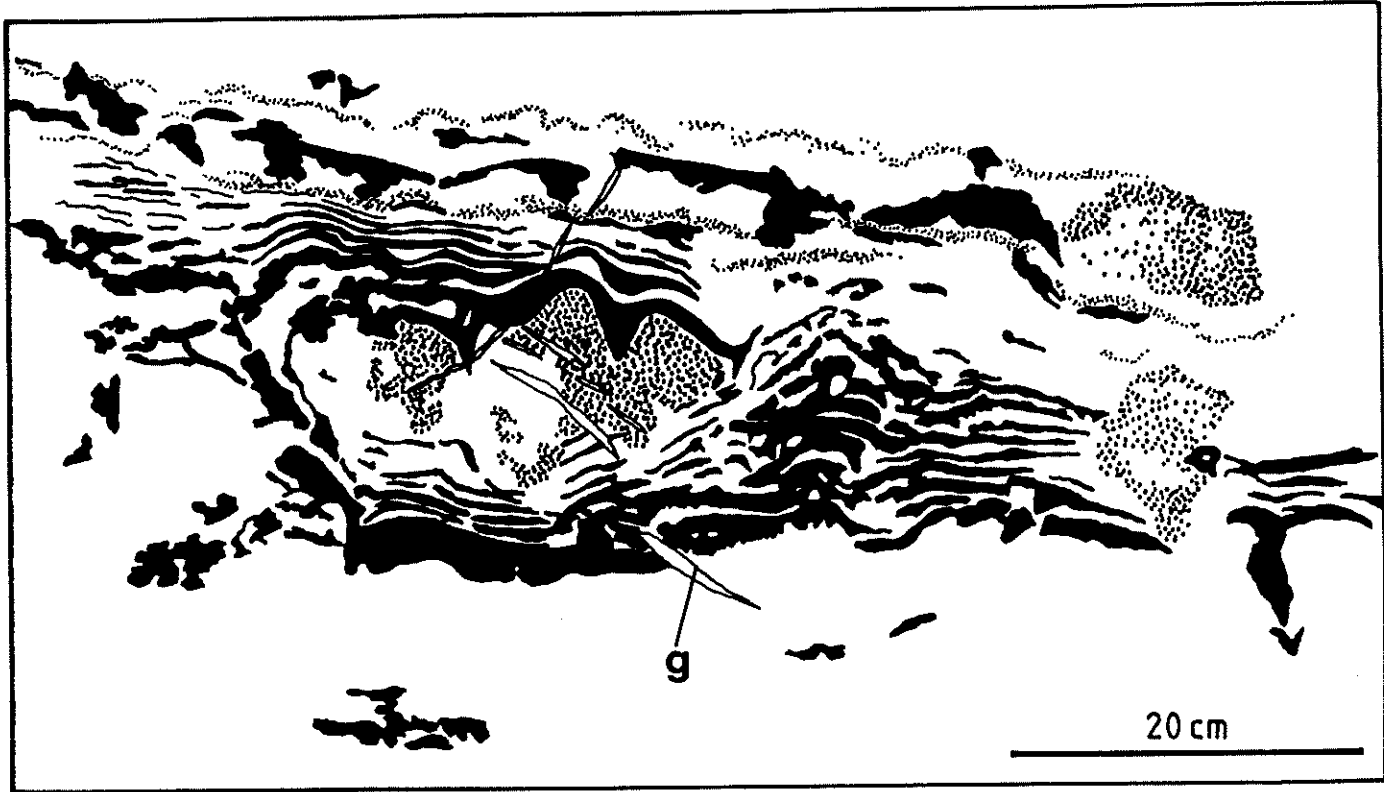


Figure V.29: zebra développés autour d'un thrombolite (pointillé grossier), dans des calcaires gris à Coraux, stromatopores, tapis laminaires, thrombolites (S8). En noir, sparite fibreuse; pointillé fin, "joints" argileux; "g", sparite granulaire associée à de petites fissures. cote 53 m de la coupe B, carrière de Petit-Mont, fig. VI.11.

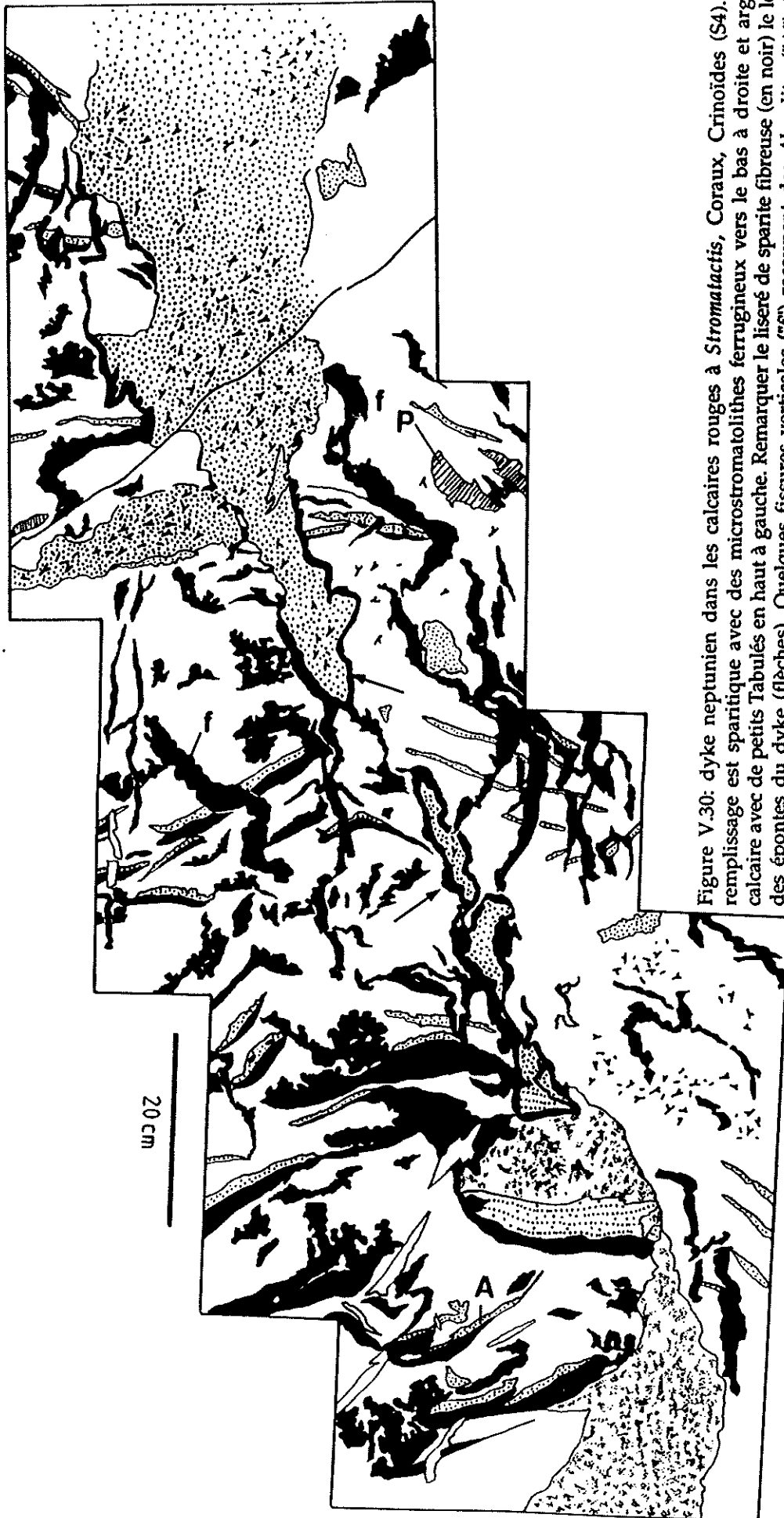


Figure V.30: dyke neptunien dans les calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4). Le remplissage est sparitique avec des microstromatolithes ferrugineux vers le bas à droite et argilo-calcaire avec de petits *Tabulés* en haut à gauche. Remarque le liseré de sparite fibreuse (en noir) le long des épointes du dyke (flèches). Quelques fissures verticales ("F") recourent des *Alveolites* ("A"). "P": "*Phillipsastraea*". On remarque également de nombreuses *fenestres* à sparite fibreuses sous des Coraux et quelques *Stromatactis*. "Grotte supérieure" de Hautmont, cote 35 m de la coupe D, figure IV.23.

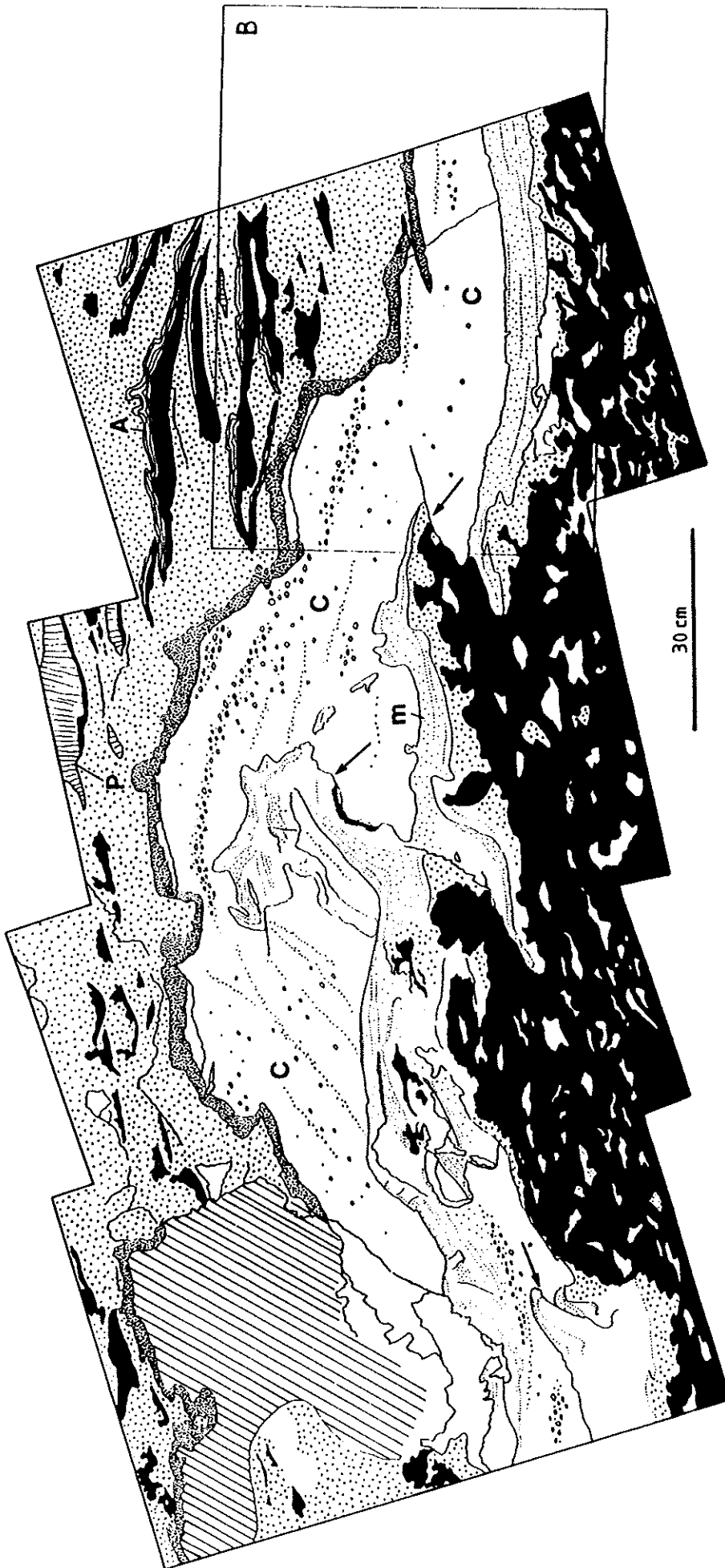


Figure V.31: sill neptunien dans les calcaires rouges à *Stromatolites*, Coraux, Crinoïdes (S4). Remarquer les petites failles inverses (flèches) témoignant de compressions latérales, responsables de l'ouverture du sill. Les sédiments internes sont détaillés sur un agrandissement (fig. V.32), dont la surface correspond au rectangle, à droite de la figure. L'essentiel des sédiments internes consiste en Crinoïdes, fréquemment granoclassés ("C"). En noir, la sparite fibreuse; en pointillés, la matrice; "A": *Alveolites*; "P": "*Phillipsastraes*"; "m": sédiments internes microsparitiques. La zone hachurée n'est pas détaillée. Bloc, carrière des Croisettes.



Figure V.32: sill neptunien dans les calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4), agrandissement d'une zone de la fig. V.31, détaillant la succession des sédiments internes. "1": plusieurs couches de microspar laminaire rouge, par endroit riche en petits Brachiopodes et/ou péloïdes; "2": grainstone à Crinoïdes, quelques Brachiopodes et Coraux (la direction des hachures souligne la direction d'une lamination grossière due au granoclassement des ossicules et plaques); "3": pseudospar rose à structures micritiques dendritiques. Le microspar laminaire et le grainstone crinoïdique sont séparés par un stylolithe. En noir: la sparite fibreuse; en pointillés fins: la matrice; en pointillés grossiers: *Alveolites*; hachuré: "*Phillipsastraea*"; "g": sparite granulaire. Bloc, carrière des Croisettes.

- des tapis cryptalgaires à structure grumeleuse, souvent laminaires (lamination alternante de microspar, péloïdes et pseudospar);

à ces sédiments internes, s'ajoutent, uniquement dans les sills et dykes neptuniens:

- des brèches centimétriques à décimétriques; dans le cas de l'échantillon TP 52, par exemple, il s'agit de fragments indurés de calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis*, *fenestrae* et Stromatopores et de calcaires gris à petites *fenestrae*, Tabulés branchus et Brachiopodes. Ces fragments sont encroûtés asymétriquement par des tapis grisâtres de plusieurs centaines de μm à structure grumeleuse, contenant parfois des bioclastes. Les tapis eux-mêmes sont par endroit cassés et repris sous forme de microbrèches. Le tout est emballé dans une matrice du type wackestone à bioclastes (assemblage à Crinoïdes, Coraux, péloïdes, etc...). Ce type de remplissage bréchiq ue a déjà été signalé par Bridges & Chapman, 1988, p. 156 dans des monticules waulsortiens d'Angleterre);

- des masses réniformes de ciment fibreux (fig. V.33 et Van Laer, 1988, pl. 43, b), de taille décimétrique, dans une matrice microsparitique ou dans une sparite granulaire. On pourrait rapprocher ces structures des "spar balls" illustrés par Playford (1984, fig. 27, p. 207), mais il s'agit là de masses ovoïdes détachées du substrat, qui indiqueraient un "strong water movement in the submarine fissure" (*ibid.*);

- un sable crinoïdique (grainstones à Crinoïdes), montrant des laminations centimétriques irrégulières (fig. V.32); ce type de remplissage a été également signalé par Bridges & Chapman, 1988, p. 156 dans des monticules waulsortiens d'Angleterre;

- des péloïdes à contour irrégulier et des microbrèches. Ces éléments figurés de 0,2 à 1 mm sont souvent hématitisés;

- un pseudospar rosé à structures micritiques dendritiques, qui rappellent le Genre *Frutexites*. Ce sédiment se dispose au toit des cavités avec une croissance nettement centripète (fig. V.32). Ce type de structure est signalée par Kobluk (1980, p. 1619) dans des cavités de "patch reefs" ordoviciens d'Ontario (Canada). Voir aussi James & Kobluk (1978, fig. 8 d) et Kobluk & James (1979, fig. 5 e)

qui interprètent ces structures comme des *Renalcis* ("patch reefs" cambriens du Labrador, Canada).

- l'équivalent du lithofaciès des calcaires gris à Brachiopodes et Crinoïdes, cimentés par de la calcite fibreuse, dans une fissure verticale de la "griotte" supérieure de Hautmont;

- des microstromatolithes ferro-oxydants (Mamet & Boulvain, 1988), recouverts par un sédiment interne microsparitique (sills) ou cimentés par du ciment fibreux (dykes) (fig. VII.3). Ce type de remplissage de cavité sera décrit en détail au chapitre 7;

- des argiles laminaires rouges;

Nulle part, je n'ai observé de *Renalcis* croissant dans des cavités comme décrit à de nombreuses reprises par Monty (1982 a, p. 343), Monty & coll. (1982, p. 340), Mouravieff & Tsien (1983, p. 21), Tsien (1984, p. 7.23), Van Laer (1988, p. 183, p. 526). Ces auteurs ont vraisemblablement confondu des stades précoces de croissance des microstromatolithes avec ce taxon (Mamet & Boulvain, 1988, p. 65) (voir par exemple Van Laer, 1988, pl. 7 A, B).

4. Chronologie des remplissages, discussion

Les quelques exemples de sills et dykes neptuniens que je connais actuellement ne me permettent pas d'établir une chronologie précise de leurs remplissages. Quelques éléments de réflexion peuvent être néanmoins avancés:

- pour une raison géométrique évidente, il n'est pas étonnant de constater que les sills neptuniens renferment plus souvent des sédiments internes que les dykes et que ces derniers sont plus souvent cimentés que les sills. Les observations de plusieurs géologues dans le Trias et le Jurassique des Alpes, rapportées par Flügel (1982, p. 232) mentionnent d'ailleurs une différence fréquente de microfaciès entre les deux structures;

- la nature des sédiments internes témoigne d'une fissuration synsédimentaire, contemporaine de l'édification des monticules (sable bioclastique, par exemple, équivalent du lithofaciès des calcaires gris stratifiés à Crinoïdes (S9), ou microspar à Tabulés branchus (fig. V.30) dans une fissure verticale du Hautmont,



Figure V.33: masses réniformes de ciment fibreux (en noir, haut de la figure) dans un remplissage de cavité. Au-dessus du ciment fibreux, un remplissage péloïdique à forte coloration rouge (noir pointillé de blanc), surmonté d'une sparite granulaire (tiretés). Dans la matrice (pointillés), quelques *Stromatolites* (bas de la figure) et de petits Brachiopodes. Hachures: sparite "feuilletée"; hachures croisées: dolomite ferrifère. Bloc, carrière des Maquettes, provenant du niveau inférieur du bioherme.

provenant d'une couche déposée moins d'un m plus haut). les implications seront discutées au chapitre 10;

- le sable crinoïdique semble être l'un des sédiments internes les plus tardifs, suivi des argiles rougeâtre; les concrétions fibreuses réniformes sont précoces et précèdent tout autre type de remplissage. Les microstromatolithes ferro-oxydants, même cimentés par de la calcite fibreuse, semblent être des structures précoces puisqu'ils peuvent être surmontés de microspar à Tabulés branchus, datable de la fin de l'édification biohermale (fig. V.30);

- la répartition des fissures synsédimentaires des appareils récifaux du Canning basin (Australie) a été étudiée par Playford (1984, p. 203). Il a été montré que les dykes s'observent en sommet d'édifice, suite à un phénomène d'ouverture du sédiment par glissement le long des pentes; les sillons sont par contre localisés au sein du talus récifal, en environnement d'avant-récif où s'exercent des poussées latérales.

