50376
1982
233

50376
1982
233

LILLE

N.d'ordre:560

THESE

présentée à

l'Université des Sciences et Techniques de Lille

pour obtenir le grade de

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

par

Francis LETHIERS

LES OSTRACODES DU DEVONIEN SUPERIEUR

(Nord de la France,Belgique,Ouest du Canada)

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE
SECTION DE SCIENCES
LILLE

soutenue le 9 novembre 1982

devant la Commission d'Examens

composée de Messieurs

J.P. LAVEINE — Président et rapporteur

J.DERCOURT, H.J.OERTLI — Rapporteurs

C.BABIN, P.CELET, H.LARDEUX — Examinateurs

A mes Parents

A mes Maîtres

RESUME

L'introduction expose l'objet, les buts et les généralités de ce mémoire : l'étude détaillée des Ostracodes du Dévonien supérieur en Boulonnais (Nord de la France), en Ardenne franco-belge et dans l'Ouest du Canada.

La première partie présente les généralités sur les Ostracodes d'après la littérature. L'importance du tégument et l'organisation de la carapace sont exposées. Une classification commune des formes actuelles et fossiles pose encore certains problèmes. Quelques méthodes d'études sont spéciales à l'étude des Ostracodes fossiles. Toutes les catégories de taxons du groupe sont utiles en biostratigraphie, mais spécialement le genre et l'espèce. La méthode actualiste, l'analyse morpho-fonctionnelle, l'étude concomitante du faciès, l'analyse taphonomique et l'étude paléobiogéographique sont les principales voies qui font des Ostracodes un instrument remarquable en paléoécologie.

La deuxième partie propose certaines techniques, méthodes et réflexions propres à l'étude des Ostracodes fossiles et spécialement aux Ostracodes paléozoïques. Après avoir rappelé la démarche ostracodologique classique, on formalise les différents types d'échantillonnage, on montre que les sections polies des carapaces sont utiles en systématique et en paléobiologie, et on expose un montage simple des individus pour une meilleure observation au microscope élec-

tronique à balayage. Il est démontré qu'une analyse paléoécologique doit être précédée par l'étude de la fossilisation : le type d'Ostracodes (benthiques ou pélagiques), la nature du lithofaciès, la forme des carapaces et leur remplissage, sont autant de facteurs qui introduisent des conservations sélectives. En biostratigraphie des Ostracodes, le genre est utile à condition d'être défini avec rigueur, et certaines catégories d'espèces benthiques ont autant de valeur que les espèces pélagiques. Diagnose et description spécifiques sont toujours nécessaires même lorsque la figuration est très précise. Un exemple d'étude biostratigraphique appliquée à la Formation Big Valley (Alberta et Saskatchewan, Canada) montre comment les conclusions paléogéographiques en découlent.

La troisième partie est une étude des Ostracodes du Dévonien supérieur dans le Nord de la France et la Belgique. Elle débute par une esquisse géologique des régions étudiées dans leur cadre varisque avec un historique général sur les travaux régionaux. Les problèmes concernant les divisions stratigraphiques sont mis en évidence. Dans les terrains du Dévonien supérieur on distingue des unités lithostratigraphiques qui sont différentes en Boulonnais, en Ardenne occidentale et en Ardenne orientale. Les Céphalopodes et les Conodontes apportent les divisions biostratigraphiques de référence, celles des autres groupes sont également rappelées. Sur ces bases, les divisions chronostratigraphiques utilisées sont définies.

En Ardenne, 28 gisements échantillonnés dans les régions-types ont permis d'étudier la systématique de 66 espèces d'Ostracodes dont 19 sont nouvelles. Un relais faunique existe à la limite Givétien-Frasnien. Le Frasnien inférieur renferme une faune abondante et diversifiée où les Metacopina sont caractéristiques. Au Frasnien supérieur, la famille des Entomozoïdae à mode de vie probablement pélagique est inféodée au faciès "Matagne" du SW ardennais. Un deuxième renouvellement faunique apparaît près de la limite Frasnien/Famennien. Celle-ci fut spécialement étudiée au stratotype de Senzeilles où 37 espèces dont 7 nouvelles ont été décrites. Dans le Famennien inférieur, les nouvelles associations sont marquées par la

bonne représentation des Paraparchitacea et la rareté des espèces du genre *Bairdia*. Un troisième renouvellement faunique intervient au Famennien terminal et au Strunien avec l'apparition de nouvelles espèces de Bairdiacea et de *Cryptophyllus*.

Dans le Boulonnais, une dizaine de sites furent échantillonnés. Après un rappel sur les particularités géologiques de cette région, il est montré que la série dévonienne est un cycle sédimentaire classique avec un diachronisme des unités lithostratigraphiques. Les faunes d'Ostracodes de la limite Givétien/Frasnien et du Frasnien sont comparables à celles de l'Ardenne. Le Famennien est ici très pauvre en Ostracodes. On arrive à situer les unités lithostratigraphiques dans la chronostratigraphie. Une lacune stratigraphique autour de la limite dévono-carbonifère est confirmée et précisée.

Dans l'ensemble Boulonnais-Ardenne, 193 espèces d'Ostracodes benthiques du Dévonien supérieur sont recensées dans un tableau biostratigraphique général. Une nouvelle zonation par les Ostracodes est présentée. Elle comporte 10 faunizones définies par des associations d'espèces benthiques et qui sont raccordées aux zonations des autres groupes paléontologiques.

L'analyse paléoécologique des faunes d'Ostracodes permet de reconnaître les principaux paléoenvironnements allant du type lagunaire à la zone circalittorale. L'influence du milieu sur les espèces benthiques n'est pas compatible avec l'existence de marqueurs biostratigraphiques choisis dans leurs rangs.

La quatrième partie est consacrée à l'étude d'une faune diversifiée d'Ostracodes dans les équivalents du Frasnien supérieur, du Famennien et du Strunien de l'Ouest du Canada. Après une esquisse géologique, on expose les divisions stratigraphiques utilisées dans le Saskatchewan, l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest ainsi que la paléogéographie régionale au Famennien. Une vingtaine de sites et sondages échantillonnés ont permis de décrire 169 espèces dont 54 sont nouvelles. Seize tableaux de répartitions d'Ostracodes par gisements sont présentés. On peut ainsi ajouter une si-

xième zone à la zonation du Frasnien par BRAUN (1967), établir quatre zones dans le Famennien et deux zones dans le Strunien. Cette zonation, valable sur environ 2 000 Km de distance, est corrélée avec les divisions stratigraphiques européennes grâce à certaines espèces ubiquistes. Il est également établi une zonation plus serrée spéciale à la Formation Big Valley, d'âge famennien terminal-strunien, en Saskatchewan et en Alberta. On aboutit à la corrélation générale des 20 gisements. Toutes les unités lithostratigraphiques étudiées sont plus ou moins diachroniques. Les unités Jean-Marie, Redknife et Kakisa sont essentiellement d'âge frasnien supérieur. Les Formations Trout River, Tetcho, Kotcho, Palliser et Wabamun sont principalement d'âge famennien. Les équivalents struniens peuvent se retrouver, selon les endroits, au sommet des Formations Wabamun-Palliser, dans la Formation Big Valley et dans les Formations Bakken-Exshaw. La limite dévono-carbonifère est située à l'intérieur des Formations Bakken-Exshaw. Une lacune stratigraphique existe généralement au Famennien terminal-Strunien basal. Une autre est perceptible à la limite Frasnien-Famennien dans la région de Root River des Territoires du Nord-Ouest.

Au Famennien supérieur-Strunien, le cadre paléoécologique dans l'Ouest du Canada est schématiquement le suivant : 1/ un bassin peu profond à caractères plus ou moins restreints (Formation Big Valley du Saskatchewan), avec des espèces des genres *Cryptophyllus*, *Barychilina* et *Ovatoquasillites cribraria greeni*, 2/ une plateforme carbonatée en Alberta (Formations Wabamun-Palliser) où les Bairdiacea sont majoritaires, 3/ un bassin plus profond (Formation Kotcho et équivalents des Territoires du NW) à nombreuses espèces de Kloedenellacea et de Bairdiacea. Certaines espèces sont endémiques à l'un des trois paléomilieux. D'autres leurs sont communes comme *Tchizhovaella regina* aux variations remarquables. D'autres sont cosmopolites tout en étant inféodées à un paléomilieu donné sur la Plate-forme Ouest canadienne. La comparaison des trois faunes dans leur faciès permet de découvrir les affinités paléoécologiques des principaux groupes d'Ostracodes.

La cinquième partie est une étude paléobiogéographique mondiale des Ostracodes au Dévonien supérieur.

Il existe probablement cinq provinces paléobiogéographiques au Frasnien ainsi qu'au Famennien. Le climat et certaines barrières géographiques sont les principaux facteurs responsables du nombre et de la disposition des aires paléobiogéographiques.

L'aire paléobiogéographique à Ostracodes de la Paléotéthys est un fait constant au cours du Dévonien supérieur. Les relations ostracodiques entre la Plate-forme Ouest canadienne et la Plate-forme russe, c'est-à-dire au Nord du Continent Nord-Atlantique, sont permanents. La province du SE asiatique semble isolée.

La sixième partie correspond aux conclusions générales. Elle rappelle comment la systématique de 245 espèces fut traitée, avec 76 espèces nouvellement instituées. Il était également nécessaire d'analyser spécialement les variations de certaines espèces importantes au Canada et en Ardenne, mais quelques problèmes subsistent à ce propos. Le degré d'adaptation d'une espèce à son milieu permet d'expliquer, en partie, la fréquence des adultes par rapport aux larves. Un genre nouveau est institué et ceux de quatre familles ont leurs définitions précisées. L'apport biostratigraphique se solde par l'établissement de zonations dont l'application a permis d'effectuer des corrélations des unités lithostratigraphiques aussi bien dans l'Ouest du Canada qu'en Boulonnais-Ardenne. La répartition sigmoïdale des plates-formes représente un nouveau concept qui rend compte des différences d'extensions verticales entre les espèces et qui en donne les conséquences. Après avoir souligné l'importance de la fossilisation, nous analysons les affinités paléoécologiques de neuf groupes d'Ostracodes parmi les plus fréquents au Dévonien supérieur, nous mettons en évidence l'influence du milieu sur quelques types de variations intraspécifiques et nous récapitulons l'acquis paléobiogéographique. Des perspectives d'études systématiques, biostratigraphiques et paléoécologiques apparaissent à la suite de ce travail.

ABSTRACT

The introduction describes the subject, the purposes and the generalities of this work : the detailed study of Upper Devonian Ostracodes from Boulonnais (France), Ardenne (France and Belgium) and Western Canada.

The first part is a bibliographical summary of ostracodology. The importance of the tegument and the features of the ostracod carapace are presented. A general classification for recent and fossil ostracodes is problematic. There are some particular methods of studies for the fossil ostracodes. All taxa are biostratigraphically useful, but especially the generic and specific levels. The actualism, morphofunctional analysis, coeval study of the facies, taphonomic analysis and the paleobiogeographical studies of the ostracodes provide an exceptional tool for paleoecological interpretation.

In the second part I propose some techniques, methods and thoughts which are special to fossil ostracodes and particularly to the paleozoic forms. After a review of the classical method in the ostracod study, I develop the different type of sampling, show how polished sections are useful in systematics and paleobiology and indicate a simple technique to fix specimens for better observation with the scanning electron microscope. It is demonstrated that an ostracod paleoecological study has to be preceded by the analysis of fossilization : the ostracod type (benthic or pelagic), the lithofacies, the carapace shape and the filling of the carapaces are important factors which bias conservation. For biostratigraphical studies, the ostracod genus is useful if it is defined logically, and some categories of benthic species have similar value with the pelagic ones. A diagnosis and description are always necessary even the figuration is very precise. The study of the Big Valley Formation (Alberta and Saskatchewan, Canada) provides an example of a biostratigraphical approach from which peleogeographic conclusions can be ascertained.

The third part is an Upper Devonian ostracod study from Northern France and Belgium. It begins with a geological outline of the studied area in its variscan framework and a historical review of the regional works. Problems related to the stratigraphical subdivisions are hilighted. The Upper Devonian lithostratigraphic units are different in Boulonnais, in Western Ardenne and in Eastern Ardenne. Cephalopods and Conodonts are the basis for the biostratigraphical subdivisions although others groups also have been utilized. The accepted chronostratigraphical units are defined on the entire data.

In Ardenne, 28 sampled outcrops from the type areas constitute the material for the systematic study of 66 ostracod species, 19 of them are new. There is an observed faunal change at the Givetian-Frasnian boundary. The Lower Frasnian levels contain an abundant and diversified ostracod fauna typified by the Metacopina. In the Upper Frasnian, the probably pelagic Entomozoïd family is restricted to the "Matagne" facies from Southwestern Ardenne. There is a second faunal change near the Frasnian-Famennian boundary which is specifically studied at the type-section in Senzeilles where 37 ostracod species have been described, 7 of them are new. During the Lower Famennian, the new described associations are distinguished by the presence of paraparchitacean ostracodes and by the rarity of species belonging to *Bairdia*. A third faunal change is observed at the Uppermost Famennian-Strunian where new species of the Bairdiacea and *Cryptophyllus* appear.

In Boulonnais, ten geological sites have been sampled. After reviewing the geological particularities of this area we show that the devonian series is a classic sedimentary cycle with diachronic lithostratigraphical units. The ostracod faunas from the Givetian-Frasnian boundary and the Frasnian are related to those from Ardenne. Ostracodes are very rare in Famennian strata. The lithostratigraphical units are correlated with the chronostratigraphy. Near the Devonian-Carboniferous boundary, a stratigraphical gap is confirmed and defined more precisely.

In the Boulonnais-Ardenne area, 193 benthic ostracod species from the Upper Devonian have been assembled in a general biostratigraphical table. We propose a new ostracod zonation. It contains 10 faunal zones based on benthic species assemblages and correlated to zonations established with other paleontological groups. In the paleoeco-

logical studies of the ostracod assemblages we recognize major paleoenvironments ranging from the lagoonal to the circalittoral zones. The environmental interactions on the benthic species is not incompatible with the presence of good biostratigraphic species selected among them.

The fourth part is a study of a diversified ostracod fauna in the Upper Frasnian, Famennian and Strunian equivalents from Western Canada. After a regional geological outline, the stratigraphical divisions used in Saskatchewan, Alberta, Northwest Territories, and the paleogeography during the Famennian time are described. Specimens recovered from twenty surface and subsurface sampleled sites provide the basis for the description of 169 ostracod species, 54 of them are new. Sixteen tables showing recorded ranges of species are presented. In this way we have recognized a sixth zone in the Upper Frasnian (which completes the general Frasnian zonation established by BRAUN, 1967), four zones in the Famennian and two zones for the Strunian. This zonation, which is valid over a distance of about 2 000 km, is correlated with the european chronostratigraphic subdivisions. A more detailed zonation is also distinguished mainly in the Uppermost Famennian-Strunian Big Valley Formation from Saskatchewan and Alberta. It correlates over the 20 sites. Each studied stratigraphical unit is more or less diachronous. The Jean-Marie, the Redknife and the Kakisa units are essentialy of Upper Frasnian age. The Trout River, Tetcho, Kotcho, Palliser and Wabamun units are mainly assigned to the Famennian. Strunian levels can be found, depending on the locality, either at the top of the Wabamun-Palliser Formations, or within either the Big Valley Formation, or the Bakken-Exshaw Formations. The Devonian-Carboniferous boundary is located towards the middle part of the Bakken-Exshaw Formations. A stratigraphical gap generally exists during the Uppermost Famennian-Lowermost Strunian time. Another one is recognized around the Frasnian-Famennian boundary in the Root River area from the Northwest Territories. During the Upper Famennian-Strunian time, the paleoecological outline from Western Canada can be restored such as : 1/ a shallow basin with more or less restricted conditions (Big Valley Formation from Saskatchewan) where there are some *Cryptophyllus*, *Barychilina* species and *Ovatoquasillites cribraria greeni*, 2/ a carbonated platform in Alberta (Wabamun-Palliser Formations) where the Bairdiacea are proponderant, 3/ a deeper basin (Kotcho Formation and equivalents from the Northwest Territories) with numerous species of Kloedenella-

cea and Bairdiacea. There are endemic species in these three paleoenvironments. Other species are common to them. For example *Tchizhovaella regina* shows conspicuous variations. Other species are cosmopolitan but are paleoenvironment-tied on the Western Canadian Platform. The comparative studies of the three faunas in their facies is a way to decipher the paleoecological affinities from the main ostracod groups.

The fifth part is a world paleobiogeographical study of the ostracodes during the Upper Devonian time. There are probably five paleobiogeographic provinces during the Frasnian and Famennian times. The climate and some geographic barriers are the main factors which interfere in the number and the shape of the paleogeographical areas. During the Upper Devonian, the paleobiogeographic ostracod area from the Paleotethys is a constant fact. Utilizing the ostracod faunas, the relationship between the Western Canadian Platform and the Russian Platform, that is to say along the northern margin from the North-Atlantic Continent, is permanent. The Southeastern Asiatic Province appears isolated.

The sixth part provides the general conclusions. There I explain that the systematics of 245 species have been studied and that 76 species are new. It was also necessary to analyse the intraspecific variations of some important species from Canada and Ardenne, but several difficulties still remains. For a given species, the degree of adaptation in the environment can explain the frequency of adults and juvenile forms.

A new genus is created and those from four families are characterized. With the biostratigraphical studies we have established two zonations and correlated the lithostratigraphic units in Western Canada and in Boulonnais-Ardenne.

The sigmoidal stratigraphic ranges of platforms species is a new concept which explains the differences between the vertical species ranges and which help to interpret the consequences of them. After recalling the importance of the fossilization process, we analyse the paleoecological affinities of nine ostracod groups among the most representative ones during the Upper Devonian, we show the environmental influence on some intraspecific variations and we summarize the paleobiogeographic conclusions. Some prospectives of systematic, biostratigraphic and paleoecologic studies arise from this work.

AVANT-PROPOS

Afin de comprendre le choix et le cheminement des recherches dont j'expose les résultats dans ce mémoire, il est nécessaire de reconnaître les hommes qui de près ou de loin y furent impliqués, ainsi que les évènements qui les marquèrent. Les quelques lignes qui suivent résumeront ce parcours scientifique.

Au cours de mes études universitaires, qui se terminèrent en 1965, les notions acquises en Géologie m'avaient captivé. Aussi je résolus de me diriger spécialement vers cette discipline, située à la frontière des autres par ses méthodes, mais qui s'en distingue fondamentalement par la prise en compte de la dimension Temps. En 1966 j'obtins le diplôme d'études supérieures en Géologie sur un travail de stratigraphie générale dans le Bathonien du SW ardennais, dirigé par Monsieur A. Bonte, Professeur à l'Université de Lille I, et Monsieur J.C. Fischer, Sous-Directeur au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris. Après cette première étape, ma passion pour la Géologie s'accrut encore. Toutefois les deux années suivantes furent consacrées à l'obtention du Certificat d'Aptitude pratique pour l'Enseignement secondaire et de l'Agrégation car l'enseignement était mon deuxième centre d'intérêt. En 1968, j'entrai comme assistant au laboratoire de Géologie appliquée, dirigé par Monsieur le Professeur A. Bonte, dans l'Unité d'Enseignement et de Recherche des Sciences de la Terre (Université de Lille I). Durant presqu'une année, je cherchai la voie exacte des recherches à entreprendre. La paléontologie humaine m'attirait mais l'Université de Lille ne possède pas de laboratoire spécialisé dans ce domaine. D'ailleurs je compris ensuite que l'étude de la plupart des groupes fossiles permet également d'accéder

aux problèmes fondamentaux de l'évolution de la vie sur Terre.

Aussi, en 1969, j'acceptai un sujet de thèse sur les Ostracodes fossiles. Monsieur J. Dercourt, Professeur de Géologie à l'Université de Paris VI actuellement, mais à l'Université de Lille à cette époque, me proposa d'étudier les Ostracodes des terrains du Dévonien supérieur dans le Nord de la France. Après consultation de plusieurs micropaléontologistes, il ressortit en effet qu'une lacune scientifique subsistait dans cette spécialité.

C'est également à l'intérieur du programme de recherches géologiques établi par Monsieur J. Dercourt dans l'Ouest du Canada que j'eus la possibilité, en 1975, d'échantillonner les terrains de même âge à l'intérieur des Montagnes Rocheuses et sur la Plate-forme interne canadienne. Aussi, à l'occasion de ce mémoire, je suis particulièrement heureux d'exprimer ma vive gratitude à Monsieur J. Dercourt pour son soutien scientifique constant, pour l'efficacité de ses conseils devant tel ou tel problème, pour la critique constructive du présent manuscrit et pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Je me lançai donc entièrement dans l'étude des Ostracodes paléozoïques et vers la fin de l'année 1969, je pus accomplir deux stages d'initiation auprès de spécialistes français en ostracodologie. Avec Monsieur N. Grékoff, Ingénieur Géologue à l'Institut Français du Pétrole (Centre de Rueil-Malmaison), avec Messieurs H.J. Oertli et J. Le Fèvre, Ingénieurs Géologues à la Société Nationale Elf Aquitaine (Centre d'Exploration à Pau), j'ai complété mes connaissances bibliographiques et résolu certains problèmes concernant les méthodes d'études. Qu'ils soient profondément remerciés pour cet enseignement généreux et pour les critiques de mes manuscrits. J'entrai également dans la communauté scientifique des ostracodologistes de langue française qui se réunissent annuellement sur l'initiative de Monsieur H.J. Oertli. Outre l'amitié de ces collègues, j'y découvris un réseau d'informations propices à mes recherches. Monsieur H.J. Oertli me fait également l'honneur de participer à ce jury et a relu ce manuscrit : qu'il en soit vivement remercié.

La récolte d'échantillons en situation stratigraphique précise fut facilitée par l'aide précieuse de Monsieur A. Beugnies,

Professeur à la Faculté Polytechnique de Mons (Belgique), qui m'accompagna plusieurs fois en Ardenne pour m'indiquer les particularités de certaines coupes de référence. Pour ce temps consacré à un biostratigraphe débutant, pour les nombreux renseignements d'ordre stratigraphique et pour la critique de mes premiers manuscrits, je le remercie très chaleureusement. J'ai d'ailleurs bénéficié des conseils de plusieurs géologues belges sur la stratigraphie du Dévonien supérieur ardennais. Je tiens à citer spécialement Messieurs R. Conil, M. Coen et N. Mouravieff de l'Université de Louvain ; Monsieur M. Streel de l'Université de Liège et Monsieur E. Groessens du Service Géologique de Belgique à Bruxelles.

Après quatre années de recherches axées principalement sur le Boulonnais et l'Ardenne, il s'avèra nécessaire de comparer mes faunes d'Ostracodes avec celles d'une autre marge de la Laurasia afin d'approcher une vision paléobiogéographique globale. En 1975, je pus accomplir une mission d'échantillonnage dans l'Ouest du Canada. Celle-ci fut un succès grâce à l'accueil de Monsieur W.K. Braun, Professeur à l'Université de Saskatoon (Saskatchewan), qui me reçut dans son laboratoire, m'indiqua les principaux sites à échantillonner et m'accompagna sur le terrain. J'acquis également de nouvelles méthodes d'études ainsi qu'une autre façon de voir et d'organiser l'investigation géologique. Aussi je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur W.K. Braun pour ce renouveau scientifique, pour son aide matérielle et son soutien scientifique qui se sont poursuivis jusqu'aujourd'hui. Je pus accéder aux carottages provenant de la Plate-forme interne canadienne grâce à la bienveillance des Responsables, que ce soit au Bureau des Ressources Géologiques et Minérales de Regina (Saskatchewan) ou à la Commission Géologique du Canada de Calgary (Alberta). J'obtins les coordonnées et les renseignements lithostratigraphiques sur les sondages adéquats grâce à l'amabilité de Monsieur R. Edmund, Vice-Président de l'exploration à la Compagnie "Total Petroleum" de Calgary et de Messieurs J. Borocco, Vice-Président et M.E. Hriskevich, Directeur de l'exploration à la Compagnie Aquitaine du Canada de Calgary dont j'ai également bénéficié d'une aide matérielle sur place. L'ensemble de cet-

te mission était subventionné par le Ministère français des Affaires Etrangères et le Service canadien des Echanges Scientifiques.

Mais la prospection sur le terrain n'est que la partie visible de l'iceberg pour le micropaléontologiste. La part majeure de réflexions et de recherches a lieu au laboratoire. A ce titre, je remercie vivement Monsieur le Professeur A. Bonte dans le laboratoire duquel j'ai pu travailler dans les conditions les plus favorables. Les nombreuses discussions sur la géologie du Boulonnais avec mes collègues de laboratoire J.P. Colbeaux et B. Hoyez ont également influencé ma rédaction à propos de cette région.

Parallèlement, à l'intérieur du groupe de recherche "Biostratigraphie du Paléozoïque" (Greco 130 007), j'ai bénéficié de moyens et d'un environnement paléontologique adéquat. Cette formation du Centre National de la Recherche Scientifique est coordonnée par Monsieur C. Babin, Professeur à l'Université de Brest et par Monsieur J.P. Laveine, Professeur à l'Université de Lille I que je remercie vivement de m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de thèse. Une telle équipe de recherche est favorable aux discussions, aux échanges scientifiques qui s'établissent entre ses membres. Ce fut le cas, en particulier, avec Monsieur J.P. Laveine qui m'a régulièrement guidé et a bien voulu relire ce manuscrit. Ma collègue C. Brousmiche m'a également souvent conseillé pour les prises de vues au microscope électronique à balayage au laboratoire de Paléobotanique. A tous mes collègues du Greco 130 007, j'exprime mes remerciements amicaux.

Malgré leurs charges importantes, Monsieur P. Celet, Professeur à l'Université de Lille I et Monsieur H. Lardeux, Professeur à l'Université de Rennes, m'ont fait l'honneur de participer à ce jury : qu'ils soient assurés de ma profonde reconnaissance. Je remercie également Monsieur J. Leplat, Ingénieur au Bureau de Recherches Géologiques et Minières du Nord, avec lequel une coopération scientifique fructueuse et amicale s'est établie.

Néanmoins toute recherche ne devient efficace qu'à la condition de bénéficier de structures et de services à l'intérieur desquels j'ai évolué pendant douze années. A cet égard je tiens à exprimer toute ma gratitude à Madame J. Paillard, aide-technique au laboratoire de Géologie appliquée, qui effectue la désagrégation des roches, les lavages et le tri des résidus avec une grande compétence et une bonne humeur tant appréciée. Que de temps ainsi épargné et que j'ai pu consacrer aux autres activités de recherches et d'enseignement ! Les talents de Monsieur J. Carpentier, photographe à l'U.E.R. des Sciences de la Terre me furent indispensables. Qu'il soit chaleureusement remercié pour les heures de patience qu'il a consacrées à la photographie de mes animalcules. Monsieur G. Ponchel, Ingénieur C.N.R.S. au laboratoire de protistologie a souvent manipulé au mieux le microscope électronique à balayage en ma compagnie ; Madame M. Bocquet-Picquart, dessinatrice C.N.R.S. à l'U.E.R. des Sciences de la Terre, s'est penchée sur mes dessins et tableaux biostratigraphiques ; Madame T. Florent, secrétaire au laboratoire de Paléobotanique, a dactylographié ce manuscrit avec son amabilité habituelle et malgré le calendrier sporadique du temps de frappe qui m'était accordé ; Madame Brebion, "offsetiste" à l'U.E.R. des Sciences de la Terre, a transformé chaque page du manuscrit en nombreux exemplaires assemblés par Monsieur S. Collesson, agent technique à l'U.E.R. des Sciences de la Terre.

A toutes ces personnes qui m'ont amicalement aidé, j'adresse mes plus vifs remerciements.

AVERTISSEMENT

Ce travail aboutit à des conclusions d'ordre stratigraphique et paléogéographique mais, il reste principalement paléontologique puisque tout découle de l'étude d'un groupe fossile. Or le lecteur ne trouvera ici ni description ni étude taxinomique. Le profane s'en félicitera peut-être, mais le paléontologiste pourrait s'en étonner. La partie systématique, qui est fondamentale dans notre étude, se trouve dans neuf publications, dont deux mémoires, qui font partie de la thèse.

Cette façon inhabituelle de procéder est justifiée par le sujet des recherches, précis, bien limité et fixé comme tel dès 1969. A partir de cette date, les publications furent organisées pour donner naissance à cette forme. Une telle présentation entraîne l'inconvénient pratique du report aux différentes références. Elle a eu par contre l'avantage de faire connaître les résultats au fur et à mesure des découvertes. C'était une condition nécessaire pour progresser dans un domaine micropaléontologique qui évoluait rapidement.

Pour faciliter la recherche des descriptions systématiques et des figurations, l'annexe 4 donne la liste des espèces décrites et figurées avec un renvoi au millésime de la référence et au numéro de collection.

Publications faisant partie de la thèse :

Ostracodes du Boulonnais et de l'Ardenne :

LETHIERS F. (1970).- Quelques Ostracodes frasniens du Bas-Boulonnais (France). *Ann. Soc. Géol. Nord,* Lille, 90, p. 69-75, 2 pl. 2 fig.

LETHIERS F. (1970).- Ostracodes du Dévonien supérieur de l'Avesnois (France). Limite Frasnien moyen-Frasnien supérieur. *Ann. Soc. Géol. Nord,* Lille, 90, p. 113-120, 2 pl., 3 fig.

LETHIERS F. (1972).- Ostracodes famenniens dans l'Ouest du Bassin de Dinant (Ardenne). *Ann. Soc. Géol. Nord*, Lille, 92, p. 155-169, 3 pl., 14 fig., 1 tabl.

LETHIERS F. (1974).- Ostracodes du passage Frasnien-Famennien de Senzeilles (Ardenne). *Palaeontographica A*, Stuttgart, 147, p. 39-69, 3 pl., 17 fig., 2 tabl.

LETHIERS F. (1974).- Nouveaux Ostracodes de la limite Dévonien-Carbonifère de la région-type. *C.R. Acad. Sc. Paris*, D, 279, p. 1613-1616.

LETHIERS F. (1975).- Révision de l'espèce *Bairdia (O. ?) hypsela* ROME, 1971 (Ostracoda) du Strunien ardennais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, Lille, p. 71-75, 1 pl., 2 fig.

LETHIERS F. (1976).- Répartition des Ostracodes du Famennien inférieur en Ardenne occidentale. *Rev. Esp. micropal.*, Madrid, 2, 8, p. 245-253, 1 pl., 4 fig.

Ostracodes de l'Ouest canadien :

LETHIERS F. (1978).- Ostracodes du Dévonien terminal de la Formation Big Valley, Saskatchewan et Alberta. *Palaeontographica A*, Stuttgart, 162, p. 81-143, 17 pl., 40 fig., 3 tabl..

LETHIERS F. (1981).- Ostracodes du Dévonien terminal de l'Ouest du Canada : systématique, biostratigraphie et paléoécologie. *Géobios*, Lyon, mém. sp. 5, p. 1-236, 26 pl., 73 pl., 14 tabl.

INTRODUCTION

"Telle a été en effet la fortune de la Systématique, que, partie à la conquête de certains cadres biologiques où pourraient être rangés les vivants, et ayant rencontré, en la place de ces cadres, des liaisons organiques de plus en plus nombreuses et générales, elle a fini par découvrir la réalité physique d'ordre supérieur sans laquelle seraient inexplicables les susdites liaisons".

Pierre Teilhard de Chardin, 1925

INTRODUCTION

a) Objet et justifications du travail.

Le premier objectif concernait l'étude des faunes d'Ostracodes et leur rapport avec le faciès, dans le Dévonien supérieur du Nord de la France. Très vite il fut nécessaire d'étendre les investigations en Ardenne belge et notamment dans les régions-types.

Après quelques années, il apparut d'un grand intérêt de comparer les premiers résultats avec ceux d'une étude des Ostracodes de même niveau mais situés au-delà de l'Océan Atlantique. Ainsi le deuxième objectif consista en l'étude des Ostracodes du Frasnien terminal et du Famennien dans l'Ouest du Canada.

Le travail a été axé vers les buts suivants :

- Défricher et contribuer à l'étude de la systématique des Ostracodes, en particulier des espèces d'âge famennien qui étaient inconnues tant au Canada qu'en Ardenne. Comme nous l'expliquions dans l'avertissement, cet aspect est traité dans les publications faisant partie de la thèse.

- Etablir des zonations biostratigraphiques par les Ostracodes. En cours d'étude il fut découvert que l'Ouest du Canada et l'Europe de l'Ouest appartenaient à deux aires paléobiogéographiques différentes au Dévonien supérieur. Pour cette raison nous avons établi une zonation propre à chaque région. Le souci de contribuer à la biostratigraphie générale de ces niveaux a nécessité le raccord de nos zonations à celles qui pré-existaient par d'autres groupes tels les Céphalopodes et les Conodontes.

- Corréler les unités lithostratigraphiques et les situer exactement dans l'échelle stratigraphique.

- Utiliser les enseignements du faciès pour une approche paléoécologique.

- Comprendre les relations entre les diverses faunes d'Ostracodes autour de la Laurasia au Dévonien supérieur pour situer les provinces paléobiogéographiques.

- Perfectionner les méthodes d'études au sein des axes précédents.

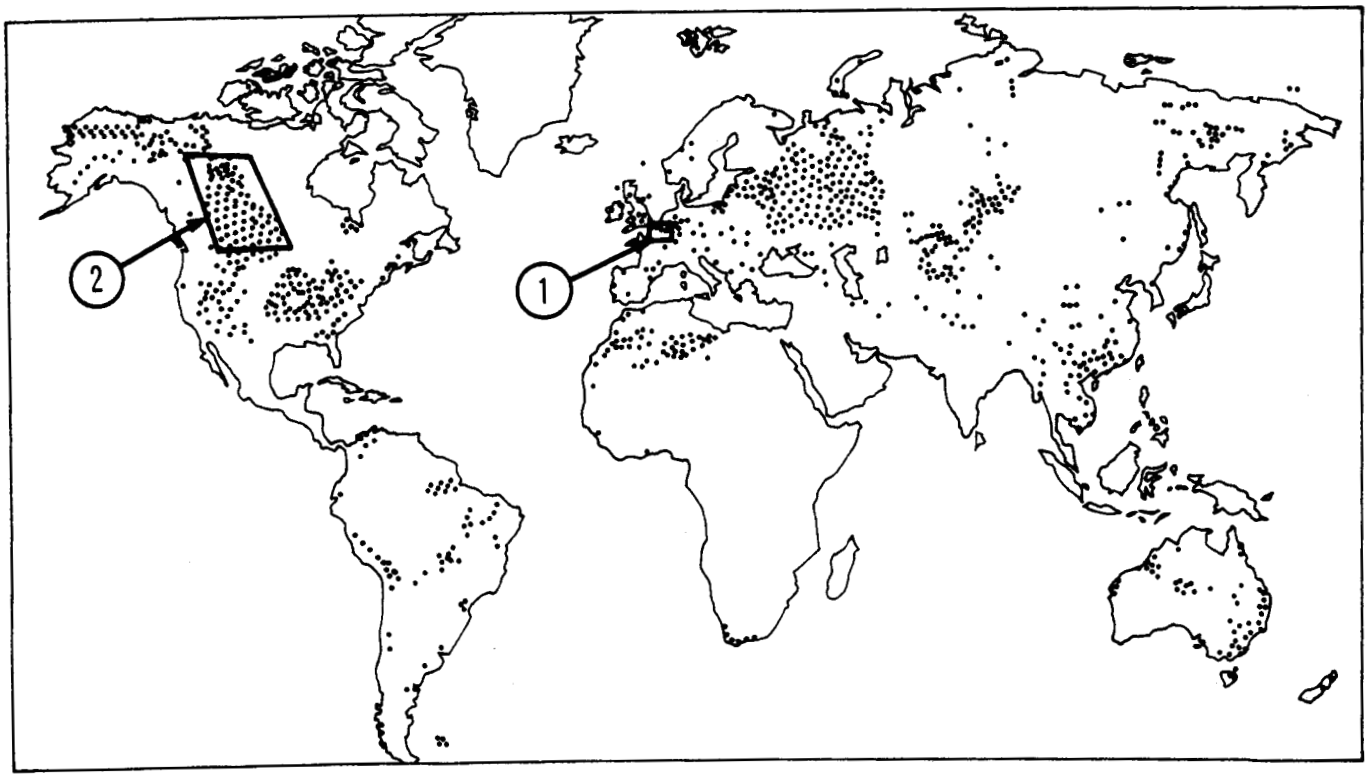


Fig. 1 : Répartition mondiale des terrains dévoniens, marins et continentaux, connus à l'affleurement ou par sondage (D'après HOUZE, 1971).
L'étude des Ostracodes d'âge dévonien supérieur concerne les régions encadrées : 1 = Nord de la France et Belgique, 2 = Région Ouest du Canada.

BUS LILLE

b) Le cadre géologique.

Les régions et niveaux étudiés font partie du cycle hercynien mais sont situés dans deux ensembles tectoniques très différents. Le Paléozoïque du Boulonnais et l'Ardenne franco-belge correspondent au front Nord des Varisc̈ides alors que le Dévonien étudié dans l'Ouest du Canada est situé dans la plate-forme du Bouclier canadien ou dans la Cordillère Ouest-canadienne.

En fait, pendant la période dévonienne ces deux zones représentent des portions de marges Ouest et Sud d'un craton qui constituait le Continent Nord-Atlantique. Ce dernier représentait un sous-ensemble de la Laurasia dans l'hémisphère Nord. Grâce aux données bibliographiques complémentaires, il nous sera donc possible de comprendre le schéma paléobiogéographique mondial au Dévonien supérieur.

c) Historique.

Mes découvertes viennent s'ajouter à celles des prédécesseurs ou côtoyent les recherches actuelles des ostracodologistes.

Pour le Dévonien supérieur du Nord de la France et de la Belgique, c'est MATERN (1929)* qui, le premier, décrit 14 espèces d'Ostracodes du Frasnien belge. Cette liste est ensuite confirmée par MAILLIEUX (1936). La deuxième guerre mondiale étouffe ces balbutiements ostracodologiques et la même liste est reproduite par LECOMPTE & G. WATERLOT (1956) dans le lexique stratigraphique international. Les études reprennent lorsque ROME & GOREUX (1960) présentent les premiers *Cryptophyllus* du Strunien belge. Puis MAGNE (1964) entreprend une étude fondamentale sur les Ostracodes du Givétien et du Frasnien dans le Synclinorium de Namur : avec cet auteur la faune d'Ostracodes de ces niveaux est photographiée et une première zonation prend naissance. En 1971, BECKER contribue à la connaissance

---

* Dans son mémoire sur l'Ardenne, GOSSELET (1888, p. 449, 470) cite une espèce d'Entomozoidae dans le Frasnien supérieur.
DEHEE (1929) cite une espèce de *Leperditia* parmi la faune d'Etroeungt à Solre-le-Château.

des Ostracodes frasniens de Belgique par une étude systématique importante. Ensuite ROME (1971, 1973) continue les investigations dans le Strunien et le Tournaisien inférieur. Dans deux articles synthétiques, BECKER & BLESS (1974a, b) récapitulent les connaissances sur la répartition des Ostracodes dans le Dévonien et le Dinantien de l'ensemble ardenno-rhénan, et proposent une zonation paléoécologique des Ostracodes dans le Famennien supérieur de la vallée de l'Ourthe. L'étude des Entomozoidae est reprise par CASIER (1975) qui précise également la répartition des Ostracodes benthiques et modifie la zonation dans le Frasnien belge (CASIER, 1977, 1979). Pendant ce temps, COEN (1977) découvre des espèces frasniennes dans de nouveaux affleurements près de Philippeville. Ainsi, neuf chercheurs s'intéressent ou se sont intéressés aux Ostracodes du Dévonien supérieur du Nord de la France et de la Belgique.

Bien que le champ d'investigation soit plus vaste dans l'Ouest du Canada, cinq auteurs ont jusqu'ici étudié les Ostracodes du Dévonien supérieur. En 1919, KINDLE décrit 3 espèces frasniennes d'Entomozoidae provenant de la vallée du Mackenzie. LORANGER (1954, 1963) entreprend l'étude systématique des Ostracodes frasniens en Alberta avec McGILL (1963). Puis les travaux fondamentaux de BRAUN (1967, 1977, 1978) sur le Dévonien moyen et le Frasnien présentent une faune complète de ces niveaux ainsi qu'une zonation établie dans l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest.

d) Plan de l'ouvrage.

La première partie introduit le sujet par une vue d'ensemble sur l'ostracodologie, de source essentiellement bibliographique. Elle a pour but de présenter la nomenclature, la classification et les méthodes liées à ce groupe micropaléontologique.

Nous avons cru important ensuite de faire certaines mises au point concernant des méthodes d'études touchant spécialement les Ostracodes paléozoïques.

La troisième partie traite des Ostracodes du Dévonien supérieur en Boulonnais et en Ardenne. Elle comprend des généralités

sur la géologie régionale et les problèmes stratigraphiques liés à ces terrains. Ce préambule était nécessaire pour définir le cadre stratigraphique qui sera également utilisé dans l'Ouest du Canada puisque les régions-types sont situées en Ardenne. Outre les répartitions de détail, nous présentons ici un tableau général de toutes les espèces (Tabl. h.-t. 1), une zonation, des mises au point sur la lithostratigraphie et des remarques paléoécologiques.

La quatrième partie est une étude des Ostracodes du Frasnien supérieur, Famennien, Strunien de la Plate-forme Ouest canadienne et des Montagnes Rocheuses. Les résultats, entièrement nouveaux, comprennent une zonation, des corrélations, des ajustements de la lithostratigraphie ainsi qu'une étude paléoécologique.

Dans la cinquième partie nous proposons un schéma des divisions paléobiogéographiques qui régnaient sur notre globe au Dévonien supérieur. Il est établi d'après les travaux précédents et d'après la bibliographie.

La conclusion générale récapitule les résultats, mais aussi présente un nouveau concept sur la répartition verticale des espèces d'Ostracodes, ainsi qu'une synthèse paléoécologique sur les principaux groupes d'Ostracodes du Dévonien supérieur.

-1-

GENERALITES SUR LES OSTRACODES

".... dans leur lutte pour survivre, des milliers d'espèces d'Ostracodes ont évolué et marqué l'histoire géologique en essayant de développer des structures appropriées pour s'adapter aux besoins des modifications du milieu".

Richard H. Benson, 1981

(traduction)

SOMMAIRE

Pages

1.1.- Introduction..... 34

1.2.- Les Ostracodes actuels..... 35

1.3.- Les organes fossilisés..... 52

1.4.- La classification générale des Ostracodes..... 57

1.5.- Les méthodes d'études des Ostracodes fossiles..... 68

1.6.- L'utilisation biostratigraphique des Ostracodes..... 71

1.7.- La suzeraineté de l'ostracodologie dans le domaine de la paléoécologie..... 76

1.8.- Conclusions sur l'étude des Ostracodes fossiles..... 83

RESUME

Les Ostracodes sont des petits crustacés bivalves connus depuis le Cambrien jusqu'à nos jours. Après un rappel sur les principaux caractères anatomiques, biologiques, écologiques et sur la classification des Ostracodes actuels, la morphologie des carapaces fossilisés est exposée.

On suggère ensuite une classification englobant les Ostracodes fossiles et actuels. Une série de méthodes et techniques d'études doivent être possédées depuis l'échantillonnage jusqu'à l'examen des individus. Les taxons d'Ostracodes, et spécialement les genres et les espèces peuvent constituer de bons marqueurs biostratigraphiques sur l'échelle stratigraphique entière. Les Ostracodes représentent un groupe modèle en paléoécologie que ce soit par la méthode actualiste, par l'analyse morpho-fonctionnelle, par l'étude des rapports avec les faciès, par l'analyse taphonomique ou par les reconstitutions paléobiogéographiques.

1.- GENERALITES SUR L'ETUDE DES OSTRACODES.

1.1.- Introduction.

Depuis la définition de LATREILLE (1806), on désigne par le terme "Ostracodes" une Sous-classe d'organismes appartenant à la Classe des Crustacés, dont les caractères essentiels sont les suivants :

- corps enfermé dans une carapace bivalve, plus ou moins calcifiée et possédant une charnière,
- segmentation peu discernable,
- sept paires d'appendices,
- dimensions de l'ordre de 1 mm.

A l'intérieur des Crustacés, les Ostracodes font partie des Entomostracés* dont les caractères sont d'avoir de petites dimensions, de posséder un corps dont les régions sont peu distinctes, et d'éclore généralement au stade larvaire *nauplius*. Les Ostracodes y figurent à côté des Notostracés (*Apus*), des Conchostracés (*Estheria*) et des Cladocères (*Daphnia*). Ils s'en différencient aisément par un nombre réduit d'appendices (Fig. 2a). Les Clacodères ont également un corps enveloppé dans une carapace bivalve, mais celle-ci est dépourvue de charnière et très peu minéralisée. Chez les Conchostracés la carapace est également bivalve mais elle est couverte de stries d'accroissement.

Les plus anciens Ostracodes connus ont été recueillis dans des terrains datés du Cambrien et le groupe s'est maintenu jusqu'à nos jours où il colonise tous les milieux aquatiques. Une telle ubiquité dans le temps et l'espace s'est accompagnée et s'accompagne actuellement de nombreuses adaptations morphologiques et physiologiques qui caractérisent les faunes. La relation milieu-morphologie est évidemment utilisée pour interpréter les communautés fossiles. Cette faculté d'adaptation ajoutée à leur présence dans les différents faciès du Phanérozoïque, fait de l'étude des Ostracodes fos-

---

* Voir annexe 2, p. 442.

siles un outil biostratigraphique et paléoécologique exceptionnel.

Nous rappellerons les données essentielles sur les Ostracodes actuels avant d'analyser les tests fossilisés et leur classification. Puis les méthodes d'études étant d'une grande importance, elles seront exposées avant les bases de l'utilisation biostratigraphique et paléoécologique des Ostracodes.

1.2.- Les Ostracodes actuels.

1.2.1.- Anatomie.

La Fig. 2a montre que le corps segmenté porte des antennules (a1) et antennes (a2) bien développées et qui sont locomotrices, des mandibules (md), des maxillules (mx1), des maxilles (mx2) et deux paires de pattes thoraciques (p1, p2), la deuxième étant souvent transformée en appareil de balayage de la cavité comprise entre le corps et la carapace. Chez certaines espèces il y a deux yeux composés alors que d'autres ne possèdent qu'un oeil médian. Seuls quelques Myodocopida* possèdent un coeur, les autres ayant un système vasculaire peu différencié. Mais c'est le tégument et surtout la carapace qui retiendront notre attention puisque leur importance sera capitale pour interpréter les tests fossiles.

Le tégument.

L'organisation des Ostracodes possède les caractères généraux des Arthropodes Crustacés. En particulier, il s'agit d'Antennates dont l'organisme est enfermé dans un exosquelette chitineux, la cuticule secrétée par l'ectoderme. L'ensemble cuticule et épithélium secréteur correspond au tégument des Arthropodes. Ainsi une section transversale dans la carapace d'un Ostracode (Fig. 2d) montre, de l'extérieur vers l'intérieur :

a) une mince épicuticule non chitineuse, cireuse et lipidique,

b) l'exocuticule et l'endocuticule constituées d'une trame à fibrilles chitineuses et protéiniques (arthropodine) emprisonnant des cristallites de calcite (LORANGER, 1971, 1973),

* Voir la classification p. 50 et 67.

EXPLICATION DE LA FIGURE 2

Fig. 2a : Organisation d'un Ostracode actuel de la Méditerranée : *Cypridina mediterranea* COSTA, 1845. Vue schématique et synthétique d'une section sagittale. (D'après la Faune de France de Rémy PERRIER, 1954). Voir la signification de a1, a2, md, mx1, mx2, p1 et p2 dans le texte.

Fig. 2b : Section frontale schématique d'un Ostracode récent. D'après VAN MORKHOVEN (1962) simplifiée (= coupe bb de la Fig. 2a).

Fig. 2c : Section transversale schématique en situation submédiane d'un Ostracode récent. D'après HARDING (1964), simplifiée (= coupe cc de la Fig. 2a).

Fig. 2d : Section transversale d'un tégument d'Ostracode actuel au niveau de la carapace. D'après BATE & EAST (1972), simplifiée.