Les quelques dykes neptuniens présents dans les biohermes de marbre rouge ne permettent pas d'avancer d'arguments décisifs en faveur de leur répartition. Notons cependant que les fissures étudiées à Hautmont sont toutes localisées en sommet d'édifice.

5. Les déformations précoces du sédiment

Elles sont discernables par une disposition anormale des joints de stratification, qui dessinent des plis. Un exemple a déjà été présenté lors de la description de la carrière de Beauchâteau (fig. IV.12). Cette déformation est interprétée ici comme un slump.

Il s'agit d'un cas isolé dans la carrière de Beauchâteau, où la stratification est en général assez régulière, comme d'ailleurs dans tous les édifices que j'ai étudié, à deux exceptions près: le bioherme de la carrière Maudoux-Mousty et celui des Croisettes, malheureusement sous eau depuis peu. La stratification est, dans la partie supérieure de ces deux monticules, extrêmement irrégulière, avec une succession de petits plis métriques (signalé déjà par Lecomte, 1959 b, p. 98).

Ces structures, observées aux Croisettes par Monty & Van Laer (1988, p. 174) sont interprétées comme des figures sé-

dimentaires résultant non d'une déformation du sédiment, mais de l'empilement de "lentilles sigmoïdales" lors de la croissance de l'édifice. Ce mode de croissance est d'ailleurs généralisé abusivement à l'ensemble des biohermes de marbre rouge (Monty & coll., 1982, p. 340).

C. BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT ET SYNCLINORIUM DE NAMUR

Les litho- et microfaciès sont décrits dans l'ordre de la séquence virtuelle locale (chapitre 9), des milieux les plus ouverts aux milieux les plus restreints.

Il est probable que les quelques lames étudiées dans la partie supérieure de la Formation de Lustin ne donnent pas un échantillonnage représentatif de la diversité des microfaciès présents.

I. SCHISTES ET SILTITES ARGILEUSES (LITHOFACIES N1)

Ces roches brunâtres à verdâtres affleurent mal. Une augmentation du contenu en silt correspond souvent à une plus forte résistance à l'altération. Les organismes sont peu abondants, en général représentés uniquement par des Brachiopodes. La bioturbation est toujours présente. L'analyse manocalcimétrique donne une moyenne de 10% de calcite ($n = 4$ éch., tous prélevés à Lustin). A Aisemont, ce lithofaciès est par endroit dolomitique.

1. Schistes silteux bioturbés

Il s'agit de sédiments argileux localement riches en lentilles millimétriques de silt (quartz, de diamètre moyen proche de $30 \mu\text{m}$, micas en baguettes de $50 \mu\text{m}$). Des cubes de pyrite sont souvent présents. La bioturbation se manifeste par une désorganisation de la lamination.

2. Schistes silteux à bioclastes

Ces sédiments sont comparables à ceux du microfaciès précédent, mais contiennent en plus des fragments de Crinoïdes, de

Brachiopodes et quelques Lamellibranches et Cricoconarides.

3. Grès fins

La fraction sableuse domine ici complètement la fraction argileuse. La taille moyenne des grains de quartz avoisine 200 μm . Des paillettes de micas sont présentes. Ce microfaciès, rare, est souvent dolomitique.

II. CALCAIRES ARGILEUX A BRACHIOPODES, CRINOÏDES, BIOCLASTES, LAMELLIBRANCHES (LITHOFACIES N2)

Suivant l'altération, on observera des schistes noduleux ou des calcaires argileux gris-brunâtre à gris-verdâtre à Brachiopodes, Crinoïdes, Lamellibranches souvent groupés en passées. Par endroit, on rencontre quelques rares *Hexagonaria* ou "*Phillipsastrea*".

Ce lithofaciès est parfois dolomitique (à Aisemont). La teneur moyenne en calcite est de 62% (var. = 14%, n = 7).

1. Mudstones argilo-silteux

Ces mudstones argileux contiennent entre 1 et 5% de silts dispersés (diamètre moyen du quartz proche de 30 μm). S'y ajoutent quelques bioclastes de taille comprise entre 100 et 300 μm (Crinoïdes, Brachiopodes, Fénestelles). La bioturbation est importante.

2. Wackestones argileux à Brachiopodes

Les Brachiopodes, souvent concentrés en passées, peuvent être abondants dans ce microfaciès (pl. III, photo 8). Ils présentent généralement un bon état de conservation. Ils sont accompagnés de Lamellibranches, de bioclastes d'environ 300 μm , de silt quartzeux dispersé, de fragments de Fénestelles, et plus rarement de Bryozoaires branchus, de Gastéropodes, de Trilobites, de spicules d'Éponges et de Crinoïdes.

3. Packstones bioclastiques à Brachiopodes et Lamellibranches

Il s'agit de passées bioclastiques riches en Brachiopodes et Lamellibranches, avec une fraction silteuse non négligeable (jusqu'à 30%), des fragments de Fénestelles, des Bryozoaires branchus et des Gastéropodes. On observe parfois des Rugueux massifs entiers ou en fragments. Souvent apparaît une lamination grossière résultant d'un classement des débris.

III. CALCAIRES GRIS FONCE A ONCOLITHES, CORAUX, LAMELLIBRANCHES, BRACHIOPODES, STROMATOPORES (LITHOFACIES N3)

Ces calcaires en bancs décimétriques à métriques sont souvent dolomités (ils prennent alors une teinte brun-orangé). La faune est abondante et variée: des Rugueux massifs, quelques solitaires, des tabulés branchus et tabulaires, quelques Stromatopores nodulaires et branchus, quelques Brachiopodes, Lamellibranches, Crinoïdes et Gastéropodes. A ceci s'ajoutent souvent de nombreux oncolithes⁽¹⁸⁾ pluri-millimétriques. Par endroit apparaît une lamination grossière pluri-millimétrique.

Le contenu en calcite avoisine 88% (var. = 8%, n = 12), celui en dolomite 6% (var. = 7%, n = 12).

1. Wackestones bioclastiques à péloïdes, Coraux, Brachiopodes

Ces wackestones, (rarement packstones) contiennent de nombreux péloïdes de 30 à 300 μm , souvent irréguliers, attribuables probablement à des fragments d'encroûtements algaires. La macrofaune est variée et comprend des Brachiopodes, des Crinoïdes, des Trilobites, des Tabulés bran-

(18): des nombreuses "exégèses" de la définition originale de Pia (1926, cité par Logan & coll, 1964), je retiendrai qu'un oncolithe est un corpuscule d'origine algale, formé de la superposition sur un nucleus de lamines plus ou moins concentriques, généralement micritiques; sa surface est souvent irrégulière, avec de nombreuses concavités. Beaucoup de classifications des oncolithes ont été proposées (voir la revue dans Flügel, 1982, p. 137-144). Je rapporte ici les oncolithes observés aux classifications de Logan & coll. (1964) et de Dahanayake (1977, 1978).

chus (*Egosiella*, *Thamnopora*), des Lamellibranches, des *Litanaia*, des Stromatopores branchus, des Ostracodes, des Gastéropodes et des Fénestelles. S'y ajoutent d'assez nombreux bioclastes et quelques oncolithes formés autour de Stromatopores, Tabulés et souvent *Litanaia*. La plupart des éléments figurés sont encroûtés symétriquement par des Girvanelles.

Parmi les oncolithes, on distingue des formes pluri-millimétriques simples ou complexes (oncolithes d'oncolithe), à lamination irrégulière, à surface externe bosselée (type "SS-R" de Logan & coll., 1964 ; type "IV c" de Dahanayake, 1977, 1978) et des formes millimétriques à pluri-millimétriques, simples à lamination régulière, à surface externe relativement sphérique (type "SS-C" de Logan & coll., 1964 ; type "I" de Dahanayake, 1977, 1978)

2. Packstones et grainstones à oncolithes et péloïdes

Les oncolithes, généralement très abondants, développés autour de Lamellibranches, Gastéropodes, Fénestellidés, Radiosphaeroporelles sont simples ou complexes. On observe également des oncolithes pluri-millimétriques (jusqu'à 1 cm) à lamination irrégulière, surface bosselée (type "SS-R", "IV c") et des oncolithes plus petits, plus réguliers, à surface subsphérique (type "SS-C", "I" ou "III"). Dans les lamines d'épaisseur variable des oncolithes pluri-millimétriques, on reconnaît des tubes de Girvanelles et des Serpules. Les oncolithes bosselés sont abondants dans les packstones, tandis que les oncolithes réguliers sont caractéristiques des grainstones (fig. V.34), où ils sont parfois granoclassés, donnant naissance à une lamination grossière. A ces oncolithes s'ajoutent des péloïdes, de taille variant entre 30 μm et plusieurs centaines de μm (probablement des fragments d'encroûtements algaires ou d'oncolithes), des bioclastes et plus sporadiquement, des Radiosphaeroporelles, Lamellibranches, Umbelles, Crinoïdes et Brachiopodes.

La dolomite, parfois abondante, se présente sous la forme de cristaux idiomorphes rhomboédriques de 100 à 200 μm , localisés principalement dans les oncolithes et péloïdes. Suivant le degré d'altération, elle est limpide ou montre une démixion de cristaux

d'hématite suivant les plans de clivage. Le ciment des grainstones est de la calcite sparitique granulaire.

IV. CALCAIRES GRIS FONCE BIOTURBES (LITHOFACIES N4)

Ces calcaires en bancs pluri-décimétriques à métriques, à patine claire, contiennent peu d'insolubles (moy. = 97% calcite, var. = 3%, n = 5) et ne sont que rarement dolomitiques. La macrofaune est peu abondante, consistant en quelques Stromatopores branchus, Gastéropodes et rares Brachiopodes. Certains bancs sont riches en Rugueux massifs subsphériques.

1. Wackestones et packstones à péloïdes, Issinelles, Bioclastes

Ce microfaciès contient, outre d'abondants péloïdes et Issinelles, des bioclastes, des lithoclastes pluri-millimétriques et quelques Stromatopores branchus, Lamellibranches, Gastéropodes et Brachiopodes.

2. Packstones à péloïdes et bioclastes

Les abondants péloïdes sont de dimension comprise entre 100 et 150 μm , les bioclastes sont en moyenne de 300 μm . On observe aussi d'abondantes Kamaenidés et Paléobéréselles et en moindre abondance, des Umbelles, des Stromatopores branchus, des Calcisphères, des Girvanelles et des Ostracodes. Parfois, on observe quelques fragments identifiables de Brachiopodes ou de Lamellibranches.

V. LOFERITES (LITHOFACIES N5)

Ce lithofaciès a été observé fréquemment en association avec le lithofaciès précédent. Son aspect laminaire, sa cassure saccharoïde et les nombreuses *fenestrae* millimétriques irrégulières qu'il contient permettent de l'identifier rapidement.



Figure V.34: grainstone à péloïdes et oncolithes (en pointillés) (N3). La dolomitisation (hachures croisées) affecte principalement les péloïdes et oncolithes en épargnant la sparite granulaire (en blanc).
Lame LU 31, coupe de Lustin.

1. Grainstones à péloïdes et fenestrae irrégulières

Ces grainstones à ciment sparitique granulaire contiennent d'abondants péloïdes irréguliers de 40 jusqu'à 500 μm . Les *fenestrae* irrégulières, d'extension horizontale millimétrique sont nombreuses. Leur alignement détermine une lamination irrégulière. Ce sédiment correspond aux "loferites", définies par Fischer (1964).

VI. CALCAIRES LAMINAIRES
(LITHOFACIES N6)

Il s'agit de calcaires en bancs décimétriques, gris foncé à la cassure, à patine claire qui possèdent une lamination fine, souvent interrompue par endroit. La macrofaune est rare. Ces calcaires sont très pauvres en insolubles (moins de 3%).

1. Wackestones, rarement packstones laminaires à péloïdes et bioclastes

La lamination résulte de l'alternance millimétrique de lamines planes riches en micrite et en péloïdes et de lamines riches en bioclastes et péloïdes. Les péloïdes ont un diamètre moyen de 80 μm , les bioclastes de 200 μm . Ces derniers consistent le plus souvent en fragments d'Issinelles, de Paléobéréselles et d'Ostracodes. La lamination est interrompue en de nombreux endroits par la bioturbation. Certains terriers verticaux sont emplis de bioclastes. Ces sédiments contiennent en outre des valves d'Ostracodes, des *Labyrinthoconus*, quelques Kamaenidés, des Calcisphères, Frondilines et Gastéropodes. Les Crinoïdes sont rares. Ce sédiment peut être rapporté aux laminites bioturbées de type 4, décrits dans la Formation de Trois-Fontaines (Givétien) par Préat & Boulvain (1987, p. 53).

**Chapitre 6: REPARTITION DES FACIES
MODELES DE MONTICULES
MICRITIQUES**

"Every apple consists of a core surrounded by the edible fleshy fruit. The fruit could not have formed without this core; indeed the core is the very reason for the fruit, but the core is generally not what people mention when asked to describe an apple (...). A reef complex is similar in having a core (...) that acts as nucleus to forming surrounding debris deposits. (...) the secret to understanding either an apple or a reef complex is to understand the whole entity as a function of its parts".

Longman (1981, p. 11).

A. INTRODUCTION

Pour donner une image, on pourrait comparer le problème consistant à essayer de reconstituer la répartition des faciès au sein des monticules micritiques à la résolution d'une équation à 6 inconnues. Quelles sont-elles?

Elles représentent en fait les "coordonnées" spatio-temporelles qui permettent de localiser un faciès au sein du ou des modèles de monticule (car reconstituer schématiquement la répartition des faciès d'un bioherme équivaut à en faire un modèle sédimentologique).

Ces coordonnées sont au nombre de 6:

- les coordonnées x, y et z, qui suffisent à localiser un faciès au sein d'un bioherme;
- les coordonnées X et Y, qui permettent de localiser un bioherme sur la plate-forme; il faut en effet s'attendre à des variations de faciès selon la position géographique et la profondeur;
- la coordonnée Z, qui permet de localiser stratigraphiquement l'édifice, pour rendre compte de variations de faciès dues à l'évolution de la plate-forme au cours du temps.

De ces six inconnues, l'étude de terrain nous permet en première approximation d'en supprimer une, qui se révèle être une combinaison linéaire d'une autre variable. Il s'agit de "y", une des composantes de la localisation horizontale d'un faciès au sein d'un bioherme. En effet, comme nous l'avons vu, les

monticules micritiques semblent posséder une symétrie radiaire, ou en tout cas, dans l'état actuel des affleurements, il n'est pas possible de démontrer une nette dissymétrie.

Poursuivons notre analogie mathématique. Nous sommes donc amenés à résoudre une équation à cinq inconnues. Cette équation représente en fait une coupe, une colonne lithologique. Nous ne pourrions résoudre notre équation que si nous possédons d'autres "renseignements", d'autres combinaisons de nos cinq inconnues, en fait plusieurs coupes. Nous sommes ainsi amenés, pour pouvoir réaliser notre modèle, à étudier un certain nombre de coupes, qui entament certains types de biohermes suivant leur localisation spatio-temporelle, à certains niveaux. Il importe évidemment de varier autant que possible les niveaux recoupés et le type de bioherme, sinon, suivant notre analogie, nous n'alignerons que des équations qui sont des combinaisons simples les unes des autres et qui ne permettent pas la construction d'un système d'équation et sa résolution.

B. REPARTITION DES FACIES

I. ETABLISSEMENT DES COUPES SYNTHETIQUES

J'ai repris, à plus petite échelle, chaque coupe étudiée et j'ai fait figurer en regard les lithofaciès, les microfaciès et l'intensité de la coloration rouge. Ce mode de représentation nécessite quelques explications (fig. VI.1, par exemple).

J'ai privilégié, au point de vue graphique, la représentation des lithofaciès qui

apparaissent immédiatement par des bâtonnets de longueurs différentes correspondant à chaque échantillon. Ce choix est dicté par l'utilisation qui sera faite, dans un chapitre ultérieur, des lithofaciès: ils formeront les différents termes de la séquence virtuelle locale (Lombard, 1953; Errera & coll., 1972; Mamet, 1972; Errera, 1976) et leur succession définira la courbe lithologique. Cette courbe est matérialisée dans les figures par un trait rejoignant le sommet des bâtonnets. Nous ne nous servons, provisoirement, que de l'aspect descriptif de cette courbe. Peu importe donc l'ordre des termes lithologiques.

J'ai ensuite, pour chaque lithofaciès, fait figurer le microfaciès correspondant à l'échantillon. Le microfaciès est codifié par le nombre de segment de chaque bâtonnet: par exemple, le microfaciès des wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes du lithofaciès des calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, petits *Stromatactis*, Stromatopores (S5) est représenté par une division en cinq segments du bâtonnet correspondant au lithofaciès. Le tableau (VI.1) reprend pour chaque lithofaciès la représentation des différents microfaciès.

L'échelle de ces coupes et leur fonction synthétique m'ont permis de corrélérer les différentes sections levées au sein d'un même monticule ou au sein d'un monticule et des schistes et calcaires argileux péri-biohermaux.

Ces corrélations à très petite échelle sont principalement lithologiques ou géométriques, parfois biostratigraphiques. Ainsi les différentes coupes levées à Hautmont sont raccordées sur base de plusieurs joints de stratification importants qui traversent tout l'édifice (fig. VI. 5); de même pour les coupes A et B à Petit-Mont (fig. VI.11). Les coupes A et B de Beauchâteau (fig. VI.7) sont corrélées par la première occurrence d'*A. asymmetricus* (Tourneur, 1982). La première apparition dans les coupes A, B et C de *Trelonella* (entières pour B et C et sous forme de fragments pour A) donne également un calage approximatif qui confirme les données des Conodontes.

Enfin la coupe levée dans la carrière des Bulants (fig. VI.2) est mise en regard de celles levées dans la tranchée de Neuville. Les repères lithostratigraphiques sont: le sommet des calcaires "F2gh" affectés d'un fond durci et l'apparition de schistes fins surmontant le

bioherme et les calcaires argileux des coupes de la tranchée de chemin de fer.

II. COMBIEN DE MODELES?

Combien y a-t-il de types de monticules micritiques raisonnablement différenciables?

De nombreux auteurs avant moi (voir historique) ont différencié les biohermes du massif de Philippeville de ceux du bord sud du Synclinorium de Dinant. Cette distinction est basée sur la lithologie: alors que les édifices du Massif de Philippeville sont constitués de "griotte", "royal" et "gris", ceux du bord sud du Synclinorium de Dinant (tout au moins dans sa partie ouest, jusqu'à Rochefort), ne font affleurer que de la "griotte". Ceci nous amène déjà à envisager au moins deux modèles.

C'est dans le Massif de Philippeville que les monticules micritiques sont les plus abondants. Les nombreux auteurs qui se sont consacrés à leur étude les ont, hormis des différences de taille, considérés généralement comme similaires. Seul Tsien distingue sur base paléontologique deux types de "récifs" (RSA et B, voir historique).

Mon étude de terrain montre cependant que les monticules micritiques du Massif de Philippeville peuvent être rangés dans deux catégories, différentes de celles proposées par Tsien. Des différences fondamentales de **géométrie**, de **lithologie** et de **contenu paléontologique** permettent de distinguer les édifices du type "les Bulants", de ceux du type "les Wayons-Hautmont". Ces carrières sont représentatives de chacun de ces types. Je reprendrai, après la description des deux types de monticules, les différences qui les singularisent.

Enfin il sera nécessaire de comparer le bioherme recoupé par le sondage de Chaudfontaine, seul édifice étudié dans le Massif de la Vesdre, avec les modèles élaborés pour le Massif de Philippeville et le bord sud du Synclinorium de Dinant.

LITHOFACIES	REPRESENTATION GRAPHIQUE DU MICROFACIES					
	1 segment	2 segments	3 segments	4 segments	5 segments	6 segments
Schistes à faune appauvrie S1	sch. à Lamell, Brach., biocl.	sch. bioturbés	sch. laminaires			
Sch. et calc. à Brach, sp. Cor., Crin. S2	<u>M</u> à spicules	<u>W</u> , <u>P</u> à biocl., Coraux, spic.	<u>E</u> , <u>C</u> à Coraux lamellaires	<u>M</u> bioturbés		
Calc. à <i>Stromatactis</i> , spicules d'Ep. S3	<u>M</u> à <i>Str-is</i> , spicules	<u>M</u> à <i>Str-is</i> , sp. bioclastes	<u>W</u> à biocl., spicules			
Calc. à <i>S-is</i> , Coraux, Crinoïdes S4	<u>W</u> à <i>Str-is</i> , sp. Crin., Coraux	<u>W</u> à biocl. (Crin.,...)				
Calc. à Coraux, Crin., Brach, fen, Str-pores S5		<u>C</u> à Crin, pél., Cor. Str-pores	<u>P</u> , <u>G</u> , <u>R</u> à biocl. Crin, Fén., pél.	<u>W</u> , <u>F</u> à Crin, Coraux, biocl.	<u>W</u> à <i>Str-is</i> , Crin, Fén, pél.	<u>W</u> à <i>Str-is</i> , spicules, pél.
Calc. à Brach, Crin = nébuloïdes S6	<u>G</u> à Brach, pél Crinoïdes					
Calc. à fen, Tabulés branchus, Brach. S7	<u>G</u> à pél., Girv. <i>Sphaeroc</i> ,...	<u>W</u> à pél., fen. Tabul. branch.				
Calc. à Coraux, Str-pores, thromb., tapis grumeleux S8	<u>P</u> , <u>G</u> , <u>R</u> bréch. à Coraux, ...	<u>Bi</u> à tapis grumeleux, Coraux,...	<u>Bi</u> à péloïdes thrombolites	<u>Ba</u> à <i>Renalcis</i> , <i>Palaeomicr.</i>		
Calc. à Crinoïdes S9	<u>R</u> , <u>G</u> bréch. à Crin., biocl.	<u>G</u> à Crin., pél, biocl. class.	<u>R</u> à Crin, Fén., biocl.	<u>R</u> à Fén, Crin., Brach, ... pél.	<u>G</u> à pél., biocl. classement.	

Ba = Bafflestone, Bi = Bindstone, C = Coverstone, F = Floastone, G = Grainstone, M = Mudstone, P = Packstone, R = Rudstone, W = Wackestone. Calc. = calcaire, Sch. = schistes.
 biocl. = bioclastes, Brach. = Brachiopodes, bréch. = bréchiq. class. = classement, Cor. = Coraux, Crin. = Crinoïdes, Fén. = Fénelles, fen. = fenestres, Girv. = Girvanelles, *Palaeomicr.* = *Palaeomicrocodium*, pél. = péloïdes, Ren. = *Renalcis*, Rugx = Rugueux, *Sphaeroc.* = *Sphaerocodium*, sp. = spicules, *Str-is* = *Stromatactis*, Str-pores = Stromatopores, thromb. = thrombolite

Tableau VI.1: présentation synthétique des lithofaciès et microfaciès des coupes du Massif de Philippeville et du bord sud du Synclinorium de Dinant, avec leur représentation graphique.

III. LE MASSIF DE PHILIPPEVILLE

1. Les monticules du type "les Bulants"

Je connais actuellement deux édifices de ce type: les monticules de Tiène à l'Gatte (fig. VI.1) et des Bulants (fig. VI.2). Les coupes de Neuville (B et A, fig. VI.2), situées respectivement à 175 m et 800 m du monticule des Bulants, permettent d'étudier le milieu péri-biohermal qui environne ce type d'édifice. Rappelons que la coupe des Bulants est située probablement à moins d'une centaine de mètres du coeur du monticule et que Tiène à l'Gatte semble un peu plus périphérique.

La base de ces monticules est située à une dizaine de mètres au-dessus des calcaires en bancs massifs du "F2gh". Les édifices surmontent des calcaires argileux ou des schistes nodulaires à Eponges, Brachiopodes et Crinoïdes (lithofaciès S2), que l'on retrouve aussi au sein des interdigitations gris-verdâtres, fréquentes en bordure de ces édifices. La comparaison des différentes coupes montre que les mudstones à spicules d'Eponges augmentent en importance lorsque l'on se rapproche des biohermes: les wackestones et packstones à bioclastes, Coraux et spicules sont également bien représentés. Même à plusieurs centaines de mètres du bioherme, les Coraux sont abondants et les faciès essentiellement argilo-carbonatés (floatstones à Coraux, mudstones bioturbés).

Les premiers sédiments biohermaux sont des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4) ("griottes"), principalement des wackestones à *Stromatactis*, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes. Les *Stromatactis* sont plutôt peu développés. Les Coraux sont représentés principalement par des "*Phillipsastrea*" tabulaires, quelques *Egosiella*, de rares *Alveolites*. Latéralement, ces sédiments passent assez rapidement aux calcaires argileux. Le bioherme, à ce stade de développement, ne mesure que cent à deux cents mètres de diamètre (comparer les coupes de Tiène à l'Gatte, des Bulants et de Neuville).

Ces "griottes" à Coraux forment la première dizaine de mètres de ces édifices. Ensuite, se développent progressivement les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5). Les microfaciès les plus fréquents sont des wackestones à petits *Stromatactis* (millimétriques à centimétriques)

et petites *fenestrae* stromatactoïdes, péloïdes, spicules, Crinoïdes, Fénestelles. Nous verrons que dans les monticules du type "les Wayons-Hautmont", le lithofaciès est souvent représenté par des coverstones à Coraux ou des grainstones à bioclastes. Ces microfaciès sont rares ici. On observe régulièrement des passées "nébuloïdes" (calcaires gris à Brachiopodes et Crinoïdes, cimentés par de la calcite fibreuse, S6), qui passent ici clairement à leurs extrémités à des "trains" de petites *fenestrae* ou *Stromatactis* en relais. Ces passées "nébuloïdes" d'une dizaine de centimètres d'épaisseur pour deux à cinq mètres d'extension horizontale se succèdent rarement à moins d'un mètre d'intervalle (pl. II, photo 5).

Ce lithofaciès, épais de 10 à 20 mètres, possède une extension horizontale un peu plus importante que le lithofaciès précédent (*cf* son apparition dans la coupe latérale à Tiène à l'Gatte, fig. VI.1, mais pas dans la coupe de Neuville B, fig. VI.2).

La dizaine de mètres supérieure du bioherme est constituée de calcaires gris, parfois roses à *fenestrae* spiratiques millimétriques, Tabulés branchus et Brachiopodes (S7). Les péloïdes, Girvanelles, *Sphaerocodium*, *Trelonella* et encroûtements symétriques de bioclastes sont fréquents. Des récurrences du lithofaciès précédent ne sont pas rares.

Ces calcaires gris ont, par opposition avec les lithofaciès précédents, une extension horizontale plus vaste. Ils sont présents dans la coupe de Tiène à l'Gatte (fig. VI.1) et apparaissent brutalement dans la coupe Neuville B (fig. VI.2), située à plus de 100 mètres du coeur du bioherme des Bulants, au-dessus de calcaires argileux à Brachiopodes, spicules et Crinoïdes. Leur extension est difficile à chiffrer par manque de coupes mais ils ne forment pas un niveau continu, puisqu'on ne les retrouve pas dans la coupe Neuville A, à 800 mètres des Bulants.

Les calcaires gris à Coraux, Stromatopores et tapis laminaires (S8) ne semblent se développer que très localement (une occurrence dans la coupe Neuville B, fig. VI.2) et pas nécessairement au coeur du bioherme.

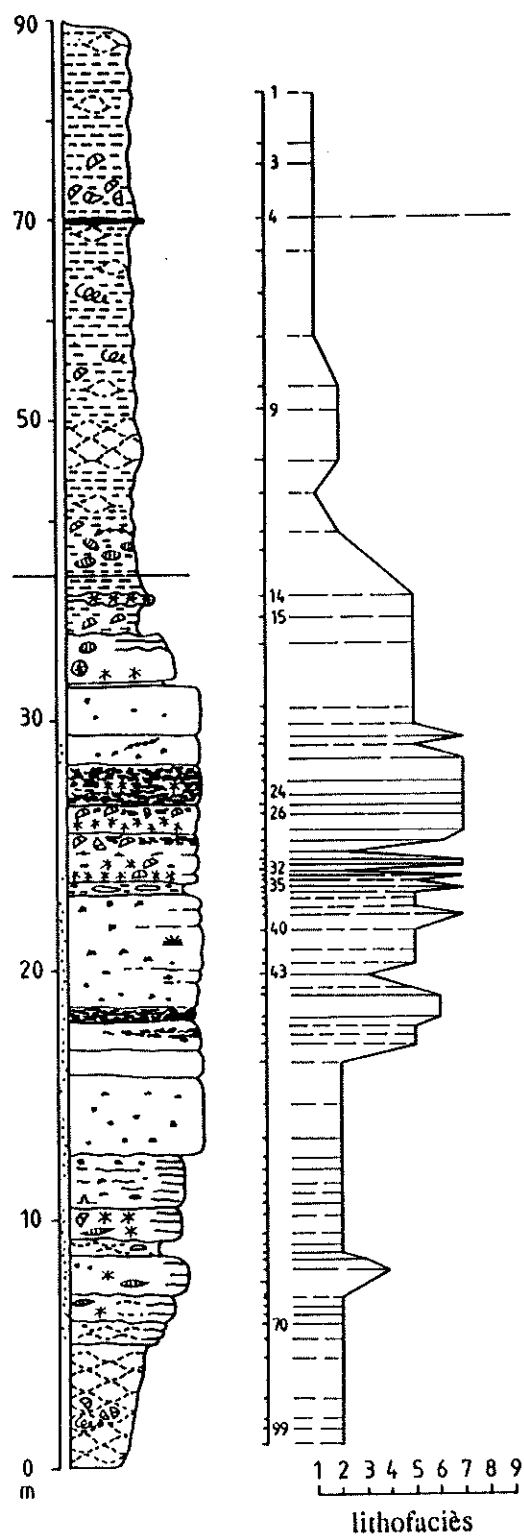
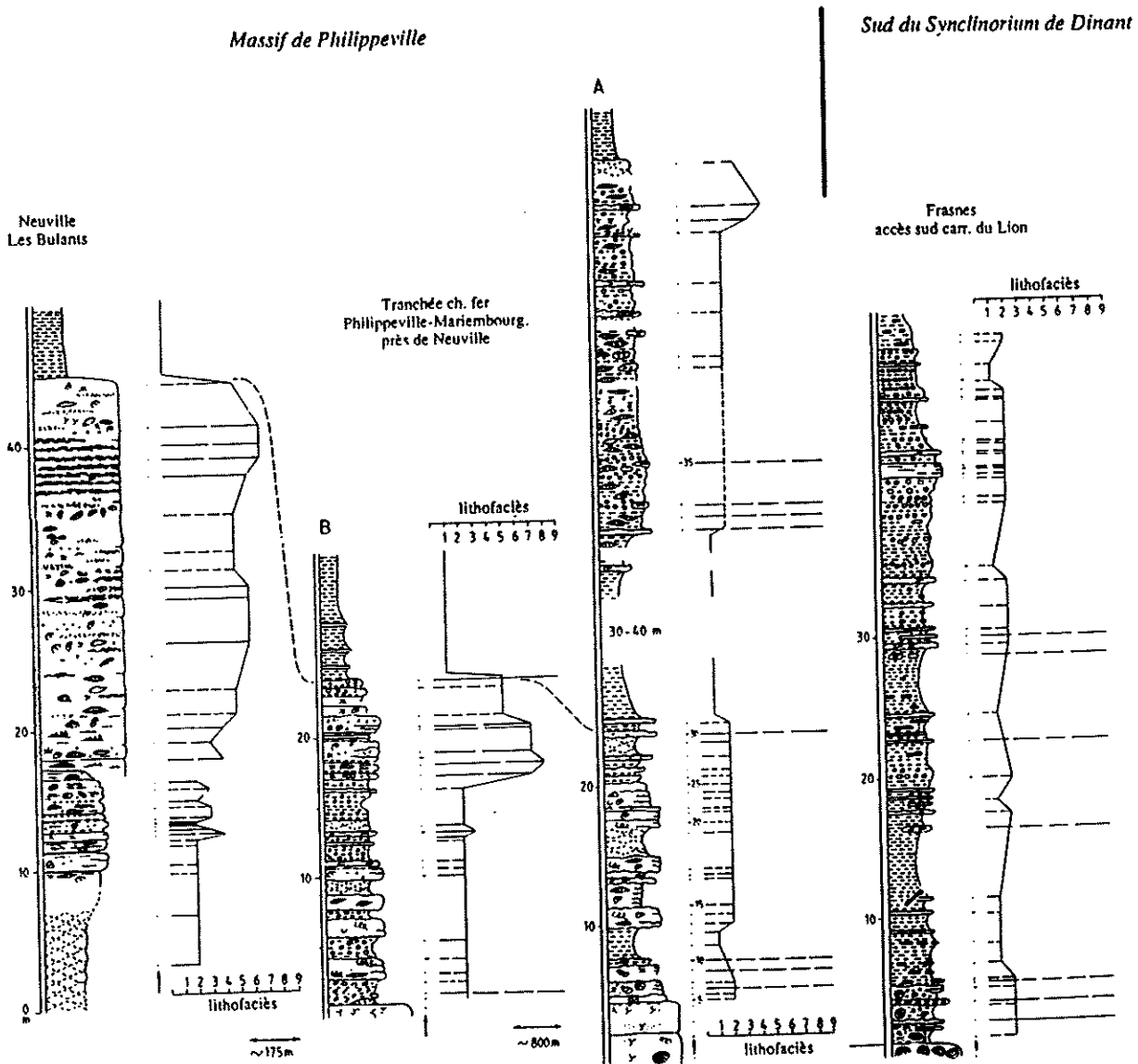


Figure VI.1: colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès de la coupe de Tiène à l'Gatte. L'intensité du pigment ferrugineux est proportionnelle à la densité du pointillé de la colonne de gauche, à côté de la colonne lithologique. Les autres symboles sont conformes à la légende, fig. IV.6.

Figure VI.2 colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes des Bulants, de la tranchée de chemin de fer de Neuville ("A" et "B") et de la tranchée d'accès sud à la carrière du Lion. Corrélation lithostratigraphique entre les coupes de Neuville et des Bulants.



On n'observe aucun passage latéral entre calcaires gris à Coraux, Stromatopores et tapis laminaires (S8) ou à *fenestras* sparitiques millimétriques, Tabulés branchus, Brachiopodes (S7) et les calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4), même à distance importante des monticules.

Les calcaires stratifiés à Crinoïdes (S9) sont très peu représentés.

Au sommet de ces monticules réapparaissent quelques mètres de calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestras*, Stromatopores (S5) (les Bulants, Neuville B, Tiène à l'Gatte).

Le passage à des schistes fins est brutal. Un ou deux bancs riches en Crinoïdes surmontent le bioherme. L'apparition de ces deux types de sédiments s'observe également en milieu péri-biohermal (Neuville A).

Des mesures de pendage sédimentaires ont été effectuées dans les deux biohermes au cours du levé tout au long des coupes et aussi le long des autres parois accessibles des carrières. Les mesures consistent à comparer le pendage des géopètes et de la base des fossiles lamellaires, qui indiquent la paléosurface du monticule. Il faut être attentif au choix des géopètes et ne mesurer que ceux qui sont cimentés précocement (en pratique par de la calcite fibreuse), si l'on veut mesurer un pendage sédimentaire et non un pendage dû à la compaction ou à des phénomènes diagénétiques, qui accentuent la pente originelle.

A part certains accidents locaux, la pente sédimentaire mesurée, même en périphérie, est inférieure à 10°.

La répartition des lithofaciès et des microfaciès principaux est schématisée à la figure VI.3; c'est le modèle de monticule micritique du type "Les Bulants".

2. Les monticules du type les Wayons-Hautmont

Considérons d'abord les cas suivants:

- le bioherme des Wayons (fig. VI.4): la coupe étudiée entame une zone relativement périphérique, depuis la base de l'édifice;

- le bioherme du Hautmont, entamé dans sa partie supérieure dans la zone centrale (fig. VI.5);

- le bioherme de Rochefontaine, entamé obliquement dans sa partie moyenne et supérieure (fig. VI.6);

- le bioherme de Beauchâteau (fig. VI.7), dont l'exploitation révèle la partie moyenne et supérieure en zone relativement centrale;

- le bioherme de Tapoumont (fig. VI.8), entamé dans sa partie moyenne et supérieure, relativement en périphérie.

Le nombre élevé de coupes dans ce type de bioherme permet une reconstitution détaillée de la répartition des lithofaciès et microfaciès. Détaillons par niveaux.

a. le niveau inférieur

Il s'agit, sur près d'une vingtaine de mètres, de "griottes", principalement des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3). Les "griottes" surmontent en général des calcaires argileux. La base du bioherme est nettement définie. Plus en détail, on remarque que les calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges passent par endroit à des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux et Crinoïdes (S4) et que les *Stromatactis* sont souvent groupés en passées (cf. la description de ce lithofaciès, chapitre 5).