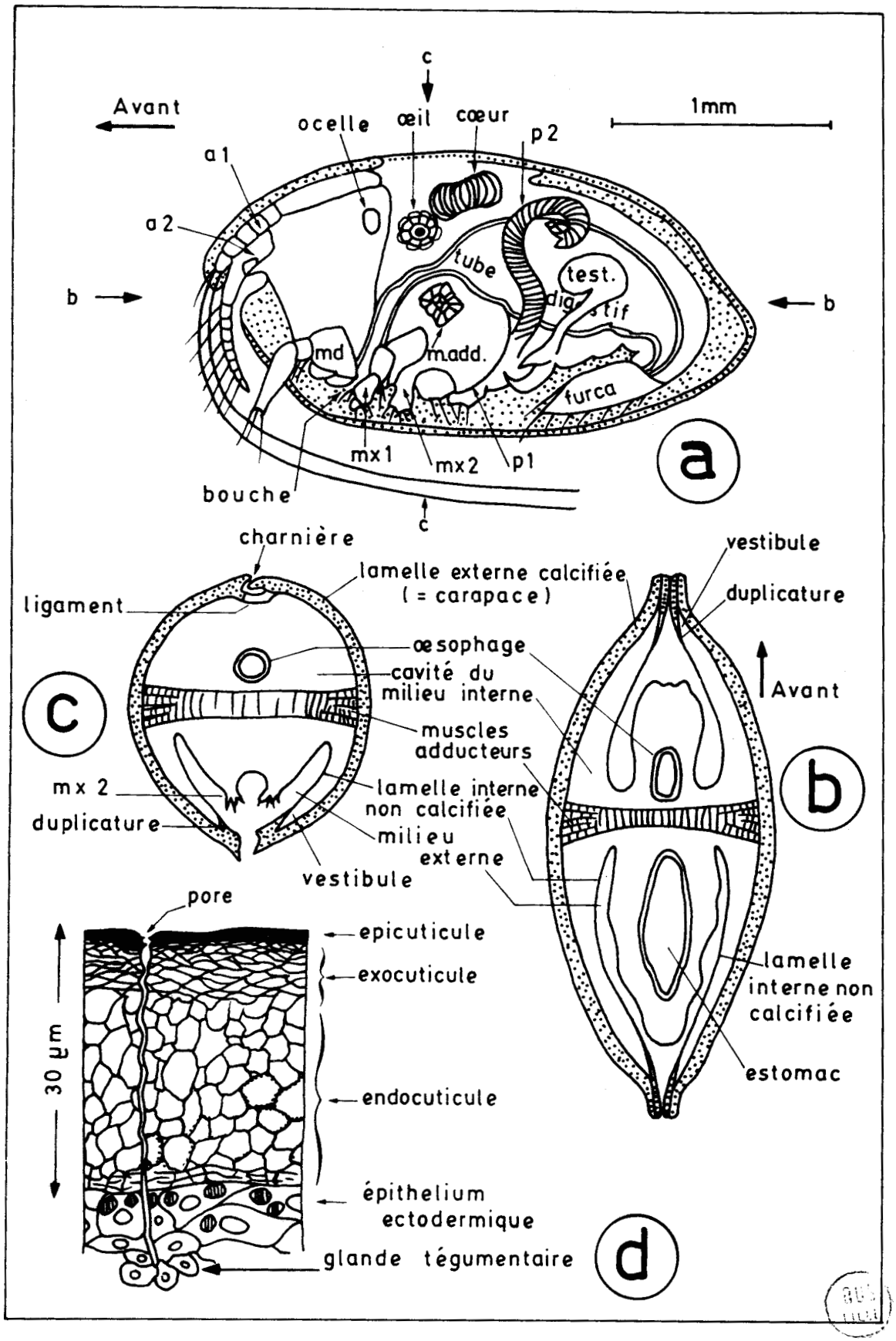


Fig. 2 : Organisation des Ostracodes actuels.

c) un épithélium dont les cellules contiennent des "granules" de calcite et de phosphate de calcium. Ils seront mobilisés pour la reconstruction de la carapace au cours de la mue suivante (ROSENFELD, 1979). Un tel tégument porte des soies, est traversé par des canaux glandulaires ou sensoriels qui débouchent en surface en formant un pore. Dans une étude au microscope électronique à balayage de carapaces d'Ostracodes actuels, PURI & DICKAU (1969) distinguent quatre types de pores latéraux. Chacun d'eux serait constant au niveau générique et souvent au niveau de la Famille. La Super-famille Bairdiacea est même caractérisée par un seul type de pores. Mais plusieurs types de pores peuvent coexister chez certaines espèces fossiles, d'après POKORNY (1978) et GRAMM (1977), ou actuelles d'après SYLVESTER-BRADLEY & BENSON (1971).

La carapace.

L'agencement de l'exosquelette présente de nombreux caractères spéciaux chez les Ostracodes. Leur tégument dessine un repli qui enveloppe le corps proprement dit (Fig. 2b,2c). La paroi externe du repli, la lamelle externe est calcifiée. La paroi interne du repli, la lamelle interne, ainsi que la cuticule du corps ne sont pas ou très peu minéralisées. Seule une étroite zone de la lamelle interne, appelée duplicature, est calcifiée à la jonction avec la lamelle externe. La gouttière en V ainsi limitée constitue le vestibule. La duplicature est inconnue chez les Palaeocopida, sauf exceptions. L'ensemble calcifié : lamelle externe et duplicature représente la carapace qui est généralement la seule partie fossilisée. Au niveau du bord dorsal, une étroite bande de cuticule n'est pas minéralisée et joue le rôle d'un ligament flexible qui relie les valves droite et gauche. Au-dessus du ligament les valves s'articulent par un système de rainures où s'adaptent des barres : la charnière. La fermeture des valves est assurée par la contraction des muscles adducteurs. L'ouverture aux bords libres des valves est faible (5 à 20°) mais suffisant pour laisser sortir les appendices. Le mécanisme d'ouverture est moins connu : la turgescence du milieu intérieur, l'action des appendices (HARDING, 1964) et la compression du ligament ont été invoquées.

1.2.2.- Principaux caractères biologiques.

La biologie et l'écologie des Ostracodes est connue grâce à des études régulièrement consignées dans des comptes-rendus de colloques tels que ceux qui figurent dans la liste des ouvrages généraux : PURI H.S. édit. (1965), NEALE J.W. édit. (1969), OERTLI H.J. édit. (1971), SWAIN F.M. édit. (1975), LOFFLER H. , DANIELOPOL D. édit. (1977) et l' Atlas des Ostracodes de France (en préparation).

D'autres renseignements exhaustifs existent dans des mémoires régionaux :

ELOFSON (1941) traitant des Ostracodes marins suédois,

WAGNER (1957) traitant des Ostracodes d'eaux douces, saumâtres et marines de Hollande,

YASSINI (1979) traitant des Ostracodes du plateau continental algérien,

dans des synthèses : PURI (1966) et VAN MORKHOVEN (1962, p. 138-151), ou dans certaines revues telles que le bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (y voir en particulier les auteurs : J.P. PEYPOUQUET, O. DUCASSE, P. CARBONEL, J. MOYES, M. LLANO, pour l'écologie des Ostracodes Actuels à Tertiaires). Nous présenterons ce qui suit à l'aide de ces données de base.

Les Ostracodes sont fondamentalement sexués, mais les mâles restent souvent moins nombreux que les femelles. La reproduction parthénogénétique par émission d'un seul globule polaire est commune chez les Ostracodes d'eau douce : le mâle est alors inconnu. Certaines formes adoptent l'un ou l'autre mode de reproduction sous l'influence des conditions externes. La question est encore mal connue. Certains mâles d'Ostracodes possèdent les plus longs spermatozoïdes du règne animal. Chez les espèces syngamiques, la fécondation se fait par copulation (SYLVESTER-BRADLEY, 1969). Le temps de ponte est parfois long, jusqu'à un mois. Des pontes d'Ostracodes ont lieu tout au long de l'année. Certaines espèces incubent les oeufs et les premières larves à l'intérieur de leur carapace.

Pour les espèces d'eau douce, les oeufs et les individus sont adaptés pour résister à la dessication. Le vent et les animaux (KORNICKER & SOHN, 1971) assurent une large dissémination entre les différents bassins continentaux.

Comme pour les autres Crustacés, la croissance des Ostracodes s'effectue par des mues successives, avec rejet d'une exuvie, jusqu'au stade de la maturité sexuelle qui est généralement le dernier. Les carapaces adultes et larvaires peuvent être fossilisées. Un maximum de 10 stades larvaires est connu.

Les Ostracodes sont omnivores. En aquarium, de la viande, des pommes de terre, des tomates sont des nourritures qui conviennent.

L'examen de l'intérieur stomacal des individus libres, révèle des débris d'algues, de diatomées et de la matière organique en décomposition.

"L'espérance de vie" est très variable selon les espèces. En eau douce, certaines peuvent éclore et mourir en trois mois, alors qu'en mer leur vie peut durer deux ans (BENSON, 1981).

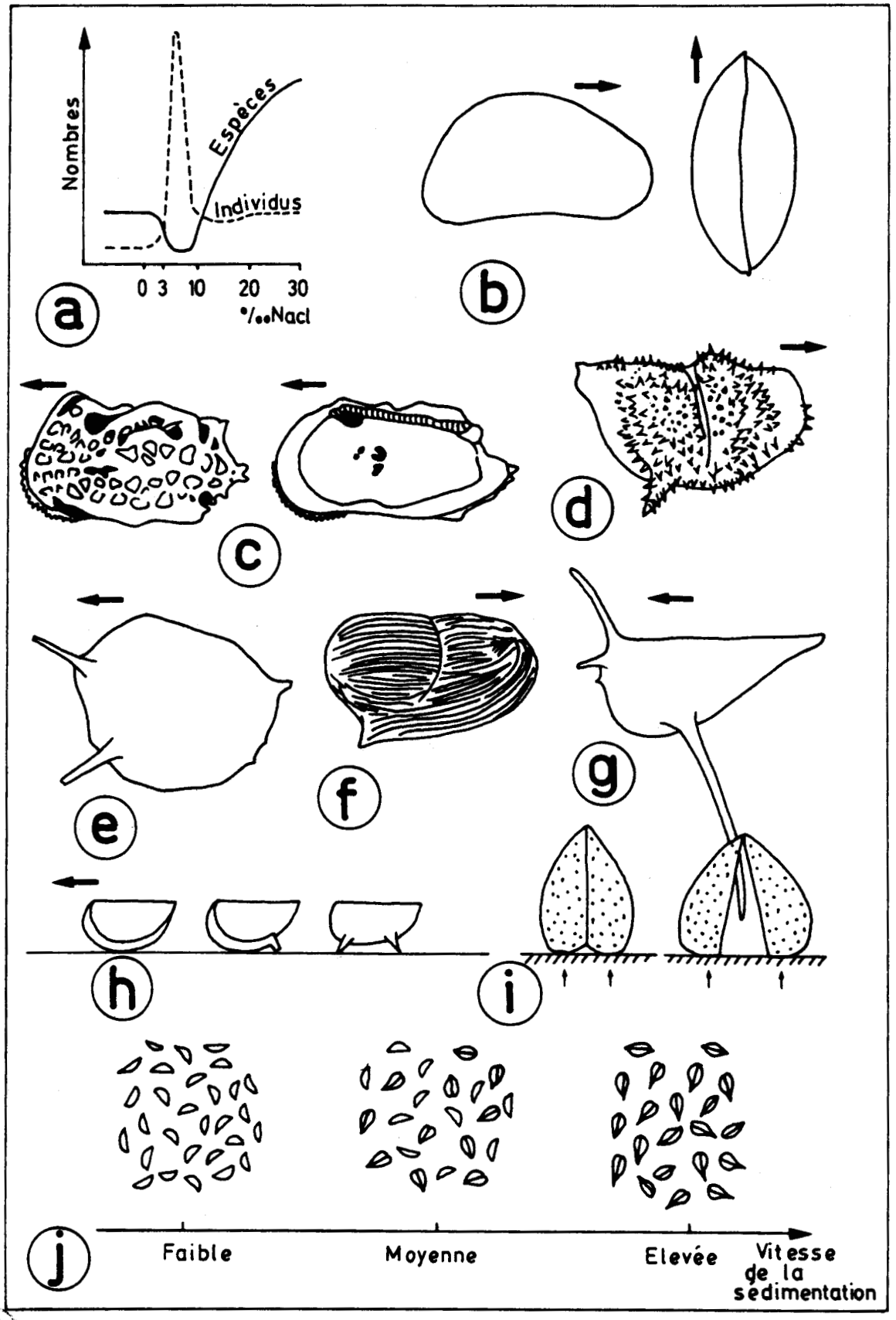
1.2.3.- Ecologie.

La distribution des Ostracodes est soumise à l'influence de facteurs écologiques dont les principaux seront passés en revue. Puis l'examen des différentes adaptations morphologiques aux milieux marins benthiques, pélagiques et aux eaux douces nous permettra d'en inférer leur répartition générale.

a) Les principaux facteurs écologiques :

- La salinité : Ce facteur écologique majeur sépare nettement les formes marines euhalines et polyhalines (40-18°/$_{oo}$) d'une part et les formes d'eau douce et oligohalines (0-3°/$_{oo}$) d'autre part. Entre les deux, le milieu mésohalin (saumâtre) se distingue par une faune spéciale appartenant à la Famille Cyprididae principalement. Dans ce milieu aux conditions changeantes, parfois extrêmes, quelques espèces peuvent supporter les fluctuations de la salinité et développent des variations phénotypiques. Par exemple chez *Cyprideis torosa* (JONES, 1850), de nombreux auteurs ont observé l'apparition de tubercules creux lorsque la salinité diminue. La taille moyenne des adultes de cette espèce est en relation inverse de la salinité (VAN HARTEN, 1975). Chez les autres espèces euryhalines*,

* Voir l'annexe 1, p. 441.



BUS LILLE

Fig. 3 : Ecologie et Paléoécologie des Ostracodes.

EXPLICATION DE LA FIGURE 3

Fig. 3a : Diagramme théorique illustrant l'abondance des espèces et des individus en fonction de la salinité chez les Ostracodes actuels.

Fig. 3b : Exemple d'Ostracode d'eau douce. Vue latérale droite et vue dorsale (x40). Genre *Eucandona* DADAY, 1900. Trias-Récent. A noter la carapace oblongue, lisse et mince.

Fig. 3c : Exemple d'Ostracode benthique vrai, néritique. Vue latérale gauche et vue interne d'une valve droite (x60). Genre *Quadracythere* HORNIBROOK, 1952. Tertiaire-Récent. Remarquer l'épaisse réticulation, la forte carène latéroventrale et la charnière très différenciée.

Fig. 3d : Exemple d'Ostracode psychrosphérique. Vue latérale droite (x50). Genre *Bythoceratina* HORNIBROOK, 1952. Tertiaire-Récent. 1400 m.
Le test est très finement ornementé avec un réseau épineux complexe.

Fig. 3e, f, g : Exemples d'Ostracodes pélagiques.

3e : Genre *Thaumatocypris* MUELLER, 1906 (x30). Myodocope. Océan Indien-Récent. 1000-2000 m. Vue latérale gauche. Le test est fin, discoïde, à expansions épineuses.

3f : Genre *Ungerella* LIVENTAL, 1948 (x30). Myodocope. Entomozoïdae du Dévonien supérieur. Vue latérale droite. La carapace globuleuse porte une ornementation à très fines rides.

3g : Genre *Bohemina* SNAJDR, 1951 (x50). Palaeocope. Tricorninidae du Dévonien supérieur. Vue latérale gauche. La carapace allongée porte de longues épines. Le mode de

EXPLICATION DE LA FIG. 3 (SUITE)

vie est ici discuté (probablement necto-benthique en zone bathyale).

Fig. 3h : Rôle stabilisateur de la structure adventrale chez trois types d'Hollinacea. Vues latérales gauches. Les franges ou épines adventrales sont seules en contact avec le substratum.

Fig. 3i : Sections transversales schématiques de Palaeocopida. On voit le rôle des deux plans ventraux dans la stabilisation en position fermée et en position ouverte. D'après HENNINGSMOEN (1965).

Fig. 3j : Pourcentages en valves isolées et en carapaces dans l'évaluation de la vitesse de sédimentation. D'après OERTLI (1971).

Remarque : le sens des flèches indique la partie antérieure de la carapace.

la corrélation normale est généralement connue. Le rapport entre l'abondance en individus et le nombre d'espèces est significatif dans les milieux saumâtres (Fig. 3a). Ainsi le nombre d'espèces marines décroît régulièrement de 30°/₀₀ à 10°/₀₀. De même le nombre d'espèces d'eau douce diminue rapidement au-dessus de 3°/₀₀. Dans la marge de 3 à 10°/₀₀ on peut trouver une ou très peu d'espèces mais comportant souvent beaucoup d'individus dont les carapaces auront souvent un rôle lithogénétique. Par exemple on a dénonbré de 14 000 à 30 000 individus par m2 de substratum dans la mer d'Azov (POKORNY, 1978).

- La température : Ce facteur est responsable du découpage latitudinal des provinces biogéographiques. Dans les eaux marines, on peut distinguer deux couches thermiques de vie : la thermosphère ($t > 8°C$) qui couvre le plateau continental ou forme une couche d'eaux plus chaudes, d'environ 500 m d'épaisseur (BENSON, 1973), sur la masse dense de la psychrosphère ($t < 8°C$) qui caractérise les fonds océaniques. Les deux domaines contiennent deux types de faunes d'Ostracodes, thermosphérique et psychrosphérique, que nous analyserons plus loin. Pour chaque espèce une marge de tolérance, avec des températures maximales et minimales, peut être déterminée. On oppose des espèces cryophiles aux espèces thermophiles, cette distinction étant souvent latitudinale, tandis que d'autres sont eurythermes (POKORNY, 1978). Le nombre des espèces d'Ostracodes est plus grand en zones tropicales qu'en hautes latitudes. Une augmentation de température accélère la vitesse de croissance des Ostracodes. Les alternances de saisons peuvent entraîner un dimorphisme (non sexuel) de taille ou de forme chez les adultes et les larves (SZCZECHURA, 1971).

- Le substratum et la végétation : Les espèces benthiques se rattachent à trois types fondamentaux d'assemblages : psammophile (sur le sable), pélophile (sur les fonds argileux) et phytophile (sur les plantes). D'une façon générale, les fonds sableux purs ou oolithiques portent moins d'individus que les substrats pélitiques.

Le type d'ornementation est adapté à la qualité du substrat (voir ce qui suit). De nombreuses espèces sont associées aux algues (algues à squelette calcaire, algues filamenteuses, algues incrustantes) ou aux monocotylédones marines (*Posidonia, Zostera*) (ALTERSUCH, 1979). Ces associations avec des plantes marines engendrent corrélativement une plus grande diversification des faunes d'Ostracodes en milieu peu profond (CARBONEL, 1978).

- La profondeur : La pression, directement liée à la profondeur, interfère avec les facteurs précédents dans la mesure ou la salinité, la température, la végétation varient en s'éloignant du rivage vers des profondeurs plus grandes (LIPINA, 1961). Certains genres tels que *Bairdia, Cytherella* et *Cytheropteron* sont eurybathes. Pour PURI, BONADUCE & MALLOY (1964), qui étudièrent le Golfe de Naples, la profondeur de 100 m est une limite qui permet de séparer une faune "near-shore" d'une faune "off-shore". D'après l'étude de YASSINI (1979) sur le bord algérien de la Méditerranée, la biomasse des Ostracodes est maximale dans la zone infralittorale et spécialement entre 18 et 58 m, en concordance avec le maximum d'abondance malacologique, et la diversité spécifique est plus importante entre 25 et 55 m. Au-delà de 60 m de profondeur, l'abondance et la diversité des Ostracodes décroissent.

- La concentration en matière organique, l'oxygénation.

L'abondance des Ostracodes benthiques sur les substrats boueux semble due, entre autres, à la présence de matière organique (nutrition).

Les milieux trop euxiniques sont défavorables à la vie des Ostracodes. Mais à l'opposé, un milieu oxygéné avec un fort degré d'énergie contient peu d'espèces d'Ostracodes. La recherche du lieu de ponte semble déterminée par la richesse de l'eau en oxygène.

b) Répartition des principaux types d'Ostracodes actuels :

La grande majorité des espèces d'Ostracodes vit sur le substratum du plateau continental (0-200 m). Dans ce domaine de la ther-

mosphère, la faune est diversifiée, les ornementations des tests sont variées, les charnières sont souvent fortes, différenciées, et les valves nettement calcifiées.

Parmi ces espèces on distingue schématiquement :

- Les Ostracodes benthiques vrais rampant sur le substratum (Fig. 3c). La carapace est bien calcifiée, souvent ornementée. Son organisation concourt à résister aux chocs, à être stable sur le fond et à lutter contre l'enfouissement : carènes, réticulations, section transversale subtriangulaire et expansions ventro-latérales sustentatrices sont fréquentes. Ex. : *Bosquetina, Carynocythereis, Cytherura, Costa, Mutilus, Paracytheridea, Pterygocythereis, Quadracythere.*

- Les Ostracodes benthiques nageurs se déplaçant en nageant près du substratum. Ils sont rares, à carapace souvent lisse et de forme hydrodynamique. Ex. : *Argilloecia, Pontocypris, Erithrocypris.*

- Les Ostracodes benthiques fouisseurs vivant à quelques centimètres sous la surface du substratum. La carapace est souvent petite, fortement calcifiée, et lisse ou costulée. Ex. : *Cytherelloidea.*

- Les Ostracodes phytobenthiques vivant sur les plantes marines fixées ou qui sont associés à celles-ci. La carapace est allongée, parfois compressée, lisse, hyaline et fine. Ex. : *Paradoxostomidae, Paradoxostoma, Sclerochilus, Cythereis.*

En conclusion, sur le plateau continental, les formes épaisses et ornementées vivent avec un benthos peu profond, près du littoral où l'agitation du milieu est sensible (nombreux Cytheridae). Les formes lisses et fines correspondent à un mode de vie épiphytique, fouisseur en un substratum boueux ou necto-benthique. Quelques cas de commensalisme ou de parasitisme sont connus sur d'autres Crustacés et dans les ouies et orifices nasaux des poissons (HARDING, 1966).

Dans le benthos des zones bathyale et abyssale océaniques, les formes psychrosphériques d'Ostracodes vivent à des profondeurs de 500 à 3 000 mètres avec un optimum de 1 000 à 1 500 mètres

(BENSON, 1969, 1972)* . Ici les caractères écologiques sont stables : obscurité, sédiments généralement fins, température entre 4 et 8° C et salinité constante. Ces conditions de vie conservatrices définissent la psychrosphère. Les espèces d'Ostracodes qui vivent là (stenobathiques) sont aveugles et ont une taille souvent supérieure à un millimètre. La carapace possède généralement une ornementation fine et compliquée, ou parfois lisse (ex. : *Krithe*). Les appendices sont longs et délicats. Environ 60 espèces psychrosphériques, cosmopolites, vivent ainsi sur les 2/3 de la surface du globe. Ex. : *Abyssocythere, Agrenocythere, Bradleya, Bythoceratina, Echinocythereis* (voir Fig. 3d).

Quelques espèces d'Ostracodes appartenant à l'Ordre des Myodocopida ont un mode de vie pélagique. Leurs carapaces sont très peu calcifiées, légères, lisses ou à fines rides, et portent parfois des grandes épines et des appendices à longues soies natatoires (Fig. 3e, f). Ils sont pélagiques sur toute la colonne d'eau, mais beaucoup sont bathyo- ou abysso-pélagiques (voir KORNICKER, 1976 et KORNICKER & SOHN, 1976). Ex. : certaines espèces du genre *Thaumatocypris*, beaucoup d'espèces des genres *Cypridina, Conchoecia, Archiconchoecia*.

Vers le continent, les Ostracodes qui peuplent les milieux estuariens et lagunaires ont été examinés à propos du facteur salinité. Ex. : Cytherideidae, *Cyprideis* et 18% de Cyprididae (VAN MORKHOVEN, 1962).

En eau douce, les Ostracodes sont également présents dans les mares temporaires, les marécages, les milieux lacustres et fluviatiles. Les carapaces sont fines et lisses (Fig. 3b). 70% des genres de Cyprididae sont dulçaquicoles. Parmi les espèces d'eau douce, environ 20% sont inféodées au domaine des eaux douces sou-

---

* Actuellement, la Méditerranée fait exception puisque les eaux des zones bathyales, avec leur température minimale de 12°C, sont thermosphériques (BENSON, 1975).

terraines (DANIELOPOL, 1971). Elles appartiennent aux Familles Cyprididae, Cytherideidae et Darwinulidae. Les espèces du genre *Elpidium* vivent exclusivement dans les "micro-mares" entre les feuilles de Broméliacées épiphytes des climats tropicaux (COLIN & DANIELOPOL, 1979). Quelques formes ont colonisé l'humus humide des forêts (HARDING, 1955).

La répartition mondiale des Ostracodes marins actuels se décompose en Provinces biogéographiques qui sont les suivantes (PURI, 1966) :

a) La faune Nord-Atlantique boréale.
b) La faune tropicale et subtropicale des Caraïbes et Golfe de Mexico.
c) La faune méditerranéenne.
d) La faune Sud-Atlantique.
e) La faune de l'Océan Pacifique.
f) La faune de l'Océan Indien.
g) La faune profonde cosmopolite.

1.2.4.- Classification des Ostracodes actuels.

Avec la première classification de SARS (1866), les principaux groupes furent définis. La classification de HARTMANN & PURI (1974), qui semble retenue actuellement, sera reprise ici. Nous renvoyons à ces auteurs pour les descriptions précises de chaque taxon. Les caractères utilisés sont : les contours des valves, la calcification des lamelles internes, les impressions musculaires, les canaux des pores marginaux, la morphologie des furcas (voir Fig. 2a), des antennules, antennes, appendices et appareils génitaux.

Sous-Classe Ostracoda LATREILLE, 1806

Ordre Myodocopida SARS, 1866

Bord ventral convexe. Lamelle interne calcifiée. Exopodite de l'antenne composé de 7-9 segments et à rôle natatoire. Furcas lamelliformes, triangulaires et armées d'une forte griffe.

Sous-ordre Myodocopa SARS, 1866

Sous-ordre Halocypriforme SKOGSBERG, 1920

Sous-ordre Cladocopa SARS, 1866

Ordre Podocopida MÜLLER, 1894

Bord ventral droit ou subdroit. Partie ventrale de la lamelle interne plus ou moins calcifiée. Antennule à 5-8 segments. Exopodite de l'antenne à 2 segments au maximum et dont la fonction n'est jamais natatoire. Furcas en forme d'appendices ou absentes.

Sous-ordre Platycopa SARS, 1866

Sous-ordre Metacopa SYLVESTER-BRADLEY, 1961

Superfamille Healdiacea HARLTON, 1933

Sous-ordre Podocopa SARS, 1866

Superfamille Bairdiacea SARS, 1866

Superfamille Cytheracea BAIRD, 1850

Superfamille Terrestricytheracea SCHORNIKOV, 1969

Superfamille Darwinulacea BRADY & NORMANN, 1889

Superfamille Cypridacea BAIRD, 1845

Dans cette classification, HARTMANN & PURI (1974) ont exclu la famille Punciidae HORNIBROOK, 1949, qui est uniquement connue par 6 valves récoltées au Nord de la Nouvelle Zélande vers 2000 m de profondeur. Ces individus montrent une grande ressemblance avec le groupe paléozoïque des Kirkbyacea ULRICH & BASSLER, 1906 (voir la classification ch. 1.4.). Si la filiation se confirmait, les Punciidae seraient de véritables "fossiles vivants".

1.2.5.- Conclusions.

La connaissance anatomique des Ostracodes actuels nous permettra d'apprécier la valeur des organes fossilisés. Les critères de leur classification nous feront comprendre les difficultés d'une classifi-

cation globale groupant les Ostracodes actuels et fossiles. Enfin l'un des avantages de cette sous-classe est de pouvoir assurer les bases de la paléoécologie sur la biologie et l'écologie des Ostracodes actuels.

1.3.- Les organes fossilisés.

Les parties molles.

Les parties molles fossiles sont peu connues, sauf à la faveur d'une fossilisation exceptionnelle. Certains auteurs ont interprété des traces dendriformes sur quelques carapaces paléozoïques comme l'empreinte d'un système vasculaire disposé autour du coeur. De telles conclusions sont mises en doute par SOHN (1974). Seuls certains Myodocopida actuels possèdent un coeur, les autres ayant un système vasculaire peu différencié. A la faveur de silicifications, des appendices du genre carbonifère *Palaeocypris* ont été décrits par BRONGNIART (1876). Des restes spectaculaires, conservés en phosphate de calcium, donnent des renseignements sur le corps des Ostracodes fossiles. Ainsi l'étude de MÜLLER (1979a) montre qu'au Cambrien supérieur (Suède), l'aspect classique à 6 paires d'appendices est acquis, mais ceux-ci sont primitifs, biramés, et peu différenciés les uns des autres. McKENZIE & JONES (1979) ont également découvert des spécimens montrant au moins quatre segments thoraciques dans le Cambrien moyen du Queensland (Australie). Ces découvertes invitent à situer l'origine des Ostracodes au Précambrien, près des Phyllocarides et des Branchiopodes (voir l'annexe 3)*.

Le tégument.

En étudiant les fractures des carapaces fossilisées, on reconnaît, à la suite de OERTLI (1975), une couche médiane plus ou moins régulièrement cristallisée et qui représente l'exo- et l'endocuticule : c'est également la couche foliée de SYLVESTER-BARDLEY (1971). Elle est limitée extérieurement par une fine couche cristallisée qui correspond probablement à l'épicuticule fossilisée. A l'intérieur il s'agit peut-être de la base de l'endocuticule qui est souvent lamel-

* A propos des appendices fossiles d'Ostracodes, voir également MÜLLER (1979b). Dans le Crétacé inférieur du Brésil, BATE (1972) a également décrit les appendices d'une espèce de Cyprididae conservée dans des nodules phosphatés.

laire : c'est la couche lamellaire sensu SYLVESTER-BRADLEY (1971). La présence de la fine couche externe est garante d'une bonne conservation du test (OERTLI, 1975).

Les carapaces fossiles.

Toutes les carapaces sont construites sur le plan général que nous avons exposé précédemment.

Comme le souligne GREKOFF (1970), ce n'est pas la multitude des formes comme par exemple chez les Foraminifères, mais les différences de détails sur cette carapace d'Ostracode qui permettent de distinguer les groupes et les quelques dizaines de milliers d'espèces fossiles.

Les principaux caractères descriptifs sont (Fig. 4) :

- le contour de la silhouette latérale : tracé des bords dorsal, antérieur, postérieur, ventral ; jonctions et rapports entre ces tracés ; situation de la hauteur maximale (Fig. 4A, B, D),

- la duplicature : présence ou non,

- le recouvrement des valves aux bords libres : présence ou non, valve gauche ou valve droite recouvrante, situation et caractères du recouvrement,

- la ligne de la charnière : situation et proportion par rapport à la longueur, affrontement simple, ou invagination, ou recouvrement apparent,

- le type de charnière. Il existe de nombreuses catégories de charnières (26 au moins) qui peuvent se rattacher à 3 types fondamentaux (Fig. 5) : Adonte (genre *Bairdia* et nombreux Ostracodes paléozoïques), Mérodonte (Ostracodes paléozoïques et mésozoïques) et Amphidonte (nombreux Ostracodes mésozoïques et cénozoïques). Il faut souligner que ce schéma d'ensemble n'exclut pas une évolution de la charnière dans un genre, voire au cours de la croissance d'une espèce (LEVINSON, 1950). Néanmoins POKORNY (1957) et SYLVESTER-BRADLEY (1956) lui accordent une importance phylogénique chez les Podocopida. La charnière des Ostracodes paléozoïques est relativement moins connue. Pour le détail, il convient de se référer aux ouvrages généraux tels ceux de GREKOFF (1970), MOORE (1961) et VAN MORKHOVEN (1962).

EXPLICATION DE LA FIGURE 4

Terminologie pour la morphologie externe des Ostracodes paléozoïques.

Abréviations utilisées :

L = longueur

H = hauteur

E = épaisseur

BA = bord antérieur

BV = bord ventral

BP = bord postérieur

BD = bord dorsal

BAD = bord antéro-dorsal

BAV = bord antéro-ventral

BPV = bord postéro-ventral

BPD = bord postéro-dorsal

La numérotation de la Fig. 4E correspond aux champs de l'ornementation dessinés en Fig. 4B.

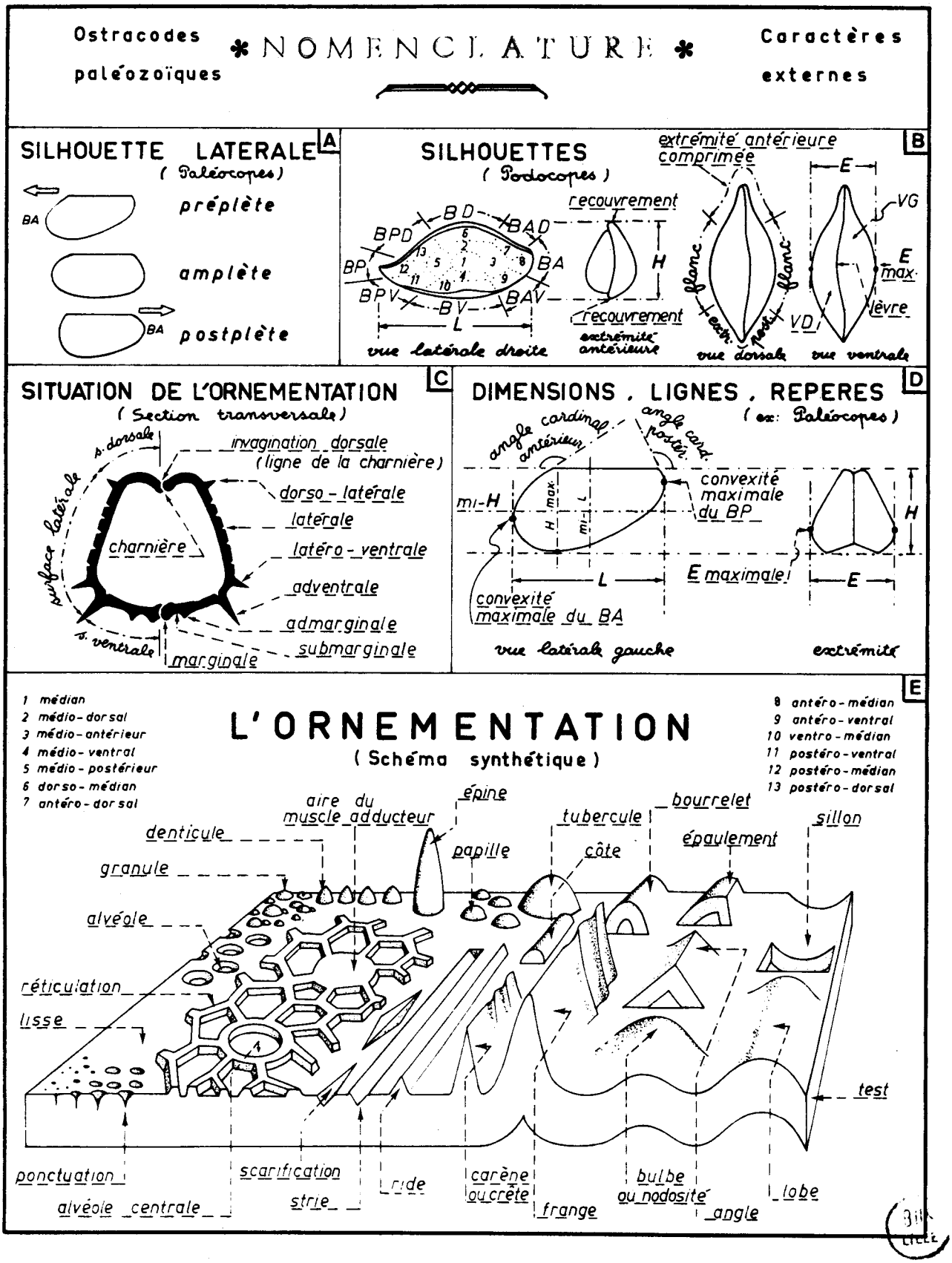

Ostracodes paléozoïques
NOMENCLATURE
Caractères externes
SILHOUETTE LATERALE
(Paléocopes)
A
préplète
amplète
postplète
BA
SILHOUETTES
(Podocopes)
B
BD
BAD
BPD
BP
BA
BPV
BV
BAV
L
H
recouvrement
vue latérale droite
extrémité antérieure comprimée
flanc
vue dorsale
E
VG
E max
lèvre
VD
vue ventrale
SITUATION DE L'ORNEMENTATION
(Section transversale)
C
p. dorsale
surface latérale
p. ventrale
invagination dorsale
(ligne de la charnière)
charnière
dorso-latérale
latérale
latéro-ventrale
adventrale
admarginale
submarginale
marginale
DIMENSIONS . LIGNES . REPERES
(ex: Paléocopes)
D
angle cardinal antérieur
angle cardinal postérieur
mi-H
convexité maximale du BP
convexité maximale du BA
E maximale
vue latérale gauche
extrémité
L'ORNEMENTATION
(Schéma synthétique)
E
1 médian
2 médio-dorsal
3 médio-antérieur
4 médio-ventral
5 médio-postérieur
6 dorso-médian
7 antéro-dorsal
8 antéro-médian
9 antéro-ventral
10 ventro-médian
11 postéro-ventral
12 postéro-médian
13 postéro-dorsal
aire du muscle adducteur
épine
papille
tubercule
côte
bourrelet
épaulement
sillon
denticule
granule
alvéole
réticulation
lisse
test
ponctuation
alvéole centrale
scarification
strie
ride
carène ou crête
frange
bulbe ou nodosité
angle
lobe

Fig. 4.

- Les empreintes musculaires. Les insertions des muscles mandibulaires et surtout adducteur laissent des traces, les empreintes musculaires, visibles à la surface interne des valves et sur les moules internes, en situation médiane généralement. La disposition et le nombre des empreintes musculaires caractérisent souvent les genres et parfois les Familles (Fig. 6). Néanmoins certaines variations mineures peuvent apparaître entre les individus d'une même espèce ou entre les valves d'un même individu (SOHN, 1976).

- L'épaisseur des valves. L'épaisseur moyenne caractérise les adultes d'une espèce donnée. Elle est en rapport avec les différentes adaptations. Mais l'épaisseur subit des fluctuations chez un même individu (études des cassures ou des sections sériées).

- L'ornementation de la surface des valves : structures marginales et adventrales, carènes, lobes, sillons, aires du muscle adducteur, réticulation, épines, etc...., et leur disposition (Fig. 4C, E).

- Les contours de la silhouette en vue dorsale, avec l'allure des flancs, des extrémités et la situation de l'épaisseur maximale (Fig. 4B).

- Les contours de la silhouette en vues d'extrémités et la situation de l'épaisseur maximale (Fig. 4B, D).

- Les rapports entre les dimensions Longueur, Hauteur, Epaisseur et autres dimensions sur points repères.

- Les variations éventuelles des caractères précédents au cours des différents stades larvaires (polymorphisme ontogénique).

- Le dimorphisme éventuel et les caractères qui différencient les individus hétéromorphes (♀) des individus tecnomorphes (♂et larves).

- Le "nuage spécifique" sur diagramme de dimensions.

L'orientation des carapaces.

L'orientation des Ostracodes actuels est aisée avec le corps de l'animal. Par homologie, celle des Ostracodes postpaléozoïques présente peu de difficultés. Par contre certains Ostracodes paléo-

zoïques sont difficiles à orienter. Les incertitudes ont entraîné des confusions dans les descriptions et les interprétations paléobiologiques, et donnèrent lieu à la polémique (BONNEMA, 1932). Pour ces cas problématiques, quelques critères généraux viennent au secours de l'ostracodologiste, mais il est prudent de les utiliser en conjonction si possible, car chacun d'eux a ses exceptions. Ces critères généraux sont les suivants :

- En vue dorsale, si l'épaisseur maximale n'est pas au milieu, elle est située dans la moitié postérieure. Chez certains Ostracodes pélagiques, le contraire existe (GREKOFF, 1970).
- L'aire du muscle adducteur et le sillon majeur (S2) sont souvent situés légèrement en avant du centre (SCOTT, 1944).
- Un long sillon latéral incurvé a toujours sa convexité dirigée vers l'avant.
- Dans une charnière, les structures les plus compliquées sont en avant (LEVINSON, 1950).
- L'ornementation épineuse majeure est dirigée vers l'arrière.
- Lorsqu'une structure adventrale (velum) existe, elle est plus développée et complète dans les 3/4 antérieurs.

1.4.- Classification générale des Ostracodes.

Comme nous l'avons vu (ch. 1.2.4.), la première classification de SARS (1866) fut essentiellement construite à partir des Ostracodes actuels. Aussi des Sous-ordres importants tels les Podocopina, les Platycopina, les Myodocopina et les Cladocopina sont fondés sur l'anatomie du corps, notamment celle des antennes et appendices. Les Ostracodes postpaléozoïques entrent assez facilement dans ces divisions par homologie de la structure des carapaces avec celle des Ostracodes actuels.

Mais de nombreux groupes d'Ostracodes disparaissent au cours ou à la fin de l'ère primaire. La morphologie de leur carapace est telle qu'ils semblent ne se rattacher à aucun groupe actuel. Pour cette raison, des Ordres spécialement paléozoïques tels que les Archaeocopida, les Leperditicopida, les Palaeocopida et les Eridostraca sont uniquement fondés sur la morphologie des carapaces. Ainsi

EXPLICATION DE LA FIGURE 5

Les types fondamentaux de charnières d'Ostracodes

Fig. 5a : Type adonte (Ordovicien-Actuel) : Ex : genre *Bairdia*.

Fig. 5b : Type mérodonte (Dévonien-Récent) : Ex. : genre *Protocythere*.

Fig. 5c : Type amphidonte (Mésozoïque-Actuel) : Ex. : genre *Macrodentina*.

Il s'agit de vues dorsales schématiques (X50), les flèches désignant l'avant de l'individu. Les zones noires représentent les rainures et alvéoles de la charnière qui seraient normalement cachées.

EXPLICATION DE LA FIGURE 6

Quelques types d'empreintes musculaires fossiles situées dans la zone médiane des valves (face interne).

Fig. 6a : Grande empreinte à nombreuses taches, commune chez la Famille Leperditiidae (Ordovicien-Dévonien).

Fig. 6b : Arrangement de taches musculaires, caractéristique chez la Famille Darwinulidae (Carbonifère-Actuel).

Fig. 6c : Empreinte à trois taches musculaires du genre *Polycope* (Jurassique-Récent).

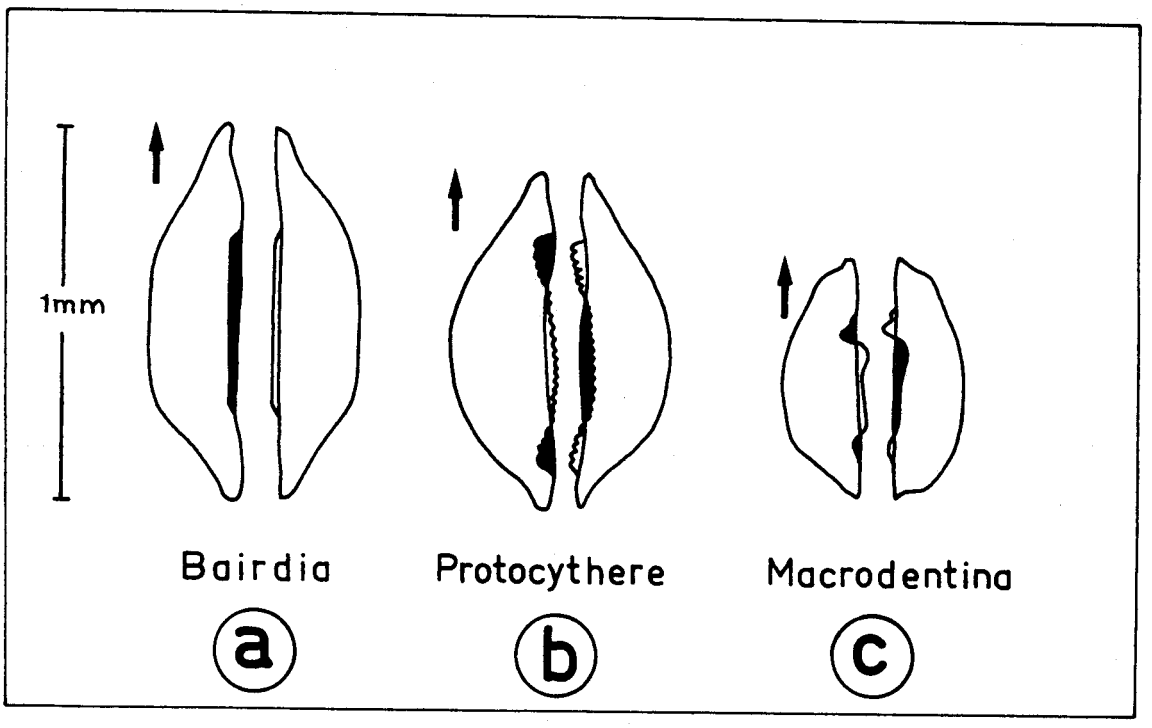


Fig. 5.

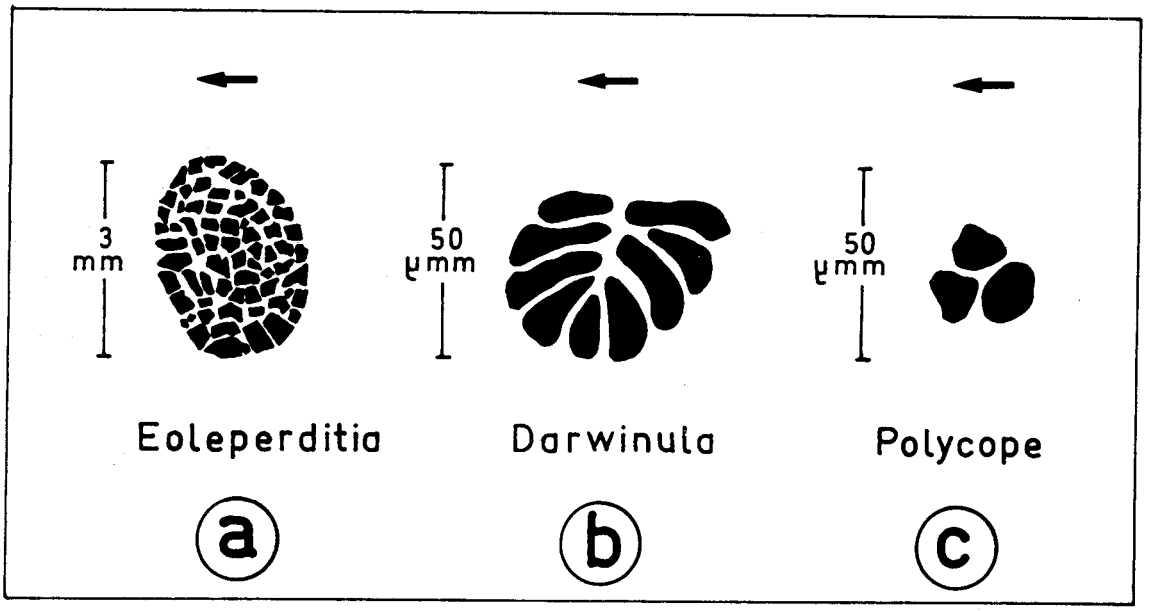


Fig. 6.

BIS LILLE

dans un même groupe, celui des Ostracodes, les taxa de niveau équivalent sont définis par des critères de nature différente, ce qui introduit une "ambiguité taxinomique". Afin de reporter le problème, les auteurs ont souvent traité séparément les Ostracodes paléozoïques. Des classifications, des nomenclatures (HENNINGSMOEN, 1953, 1965) et un index (BASSLER & KELLETT, 1934) spéciaux aux Ostracodes paléozoïques font le pendant de leurs homologues sur les Ostracodes postpaléozoïques (GREKOFF, 1956 et VAN MORKHOVEN, 1962). De ce fait certains groupes tels celui des Bairdiacea, connus depuis l'Ordovicien jusqu'à l'Actuel, se trouvent coupés en deux. Une partie des Ostracodes dits paléozoïques se poursuivent dans le Trias et sont également à cheval sur deux classifications. Une difficulté supplémentaire apparaît : quelques groupes d'Ostracodes semblent être situés à la frontière d'un "taxon paléozoïque" et d'un "taxon postpaléozoïque". Par exemple, les Paraparchitacea à bord dorsal droit doivent-ils rester dans les Palaeocopida, ou passer chez les Podocopida comme SOHN (1971) le propose parce que la duplicature est observée dans ce groupe ? Les Kloedenellacea sont-ils de vrais Palaeocopida ? le Sous-ordre Platycopina est-il à ranger dans l'Ordre des Palaeocopida (ADAMKZAK, 1968) ou dans l'Ordre des Podocopida (POKORNY, 1978) ?