La seule évolution à grande échelle de la base vers le sommet de cette unité est l'apparition de plus en plus fréquente des calcaires à *Stromatactis*, Coraux et Crinoïdes. Son extension horizontale n'est pas connue avec précision par manque de coupes à ce niveau. Je pense, par analogie avec d'autres biohermes du bord sud du Synclinorium de Dinant, qui sont constitués exclusivement des calcaires à *Stromatactis* et spicules d'Eponges, que le monticule ne doit pas dépasser 200 m de diamètre. Les variations latérales sont peu marquées. Le passage à la zone suivante est rapide.

b. Le niveau moyen

Le niveau moyen des biohermes de ce type possède une quinzaine de mètres de puis

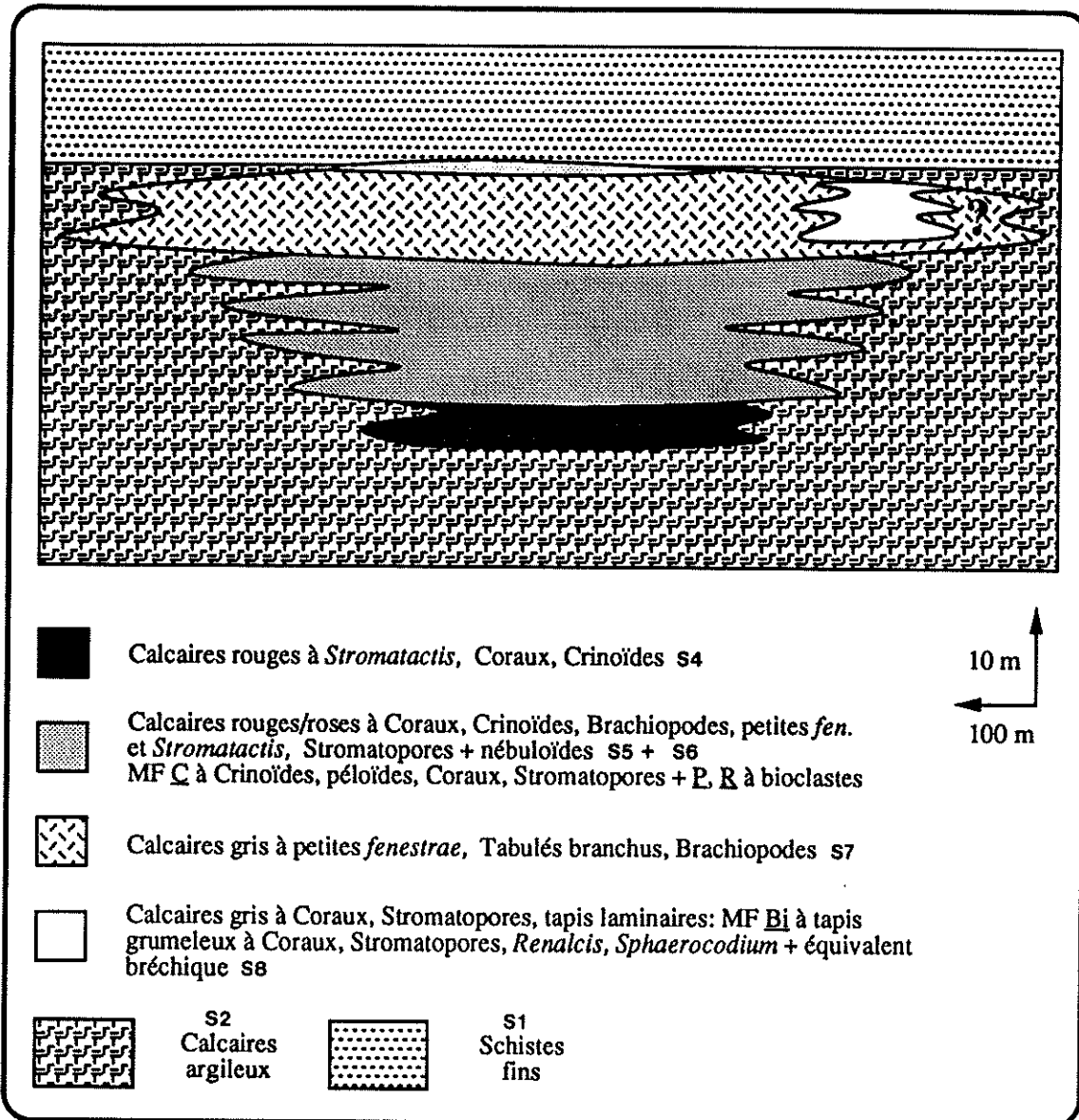


Figure VI.3: Modèle de monticule micritique du type "Les Bulants", Massif de Philippeville.

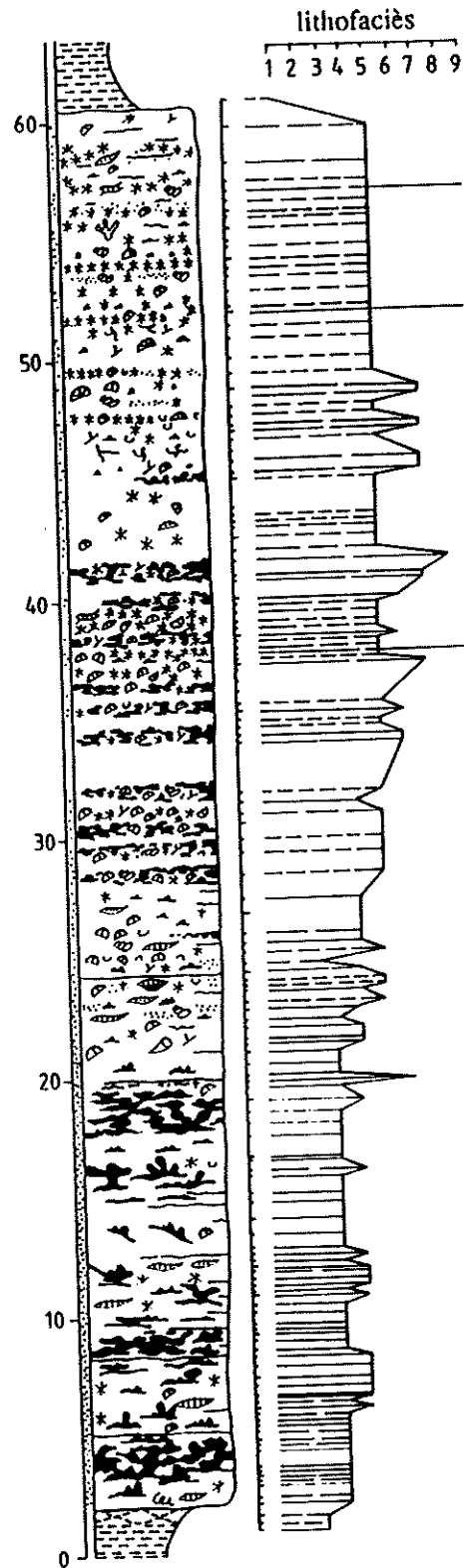
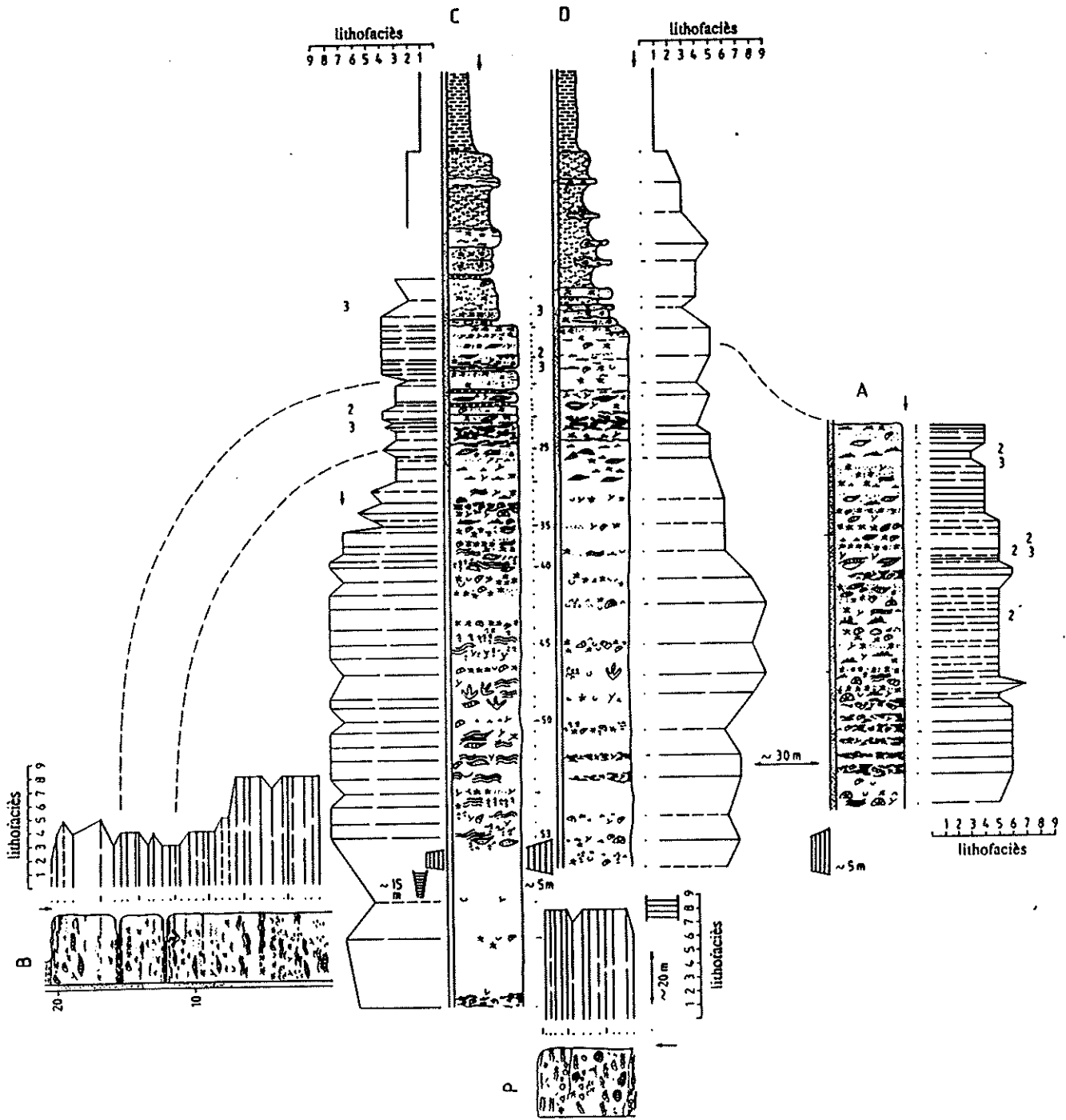


Figure VI.4: colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès de la coupe des Wayons.

Figure VI.5: colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes A, B, C, D et P de Hautmont et corrélations lithologiques.



--- 1^{er} apparition Cod-Udot.

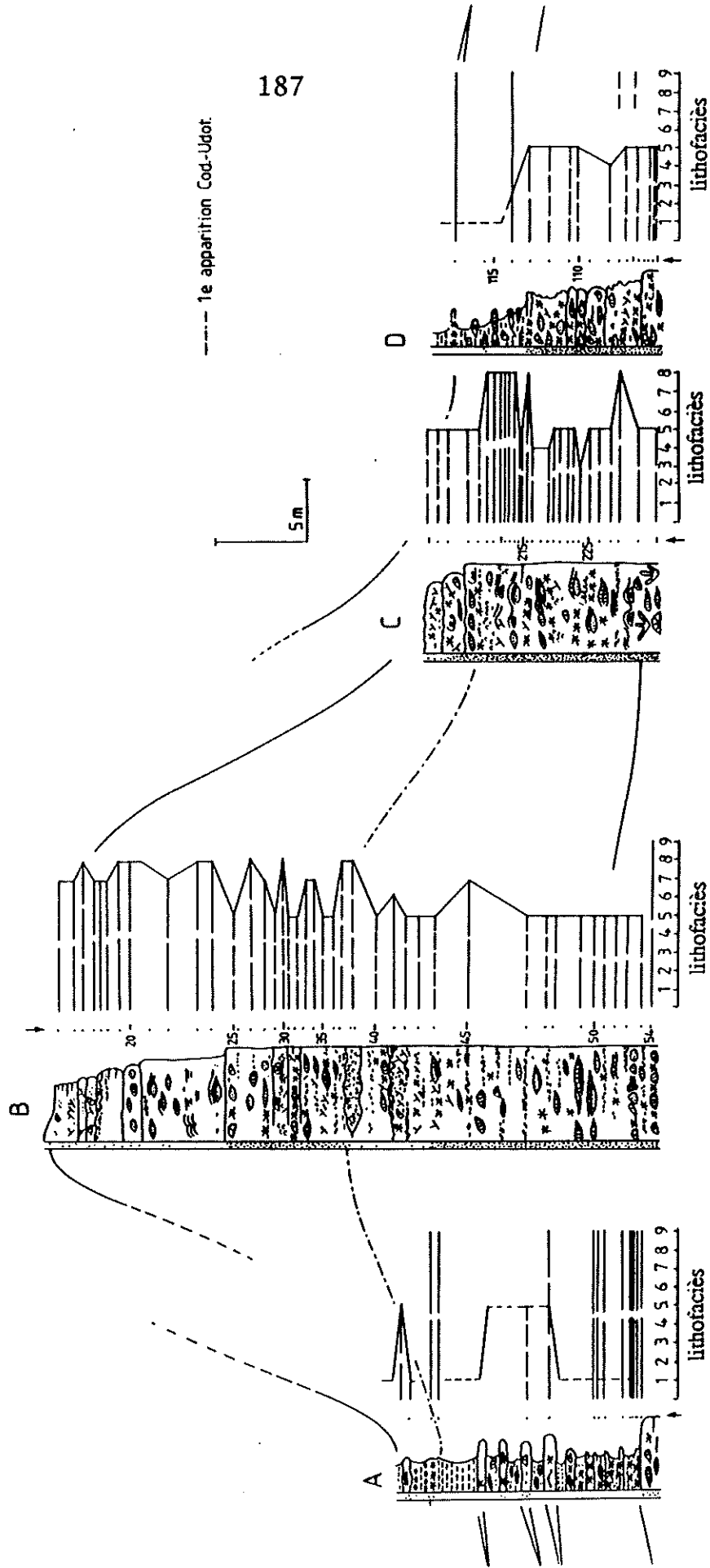


Figure VI.7: colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes A, B, C, D de Beauchâteau et corrélations lithologiques.

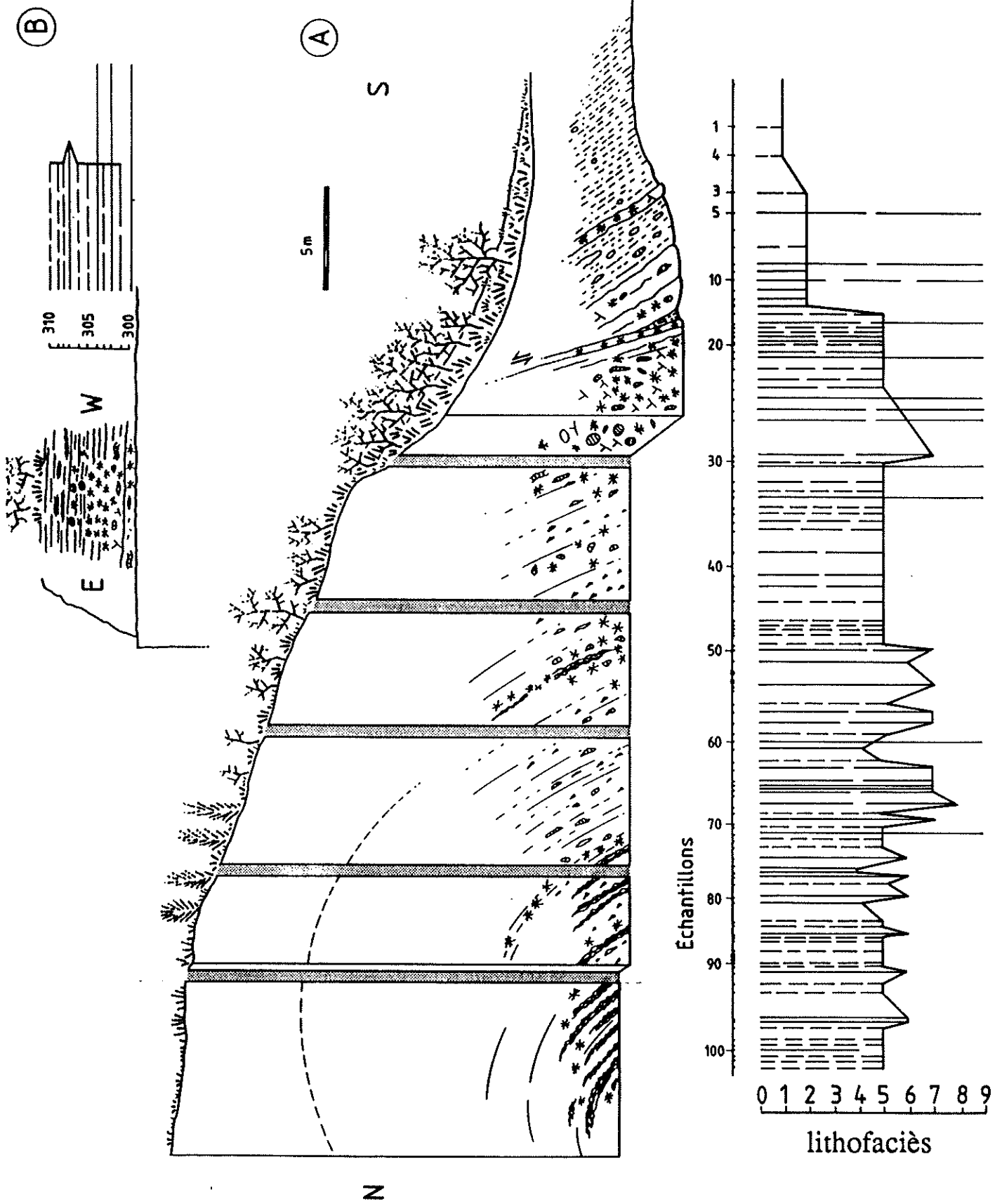


Figure VI.8: lithologie, lithofaciès et microfaciès des coupes A et B de Tapoumont.

sance. Il est caractérisé par des calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5). Les nébuloïdes (S6) sont abondants, surtout vers les zones centrales des édifices, où ils forment une succession de passées stratiformes de 10 à 20 cm de puissance pour une extension décamétrique. Ces nébuloïdes se succèdent dans certaines zones à un intervalle de 20 à 30 cm. Si l'on suit un de ces nébuloïdes latéralement vers la périphérie, on remarque qu'il s'enrichit en Crinoïdes au détriment des Brachiopodes et des *Receptaculites*. La dolomite ferrifère est souvent abondante dans ces niveaux. La carrière de Tapoumont offre sur sa paroi ouest un bon exemple de cette succession de nébuloïdes (Boulvain & coll., 1988).

Examinons maintenant la répartition des divers microfaciès des calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5).

En zone relativement périphérique (coupes de Tapoumont, fig. VI.8, et Rochefontaine, fig. VI.6), les wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes dominent nettement; il y a peu de Coraux par rapport aux Crinoïdes et le microfaciès est un peu plus abondant que les nébuloïdes. Des récurrences du lithofaciès précédent (calcaires roses à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes, S4) sont assez fréquentes.

En zone plus centrale (coupe Beauchâteau B, fig. VI.7), on observe une alternance de plusieurs microfaciès: les wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles et péloïdes sont interrompus tous les 30 à 100 cm par des packstones ou rudstones à bioclastes (Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes) et/ou des coverstones à Crinoïdes, péloïdes, Coraux tabulaires et Stromatopores lamellaires. Ces derniers organismes ont un rôle stabilisateur du sédiment évident. Les passées bioclastiques, éventuellement stabilisées par des constructeurs lamellaires sont souvent plus argileuses que l'encaissant. Les nébuloïdes sont fréquents.

Il est important de remarquer qu'apparaît ici pour la première fois une différenciation horizontale entre plusieurs types de microfaciès. Le lithofaciès reste identique pour l'ensemble du monticule au niveau considéré.

L'extension horizontale de la zone moyenne est probablement légèrement plus importante que celle de la zone inférieure. C'est à ce niveau qu'apparaissent, au sein des schistes encaissants, des bancs de calcaires stratifiés à Crinoïdes (S9) de 10 à 30 cm de puissance, accolés aux flancs du bioherme (fig. VI.9). Les indentations entre calcaires biohermaux et schistes fins sont peu visibles et probablement peu importantes.

c. Le niveau supérieur

Il possède entre 20 et 40 m de puissance suivant le caractère périphérique ou central de la coupe considérée. Il s'agit surtout de calcaires rosés à gris. On constate l'apparition d'une différenciation horizontale au niveau du lithofaciès entre zone centrale et zone périphérique.

Examinons d'abord, à l'aide des coupes Beauchâteau B (fig. VI.7), Hautmont B, C, D, P (fig. VI.5), quelle est la répartition des lithofaciès et microfaciès dans la zone centrale des monticules.

On peut attribuer à la zone centrale une cinquantaine de mètres d'extension horizontale. Cette valeur est basée sur des observations effectuées à Hautmont, où l'on observe le passage latéral de la zone centrale à la zone périphérique; de même à Beauchâteau, où l'orientation des tiges de Crinoïdes sur une pente latérale selon la ligne de plus grande pente, permet de situer le sommet du monticule à une vingtaine de mètres en retrait par rapport à l'actuel front d'exploitation. La coupe Beauchâteau B est donc située en bordure de la zone centrale. On y observe des interdigitations nombreuses entre calcaires gris à *fenestrae* sparitiques millimétriques, *Tabulæ branchus* et Brachiopodes (S7), calcaires gris à Coraux, thrombolites, tapis laminaires (S8) et calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5), ainsi qu'un fort gradient de variation horizontale.

Cette zone centrale ("cœur" du bioherme) est caractérisée par sa coloration gris-clair. On y observe essentiellement les calcaires gris massifs à Coraux, Stromatopores, tapis laminaires, thrombolites (S8). Au niveau des microfaciès, on observe une zonation latérale: au centre les bindstones à péloïdes,



Figure VI.9: dessin d'après affleurement de la coupe A de Beauchâteau. Observer la "progradation", vers le sommet de la coupe, des calcaires rouges à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* (S5) dans les schistes fins (S1) contenant quelques bancs de grainstones à Crinoïdes et Coraux (S9). Remarquer également, vers le milieu de la coupe, les déformations tectoniques affectant les grainstones crinoïdiques.

Coraux, Stromatopores, *Renalcis*, et leur équivalent bréchifié (packstone, grainstone, rudstone à Coraux,...) (Hautmont P, Hautmont B, Hautmont C); ensuite, en bordure de la zone centrale les bafflestones à *Renalcis*, péloïdes, *Palaeomicrocodium*, et les bindstones à péloïdes. Les bafflestones à *Renalcis*, péloïdes, *Palaeomicrocodium*, forment en général de petites lentilles de taille métrique (Beauchâteau B) encaissées de calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5).

Dans la zone centrale apparaît déjà par endroits un autre lithofaciès: les calcaires gris à petites *fenestrae* sparitiques stromatactoïdes, Tabulés branchus et Brachiopodes (S7). L'assemblage à péloïdes, Girvanelles, *Sphaerocodium*, *Trelonella*, y est très caractéristique. Sa répartition horizontale semble être asymétrique. En effet, dans certaines zones des biohermes (Hautmont L, fig. IV.26), on passe sans l'intermédiaire de ce lithofaciès de calcaires gris à Coraux, Stromatopores, tapis laminaires, thrombolites (S8) aux calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis*, Stromatopores (S5). Les calcaires gris à petites *fenestrae*, Tabulés branchus et Brachiopodes (S7) augmentent en importance localement en bordure de la zone centrale et devient majoritaire dans le début de la zone périphérique, où s'observe à nouveau des colorations plus rouges. Cette dernière zone est caractérisée surtout par les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5), comme dans le niveau moyen, interdigité, dans sa partie externe, avec des wackestones et floatstones à Crinoïdes, Coraux et bioclastes (calcaires roses à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes, S4).

Plus en détail, la zone périphérique comprend, du centre vers l'extérieur (coupes Beauchâteau B, C, D, fig. VI.7 Hautmont A, fig. VI.5, Tapoumont, fig. VI.8):

- des calcaires gris à *fenestrae* sparitiques stromatactoïdes, Tabulés branchus, Brachiopodes (S7), interdigités avec des coverstones à Crinoïdes, péloïdes, Coraux, Stromatopores (microfaciès de S5);

- des wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes (S5), avec quelques coverstones à Crinoïdes, péloïdes, Coraux, Stromatopores, et des **nébuloïdes irréguliers** contenant surtout des Brachiopodes. Les nébuloïdes irréguliers ont une extension métrique;

- des calcaires roses à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4). Cette dernière sous-zone prograde dans les schistes périphériques au monticule (fig. VI.9, coupe Beauchâteau A, fig. IV.8 et VI.7) et surmonte donc les bancs de calcaires crinoïdique (S9).

On peut donc dire que le niveau supérieur des monticules du type "les Wayons-Hautmont" possède une extension horizontale nettement plus importante que les niveaux inférieur et moyen, mais difficile à chiffrer avec précision.

C'est également à ce niveau qu'on observe les variations faciétales horizontales les plus spectaculaires, surtout vers le sommet du niveau supérieur où l'extension horizontale du cœur du monticule semble diminuer. Ce phénomène est notamment visible dans les coupes périphériques de Tapoumont où, au-dessus de plusieurs passées de calcaires gris à petites *fenestrae* sparitiques stromatactoïdes, Tabulés branchus et Brachiopodes (S7), réapparaissent les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores, S5.

Le niveau supérieur est caractérisé par les plus fortes réductions latérales d'épaisseur en direction de la périphérie (50% de réduction pour Beauchâteau, entre Beauchâteau B et Beauchâteau C, niveau supérieur; 50% à Petit-Mont, également pour le niveau supérieur) et corrélativement par les plus fortes pentes synsédimentaires, qui atteignent 35° (il s'agit du résultat de 25 mesures effectuées à Tapoumont le long de la coupe A et de mesures ponctuelles aux Croisettes et à Rochefontaine). Cette valeur de pente est un maximum; il est difficile de calculer une moyenne, car les pentes varient suivant la localisation dans l'édifice. Des surfaces étendues dans la zone centrale possèdent une pente nulle.

Je distingue cet "extrême sommet" du "niveau supérieur" des monticules. Il s'agit d'un "capuchon" d'une dizaine de mètres de puissance localisé surtout en zone centrale, surmontant au-dessus d'un fond durci (pl. III, photo 1) le cœur de calcaire gris. Son extension latérale semble variable mais est plus faible que celle des niveaux inférieur et moyen. Sa présence à l'origine dans la plupart des biohermes du type "les Wayons-Hautmont" est attestée par la littérature. On ne l'observe plus que rarement actuellement, suite à l'exploitation.

Il s'agit de "griottes", principalement des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux et Crinoïdes (S4), et plus rarement des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3). Ce capuchon apparaît encore actuellement dans les biohermes du Hautmont (fig. VI.5) et de Petit-Mont (coupe B, fig. VI.11). A Hautmont, son extension débordé sur la zone périphérique du niveau supérieur (les "griottes" surmontent les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestras* et Stromatopores, S5, dans la coupe Hautmont A).

Ces griottes sommitales passent ensuite progressivement vers le haut à des calcaires argileux et des schistes nodulaires à Eponges, Brachiopodes et Crinoïdes (S2), eux-mêmes surmontés brutalement par des schistes fins à faune appauvrie (S1).

La répartition des lithofaciès et des microfaciès les plus importants est schématisée à la figure VI.10, qui constitue le modèle de monticule du type "Les Wayons-Hautmont".

e. Le milieu péri-biohermal

Les sédiments sont principalement des schistes à faune appauvrie (S1), avec, en bordure des niveaux moyen et supérieur des biohermes, des bancs décimétriques de calcaires stratifiés à Crinoïdes (S9). On observe également à ces niveaux, dans les schistes, des petites bioconstructions à Coraux (coupe Beauchâteau A, fig. IV.7). Il n'y a pas de niveaux calcaires continus dans ces schistes.

3. Le cas du bioherme du Petit-Mont

La coupe A, levée dans ce bioherme (fig. VI.11), est identique dans ses niveaux moyen et supérieur, à une coupe levée dans les niveaux correspondants dans un monticule du type "les Wayons-Hautmont". Le niveau inférieur, cependant, est légèrement différent et mérite que l'on s'y attarde.

La base du bioherme du Petit-Mont surmonte 15 m de "calcaires argileux et de schistes noduleux à Polypiers" (probablement des schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes, S2), qui suivent 10 m de "schistes fins" (Dumon, 1936). Sous ces schistes fins, on retrouve les calcaires stratifiés "F2gh". **Il semble bien que les sept premiers mètres de "griotte" du bioherme soient encaissés dans des calcaires argileux (S2),** comme les biohermes du type "les Bulants", et non dans des schistes fins (S1) comme le bioherme des Wayons par exemple. De fait, si après cette première unité de 7 m on retrouve bien, comme dans les biohermes du type "les Wayons-Hautmont", les calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3), on constate que les 7 premiers mètres de "griotte" sont des calcaires à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4), avec même par endroit, apparition de calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestras*, Stromatopores (S5). La succession la plus fréquente (S3 puis S4) est donc ici inversée.

Si l'on examine les coupes du chemin de fer de Neuville (Neuville A et B, fig. VI.2), qui montrent que les biohermes du type "les Bulants" se développent au sein des schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes, (S2) (Neuville B), on constate que cette unité calcaro-argileuse et les édifices qu'elle contient sont surmontés par des schistes fins. On pourrait donc supposer, sur base purement géométrique, et en négligeant d'éventuelles variations latérales de faciès des schistes aux calcaires argileux à l'échelle du Massif de Philippeville:

- que le bioherme des Wayons, dont on connaît la base, encaissée par des schistes, s'est développé durant le dépôt des schistes fins (S1), après les biohermes du type "les Bulants", qui se sont développés durant le dépôt de calcaires argileux (S2);

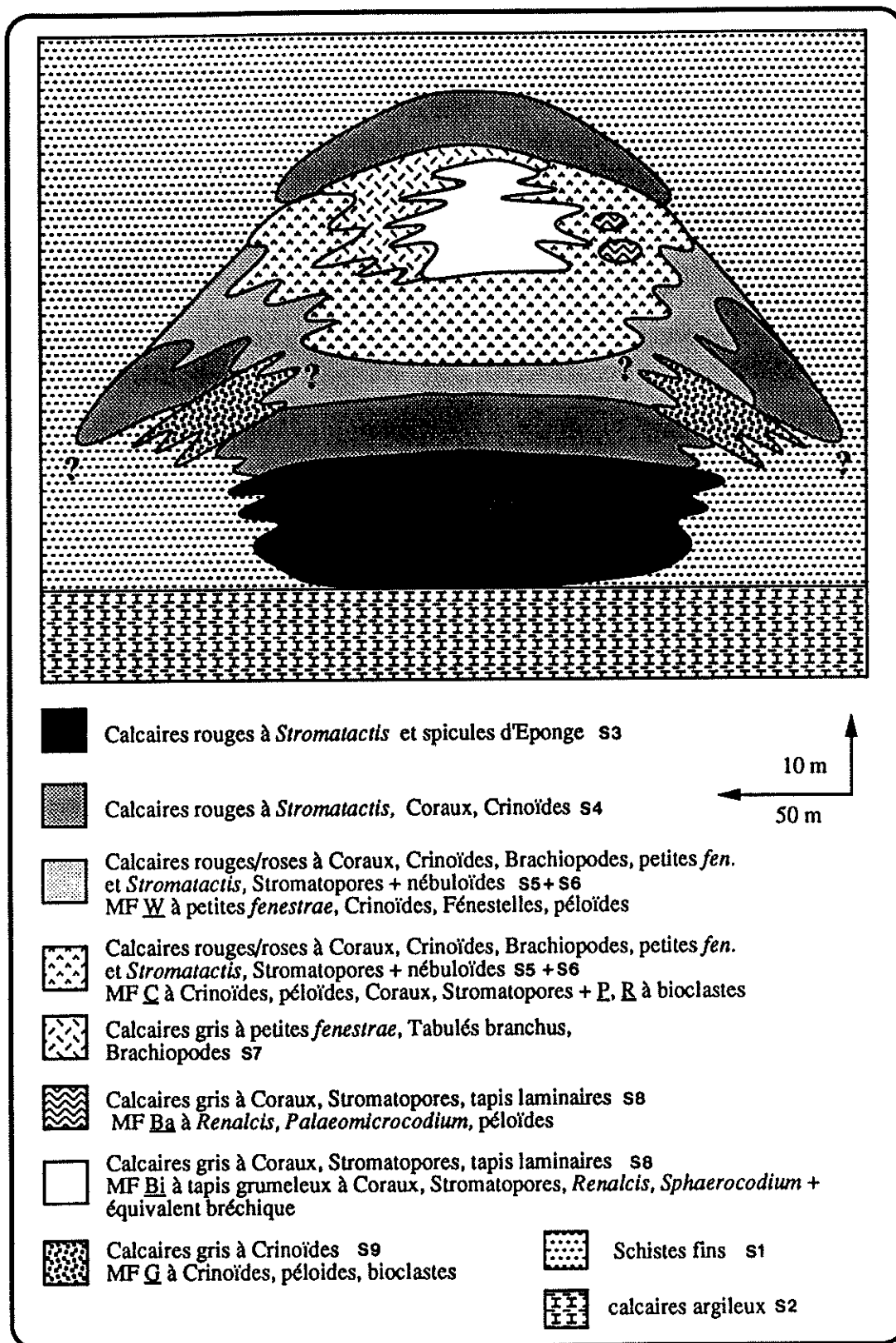


Figure VI.10: Modèle de monticule micritique du type "Les Wayons-Hautmont", Massif de Philippeville.

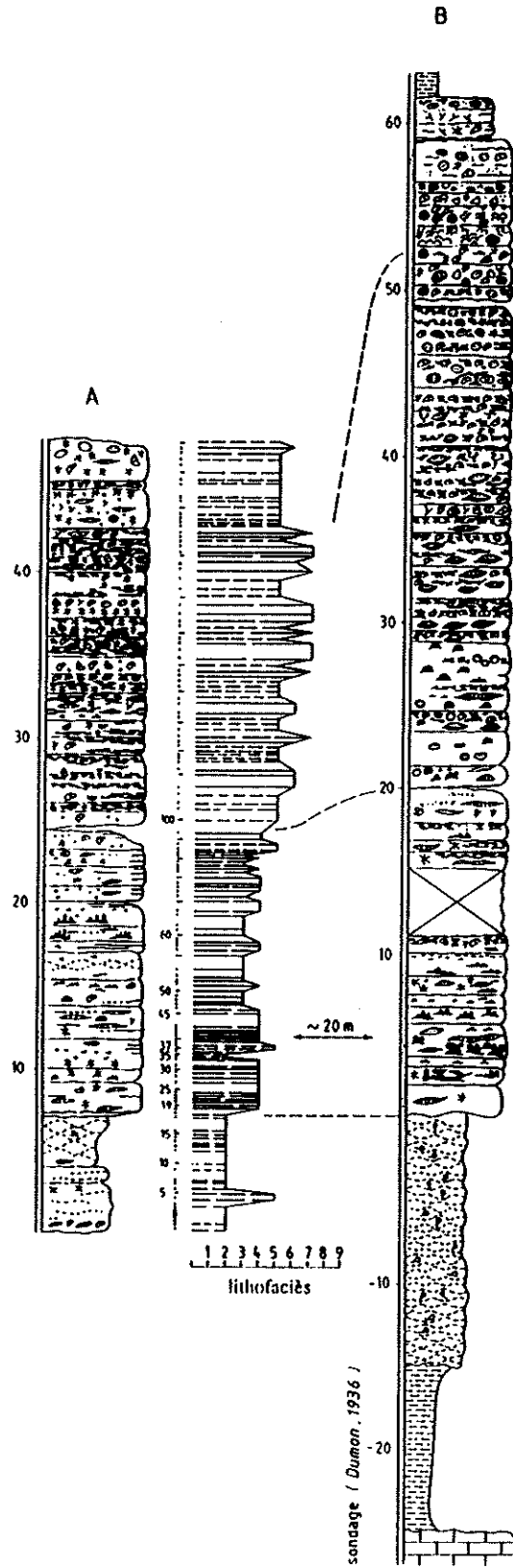


Figure VI.11: colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes A et B de Petit-Mont et corrélations lithologiques.

- que le niveau inférieur du bioherme du Petit-Mont est contemporain du sommet du monticule des Bulants, pour ses sept premiers mètres, et du niveau inférieur du monticule des Wayons pour la dizaine de mètres suivante.

Ces relations seront discutées lors de l'établissement des corrélations séquostratigraphiques.

La biostratigraphie confirme les observations géométriques: la fig. VI. 12 représente une corrélation schématique des monticules du Petit-Mont, des Bulants et de Beauchâteau (d'après Coen & coll., 1977, sur base des "*Phillipsastrea*" et des Conodontes), de Tapoumont (d'après Boulvain & coll., 1988, sur base des "*Phillipsastrea*"), du Hautmont, de Tiène à l'Gatte et des Wayons (déterminations inédites de "*Phillipsastrea*" de Madame Coen-Aubert). On remarque que les monticules de Tiène à l'Gatte et des Bulants contiennent principalement la "Faune 1", sauf vers leur sommet où apparaît la "Faune 2", alors qu'à Beauchâteau, Hautmont, Tapoumont, on observe la "Faune 2" dans toute la coupe, voire même des exemplaires de la "Faune 3". A Petit-Mont, la "Faune 1" apparaît encore dans la partie inférieure de la "griotte", rapidement surmontée par la "Faune 2".