Pour apporter un espoir de solution, soulignons que le niveau des superfamilles est mieux défini et reste relativement stable. C'est essentiellement à ce palier de la hiérarchie taxinomique que les auteurs s'entendent sur la classification des Ostracodes paléozoïques.

Les conceptions sur la classification des Ostracodes ont évolué et changé rapidement ces quinze dernières années. La métamorphose n'est pas terminée ; un bilan serait prématuré. Les difficultés de classification évoquées précédemment montrent qu'il convient d'attendre les résultats de recherches appropriées, qui ne font pas l'objet de ce travail. Ajoutons que les deux premières classifications d'ensemble sur les Ostracodes sont parues presqu'en même temps, indépendamment l'une de l'autre aux U.S.A. (MOORE édit., 1961) et en U.R.S.S. (ORLOV dir., 1960), et ne sont pas toujours en accord.

Pour ces raisons, nous proposons une classification qui reste largement inspirée de celle qui figure dans le traité de MOORE édit. (1961). Quelques modifications concernent l'Ordre des Eridostraca (ex. : *Cryptophyllus*) dont les espèces étaient jadis rangées dans les Kloedenellocopina qui sont de ce fait légèrement émendés (LETHIERS, 1981). Les Familles Cavellinidae et Barychilinidae qui faisaient partie avec circonspection des Healdiacea, sont placées dans l'Ordre des Platycopida. Des arguments sont développés dans ce sens par ADAMCZAK (1961, 1968).

Les suffixes des noms désignant les taxons sont les suivantes :

- ida ou -aca pour les Ordres,
- ina pour les Sous-ordres,
- acea pour les Superfamilles,
- idae pour les Familles.

L'emploi de ces terminaisons dans le texte correspondra au niveau hiérarchique concerné. Seules les Familles citées dans le texte seront mentionnées entre parenthèses dans la classification qui suit.

Classification générale des Ostracodes : voir page suivante.

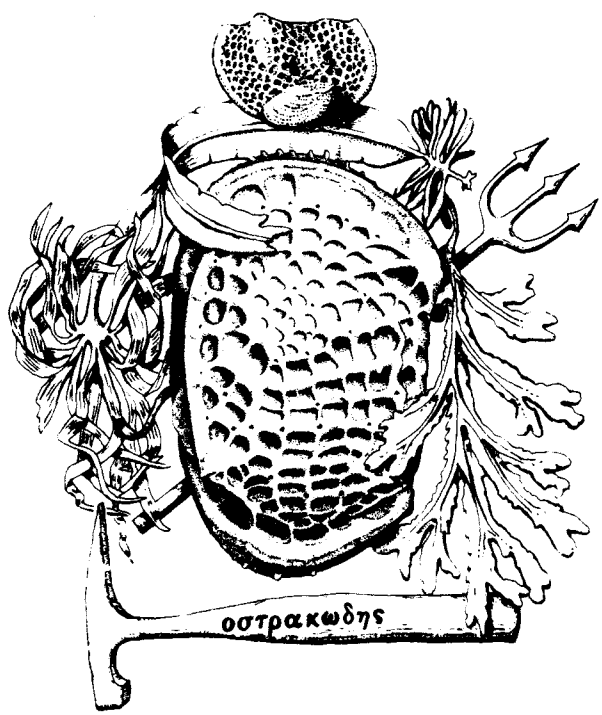
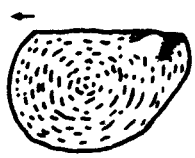


Figure extraite de BENSON (1974).

Sous-Classe Ostracoda LATREILLE, 1806

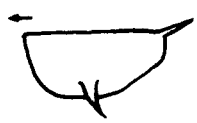
Ordre Archaeocopida SYLVESTER-BRADLEY, 1961

Carapace mince, lisse ou a ornementation faible. Bord dorsal long et droit. Valves incomplètement séparées au bord dorsal. Duplicature absente. Cambrien.



Sous-ordre Bradoriina RAYMOND, 1935

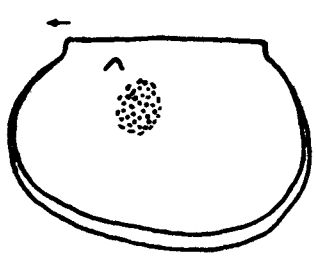
Carapace calcifiée.



Sous-ordre Phosphatocopina MÜLLER, 1964

Carapace phosphatée.

Ordre Leperditicopida SCOTT, 1961 (Leperditidae)

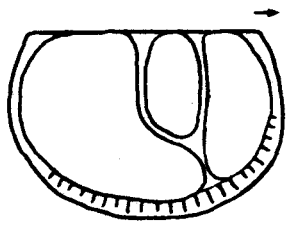


Valves épaisses, de grande taille, à bord dorsal droit. Empreintes musculaires larges (30% de la hauteur) faites de nombreuses petites taches (Fig. 5a). Duplicature absente. Dimorphisme absent. Ornementation faible. Ordovicien-Dévonien.

Ordre Palaeocopida HENNINGSMOEN, 1953

Bord dorsal long et droit. Angles cardinaux distincts. Ornementation généralement importante : lobes, sillons, carènes et structures adventrales. Duplicature absente. Dimorphisme présent ou non. Ordovicien-Trias.

Sous-ordre Beyrichicopina SCOTT, 1961



Bords libres convexes. Lobes, sillons, structures adventrales fréquents. Equivalves ou subéquivalves.

Superfamille Beyrichiacea MATTHEW, 1886 (Beyrichiidae)

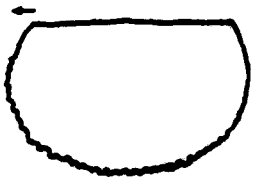
Lobes, sillons et structures adventrales bien développés. Dimorphisme présent.



Superfamille Drepanellacea ULRICH & BASSLER, 1923
Subrectangulaire, lobe noduleux, parfois épineux et dépassant le bord dorsal. Dimorphisme inconnu.
Remarques: BECKER (1968) découvrant un dimorphisme dans le genre *Nodella* ZASPELOVA, 1952, en fait une superfamille Nodellacea et un sous-ordre Nodellocopina. SCHALLREUTER (1972) considère les Drepanellacea suffisamment particuliers pour les placer dans un sous-ordre Binodicopina.



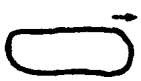
Superfamille Hollinacea SWARTZ, 1936 (Hollinellidae, Hollinidae)
Sillons, lobes. Structures adventrales souvent dimorphiques. Le sillon médian (S2) toujours bien développé.



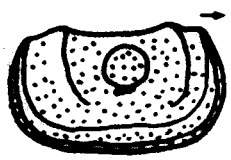
Superfamille Aparchitacea JONES, 1901
Surface lisse ou finement réticulée. Pas de sillon. Structure adventrale sous forme d'une ride ou d'une rangée de tubercules.



Superfamille Primitiopsacea SWARTZ, 1936
(Famille Graviidae POLENOVA, 1952 = Famille Pribylitidae POKORNY, 1958 incluse).
Surface lisse ou finement réticulée. Petit sillon ou alvéole centrale souvent présents. Structure adventrale en forme de crête ou côte parfois tronquée ou dimorphique.



Superfamille Youngiellacea KELLETT, 1933
Carapace très petite, subrectangulaire. Surface lisse ou finement ornementée. Structure adventrale absente ou sous forme d'un bourrelet.



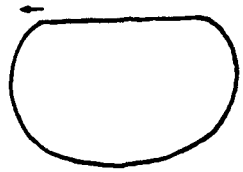
Superfamille Kirkbyacea ULRICH & BASSLER, 1906 (Amphissitidae).
Réticulée. Nodosités, carènes, structures adventrales et rides marginales fréquentes. Alvéole médiane caractéristique. Dimorphisme inconnu.



? Superfamille Punciacea HORNIBROOK, 1949

Comme les Kirkbyacea, mais sans alvéole médiane. Actuel.

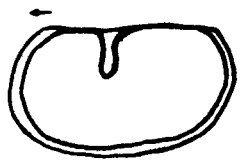
Sous-ordre non défini.



Superfamille Paraparchitacea SCOTT, 1959 emend. SOHN, 1971 (Paraparchitidae)

Lisse, sans sillon, ovoïde. Inéquivalve. Recouvrement parfois important. Une ou deux épines postéro-dorsales possibles. Duplicature parfois observée. Dimorphisme par différence d'épaisseur.

Sous-ordre Kloedenellocopina SCOTT, 1961, emend. LETHIERS (1981)

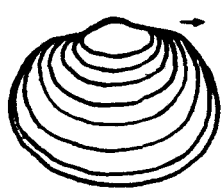


Lisse ou réticulé. Sillon médian (S2) présent mais plus ou moins développé. Carapace bien calcifiée, inéquivalve. Recouvrement souvent important. Structure marginale présente, mais adventrale absente. Dimorphisme par différence d'épaisseur dans la région postérieure.

Superfamille Kloedenellacea ULRICH & BASSLER, 1908

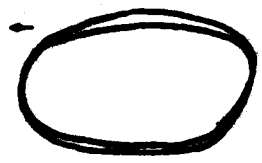
Mêmes caractères que le sous-ordre.

Ordre Eridostraca ADAMCZAK, 1961



Valves constituées de plusieurs lamelles superposées qui représentent probablement les exuvies retenues successivement pendant la vie de l'animal (LEVINSON, 1951). Ligne de la charnière courte mais rectiligne. Bord dorsal convexe avec deux régions médianes renflées semblables aux umbos des Lamellibranches. La position systématique de cet ordre est encore incertaine (voir JONES, 1968 et BECKER & SANCHEZ DE POSADA, 1977). La majorité des individus appartiennent au genre *Cryptophyllus* LEVINSON, 1951. Ordovicien-Permien.

Ordre Platycopida SARS, 1866



Bord dorsal convexe. Bords antérieur et postérieur arrondis. Lamelle interne non calcifiée ou seulement aux extrémités. Inéquivalve, valve droite plus grande et accueillant le bord de la valve gauche dans une rainure interne bien développée. Empreintes musculaires en deux rangées verticales de taches. Dimorphisme par renflement postérieur des hétéromorphes. Exopodite fort, constitué de deux articles vrais. Deuxième appendice thoracique absent. Premier appendice thoracique des mâles avec un organe agrippant. Furca réduite en lamelle arrondie.

La seule famille actuelle est celle des Cytherellidae SARS, 1866. Les familles fossiles des Cavellinidae EGOROV, 1950 et des Barychilinidae ULRICH, 1894 sont probablement à ranger ici. Les Platycopida sont voisins des Podocopida par leur lamelle interne parfois calcifiée et leurs formes fossiles sont proches des Kloedenellocopina par le caractère du dimorphisme. Silurien-Actuel.

Ordre Podocopida MÜLLER, 1894

Bord ventral droit ou subdroit. Bord dorsal souvent courbe. Partie ventrale de la lamelle interne plus ou moins calcifiée. Antennule à 5-8 segments. Exopodite de l'antenne à 2 segments au maximum et à fonction non natatoire. Furcas en forme d'appendices ou absentes. Ordovicien-Récent.

Sous-ordre Metacopina SYLVESTER-BRADLEY, 1961

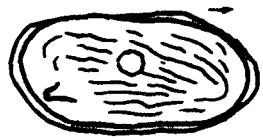
Empreinte musculaire circulaire souvent constituée par un agrégat de nombreuses taches. Lamelle interne calcifiée encore peu développée ou même absente. Valve gauche recouvrant la droite. Principalement paléozoïque.

Superfamille Healdiacea HARLTON, 1933 (Healdiidae- ? Rectonariidae).



Bord dorsal convexe. Charnière simple et courte. Epaulements et épines postérieurs fréquents. Surface souvent lisse.

Superfamille Quasillitacea CORYELL & MALKIN, 1936



Bord dorsal droit ou presque. Charnière tripartite. Surface souvent ornementée avec une aire du muscle adducteur bien visible.

Superfamille Thlipsuracea ULRICH, 1894

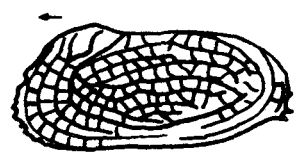


Vue latérale subovale avec toutefois un bord ventral presque droit. Surface des valves lourdement ornementée : alvéoles, sillons, épaulements.

Sous-ordre Podocopina SARS, 1866

Empreintes musculaires de formes et d'arrangements divers. Lamelle interne largement et distinctement calcifiée. Exopodite des antennes toujours transformé ou réduit mais jamais segmenté. Ordovicien-Actuel.

Superfamille Cytheracea BAIRD, 1850 (Cytheridae- ? Tricorninidae).



Ostracodes marins à carapace généralement bien calcifiée et ornementée. Empreintes musculaires formant une rangée verticale de trois à cinq taches. Charnière généralement différenciée.

Superfamille Terrestricytheracea SCHORNIKOV, 1969

Carapace ovoïdale, lisse. Ostracodes terrestres.

Superfamille Darwinulacea BRADY & NORMANN, 1889 (Darwinulidae).



Carapace allongée ovoïdale. Surface généralement lisse. Charnière simple, non différenciée. Taches des muscles adducteurs arrangées en rosette. Milieux saumâtres ou d'eau douce.

Superfamille Cypridacea BAIRD, 1845



Valves lisses ou ornementées mais jamais autant que les Cytheracea. Surface ventrale de la carapace déprimée. Charnière généralement constituée de rainures et de rides. Empreinte musculaire ni en rosette, ni en rangée verticale. Milieux marins et d'eau douce.

Superfamille Bairdiacea SARS, 1888 (Bairdiidae, Acratiidae).

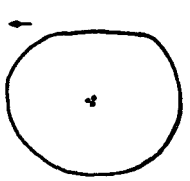


Généralement lisses. Bord dorsal convexe. Bord ventral droit ou concave. Vestibule toujours bien développé. Extrémité postérieure typiquement effilée. Le genre *Bairdia* McCOY, 1844 est le plus panchronique (Ordovicicien-Actuel). Millieux marins.

Ordre Myodocopida SARS, 1866

Equivalve. Surface lisse ou généralement finement ornementée. Bord ventral convexe. Antennes modifiées pour un rôle natatoire. L'ordre comprend la plupart des espèces planctoniques. Ordovicien-Actuel.

Sous-ordre Cladocopina SARS, 1866

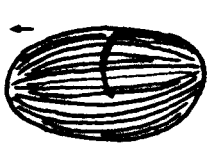


Carapace subcirculaire. Empreinte musculaire à trois taches caractéristiques. Antennules et antennes à rôle natatoire. Dévonien-Actuel.

Sous-ordre Myodocopina SARS, 1866

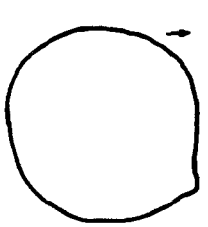
Bord dorsal droit ou courbe. Antennules non natatoires. Carapace parfois peu calcifiée.

Superfamille Entomozoacea PRIBYL, 1951 (Entomozoidae)

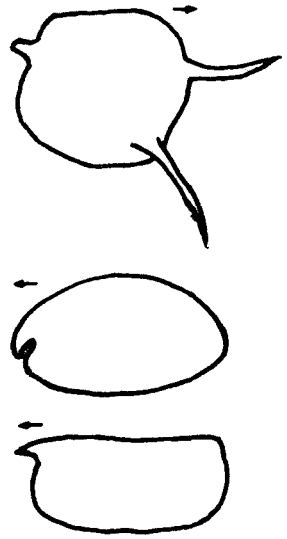


Carapace globuleuse. Sillon dorsal fréquent. Ornementation souvent constituée de fines rides. Empreinte musculaire inconnue. Groupe uniquement paléozoïque.

Superfamille Entomoconchacea BRADY, 1868



Carapace globuleuse, macroscopique. Empreinte musculaire constituée de taches linéaires radiaires. Dévonien-Carbonifère.



Superfamille Thaumatocypridacea MÜLLER, 1906
Carapace subcirculaire avec des projections épineuses issues des bords libres. Permien-Actuel.
Superfamille Cypridinacea BAIRD, 1850
Carapace généralement bien calcifiée à bord dorsal convexe. Rostre antéro-dorsal au-dessus d'une incisure où les antennes sortent. Silurien-Actuel.
Superfamille Halocypridacea DANA, 1852
Carapace peu calcifiée, à rostre près du bord dorsal droit. Actuel.

1.5.- Les méthodes d'études des Ostracodes fossiles.

Entre l'affleurement géologique et la planche photographique d'Ostracodes, un rite de techniques et méthodes d'études va intervenir. Nous passerons en revue les principales étapes.

- L'échantillonnage peut s'effectuer *a priori* sur toutes les catégories de roches sédimentaires et par différentes méthodes appropriées (voir ch. 2.2.). Une sélection de certains niveaux en fonction de la lithologie risque de fausser d'éventuelles conclusions paléoécologiques. Ceci n'exclut pas l'échantillonnage plus dense des lits jugés fossilifères. Dans les niveaux de roches calcaires compactes, il est intéressant de prélever aux points d'altération, sur le bord de puits de dissolution par exemple. Dans ce cas les tests d'Ostracodes sont encore là, alors que le ciment est en voie de dissolution.

- Au laboratoire, un fragment de chaque échantillon est choisi pour fabriquer une lame mince. Elle servira dans l'étude des rapports entre le microfaciès et la faune d'Ostracodes, ou pour détecter les éventuels remaniements de microfaune, les caractères de la fossilisation et de la taphonomie, ou pour choisir la méthode d'extraction adaptée à la roche. Les genres à rétention d'exuvies (ex. : *Cryptophyllus*) et les groupes à duplicature se déterminent en lame mince. Après une étude descriptive exhaustive de la faune dégagée d'Ostracodes d'un échantillon, on peut souvent reconnaître les différentes espèces sur la lame mince correspondante.

- Ensuite il convient d'examiner à la loupe binoculaire les fragments rocheux. Dans certains cas (Entomozoidae paléozoïques par ex.) les individus sont conservés à l'état d'empreintes sur les surfaces des lits.

- Mais souvent les tests d'Ostracodes sont prisonniers dans l'échantillon et pour les étudier "en dégagé", il faut les extraire en désagrégeant la roche. Une technique est adaptée à chaque type pétrographique. Citons les plus communément utilisés :

. Une désagrégation des argilites par l'imprégnation au pétrole lampant suivie de l'immersion dans l'eau.

. L'attaque des pélites, marnes et calcaires peu indurés à l'eau oxygénée à 110 volumes et sur plaque chauffante, l'opération pouvant se répéter plusieurs fois.

. L'acétolyse dérivée de la méthode préconisée par BOURDON (1957) est appliquée aux roches calcaires dures et compactes. L'acide acétique, pur cristallisable à 60°C, désagrège le calcaire rendu anhydre sans ronger les microfossiles.

Un concassage préalable des échantillons de ces différentes roches est nécessaire. Il s'opère en déposant le plan de stratification perpendiculairement aux machoires de la presse. Le concassage seul donne déjà quelques Ostracodes "en dégagé".

- La roche plus ou moins complètement désagrégée est lavée sur trois tamis dont les mailles ont les dimensions suivantes :

2,00 mm qui refuse les agrégats,

0,50 mm qui refuse principalement les tests d'Ostracodes adultes et les particules moyennes,

0,10 mm qui refuse les carapaces immatures et les fines particules.

- On trie les tests d'Ostracodes sur les résidus des deux derniers tamis.

- Au cours de l'étude de chaque espèce, on mesure les individus avec un micromètre oculaire. Les données serviront à construire les diagrammes de points, histogrammes de répartition, etc.....

Les sections sériées des tests d'Ostracodes (LEVINSON, 1950) sont parfois utilisées dans l'étude systématique (LEVINSON, 1951) et dans l'analyse morpho-fonctionnelle (LETHIERS, 1973).

- La photographie des types est une étape importante.

Avant la photographie au microscope photonique, il est nécessaire de préparer l'objet pour éliminer les effets de brillance, de transparence, et pour contraster les caractères de l'ornementation. Dans son ouvrage, VAN MORKHOVEN (1962) récapitule les préparations par chauffage et colorations diverses. Actuellement deux techniques sont principalement employées :

. Coloration en blanc par des vapeurs d'oxyde de magnésium.

. Coloration en blanc par des vapeurs de chlorure d'ammonium. Lorsque celle-ci est précédée par une coloration au vert malachite qui se localise dans les creux de l'ornementation, les résultats sont excellents (BRAUN, communication personnelle). A grossissement égal, ils surpassent ceux du microscope électronique. Voir par exemple les figurations de ADAMCZAK (1976) et BRAUN (1978).

L'utilisation au microscope électronique à balayage s'est généralisée ces dernières années. Il apporte des photographies d'une grande netteté (profondeur de champ X300) à des grossissements variés (X20 à X50 000). Les pores, les charnières, les empreintes de muscles adducteurs, l'ornementation fine et les fractures de tests sont obtenus avec autant de qualité. On peut monter des couples de photographies pour examen stéréographique : un stéréo-atlas est régulièrement édité (BATE & al. édit.).

- L'ostracodologie ne néglige pas les services de l'ordinateur. JACOBZONE & CARBONNEL (1976) utilisent le programme MISTRAL pour gérer un fichier micropaléontologique d'Ostracodes. Les critères stratigraphiques, géographiques et paléoécologiques de 12 000 espèces tertiaires sont ainsi rapidement accessibles. Mais ici l'aide constante d'un informaticien est indispensable lors du montage des données et de la mise à jour du fichier.

1.6.- L'utilisation biostratigraphique des Ostracodes.

Dans la phylogenèse des Ostracodes (Fig. 7), on peut reconnaître des groupes qui marquent l'échelle stratigraphique par leur répartition. Toute la hiérarchie taxinomique est utile depuis l'Ordre jusqu'à la Sous-espèce.

1.6.1.- Le rôle des ordres, sous-ordres et superfamilles (voir les ouvrages généraux cité p. 377 et GREKOFF, 1964).

Pendant le Cambrien, seules les formes à charnière peu différenciée sont connues : Archaeocopida.

Les temps ordoviciens à dévoniens sont caractérisés par les Leperditicopida, les Beyrichiacea, les Primitiopsacea et les Thlipsuracea. Ces groupes disparaissent vers le Dévonien supérieur.

D'autres groupes se développent au Dévonien et atteignent leur acmé au Carbonifère ou aux temps permo-carbonifères. Sont dans ce cas les Youngiellacea, les Kirkbyacea, les Quasillitacea et les Healdiacea.

Ainsi le Dévonien est un relais entre deux faunes d'Ostracodes qui diffèrent par leur composition. La "charnière évolutive" qui est située vers le Dévonien moyen, n'est pas totale puisque certains groupes sont répartis depuis l'Ordovicien jusqu'au Permien. Ce sont certains Palaeocopida (Aparchitacea, Drepanellacea, Hollinacea abondants à l'Ordovicien, Paraparchitacea, Kloedenellacea), la branche cavellinide des Platycopida, les Eridostraca et deux superfamilles des Myodocopida : les Entomozoacea et les Entomoconchacea. Ces différents taxa font l'unité des "Ostracodes paléozoïques", mais une opposition entre des formes du Paléozoïque inférieur et des formes du Paléozoïque supérieur subsiste néanmoins à l'intérieur de chacun d'eux.

Le Trias est un deuxième relais dans l'évolution des Ostracodes (GREKOFF, 1970). Les faunes d'Ostracodes triasiques sont d'ailleurs mieux connues actuellement depuis les travaux de KRÖMMELBEIN (1973, 1974) de KOZUR (1971, 1972, 1974) et de KRISTAN-TOLLMANN (1977 et antérieur). Les formes typiquement paléozoïques que sont les Healdiacea et les Kirkbyacea passent la fin du Permien et disparaissent à la fin du Trias (SOHN, 1970).

Certains groupes typiquement postpaléozoïques se développent dans le Trias comme la branche cytherellide des Platycopida, d'autres y font leur "émergence" : Cypridacea et Cytheracea qui explosent au Crétacé-Tertiaire. Le Trias contient donc un mélange de deux types de faunes d'Ostracodes : l'une d'affinité paléozoïque et l'autre affinité post-paléozoïque. Quelques superfamilles traversent la transition triasique. Il s'agit des Cypridinacea et des Thaumatocypridacea pour les Myodocopida, et des Darwinulacea, des Bairdiacea pour les Podocopida. Dans ces superfamilles, les spéciations se sont succédées sans évolution de niveau supraspécifique : il y a conservation, panchronisme, des caractères génériques. Par exemple le genre *Bairdia* est connu depuis l'Ordovicien jusqu'à l'Actuel !

En conclusion (voir la Fig. 7), le Trias, le Dévonien et probablement l'Ordovicien basal sont des relais phylogénétiques au niveau des Ordres, Sous-ordres et Superfamilles d'Ostracodes. Au Primaire les Ostracodes sont plus diversifiés (24 Superfamilles) que ceux des temps postpaléozoïques (9 Superfamilles).

1.6.2.- Le rôle des familles et des genres.

Les ostracodologistes n'ont pas souvent utilisé le taxon familial en biostratigraphie. Un tableau de répartition générale a été proposé par BATE & al. (1967). Quelques répartitions existent pour certaines familles paléozoïques (HENNINGSMOEN, 1953) et pour le Dévono-Carbonifère (TSCHIGOVA, 1967, 1977). Seuls les principaux systèmes de l'échelle stratigraphique sont marqués par les familles d'Ostracodes semble-t-il.

Au contraire de nombreuses chartes biostratigraphiques de niveau générique existent dans les ouvrages généraux tels que :

COOPER (1942) et MOORE édit. (1961) : nombreux genres de l'échelle stratigraphique,

GREKOFF (1956) et VAN MORKHOVEN (1962) : nombreux genres post-paléozoïques,

GREKOFF (1970) et POKORNY (1978) : certains genres de l'échelle stratigraphique,

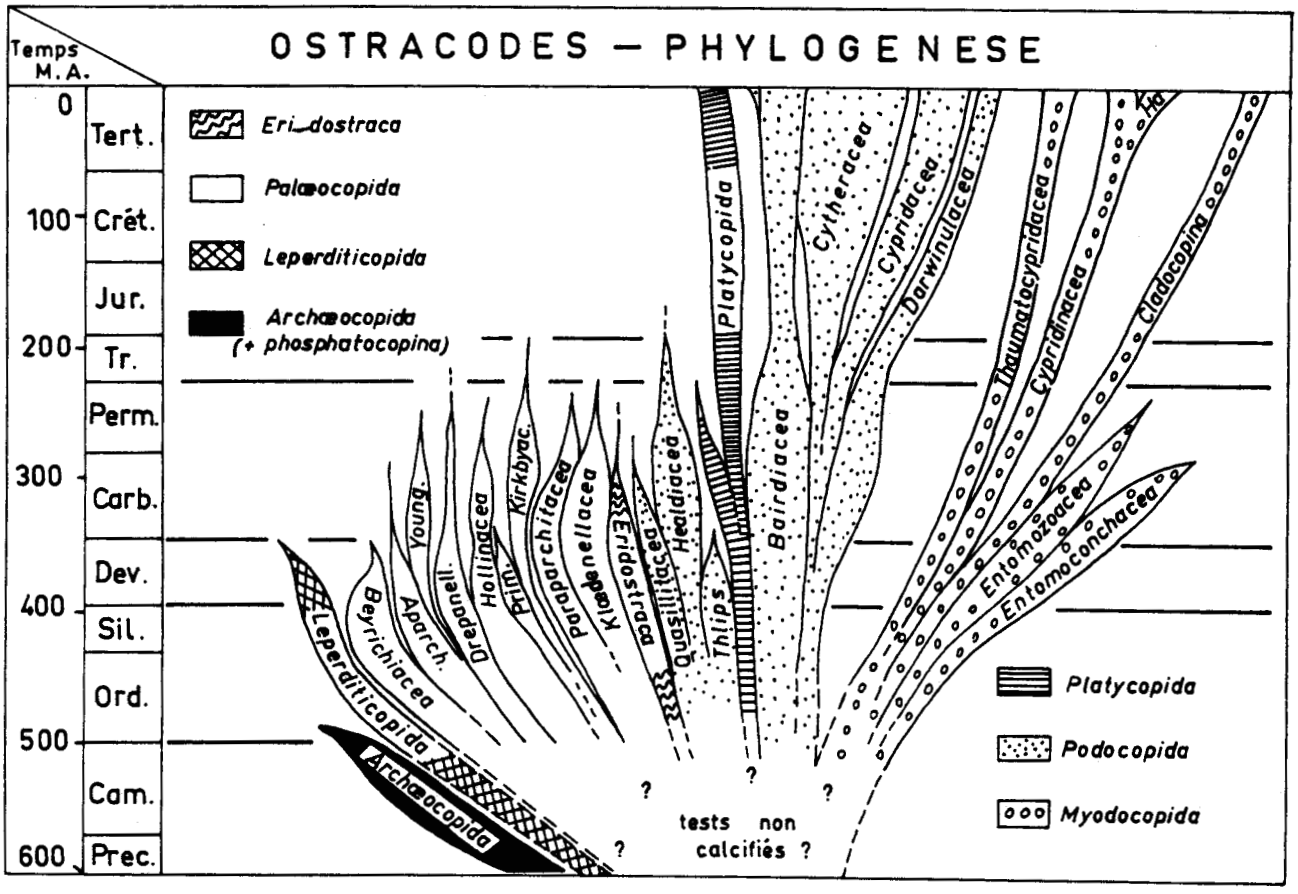


Fig. 7 : Phylogenèse des Ostracodes.

Ce schéma est construit avec les divisions taxinomiques adoptées dans notre classification (d'après SCOTT, 1961 modifié, et mis à jour).

BUS LILLE

et dans quelques synthèses régionales (LETHIERS, 1978) ou systématique : SOHN (1971) pour les Paraparchitidae, BLESS & JORDAN (1971, 1972) pour les Hollinellidae et SCHALLREUTER (1974) pour les Hollinidae. Les limites des sous-systèmes et parfois des étages pourront probablement être marquées après une compilation exhaustive des répartitions génériques d'Ostracodes indiquées par ces auteurs.

1.6.3.- Le rôle des espèces et des sous-espèces.

Les espèces et sous-espèces d'Ostracodes sont essentiellement utilisées pour établir les corrélations stratigraphiques. Des zonations existent dans l'ensemble des terrains phanérozoïques et permettent de subdiviser les étages stratigraphiques.

Pour les Ostracodes benthiques (les plus nombreux), les zonations sont généralement construites par associations d'espèces. Mais celles-ci sont très souvent circonscrites à des aires paléobiogéographiques limitées à tel ou tel environnement sédimentaire. De ce fait, les zonations sont acceptables dans une province ou un domaine paléogéographique donné. Heureusement quelques espèces benthiques ubiquistes permettront de corréler ces zonations de proche en proche et ainsi d'aboutir à une zonation internationale.

Avec les espèces d'Ostracodes pélagiques, les zonations sont généralement faites par biozones (une espèce) ou associations de deux espèces. Les aires paléobiogéographiques sont plus larges et les zonations sont à valeur internationale. La plus célèbre est celle des Entomozoidae dévono-carbonifères : elle est reconnue par les auteurs en Chine, en Russie, en Europe, en Amérique du Nord et probablement en Afrique du Nord (voir LETHIERS, 1975).

Malheureusement, les Ostracodes pélagiques possèdent souvent des tests fragiles et ne sont fossilisés qu'à la faveur d'une sédimentation argileuse réductrice.

1.6.4.- Evolution générale de quelques organes.

A côté des unités taxinomiques, on peut suivre l'évolution de certaines structures ou caractères du test pris isolément.

La taille des Ostracodes diminue au cours des temps géologiques. Ce caractère évolutif, souvent invoqué, est confirmé dans ses grandes lignes. Au Silurien certaines espèces de Leperditidae peuvent dépasser 20 mm et certains Beyrichiidae mesurent 3 à 4 mm. Apres le Paléozoïque les formes sont souvent inférieures à 1 mm. Dans le détail de nombreuses exceptions existent. Par exemple, les espèces d'Archaeocopida du Cambrien ne dépassent pas 10 mm et de nombreuses espèces paléozoïques sont inférieures à 1 mm comme c'est souvent le cas pendant le Secondaire et le Tertiaire.

Le nombre des taches composant l'empreinte du muscle adducteur diminue au cours des temps géologiques. Dans l'ensemble cette assertion est exacte à l'intérieur de certains phyla. GRAMM (1976) reconnaît deux tendances évolutives chez les Podocopida et les Platycopida. L'une montre la réduction du nombre des taches musculaires chez les Platycopida, certains Healdiidae et Bairdiacea. L'autre, conservatrice, est caractérisée par la stabilisation de la structure ancestrale (Darwinulacea, Cypridacea, Cytheracea et les autres Bairdiacea).

Dans l'évolution de la charnière, on observe une complexité croissante dans chacun des niveaux types apparaissant au cours des temps géologiques. GREKOFF (1970) distingue six stades évolutifs depuis le Paléozoïque inférieur jusqu'au Tertiaire. A partir du type primitif adonte, il y a apparition de l'élément antérieur, puis du postérieur et addition de composantes secondaires sur ces éléments.

1.6.5.- Conclusions.

Les Ostracodes ont l'avantage biostratigraphique d'être utilisés sur l'échelle stratigraphique entière. Les Conodontes apportent parfois des zonations plus fines dans les terrains paléozoïques et triasiques, les Foraminifères dans certains horizons du Mésozoïque et du Cénozoïque. Les zonations par les Ostracodes ne sont pas encore "stabilisées" mais il est légitime de prévoir que, dans quelques années, les progrès seront tels qu'une zonation par les Ostracodes offrira la même crédibilité que celle des Conodontes et des Foraminifères. Les Ostracodes sont intéressants en biostratigraphie dans la mesure où ce groupe est également présent dans des terrains où

les autres catégories micropaléontologiques citées sont absentes. L'exemple le plus typique est celui des corrélations dans les séries continentales des niveaux purbeckiens et wealdiens (GREKOFF, 1960 et OERTLI, 1963).

A la suite de BRAUN (1977) notons que les séries des plates-formes contiennent des faunes d'Ostracodes riches et diversifiées, car les spéciations s'y sont rapidement succédées. Malgré le caractère partiellement endémique des faunes, les faunizones peuvent se distinguer aisément. Au contraire les séries plus profondes possèdent des faunes d'Ostracodes conservatrices et moins diversifiées.

1.7.- La suzeraineté de l'ostracodologie dans le domaine de la paléoécologie.

Les Ostracodes constituent un groupe dont les caractères permettent au chercheur d'emprunter les principales voies de la paléoécologie. Les Ostracodes étant connus actuellement, la méthode actualiste est abondamment utilisée. Comme les adaptations morphologiques sont nombreuses et variées, l'analyse morpho-fonctionnelle donne des résultats convaincants. Les comparaisons entre les enseignements du faciès et les faunes d'Ostracodes servent à découvrir les affinités paléoécologiques de celles-ci. Le caractère bivalve du groupe permet des observations taphonomiques intéressantes. Enfin, l'étude des répartitions horizontales des faunes d'Ostracodes conduit à discerner les aires paléobiogéographiques.

1.7.1.- La méthode actualiste.

Dans la méthode actualiste, l'interprétation des assemblages d'Ostracodes fossiles se réfère directement aux connaissances écologiques et biologiques sur les Ostracodes actuels. Nombreux sont les genres connus pendant le postpaléozoïque et spécialement au Tertiaire qui comprennent des espèces actuelles. On peut alors transposer les affinités écologiques de ces espèces à leurs soeurs génériques de l'ère tertiaire. Le taxon spécifique reste le niveau écologique, néanmoins les caractères écologiques du genre apportent une première information chez les Ostracodes. Cette méthode sera illustrée par trois exemples.

a) BENSON (1971, 1972, 1975a, 1975b, 1976) rappelle que les Ostracodes psychrosphériques (p. 48 et Fig. 3d) sont présents dans les eaux océaniques et profondes qu'ils caractérisent (p. 46). Ils apparaissent vers 40 millions d'années lorsque la masse dense et froide de la psychrosphère se met en place. La cause est à rechercher dans la destruction de la Téthys et dans la naissance du "conduit" pôle Nord-pôle Sud de l'Océan Atlantique.

La faune psychrosphérique est actuellement absente de la Méditerranée dont les eaux profondes ne sont pas assez froides. Mais cela ne fut pas toujours le cas pendant le Tertiaire et notamment au Miocène comme l'auteur le montre en étudiant les Ostracodes néogènes du bassin méditerranéen.

Puis au Miocène supérieur, la faune psychrosphérique d'affinité atlantique y est remplacée par une faune à *Cyprideis* (genre des milieux saumâtres), ce qui confirme l'aspect lagunaire de la "crise" salifère du Messinien. Le retour soudain des Ostracodes psychrosphériques au Pliocène indique une réouverture brusque des "portes" de Gibraltar et le déferlement de la psychrosphère atlantique en Méditerranée. Au Quaternaire la thermosphère envahit définitivement la Méditerranée, ce qui indique une restriction des communications avec l'Océan Atlantique.

b) PEYPOUQUET (1975) et DUCASSE & PEYPOUQUET (1978) analysent les variations chez les espèces lisses des genres *Krithe* et *Parakrithe* qui vivent sur un large éventail de profondeur (200 à 2500 m). Ces auteurs voient une correspondance entre des variations portant sur la taille, le vestibule, l'épaisseur des valves, la charnière et certains facteurs écologiques : en particulier les teneurs en phosphates, en silicates, en or et en matière organique d'une part et la profondeur d'autre part. En transposant ces relations aux espèces tertiaires découvertes dans les carottages de fonds océaniques, ils peuvent reconstituer l'évolution écologique d'un site donné. Par exemple, le site près de l'Île Rockall (Atlantique, Ouest de l'Irlande, Leg 48, sites 403 et 406 du programme I.P.O.D.) a évolué depuis une profondeur de 150 m à celle de 2500 m au cours de l'ère tertiaire. Ces conclusions concordent avec les connaissances géophysiques sur l'expansion de l'Océan Atlantique Nord (VINE & HESS, 1971 et MONTADERT & alii, 1977).

c) BARKER (1963) analyse les faciès purbeckiens et y enregistre une diminution de taille des espèces du genre euryhalin *Fabanella* depuis la base vers le haut des séries. En tenant compte des rapports taille-salinité connus actuellement (voir p. 41), cet auteur en déduit que les séries en question représentent une transition entre le Portlandien marin et des conditions d'eau douce du Purbeckien.

Ces trois exemples montrent que les reconstitutions paléogéographiques, paléo-bathymétriques, de paléo-salinité, etc..., aux temps postpaléozoïques sont en grande partie déduites des connaissances sur l'écologie des Ostracodes actuels.

1.7.2.- L'analyse morpho-fonctionnelle des carapaces d'Ostracodes.

Il s'agit de découvrir le rôle d'une structure donnée d'une carapace fossile : on en déduit l'adaptation et le mode de vie. Théoriquement, en répétant cette démarche pour chaque espèce, il serait possible de reconstituer la signification paléoécologique de l'association concernée.

L'analyse morpho-fonctionnelle utilise plusieurs méthodes et principes.

a) Souvent, la méthode analogique qui est dérivée de la méthode actualiste *s.str.* est utilisée : on recherche les analogies entre une structure actuelle dont la fonction est connue et une structure fossile semblable (forme et situation). Par exemple le mode de vie benthique des Beyrichiidae et Hollinellidae du Primaire est déduit de leur carapace fortement calcifiée, lourdement ornementée, à centre de gravité bas et qui reposait sur le substratum par des structures adventrales (vélum) en forme de skis (Fig. 3h et Fig. 4c). Cette dernière structure devait assurer la stabilisation, la lutte contre l'enfouissement, et permettre de ramper et de protéger les appendices (HENNINGSMOEN, 1965). Au contraire un mode de vie pélagique est attribué aux Entomozoidae du Primaire parce que leur carapace est souvent globuleuse, à faible épaisseur et à très fine ornementation (Fig. 3f). La distribution cosmopolite de ces espèces est un argument supplémentaire. Certaines espèces de la Famille Tricorninidae (Fig. 3g) qui possèdent de longues épines (rôle sustentateurs ?)

avaient probablement ce même mode de vie.

b) On utilise également les relations de cause à effet mettant en oeuvre l'esprit de logique mécanique. Par exemple, BENSON (1974, 1975, 1981) compare la carapace des Ostracodes aux différentes solutions adaptées dans les constructions mécaniques des aérostats dirigeables, et ceci pour comprendre la signification des différents types d'ornementation. L'auteur reconnaît cinq familles d'ornementation qui concourent à augmenter la résistance du test et à lutter contre son écrasement : la structure massive, la structure ondulée (lobation), la structure carénée, la structure coffrée (réticulation) et la structure épineuse.

c) Quelquefois le "principe de l'évidence" est utilisé pour interpréter certains organes. Un exemple est donné par la fonction incubatrice des poches latérales des Beyrichiidae hétéromorphes. Les valves de ces individus possèdent une expansion sphéroïdale, creuse, antéro-ventrale. Comme ces organes n'existent que sur 50% des adultes, ils furent interprétés dès le début de ce siècle, comme des poches d'incubation des oeufs ou des premières larves chez les femelles (voir SCOTT & WAINWRIGHT, 1961). Une telle interprétation qui semble évidente fut d'ailleurs vérifiée lorsque HESSLAND (1949) puis d'autres auteurs tels que ADAMCZAK (1968) découvrirent des carapaces larvaires sur des sections transversales de ces poches.

Le rôle stabilisateur de deux plans ventraux, dans deux positions (fermeture et ouverture) chez de nombreux Palaeocopida, est un autre exemple de déduction évidente (voir Fig. 3i).

Par ces quelques exemples, on s'aperçoit que les ostracodologistes du Paléozoïque ont souvent recours à l'analyse morpho-fonctionnelle appuyée sur les connaissances biologiques des espèces vivantes.

1.7.3. Etudes des rapports entre le faciès et la faune d'Ostracodes.

Il s'agit de découvrir les affinités paléoécologiques des espèces ou d'assemblages d'Ostracodes par l'étude du faciès qui les contient.

Par exemple, l'association des Métacopes frasniens avec les zones récifales sur les marges du Continent Nord-Atlantique souligne l'importance du facteur température pour ce groupe. Les faciès siluriens contenant des *Leperditia* indiquent un mode de vie en zone très peu profonde (SMOSNA & WARSHAVER, 1979), à caractères restreints (haut subtidal, intertidal). Leur découverte en association avec des Euryptéridés (Mérostomacés) et des Phyllocarides (Crustacés) suggère une tolérance à d'importantes variations de salinité (COPELAND, 1971). Dans le Silurien terminal des Appalaches, WARSHAVER & SMOSNA (1977) distinguent des associations intertidales à *Leperditia* et des associations à *Welleria-Dizygopleura-Zygobeyrichia* en zone subtidale plus profonde.

Dans le Dévonien moyen de l'Eiffel, BECKER (1971) reconnaît des assemblages d'Ostracodes (composition spécifique et types d'ornementation) caractéristiques de six biotopes : lagunaire, d'arrière-récif, récifal, d'avant-récif, riche en tétracoralliaires isolés et riche en Brachiopodes.

Les auteurs allemands (voir par exemple BANDEL & BECKER, 1975 et BECKER, 1979) distinguent trois écozones à Ostracodes en interprétant les différents faciès du Dévonien moyen et supérieur d'Allemagne (Fig. 8). L'écozone eifélienne (= Eifeler Ökotyp) contient des Ostracodes benthiques de plate-forme dans des faciès gréso-calcaires, l'écozone de Thuringe (= Thüringer Ökotyp) possède des Ostracodes à expansions épineuses dans des faciès argilo-calcaires caractéristiques des bassins et l'écozone à Entomozoidae (= Entomozoen Ökotyp) dans les faciès argileux plus profonds sont marqués par les Ostracodes pélagiques. Nous verrons (ch. 6.3.2.) de quelle façon ce schéma est à nuancer.

L'étude des rapports Ostracodes-faciès devient fructueuse quand elle s'accompagne de comparaisons entre plusieurs couples Ostracodes-faciès de même âge : notre étude paléoécologique des Ostracodes famenniens dans l'Ouest du Canada en est un exemple. Par un système de déductions et d'éliminations, on peut alors cerner le facteur limitant et le facteur optimum pour certaines espèces d'Ostracodes fossiles.

L'étude des rapports Ostracodes-faciès peut s'appliquer dans l'espace mais également dans le temps (évolution des conditions en un même lieu). Ainsi, dans une série d'âge emsien-frasnien du Sahara, LEFEVRE

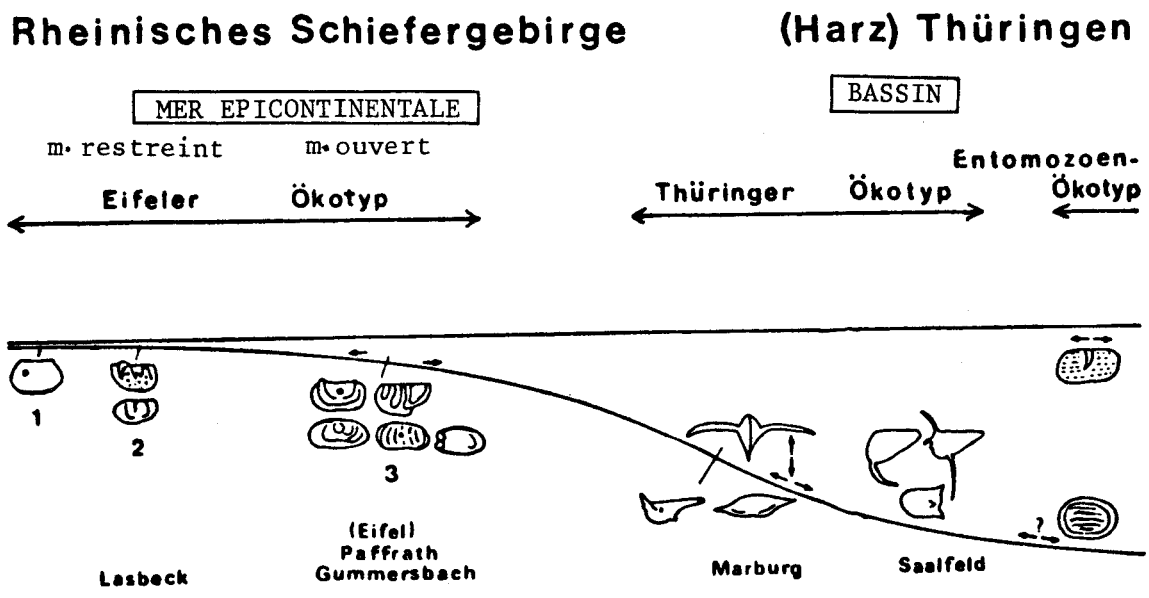


Fig. 8 : Répartition des écozones à Ostracodes dans le Dévonien moyen et supérieur d'Europe moyenne, d'après BECKER (1979).

- Ecozone de l'Eifel : 1 = faciès lagunaires à Leperditidae, 2 = faciès saumâtres à *Kozlowskiella-Poloniella*, 3 = faciès de plate-forme ouverte à Palaeocopida, Platycopida et Metacopina.
- Ecozone de Thuringe : faciès de bassin à Tricorninidae et Rectonariidae.
- Ecozone à Entomozoidae : faciès plus profonds à Entomozoidae.

BUS LILLE

(1971) analyse la faune d'Ostracodes en relation avec la macrofaune, la microfaune, le microfaciès, les caractères pétrographiques et géochimiques : les assemblages de treize écozones montrent que les facteurs prépondérants étaient les courants de fonds, la granulométrie, le pH, la transparence de l'eau et l'oxygénation dans des conditions successivement épicontinentales et paraliques.

1.7.4.- L'analyse taphonomique des Ostracodes fossiles.

Le mode de conservation et d'enfouissement des carapaces d'Ostracodes est pris en considération. L'examen du microfaciès permet d'établir les limites imposées par la conservation (LETHIERS, 1974) et les éventuels remaniements. L'accumulation de nombreuses valves d'une seule ou de deux espèces révèle souvent un paléo-milieu saumâtre. Ceci est connu dans les faciès purbeckiens avec les *Fabanella* et dans certains faciès à la limite dévono-carbonifère avec des *Cryptophyllus*. La présence simultanée des larves et des adultes ou des carapaces et des valves (KONTROVITZ & NICOLICH, 1979) indique l'autochtonie probable de la faune d'Ostracodes. Le rapport carapaces d'Ostracodes/valves isolées renseigne sur la nature du substratum et la vitesse de sédimentation (Fig. 3j) ; le pourcentage d'Ostracodes pyritisés rend compte des conditions oxydo-réductrices du sédiment (OERTLI, 1971). Le pourcentage en individus fracturés "en dégagé" donne une idée sur l'effet destructeur des méthodes d'extraction.

1.7.5.- Conclusions paléobiogéographiques.

Les différentes associations d'Ostracodes qui caractérisent les zones littorale, néritiques et profondes, contribuent de cette façon aux reconstitutions paléogéographiques. Par exemple, TSCHIGOVA (1971) et ROZHDESTVENSKAJA (1971) distinguent en Europe dévonienne les zones épicontinentales à Palaeocopida et Podocopida et les zones de bassins plus profonds à Entomozoacea.

Les provinces paléobiogéographiques d'Ostracodes sont déterminées en considérant les rapports entre les faunes du même âge et dans des régions différentes. Ainsi, au Dévonien moyen, ADAMCZAK (1971) oppose la province ostracodique de la Plate-forme russe dominée par

les Podocopida (71%) à la province située au Sud du Continent Nord-Atlantique où tous les groupes d'Ostracodes sont représentés sans dominance de l'un d'eux. L'auteur attribue la cause de cette distribution aux différences climatiques qui devaient exister entre ces régions.

Les reconstitutions paléobiogéographiques sur des cartes palinspatiques et comportant le tracé du paléo-équateur se révèlent être très fructueuses. Au Paléozoïque, les synthèses de ce genre sont encore peu répandues.

Par contre certains aspects de la théorique de la tectonique des plaques viennent parfois en contradiction avec les découvertes ostracodologiques. Ainsi SOHN & CHATTERJEE (1979) observent le groupe d'eau douce des *Darwinula* dans le Trias supérieur de l'Inde centrale alors que le genre semble inconnu dans le Gondwana au même moment. Ces auteurs déduisent, avec d'autres arguments paléontologiques, que l'Inde ne s'est pas déplacée comme une sorte d'île entre le Permien et le Crétacé supérieur puisque les liaisons fauniques avec l'Eurasie sont évidentes.

1.8.- Conclusions sur l'étude des Ostracodes fossiles.

1.8.1.- Les difficultés.

En antithèse avec le paragraphe précédent, il faut reconnaître que certains secteurs posent problèmes. Voici les principaux :

- Nous avons traité plus haut de la classification qui n'est pas encore stabilisée dans ses grandes lignes : on peut espérer qu'elle le sera dans une dizaine d'années, compte tenu de l'avancement de la recherche.

- La taxinomie des Ostracodes peut souffrir si le pourcentage d'espèces en nomenclature ouverte et sans description augmente. Diagnoses et descriptions sont plus que jamais indispensables puisque les zonations se veulent de plus en plus fines.

- Les corrélations interprovinciales par les Ostracodes benthiques restent encore délicates. Il faut ajuster les colonnes des différentes zonations dans les années à venir.

- Certaines roches (gréseuses essentiellement) contiennent très peu d'Ostracodes, souvent par mauvaise fossilisation.

- On se demande parfois : "A quand les Ostracodes sur ordinateur ?". Cette question sous-entend qu'un ordinateur devrait déterminer les espèces sur présentation de quelques paramètres. L'idée est alléchante. Avant tout, il faudrait choisir les catégories, la nature et la hiérarchie des données ainsi que leur formulation ; s'affranchir des variations intraspécifiques. Et quel chercheur consacrera sa vie à la tâche ingrate du montage de ces données ?

- Le nombre des espèces d'Ostracodes augmente régulièrement. Les sollicitations biostratigraphiques et paléoécologiques se font plus précises. Ceci entraîne une spécialisation de l'ostracodologiste dans une ère et souvent dans un système. Un effort constant est nécessaire pour garder une vue d'ensemble : d'où la nécessité des réunions annuelles des ostracodologistes !

1.8.2.- Caractères de l'ostracodologiste.

Tout ce qui précède nous éclaire sur la personnalité de l'ostracodologiste. D'abord, il doit posséder les qualités artisanales pour mettre au point ses méthodes d'étude tant sur le terrain qu'en laboratoire. Il est zoologiste-biologiste pour saisir la place du groupe dans la biosphère. C'est évidemment un systématicien : homme des descriptions et de la bibliographie ; mais également un pétrographe sédimentaire pour étudier la fossilisation et la taphonomie. Les connaissances en stratigraphie sont nécessaires pour construire les zonations. Il doit utiliser la biométrie et comprendre l'importance de l'informatique. Enfin l'ostracodologiste regarde l'évolution de sa discipline (voir SOHN, 1977) et assume sa propre épistémologie. Pour conclure, on peut dire que l'ostracodologie est à la géologie ce que celle-ci est aux Sciences de la Nature.

-2-

LES METHODES D'ETUDES : QUELQUES MISES AU POINT

"Quelque chose d'énorme est né dans l'Univers, avec nos découvertes, et avec nos méthodes de chercher. Quelque chose, j'en suis convaincu, qui ne s'arrêtera plus".

Pierre Teilhard de Chardin, 1926

SOMMAIRE

Pages

2.1.- Généralités..... 88

2.2.- L'échantillonnage..... 89

2.3.- Les sections polies : application aux Ostracodes paléozoïques..... 92

2.4.- L'étude des tests d'Ostracodes au microscope électronique à balayage : remarques et mise au point d'une technique de préparation..... 97

2.5.- Paléoécologie et conservation des Ostracodes paléozoïques..... 101

2.6.- Utilisation des genres et des espèces d'Ostracodes en biostratigraphie..... 105

2.6.1.- Définition et répartition des genres d'Ostracodes..... 105

2.6.2.- Ostracodes pélagiques et Ostracodes benthiques dans la biostratigraphie du Paléozoïque..... 108

2.6.3.- Nomenclature ouverte et nomenclature fermée..... 110

2.6.4.- Un exemple d'application biostratigraphique : l'étude de la Formation Big Valley..... 113

2.7.- Conclusions..... 116

RESUME

Les résultats biostratigraphiques et paléoécologiques sont interdépendants et peuvent affiner la systématique des Ostracodes en retour. La façon de prélever les échantillons conditionne le reste des opérations. Selon le site et le but recherché plusieurs types d'échantillonnage sont distingués : ponctuel, grappillé, horizontal, dispersé et spécialisé. La pratique des sections polies dans les carapaces d'Ostracodes permet d'approfondir la description ainsi que certaines données paléobiologiques. L'examen des Ostracodes paléozoïques au microscope électronique à balayage est limité par l'état de conservation du test. Un mode opératoire simple permet de fixer l'individu sur le porte-objet par l'intermédiaire d'un fil de cuivre mince. De nombreuses vues d'un même Ostracode sont ainsi observables sans perte de temps. Les étapes de la fossilisation modifient quantitativement et qualitativement la faune d'Ostracodes d'origine. La méconnaissance de ce facteur introduit des erreurs dans les reconstitutions paléoécologiques. En biostratigraphie une étude exhaustive des genres d'Ostracodes pourrait servir à marquer les limites des étages. Encore faudrait-il que le genre soit défini selon les règles logiques. Quand ils sont présents, les Entomozoidae, réputés pélagiques, sont de bons marqueurs stratigraphiques. Certaines catégories d'Ostracodes benthiques serviront à établir une zonation de valeur internationale pour le Dévonien supérieur. Quelques aspects de la nomenclature ouverte ont un avenir limité. Un exemple d'analyse biostratigraphique par les Ostracodes est donné dans l'étude de la Formation Big Valley (Dévonien terminal de l'Ouest canadien) : les évènements paléogéographiques concernant cette unité sont mis en évidence.

2.- LES METHODES D'ETUDES DES OSTRACODES PALEOZOIQUES : QUELQUES MISES AU POINT.

2.1.- Généralités.

Dans sa démarche, l'ostracodologiste parcourt un chemin qui débute par la récolte d'échantillons et peut aboutir à la synthèse paléoécologique. Dans cet ensemble que nous appelons "le traitement des Ostracodes", l'étude systématique tient lieu de fondation. Ses résultats, replacés dans l'organisation des prélèvements, aboutiront aux échelles biostratigraphiques. La faune d'Ostracodes (= systématique) d'un horizon donné (= biostratigraphie) est également examinée en rapport avec la faciès dans les conclusions paléoécologiques. En retour, ces dernières peuvent affiner l'étude systématique en mettant en évidence les variations phénotypiques. De même, si l'influence du milieu (= paléoécologie) sur la répartition verticale des espèces permet de corriger le premier schème biostratigraphique, les corrélations entre les provinces paléobiogéographiques (= biostratigraphie) élargissent les conclusions paléoécologiques par des comparaisons à l'échelle du globe. Ainsi un "aller et retour méthodologique" s'instaure entre la Systématique et la Paléoécologie d'une part, et entre la Biostratigraphie et la Paléoécologie d'autre part (Fig. 9).

Dans la première partie (ch. 1.5.), l'essentiel des méthodes d'études des Ostracodes est exposé, depuis l'échantillonnage, la désagrégation des roches, etc.... jusqu'à la prise de photographies. Ici nous voulons préciser ou mettre au point certaines étapes de la démarche ostracodologique résumée par la Fig. 9 où le "cortège ostracodique" désigne, pour une région et un horizon donné, l'ensemble des individus à la disposition du chercheur après l'extraction et le tri.

Dans une première direction, nous affinerons quelques techniques d'études soit sur le terrain comme l'échantillonnage, soit au laboratoire telles que la pratique des sections polies et l'utilisation du microscope électronique à balayage. Dans une deuxième voie il s'agira de mises au point sur le raisonnement scientifique à propos des Ostracodes paléozoïques. Ainsi l'incidence de la conservation des Ostracodes sur les conclusions paléoécologiques est mise en évidence. L'utilisation du taxon générique et des espèces benthiques en biostratigraphie est également commentée. En conclusion nous proposons un exemple

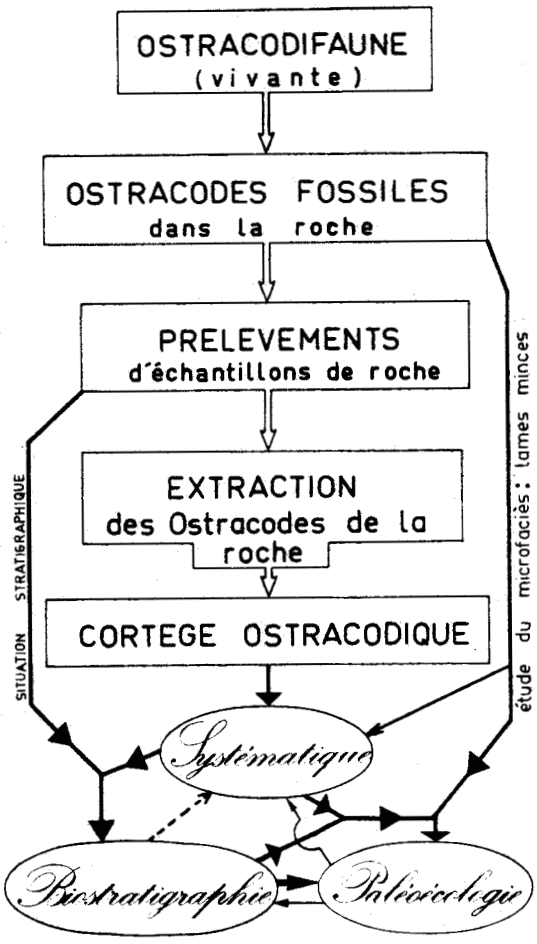


Fig. 9 : Schéma général de la démarche ostracodologique

significatif de résultats d'ordre paléogéographique et tectonique issus d'une étude biostratigraphique de la Formation Big Valley dans l'Ouest canadien.

2.2.- L'échantillonnage.

Premier stade dans le traitement des Ostracodes, le prélèvement d'échantillons pour l'extraction conditionne le reste des opérations. Néanmoins, ce moment capital est généralement peu évoqué dans les ouvrages de micropaléontologie. Citons GREKOFF (1970) et JONES (1956) qui donnent quelques renseignements sur les faciès à échantillonner. Nous passons sur le choix de la ou des coupes géologiques puisqu'il dépend du type de l'étude envisagée. Le volume de roche à prélever est

fonction de l'intervalle de prélèvement, de la finesse biostratigraphique désirée et de la fréquence des Ostracodes fossiles. Pour évaluer ce dernier facteur, il suffit de pratiquer quelques "lavages-sondages" avant l'échantillonnage proprement dit. Pour donner un ordre de grandeur, on peut récolter par exemple 200 à 500 cm3 de roche pour 1 m d'épaisseur de terrains sédimentaires.

Nous essayerons ici de codifier différents types de prélèvements en fonction des buts visés et des circonstances imposées.

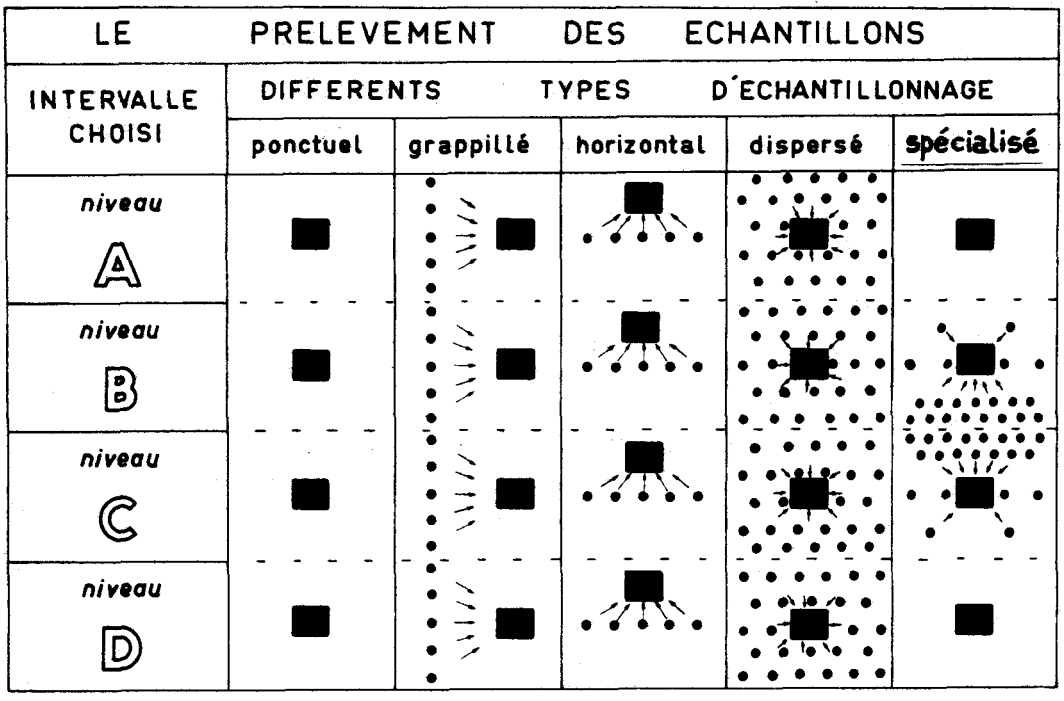


Fig. 10 : Différents types d'échantillonnage pour une série d'intervalles de prélèvements donnés (d'après LETHIERS, 1979).
Les points noirs désignent la situation des fragments rocheux prélevés dont l'ensemble constitue l'échantillon (rectangle noir) pour l'intervalle donné.

Nous distinguerons schématiquement (Fig. 10) :

a) L'échantillonnage ponctuel : c'est la prise d'un seul fragment à des distances choisies comme intervalles. Il se pratique dans

l'étude de séries épaisses et monotones ou pour déflorer un sujet.

b) L'échantillonnage grappillé : c'est la prise de plusieurs fragments répartis régulièrement sur la hauteur de l'intervalle. Il élimine le risque de manquer une biozone à Ostracodes plus brève que l'intervalle choisi. Ce type d'échantillonnage est généralement employé dans les études sur carottes de sondage.

c) L'échantillonnage horizontal : c'est la prise de plusieurs fragments dans un même niveau à des intervalles donnés. Il élimine le risque d'une variation latérale rapide ou locale dans le microfaciès et se pratique souvent dans les lits de roches susceptibles d'être facilement désagrégées ou connues pour être riches en Ostracodes.

d) L'échantillonnage dispersé : c'est la combinaison des deux types d'échantillonnage précédents. Il est complet mais demande plus de temps.

e) L'échantillonnage spécialisé : c'est la prise de fragments en liaison directe avec un problème stratigraphique ou paléoécologique à résoudre. Par exemple reconnaître les caractères micropaléontologiques d'une limite : les fragments de roches sont alors pris d'une façon très dense de part et d'autre de cette limite.

Les intervalles de prélèvement constituent la trame horizontale des tableaux biostratigraphiques qui sont d'autant plus précis que ces intervalles sont réduits et avec un échantillonnage dispersé.

Pour une étude devant comporter une conclusion paléoécologique, la récolte doit intervenir uniformément dans les horizons de nature lithologique différente. La comparaison entre les cortèges ostracodiques provenant des lithofaciès successifs est ainsi possible. Cette condition méthodologique est parfois délicate à respecter quand on traverse des niveaux indurés difficiles à désagréger. C'est également le cas pour certains faciès arénacés qui laissent des résidus

trop importants et fastidieux à trier. Si de telles limites sont introduites au moment du prélèvement, elles doivent être assumées au niveau des résultats.

2.3.- Les sections polies : application aux Ostracodes paléozoïques.

LEVINSON (1951) fut le premier auteur à mettre en évidence l'utilité des sections polies dans l'étude des Ostracodes fossiles. Il demontra le bien fondé de cette méthode par l'étude d'espèces à rétention d'exuvies appartenant aux genres *Cryptophyllus* LEVINSON, 1951 et *Eridonconcha* ULRICH & BASSLER, 1923. La technique se répandit et après la parution en 1961 d'un article intitulé "Reconnaissance des Ostracodes fossiles en section fine" in MOORE édit., le nombre des espèces étudiées en section a régulièrement augmenté.

Nous ne reviendrons pas sur le procédé devenu classique (LEVINSON, 1950, 1961) et qui a été rappelé (LETHIERS, 1973). Il s'agit de photographier les stades d'usures successifs d'un individu collé sur une lame de verre. Par contre, il est intéressant de souligner certains avantages de la méthode.

L'étude des Ostracodes en sections polies améliore la précision des descriptions et diagnoses.

- Ainsi dans l'ornementation (Fig.11), on découvre qu'un "maxi-relief" (lobes, bulbes, etc...) dû aux inflexions des valves se distingue d'un "mini-relief" (réticulation, ponctuation, etc...) limité à la surface externe.

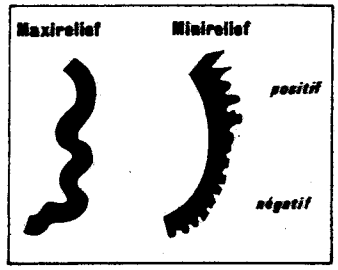


Fig. 11 : Sections transversales schématiques de valves d'ostracodes montrant les différents types d'ornementation.

Par exemple dans le genre *Poloniella* GUERICH, 1896, le lobe ventral ne se répercute pas à l'intérieur des valves contrairement aux autres lobes (Fig. 12). Ce caractère significatif est insoupçonnable à l'observation externe.

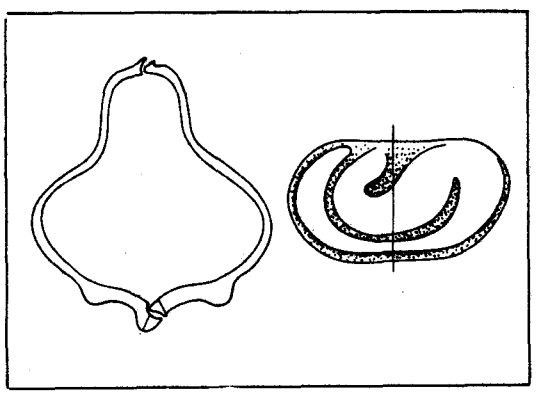


Fig. 12 : *Poloniella devonica* GUERICH, 1896. Section transversale médiane. Noter la différence entre le lobe longitudinal médian (maxi-relief) et le lobe longitudinal ventral (mini-relief). Hauteur réelle = 0,65 mm (d'après ADAMCZAK, 1961).

Une série de sections polies ont mis en évidence l'organisation d'un caractère absolu entrant dans la diagnose d'une espèce du Strunien ardennais : *Bairdia delphini* LETHIERS. Une "gouttière" postéro-ventrale est construite par le bord libre de la valve gauche et un maxi-relief de la valve droite sans que la régularité de l'espace intérieur soit modifié (Fig. 13).

- Le mode de recouvrement des valves est aisément repérable en sections polies. Si les Beyrichicopina sont équivalves ou presque, de nombreux groupes d'Ostracodes paléozoïques tels que les Kloedenellacea, les Paraparchitacea et les Bairdiacea sont inéquivalves. L'une des deux valves peut recouvrir l'autre sur tous les bords lorsque la carapace est fermée. Le sens, l'intensité et la situation du recouvrement sont des caractères qui interviennent pour

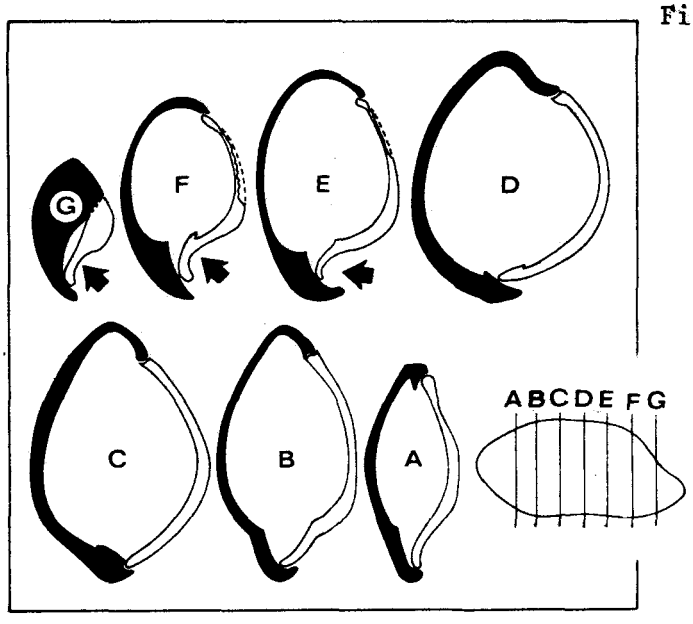


Fig. 13 : *Bairdia delphini* LETHIERS, 1972. Sections sériées transversales mettant en évidence la structure de la gouttière postéroventrale droite (flèches), le volume de la cavité interne et le recouvrement apparent au bord dorsal. Hauteur réelle : 0,76 - 0,92 mm. (d'après LETHIERS, 1972). Valve gauche en noir et valve droite en blanc.

caractériser les taxons depuis le sous-ordre jusqu'à l'espèce. L'appréciation du mode de recouvrement est parfois délicate en morphologie externe. Les sections polies révèlent qu'un recouvrement peut n'être qu'apparent, parfois au bord ventral (Fig. 14) et souvent au bord dorsal (Fig. 13).

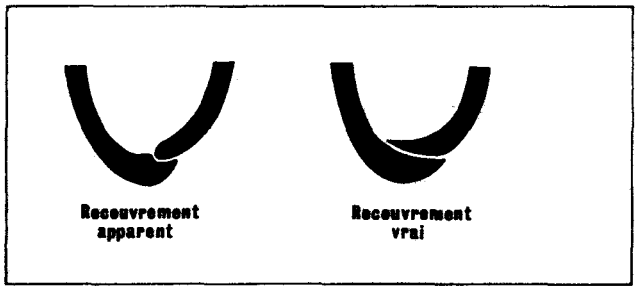


Fig. 14 : Coupes transversales schématiques dans la région ventrale d'ostracodes montrant que recouvrement vrai et recouvrement apparent ne sont pas distinguables extérieurement.

BUS LILLE

Dans une espèce donnée, le mode de recouvrement peut changer le long du bord ventral : seules les sections sériées permettent de suivre les transformations (Fig. 16).

- la structure des valves est étudiée sur fractures ou en sections polies. Elle est particulière chez certains groupes que nous avons déjà répertoriés (LETHIERS, 1973), tels que les *Cryptophyllus* (Fig. 15).

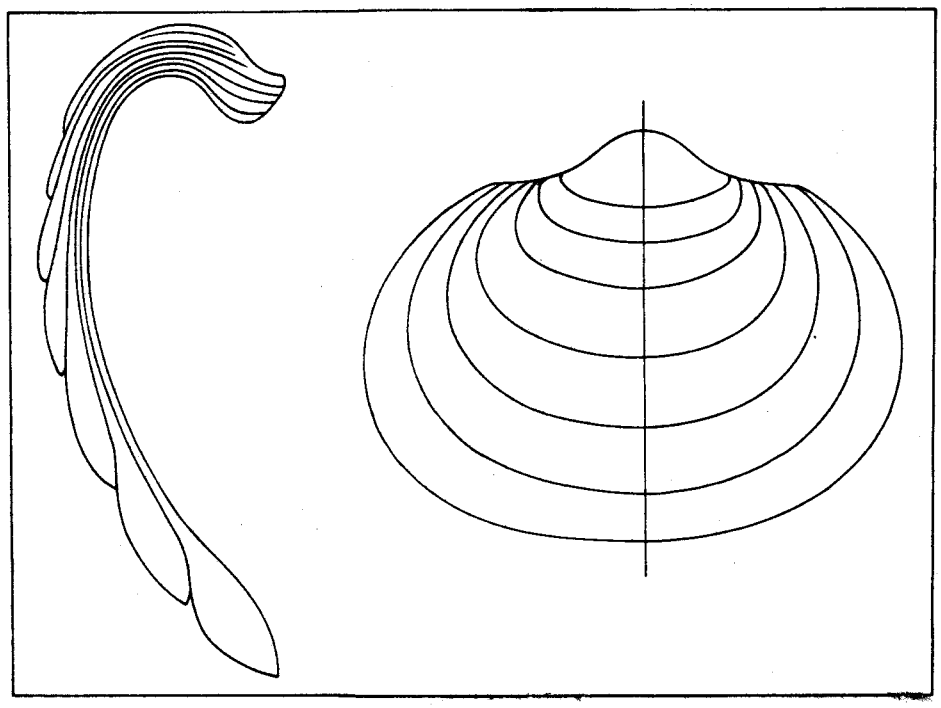


Fig. 15 : *Cryptophyllus diatropus* JONES, 1962. Section transversale d'une valve révélant la structure lamelleuse de la carapace due à la rétention des exuvies successives. Hauteur réelle : 0,85 mm (d'après JONES, 1962).

Dans le Famennien ardennais où la fossilisation des Ostracodes est souvent défectueuse, nous avons eu recours à cette méthode pour affiner l'étude systématique des espèces.

- L'analyse paléobiologique utilise également la technique des sections polies. A côté des découvertes sur le dimorphisme

sexuel chez les Paléocopes (poches d'incubation, etc...) qui sont maintenant classiques (voir ch. 1.7.2.c), deux voies méritent d'être évoquées.

L'étude du recouvrement ventral permet parfois d'orienter l'espèce paléozoïque avec certitude. Par exemple chez *Geisina quadrangulata* LETHIERS, 1972, du Famennien ardennais (Fig. 16), le recouvrement est tel qu'un entre-bâillement des valves d'environ 5 degrés permettait le passage des antennes et l'entrée des aliments, alors qu'à l'arrière la masse viscérale restait à l'abri. L'orientation ainsi déterminée concorde d'ailleurs avec la position antérieure du plus grand angle cardinal (critère souvent invoqué pour désigner l'avant). Un raisonnement identique peut être tenu à propos de nombreuses espèces paléozoïques.

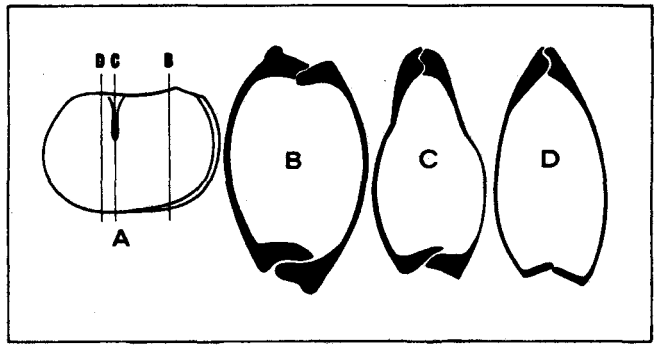


Fig. 16 : *Geisina quadrangulata* LETHIERS, 1972. Sections sériées transversales (A) révélant l'absence de recouvrement dans le tiers antérieur (D) et le recouvrement postérieur protégeant la masse viscérale logée dans un espace plus large (B). Hauteur réelle : 0,48 - 0,52 mm (d'après LETHIERS, 1972).

Toute "anomalie" particulière de la carapace peut correspondre à un mode de vie spécial. Ainsi en est-il de la dissymétrie chez *Bythocyproïdea beugniesi* LETHIERS, 1972, du Famennien ardennais (Fig. 17). Nous interprétons la surface plane, parfois concave, de la valve droite comme une adaptation à un mode de vie fixé (epiphyte ?) par celle-ci.

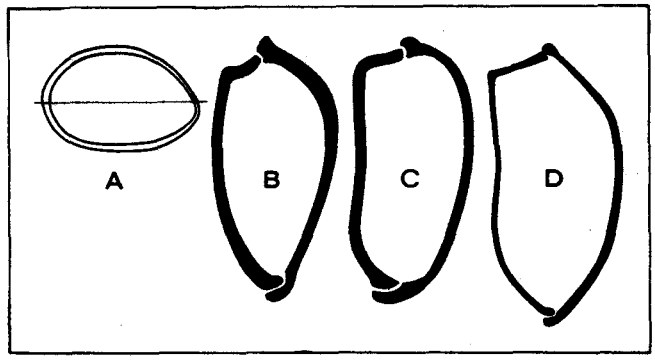


Fig. 17 : *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972.
A : Vue externe droite d'un individu.
B, C, D : Sections frontales de trois individus révélant la dissymétrie plus ou moins accentuée de la valve droite. Longueur réelle : 0,75 - 0,95 mm. (d'après LETHIERS, 1972).

2.4.- L'étude des tests d'Ostracodes au microscope électronique à balayage : remarques et mise au point d'une technique de préparation.

Depuis 1965, la micropaléontologie est devenue un terrain d'élection pour les observations au microscope électronique à balayage (M.E.B.). En particulier, l'étude des Ostracodes fossiles et actuels fait de plus en plus appel à cet instrument. Les grossissements élevés (voir p. 70) livrent une "ultraornementation" et une nouvelle terminologie est devenue nécessaire pour les Ostracodes postpaléozoïques (SYLVESTER-BRADLEY & BENSON, 1971). Mais, bien que la connaissance de ces nouvelles structures contribue à distinguer les espèces, les sous-espèces ou les morphotypes, ces catégories pouvaient déjà l'être au microscope optique. A notre connaissance, le cas d'espèces d'Ostracodes uniquement différenciées grâce au M.E.B. n'est pas signalé jusqu'ici. Par contre certaines microstructures, telles que l'organisation des pores par exemple, peuvent caractériser les taxons supraspécifiques (PURI & DICKAU, 1969). De même l'examen au M.E.B. des caractères internes (empreintes musculaires, charnière) amène à revoir les critères systématiques au niveau du genre et de la famille (DAMOTTE, 1974).

L'étude des Ostracodes paléozoïques au M.E.B. est limitée par la fossilisation. OERTLI (1975) a démontré que l'intégrité de l'ornementation dépend du degré d'altération de la fine couche externe qui correspond probablement à l'épicuticule de l'Ostracode vivant. Il semble que cette couche soit rarement conservée chez les tests d'Ostracodes paléozoïques. La recristallisation de leurs tests limite généralement l'observation vers le grossissement x 700.

Une des contraintes dans l'emploi du M.E.B. réside dans la préparation de l'objet qui doit être collé avant la métallisation. Le décollage étant délicat, les auteurs furent souvent conduits à photographier les différentes vues, latérales, dorsales et ventrales, sur autant d'individus de l'espèce considérée. Pour remédier à cet inconvénient nous avons mis au point une nouvelle technique de fixation de l'individu sur le porte-objet (LETHIERS & PONCHEL, 1976). Le mode opératoire, qui s'est amélioré depuis, est le suivant :

a) Fixation, avec une tache de vernis à ongle, d'un fragment de fil de cuivre fin sur le rivet (Fig. 18a).

b) Collage de l'Ostracode au sommet de la hampe verticale du fil de cuivre par l'intermédiaire d'une micro-goutte de vernis humectée d'acétone (Fig. 18b). Le point de collage est généralement choisi sur la valve recouvrante dont les caractères sont souvent de moindre importance en vue latérale.

Les avantages de cette technique sont nombreux.

Par rotation et inclinaison du porte-objet, les vues dorsale, latérale, ventrale, d'extrêmité et toutes les vues intermédiaires peuvent être observées et photographiées sans sortir l'objet du M.E.B. Il en résulte un gain de temps pour le chercheur et pour le coût du filament. Un même individu sera présenté sous divers angles, condition nécessaire pour saisir les rapports entre les dimensions. Cette dernière possibilité est appréciable pour la figuration des holotypes. La vue d'extrémité (antérieure ou postérieure) était rarement connue ; elle est ici facilement accessible par simple basculement du porte-objet. C'est donc une nouvelle silhouette qui est of-

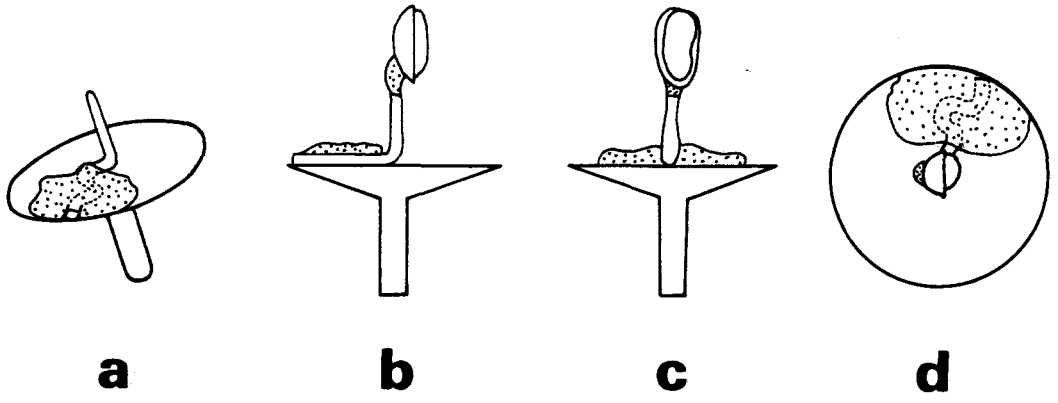


Fig. 18 : Fixation d'un Ostracode, sur le porte-objet du M.E.B., à un fil de cuivre.

a) Le fil de cuivre fin est collé avec du vernis (pointillés) sur le rivet.
b) L'Ostracode fixé au sommet de la hampe verticale est photographié en vue dorsale.
c) Après rotation de 90 degrés la vue latérale est photographiée.
d) Après un basculement de 90 degrés, c'est la vue d'extrémité qui est prise.

BUS LILLE

ferte et dont les caractères ne sont pas superflus dans la détermination des espèces lisses.

Notre technique de préparation est applicable aux autres groupes micropaléontologiques avec quelques variantes.

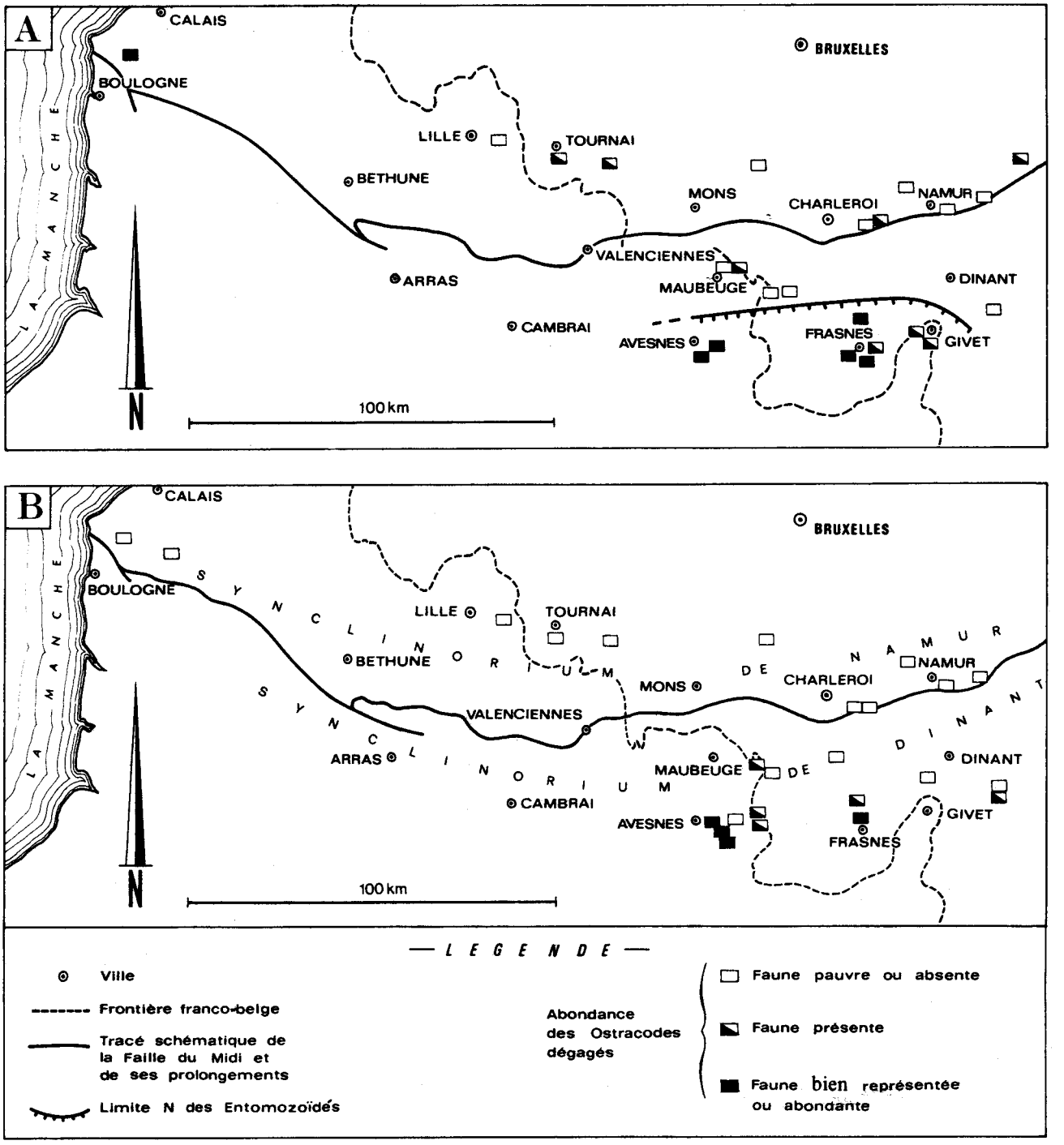


Fig. 19 : Abondance moyenne des Ostracodes en individus dans le Dévonien supérieur des Synclinoria de Namur et de Dinant d'après LETHIERS (1974). Il est également tenu compte des prélèvements de MAGNE (1964).

A = au Frasnien B = au Famennien

BIIS LILLE

2.5.- Paléoécologie et conservation des Ostracodes paléozoïques.

Quand les méthodes et techniques d'études telles que l'échantillonnage, les sections polies et l'utilisation du microscope électronique à balayage sont mises au point, encore faut-il connaître la valeur du matériel à étudier afin de mesurer les limites des conclusions qu'on peut proposer.

La question fondamentale est : d'un biome donné quelle fraction fossile arrivera sous les yeux du paléontologiste et représentera donc ce biome, après plus de 300 millions d'années ?

Une sélection importante s'opère dans les premiers temps de la fossilisation. Les chances ne sont pas égales dans ce domaine pour tous les taxons et selon les sédiments. En particulier les Entomozoidae -Ostracodes pélagiques à test peu calcifié et probablement fragile- sont préférentiellement conservés en sédimentation lutitique et réductrice. La liaison au faciès se fait ici par la fossilisation et non par le milieu de vie (LETHIERS, 1979). C'est le cas du faciès "Matagne" dans le Frasnien supérieur du Sud-Ouest ardennais (Fig. 19A) où cette Famille est abondamment représentée (LETHIERS, 1975). Quelques espèces d'Entomozoidae sont également connues dans le Famennien terminal de la Formation Big Valley au Canada (LETHIERS, 1978). Dans les deux cas il s'agit d'une sédimentation sur plateau continental, en zone probablement infralittorale pour le premier exemple, et infralittorale supérieure pour le deuxième. La présence d'Entomozoidae en abondance dans un faciès n'est donc pas obligatoirement l'indice d'une profondeur plus élevée au moment du dépôt. Ainsi, il semble que la signification bathymétrique contenue dans le concept du "Entomozoen Ökotyp" des auteurs allemands (voir BECKER, 1979) soit à nuancer.

Les tests calcifiés des Ostracodes benthiques sont difficilement fossilisés dans les faciès à pourcentage nul en carbonates et dans les psammites et grès tels que ceux du Famennien dans le Synclinorium de Namur (Fig. 19B). Les psammites de la Formation de Sainte-Godeleine, en Boulonnais, montrent parfois en lame mince des valves à

BUS LILLE

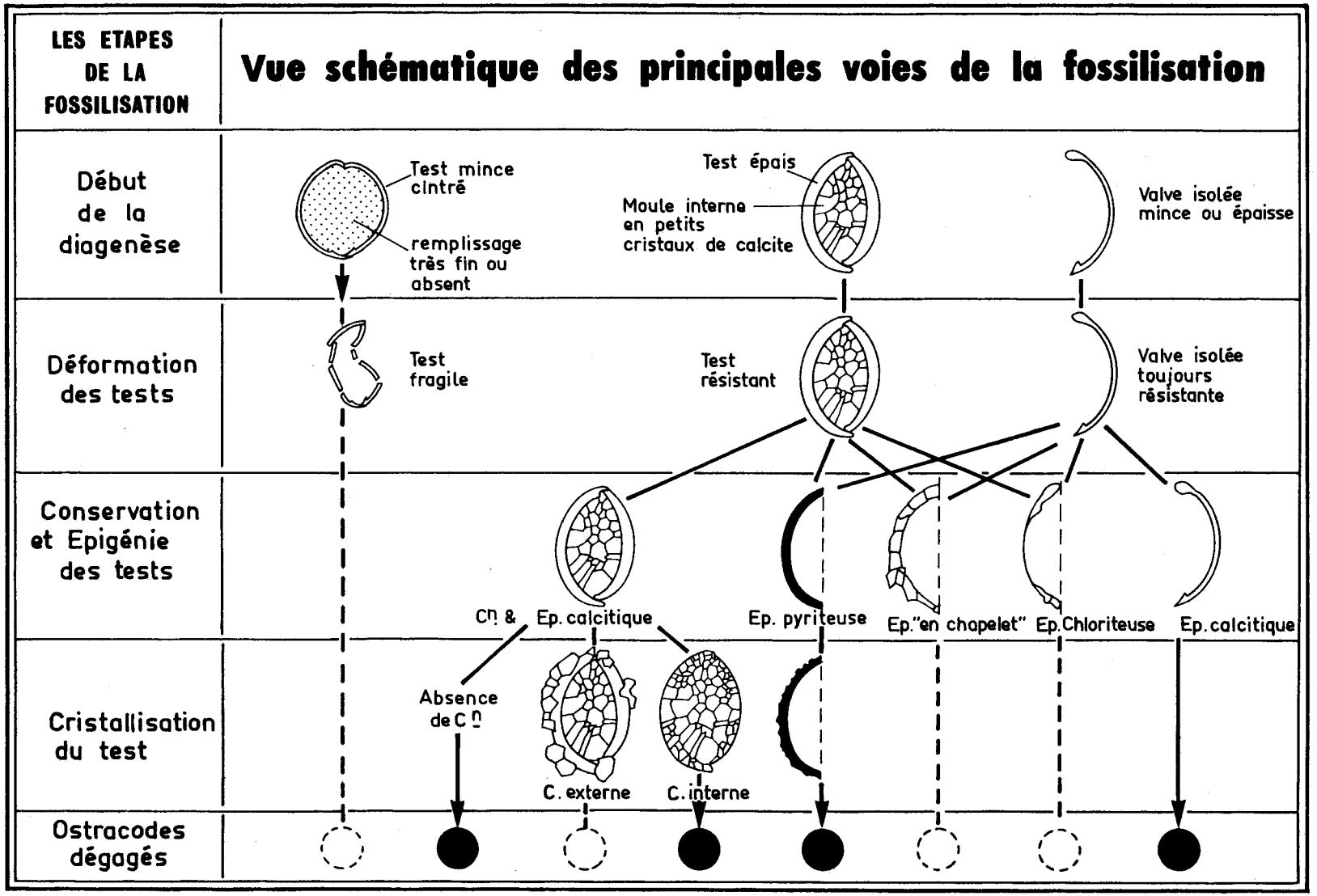


Fig. 20 : Principaux caractères de la fossilisation des Ostracodes au cours de la diagenèse dans le Dévonien supérieur du Nord de la France et de la Belgique (d'après LETHIERS, 1974).

Cercles pointillés : Ostracodes éliminés entre l'enfouissement et l'extraction.

Disques noirs : Ostracodes présents depuis l'enfouissement jusqu'à l'extraction.

épigénie siliceuse. Mais celle-ci est granuleuse, dite en chapelets (Fig. 20), et dans ce cas, les tests sont détruits au cours de la désagrégation. Au contraire, les faciès marneux, les faciès à alternances argilo-calcaires ou calcaires sont propices à la conservation des tests d'Ostracodes benthiques. Un lithofaciès donné qui ne contient pas d'Ostracodes fossiles peut donc provenir d'un milieu de sédimentation où vivait une faune d'Ostracodes. La sélection due aux premières étapes de la fossilisation est toutefois délicate à évaluer dans la mesure où les facteurs paléoécologiques interfèrent souvent en la renforçant (LETHIERS, 1981). La Fig. 19 rend compte de l'action de ces paramètres dans les terrains du Dévonien supérieur en Ardenne occidentale et Boulonnais. Au Frasnien, les Ostracodes benthiques sont abondants dans les formations argilo-calcaires, se raréfient dans certains horizons silteux notamment vers le continent du Brabant au N-NE, et les Ostracodes pélagiques sont localisés à l'intérieur des limites du faciès Matagne. Au Famennien, les faciès essentiellement détritiques du Bassin de Namur ont rarement conservé les tests alors que certains horizons carbonatés du Bassin de Dinant peuvent contenir une faune très abondante au Famennien supérieur.

Une seconde sélection a lieu au cours de la diagenèse. Dans ces terrains paléozoïques ayant subi des pressions lithostatiques et tectoniques importantes, parfois une schistosité, les tests sont le jeu des épigénies, des cristallisations, des dissolutions et des écrasements. De nombreuses observations en lames minces montrent que l'épigénie calcitique est la plus "conservatrice" et donne de nombreux individus "en dégagé". Les autres types d'épigénies sont souvent "destructrices". Les tests minces et globuleux de certaines espèces sont plus facilement écrasés lorsque le remplissage n'est pas cristallisé. La Fig. 20 résume les principales voies de la fossilisation au cours de la diagenèse.