Il est par ailleurs justifié de se demander si le monticule du Hautmont, dont on connaît uniquement le niveau supérieur et celui de Beauchâteau, dont on connaît le niveau supérieur et une partie du niveau moyen, développés durant le dépôt des schistes fins, ont un niveau inférieur comparable à la base du bioherme des Wayons ou à la base du bioherme du Petit-Mont. Ont-ils commencé leur développement au sein des schistes fins ou bien déjà durant le dépôt des calcaires argileux? Peu de données sont utilisables pour répondre à cette question, c'est pourquoi j'ai décidé de regrouper tous les monticules du Massif de Philippeville, dont au moins les niveaux moyens et supérieurs se sont développés pendant le dépôt des schistes fins, au sein du type "les Wayons-Hautmont".

4. Comparaison des deux types d'édifices observés dans le Massif de Philippeville

a. Les monticules du type "Les Bulants" (fig. VI.3)

Il s'agit des biohermes des Bulants et de Tiène à l'Gatte. Ces biohermes possèdent les caractéristiques suivantes:

- ils sont encaissés par des schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes (S2). Ils sont surmontés de schistes fins (S1);

- ils sont fortement interdigités avec leur encaissant (pl. I, photos 2 et 3);

- ils possèdent, sur une puissance réduite (de l'ordre de 40 m), tout l'éventail des lithofaciès mis en évidence, à l'exception des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3) qui sont mal représentés. Les variations lithologiques verticales sont rapides;

- ils montrent peu de variations latérales de faciès, hormis l'apparition en périphérie de profondes interdigitations de calcaires argileux;

- leur puissance varie très peu latéralement; ils possèdent de faibles pentes périphériques;

- les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5) comprennent surtout des wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes;

- on n'observe pas la réapparition de "griottes" (S4, S3) sommitales;

- au point de vue biostratigraphique, ces biohermes contiennent principalement la "Faune 1", relayée vers le sommet par la "Faune 2".

b. Les monticules du type "Les Wayons-Hautmont" (fig. VI.10)

Le type "les Wayons-Hautmont" comprend ces deux carrières, dont l'une, Hautmont, fait affleurer les zones centrales du monticule et l'autre, les Wayons, entame les zones périphériques. Il faut y ajouter les biohermes de Tapoumont, Rochefontaine, Beauchâteau, Petit-Mont et les Croisettes (d'après les données de la littérature).

Par opposition avec les biohermes précédents, ces édifices possèdent les caractéristiques suivantes:

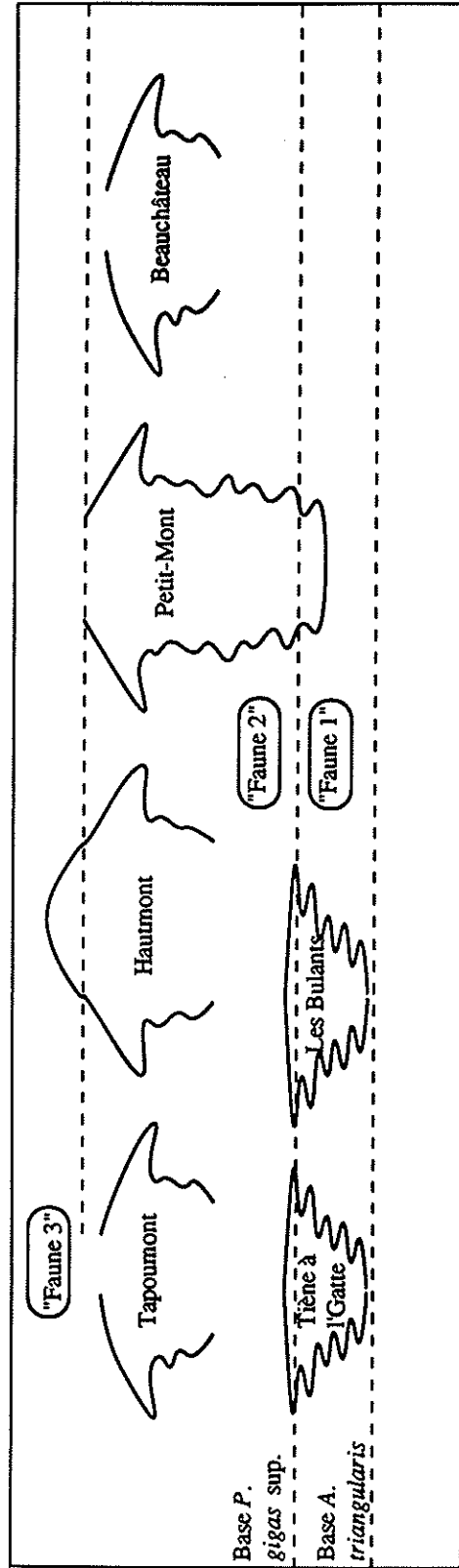


Figure VI.12: Corrélation biostratigraphique (Coraux et Conodontes) de plusieurs biohermes du Massif de Philippeville. D'après Coen & coll. (1977), Boulvain & coll. (1988) et Coen-Aubert (comm. écrite).

- ils sont encaissés, au moins à partir de leur niveau moyen, par des schistes fins (S1) entrelardés à certains niveaux de bancs de calcaires crinoïdiques (S9);

- ils sont peu interdigités avec leur encaissant;

- ils possèdent tous les lithofaciès définis précédemment, dont les calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3), souvent bien développées. Ils ont un coeur important de "marbre gris" (calcaires gris à Coraux, thrombolites, tapis laminaires, S8) et atteignent une puissance de 60 à 80 m;

- on y observe au sommet une récurrence de calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4) et de calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3);

- les variations latérales de faciès sont rapides et importantes. La coupe Hautmont L (fig. IV.26) par exemple montre le passage latéral sur 20 m des calcaires gris à Coraux, thrombolites, tapis laminaires (S8) aux calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4);

- leur puissance varie latéralement, surtout dans la partie médiane et supérieure, avec en conséquence des pentes latérales plus accentuées que dans le cas du type "les Bulants", atteignant des valeurs maximales proches de 35°;

- les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5) comprennent des wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes, des packstones et rudstones bioclastiques et des coverstones à Crinoïdes, péloïdes, Coraux, Stromatopores;

- au point de vue biostratigraphique, ces édifices contiennent principalement la "Faune 2", avec, vers leur sommet, quelques exemplaires de la "Faune 3".

5. Représentation semi-quantitative des litho- et microfaciès

a. Les lithofaciès

J'ai compté, pour chaque monticule étudié dans le Massif de Philippeville, le nombre d'occurrence de chaque lithofaciès au long des différentes coupes. Il ne s'agit pas

d'une méthode statistique rigoureuse d'évaluation de la proportion en volume des lithofaciès, mais simplement une utilisation de données disponibles, dans le but d'obtenir des renseignements d'ordre essentiellement semi-quantitatif. Je n'ai tenu compte que des lithofaciès biohermaux et ai regroupé les nébulloïdes au sein des calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5).

Examinons d'abord la moyenne des proportions des lithofaciès pour les monticules du Massif de Philippeville (fig. VI.13).

On remarque que les plus fréquents sont les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5), typique du niveau moyen des biohermes mais aussi de la partie périphérique du niveau supérieur des monticules du type "Les Wayons-Hautmont". De là probablement sa grande importance. Ensuite, avec une fréquence nettement moindre, on relève les calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4) et à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3) qui apparaissent dans le niveau inférieur des monticules et au sommet des édifices du type "Les Wayons-Hautmont" et enfin les calcaires gris à *fenestrae* spiratiques millimétriques, Tabulés branchus et Brachiopodes (S7) et les calcaires gris à Coraux, thrombolites, tapis laminaires (S8) qui apparaissent dans le niveau supérieur des monticules. Ces proportions précisent la répartition qualitative des lithofaciès en pondérant leurs poids respectifs.

Par rapport à la moyenne, l'examen de la proportion des lithofaciès pour chaque monticule renseigne sur le type d'édifice et bien évidemment sur la zone et le niveau recoupé. L'utilisation de ce type de graphique, pour un sondage par exemple, permet donc de visualiser rapidement le type de bioherme et d'aider à la localisation de la coupe par rapport à l'édifice. Si l'on examine par exemple l'histogramme de fréquence des lithofaciès de la carrière de Rochefontaine, on constate une fréquence très élevée des calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis*, Stromatopores (S5), avec de rares occurrences des calcaires gris à petites *fenestrae*, Tabulés branchus et Brachiopodes (S7) et des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4). Ceci indique, étant donnée la longueur de la coupe, que le monti-

PROPORTION DES LITHOFACIES: Massif de Philippeville

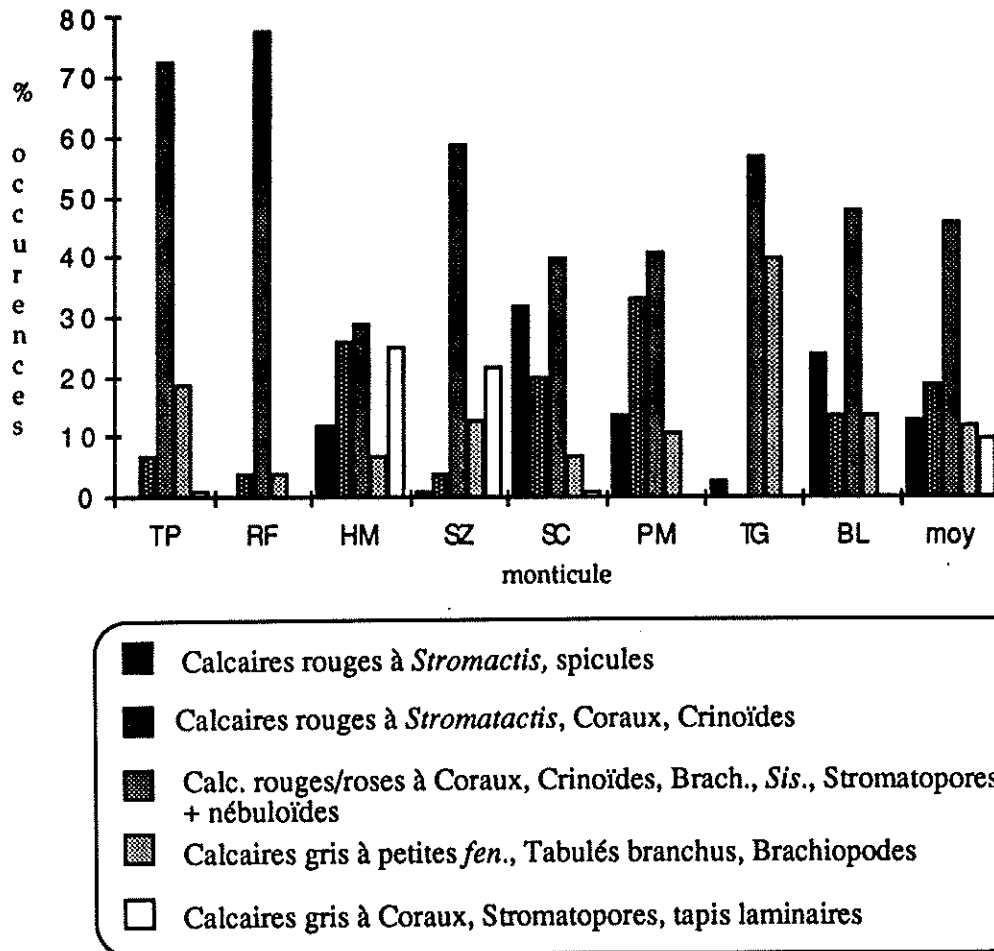


Figure VI.13: proportion relative des lithofacies pour quelques coupes de biohermes du Massif de Philippeville (TP: Tapoumont, RF: Rochefontaine, HM: Hautmont, SZ: Beauchâteau, SC: Les Wayons, PM: Petit-Mont, TG: Tiène à l'Gatte, BL: Les Bulants; moy.: moyenne de ces proportions pour les huit biohermes).

cule est recoupé dans son niveau moyen et supérieur, en zone périphérique.

b. Les microfaciès

J'ai représenté, pour chaque lithofaciès "biohermal" et pour les schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes (S2), la fréquence d'occurrence des différents microfaciès (fig. VI.14). Ici encore, il s'agit d'un dessin à but indicatif, destiné à enrichir les modèles sédimentologiques en modulant le poids de chaque microfaciès. J'ai constaté par ailleurs que, sauf pour les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis*, Stromatopores (S5) et les calcaires gris à Coraux, Stromatopores, tapis laminaires, thrombolites (S8) le poids des microfaciès au sein des lithofaciès était comparable pour les deux types de monticules reconnus.

Relevons quelques observations intéressantes:

- les schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes (S2) est dominé par les Eponges ou les bioclastes lorsque l'on se rapproche d'un bioherme. Les mudstones bioturbés et les coverstones à Coraux lamellaires sont des microfaciès extra-biohermaux;

- la domination, au sein du niveau inférieur des biohermes des microfaciès non bioclastiques sur leurs équivalents bioclastiques;

- la prépondérance, dans le lithofaciès S5, des wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes. Nous avons vu que dans les biohermes du type "Les Bulants", ce microfaciès constitue la totalité du lithofaciès; dans les biohermes du type "Les Wayons-Hautmont", il est relayé en zone centrale par les packstones et rudstones bioclastiques et les coverstones à Crinoïdes, péloïdes, Coraux, Stromatopores;

- la domination des bindstones à péloïdes, Coraux, Stromatopores, *Renalcis* sur les autres microfaciès dans les calcaires gris à Coraux, thrombolites, tapis laminaires (S8).

Si l'on combine les informations issues des fig. VI.13 et VI.14, on constatera que dans les monticules du Massif de Philippeville, le microfaciès le plus fréquent

est les wackestones à petits *Stromatactis*, Crinoïdes, Fénestelles, péloïdes.

IV. LE BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT

Cette vaste région où les monticules micritiques "F2j" sont plus rares, sera représentée par les biohermes de Fort-Condé (fig. VI.15), de Saint-Rémy (fig. VI.16), de Tiers-Cocrai (fig. VI.17) et par la coupe du chemin de fer de Mariembourg (fig. VI.18). Les informations concernant le milieu extra-biohermal proviendront de la coupe de la tranchée d'accès à la carrière du Lion (fig. VI.2).

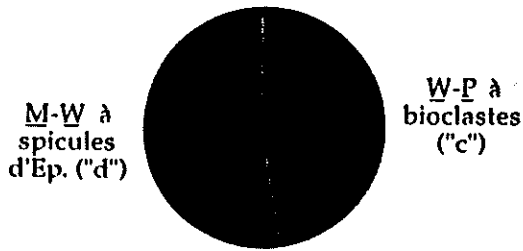
Deux types d'édifices se dégagent d'une comparaison même superficielle: les monticules du type "Saint-Rémy", constitués principalement de calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3) et le bioherme de la coupe de Mariembourg, auquel on peut rajouter les trois "Terniats" et le petit édifice surmontant le monticule "F2h" du Lion qui font affleurer des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4), avec de nombreuses interdigitations de schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes (S2). Compte tenu du nombre restreint de coupes, je ne présenterai pas ici, pour les édifices du type "Mariembourg", de modèle sédimentologique.

1. Les monticules du type "Saint-Rémy"

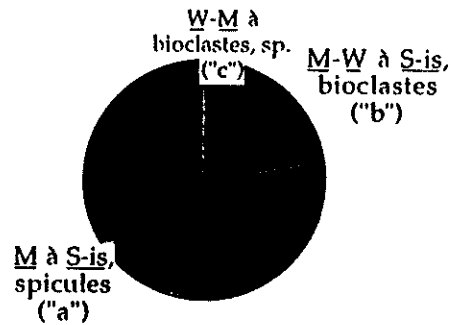
Il s'agit des édifices de Fort-Condé, de Saint-Rémy et de Tiers Cocrai. Ces trois biohermes sont constitués principalement de calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3); la coupe B de Tiers Cocrai (fig. VI.17) montre quelques occurrences de calcaires à *Stromatactis*, Coraux et Crinoïdes (S4) et même, dans la carrière C, une occurrence de calcaires à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et Stromatopores (S5). Il est malheureusement impossible de préciser les relations géométriques existant entre ce lithofaciès et les calcaires rouges à *Stromatactis*.

Les édifices sont de tailles fort différentes; Fort-Condé est un petit bioherme d'une vingtaine de mètres de puissance, d'extension horizontale difficile à préciser, Saint-Rémy est un bioherme dont la puissance

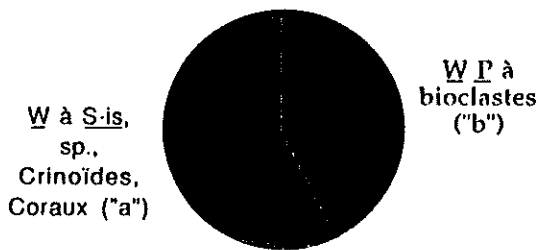
schistes et calcaires argileux
à Eponges, Brachiopodes, Crinoïdes



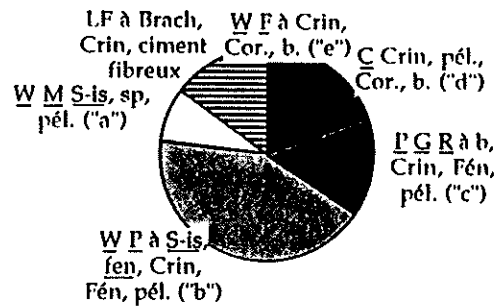
Calcaires rouges à *Stromatactis*
spicules d'Eponges



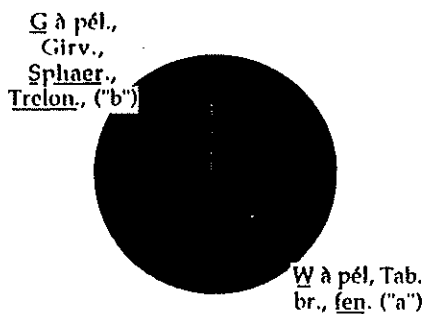
Calcaires rouges à *Stromatactis*,
Coraux, Crinoïdes



Calc. rouges/roses à Coraux,
Crinoïdes, Brach., *Sis.*,
Stromatopores + nébuloïdes



Calcaires gris à petites *fen.*,
Tabulés branchus, Brachiopodes



Calcaires gris à Coraux,
Stromatopores, tapis laminaires

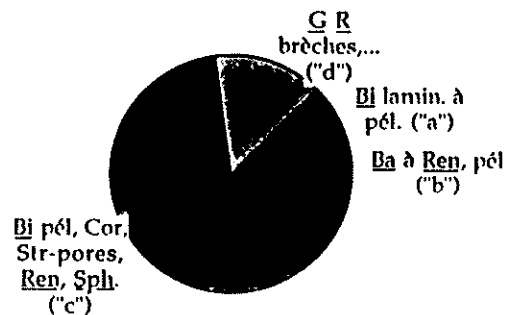


Figure VI.14: proportion relative des microfaciès au sein de chaque lithofaciès pour les monticules repris à la fig. VI.13 (Massif de Philippeville).

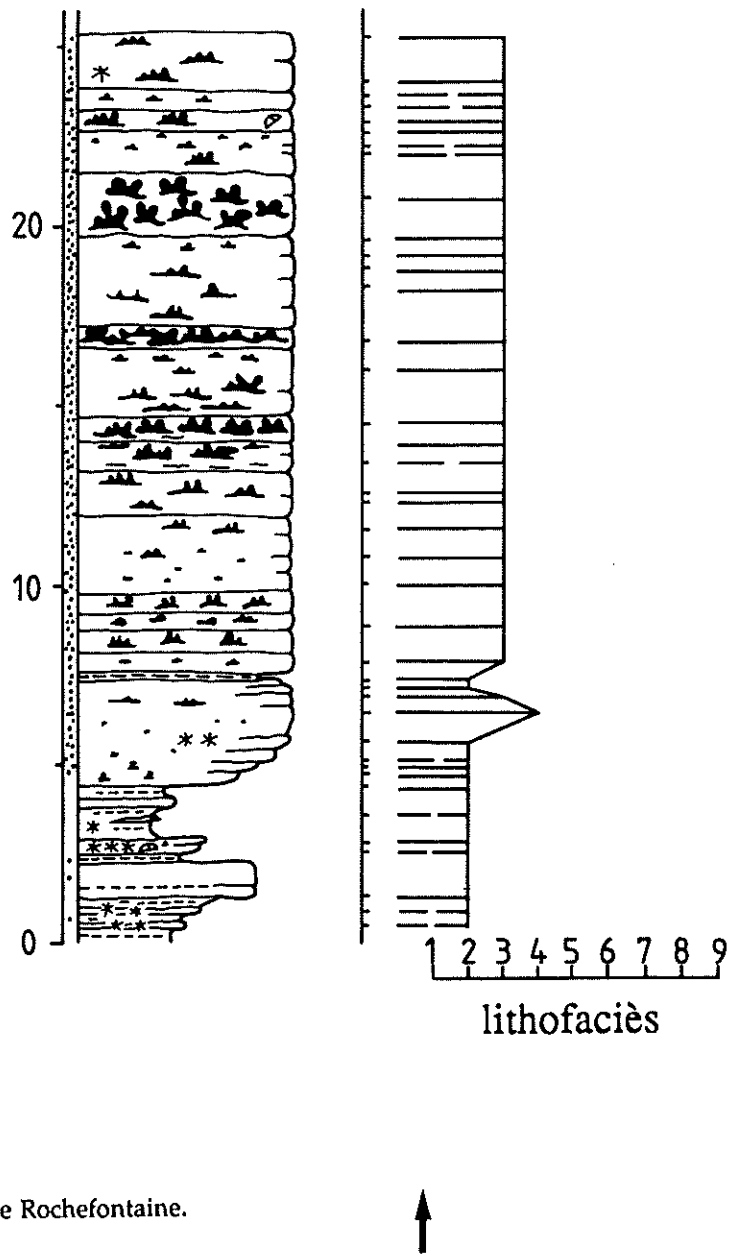
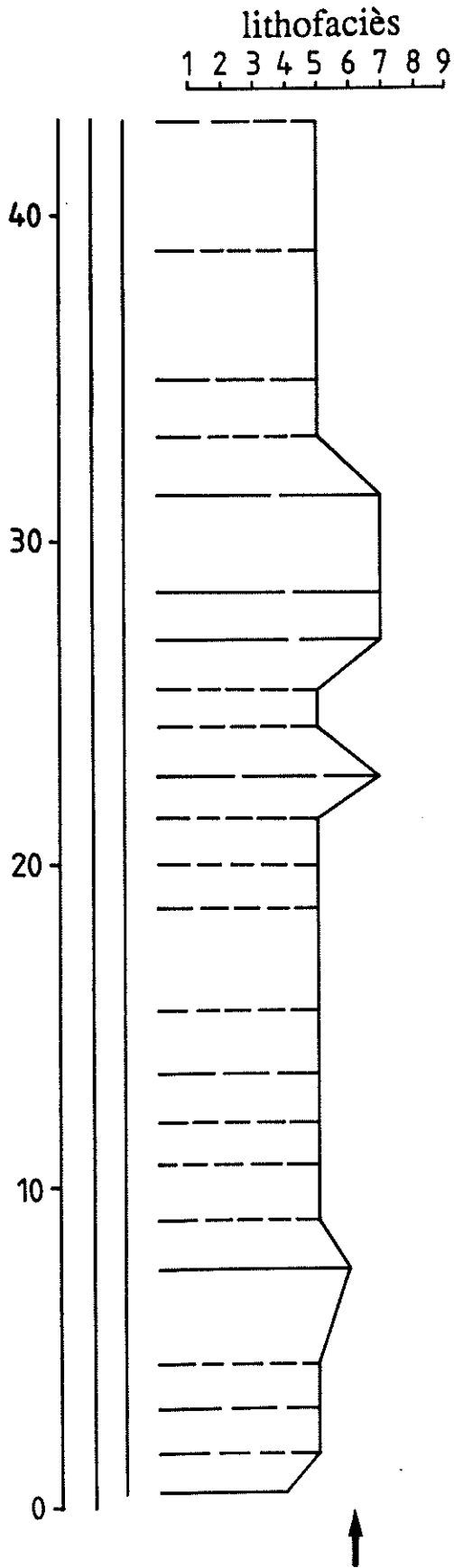


Figure VI.6: lithofaciès et microfaciès de la coupe de Rochefontaine.

Figure VI.15: colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès de la coupe du bioherme de Fort-Condé.

Figure VI.16: colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès de la coupe de la carrière de Saint-Rémy.

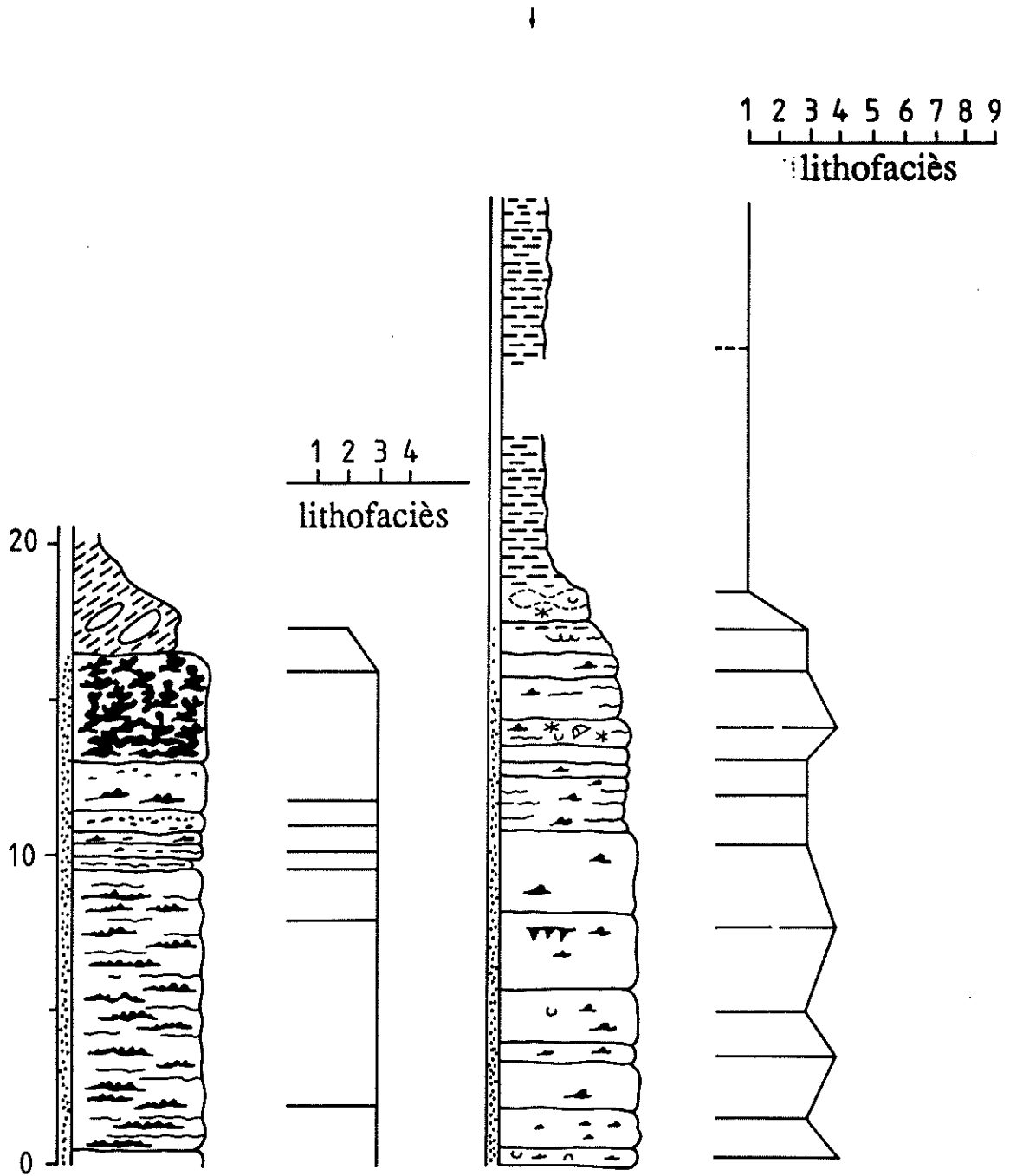


Figure VI.17: colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès de la coupe de la carrière B de Tiers-Cocrai.

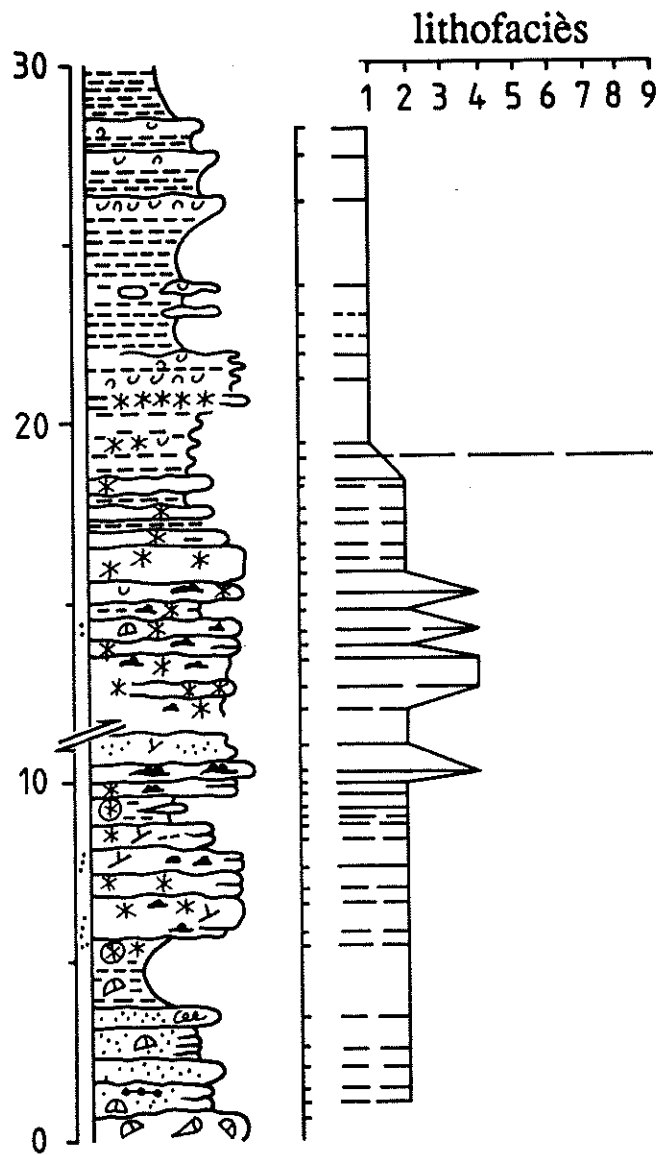


Figure VI.18: colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès de la coupe du chemin de fer de Mariembourg.

atteint au moins 30 m pour un diamètre sans doute supérieur à 100 m et Tiers Cocrai est un édifice probablement encore plus vaste mais entamé superficiellement; son extension horizontale pourrait dépasser 300 m. Cette taille importante pourrait expliquer la présence d'un cœur (?) où apparaissent les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5). Aucune autre différenciation lithologique horizontale n'apparaît dans ces édifices.

Ces biohermes reposent probablement sur un substrat de calcaires argileux et sont surmontés par des schistes fins. Il n'y a pas d'évidences de pentes périphériques, ni d'interdigitations de schistes ou de calcaires argileux.

Stratigraphiquement, ces édifices sont contemporains de la "Faune 1" (Coen & coll., 1977, fig. 1, p. 327).

2. Le monticule de la coupe du chemin de fer de Mariembourg

Cet édifice (fig. VI.18), comme ceux des "Terniats", possède une petite vingtaine de mètres de puissance et une extension horizontale sans doute de l'ordre d'une centaine de mètres. Il est peu pigmenté, contrairement aux biohermes du type "St-Rémy" et les *Stromatactis* qu'il contient sont peu développés. On y observe par contre, à de nombreuses reprises, des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4). Cet édifice est surmonté par des schistes fins, présentant rapidement un "aspect Matagne" et il semble indenté dans les schistes environnants. Le seul type de différenciation horizontale visible dans cette coupe est un épaississement latéral de certains bancs à *Stromatactis*.

On peut rapprocher de ce petit édifice, au point de vue sédimentologique, les quelques bancs de calcaires à Coraux et Crinoïdes qui affleurent au-dessus du monticule "F2h" du Lion, à Frasnes. Géométriquement, ces quelques bancs sont situés également juste sous les schistes "à aspect Matagne".

La tranchée d'accès à la carrière du "Lion" (fig. VI.2) n'intercepte ce petit bioherme que très marginalement; après une forte épaisseur de schistes fins, reposant par l'intermédiaire de quelques mètres de schistes

nodulaires à bioclastes sur le flanc du monticule du Lion, on observe des schistes nodulaires et des calcaires argileux riches en bioclastes, qui prennent très localement une légère teinte rosée. Ces sédiments sont contemporains du développement du bioherme "F2j".

La figure VI.19 est une représentation schématique de la fréquence des lithofaciès dans les biohermes situés au bord sud du Synclinorium de Dinant. Le bioherme de Mariembourg s'individualise nettement des biohermes du type "Saint-Rémy".

V. LE MASSIF DE LA VESDRE

Le bioherme recoupé par le sondage 134 E 303 de Chaudfontaine est le seul édifice étudié dans le Massif de la Vesdre; la répartition des faciès sera comparée aux modèles élaborés pour le Massif de Philippeville et pour le bord sud du Synclinorium de Dinant.

1. Répartition des lithofaciès (fig. VI.20)

On observe, une dizaine de mètres avant l'apparition de la pigmentation rouge, l'occurrence de calcaires à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5). Ce lithofaciès est interrompu vers 125 m par des calcaires rouges à *Stromatactis*, Coraux, Crinoïdes (S4). A partir de 120 m, les calcaires gris à Coraux, thrombolites, tapis laminaires (S8) dominant, avec vers 100-105 m, une récurrence de calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5) et vers 91-94 m apparition de calcaires gris à petites *fenestrae* sparitiques, Tabulés branchus et Brachiopodes (S7). Ensuite, jusqu'au sommet du monticule, vers 77 m, on observe à nouveau les calcaires roses à Coraux, Crinoïdes, Brachiopodes, petits *Stromatactis* et *fenestrae*, Stromatopores (S5). Cette répartition, malheureusement unidimensionnelle, peut être enrichie par les observations suivantes, issues des travaux de M. Coen-Aubert (1974) et de L. Dejonghe (1985):

- la "partie inférieure" du complexe récifal (de 148 m à 135 m) se prolonge latéralement et forme le "premier biostrome à *Phillipsastrea*";

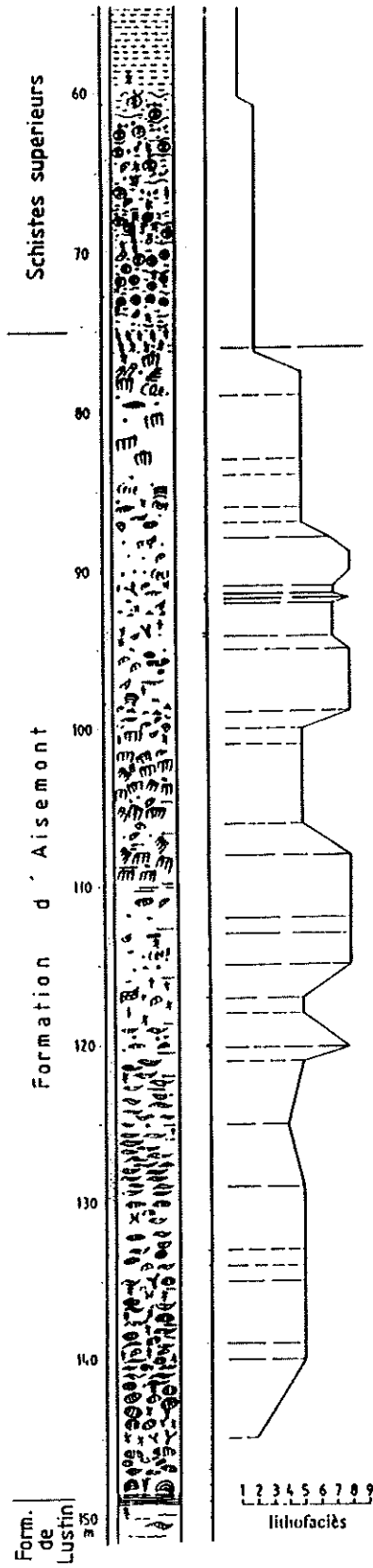


Figure VI.20: colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès du sondage 134 E 303 de Chaudfontaine.

- la "partie moyenne" du complexe (de 135 m à ?100 m) est encaissée latéralement par des schistes;

- la "partie supérieure" du complexe (de ?100 m à 80 m) se prolonge latéralement et forme le "deuxième biostrome à *Phillipsastrea*".

- le "troisième biostrome" (de 75 m à 65 m) surmonte le bioherme.