Tout ce qui précède prouve que le "cortège ostracodique" à la disposition du chercheur est souvent très différent en quantité mais également en qualité, du microbiome d'origine.

Dans une étude paléoécologique sur les Ostracodes du Dévonien terminal de l'Ouest du Canada, nous avons préalablement discuté

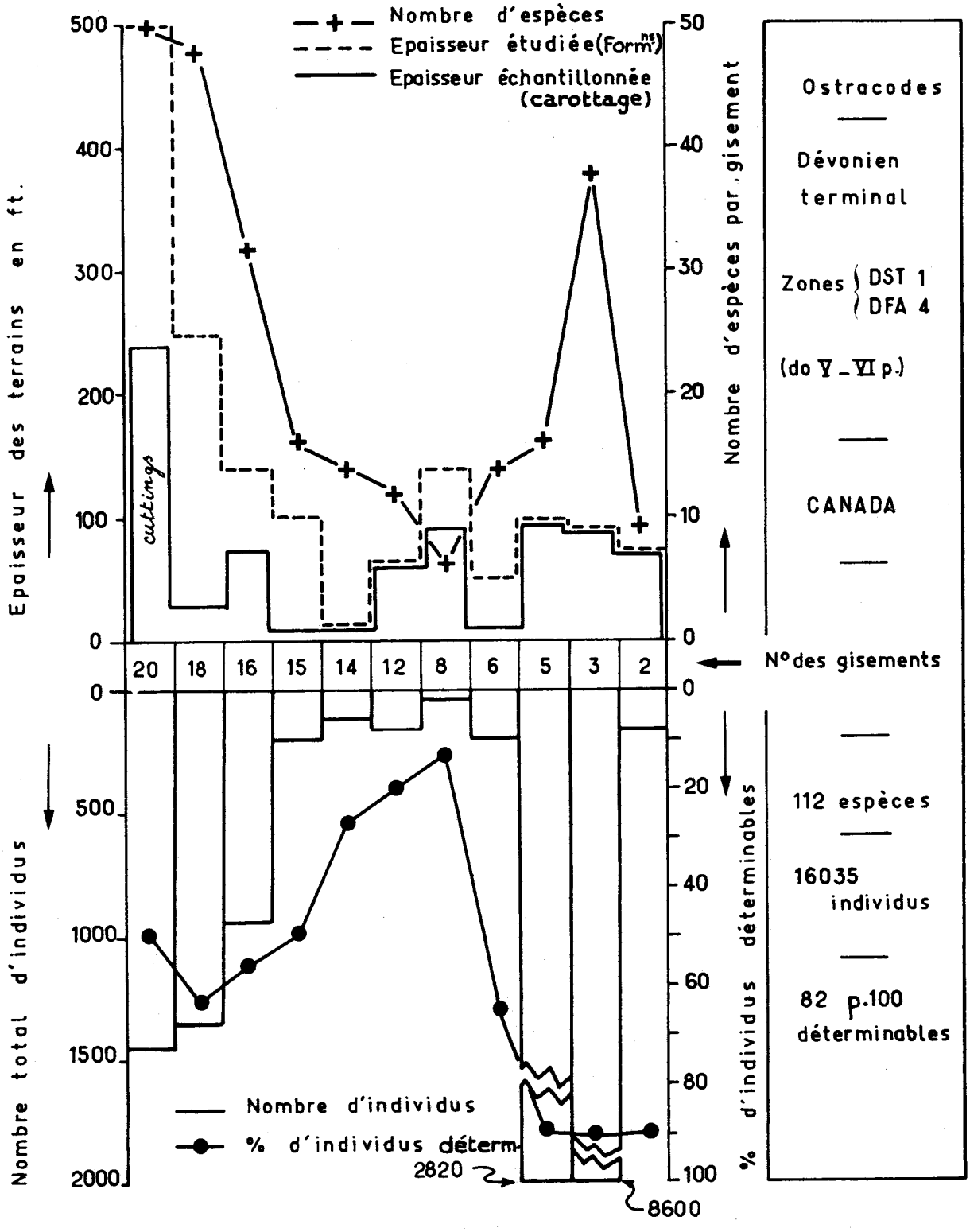


Fig. 21 : Caractères numériques de l'échantillonnage et de l'extraction dans 11 gisements du Dévonien terminal de l'Ouest du Canada. D'après LETHIERS (1981).

les caractères de l'échantillonnage, l'abondance en nombre d'espèces, en nombre total d'individus extraits et le pourcentage d'individus déterminables par rapport au nombre total. La Fig. 21 montre comment de telles données de base sont présentées. Ainsi la comparaison des cortèges ostracodiques entre les différents gisements et par rapport aux caractères pétrographiques de ceux-ci, peut raisonnablement être abordée . Toute reconstitution paléoécologique se référant aux Ostracodes paléozoïques et qui ne tient pas compte des aléas de la fossilisation et de l'extraction (= conservation), se termine par des conclusions erronées au moins en partie.

2.6.- Utilisation des genres et espèces d'Ostracodes en biostratigraphie.

Nous avons souligné l'importance biostratigraphique des genres et des espèces d'Ostracodes (voir les paragraphes I.6.2. et I.6.3.).Quelques précisions méritent d'être apportées notamment à propos de la définition du genre, de la validité biostratigraphique des espèces benthiques et de l'utilisation de la nomenclature ouverte.

2.6.1.- Définition et répartition des genres d'Ostracodes.

La majorité des genres d'Ostracodes furent définis après 1920 et bénéficient d'une certaine précision liée à leur relative jeunesse. De nombreuses répartitions stratigraphiques de genres sont maintenant fixées et sont accessibles dans les traités généraux. Elles dépendent peu du milieu de sédimentation contrairement à celles de certaines espèces. L'extension paléobiogéographique de nombreux genres est provinciale, parfois mondiale (voir les paragraphes 5.3. et 5.4.). A la suite de ces remarques, nous pensons qu'une étude exhaustive pourrait aboutir à marquer les limites des étages stratigraphiques. Par exemple au voisinage du Dévonien supérieur, quelques genres d'Ostracodes benthiques suffisent à dresser l'échelle de la Fig. 22.

Si l'espèce est une entité objective, le genre est le premier niveau hiérarchique dans l'invention du systématicien. S'il acquiert une telle importance stratigraphique, sa définition doit être

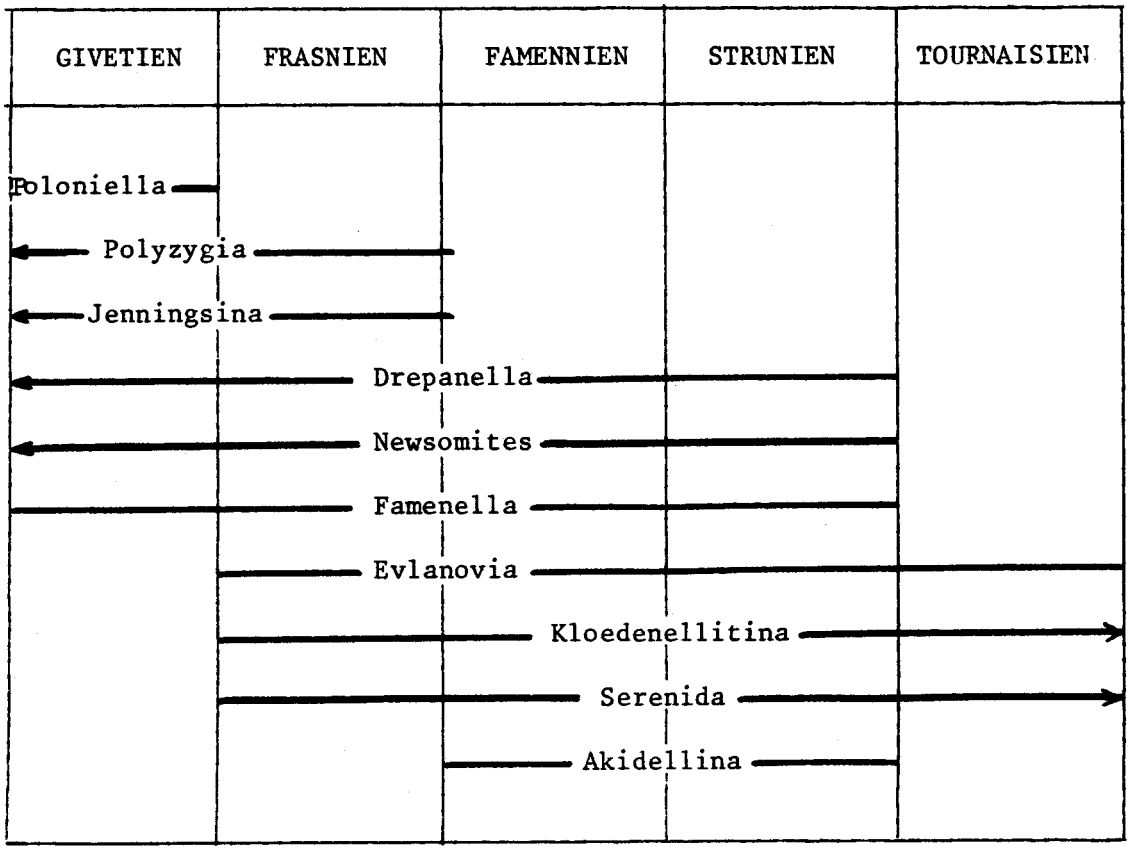


Fig. 22 : Répartition de quelques genres d'Ostracodes dans le Dévonien supérieur et ses limites.

précise, résulter d'un raisonnement logique et non d'une "science d'auteur". C'est dans cet esprit que nous avons énoncé quelques principes pour le choix des caractères morphologiques à retenir dans la diagnose du genre (fig. 23).

Un genre donné doit être défini par les caractères primaires (A) des espèces c'est-à-dire l'ensemble des caractères communs à celles-ci. C'est un principe qui peut également s'appliquer aux taxons supra-génériques et qui correspond à l'établissement d'une classification per ascensum. Théoriquement les caractères primaires portent sur des structures fondamentales (ex. : le type de charnière, le recouvrement, l'empreinte ou l'aire des muscles adducteurs) et reflètent le fond génétique de l'espèce souche du genre. Les caractères secondaires et spécialement les caractères propres de chaque espèce (C) sont adaptatifs, relèvent du phénomène de convergence et concernent

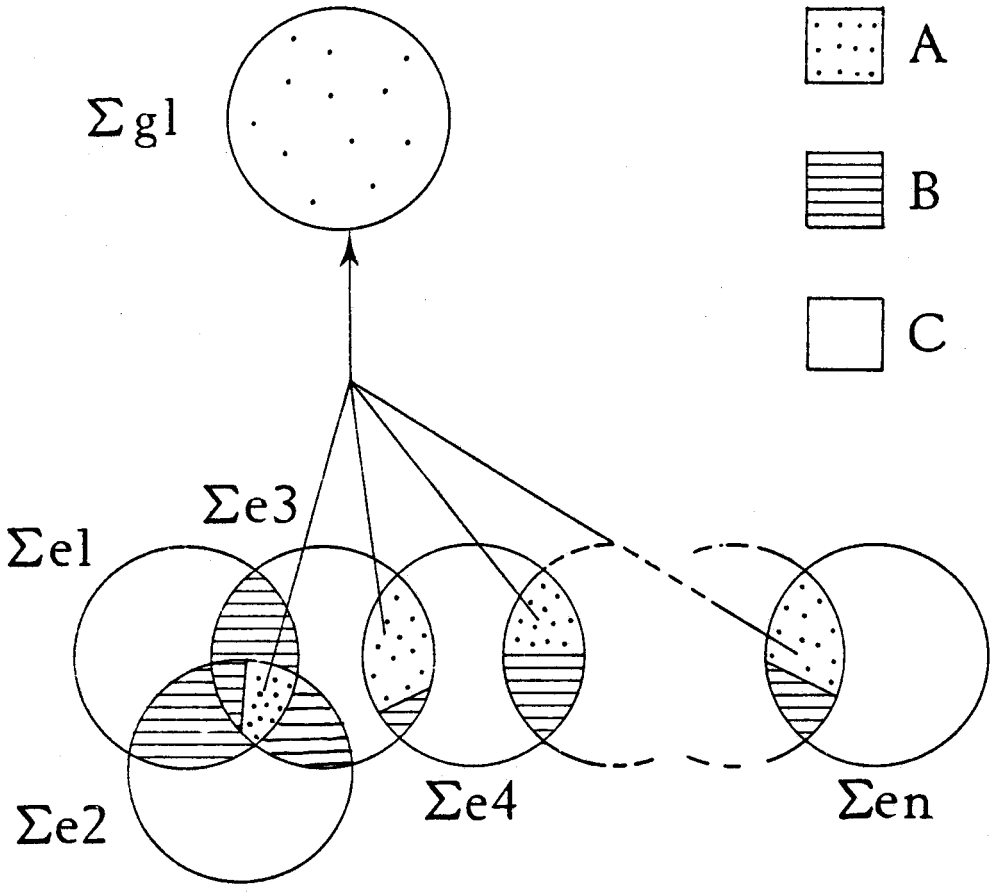


Fig. 23 : Représentation schématique des caractères spécifiques et génériques d'après LETHIERS & GREKOFF (1973).
Chaque cercle représente un ensemble (Σ) de caractères absolus correspondant à une unité systématique : en bas les espèces (e), en haut le genre (g).

A = caractères communs à toutes les espèces appartenant au genre Σgl et servant à le définir (= caractères primaires des espèces Σel, Σe2,... Σen).

B = caractères communs à deux ou plusieurs espèces, mais non à toutes les espèces du genre Σgl.

C = ensemble des caractères propres d'une espèce donnée et parmi lesquels ceux de la diagnose spécifique sont choisis.

B + C = caractères secondaires d'une espèce donnée.

souvent la fine ornementation, la forme des contours, etc... De cette façon les taxons ont également une signification phylogénique (systématique cladistique).

Ce qui précède montre que la diagnose du genre ne peut s'établir qu'avec un nombre suffisant d'espèces. Quand il apparaît qu'une seule espèce appartient à un genre nouveau, nous avons recommandé de laisser sa définition en attente, par exemple avec un nom de genre provisoire entre guillemets, comme la nomenclature ouverte le permet. Devant ce cas de figure, certains auteurs érigent néanmoins un nouveau genre en considérant des caractères estimés de niveau générique et autres que ceux définissant les différents genres de la famille donnée. C'est probablement ce qui se passe dans le chef de SARTENAER (1976,1979, 1980) quand il institue certains genres de Rhynchonellidés sur la connaissance d'une espèce. Il s'agit d'une hiérarchie établie per descensum qui ne pourrait se généraliser sous peine d'aboutir à un édifice systématique de pure réflexion.

2.6.2.- Ostracodes pélagiques et Ostracodes benthiques dans la biostratigraphie du Paléozoïque.

La famille des Entomozoïdae rassemble des espèces à mode de vie probablement pélagique pour la plupart et dont les répartitions paléobiogéographiques sont larges sinon mondiales (voir Fig. 82). De ce fait, elles constituent de bons marqueurs stratigraphiques. Ainsi le Dévonien supérieur est subdivisé en 17 zones et interzones (RABIEN, 1954 ; GOODAY, 1974, 1978) à valeur internationale. Néanmoins la liaison de ce groupe à certains faciès argileux (voir paragraphe 2.5., p. 101) est un "handicap" pour les corrélations.

Au contraire, les Ostracodes benthiques se sont adaptés à des environnements variés et sont souvent réputés de moindre valeur biostratigraphique par les auteurs (SANCHEZ de POSADA, 1977). Afin de nuancer cette assertion, nous distinguerons trois catégories d'Ostracodes benthiques au Paléozoïque :

1) Première catégorie : Espèces cantonnées dans un environnement sédimentaire donné et à valeur biostratigraphique régionale. Par exemple *Bairdia delphini* LETHIERS, 1972 est un bon marqueur au

sommet du Famennien, mais n'est connue jusqu'ici qu'en Ardenne (voir ch. 3.9.2.9.).

2) Deuxième catégorie : Espèces ubiquistes à répartition paléobiogéographique provinciale ou mondiale mais dont l'extension stratigraphique est voisine de l'étage. Les variations intraspécifiques sont généralement importantes dans cette catégorie. Tel est le cas de *Amphissites* cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913) du Frasnien, de *Bairdia (B.) nalivkini* EGOROV, 1953 du Dévonien supérieur, de *Bairdia (R.) sinuosa* MOREY, 1936 du Strunien-Tournaisien inférieur, pour choisir quelques exemples. Ces espèces peuvent être utilisées en associations, ou leur apparition et leur extinction peuvent servir de limites repères. Ainsi dans notre zonation du Nord de la France et la Belgique, nous avions choisi *Jenningsina lethiersi* BECKER, 1971 et *Polyzygia neodevonica* (MATERN, 1929) pour le Frasnien et *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972 pour le Famennien LETHIERS (1974b). Dans tout l'Ouest du Canada *Tchizhovzella regina* LETHIERS, 1978, caractérise également le Famennien (voir Tabl. 23, n° 32).

3) Troisième catégorie : Espèces à répartition paléobiogéographique provinciale ou plus et dont l'extension stratigraphique est relativement brève. Il s'agit d'excellents marqueurs biostratigraphiques. Comme exemples citons *Bairdia (R.) confragosaeformis* LETHIERS, 1981 reconnue dans le Strunien du Canada, de Belgique et de Pologne (voir Tabl. 23, n° 82), *Serenida angularis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972, qui caractérise le Famennien supérieur du Canada et de Russie (voir Tabl. 23, n° 50), *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954 qui constitue une zone à la base du Frasnien en Europe occidentale et en Afrique du Nord (voir p.231 et Tabl. 6), *Bairdia (O. ?) hypsela* ROME, 1971, qui est restreinte au Famennien terminal-Strunien en Ardenne franco-belge et en Iran (voir p. 235 et Tabl. 6), etc.....Le nombre de ces espèces augmente à mesure que les études précises progressent.

Nous pensons qu'une zonation à valeur internationale pourra s'établir à l'aide d'espèces des catégories 2 et 3. Celles-ci semblent se "recruter" préférentiellement dans certains taxons tels que les Metacopina, les Bairdiacea et les Kloedenellacea.

2.6.3.- Nomenclature ouverte et nomenclature fermée.

Depuis presque deux siècles la systématique paléontologique, instrument au service du descripteur de la vie passée, n'a pas été modifiée dans ses principes. Néanmoins cette institution qui traverse toutes les révolutions culturelles amène actuellement quelques interrogations quant à sa conception et même à propos de son utilité. Ces remises en question découlent essentiellement du nombre de plus en plus grand des formes découvertes, conjugué aux méthodes d'observation récentes qui sont plus précises.

La présentation réglementaire d'une espèce fossile se compose entre autres de la description exhaustive de sa morphologie précédée de sa diagnose qui regroupe les caractères nécessaires mais suffisants à différencier cette espèce des autres espèces du même genre.

Diagnose et description engendrent certaines contraintes. La distinction des différentes espèces étant de plus en plus fine, le volume de ces deux paragraphes augmente. En même temps, la croissance plus rapide du nombre des nouvelles espèces et des nouveaux genres entraîne une littérature ostracodique importante.

Pour ces différentes raisons l'Ostracodologiste se demande parfois si le nom de genre numéroté et accompagné d'une figuration aussi complète que précise ne suffirait pas dans l'exploitation des formes. Il s'agit d'une nomenclature ouverte sans description qui est efficace dans les études biostratigraphiques pour une corrélation rapide.

Néanmoins certains inconvénients sont prévisibles au moins à longue échéance avec la généralisation éventuelle d'un tel système. Par exemple le non spécialiste ne peut discerner et hiérarchiser les caractères importants sur une photographie et se trouverait ainsi définitivement écarté de toute détermination. Même pour l'ostracodolo-

giste, la diagnose guide vers le caractère distinctif et la description fait ressortir tel détail qui échappe à l'attention au simple regard d'une figuration. Rappelons également que les descriptions sont nécessaires pour établir la liste des caractères communs aux différentes espèces et qui serviront à construire la diagnose du genre. On voit ainsi que ce type de nomenclature ouverte ne vit que par rapport à la nomenclature fermée et ne peut donc subsister de façon définitive. Son passage ultérieur en nomenclature fermée introduit d'ailleurs certaines répétitions qui "gonflent" la littérature paléontologique. Soulignons également qu'une figuration aussi bonne soit-elle n'apporte aucun renseignement sur l'éventail des variations instraspécifiques dont la connaissance est si précieuse pour une détermination assurée.

Enfin cette nomenclature ouverte est délicate à utiliser dans les reconstitutions paléoécologiques. Certaines distinctions spécifiques y sont incorrectes comme le montre souvent l'étude minutieuse qui suit pour la nomenclature fermée. Or la reconnaissance précise et définitive de l'espèce est nécessaire pour établir les répartitions verticales et horizontales exactes, les liaisons éventuelles avec le faciès, etc.... conditions indispensables à la synthèse paléosynécologique.

Ces remarques montrent que la systématique "orthodoxe" reste à la paléontologie ce que le solfège est à la symphonie. C'est une partition qui peut paraître ingrate, mais à partir de laquelle chante l'air de la biostratigraphie et montent les voix des sirènes paléoécologiques.

La nomenclature ouverte avec description et discussion, et qui sert à comparer (cf.) à mettre en évidence une parenté (aff.), ou à poser l'interrogation (?) n'est pas mise en question ici. Au contraire elle est très utile pour présenter avec précision une nouvelle forme que certaines raisons (pas assez d'individus ou mauvaise conservation par exemple) empèchent de cerner définitivement.

Nous l'avons largement employée dans nos études systématiques avec la signification suivante des symboles d'après RICHTER (1948) en partie :

? Quand la coordination à une espèce connue est possible mais ne peut être prouvée (matériel insuffisant ou endommagé), on place un ? derrière le nom de l'auteur de l'espèce. Ce signe est également placé derrière le nom de genre si l'attribution à un genre connu est incertaine.

" " Les guillemets entourant le nom du genre indiquent une détermination générique provisoire. Il s'agit soit d'un nouveau genre à définir, soit d'un genre connu mais dont la coordination nécessite une révision spéciale.

n. sp., aff. (Abréviation de *nova species, affinis*).
Quand l'institution d'une nouvelle espèce n'est pas encore entièrement justifiée, on peut la rattacher provisoirement à une espèce apparentée connue en plaçant n. sp., aff. devant le nom de celle-ci.

cf. (Abréviation de *confer*).
Quand il s'agit d'indiquer une comparaison avec une espèce connue, on place cf. devant le nom de cette espèce.

n. sp. a, b, ..., A, B,..., 1, 2, ...
Quand il s'agit d'une nouvelle espèce mais qu'il n'est pas encore judicieux d'ériger à cause d'un matériel peu abondant par exemple, on écrit simplement n. sp. suivi d'une lettre ou d'un nombre quand plusieurs formes sont présentes. On n'utilise pas le n. sp., aff. car la nouvelle espèce se sépare nettement des autres et ne peut donc être rattachée à aucune d'entre elles.

sp. a, b, ..., A, B, ..., 1, 2, ...
Le cas est identique au précédent, mais la pauvreté du matériel (rareté, mauvaise conservation) ne permettent pas de connaître le champ des variations et l'ensemble des caractères de l'espèce. De ce fait, celle-ci n'est pas nouvelle avec certitude.

sp. indet. (Abréviation de *species indeterminabilis)*
Si la forme peut aussi bien appartenir à une espèce connue qu'à une espèce nouvelle, mais qu'il est impossible de décider, on place sp. indet. derrière le nom du genre.

2.6.4.- Un exemple d'application biostratigraphique : l'étude de la Formation Big Valley.

Dans le Saskatchewan et l'Alberta les sondages n° 1 à 5 (voir Fig. 24) nous ont permis d'étudier la Formation Big Valley (LETHIERS, 1978). Il s'agit d'une unité de shales verts pouvant atteindre 35 m de puissance, reposant sur la Formation Torquay et recouverte par les argiles noires de la Formation Bakken (voir Fig. 74).

Ici l'analyse biostratigraphique conduit à découvrir la signification des limites inférieure et supérieure de la Formation.

Avec les 41 espèces recueillies, dont la plupart sont benthiques, trois faunizones se dégagent : BV1, BV2, BV3 (voir Tabl. 7-9, 24). Elles mettent en évidence les caractères suivants :

1) Les couches appelées "Formation Big Valley" ne correspondent pas au même niveau stratigraphique d'un sondage à l'autre.

2) D'Ouest en Est la base de la Formation est de plus en plus récente, ce qui implique une transgression marine dans ce sens.

3) La Formation Bakken sus-jacente repose sur des horizons divers de la Formation Big Valley selon les sondages. Compte-tenu des caractères sédimentaires de ces deux unités lithologiques, ce fait ne peut s'expliquer que par un bref cycle d'érosion après une phase d'ondulations et avant le dépôt de la Formation Bakken.

Ces principaux arguments sont résumés dans la Fig. 24.

Ils permettent de retracer schématiquement la suite des évènements géologiques dans ce secteur au Dévonien terminal (Fig. 25) :

A) Dans la mer en transgression, les sédiments correspondant aux trois faunizones se déposent. A l'Est, la dernière (BV3) repose directement sur la Formation Torquay.

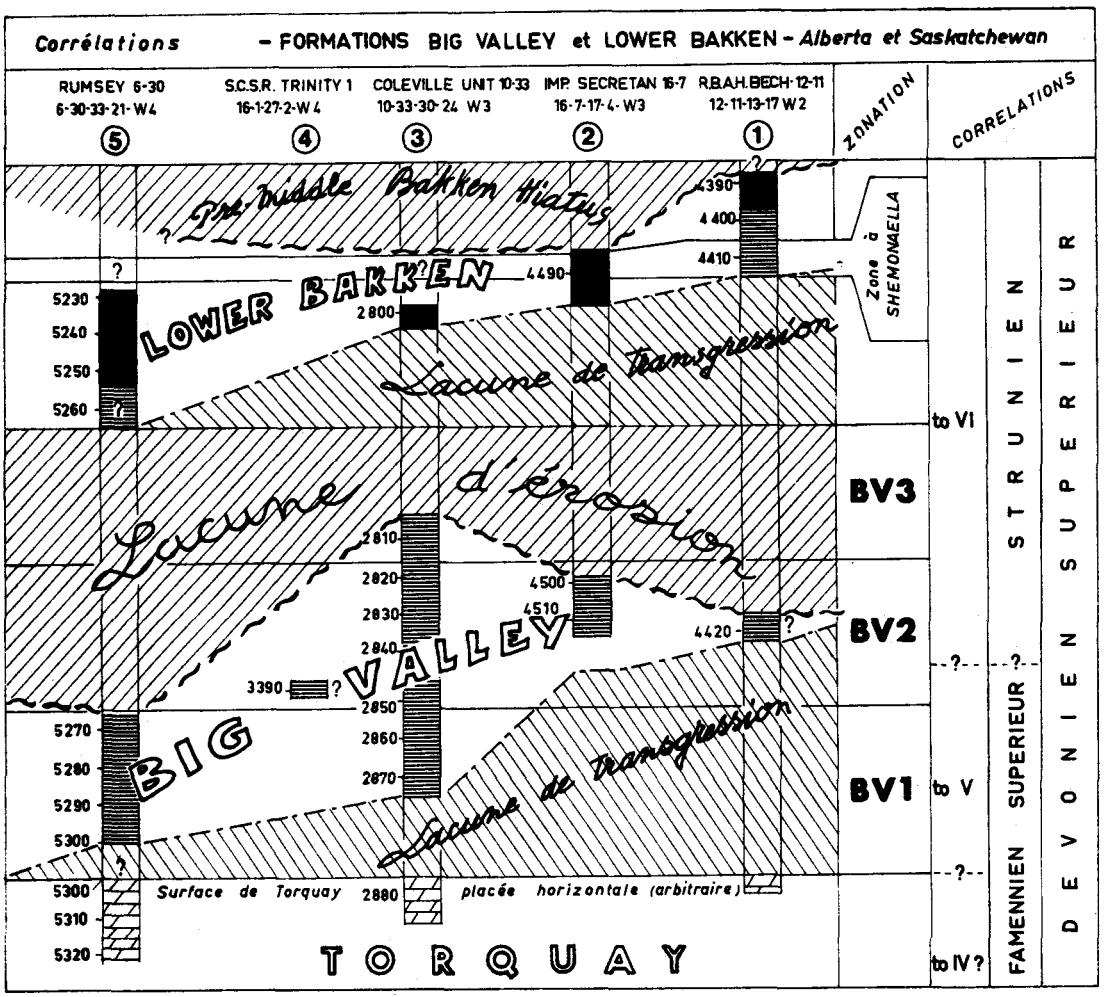


Fig. 24 : Corrélations biostratigraphiques des carottages étudiés dans les Formations Big Valley et Bakken du Saskatchewan et de l'Alberta (situation des Sondages en Fig. 68).

B) La Formation Big Valley est le siège d'ondulations anticlinales et synclinales.

C) Un bref cycle d'érosion entame les ondulations anticlinales et plus timidement les ondulations synclinales où l'horizon BV3 est conservé.

D) La mer revient en transgression déposer les argiles noires de la Formation Bakken avec parfois remaniement des shales verts sous-jacents. Elle dépasse ce qui reste de la Formation Big Valley à l'Est pour reposer directement sur la Formation Torquay.

BUS LILLE

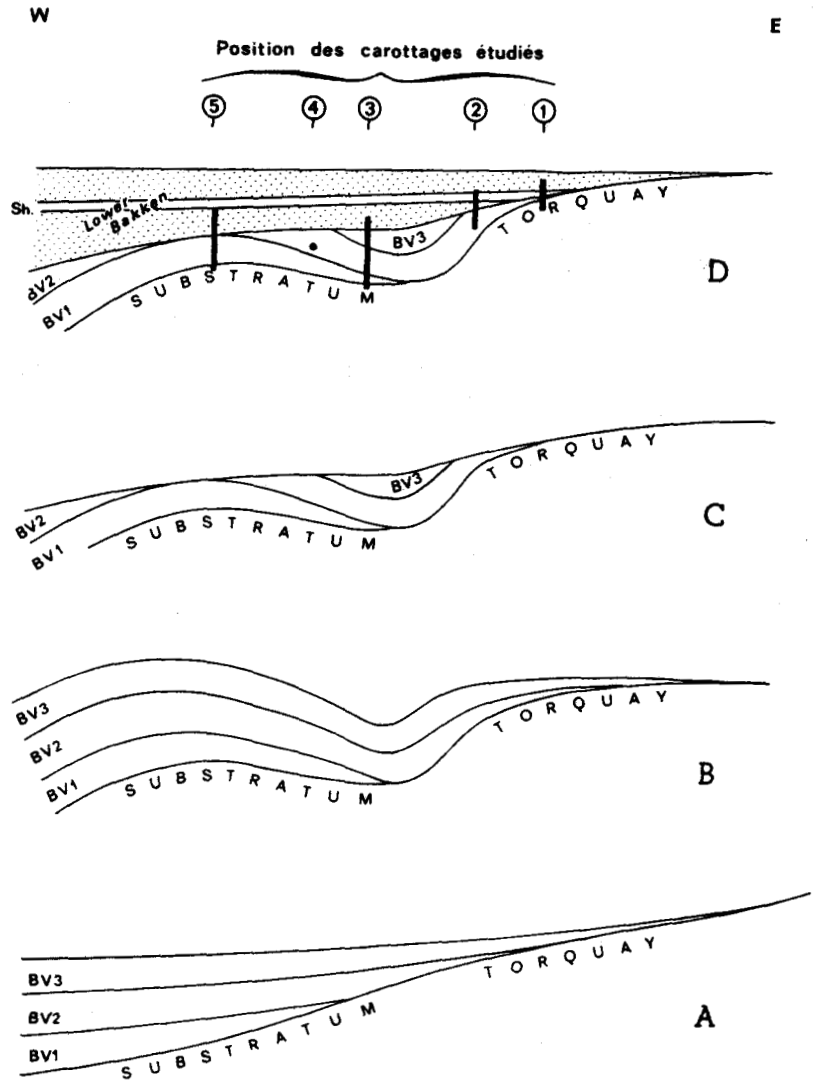


Fig. 25 : Interprétation schématique (sans respect des échelles) des évènements géologiques au Dévonien terminal dans le Sud du Saskatchewan et l'Alberta (situation des Sondages en Fig. 68).

Cet exemple souligne l'importance des répercussions géologiques qui peuvent résulter d'une reconnaissance biostratigraphique précise.

2.7.- Conclusions.

Deux pôles existent dans les méthodes d'études micropaléontologiques. L'un est du domaine de la technique (sections polies), des manipulations (échantillonnage) et de l'utilisation de matériel (microscope électronique à balayage) : il faut le posséder pour être un bon ouvrier de la paléontologie. L'autre relève de la façon d'aborder les problèmes (systématique, biostratigraphie) : il faut en connaître les conventions et la portée.

-3-

LES OSTRACODES DU DEVONIEN SUPERIEUR DANS LE NORD DE LA FRANCE ET LA BELGIQUE

"J'estime que toutes les couches sédimentaires que l'on rencontre en Belgique et dans le Nord de la France, aussi bien les couches primaires que les couches secondaires et tertiaires, sont des dépôts littoraux, qui se sont faits dans les mers peu profondes autour de certains noyaux insulaires ou continentaux.....
Au fur et à mesure que la sédimentation s'opérait, le fond des bassins s'affaissait de manière à maintenir une profondeur..... approximativement la même".

Jules Gosselet, 1898

SOMMAIRE

Pages

3. 1.- Le cadre géologique..... 120
3. 2.- Regard historique sur les études géologiques..... 128
3. 3.- Remarques stratigraphiques préalables..... 137
3. 4.- La biostratigraphie et la chronostratigraphie du Dévonien supérieur..... 148
3. 5.- La lithostratigraphie du Dévonien supérieur..... 157
3. 6.- Les Ostracodes du Dévonien supérieur en Ardenne..... 172
3. 7.- Les Ostracodes du Dévonien supérieur en Boulonnais..... 194
3. 8.- La charte biostratigraphique générale..... 224
3. 9.- La zonation des Ostracodes du Dévonien supérieur..... 225
3.10.- Remarques paléoécologiques..... 237

RESUME

Les terrains étudiés étant replacés dans l'édifice varisque et la paléogéographie Nord-hercynienne, un historique des études géologiques est esquissé. Il fallait exposer certaines ambiguïtés d'ordre stratigraphique afin de pouvoir présenter clairement la lithostratigraphie, la biostratigraphie et les divisions chronostratigraphiques du Dévonien supérieur.

En Ardenne, la récolte d'Ostracodes dans 28 gisements a permis d'effectuer l'étude systématique de 66 espèces dont 19 nouvelles (LETHIERS, 1970, 1972, 1974c, 1974d, 1975b, 1976). Les caractères des faunes et les renouvellements de faunes dans les unités et aux limites stratigraphiques sont exposés.

Après certains rappels géologiques sur le Boulonnais, on montre que la série dévonienne est un cycle sédimentaire classique. A partir de 10 gisements échantillonnés, les faunes d'Ostracodes sont caractérisées dans chaque unité lithostratigraphique qui sont ainsi corrélées précisément avec les horizons ardennais. Des implications paléogéographiques à la limite dévono-carbonifère apparaissent.

Une charte biostratigraphique regroupant 193 espèces connues en Boulonnais et en Ardenne est établie. Ces espèces permettent de présenter une nouvelle zonation générale comportant 10 biozones s.l.

L'analyse paléoécologique montre des différences entre les environnements occidentaux et orientaux de l'Ardenne. Les affinités paléoécologiques des Ostracodes benthiques sont compatibles avec une zonation à l'échelle du domaine paléotéthysien.

3.- LES OSTRACODES DU DEVONIEN SUPERIEUR DANS LE NORD DE LA FRANCE ET LA BELGIQUE.

INTRODUCTION

Dans une première étape nous rappellerons les caractères géologiques majeurs de la région comprise entre Boulogne et Liège. Il n'est pas dans notre propos de dresser un historique exhaustif des travaux géologiques mais nous en brosserons une vue d'ensemble. Ce paragraphe permettra d'aborder une question délicate dans l'étude du Dévonien supérieur : lithostratigraphie et biostratigraphie. Nous arriverons ainsi aux problèmes géologiques qui pouvaient être résolus par l'étude des Ostracodes. Les résultats de celle-ci seront présentés d'abord en Ardenne où sont situées les localités-types du Dévonien supérieur puis dans le Boulonnais.

L'établissement d'une nouvelle zonation, avec un rappel des précédentes, fera l'objet d'un chapitre spécial. Enfin certains caractères paléoécologiques de ces faunes d'ostracodes seront proposés.

3.1. - Le cadre géologique.

3.1.1.- Les structures.

L'Ardenne paléozoïque, les minuscules affleurements primaires de l'Artois et celui du Bas-Boulonnais témoignent d'un vaste socle hercynien sous-jacent. Lorsque la couverture postpaléozoïque, qui atteint 300 m au maximum entre ces régions, est gommée, l'écorché qui en résulte montre les structures de direction générale Est-Ouest (C.F.P. (M.) & alii, 1965). La Faille du Midi, à pendage de 10-20 degrés vers le Sud, parfois décrochée par les accidents subverticaux et qui joint le Cap Gris-Nez à la ville de Liège, limite deux unités structurales de style tectonique différent (Fig. 26 et 27).

Au Sud, le Synclinorium de Dinant allochtone à nombreux plis souvent isoclinaux, est affecté par quelques accidents verticaux transverses et par de rares failles longitudinales. Un métamorphisme ne dé-

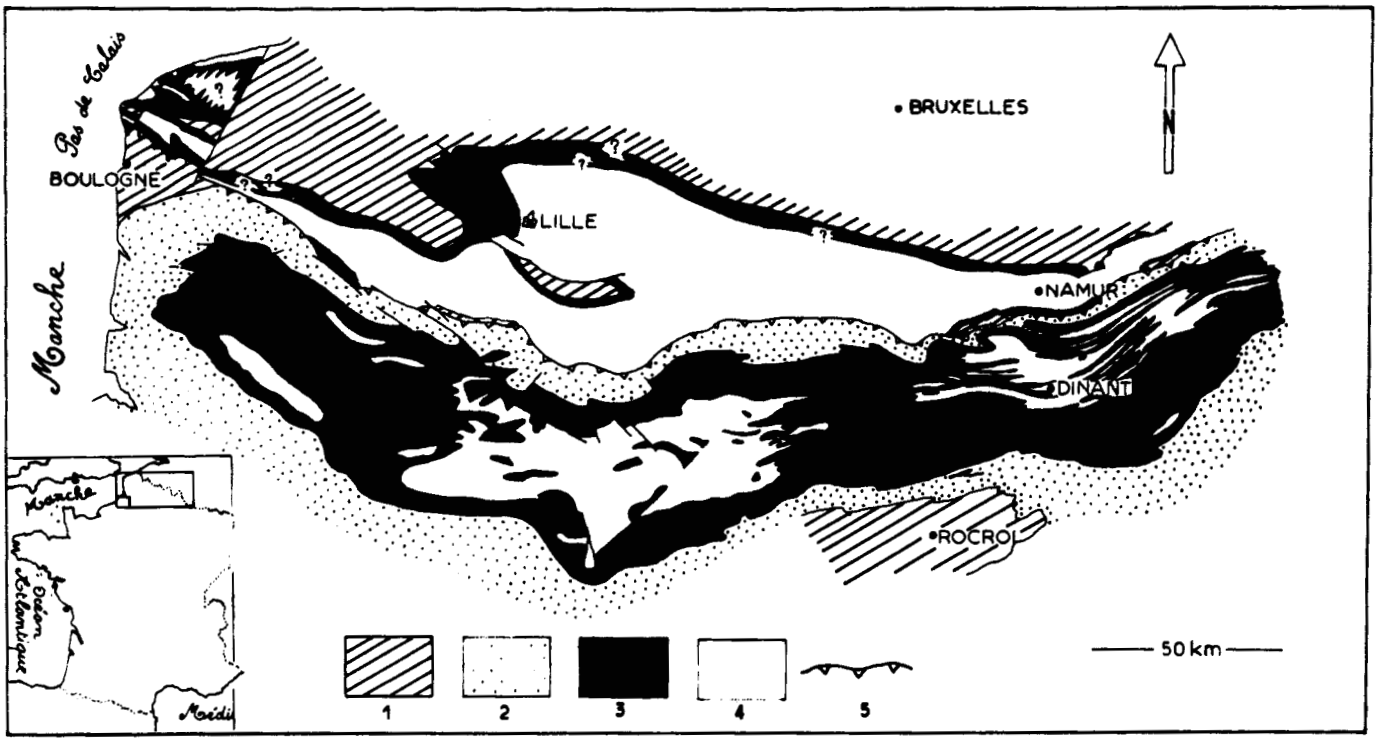


Fig. 26 : Schéma géologique sur l'axe Ardenne-Boulonnais.
1 = cycle calédonien. 2 = Dévonien inférieur. 3 = Dévonien moyen et supérieur. 4 = Carbonifère. 5 = Faille du Midi s.l.
D'après l'écorché infra-mésozoïque du Nord de la France (C.F.P. (M.) & alii, 1965), les auteurs sur le Boulonnais tel que BOUROZ (1962) et la carte géologique de Mézières au 1/320 000 (2ème édition, G. WATERLOT, 1951), in DERCOURT (1966).

BUS LILLE

passant pas le stade épi- est très limité et le plutonisme est absent (BEUGNIES, 1964). Nous sommes dans la zone rhéno-hercynienne, partie des Externides de la chaîne hercynienne. La zone interne de celle-ci dont les caractères s'opposent aux précédents (= la Cordillère de l'Europe moyenne des auteurs) est représentée dans le Sud Armoricain, le Massif Central, les Vosges centrales et méridionales par la cordillère ligerienne et la zone arvesno-vosgienne ou moldanubienne (AUTRAN & COGNE, 1980). Le rejet de la Faille du Midi estimé à 25-30 km par FOURMARIER (1932) pourrait être encore plus important (BLESS, BOUCKAERT & alii, 1977). Sa mise en place est dite asturienne parce que les sédiments post-westphaliens sont inconnus dans cette région.

Au Nord, l'autochtone chevauché, que nous appelons Bassin de Namur est un demi-synclinal à coeur de houiller. Il est haché de nombreuses failles directionnelles à pendage Sud, mais ses couches sont relativement moins plissées.

Le Bassin de Namur est solidaire du Massif du Brabant au Nord, socle calédonien peu ou non repris par l'orogenèse varisque et à tectonique cassante de socle (BLESS, BOUCKAERT & PAPROTH, 1980).

Ainsi, le Bassin de Namur et le Massif du Brabant représentent l'Avant-Pays Nord -hercynien de la chaîne hercynienne.

Nos domaines d'investigations sont situés aux extrémités Est et Ouest de ces structures, l'un dans l'allochtone (l'Ardenne occidentale) et l'autre dans l'autochtone pour le Boulonnais (Fig. 27).

L'analyse structurale très simplifiée qui précède se comprend mieux lorsqu'elle est replacée dans l'évènement varisque Nord-Atlantique (Fig. 28).

Le Continent Nord-Atlantique (Amérique du Nord, Groënland, Europe du Nord) et l'ensemble gondwanien convergent l'un vers l'autre avec pour résultat la fermeture du Proto-Atlantique entre l'Afrique et l'Amérique du Nord et la fermeture de l'extrémité Ouest-paléotéthysienne en Europe (TERMIER & TERMIER, 1979). Ces mouvements de compression ont lieu entre le Dévonien inférieur et le Permien selon les endroits (ZWART & DORNSIEPEN, 1978). Ils débutent par un développement alpinotype (subduction) et deviennent hercynotypes (collision) à partir du Carbonifère, l'existence de microcontinents Nord-gondwaniens venant compliquer cette vue très schématique (voir AUTRAN & COGNE, 1980).

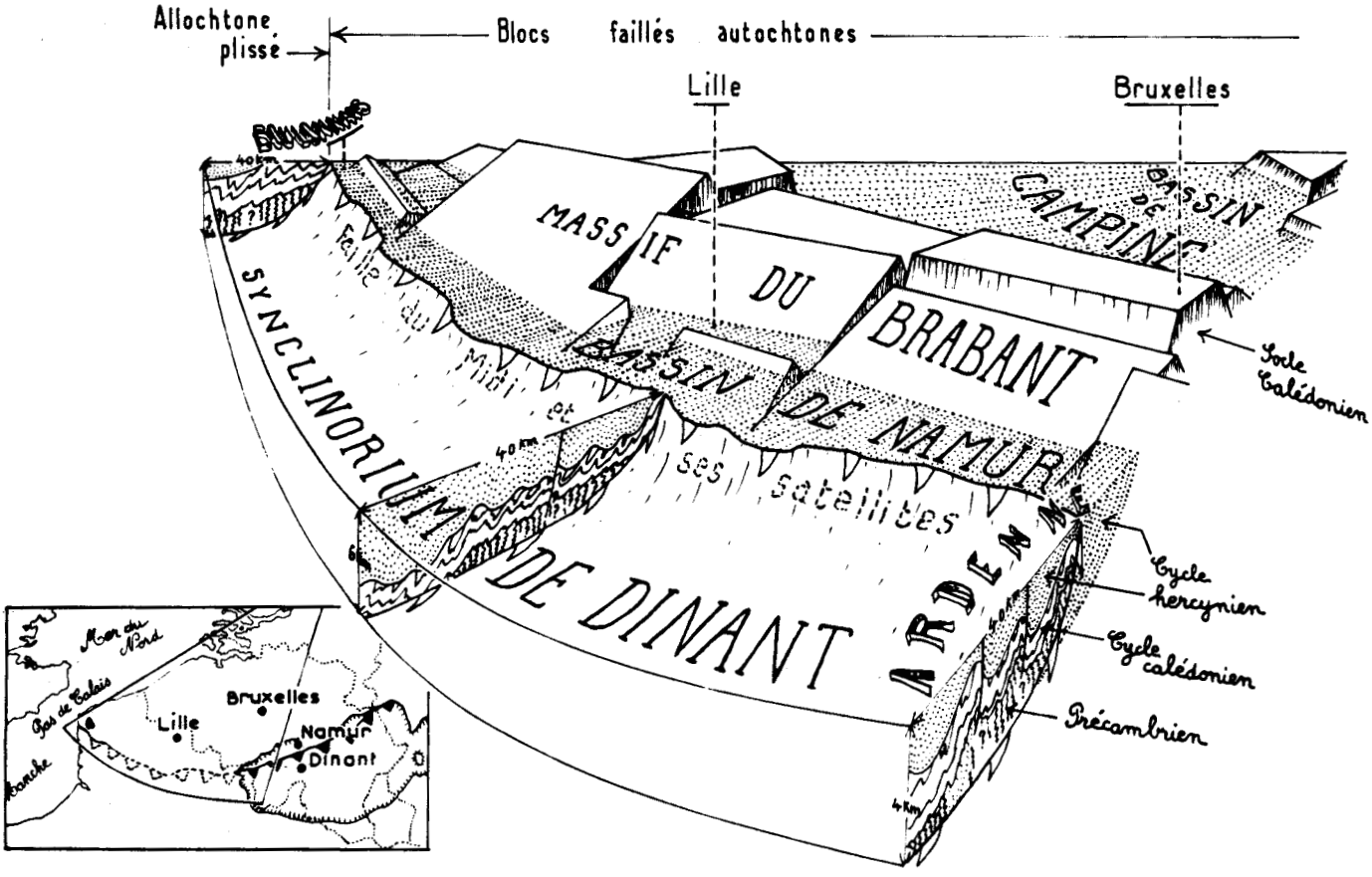


Fig. 27 : Schéma structural idéalisé du Paléozoïque dans le Nord de la France, la Belgique et les Pays-Bas.

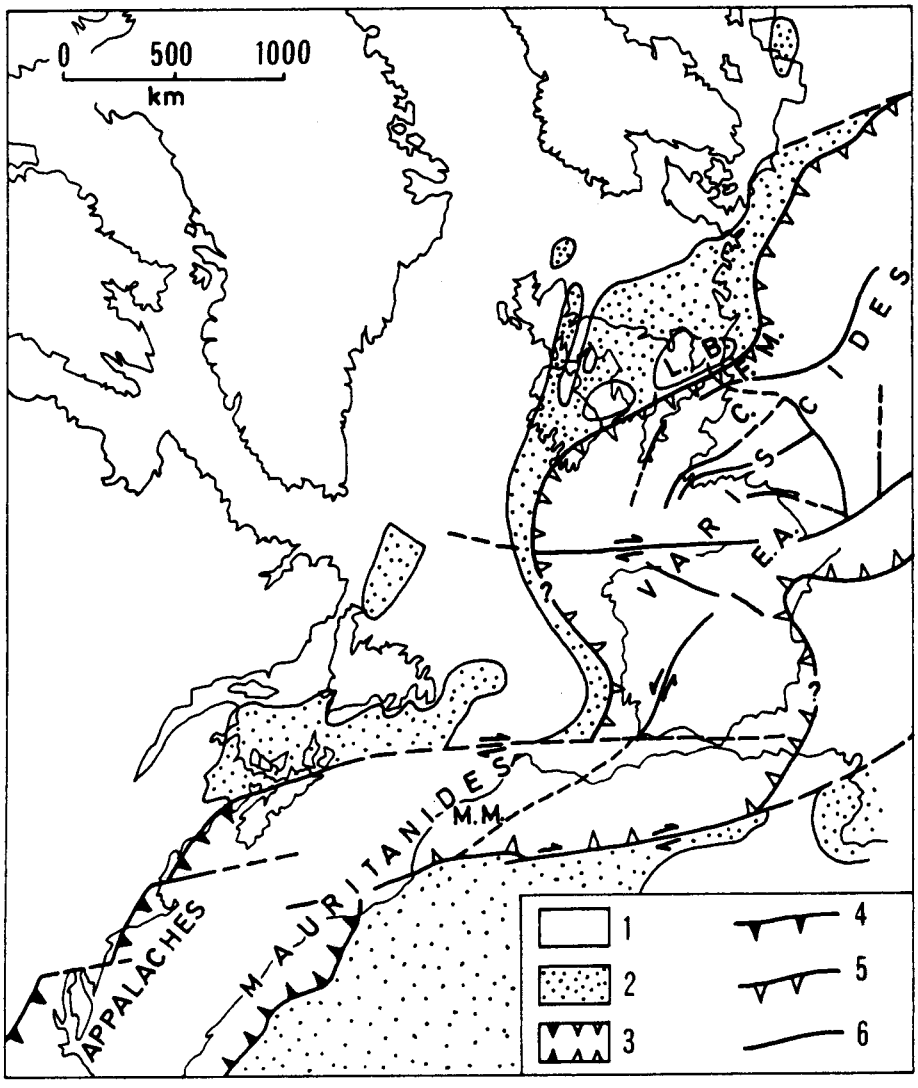


Fig. 28 : Structures Nord-Atlantiques simplifiées à la fin du cycle hercynien d'après ZIEGLER (1978), ZWART & DORNSIEPEN (1978) et AUTRAN & COGNE (1980).

1 = Cratons gondwanien et laurasien

2 = Bassins carbonifères de l'avant-pays hercynien

3 = Zones orogéniques hercyniennes

4 = Front permien

5 = Front asturien

6 = Faille. F.M. = Faille du Midi

L.B. = Massif Londres-Brabant

Micro-continents d'affinité gondwanienne suturés au cours des collisions varisques : M.M. = Meguma-Meseta marocaines, E.A. = Ebro-Aquitanien, C. = Bloc cadomien (= domnoneo-mancellien).

BUS LILLE

D'immenses chaînes de montagnes sont ainsi formées : le système Acadien-Appalachien et les Mauritanides au SW, et l'ensemble des Variscides au NE (ZIEGLER, 1978). L'orogenèse varisque se présente donc comme une zone de 600 à 1100 km de large, à structures symétriques par rapport à une zone interne, et avec deux zones externes déversées sur leur avant-pays. Leurs accidents chevauchants sont le Front Nord-Ouest hercynien (dont la Faille du Midi) et le Front Sud-Est hercynien.

3.1.2.- La paléogéographie (Fig. 29 à 31).

Les reconstitutions paléogéographiques précises concernant le Nord de la France et la Belgique au Dévonien supérieur sont rares. TSIEN (1977) a proposé des cartes paléogéographiques de la France aux Dévonien moyen et Frasnien dans le contexte d'une étude sur l'activité récifale. Mais c'est principalement à partir des cartes de faciès *in* BEUGNIES & alii (1963), COLBEAUX, BEUGNIES & alii (1977) et de nos observations personnelles que nous énoncerons les caractères essentiels.

L'histoire paléogéographique se résume par une série de transgressions et régressions autour du continent Londres-Brabant. Pendant les cycles sédimentaires hercyniens, ce dernier est une avancée insulaire par rapport au Continent Nord-Atlantique. Cette disposition ressort nettement après l'examen de la carte structurale des affleurements prépermiens dressée par ZIEGLER (1978).

Au Frasnien inférieur une transgression recouvre probablement le continent du Brabant (LACROIX, 1974). Les dépôts sont essentiellement des biostromes et des argiles à Brachiopodes avec lentilles biohermales. Au Frasnien supérieur (Fig. 29) une légère régression s'amorce. Les biohermes et biostromes subsistent dans le Nord et l'Est de l'Ardenne, alors qu'ailleurs des faciès argileux à Goniatites sont souvent qualifiés de "plus profonds" (COLBEAUX, BEUGNIES & alii, 1977).

Une regression caractérise le Famennien (BEUGNIES, 1965 et voir Fig. 30). Les sédiments sont essentiellement détritiques : pélitiques, psammitiques, arénacés, arkosiques. Les Brachiopodes Rhynchonellidés sont significatifs. Dans le Bassin de Namur les faciès sont littoraux, lagunaires, voire continentaux (MAGNE, 1964 et BEUGNIES, 1973).

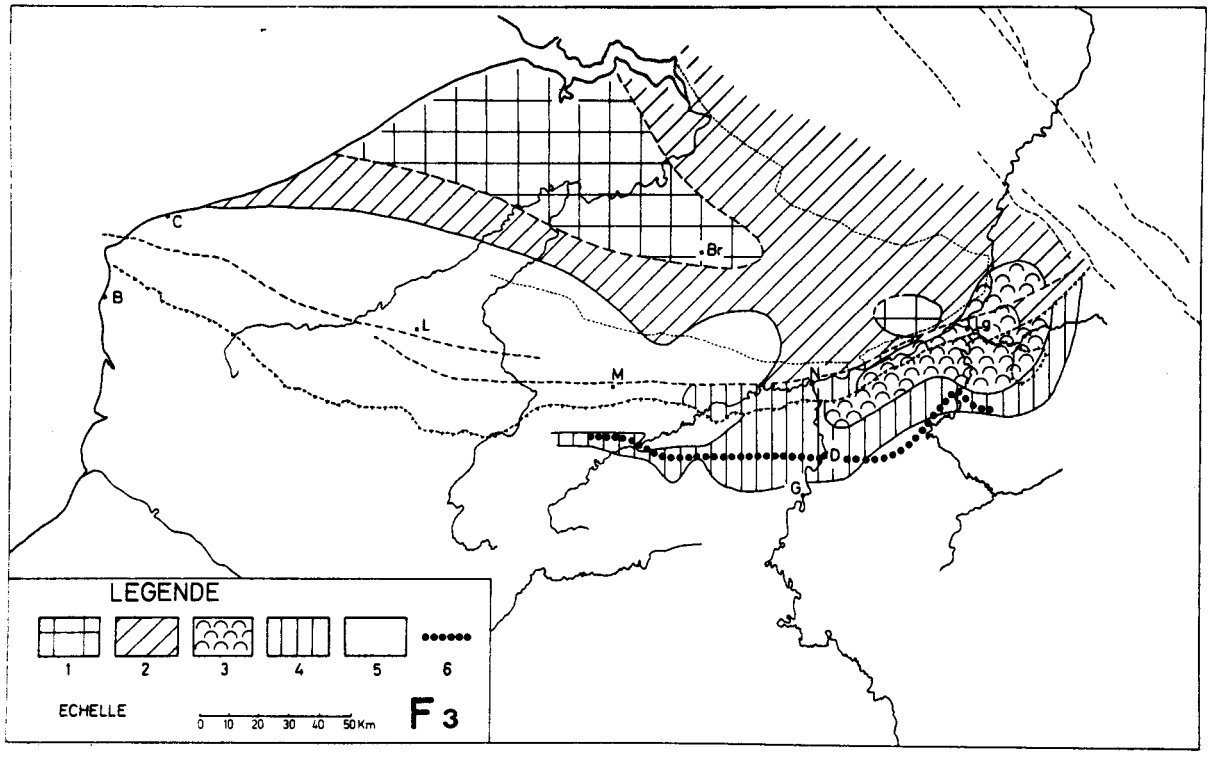
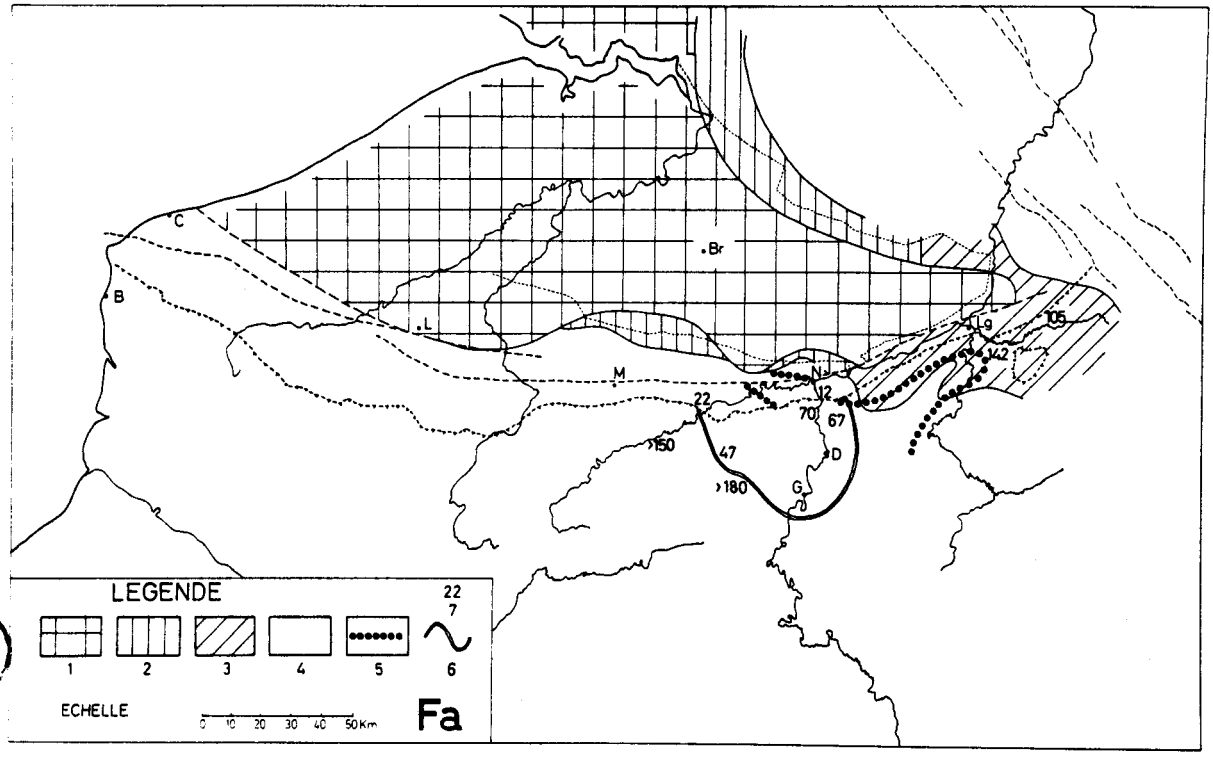


Fig. 29



BUS LILLE

Fig. 30

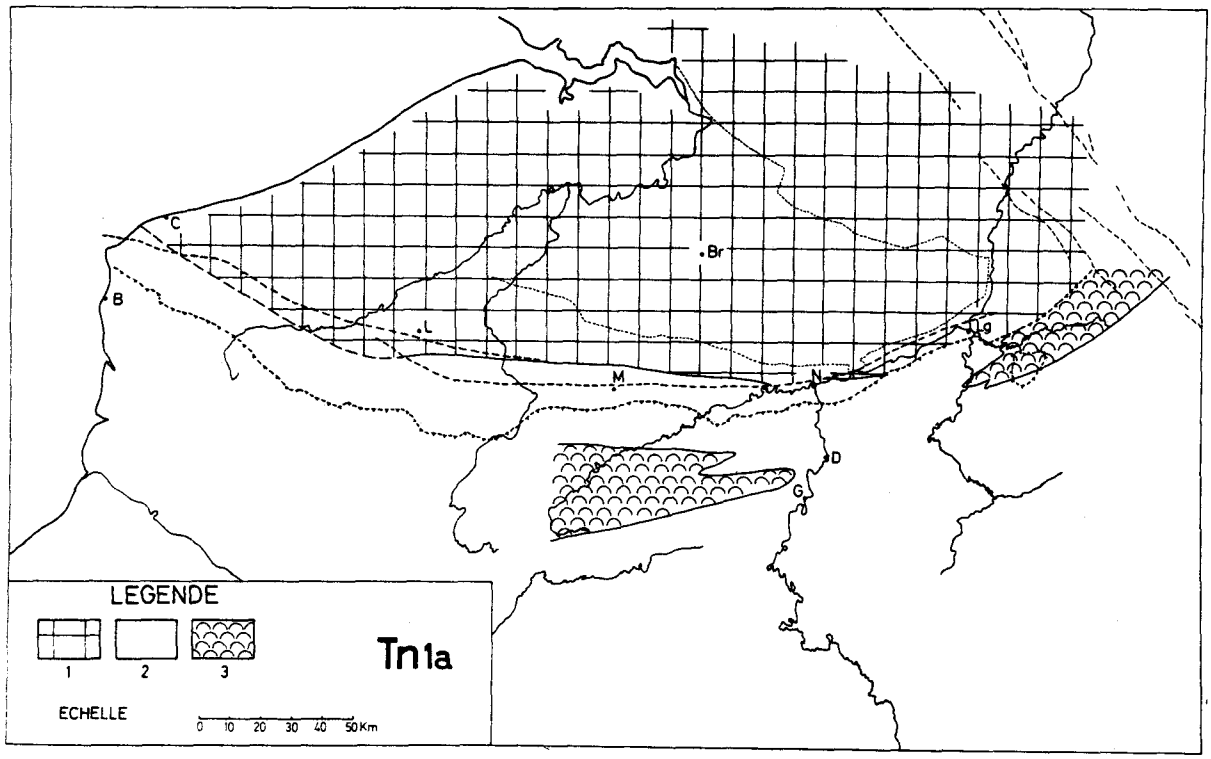


Fig. 31

Fig. 29, 30 et 31 : Cartes des faciès du Frasnien supérieur, du Famennien et du Strunien pour le Nord de la France et la Belgique d'après COLBEAUX, BEUGNIES & alii (1978).

Fig. 29 : Frasnien supérieur (F3).
1 = lacune du Frasnien supérieur. 2 = faciès des schistes à Brachiopodes. 3 = biostrome à *Phillipsastrea*. 4 = faciès péri-récifal à Brachiopodes et *Phillipsastrea*. 5 = faciès des schistes à Goniatites. 6 = limite méridionale des biohermes à *Phillipsastrea*.

Fig. 30 : Famennien (Fa).
1 = lacune du Famennien. 2 = lacune du Famennien supérieur uniquement. 3 = Famennien supérieur renfermant l'ichtyofaune du Continent des Vieux Grès Rouges. 4 = séries famenniennes complètes et marines. 5 = limite méridionale des niveaux à hématite oolithique du Famennien inférieur. 6 = zone à subsidence réduite. 7 = épaisseur (m) du Famennien inférieur.

Fig. 31 : Strunien (Tn1a).
1 = lacune du Tn1a. 2 = faciès schisto-calcaire. 3 = faciès construit à Coraux et Stromatopores.

Une sédimentation progressivement carbonatée avec des biostromes s'installe au Strunien (CONIL & coll., 1964 et voir Fig. 31). Néanmoins l'absence presque généralisée de ce niveau dans le Bassin de Namur (KIMPE & alii, 1978) tend à montrer que la transgression est faible. Ici s'arrête l'histoire paléogéographique du Dévonien supérieur avant la soudaine transgression du Dinantien calcaire.

De ce qui précède, nous soulignerons les traits importants pour la compréhension ultérieure des faunes d'Ostracodes.

1/ L'analyse des différents faciès prouve qu'il s'agit de dépôt de plate-forme : zones littorales à circalittorales. La zone bathyale n'existe prabablement pas dans les faciès échantillonnés pour l'étude des Ostracodes.

2/ Les directions paléogéographiques sont légèrement obliques par rapport à celles des structures, la rencontre des deux lignes ayant lieu vers Namur. Cette observation expliquera certaines analogies fauniques entre le Frasnien du Boulonnais et celui du SW ardennais ainsi qu'une différence de cortège ostracodique entre l'Ardenne occidentale et l'Ardenne orientale.

3.2. - Regard historique sur les études géologiques.

Il est intéressant de replacer les études sur le Dévonien supérieur dans le cadre historique de la géologie sur l'axe Boulonnais-Ardenne. En particulier nous espérons pouvoir mieux comprendre ensuite, la façon dont les auteurs ont abordé la stratigraphie de cette série. Tous les travaux significatifs ne pourront être cités ; mais un astérisque (*) suivra ceux qui possèdent une bibliographie où le lecteur soucieux de dresser un panorama exhaustif trouvera une information plus complète.

Depuis le début du 19ème siècle jusqu'à nos jours on peut distinguer plusieurs étapes dans l'avancement des Sciences géologiques pour les régions concernées.

3.2.1.- Jusqu'en 1914 : le temps des pionniers.

En 1560, Pie IV suscite la création d'une Université en Flandres qui est institutée officiellement en 1562. A ces débuts où les recherches géologiques ne sont que pragmatiques, quelques hommes à l'esprit rationnel et aux préoccupations économiques vont s'intéresser aux strates et spécialement aux gisements de charbons connus depuis longtemps dans le Hainaut et le Namurois. Ainsi, le Comte DESANDROUIN découvre le bassin houiller sous le Crétacé dans la région d'Aniche et Valenciennes en 1717. Nous arrivons vers la fin du 18ème siècle où les Sciences Naturelles prennent leur essort : BUFFON, WERNER, HUTTON, LAMARCK.... Une société des Sciences existe à Lille et elle inaugure le Musée d'Histoire Naturelle en 1822. Un peu plus tard, cette ville s'enorgueillit de voir Louis PASTEUR créer la Faculté des Sciences et en devenir le Doyen entre 1854 et 1857.

Les études géologiques dans le Nord de la France et en Belgique deviennent efficaces après la guère de 1870. Un homme génial et possédant une énorme puissance de travail va découvrir tous les caractères géologiques de ces régions et marquera les générations de géologues jusqu'aujourd'hui: Jules GOSSELET. A l'Institut de Géologie de Lille, il est le premier chargé de cours en 1864 et crée la Société géologique du Nord avec dix membres fondateurs en 1870. Dès 1860 (*) J. GOSSELET dresse la stratigraphie du Primaire et précise la position du Boulonnais par rapport aux Bassins de Namur et de Dinant en Ardenne. Il sillonne les Flandres, le Boulonnais, l'Artois, la Thiérache et l'Ardenne. Ses études le conduisent dans tous les niveaux de l'échelle stratigraphique. Tout ce qu'il touche en géologie fondamentale et appliquée est magistralement abordé : stratigraphie, tectonique, cartographie, étude des sondages, géomorphologie, paléontologie de tous les groupes. A propos de cette dernière discipline, il établit une notion moderne de l'espèce en paléontologie cinquante ans en avance (GOSSELET, 1896) par l'étude biométrique du *Spirifer verneuili*. J. GOSSELET est le principal auteur de la carte de Mézières au 1/320 000 (1ère édit.), de la carte géologique du département du Nord au 1/320 000 et de nombreuses cartes géologiques au 1/80 000. Ses "esquisses géologiques du Nord de la France et des contrées voi-

sines" sont célèbres (GOSSELET, 1880, 1881, 1883, 1903) (*). Avec lui le Boulonnais livre ses secrets (GOSSELET, 1899) (*) et son ouvrage monumental sur l'Ardenne (GOSSELET, 1888) (*) est jalousement conservé par les rares privilégiés qui le possèdent actuellement. Ces quelques citations sont insuffisantes pour rendre compte de l'énorme travail consigné dans ses nombreuses publications.

Charles BARROIS fut digne de son Maître en diversité et en qualité. De plus, ses domaines d'investigation le portèrent dans d'autres régions et à l'étranger. Son nom est entre autres attaché au bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais (BARROIS, 1905) (*) dont il créa le Musée à Lille en 1902.

Que l'ombre de ces deux grands chercheurs ne masque pas les nombreuses découvertes des autres géologues. Certains s'attachent à un horizon donné comme DELEPINE (1911) (*) pour le Dinantien. Sa bibliographie fera découvrir ses prédécesseurs : DUMONT, DE KONINCK, DUPONT et de DORLODOT. Citons également MAILLIEUX (1914, 1940) (*) qui porte son attention sur les paléorécifs frasniens de l'Ardenne, qui fut le premier à citer des Ostracodes (MAILLIEUX, 1914) dans le Givétien ardennais (trois espèces de *Leperditia*) et LERICHE (1912) qui en décrivit trois espèces dans le Gédinien ardennais. D'autres se consacrent à la région du Boulonnais tels que RIGAUX (1889, 1908) (*) et OLRY (1904) (*). Une mention spéciale pour ce dernier auteur qui établit avec précision la structure du Primaire en Boulonnais et en dressa une carte géologique au 1/50 000 qui subit peu de modifications jusqu'aujourd'hui.

3.2.2.- De 1919 à 1939 : défrichage scientifique dans les cadres géologiques acquis.

Après le vide scientifique correspondant aux années de la première guerre mondiale les auteurs vont poursuivre les axes de recherches précédemment tracés. PRUVOST* (1919, 1928, 1930a, b) (*) marquera sa génération par ses nombreuses études sur le Boulonnais, dans le bassin houiller et par ses qualités humaines. Les nouvelles données sont d'ordre stratigraphique : CORSIN (1928, 1933) pour le Dévonien, WATERLOT (1933) pour le Houiller, MAILLIEUX & DEMANET (1930 (*) pour le Primaire de Belgique par exemple, ou d'ordre tectonique avec les études de FOURMARIER (1913, 1932) (*) sur la Faille du Midi. Plus tard, cet auteur dirigera un ouvrage important sur la description géologique de la Belgique (FOURMARIER, 1954) (*). De cette période je

* Les Ostracodes d'eau douce du Westphalien franco-belge furent étudiés par PRUVOST (1911, 1919, 1930).

détacherai deux travaux originaux de pétrographie sédimentaire : l'un sur les microfaciès et l'origine organique des calcaires viséens en Boulonnais (DERVILLE, 1931) (*) et l'autre sur la structure microscopique des charbons (DUPARQUE, 1934) (*) dont le retentissement fut mondial.

Il faut noter également que l'école des géologues anglais, qui s'intéressa au Boulonnais, débute avec ROBINSON (1920).

En 1920, BARROIS & alii décrivent trois espèces d'Ostracodes dans le Gédinnien à Liévin, puis DEHEE (1929) cite une espèce de *Leperditia* dans la faune d'Etroeungt.

Enfin, nous rendrons hommage à la mémoire de A.P. DUTERTRE, homme de grande culture, géologue du Boulonnais dont il établit une remarquable stratigraphie dans le Dinantien (DUTERTRE, 1929). Il terminait sa thèse -une révision paléontologique de très grande qualité dans le Jurassique du Boulonnais- lorsque la guerre fut déclarée. Le lieutenant DUTERTRE fut tué au cours du douloureux épisode de l'encerclement de Dunkerque. Le manuscrit prêt à être imprimé disparu et cet immense travail fut à jamais perdu.

3.2.3.- De 1950 à 1962 : précision et affinage des données géologiques.

La deuxième guerre mondiale porte un coup très dur à la recherche scientifique et spécialement à la géologie du Nord de la France et de la Belgique. Il faut attendre l'année 1950 pour que les publications réapparaissent normalement.

Cette période, et celles qui suivent, seront marquées par les travaux de A. BONTE en géologie fondamentale et appliquée, dans les terrains primaires, secondaires, tertiaires et les formations superficielles, depuis l'Ardenne, l'Artois et jusqu'au Boulonnais dont il présentera une synthèse (BONTE, 1969). En 1951 paraît la deuxième édition de la carte géologique de Mézières au 1/320 000 dressée par G. WATERLOT : ce précieux document est toujours utilisé et sera exploité dans ce mémoire. Signalons également deux études régionales précises qui font souvent référence : l'une sur le Frasnien et ses récifs dans la région de Trélon (MONIEZ, 1961) (*) et l'autre sur le Givétien de la coupe de Caffiers en Boulonnais (DEVOS, 1962) (*).

Enfin, notons qu'une espèce d'Ostracode est décrite dans le Dévonien inférieur de Vincly (Pas-de-Calais) par DEFRETIN (1950). Il s'agit d'un Leperditidae : *Isochilina limbata*.

3.2.4.- De 1962 à 1974 : révisions et utilisation de nouvelles méthodes d'études.

Vers 1960 le nombre des publications augmente d'une façon significative.

On découvre que les divisions stratigraphiques et les évènements géologiques reconnus jusqu'alors sont exacts dans l'ensemble, mais posent des problèmes dans le détail et spécialement dans une cartographie précise au 1/50 000. La sournoise diachronie se cachait partout et les limites se révèlent être fragiles dans leur définition...

Pour consolider l'édifice le géologue de terrain s'appuie alors sur une biostratigraphie précise dans le Dévonien supérieur (BEUGNIES, 1965a, b, 1973) (*) et BEUGNIES, CHARLET & TOUBEAU (1963) (*). Elle est devenue possible grâce aux découvertes et révisions pugnaces des paléontologistes qui opèrent avec des outils systématiques plus rigoureux et précis. Tel est le cas de SARTENAER (1954, 1956, 1957a, b, 1958, 1960, 1967a, b, 1968a, b, 1970, 1972, 1973, 1974, 1976, 1979) (*) qui établit une zonation du Famennien à l'aide des Rhynchonelles. Les corrélations par la reconnaissance du dynamisme sédimentaire entrent également dans les moeurs. C'est principalement le Dinantien qui fait l'objet d'analyses séquentielles en Ardenne (PIRLET, 1965) (*) et en Boulonnais (HOYEZ, 1970, 1971) (*).

Mais, sans conteste, la micropaléontologie va résoudre de nombreux problèmes stratigraphiques. Avec cette discipline de nouveaux taxons à haute valeur stratigraphique apparaissent et leur utilisation est rendue efficace par des méthodes d'études plus élaborées.

Dans le Dinantien l'étude des Foraminifères (CONIL, 1964, 1966) (*) et les Conodontes (GROESSENS, 1974) (*) permet de redéfinir les limites (GROESSENS, CONIL & LEES, 1973) (*) et aboutit à l'établissement d'une nouvelle "charte stratigraphique du Dinantien" (CONIL, GROESSENS & PIRLET, 1976) (*).

L'étude conjuguée des Conodontes et des spores contribue à la redéfinition de la limite Frasnien-Famennien (BOUCKAERT, MOURAVIEFF & alii, 1972 et MOURAVIEFF & BOUCKAERT, 1973) (*) et à l'institution d'une échelle biostratigraphique dans le Famennien (BOUCKAERT, STREEL & THOREZ, 1968a, b, 1971) (*). Dans ce courant s'inscrivent les études sur les Ostracodes du Dévonien supérieur qui débutent avec le travail magistral de MAGNE (1964) (*) dans le Frasnien du Boulonnais et de l'Ardenne. Elles se poursuivront dans cet étage avec BECKER (1971) (*), LETHIERS (1970a, b, 1974, 1975, 1976) et CASIER (1975, 1976, 1977, 1979) (*) puis dans le Famennien-Strunien (LETHIERS, 1972, 1974, 1975, 1976).

En 1974 les limites du Dévonien supérieur furent révisées sous l'angle micropaléontologique par le Symposium International de Namur (STREEL, BLESS & alii, 1974) (*).

Une autre discipline apparaît pendant cette période : on découvre la paléoécologie. Elle existait évidemment depuis l'enfance de la géologie mais son concept se cristallise, ce qui invite à observer d'une autre façon et conduit donc à découvrir de nouveaux caractères. Dans le Boulonnais des analyses paléoécologiques sont menées dans l'ensemble des terrains (AGER & WALLACE, 1967) (*) et dans le Frasnien (WALLACE, 1969) (*). Elles démontrent le caractère peu profond, le plus souvent infralittoral et subtidal, de la sédimentation pendant le Dévonien. En Ardenne la dynamique sédimentaire des récifs dévoniens a été mise en évidence par LECOMPTE (1970) (*) et TSIEN (1977) (*). Une étude sédimentologique et paléoécologique précise du Givétien du Givet (ERRERA, MAMET & SARTENAER, 1972) (*) montre également des paléoenvironnements allant du milieu marin franc peu profond, au récif type biostrome jusqu'à la lagune et la sabkha.

Ces nombreuses mises au point, révisions et précisions font naître le besoin d'établir des bilans et des synthèses. Dès 1964, BEUGNIES (*) dresse une synthèse géodynamique de l'Ardenne paléozoïque et G. WATERLOT (1969) en récapitulera l'essentiel des connais-

sances. D'autres bilans régionaux sont publiés, sur le Boulonnais (BONTE, 1969), le Massif du Brabant (LEGRAND, 1968) (*) par exemple. Les récapitulatifs sont également stratigraphiques comme ceux sur le Dévonien de la Belgique et du Nord de la France (LECOMPTE, 1967) (*) et sur le Carbonifère du Nord de la France (BOUROZ, 1969) (*), ou thématiques tel celui sur la paléobotanique (CORSIN & CORSIN, 1970)(*). Quelques documents cartographiques rassemblent les connaissances sur le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais (BOUROZ, 1963) et sur le paléozoïque du Nord de la France (C.F.P. (M.) & alii, 1965). Des articles et ouvrages à caractères didactiques apparaissent pendant cette période sur l'Ardenne (DERCOURT, 1966), sur l'Ardenne et le Luxembourg (G. WATERLOT, BEUGNIES & BINTZ, 1973) et sur la région du Nord (DELATTRE, MERIAUX & M. WATERLOT, 1973).

3.2.5.- De 1974 à 1980 : efficacité et recherche des ressources en énergie.

Désormais les études biostratigraphiques n'ont qu'un but : devenir efficaces et si possible rapides dans les corrélations. Il faut affiner et "polir" les zonations qui sont de véritables instruments de géologie appliquée à la stratigraphie. Pour cela on révise les taxons, on contrôle leur extension et on sélectionne les plus "performants" d'entre eux.

La zonation du Dévonien supérieur par les Conodontes et les Spores est activement mise au point par les auteurs belges (BOUCKAERT, DUSAR, DREESEN, GROESSENS, STREEL....) dont nous reparlerons à propos de la biostratigraphie de ce sous-système. La nouvelle zonation que nous proposons (p.229) s'inscrit dans cette recherche microbiostratigraphique. Ce courant révèle des groupes jusqu'ici peu connus tels que les Stromatopores du Boulonnais (MISTIAEN, 1980) (*), et les Acritarches dans le Cambrien ardennais (BEUGNIES & alii, 1976).

Pourquoi tous ces efforts ? Le contexte économique des sources d'énergie a changé. L'Europe occidentale est obligée de réexaminer son territoire avec un oeil nouveau. Les terrains secondaires et tertiaires de la Mer du Nord livrent des hydrocarbures . Au-dessous le Permien inférieur détritique (Rotliegendes) contient du gaz dont la roche mère est probablement à rechercher dans le

Carbonifère. Il s'ensuit un "regain d'intérêt" à propos des bassins houillers européens, mais également des hypothèses concernant des réservoirs dans les terrains paléozoïques . Le titre d'un ouvrage résume la situation:"Y a-t-il des hydrocarbures dans le pré-Permien de l'Europe occidentale ?" (BLESS, BOUCKAERT & alii, 1977). Une telle fébrilité de la part des géologues belges et hollandais est due à la découverte d'anhydrite dans le Viséen au bord Nord du Bassin de Namur, à Saint-Ghislain près de Mons (DEJONGHE, DELMER & GROESSENS, 1876). Les évaporites sont également connues dans le Dévonien (VAN TASSEL, 1960) et une tectonique par halocinèse existe en Belgique (DELMER, 1972, 1977) (*). Quelques auteurs réexaminent les mouvements tectoniques d'ensembles et démontrent l'existence d'unités pérennes appelées "blocs" (COLBEAUX, BEUGNIES & alii, 1977) (*) ou découvrent une tectonique polyphasée au front de la Faille du Midi (COLBEAUX, 1978 et BEUGNIES & COLBEAUX, 1977) (*). Notamment, après le raccourcissement asturien N-S de la Faille du Midi, des rejeux -plissements et chevauchements- de direction E-W sont probablement d'âge permien.

Nous signalerons spécialement l'effort de recherches et de synthèses effectué en Belgique et en Hollande sur le pourtour du Massif du Brabant : bassins de Namur, de Campine et de la Ruhr.

L'inventaire des connaissances en subsurface du Dinantien est établi (BLESS, BOUCKAERT & alii, 1976) (*), puis celui du socle pré-Permien (BLESS, BOUCKAERT & PAPROTH édit., 1980) (*), de la dynamique sédimentaire (KIMPE, BLESS & alii, 1978) (*) avec un soutien géophysique de campagnes gravimétriques et magnétiques (BLESS, BOSUM & alii, 1980) (*). Quelques profils sismiques dans le Nord de la France semblaient avoir repéré la Faille du Midi (CLEMENT, 1963) (*). Les travaux précédents et ceux notés dans leur bibliographie confirment que cet accident est présent sur une distance N-S de 40 km au moins en devenant un chevauchement plan. Pour résumer ces nouvelles connaissances nous tenterons une homologie qui nous est apparue avec le système alpin français après une rotation dextre de 90 degrés. Tout espace-temps gardé, le Jura et les Massifs subalpins représentent le Synclinorium de Dinant ; les effondrements tertiaires chevauchés de la Bresse et de la vallée du Rhône se retrouvent dans le

Bassin de Namur ; l'ensemble Vivarais, Charolais et l'extrémité morvandelle du Massif Central est l'équivalent du Massif du Brabant ; enfin, les effondrements tertiaires des Limagnes se reconnaissent dans le Bassin houiller de Campine.

Tous les travaux précédents viennent s'articuler sur les connaissances géologiques de la mer du Nord qui font déjà l'objet de synthèses (KENT, 1975 et ZIEGLER, 1975). Un besoin de compréhension globale de l'Ouest de l'Europe se fait sentir. Ainsi BABIN & alii (1980) analysent les faciès et les faunes antécarbonifères dans une paléogéographie mobiliste. ZWART & DORNSIEPEN (1978) en retracent l'évolution tectonique au cours des cycles cadomien, calédonien, varisque et alpin. Pour le NW de l'Europe, ZIEGLER (1978) établit de nombreuses cartes paléogéographiques, paléotectoniques concernant les systèmes du Silurien au Tertiaire ainsi que les cartes géologiques prétertiaire, prépermienne et les cartes d'isopaques du Permien au Tertiaire.

Pour terminer cette revue, mentionnons quelques travaux originaux en Ardenne : KLEIN (1978, 1980) réexamine les affleurements où la discordance ardennaise est visible, et démontre que les directions hercyniennes de plissement et de schistosité sont influencées par celles du bâti calédonien. VANDENVEN (1977) présente l'Ardenne par la télédétection : les discordances et les traits structuraux majeurs apparaissent nettement mais de nombreux linéaments subméridiens assez inattendus sont également détectés.

Les travaux du colloque C6 du 26ème Congrès Géologique International recoupent souvent l'histoire géologique du Nord de la France et de la Belgique (voir les Ann. Soc. Géol. Nord, Lille, t. 99, 1er fascicule).

Dans le contexte de ces revues synthétiques, le passé géologique du Nord de la France et de la Belgique reçoit un nouvel éclairage : c'est celui que nous avons tenté de résumer dans le paragraphe précédent (3.1.).

3.3. - Remarques stratigraphiques préalables.

3.3.1.- Quelques définitions.

De nombreux problèmes existent au niveau des divisions et des limites stratigraphiques : ils sont parfois subtils et difficiles à résoudre parce que liés à des concepts et vocables dont la signification peut varier selon les auteurs. Ceux que nous utilisons sont basés sur les travaux de la Sous-commission internationale de classification stratigraphique qui aboutit à la rédaction du guide stratigraphique international sous la direction de HEDBERG (1976), traduit en français en 1979 par P. BUROLLET, C. PAREYN, C. POMEROL, M.-L. et P. RAT.

En fonction de cet ouvrage, à l'aide des notions précises données par BABIN (1980) et POMEROL (1980), et à la suite de GROESSENS (1975), nous rappellerons donc les définitions des termes fondamentaux.

La stratigraphie est la science qui décrit les strates dans le but de reconstituer l'histoire de la Terre.

La strate est une couche de roches possédant des propriétés, des qualités ou des caractères communs.

L'unité stratigraphique est un ensemble de strates dont les propriétés, les qualités ou les caractères spécifiques le distingue des unités adjacentes. On utilise trois catégories d'unités stratigraphiques :

L'unité biostratigraphique (Fig. 32).

L'unité biostratigraphique est un ensemble de roches qui se distinguent des unités adjacentes par ses caractères paléontologiques basés sur les organismes ayant vécu au moment de la sédimentation. On peut ainsi définir des zones ou biozones s.l. parmi lesquelles on distingue :

- La biozone s. str., ou acrozone. C'est l'ensemble des couches (extensions verticale ou horizontale) contenant les individus d'une espèce

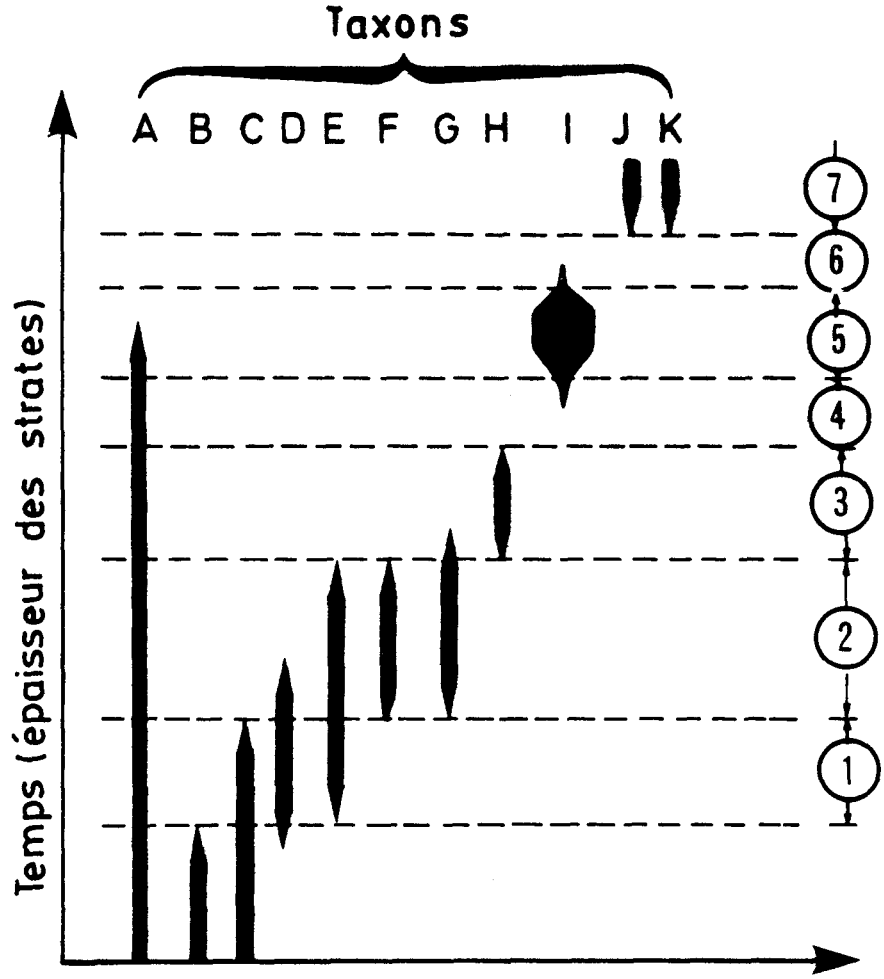


Fig. 32 : Les différents types d'unités biostratigraphiques.

(1) = Cénozone ou association des taxons C, D, E.

(2) = Cénozone ou association des taxons E, F, G.

(3) = Acrozone ou biozone s. str. du taxon H.

(4) = Interzone s.l. entre les zones (3) et (5).

(5) = Zone d'acmé ou d'apogée du taxon I.

(6) = Interzone s. str. entre les zones (5) et (7).

BIUS LILLE

ou d'un taxon supra-spécifique donné. La biozone est fréquemment créée avec la macrofaune. La zonation du Dévonien supérieur fondée sur les Céphalopodes en est une illustration. Par exemple, le genre de Goniatite *Manticoceras* HYATT, 1884 définit une biozone englobant le Givétien supérieur, le Frasnien, le Famennien basal et qui sera notée par le symbole doI ("d" pour Devon, "o" pour obere et "I" qui désigne la première super-zone à Céphalopodes). L'espèce *Manticoceras cordatum* (G. & F. SANDBERGER, 1850) permet de reconnaître une biozone notée doIβ, dans le Frasnien inférieur.

C'est également le cas des Rhynchonellides, groupe important de Brachiopodes qui offre des "services" biostratigraphiques dans les terrains du Dévonien supérieur. Par exemple la biozone du genre *Caryorhynchus* CRICKMAY, 1952 couvre une grande partie du Frasnien et la biozone à *Caryorhynchus tumidus* (KAISER, 1872) est située dans le Frasnien supérieur.

Certaines divisions des zonations fournies par les Ostracodes sont des biozones. C'est parfois le cas pour les Ostracodes pélagiques, mais plus rarement pour les benthiques.

Citons par exemple les biozones à *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954 et à *Favulella lecomptei* BECKER, 1971 sensu LETHIERS (1974b) dans le Frasnien inférieur du Synclinorium de Dinant et du Boulonnais. La zone à *Svantovites magnei lethiersi* CASIER, 1979 sensu CASIER (1979) dans le Frasnien supérieur et le Famennien basal des Synclinoria de Dinant et de Namur est un autre exemple typique.

- L'association ou cénozone. Selon qu'il s'agit d'animaux ou de végétaux on parle de faunizone ou de florizone. C'est une zone caractérisée par un certain assemblage de taxons fossiles qui ne se retrouve pas dans les unités adjacentes.

Tous les taxons découverts dans un groupe donné peuvent être utilisés : ce fut par exemple notre démarche pour définir les zones BV1, BV2 et BV3 de la Formation Big Valley de l'Ouest du Canada (p.295). Le plus souvent on procède par un choix des extensions les plus intéressantes des taxons les mieux définis. A la limite, la cénozone peut se réduire à la coexistence ou au chevauchement de l'extension de

deux taxons. Les zones et sous-zones à Conodontes du Dévonien supérieur sont souvent des zones d'association. Dans le Nord de la France et la Belgique les premières zonations fondées sur les Ostracodes benthiques (LETHIERS, 1974b et CASIER, 1976, 1979) furent établies à l'aide de biozones s. str., mais la zonation proposée dans ce mémoire (paragraphe 3.9.2) est essentiellement bâtie avec des cénozones dans le Frasnien, le Famennien-Strunien et le Tournaisien basal : zones DSO1, DSO2, DSO4 à DSO8, CTOA et CTO2. Cette procédure donne des divisions biostratigraphiques plus fiables puisqu'une seule espèce d'Ostracodes benthiques peut devenir très rare dans un secteur donné, à l'intérieur de sa propre biozone et sous l'influence du milieu. La zonation générale que nous proposons dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada (paragraphe 4.4) comporte essentiellement des cénozones : zone DFR6 pour le Frasnien supérieur, zones DFA1 à DFA4 pour le Famennien et zone DST1 à la base du Strunien.

- La zone d'intervalle ou interzone. C'est une zone où aucun taxon n'est adéquat pour établir une unité biostratigraphique mais qui est définie par sa situation entre deux acrozones ou cénozones. Dans la zonation du Dévonien supérieur par les Ostracodes pélagiques il y a cinq zones d'intervalles sur dix-sept zones. Mais ces zones d'intervalles sont souvent des cénozones déguisées. En effet l'extension de certains taxons les traverse et il s'agit d'une zone contenant de tels taxons mais sans ceux des zones sous-jacente et sus-jacente. Dans les Synclinoria de Dinant et Namur, notre zone DSO3 est apparentée à ce type : elle ne contient ni les associations de la zone DSO2, ni celles de DSO4, mais possède les espèces frasniennes à grande répartition verticale. Dans l'Ouest du Canada, la dernière zone du Strunien (DST2) est également caractérisée par l'absence des espèces de DST1 sous-jacent et par la présence de certaines espèces ubiquistes dans le Famennien-Strunien.

- La zone d'apogée, ou zone d'acmé, ou zone d'abondance. Il s'agit d'un ensemble de couches où le nombre d'individus d'un taxon donné est maximal. En fait, ce type de caractère est rarement utilisé pour définir une zone car l'abondance varie souvent avec le milieu. Néan-

moins, il apporte une indication intéressante pour le spécialiste qui peut faire la part de cette interférence. En dressant la zonation dans l'Ouest du Canada, nous avons donné une idée de l'acmé des espèces par l'épaisseur du trait d'extension (Tabl. 23). Dans le cas de *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978, la limite supérieure d'abondance est à retenir puisqu'elle coïncide avec celle des zones DFA4 et DST1.

L'unité lithostratigraphique.

C'est un ensemble de roches qui se distingue des unités adjacentes par ses caractères lithologiques (mode de gisement ; aspect à l'affleurement ; épaisseur ; contenus pétrographique, minéralogique, géochimique ; caractères géophysiques) et paléontologiques généraux (présence et abondance des grands groupes fossiles). L'unité de base dans la lithostratigraphie est la Formation dont la propriété est de pouvoir être dressée sur une carte géologique. Les variations lithologiques à l'intérieur de celle-ci permettent, le cas échéant, de distinguer des Membres. Quand plusieurs Formations montrent des caractères communs ou constituent une suite logique, on les rassemble dans un Groupe. Toutes ces unités ont l'apanage d'être plus ou moins diachroniques. Le phénomène est présent dans le Synclinorium de Dinant (voir par ex. THOREZ & alii, 1977) et dans le Boulonnais (voir paragraphe 3.4.5) et nous l'avons mis en évidence pour les unités de l'Ouest du Canada (voir paragraphe 4.5.4.). La lithostratigraphie est systématiquement utilisée sur le continent américain, tout du moins dans un premier temps : son efficacité en géologie appliquée, les nombreuses études en subsurface et l'espace considérable à découvrir expliquent ce phénomène (voir par ex. le Symposium international sur le système dévonien, OSWALD édit., 1967). De ce fait les unités lithostratigraphiques utilisées dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada (Fig. 65) sont dites formelles parce qu'elles possèdent des coupes-types, des descriptions et des limites clairement définies selon les règles internationales (HEDBERG, 1976). Ce n'est pas le cas en Europe occidentale où les unités, utilisées dès le 19ème siècle, sont incomplètement ou insuffisamment connues. Ainsi nous serons con-

duits à employer des unités traditionnelles, mais dont les définitions ne sont pas encore conformes dans le Synclinorium de Dinant. A côté de ce premier ensemble nous utiliserons les unités formelles récemment définies dans le Givétien (ERRERA & alii, 1972) dans le Frasnien (TSIEN, 1972, 1974, LACROIX, 1974, et COEN-AUBERT & COEN, 1974) et dans le Famennien-Strunien (CONIL, 1964, CONIL & LYS, 1970, THOREZ & alii, 1977) des Synclinoria de Dinant et Namur ainsi que les définitions des unités dans le Dévonien du Boulonnais (BRICE & alii, 1978).

L'unité chronostratigraphique.

C'est un ensemble de roches issues d'un dépôt formé pendant un intervalle donné des temps géologiques. La chronostratigraphie sert de base aux corrélations et l'échelle stratigraphique résulte de son application. Ses divisions pourraient s'établir par les méthodes physiques, sédimentologiques ou géochimiques de la stratigraphie, mais c'est essentiellement la méthode paléontologique qui les définit à l'aide des zonations de la biostratigraphie. L'étage est historiquement l'unité de base de la chronostratigraphie.