2. Comparaison

Cet édifice est très proche, par la nature de ses lithofaciès, des biohermes du Massif de Philippeville. On remarquera néanmoins le développement considérable des calcaires gris à Coraux, thrombolites, tapis laminaires (S8) par rapport aux autres lithofaciès et l'absence des calcaires à *Stromatactis* et spicules d'Eponges (S3) dans les niveaux inférieurs.

On peut rapprocher sédimentologiquement le "premier biostrome à *Phillipsastrea*" des schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes (S2) qui encaissent les monticules du type "les Bulants" dans le Massif de Philippeville et qui forment également un niveau continu latéralement, surmonté de schistes fins dans lesquels se développent la plus grande partie des biohermes du type "les Wayons-Hautmont". Ici aussi, le bioherme a connu la majeure partie de son développement alors que se déposaient des schistes fins. La formation du 2^e niveau biostromal vers le sommet de l'édifice est à priori sans comparaison dans le Massif de Philippeville, où aucun niveau calcaire continu n'apparaît au sommet des monticules du type "Les Wayons-Hautmont"; on remarque seulement une nette augmentation de leur diamètre lors du développement du niveau supérieur (fig. VI.10).

Enfin soulignons l'analogie lithologique entre le "troisième biostrome à *Phillipsastrea*" qui surmonte le bioherme du sondage de Chaudfontaine (schistes nodulaires "bariolés" rouge-verts à Crinoïdes, Brachiopodes, Fénestelles, Coraux) et les sédiments similaires observés au-dessus du monticule de Beauchâteau (coupe A, fig. IV.8) et dans la tranchée de chemin de fer de Neuville (coupe A, fig. IV.29).

Au point de vue biostratigraphique, rappelons que le "premier biostrome à *Phillipsastrea*" du Massif de la Vesdre contient la "Faune 1" (comme les schistes noduleux et calcaires argileux à Brachiopodes, spicules d'Eponges, Coraux, Crinoïdes, [S2] du Massif de Philippeville), le "deuxième biostrome à *Phillipsastrea*" du Massif de la Vesdre contient la "Faune 2" (comme le sommet des biohermes du Massif de Philippeville) et le "troisième biostrome à *Phillipsastrea*" contient la "Faune 3" (comme les sédiments analogues du Massif de Philippeville) (Coen-Aubert, 1971, 1974).

VI. LE BORD NORD DU SYNCLINORIUM DE DINANT ET LE SYNCLINORIUM DE NAMUR

1. Introduction

Il m'a paru nécessaire de faire figurer ici la répartition des lithofaciès et microfaciès pour les quatre coupes levées au bord nord du Synclinorium de Dinant (Lustin, fig. IV.39, Crupet, fig. IV.40), au bord sud du Synclinorium de Namur (Aisemont, fig. IV.41) et au bord nord-est du même synclinorium (Huccorgne, fig. IV.42). Les lithofaciès et microfaciès sont figurés à la fig. VI. 21, en utilisant le même type de représentation que pour les monticules: la longueur de la droite correspondant à chaque échantillon détermine le lithofaciès; le nombre de segments qui la constituent, le microfaciès. Le tableau VI.2 reprend pour chaque lithofaciès et microfaciès le figuré qui lui correspond.

2. Répartition des lithofaciès et microfaciès

Les premiers calcaires argileux (N2) surmontent une unité de calcaires purs, où apparaissent des calcaires bioturbés (N4), des loférites (N5) et des calcaires laminaires (N6). Ces calcaires argileux (wackestones à Brachiopodes) sont parfois surmontés d'un fond durci à perforations (Lustin, pl. III, photo 8).

On observe ensuite une unité monotone où alternent schistes et siltites argileuses (N1) (principalement des schistes silteux bioturbés) et des calcaires argileux à Brachiopodes, Crinoïdes et bioclastes (N2).

PROPORTION DES LITHOFACIES: Bord sud du
Synclinorium de Dinant

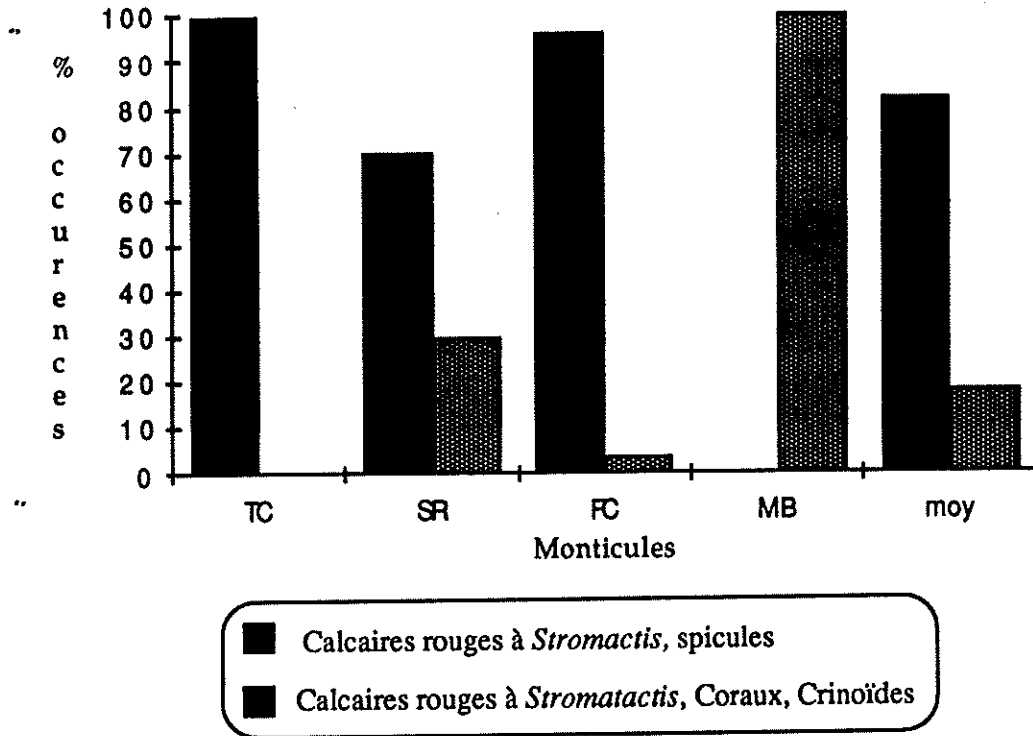


Figure VI.19: proportion relative des lithofaciès pour quelques coupes de biohermes du bord sud du Synclinorium de Dinant (TC: Tiers-Cocrai, SR: Saint-Rémy, FC: Fort-Condé, MB: Mariembourg; moy.: moyenne de ces proportions pour les quatre biohermes).

LITHOFACIES	REPRESENTATION GRAPHIQUE DU MICROFACIES		
	1 segment	2 segments	3 segments
N1 "Schistes" et siltites argileuses	siltites	"schistes" silteux à bioclastes	"schistes" silteux bioturbés
N2 Calcaires argileux à Brachiopodes, Crinoïdes, bioclastes, etc...	<u>P</u> bioclastiques à Brachiopodes et Lamellibranches	<u>W</u> argileux à Brachiopodes	<u>M</u> argilo-silteux
N3 Calcaires à oncolithes Coraux, Lamellib., Brach., Stromatopores	<u>P</u> et <u>G</u> à oncolithes et péloïdes	<u>W</u> bioclastiques à péloïdes, Coraux, Brachiopodes, etc...	
N4 Calcaires bioturbés	<u>P</u> à péloïdes et bioclastes	<u>W</u> et <u>P</u> à péloïdes, Issinelles, bioclastes	
N5 Calcaires laminaires	<u>W</u> laminaires à péloïdes et bioclastes		
"Loférites" N6	<u>G</u> à péloïdes et fenestrae irrégulières		

G = grainstone, M = mudstone, P = packstone, W = wackestone.
Brach. = Brachiopodes, Lamellib. = Lamellibranches.

Tableau VI.2: présentation synthétique des lithofaciès et microfaciès des coupes du bord nord du Synclinorium de Dinant et du Synclinorium de Namur, avec leur représentation graphique.

Nord du S. de Namur

Sud du S. de Namur

Nord du Synclinorium de Dinant

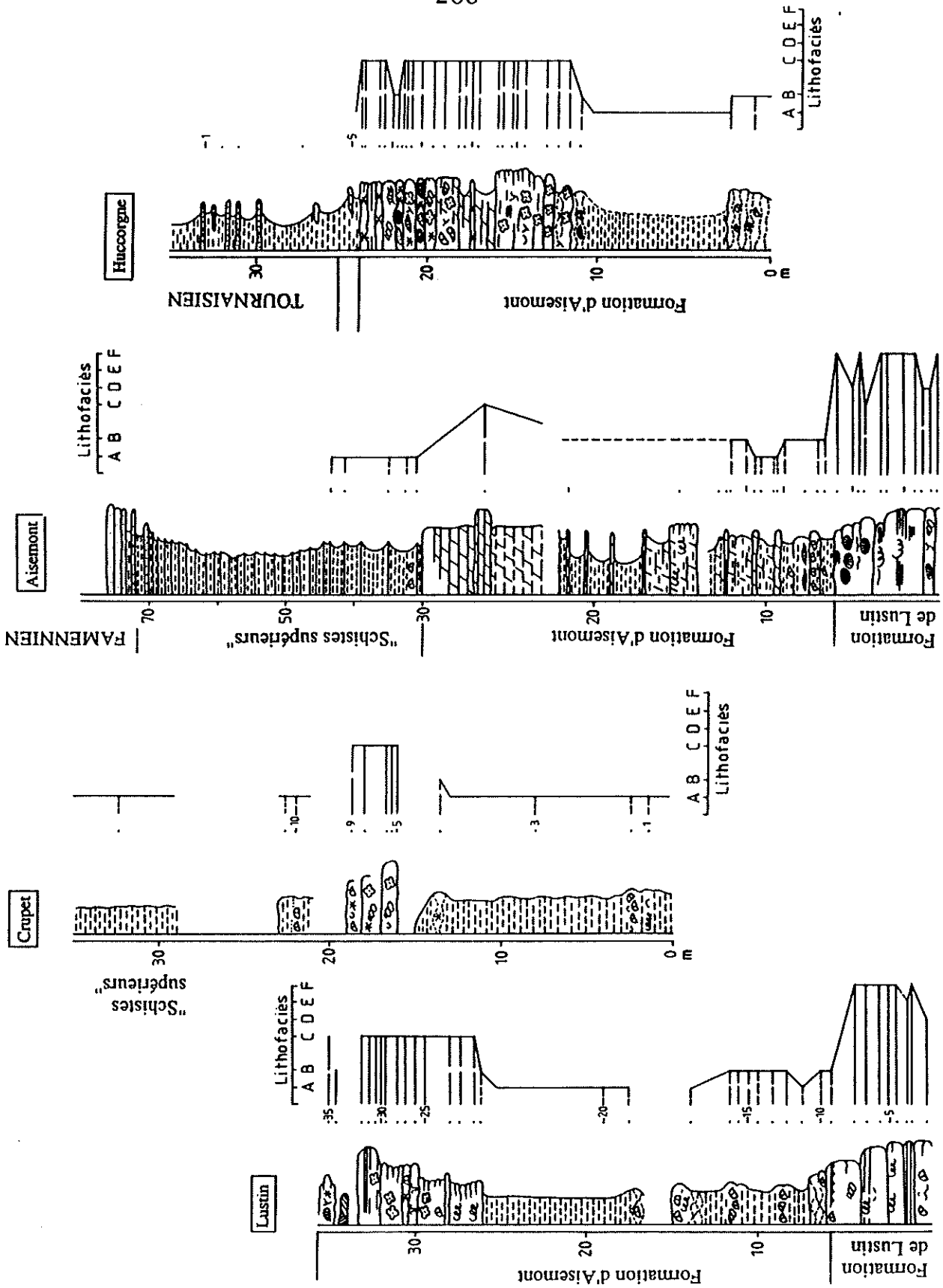


Figure VI.21: colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes de Lustin, Crupet, Aisemont et Huccorgne.

Cette unité est surmontée de calcaires ou de dolomies à oncolithes, Coraux, Lamellibranches, Brachiopodes et Stromatopores (N3). On observe dans toutes les coupes une tendance à une accentuation du caractère bioclastique vers le sommet de l'unité, avec réapparition de Coraux et de Crinoïdes (microfaciès de wackestones bioclastiques à péloïdes, Coraux, Brachiopodes, etc...). Certaines coupes montrent cette tendance également à la base de l'unité.

Les coupes se terminent par une réapparition des schistes et des siltites argileuses (N1).

C. CONCLUSIONS

Nous avons obtenu à partir d'une description sédimentologique des monticules micritiques du Massif de Philippeville et du bord sud du Synclinorium de Dinant, trois modèles de répartition des lithofaciès et des microfaciès, correspondant à trois types d'édifices différents. Il s'agit des édifices du type "les Bulants" et "les Wayons-Hautmont" pour le Massif de Philippeville, et du type "Saint-Rémy" pour le bord sud du Synclinorium de Dinant. Ces trois modèles sont **rigoureusement objectifs**, car leur élaboration n'a entraîné aucun élément d'interprétation; aucune hypothèse n'a été posée sur le type d'environnement dans lequel ils se sont développés, ni sur l'origine d'aucun de leurs constituants. Leur morphologie externe a été déduite d'observations de terrain et de mesures de pendage sédimentaire.

Les monticules du type "les Bulants" sont des édifices à faibles pentes périphériques, fortement interdigités avec les schistes noduleux et calcaires argileux péri-biohermaux. Ces biohermes sont caractérisés par une forte différenciation verticale des faciès, mais aucune différenciation latérale.

Les monticules du type "les Wayons-Hautmont" possèdent, à partir de leur niveau moyen, des pentes périphériques pouvant atteindre une trentaine de degrés. Ils sont peu interdigités avec les sédiments péri-biohermaux, en l'occurrence des schistes fins. A la différenciation verticale des faciès s'ajoute, à partir du niveau moyen, une nette différenciation horizontale. Ces monticules possèdent un important "coeur" de "marbre gris" et sont caractérisés par la récurrence, à leur sommet, des faciès inférieurs ("griottes").

Des observations purement géométriques, confirmées par biostratigraphie, ont permis de préciser les relations stratigraphiques existant entre ces deux types de monticules et leurs sédiments extra-biohermaux. Elles sont schématisées, avec la répartition des lithofaciès, à la fig. VI.22.

Au bord sud du Synclinorium de Dinant, les monticules du type "Saint-Rémy" sont caractérisés principalement par un seul lithofaciès: les calcaires rouges à Stromatactis et spicules d'Eponges. Ces édifices sont encaissés par des schistes fins et ne semblent pas posséder de fortes pentes périphériques.

L'organisation spatiale des lithofaciès des monticules, avec une grossière symétrie de révolution et dans les monticules du type "Les Wayons-Hautmont", une différenciation sédimentologique horizontale, est incompatible avec l'hypothèse de l'empilement de lentilles sigmoïdales, proposée par Monty & coll. (1982, p.340), pour l'ensemble des biohermes de marbre rouge.

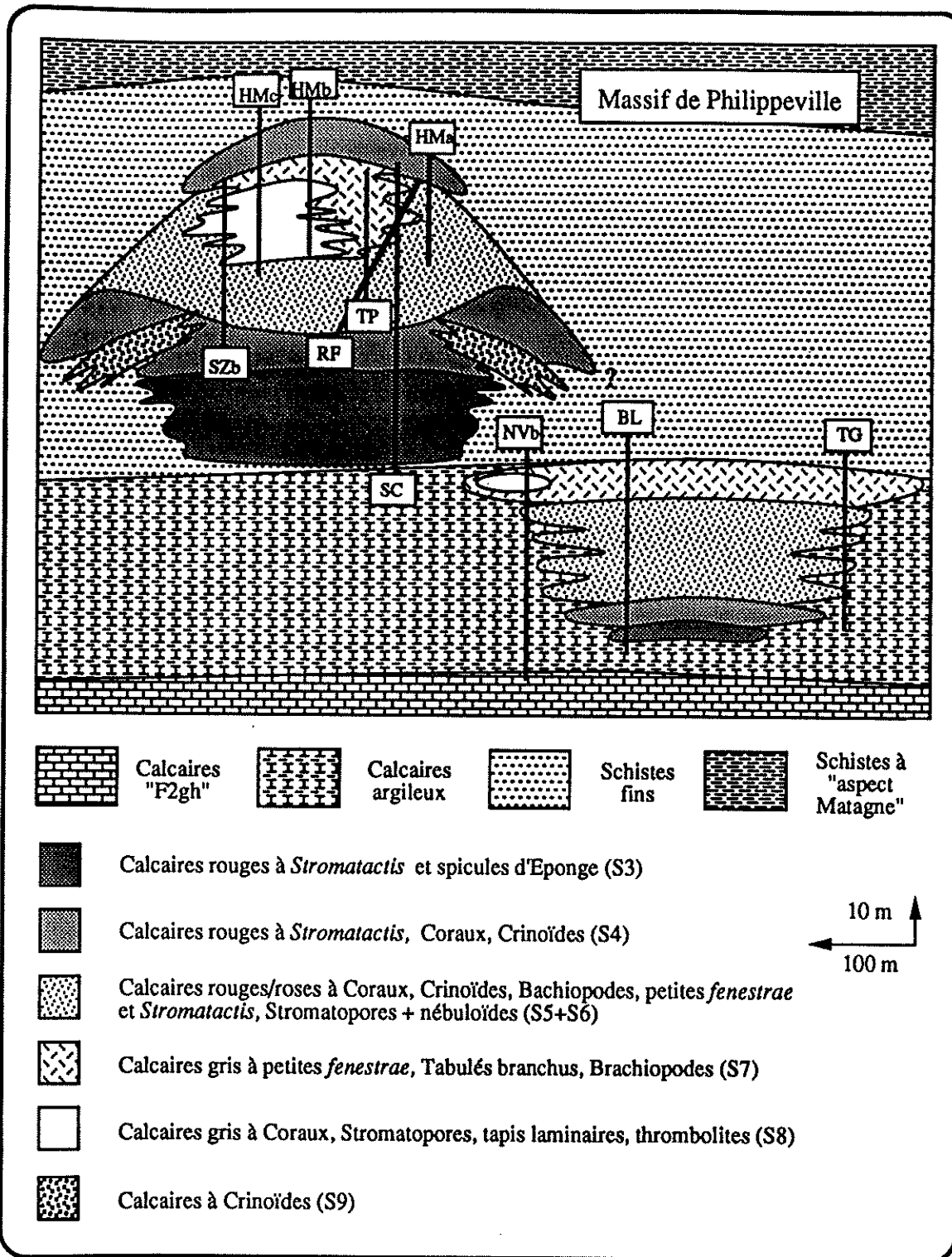


Figure VI.22: modèles des monticules micritiques du Massif de Philippeville avec la position des coupes. En bas à droite: monticule du type "Les Bulants"; en haut à gauche, monticule du type "Les Wayons-Hautmont".