EXEMPLES	UNITES CHRONOSTRATIGRAPHIQUES	UNITES GEOCHRONOLOGIQUES
Primaire ou Paléozoïque	Erathème	Ere
Dévonien	Système	Période
Dévonien supérieur	Série ou Sous-Système	Epoque
Frasnien	Etage	Age
Frasnien supérieur	Chronozone ou Sous-Etage	Chron

Fig. 33 : Terminologie de la chronostratigraphie

M.A.	SYSTEME	SERIE	ETAGES	SOUS-ETAGES	INDICES (GIVET 1/50 000)
345	DEVONIEN	DEVONIEN SUPERIEUR	STRUNIEN		h1a
			FAMENNIEN	Famennien supérieur	d6d d6b2 d6b1
				Famennien inférieur	d6a d6a2 d6a1
			FRASNIEN	Frasnien supérieur	d5b
360				Frasnien inférieur	d5a

Fig. 34 : Divisions du Dévonien superieur d'après la carte de Givet au 1/50 000 (1ère édition, BEUGNIES & alii, 1970). Les âges absolus (Millions d'années) sont approximatifs ; ils sont issus des travaux de la Sous-commission internationale de Géochronologie et correspondent à l'opinion commune (voir par ex. FOUCAULT & RAOULT, 1980).

Ici deux notions sont réunies : celle de l'épaisseur de roches observables actuellement et celle de durée, intervalle de temps géologique correspondant au dépôt. Cette dualité se retrouve dans le vocable des divisions (Fig. 33). Celles-ci figurent généralement dans les légendes de nos cartes géologiques. Les unités chronostratigraphiques ont théoriquement l'apanage de posséder des indices normalisés. La Fig. 34 illustre ces différentes affirmations.

3.3.2.- L'ambiguïté historique.

Les unités stratigraphiques dans le Dévonien supérieur du Boulonnais et de l'Ardenne furent définies au cours de la deuxième moitié du XIXème siècle, puis utilisées comme telles ou avec certai-

nes précisions jusqu'en 1955-1960. Ensuite ces unités sont soit aménagées et discutées, soit rejetées, et l'unanimité n'est pas faite à l'heure actuelle sur une attitude commune. A notre point de vue de tels problèmes stratigraphiques résultent d'une ambiguité historique issue des définitions originelles.

Généralement à la suite des premiers auteurs, la désignation des unités stratigraphiques s'énonce par une formule comportant trois valeurs : lithostratigraphique, biostratigraphique et chronostratigraphique. Pour éclaircir notre propos nous choisirons deux exemples en Ardenne et deux exemples en Boulonnais situés dans chacune de ces régions autour de la limite Fraønien-Famennien.

Exemples en Ardenne :

a) Assise (ou Schistes) de Senzeilles à *Camarotoechia omaliusi* notée Fa1a, Fm1a (Belgique) ou d6a (France).

b) Assise (ou Schistes) de Matagne à *Buchiola palmata* et *retrostriata* notée F3, Fr3 (Belgique) ou d5b (France).

Exemples en Boulonnais :

a) Grès (ou psammites) de Sainte-Godeleine à *Cucullella hardingii* et *trapezium* notés d6b.

b) Schistes rouges d'Hydrequent (ou d'Hidrequent) à *Spirifer verneuili*, *Productella subaculeata* et *Gephyroceras intumescens*, notés d6a.

Dans chacune de ces désignations on relève trois parties :

- la première qui s'intitule "Assise de....", "Schistes de....." ou "Assise des Schistes de.....", "Grès de.....", "Calcaires de...." etc... désigne un horizon lithologique. Sa signification est lithostratigraphique et elle pourrait être remplacée par "Formation de....", "Membre de....", etc.....

- la deuxième partie est la citation d'une ou plusieurs espèces qui sont souvent qualifiées de "caractéristiques". Il est écrit également que l'Assise "renferme" ou "contient" ces taxons. Ici le contenu biostratigraphique est suggéré avec évidence.

- la troisième partie est l'indice qui par définition indique une unité chronostratigraphique.

Ainsi dès le départ une confusion peut se développer et elle ne manquera pas de le faire. Selon les auteurs et selon l'étude, tel ou tel type d'unité stratigraphique prévaudra. Pour être juste notons que la confusion n'existait pas dans l'esprit des premiers auteurs (principalement J. GOSSELET pour les exemples choisis) qui devaient dresser un premier schéma directeur dans des terrains dont la stratigraphie était presque inconnue. L'ombre des grands maîtres était telle qu'on n'osa ni changer, ni préciser, ni améliorer leurs définitions stratigraphiques. Mais les interprétations des utilisateurs furent diverses.

Par exemple les cartes géologiques au 1/80 000 de ces régions ont une légende chronostratigraphique qui est supportée par une biostratigraphie exposée dans la notice. Or l'extension exacte des taxons considérés est rarement connue, leur étude systématique est souvent imprécise. De plus le fossile "caractéristique" n'est pas toujours présent sur l'affleurement et dans les faits le levé cartographique est souvent effectué au faciès : la légende est en vérité lithostratigraphique. Tel est le cas du levé des horizons dévoniens sur la carte de Boulogne au 1/80 000 (4ème édition, PRUVOST & alii, 1964) et de Marquise au 1/50 000 (1ère édition, BONTE & alii, 1971). La confusion engendre parfois quelques difficultés de représentation cartographique. Par exemple la situation de la limite chronostratigraphique entre le Frasnien et le Famennien du Boulonnais fut longtemps incertaine. Ainsi, sur la feuille de Boulogne, les "Schistes d'Hidrequent" sont inclus dans le Famennien (d6), mais on y signale la présence de "*Gephyroceras intumescens* du Frasnien". Les auteurs de la feuille de Marquise montrent le même embarras à ce propos dans la notice.

La situation se complique dans certaines cartes géologiques au 1/50 000 où les unités faussement chronostratigraphiques cohabitent avec les unités biostratigraphiques authentiques. Par exemple dans la notice de Givet 1/50 000 (1ère édition, BEUGNIES & alii, 1970), Le Frasnien est désigné avec les anciennes formules mais les divisions

du Famennien sont basées sur la biozonation des Rhynchonelles révisées par SARTENAER (1954 à 1979). La situation se complique encore quand on sait que certaines espèces utilisées par les premiers auteurs constituent des biozones aujourd'hui précieuses, comme *Ptychomaletoechia dumonti* (GOSSELET, 1877) du Famennien inférieur par exemple. Ainsi l'utilisation de quelques unités était un peu moins lithostratigraphique que d'autres. La situation se complique toujours quand des unités stratigraphiques sont créées avec des indices (symboles chronostratigraphiques par définition) mais qui, dans les faits, désignent essentiellement des unités lithologiques. Telles sont les divisions du Frasnien introduites par MAILLIEUX (1913, 1922, 1925 & 1934) au bord Sud du Synclinorium de Dinant : F2a, F2b, F2c avec les récifs F2d, F2e, F2f, F2g avec les récifs F2h, F2i avec les récifs F2j, F3a, F3b. Ces notations furent et sont abondamment utilisées par les auteurs. Nous ne soulèverons pas le problème des localités-types de ces "assises", etc..., etc...

Que faire devant cet imbroglio tissé par l'usage où personne n'est responsable mais où chacun est impliqué.

Une première réaction est de mettre en évidence les contradictions et de rejeter une terminologie conduisant à la confusion. C'est ce que SARTENAER (1970, 1973, 1974a, 1974b, 1974c, 1974d) a fait avec pugnacité et sur un ton polémique. Un de ses titres est révélateur : "Adieu F2a, F2b, etc...." (SARTENAER, 1974a). Avec cet auteur un sort est également fait aux "Schistes de Barvaux-sur-Ourthe", aux "Schistes de Matagne" et au "niveau des monstres". Dans ce dernier niveau du Frasnien inférieur il est amusant de savoir que le "*Cyrtospirifer orbelianus*", cité si souvent par les auteurs, est une attribution erronée, l'espèce en question étant peu connue, décrite dans le Famennien des montagnes d'Arménie, et dont les types sont égarés.... Bref, dans un premier temps il convient de ne faire confiance qu'aux biozonations des taxons macrofauniques révisés et à la micropaléontologie. Mais dans les descriptions de terrain un vocable est nécessaire. A ce propos, nous constatons avec surprise que SARTENAER (1970) rejette l'emploi du mot "faciès" appliqué aux "Schistes de Matagne" et aux "Schistes de Barvaux" probablement parce que l'extension de

certaines espèces de Rhynchonellides ne coïncident pas exactement avec celle des unités susnommées. Cet auteur introduit alors un nouveau concept dans la stratigraphie : celui d'aspect.

Nous citons les définitions (SARTENAER, 1970, p. 346) :
"L'aspect "Matagne" est celui que revêtent des schistes très finement feuilletés, à cassure olivâtre à verdâtre, se débitant en esquilles fines et contenant quelques nodules aplatis, de rares lentilles calcareuses, dont certaines montrent parfois la structure cone-in-cone, et une faune naine pour la plus grande partie. Les schistes présentent la gamme de couleur suivante : vert sombre, vert mat, vert-gris, noirâtre, mastic, bleuté, violacé, gris-bleuâtre, grisâtre. Les tons sont foncés à clairs et les taches d'altération sont violâtres, pourpres, jaunâtres, brunâtres, rougeâtres, bleuâtres et même de couleur rouille".
"L'aspect "Barvaux" est celui que revêtent des schistes verts et violets, à cassure verte ou violette, contenant de nombreux bancs calcareux, ainsi qu'une macrofaune abondante, et notamment des *Cyrtospirifer verneuili* en grande quantité".

Dans ces définitions les termes sont souvent imprécis ou subjectifs (cf. les mots que nous avons soulignés) et n'apportent aucun caractère nouveau par rapport aux descriptions des anciens auteurs. Outre que le mot "aspect" entre dans la définition du faciès (Littré, vol. III, p. 1321) et est mis en synonymie avec le terme faciès par GREESLY (1838, p. 11) suivi en cela par HAUG (1921, p. 145), nous ne saisissons pas la différence entre "l'aspect" sensu SARTENAER (1970) et le lithofaciès.

Pour ces raisons et en dépit du ton toujours polémique (SARTENAER, 1976, p. 73) nous persisterons à utiliser l'expression de "faciès Matagne". Elle est liée à un milieu de vie et de sédimentation particulier situé au SW de l'Ardenne dans la partie supérieure du Frasnien, mais pouvant déborder dans le Famennien basal. La notion de faciès, si riche dans son application, ne sera pas abandonnée.

Une deuxième réaction est de distinguer radicalement une lithostratigraphie en introduisant les termes de Groupe, Formation et Membre. Dans le paragraphe précédent nous avons cité les principaux auteurs responsables de ces nouvelles définitions dans les Synclinoria de Dinant et Namur et dans le Boulonnais. Nous utiliserons ces différentes terminologies.

La troisième réaction consiste à conserver les anciens indices tels que F1, F2, F3 en tant que représentant des unités lithostratigraphiques et d'étudier à l'intérieur de celle-ci la distribution des zonations biostratigraphiques. C'est ce que COEN (1968, 1970, 1972, 1974a, b, 1977), COEN & COEN-AUBERT (1971), COEN, COEN-AUBERT & CORNET (1976), COEN-AUBERT & LACROIX (1978) et LACROIX (1974) se sont attachés à appliquer au Frasnien ardennais à l'aide de Conodontes. Outre que les anciens indices et noms de Formations "parlent" dans l'esprit des géologues régionaux, la distinction et l'utilisation concomitante de la litho- et de la biostratigraphie permet à ces auteurs de découvrir l'évolution faciétale dans l'espace et le temps. C'est également cette démarche scientifique que nous choisissons.

3.4. - La biostratigraphie et la chronostratigraphie du Dévonien supérieur.

Les zonations par les divers groupes paléontologiques nous donneront les repères stratigraphiques fondamentaux. Ceux-ci servent à situer ou à détecter le diachronisme des unités lithostratigraphiques et, le plus important, ils nous permettront de fixer les limites chronostratigraphiques que sont celles des étages et des sous-étages.

Dans un premier temps nous présenterons la zonation fondamentale des Céphalopodes enrichie des zonations micropaléontologiques, puis celle des Brachiopodes dont l'importance fut mise en évidence par SARTENAER (1954 à 1979).

La Fig. 35 résume notre première étape dont nous n'évoquerons que les points qui posent ou ont posé des problèmes.

L'ossature biostratigraphique est constituée par les zones à Céphalopodes (ortho-biochronologie standard) (Fig. 35, colonne 1) couplée à celles des Conodontes (para-biochronologie standard (Fig. 35, colonne 3). Cet ensemble fut défini en Allemagne par les travaux de BISCHOFF & ZIEGLER (1957) et de ZIEGLER (1958, 1962, 1966, 1971). BECKER & BLESS (1974, Fig. 2) en proposèrent un résumé. SANDBERG, STREEL & SCOTT (1972) éliminèrent quelques imprécisions situées à la limite dévono-carbonifère : ainsi la base du Carbonifère coïncide avec celle de la zone à *Siphonodella sulcata* sensu ZIEGLER (1967) et "*Siphonodella* plus évoluée" car les horizons sommitaux du do VI contiennent soit une Faune à *Siphonodella praesulcata* SANDBERG, 1972, soit une "Faune à *Protognathodus*" ZIEGLER, 1969 selon le faciès. La zone à *Bispathodus costatus* sensu ZIEGLER, SANDBERG & AUSTIN (1974) comprend donc une partie inférieure du do VI et descend jusqu'à l'intérieur du do V. Soulignons l'importance des Spores (Fig. 35, colonne 5) dans ces niveaux où BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1971) ont mis en évidence l'association de *Vallatisporites pusillites* (KEDO, 1957) et de *Spelaeotriletes lepidophytus* (KEDO, 1957) qui caractérise la zone à *Wocklumeria* (do VI). Néanmoins un problème subsiste à la limite dévono-carbonifère à propos de la situation exacte de la "Faune à *Protognathodus*" (ALBERTI & al., 1974). Celle-ci peut monter dans la base de la zone à *S. sulcata* sensu ZIEGLER (1969).

HOUSE & ZIEGLER (1977) ont mis au point un réajustement entre les zonations des Céphalopodes et des Conodontes dans la localité-type de l'Adorfien. Nous suivons les nouvelles divisions de ces auteurs en ce qui concerne la limite entre la zone à *Manticoceras* (do I) et la zone à *Cheiloceras* (do II). Ainsi l'acrozone *Crickites holzapfeli* WEDEKIND, 1913 marque le do Iδ et comprend les zones supérieure (U), ultimement supérieure (UM) à *Palmatolepis gigas* sensu ZIEGLER (1962, 1971) et la zone inférieure (L) à *Palmatolepis triangularis* sensu ZIEGLER (1962).

Le "Post do Iδ " est défini (ZIEGLER, 1971) comme un horizon à *Manticoceras* ne contenant ni espèce de *Crickites*, ni espèce de *Cheiloceras*. Il est ici restreint à la zone moyenne et à la base de la zone supérieure (U) à *Palmatolepis triangularis* sensu ZIEGLER (1962).

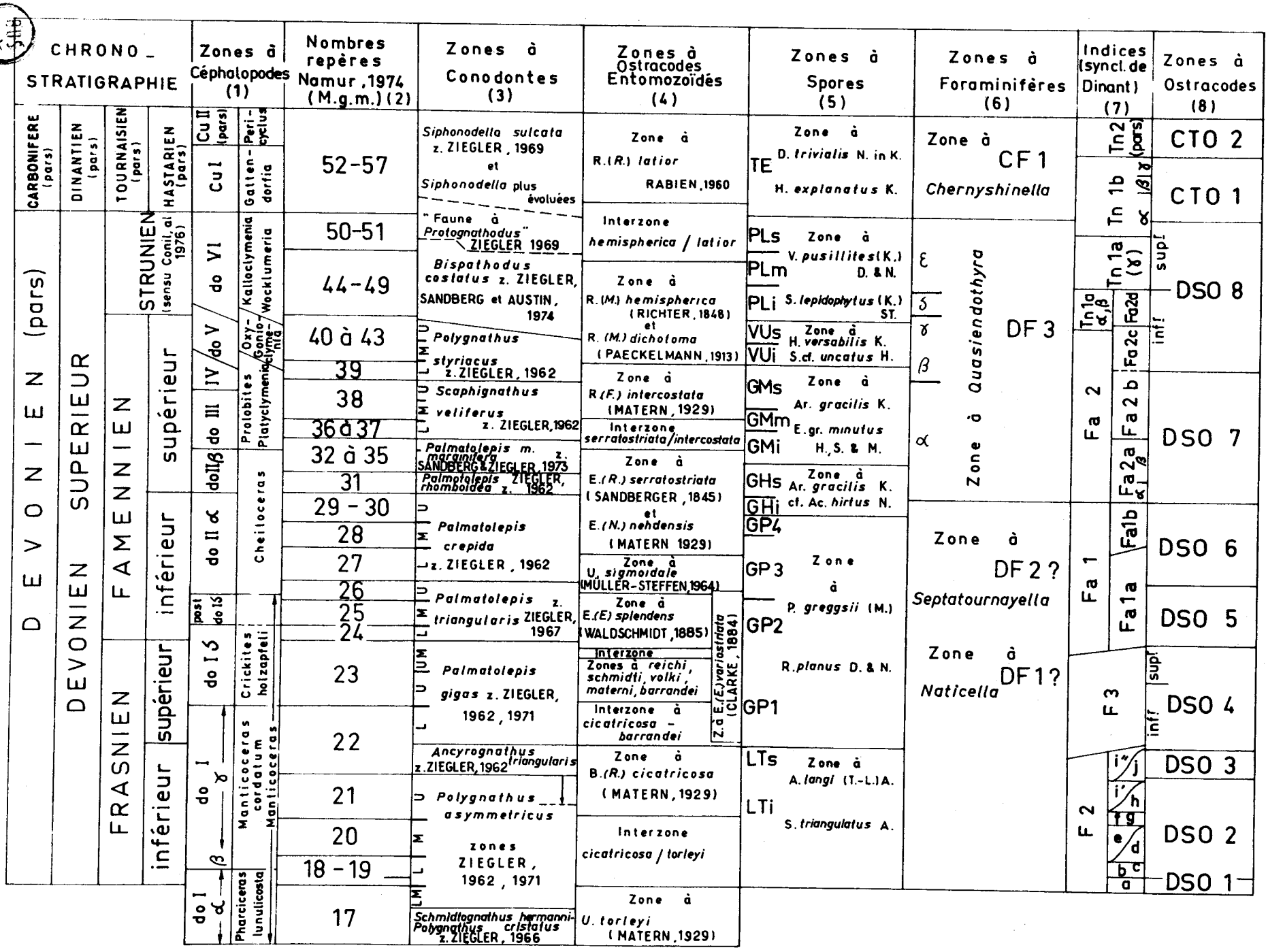

CHRONO-STRATIGRAPHIE
CARBONIFERE (pars)
DINANTIEN (pars)
TOURNAISIEN (pars)
HASTARIEN (pars)
DEVONIEN (pars)
DEVONIEN SUPERIEUR
FAMENNIEN
FRASNIEN
STRUNIEN (sensu Conil, al 1976)
supérieur
inférieur
supérieur
inférieur
Zones à Céphalopodes (1)
Cu II (pars)
Cu I
do VI
do V
do IV
do III
do II β
do II α
post do I δ
do I δ
do I γ
do I β
do I α
Peri-cyclus
Gatten-dorfia
Kalloclymenia Wocklumeria
Oxy-Gonio-clymenia
Prolobites Platyclymenia
Cheiloceras
Crickites holzapfeli
Manticoceras cordatum
Manticoceras
Pharciceras lunulicosta
Nombres repères Namur, 1974 (M.g.m.) (2)
52-57
50-51
44-49
40 à 43
39
38
36 à 37
32 à 35
31
29 - 30
28
27
26
25
24
23
22
21
20
18 - 19
17
Zones à Conodontes (3)
Siphonodella sulcata z. ZIEGLER, 1969 et Siphonodella plus évoluées
"Faune à Protognathodus" ZIEGLER 1969
Bispathodus costatus z. ZIEGLER, SANDBERG et AUSTIN, 1974
Polygnathus styriacus z. ZIEGLER, 1962
Scaphignathus veliferus z. ZIEGLER, 1962
Palmatolepis m. marginifera z. SANDBERG & ZIEGLER, 1973
Palmatolepis rhomboidea z. ZIEGLER, 1962
Palmatolepis crepida z. ZIEGLER, 1962
Palmatolepis triangularis z. ZIEGLER, 1967
Palmatolepis gigas z. ZIEGLER, 1962, 1971
Ancyrognathus triangularis z. ZIEGLER, 1962
Polygnathus asymmetricus zones ZIEGLER, 1962, 1971
Schmidtognathus hermanni-Polygnathus cristatus z. ZIEGLER, 1966
Zones à Ostracodes Entomozoïdés (4)
Zone à R.(R.) latior RABIEN, 1960
Interzone hemispherica / latior
Zone à R.(M.) hemispherica (RICHTER, 1848) et R.(M.) dichotoma (PAECKELMANN, 1913)
Zone à R.(F.) intercostata (MATERN, 1929)
Interzone serratostriata/intercostata
Zone à E.(R.) serratostriata (SANDBERGER, 1845) et E.(N.) nehdensis (MATERN 1929)
Zone à U. sigmoidale (MÜLLER-STEFFEN, 1964)
Zone à E.(E) splendens (WALDSCHMIDT, 1885)
Interzone
Zones à reichi, schmidti, volki, materni, barrandei
Interzone à cicatricosa - barrandei
Z. à E.(E.) variostriata (CLARKE, 1884)
Zone à B.(R.) cicatricosa (MATERN, 1929)
Interzone cicatricosa / torleyi
Zone à U. torleyi (MATERN, 1929)
Zones à Spores (5)
TE Zone à D. trivialis N. in K. H. explanatus K.
PLs Zone à V. pusillites (K.) D. & N.
PLm
PLi S. lepidophytus (K.) ST.
VUs Zone à H. versabilis K.
VUi S. cf. uncatus H.
GMs Zone à Ar. gracilis K.
GMm E. gr. minutus
GMi H., S. & M.
GHs Zone à Ar. gracilis K.
GHi cf. Ac. hirtus N.
GP4
GP3 Zone à P. greggsii (M.)
GP2 R. planus D. & N.
GP1
LTs Zone à A. langi (T.-L.) A.
LTi S. triangulatus A.
Zones à Foraminifères (6)
Zone à CF 1 Chernyshinella
ε
δ
γ
β
α
Zone à Quasiendothyra DF 3
Zone à DF 2? Septatournayella
Zone à DF 1? Naticella
Indices (syncl. de Dinant) (7)
Tn2 (pars)
Tn 1b β γ α
Tn 1a (γ)
Tn1a α,β
Fa2d
Fa2c
Fa 2
Fa 2 b
Fa2a α β
Fa1b
Fa 1
Fa1a
F 3
sup!
inf!
F 2
i" j
i' h
f g
e d
b c
a
Zones à Ostracodes (8)
CTO 2
CTO 1
DSO 8
DSO 7
DSO 6
DSO 5
DSO 4
DSO 3
DSO 2
DSO 1

Fig. 35

Fig. 35 : Stratigraphie du Dévonien supérieur utilisée dans ce travail. Les zones à Ostracodes (colonne 8) seront calées par rapport aux zones de cette figure.

(1) = D'après la zonation des auteurs allemands ; voir par exemple HOUSE & ZIEGLER (1977) et BLESS & BECKER (1974).

(2) = Nombres Repères (= M.g.m. = Micropaleontological guiding-marks) définis par les auteurs du livre-guide sur le Symposium international sur les limites micropaléontologiques belges (BOUCKAERT & STREEL édit., 1974).

(3) = D'après ZIEGLER (1962, 1966, 1971) et les auteurs des M.g.m. de la colonne (2). Remarque : Selon la conception donnée à la zone à *Ancyrognathus triangularis*, la base de celle-ci peut être placée plus bas comme l'indique la petite flèche (document inédit de M. COEN).

(4) = D'après RABIEN (1954) et GOODAY (1974, 1978).

(5) = D'après STREEL *in* : BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1968), BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1971), BECKER & alii (1974).

(6) = D'après CONIL, GROESSENS & PIRLET (1976).

(7) = Indices stratigraphiques belges utilisés dans le Synclinorium de Dinant : voir le paragraphe 3.5 et fig.42 .

(8) = Zonation, à l'aide des Ostracodes benthiques, présentée dans ce travail (voir paragraphe 3.9.2 et tabl. 6).

La limite inférieure de la zone à *Cheiloceras* (do II) est ainsi placée à l'intérieur de la zone supérieure (U) à *Palmatolepis triangularis* sensu ZIEGLER (1962). Les colonnes (1)et(3) de notre Fig. 35 furent ainsi établies d'après les auteurs précédemment cités. Nous y avons juxtaposé les Nombres Repères (= M.g.m. = Micropaleontological guiding-marks) institués en fonction des zones à microfossiles à l'occasion du Symposium International de Namur (BOUCKAERT & STREEL, 1974) (Fig. 35, colonne 2) ainsi que les zonations des autres groupes micropaléontologiques. Celle qui concerne les Ostracodes entomozoïdés (Fig. 35, colonne 4) fut établie en Allemagne (RABIEN, 1954), reconnue et affinée en Europe par de nombreux auteurs ; la nôtre est dressée d'après les travaux de GOODAY (1974, 1978). La zonation donnée par les Spores (Fig. 35, colonne 5) est reproduite d'après BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1968, 1971) et STREEL in BECKER & alii (1974).

Certains Foraminifères jouent aussi un rôle dans les corrélations internationales des horizons dévono-carbonifères. La zonation en Df 1, Df 2, Df 3 et Cf 1 (Fig. 35, colonne 6) est celle de CONIL & alii (1976) et CONIL (communications personnelles).

Les zonations ainsi précisées et fixées, il convient de les raccorder avec la chronostratigraphie du Dévonien supérieur utilisée dans ce travail et qui a pris naissance dans le Massif ardennais franco-belge. En plus des auteurs déjà cités, de nombreuses précisions ont été apportées sur ce sujet par les études de GROESSENS (1974), de DREESEN, DUSAR & GROESSENS (1976), de BOUCKAERT & GROESSENS (1976), de DUSAR (1976a) et de BOUCKAERT & alii (1977) pour la limite dévono-carbonifère, et de BOUCKAERT & DREESEN (1976), DREESEN (1976), DUSAR & DREESEN (1976) et DREESEN, DUSAR & GROESSENS (1977) pour le Famennien.

La définition du Strunien est celle de CONIL, GROESSENS & PIRLET (1976). Cet étage correspond à l'association paléopalynologique à *pusillites-lepidophytus* et contient une grande partie de la zone à Conodontes à *Bispathodus costatus* sensu ZIEGLER, SANDBERG & AUSTIN (1974) et la "Faune à *Protognathodus*" ZIEGLER, 1969. Son extension est sensiblement celle de la zone à *Wocklumeria* (do VI). Ainsi redéfinie, la limite inférieure du Strunien coïncide avec celle du Fa2d sen-

su BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1968) et voisine de la base du Tn1a sensu CONIL (1964). Sa limite supérieure est située à l'intérieur du Tn1b sensu CONIL (1964) et coïncide assez précisément avec la limite dévono-carbonifère définie à Heerlen en 1935. Le premier étage du Carbonifère est maintenant l'Hastarien sensu CONIL, GROESSENS & PRILET (1976). Par rapport aux "M.g.m.", la limite Dévonien/Carbonifère est celle des n° 51/52, et la limite Famennien/Strunien correspond à celle des n° 43/44.

Nous suivons BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1968) pour faire coïncider la limite entre le Famennien inférieur (Fa1) et le Famennien supérieur (Fa2) avec la limite do IIα /do IIβ de la zonation allemande des Céphalopodes. Cette coupure à l'avantage de coïncider également avec la limite M.g.m. 30/31, avec celle des zones à Conodontes *crepida/rhomboidea*, avec celle des zones palynologiques GHi/GMs et avec celle des zones à Foraminifères Df 2/Df 3.

Un problème subsistait pour placer exactement la limite Frasnien-Famennien. C'est grâce au travail de MOURAVIEFF & BOUCKAERT (1973) et à la mise au point de BOUCKAERT, MOURAVIEFF, STREEL, THOREZ & ZIEGLER (1972) que cette question fut éclairée. Ces auteurs étudient la coupe-type de Senzeilles et rappellent comment GOSSELET (1877) fixa la limite Frasnien-Famennien au km 101, 026 dans des shales noirâtres où les Conodontes n'ont pas été découverts jusqu'ici. A 7 m de puissance au-dessus (km 101, 045), la première faune extraite indique la zone moyenne (M) à *Palmatolepis triangularis sensu* ZIEGLER (1962). Il est probable que cette épaisseur sans Conodonte correspond au moins à une partie de la zone inférieure (L) à *Palmatolepis triangularis* (zone ZIEGLER, 1962). C'est pourquoi nous sommes très proches de la vérité en plaçant la limite Frasnien-Famennien à la base de cette zone ou encore à la limite des M.g.m. 23/24. Pourtant cette solution adoptée ici risque d'être légèrement modifiée dans l'avenir puisque DUSAR (1976b) remet en question la valeur de la zone inférieure (L) à *Palmatolepis triangularis* sensu ZIEGLER (1962) telle que celle-ci est comprise en Belgique. Quoiqu'il en soit le Frasnien supérieur utilisé dans ce travail correspond à la

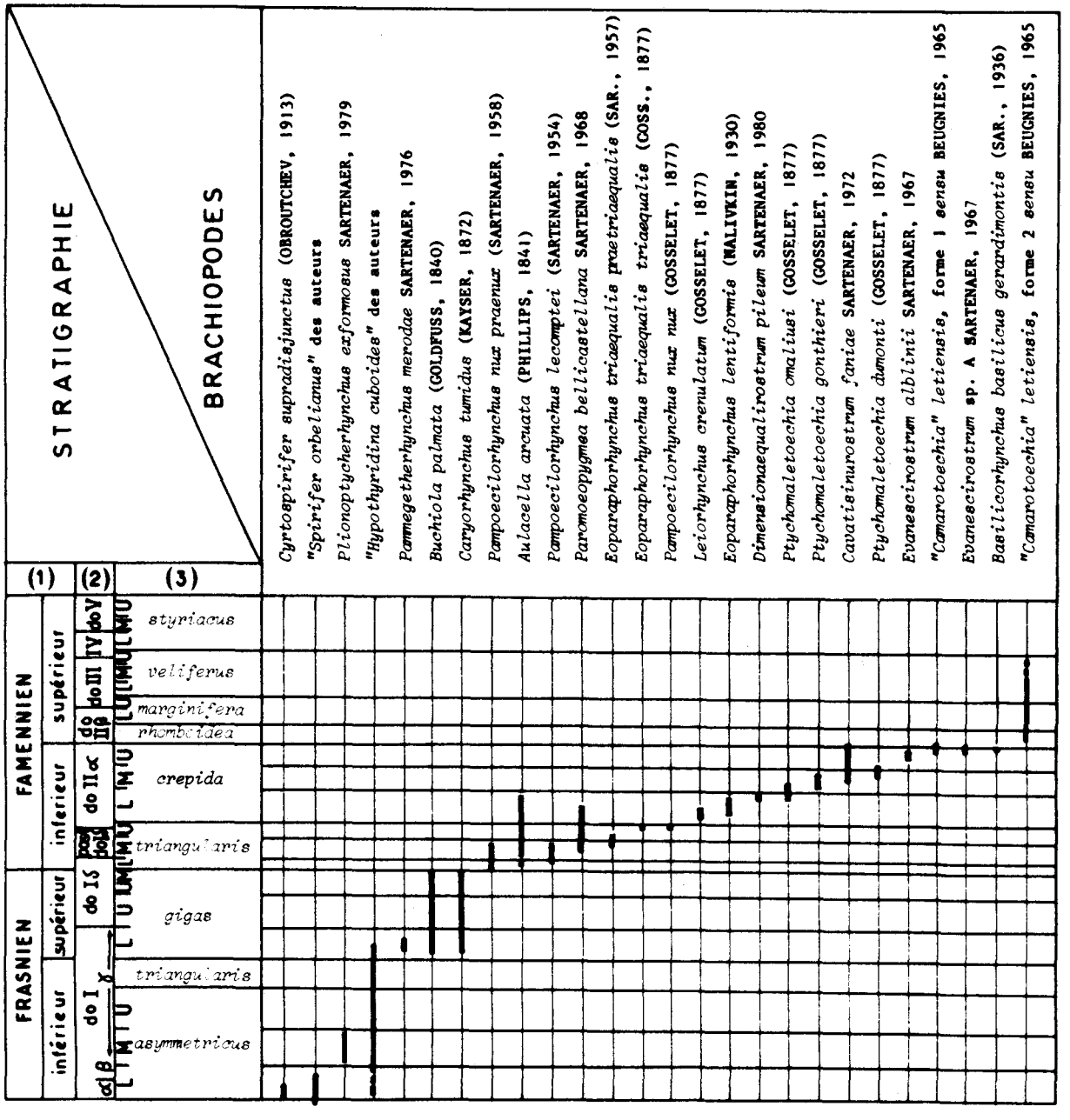


Fig 36 : Répartition de certaines espèces de Brachiopodes dans le Dévonien supérieur ardennais d'après SARTENAER (1968a, 1972, 1974, 1976, 1979, 1980), BEUGNIES (1965), BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1968) et BRICE (1976).

(*) Nous avons également pris en compte le célèbre lamellibranche *Buchiola palmata*.

(1) = chronostratigraphie, (2) = zones à Céphalopodes, (3) zones à Conodontes (voir le paragraphe 3.4 et Fig. 35).

BIBS LILLE

zone entière à *Palmatolepis gigas* sensu ZIEGLER (1962, 1971) ou encore pour les Céphalopodes à une grande partie de la zone à *Crickites holzapfeli* WEDEKIND, 1913 sensu HOUSE & ZIEGLER (1977) (= do Iδ) ajoutée au sommet de la zone à *Manticoceras cordatum* (G. & F. SANDBERGER, 1850) sensu HOUSE & ZIEGLER (1977) (= do Iγ) . Le Famennien inférieur comprend les zones entières à *Palmatolepis triangularis* sensu ZIEGLER (1962) et à *Palmatolepis crepida* sensu ZIEGLER (1962) ou encore, pour les Céphalopodes, le sommet du do Iδ avec le "post do Iδ " et ajouté à la zone inférieure à *Cheiloceras* (do IIα).

Ce qui précède montre que nous plaçons la limite Frasnien supérieur/Frasnien inférieur en concordance avec la limite *triangularis/gigas* des Conodontes. Cette coupure est conventionnelle puisque les "Schistes de Matagne" n'ont pas de stratotype (CASIER, 1976). Elle a l'avantage de coïncider avec des limites zonales chez les Ostracodes entomozoïdés et les Spores, mais l'inconvénient de passer dans le sommet du do Iγ.

La limite Givétien/Frasnien est celle qui, historiquement prioritaire, fut adoptée par GOSSELET (1879, p. 36) à Givet (voir BRICE & coll., 1980). Elle correspond à la limite entre les sous-zones de Conodontes inférieure inférieure (LM) et inférieure (L) à *asymmetricus*. Cette coupure coïncide également avec une limite zonale chez les Ostracodes entomozoïdés, avec une rupture faunique fondamentale chez les Ostracodes benthiques ainsi que nous le verrons, et avec la limite des m.g.m. 17/18.

Ainsi définies, la biostratigraphie et la chronostratigraphie du Dévonien supérieur seront également utilisées comme telles dans l'Ouest du Canada.

Dans ce cadre stratigraphique nous rappellerons maintenant la situation des zones à Rhynchonellidés reconnues grâce au nombreux travaux de SARTENAER (1954 à 1979). La Fig. 36 présente, pour la première fois, la répartition des espèces de Brachiopodes dont la valeur biostratigraphique est actuellement reconnue dans l'ensemble du Dévonien supérieur. Ce sont spécialement les données de SARTENAER (1968a, 1972, 1974, 1976, 1979) qui en sont la source. Le raccordement avec la zonation des Conodontes est dressée d'après BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1968). Les études ultérieures du couple Rhynchonel-

	Unités (1) lithostratigraphiques	Références (2) originales	Coupes de références (3)
TOURN.	Calc. d'Avesnelles (Fm)	CONIL & LYS (1970)	Tranchées de St-Hilaire et d'Avesnelles (CONIL & coll. 1964) (= notre gisement n° 1).
STRUNIEN	Calc. d'Etroeungt (Fm)	CONIL & LYS (1967, 1970)	Carrière du Parcq et tranchée d'Avesnelles (CONIL & coll., 1964, et CONIL, 1973) (= notre gisement n° 2).
	Fm de l'Epinette	CONIL & LYS (1967, 1970)	Tranchée d'Avesnelles (CONIL & coll., 1964 ; CONIL & LYS, 1970 et CONIL, 1973) (= notre gisement n° 1).
FAMENNIEN	"Sch." de Sains (*)	GOSSELET (1879, 1880b)	Tranchée du Pont-de-Sains (GOSSELET, 1879 ; BEUGNIES, 1965 ; BOUCKAERT & alii, 1978) (= notre gisement n° 3). Environs de Sains-du-Nord & Sémeries.
	"Sch." de Mariembourg (*)	GOSSELET (1879, 1880b)	Talus de route de Mariembourg à Roly (GOSSELET, 1880).
	"Sch." de Senzeilles (*)	GOSSELET (1879)	Tranchée de Senzeilles (GOSSELET, 1877, 1888 ; SARTENAER, 1960 ; BOUCKAERT & STREEL édit., 1974) (= notre gisement n° 18).
FRASNIEN	"Sch." de Matagne (*)	GOSSELET (1871)	Pas de coupe type désignée. Coupes célèbres : Tranchée au Nord de Frasnes (SARTENAER, 1974 ; BOUCKAERT & STREEL édit., 1974 (= notre gisement n° 13). Affleurement de l'église de Boussu-en-Fagne (SARTENAER in CASIER, 1975) (= notre gisement n° 9).
	"Sch." de Barvaux-sur-Ourthe (*)	GOSSELET (1880a)	Tranchée d'Aye du chemin de fer de Liège à Marloie près de Barvaux-sur-Ourthe (GOSSELET, 1881, 1888 ; COEN, 1974).
	Fm de Neuville	TSIEN (1972, 1974)	Tranchée de chemin de fer de Neuville (BOUCKAERT & MOURAVIEFF, 1970 ; BOUCKAERT & STREEL édit., 1974 ; TSIEN, 1975 ; COEN, 1978).
	Fm de Frasnes	TSIEN (1972)	Voir les coupes-type des Membres de Boussu-en-Fagne, de Lion, de Bieumont, de l'Ermitage, de l'Arche et de Chalon.
	Mb de Boussu-en-Fagne	TSIEN (1972, 1974)	Tranchée de chemin de fer au Sud de la gare de Frasnes (LECOMPTE, 1963). Tranchée d'accès à la carrière du Lion (LECOMPTE, 1963 ; BOUCKAERT & STREEL édit., 1974) (= notre gisement n° 12).
	Mb de Lion	TSIEN (1972, 1974)	Carrière du Lion (LECOMPTE, 1963, 1970)
	Mb de Bieumont	TSIEN (1972, 1974)	Pas de coupe-type désignée. Coupe célèbre : tranchée de chemin de fer au Sud de la gare de Frasnes (LECOMPTE, 1963 ; BOUCKAERT & STREEL édit., 1974).
	Mb de l'Ermitage	TSIEN (1972, 1974)	Coupe du chemin de l'Ermitage à Boussu-en-Fagne (LECOMPTE, 1963).
	Mb de l'Arche	TSIEN (1972, 1974)	Coupe de la carrière de l'Arche (LECOMPTE, 1963 ; TSIEN, 1975).
	Mb de Chalon	TSIEN (1972, 1974)	Pas de coupe désignée. Coupe célèbre : carrière de l'Arche (LECOMPTE, 1963 ; TSIEN, 1975) (= notre gisement n° 11).
	Fm de Dailly	TSIEN (1972, 1974)	Tranchée de chemin de campagne au Nord de Dailly près de Frasnes (TSIEN, 1972).
GIVETIEN	Fm de Fromelennes	ERRERA, MAMET & SARTENAER (1972)	Tranchée de route de Fromelennes à Flohimont et coupe du Moulin Boreux (ERRERA & alii, 1972 ; COEN & COEN-AUBERT, 1971 ; BONTE & RICOURT, 1948, 1949, 1950 ; BRICE & coll., 1980).

Fig. 37 : Principaux paramètres servant à définir les unités lithostratigraphiques échantillonnées dans ce travail.
(1) A côté d'unités formelles que sont les Formations (Fm) et les Membres (Mb), d'autres, utilisées traditionnellement, restent à définir selon les règles internationales (HEDBERG, 1979): elles sont marquées d'un (*).
(2) La référence originale est celle de la première apparition du nom de l'unité.
(3) Le lecteur se reportera aux références pour trouver une description et une situation exacte des coupes-type.

BRS LILLE

lidés-Conodontes ont montré quelques différences dans les extensions par rapport à celles des auteurs précédents, notamment dans le Famennien inférieur (voir par exemple BOUCKAERT & DREESEN, 1976). Dans la partie sud-orientale du Bassin de Dinant, DUSAR (1976) parle même "de diachronisme des zones à Rhynchonelles" du Famennien inférieur. Nous ne saurions souscrire à une telle notion surtout dans une région aussi limitée. La migration d'espèces est un phénomène rarement démontré lorsque le taxon est défini avec précision. S'il s'agit d'une liaison au faciès, il convient de choisir l'extension maximale pour désigner la zone. Bref, un problème subsiste dans le raccordement précis et définitif des zones à Rhynchonellidés et à Conodontes. Il ne pourra être résolu que par les auteurs concernés.

3.5. - La lithostratigraphie du Dévonien supérieur.

3.5.1.- Remarques préalables.

Comme nous l'annoncions dans le paragraphe 3.3.1, certaines unités sont formelles parce que récemment redéfinies avec des coupes de références, etc.... L'exemple typique est celui des Formations dévoniennes du Bas-Boulonnais établies par BRICE & alii (1978).

Au bord Sud du Synclinorium de Dinant nous utiliserons un mélange d'unités formelles et d'unités traditionnelles restant à définir. Les coordonnées de cet ensemble sont rassemblées dans la Fig. 37. Au Givétien supérieur, la définition de la Formation de Fromelennes est celle de ERRERA & alii (1972). La lithostratigraphie du Frasnien inférieur est reprise des travaux de TSIEN (1972, 1974, 1975, 1980). Toutefois nous regrettons que le document original de cet auteur (TSIEN, 1972) soit inédit, et ait subi des modifications non amendées par la suite (TSIEN, 1974, 1975, 1980).

Dans le Frasnien supérieur principalement, les "Schistes" de Matagne (*) (GOSSELET, 1871) restent à redéfinir et n'ont pas de stratotype désigné. Au Famennien, les "Schistes" de Senzeilles, les

---

* Le mot "Schiste" sera placé entre guillemets puisqu'il désigne un sédiment pélitique et non la présente obligatoire d'une schistosité.

"Schistes" de Mariembourg et les "Schistes" de Sains (GOSSELET, 1879, 1880b) doivent être redécrits et leurs limites précisées pour être formelles bien que quelques auteurs leur accolent le mot formation (BOUCKAERT & DREESEN, 1976). Dans le Strunien et le Tournaisien basal, la Formation de l'Epinette, le Calcaire d'Etroeungt et le Calcaire d'Avesnelles sont utilisés dans un sens formel puisque ces unités lithostratigraphiques furent désignées en tant que telles (CONIL & LYS, 1967, 1970) avec des coupes de références précises et décrites (CONIL & coll., 1964, et CONIL, 1973).

Bien que nous n'ayons pas échantillonné au bord Nord du Synclinorium de Dinant et dans le Synclinorium de Namur, les Fig. 38 et 39 résument l'avancement des études lithostratigraphiques pour le Dévonien supérieur de ces secteurs.

3.5.2.- Les horizons frasniens en Ardenne (Fig. 38).

Les horizons frasniens sont largement représentés en Ardenne et correspondent à une transgression généralisée (voir p. 125). Les épaisseurs de l'étage sont notables dans le Bassin de Namur (200 à 415 m au bord Nord d'après MAGNE , 1964) et dans le Bassin de Dinant (600 m au bord Sud d'après DELATTRE & alii, 1970). Néanmoins des épaisseurs plus faibles (150 m) d'après LECOMPTE & G. WATERLOT (1956) enregistrées de chaque côté de la Faille du Midi montrent que la subsidence était déjà moins importante à cet endroit. Les faciès sont essentiellement des shales plus ou moins calcareux à biohermes cantonnés dans les régions de Frasnes et de Rochefort pour le bord Sud et le centre du Synclinorium de Dinant, et à biostromes pour le reste de l'Ardenne. La faune est riche : Stromatopores, Coraux, Spiriféridés, Rhynchonellidés, Productellidés, Crinoïdes, etc.... Nous ne reviendrons pas sur les divisions en assises des anciens auteurs qu'on retrouvera facilement dans le lexique stratigraphique international (vol. I, fasc. 4a, 1956, p. 199). Nous présentons (Fig. 38) l'état actuel des divisions lithostratigraphiques. Celles du bord Sud du Synclinorium de Dinant sont dressées d'après TSIEN (1972, 1974, 1975) et ERRERA & alii (1972) avec un additif : nous avons ajouté les indi-

ces en F2a, F2b, etc... sensu MAILLIEUX & DEMANET (1929) et LECOMPTE (1970) mais pris ici dans un sens lithostratigraphique pour la région-type de Frasnes, Couvin et Boussu-en-Fagne.

Au bord Nord du Synclinorium de Dinant et au bord Sud du Synclinorium de Namur les divisions sont dressées d'après les révisions récentes de LACROIX (1974) et COEN-AUBERT et COEN (1974) et sur les conseils (communication écrite) de M. COEN (Université de Louvain, Belgique). Pour le bord Nord du Synclinorium de Namur, nous conservons les unités traditionnelles décrites par ASSELBERGHS (1936) et qui sont encore utilisées jusqu'ici.

Nous passerons uniquement en revue la série lithostratigraphique au Sud du Synclinorium de Dinant où nos récoltes d'Ostracodes furent les plus abondantes. De bas en haut, on distingue :

- La Formation de Dailly (TSIEN, 1972, 1974) qui repose sur les calcaires givétiens, la Formation de Fromelennes (ERRERA & alii, 1972). L'unité débute par des shales et calcaires argileux à Brachiopodes abondants : c'est la "zone des monstres" sensu GOSSELET (1971) à *Spirifer orbelianus* des auteurs (=F2a). La partie supérieure présente des shales verdâtres à nodules calcaires et à nombreux Receptaculitidés et Brachiopodes (=F2b). Epaisseur = 45-50 m.

- La Formation de Frasnes (TSIEN (1972)) : shales et calcaires argileux à faune abondante de Crinoïdes, Coelentérés, Brachiopodes articulés dont "*Hypothyridina cuboides*" des auteurs et contenant des lentilles biohermales. Epaisseur = 350-400 m. L'unité est divisée en sept membres.

. Le Membre de Chalon (TSIEN, 1972, 1974) : shales et calcaires noirâtres à nombreux *Disphyllum* (=F2c). Il constitue le soubassement et le passage latéral du Membre de l'Arche.

. Le Membre de l'Arche (TSIEN, 1972, 1974) est un niveau de biohermes (=F2d) à Stromatopores et Polypiers surmontés par

. Le Membre de l'Ermitage (TSIEN, 1972, 1974) à shales verdâtres et gris contenant des Rhynchonellidés et des *Xenocidaris* (=F2e + F2f),

Fig. 38 : Lithostratigraphie du Frasnien en Ardenne. (Fm = Formation ; Mb = Membre)

(1) : Nombres repères d'après les auteurs du livre-guide du Symposium de Namur (BOUCKAERT & STREEL édit., 1974).

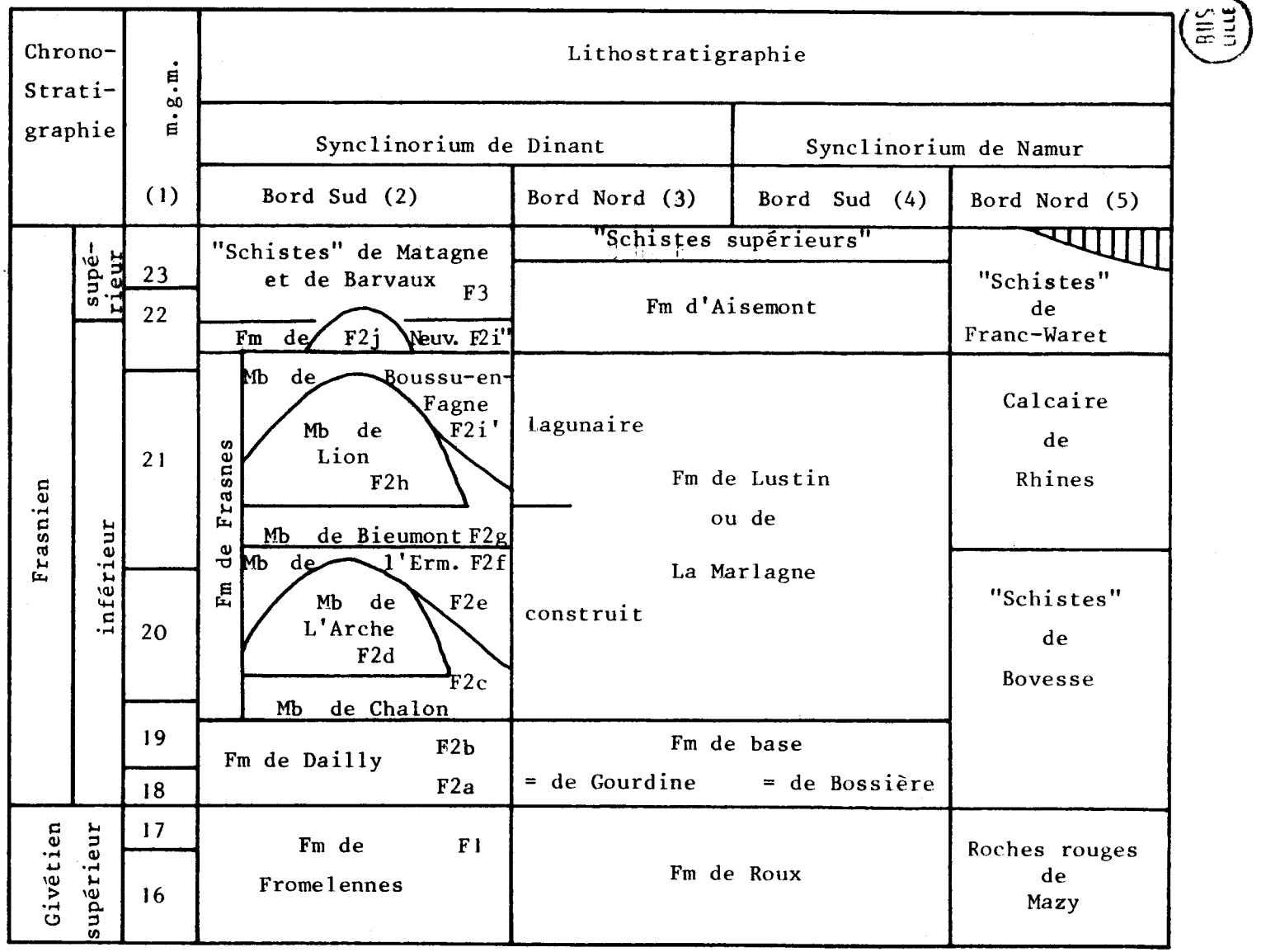
(2) : Lithostratigraphie de la région de Frasnes d'après TSIEN (1972, 1974, 1975) et ERRERA & alii (1972) avec les indices de MAILLIEUX & DEMANET (1929) repris par LECOMPTE (1970) et pris ici dans un sens lithostratigraphique.

(3) et (4) : D'après LACROIX (1974), COEN-AUBERT & COEN (1974) et COEN-AUBERT & LACROIX (1979).

(5) D'après ASSELBERGHS (1936).

(2), (3), (4), (5) : L'ensemble est également dressé d'après les conseils et documents inédits de M. COEN (Université de Louvain) et d'après le tableau général des formations dévono-dinantiennes de la Belgique et de l'Avesnois (emprunté au livret-guide "Belgique" en préparation aux éditions Masson).

BIUS LILLE


Chrono-Stratigraphie
m.g.m.
(1)
Lithostratigraphie
Synclinorium de Dinant
Synclinorium de Namur
Bord Sud (2)
Bord Nord (3)
Bord Sud (4)
Bord Nord (5)
Frasnien
supérieur
inférieur
23
22
21
20
19
18
"Schistes" de Matagne et de Barvaux F3
Fm de F2j
Neuv. F2i"
"Schistes supérieurs"
Fm d'Aisemont
"Schistes" de Franc-Waret
Fm de Frasnes
Mb de Boussu-en-Fagne F2i'
Mb de Lion F2h
Mb de Bieumont F2g
Mb de l'Erm. F2f
Mb de L'Arche F2d
F2e
F2c
Mb de Chalon
lagunaire
Fm de Lustin ou de La Marlagne
construit
Calcaire de Rhines
"Schistes" de Bovesse
Fm de Dailly F2b F2a
Fm de base
= de Gourdine
= de Bossière
Givétien supérieur
17
16
Fm de Fromelennes F1
Fm de Roux
Roches rouges de Mazy

. le Membre de Bieumont (TSIEN, 1972, 1974) est un calcaire stratifié gri-bleu (=F2g). Il constitue le soubassement et le passage latéral du Membre du Lion.

. Le Membre de Lion (TSIEN, 1972, 1974) correspond à un niveau de biohermes (=F2h) à Stromatopores et Polypiers surmontés par

. le Membre de Boussu-en-Fagne (TSIEN, 1972, 1974) constitué de shales calcareux contenant le "*Spirifer pachyrhynchus*" des auteurs (=F2i').

- La Formation de Neuville (TSIEN, 1972, 1974) : shales plus fins à nodules calcaires (=F2i') contenant de petites lentilles biohermales (=F2j) et d'environ 60 à 70 m d'épaisseur.

- L'unité supérieure du Frasnien qui comprend les "schistes" de Matagne GOSSELET (1871) n'est pas définie (=F3). Il s'agit d'environ 80 m de shales et argilites foncées à Goniatites, Orthocères, Entomozoïdés, Rhynchonellides et contenant *Buchiola palmata* (GOLDFUSS, 1840). A l'Est, cet ensemble trouve son équivalent, au moins en grande partie, dans les "schistes" de Barvaux GOSSELET (1880) à nombreux *Cyrtospirifer verneuili* (MURCHISON, 1840). Les faunes citées le sont pour leur présence ou leur abondance mais elles ne caractérisent évidemment pas les limites de ces unités stratigraphiques.

3.5.3.- Les horizons famenniens en Ardenne.

Les horizons famenniens de l'Ardenne sont essentiellement détritiques et spécialement dans le Bassin de Namur. Dans cette dernière structure, la régression évoquée précédemment (p.125) se manifeste par l'absence généralisée du Strunien, par la diminution d'épaisseur du Famennien (MAGNE, 1964, p. 124, fig. 21) ou parfois sa disparition comme dans la coupe de Méhaigne (extrémité orientale du bord Nord) : lacune d'érosion ou non sédimentation (?). Dans la région de Visé, bordure orientale du Massif du Brabant, le Viséen peut reposer directement sur les calcaires karstifiés de Rhines du Frasnien (KIMPE & alii, 1978 et BLESS & alii, 1980). De plus, ce Famennien peu épais (0 à 250 m) du Bassin de Namur, principalement arénacé, riche en arkoses et en psammites,

contient peu de fossiles. Pour cette raison, les divisions stratigraphiques ont été définies initialement dans le Synclinorium de Dinant. Le Strunien et ses équivalents y sont généralement complets et le Famennien plus épais : 450 m au bord Nord contre une estimation maximale de 2000 m au bord Sud (MAGNE, 1964, p. 124). Ici le lithofaciès est toujours détritique avec les mêmes éléments que précédemment (voir THOREZ, 1965), mais les intercalations argileuses, calcaires et dolomiriques sont plus fréquentes. Des différences sédimentologiques entre l'Est et l'Ouest du Synclinorium de Dinant ont entraîné l'établissement de deux séries de divisions stratigraphiques sur l'initiative de deux auteurs, l'un français (GOSSELET, 1857, 1879, 1880, 1888) et l'autre belge (MOURLON, 1875, 1882). A la suite de ces précurseurs, de nombreuses révisions ont rendu certaines unités lithostratigraphiques formelles alors que les autres restent utilisées dans leur conception traditionnelle mais non réglementaire.

Dans le Synclinorium de Dinant occidental, on enregistre de bas en haut :

- Les "Schistes" de Senzeilles (GOSSELET, 1879) : shales verdâtres à minces lits carbonatés ou gréseux, contenant *Ptychomaletoechia omaliusi* (GOSSELET, 1877) dans la partie supérieure et de nombreuses autres Rhynchonelles dans la partie inférieure (voir SARTENAER, 1960), ainsi que *Aulacella arcuata* (PHILLIPS, 1841).

- Les "Schistes" de Mariembourg (GOSSELET, 1879, 1880b) : shales verdâtres, violacés à nodules et minces lits carbonatés ou gréseux, contenant *Ptychomaletoechia dumonti* (GOSSELET, 1877) et *Basilicorhynchus basilicus gerardimontis* (SARTENAER, 1956).

- Les "Schistes" de Sains (GOSSELET, 1879, 1880b) : shales verdâtres à lits gréseux, à nodules calcaires pouvant passer à des séries de bancs calcaires nodulaires crinoïdiques et contenant de nombreux Brachiopodes dont le groupe des *"Camarotoechia" letiensis* des auteurs (voir BEUGNIES, 1965, p. 431).

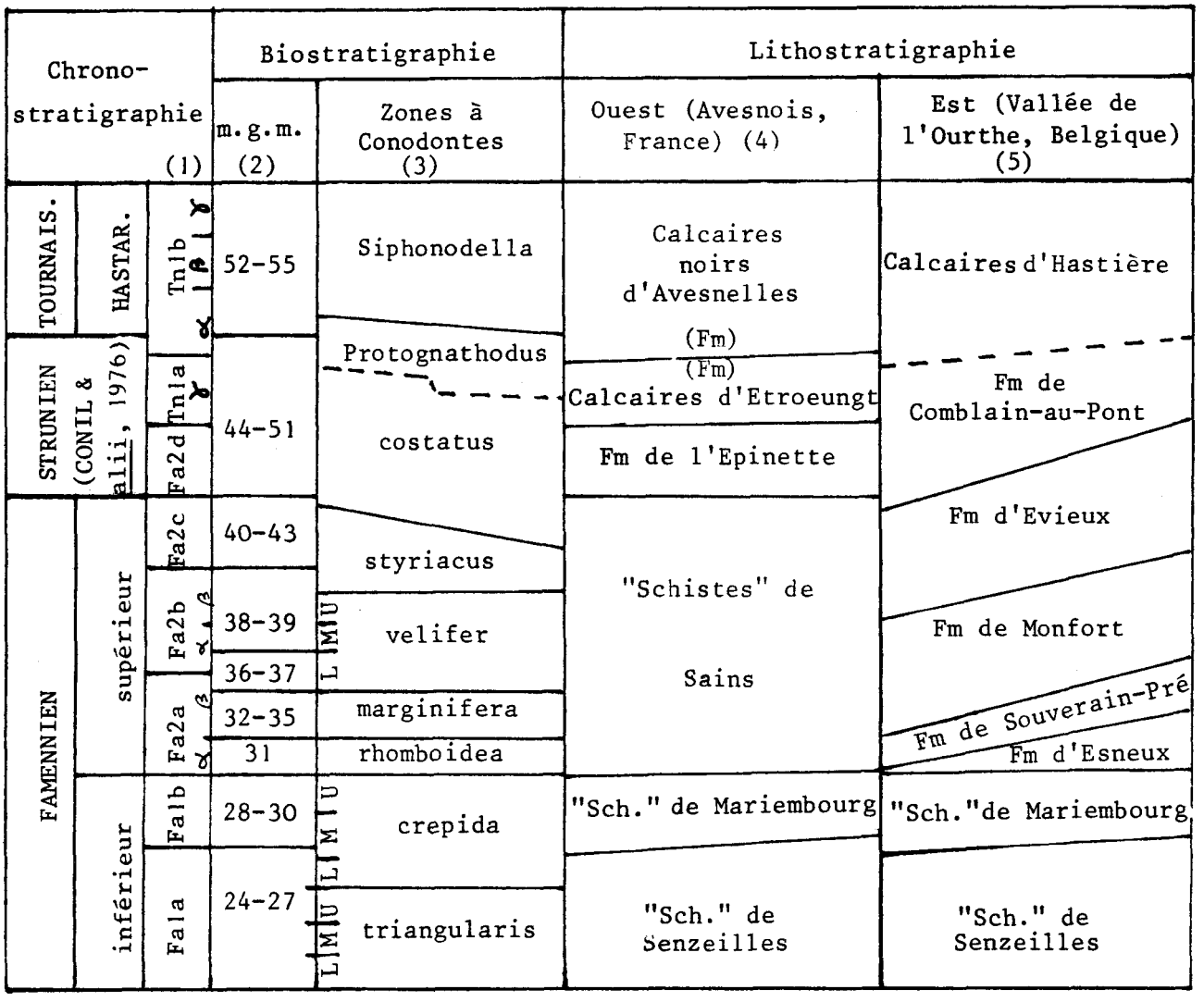


Fig. 39 : Principales divisions lithostratigraphiques du Famennien dans le Synclinorium de Dinant avec les correspondances bio- et chronostratigraphiques. Fm = Formation.

(1) : Indices belges de la carte géologique.

(2) et (3) : mêmes significations et mêmes sources que Fig. 35.

(4) : pour les références de ces unités, voir la Fig. 37.

(5) : d'après BOUCKAERT, STREEL & THOREZ (1968, 1970).

- La Formation de l'Epinette (CONIL & LYS, 1967, 1970) (=Strunien schisteux et gréseux = Tn1aα,β sensu CONIL & LYS, 1964) fut instaurée plus récemment d'une façon formelle. Il s'agit d'alternances de shales et de lits, lenticules, ou nodules calcaires organoclastiques. Cette unité appartient à la zone palynologique *"pusillites-lepidophytus"* (STREEL, 1969).

- La Formation des Calcaires d'Etroeungt (CONIL & LYS, 1967, 1970) (=Strunien calcaire, Tn1aγ sensu CONIL & LYS, 1964 = Calcaire d'Etroeungt s.l. sensu CONIL & LYS, 1967). Il s'agit d'un niveau biostromal à Stromatopores et Polypiers à la base, surmonté d'une série calcaire organoclastique à passées argileuses. L'unité est comprise dans la partie supérieure de la zone à *"pusillites-lepidophytus"*. Un récapitulatif bibliographique de ce niveau célèbre est résumé par PRUVOST & G. WATERLOT (1956, p. 68).

- La Formation des Calcaires noirs d'Avesnelles (CONIL & LYS, 1970) : calcaires gris-foncés à noirs, en bancs d'épaisseur inférieure au mètre le plus souvent (CONIL & LYS, 1970). La limite dévono-carbonifère internationale est située dans la base de la Formation (CONIL & alii, 1976).

On voit que ces unités stratigraphiques sont néanmoins liées à un contenu faunique ou palynologique. Le caractère lithostratigraphique est dû au fait que leurs limites n'étaient pas définies paléontologiquement avec précision, du moins à l'origine.

Dans le Synclinorium de Dinant oriental, les unités lithostratigraphiques sont différentes dans le Famennien supérieur et plus diachroniques comme BOUCKAERT & alii (1968, 1969, 1970) et BECKER & alii (1974) l'ont démontré par l'étude des spores et des Conodontes. La Formation psammitique d'Esneux (BOUCKAERT & alii, 1970), la Formation carbonatée de Souverain-Pré et les Formations psammitiques d'Evieux et de Montfort (BOUCKAERT & alii, 1970) sont

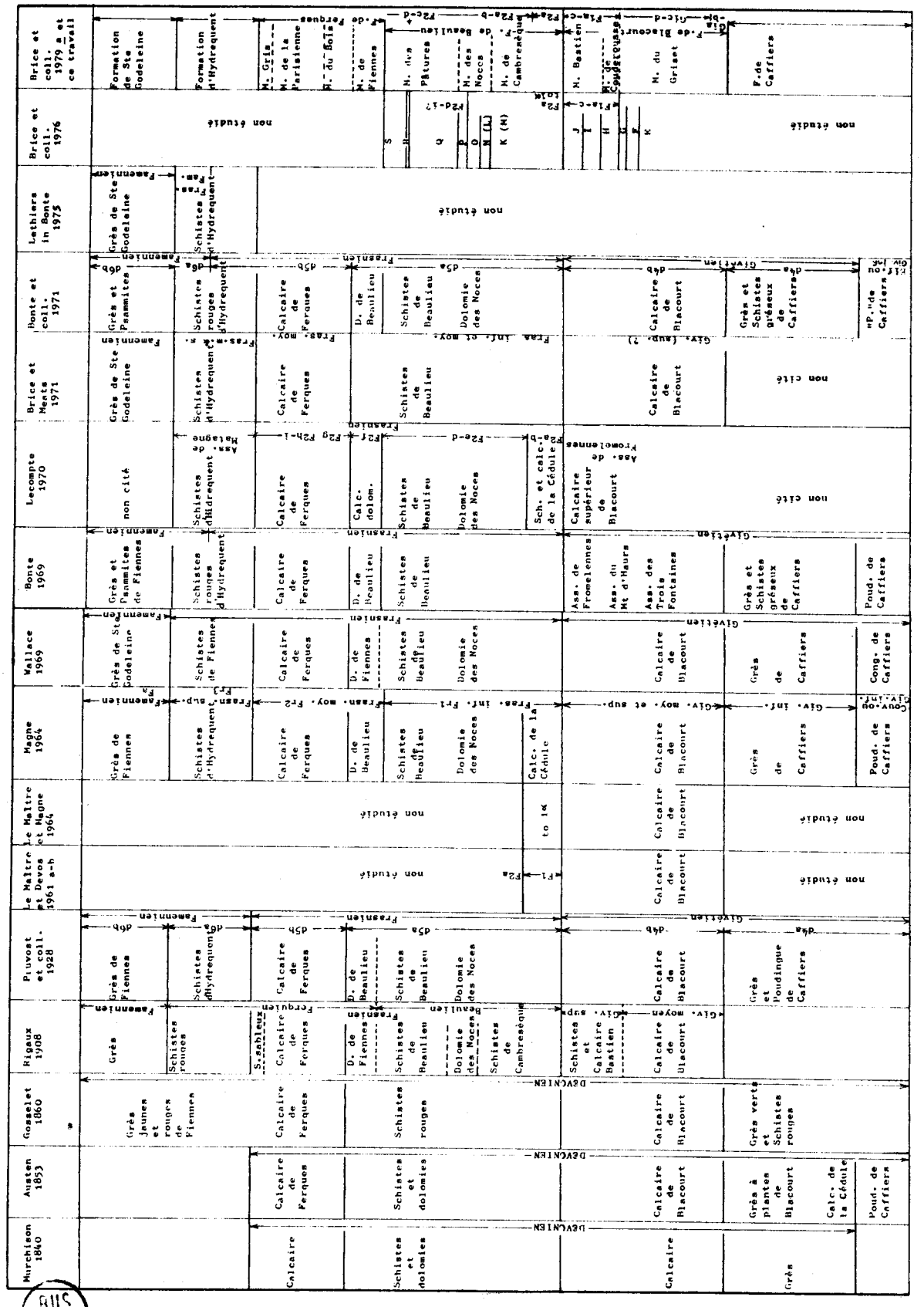


Fig. 40 - Divisions stratigraphiques dévoniennes du Bas-Boulonnais et leur ajustement à la chronostratigraphie d'après les auteurs (Extrait de BRICE & alii , 1978b).

Parmi ces références, PRUVOST & coll., 1928 correspond à la carte géologique de Boulogne au 1/80 000, 3ème édition et BONTE et coll., 1971 renvoie à la feuille de Marquise au 1/50 000, 1ère édition.

les équivalents des "Schistes" de Sains, et les psammites, shales et calcaires de la Formation de Comblain-au-Pont sont partiellement équivalents de la Formation des Calcaires d'Etroeungt. Des précisions supplémentaires sur ces formations ont fait l'objet d'un travail récent (THOREZ & alii, 1977). Les calcaires crinoïdiques d'Hastière correspondent à la Formation des Calcaires noirs d'Avesnelles (CONIL & LYS, 1970). La Figure 39 propose un calage des unités par rapport aux divisions chrono- et biostratigraphiques. L'ajustement est établi grâce aux études des Conodontes, Spores et Foraminifères des auteurs précités. Des précisions intéressantes sur les "Schistes" de Senzeilles sont également données par BOUCKAERT & alii (1972) et BOUCKAERT & DREESEN (1976), et des preuves de diachronisme apportées par DUSAR & DREESEN (1976).

3.5.4.- La lithostratigraphie du Dévonien supérieur en Boulonnais.

Dans l'affleurement paléozoïque du Bas-Boulonnais, les terrains dévoniens (= le Dévonien de Ferques des auteurs) furent subdivisés en unités stratigraphiques différentes de celles de l'Ardenne. Fixées dès le début du XXe siècle (RIGAUX, 1908), elles étaient susceptibles d'engendrer la confusion comme nous l'avons rappelé précédemment.

Une telle terminologie a généralement été conservée par les différents auteurs et le seul problème était le raccordement précis à la chronostratigraphie. Nous ne reviendrons pas sur l'historique qui est consigné dans le Fig. 40 et nous irons directement aux définitions lithostratigraphiques récemment établies par BRICE & alii (1978a) (Fig. 41).

De bas en haut on distingue :

- La Formation de Caffiers (COLBEAUX *in* BRICE & alii, 1978a) qui repose en discordance sur les schistes siluriens. Il s'agit d'un ensemble détritique comprenant des poudingues, des grès et des pélites micacés à débris de Psilophytes. Epaisseur : 60 à 100 m.

?Fam.	Fm de Sainte-Godeleine
FRASNIEN	Fm d'Hydrequent
	Fm de Ferques Mb Gris Mb de la Parisienne Mb du Bois Mb de Fiennes
	Fm de Beaulieu Mb des Pâtures Mb des Noces Mb de Cambresèque
GIVETIEN	Fm de Blacourt Mb Bastien Mb de Couderousse Mb du Griset
	Fm de Caffiers

Fig. 41 : Divisions lithostratigraphiques du Dévonien de Ferques d'après BRICE & alii (1978a). Fm = Formation ; Mb = Membre.
Pour la situation et la description des coupes de référence, le lecteur se reportera aux auteurs cités.

- La Formation de Blacourt (MISTIAEN *in* BRICE & alii, 1978a) : calcaires en bancs massifs gris, à passées argileuses et à quelques niveaux de calcaires construits. Epaisseur : 230 m environ. Elle comporte trois membres.

Le Membre du Griset est le plus important (200 m), le Membre de Couderousse est composé de 8,50 m d'argiles micacées, et au

sommet le Membre Bastien comprend de nouveau 23,50 m de calcaires massifs foncés à bancs construits.

- La Formation de Beaulieu (BRICE *in* BRICE & alii, 1978a) : argilites et shales marron, verdâtres ou violacées, à niveaux calcaires ou dolomitiques. Epaisseur : 175 m environ. A la base le Membre de Cambresèque, essentiellement argileux, est riche en débris de Crinoïdes, Bryozoaires et Brachiopodes (55 m). Le Membre des Noces est représenté par une série dolomitique et calcaire partiellement construite (20 à 50 m). Au sommet le Membre des Pâtures est principalement constitué d'argiles avec un horizon calcaire vers le milieu (70 à 100 m).

- La Formation de Ferques (ROHART *in* BRICE & alii, 1978a) : calcaires à horizons construits. Epaisseur : 80 m.

Quatre Membres sont distingués :

. Le Membre de Fiennes est principalement formé de calcaire dolomitique et dolomie récifale (20 m).

. Le Membre du Bois est un calcaire en bancs construits à la base et très riche en *Productella* et *Cyrtospirifer* (15 m).

. Le Membre de la Parisienne représente 30 m de calcaires en bancs compacts, gris à marron et organoclastiques.

. Le Membre Gris est un calcaire plus argileux accompagné de marnes à Brachiopodes (15 m).

- La Formation d'Hydrequent (COLBEAUX *in* BRICE & alii, 1978a) : ensemble d'argilites, shales à lits de siltstones de couleur lie de vin, et avec un banc dolomitique vers le sommet. Epaisseur : 80 m environ.

- La Formation de Sainte-Godeleine (COLBEAUX *in* BRICE & alii, 1978a) : grès et psammites blancs d'environ 50 m d'épaisseur.

Cette série lithostratigraphique a très tôt été comparée à la série ardennaise et assimilée aux étages givétien, frasnien et

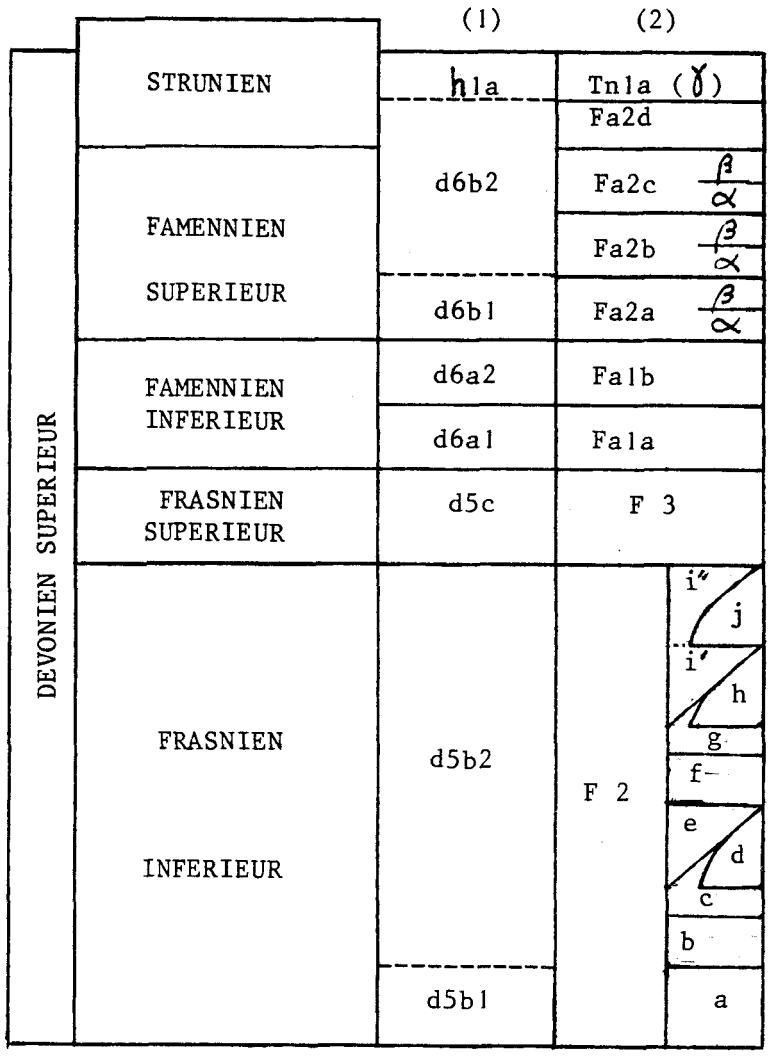


Fig. 42 : Symboles stratigraphiques généralement utilisés dans le Dévonien supérieur ardennais. A gauche (1) les indices français que nous avons retenu sont ceux de la carte géologique de Trélon au 1/50000 (1ère édition, DELATTRE & alii, 1970). A sa droite (2) les symboles belges : les indices frasniens (MAILLIEUX & DEMANET, 1929) sont utilisés comme unités lithostratigraphiques dans leur région-type du bord Sud du Synclinorium de Dinant et les indices du Famennien-Strunien sont ceux des éditions 2 à 5 de la carte géologique de Belgique au 1/40000.

famennien. Les données récentes présentées par BRICE & alii (1978a, Tabl. 1) proposent une corrélation avec la lithostratigraphie ardennaise et un ajustement biostratigraphique avec la zonation des Conodontes. On y voit que les Formations de Caffiers et de Blacourt correspondent au Givétien, que les Formations de Beaulieu et de Ferques sont d'âge frasnien, les limites de cette dernière unité étant à situer avec précision. Enfin la position stratigraphique exacte de la Formation d'Hydrequent et notamment ses rapports avec la limite Frasnien/Famennien est encore controversée. Nous reviendrons sur cette question dans l'étude des Ostracodes du Boulonnais.

3.5.5.- Conclusions et problèmes à résoudre.

Pour terminer sur le thème des divisions stratigraphiques, nous avons résumé dans la Fig. 42 les différents symboles stratigraphiques que nous utiliserons, notamment dans la liste des affleurements échantillonnés.

Certains problèmes concernant les corrélations subsistent.

En particulier, les Goniatites sont rares, et les autres groupes micropaléontologiques ne sont pas toujours suffisants en quantité et en qualité. Il était donc nécessaire d'établir une zonation par les Ostracodes pour l'ensemble du Dévonien supérieur : elle viendra en relais ou en complément.

Pour cette raison nous avons calqué nos prélèvements sur les zones connues à Rhynchonelles et à Conodontes pour le Famennien inférieur et sur les zones à Foraminifères et à Spores pour le Famennien terminal et le Strunien. Dans ce même but, il a fallu caractériser "ostracodologiquement" les limites chronostratigraphiques précédemment définies telle que la limite Frasnien/Famennien et celles du Strunien. Cette démarche impliquait évidemment un préalable systématique indispensable. A propos de tout ce qui précède, le contenu ostracodique du Famennien était totalement inconnu. Un travail de corrélation restait également à effectuer pour les formations du Boulonnais. Finalement, certaines conclusions d'ordre paléoécologique sont apparues au cours de l'étude.

3.6. - Les Ostracodes du Dévonien supérieur en Ardenne.

3.6.1.- Les gisements échantillonnés.

L'échantillonnage des auteurs ostracodologiques s'est intensifié pendant cette dernière décennie. Pour le Frasnien (Fig. 43), de nombreux points de prélèvements sont dus à CASIER (1976, 1977). L'investigation du Bassin de Namur avait débuté avec MAGNE (1964). On y remarque évidemment une densité accrue de points dans la région-type de Frasnes. Pour le Famennien-Strunien (Fig. 44) c'est BECKER, BLESS & alii (1974), spécialement dans la vallée de l'Ourthe, et ROME (1971, 1973) qui ont procédé à l'échantillonnage.

Dans ce travail, les prélèvements concernant le Frasnien sont également concentrés dans la région-type, mais pour la première fois intéressent le Famennien-Strunien de l'Avesnois. Dans le détail, la liste de nos gisements échantillonnés est la suivante* (Fig. 45 et 46) :

1/ La Tranchée d'Avesnelles.

- Situation : Tranchée de chemin de fer Avesnes-Fourmies immédiatement au SE d'Avesnelles, entre le pont d'Avesnelles et le passage à niveau de l'Epinette. En progressant du SE vers le NW, on voit de bas en haut : les "Schistes" de Sains, la Formation de l'Epinette (stratotype) et la Formation du Calcaire d'Etroeungt (parastratotype) : Fa2c, Fa2d et Tn1a. Cette coupe est le stratotype de l'étage strunien sensu CONIL & alii (1976).

- Références : Voir CONIL & coll. (1964), CONIL & LYS (1967, 1970), CONIL (1973).

- Observations : Les nombreuses espèces recueillies ont permis de caractériser le sommet du Dévonien avec précision (Zones DSO7 sommitale et DSO8).

2/ La carrière du Parcq à Etroeungt.

- Situation : Dans le coude de l'Helpe mineure, à 1200 m

* Quand cela était possible, nous avons situé le gisement dans la zonation par les Ostracodes notée Tabl. 6 et qui sera exposée au paragraphe 3.9.

à l'Est du clocher d'Etroeungt. A 6,5 km au Sud du gisement précédent. Stratotype de la Formation du Calcaire d'Etroeungt (CONIL & LYS, 1967, 1970) : Tn1a.

- Références : Voir GOSSELET (1857) ; CONIL & coll. (1964) et CONIL (1973).

- Observations : La récolte d'Ostracodes est très décevante. Malgré des lavages assidus, la faune obtenue reste pauvre et peu déterminable. Ce caractère avait déjà été relevé par TSCHIGOVA (1970, p. 552) qui analysa plusieurs échantillons provenant de cette carrière (Zone DS08).

3/ La Tranchée du Pont-de-Sains.

- Situation : Tranchée de chemin de fer entre Féron et Sains-du-Nord, du km 101,3 au km 104,7, c'est-à-dire entre les latitudes de Pont-de-Sains et de Rainsars. Coupe-type des "Schistes" de Sains (Fa2aα etβ ou d6b1).

- Références : GOSSELET (1879), BEUGNIES (1965) et BOUCKAERT, DREESEN & DRIJKONINGEN (1978).

- Observations : Les prélèvements furent effectués à l'aide d'un relevé personnel au 1/50000 effectué par A. BEUGNIES. La faune abondante a permis de caractériser les "Schistes" de Sains (Zone DS07).

4/ Tranchée de route entre Féron et Pont-de-Sains.

- Situation : Nouvelles tranchées de route (N42) au Nord des Bruyères et au Sud de Pont-de-Sains. "Schistes" de Mariembourg (Fa1b ou d6a2).

- Observations : Une riche faune d'Ostracodes permet de caractériser la partie supérieure du Famennien inférieur (Zone DS06).

5/ Tranchée de route à l'Est de Wiellies.

- Situation : A partir de Wiellies en se dirigeant vers l'Est sur la D133, les affleurements sont situés au niveau du château de Cavrois et juste à l'Est. "Schistes" de Sains (base) (Fa2a ou d6b1).

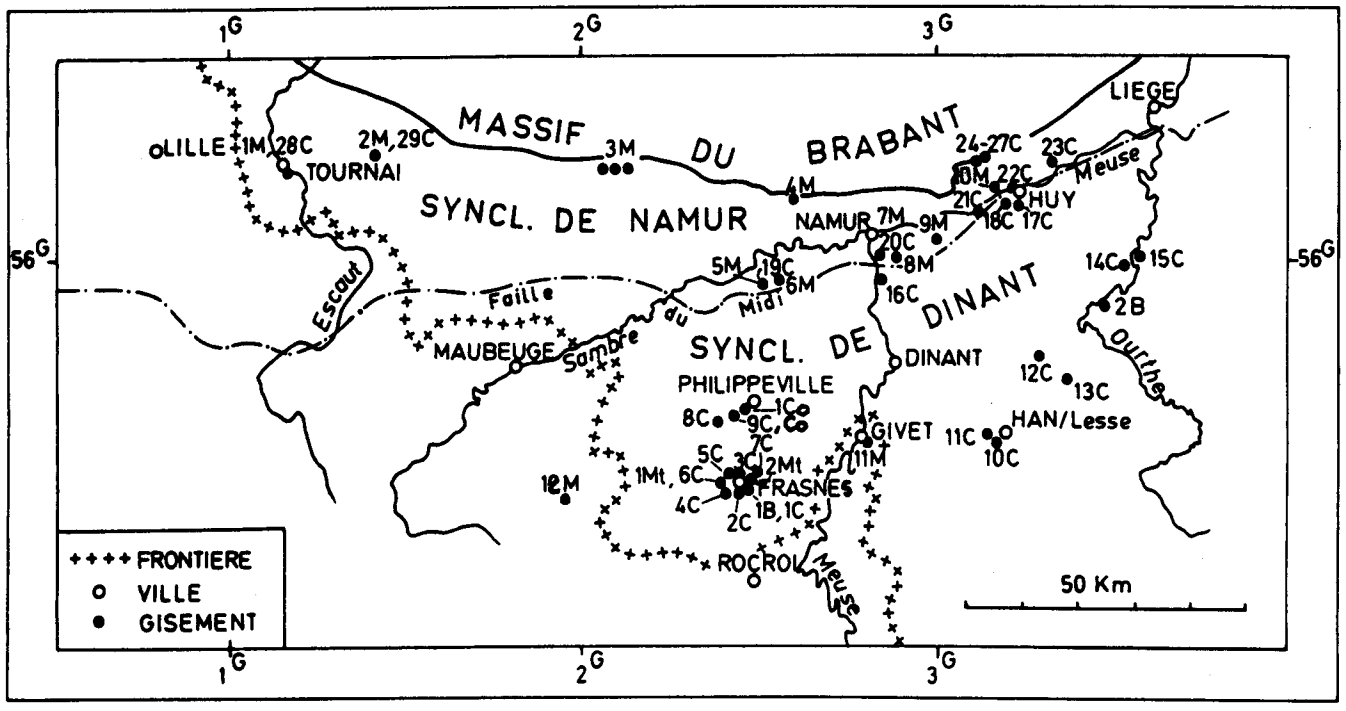
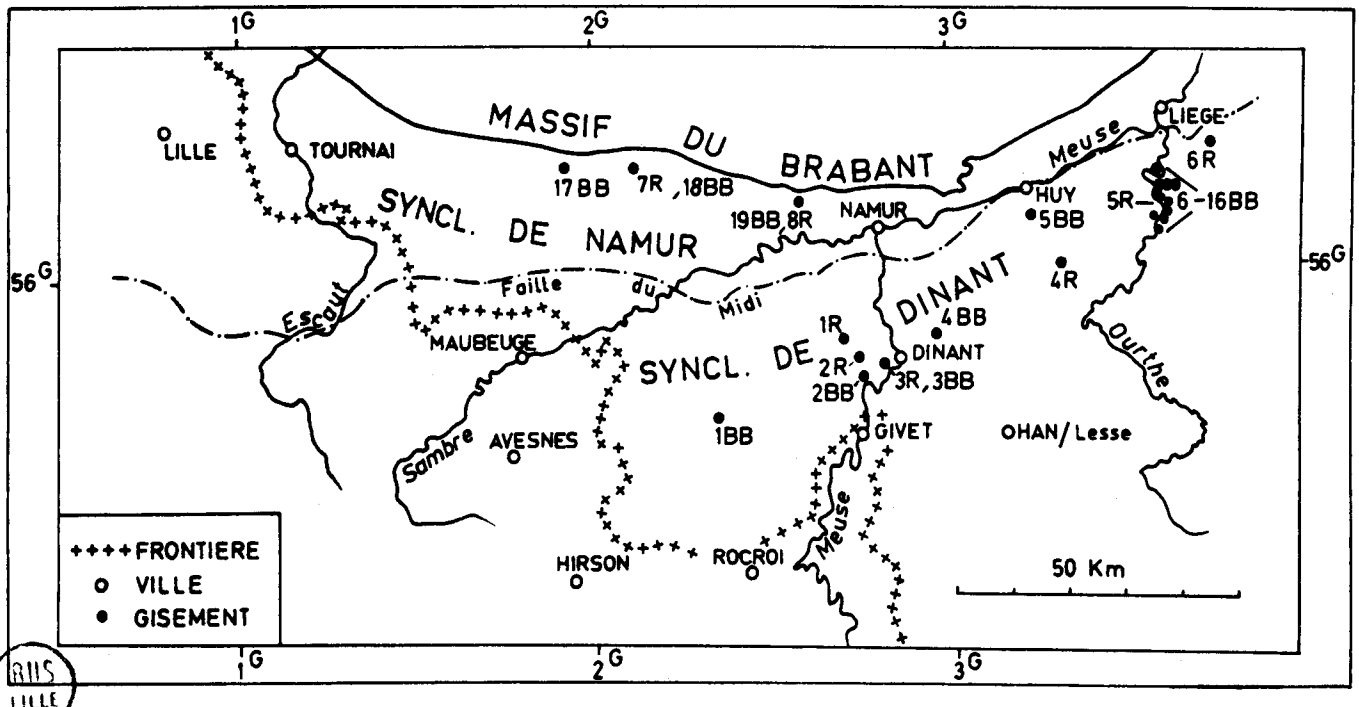


Fig. 43



BIIS LILLE

Fig. 44

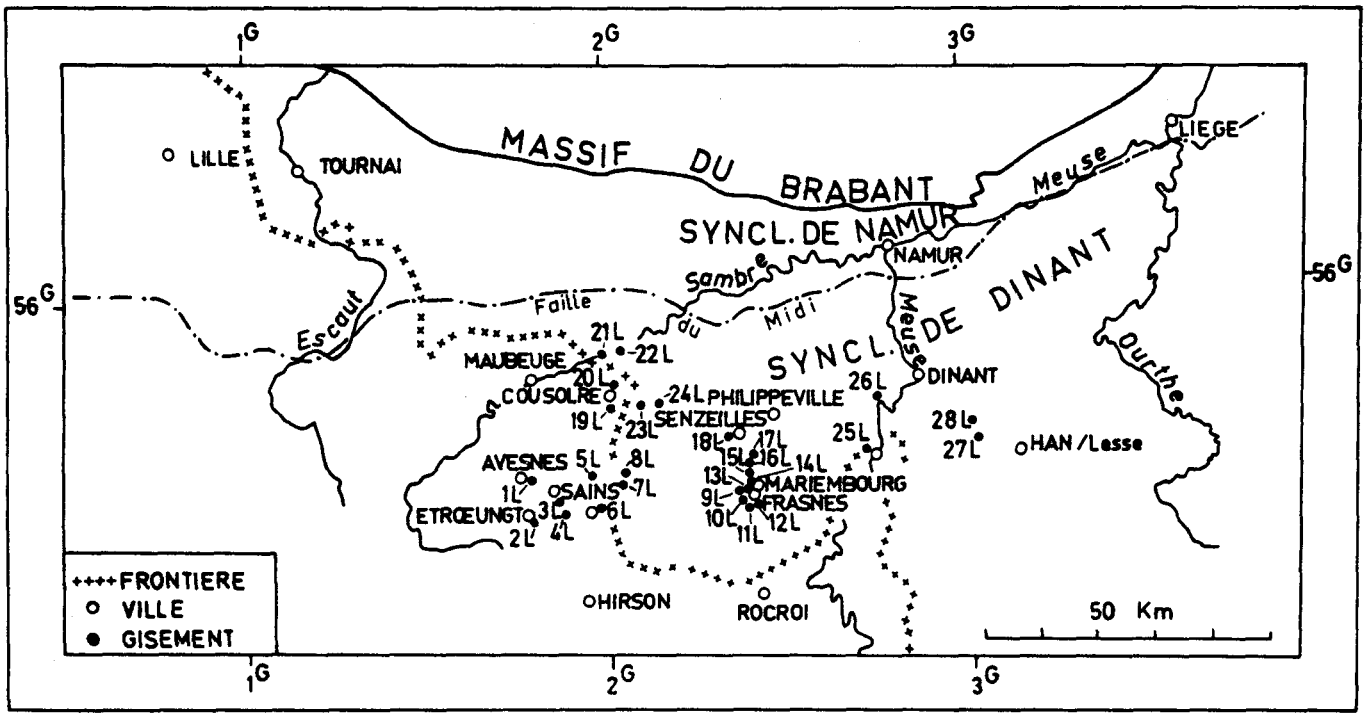


Fig. 45 : Gisements frasniens, famenniens et struniens échantillonnés dans ce travail. L = LETHIERS (1970, 1972, 1974, 1976) : 28 gisements. Voir la Fig. 46 pour les situations exactes des affleurements échantillonnés.

Fig. 43 : (en haut à gauche)
Gisements frasniens échantillonnés par les auteurs.
B = BECKER (1971) et BECKER & BLESS (1971) : 2 gisements.
C = CASIER (1976, 1977) : 29 gisements.
Co = COEN (1977) : 2 gisements.
M = MAGNE (1964) : 12 gisements
Mt = MATERN (1929) : 2 gisements.

Fig. 44 : (en bas à gauche)
Gisements famenniens et struniens échantillonnés par les auteurs.
BB = BECKER & BLESS (1974) et BECKER, BLESS & alii (1974) : 19 gisements.
R = ROME (1971, 1973) et ROME & GOREUX (1960) : 8 gisements.

N°	DESIGNATIONS		COORDONNEES	UNITES ECHANTILLONNEES	CARTES GEOLOGIQUES
1	Tranchée d'Avesnelles	F	03°57'26"E 50°06'52"N	Fm d'Etroeungt Fm de l'Epinette "Sch." de Sains	Avesnes et Trélon 1/50 000
2	Carrière du Parcq	F	03°56'46"E 50°03'24"N	Fm d'Etroeungt	Avesnes 1/50 000
3	Tranchée du Pont-de-Sains	F	04°00'48"E 50°04'26"N à 04°02'09"E 50°03'39"N	"Sch." de Sains	Trélon 1/50 000
4	Tranchée entre Féron et Pont-de-Sains	F	04°01'22"E 50°03'41"N et 04°01'34"E 50°03'18"N	"Sch." de Mariembourg	
5	Tranchée à l'Est de Wiellies	F	04°07'20"E 50°07'20"N	"Sch." de Sains	
6	Carrière du Château-Gaillard	F	04°07'18"E 50°03'56"N	"Sch." de Matagne	
7	Tranchée au SW de Eppe-Sauvage	F	04°09'03"E 50°06'10"N	"Sch." de Mariembourg	
8	Affleurements de Eppe-Sauvage	F	04°10'42"E 50°07'12"N	"Sch." de Mariembourg "Sch." de Senzeilles	
9	Affleurement "protégé" de Boussu-en-Fagne	B	04°28'33"E 50°04'32"N	"Sch." de Matagne	Chimay-Couvin 1/40 000
10	Carrière du cimetière à Boussu-en-Fagne	B	04°28'53"E 50°04'33"N	Fm de Frasnes	
11	Affleurements des carrières de l'Arche et de la Vaucelle	B	04°29'49"E 50°04'15"N		
12	Chemin d'accès à la carrière du Lion	B	04°30'58"E 50°04'20"N		
13	Tranchée au Nord de Frasnes	B	04°30'54"E 50°05'08"N	Fm de Frasnes "Sch." de Matagne	
14	Tranchée à 1 km à l'W-NW de Mariembourg	B	04°30'13"E 50°05'58"N	"Sch." de Senzeilles	
15	Tranchée à 3 km au NW de Mariembourg	B	04°29'44"E 50°07'15"N	"Sch." de Mariembourg "Sch." de Senzeilles	Froidchapelle-Senzeille 1/40 000
16	Tranchée a 4 km au NW de Mariembourg	B	04°29'38"E 50°07'48"N	"Sch." de Mariembourg	
17	Tranchée du Pont de Grammont	B	04°30'14"E 50°08'16"N	"Sch." de Mariembourg	
18	Tranchée de Senzeilles	B	04°27'39"E 50°09'44"N	"Sch." de Senzeilles "Sch." de Matagne	
19	Affleurement au S de Cousolre	F	04°08'50"E 50°14'29"N	Horizons inf. du Famen. "Sch." de Matagne	Maubeuge 1/50 000
20	Affleurements entre Cousolre et Bersillies	F	04°09'00"E 50°15'21"N	Horizons inf. et sup. du Famennien	
21	Tranchée de ch. de fer à l'E d'Erquelinnes	B	04°08'22"E 50°18'45"N	Fm de base Fm de Fromelennes	
22	Affleurements de La Buissière	B	04°11'37"E 50°18'46"N	Frasnien inférieur	
23	Affleurements entre Beaumont et Leval-Chaudeville	B	04°13'10"E 50°14'08"N	Horizons du Frasnien et du Famennien	
24	Affleurements à l'E de Barbençon	B	04°18'32"E 50°13'36"N	Horizons du Frasnien	
25	Ancien Fort Condé	F	04°48'13"E 50°08'22"N	"Sch." de Matagne Fm de Frasnes	Givet 1/50 000
26	Affleurements d'Hastière-Lavaux	B	04°49'52"E 50°13'05"N	Fm d'Etroeungt Fm de l'Epinette	
27	Tranchée à l'E de Herock	B	3G,024 E 55G,756 N	"Sch." de Senzeilles "Sch." de Barvaux	Houyet-Han-sur-Lesse 1/40 000
28	Tranchée au S de Ciergnon	B	3G,056 E 55G,728 N	"Sch." de Mariembourg	

Fig. 46 : Situation des affleurements échantillonnés en Ardenne.

F = France B = Belgique

BIS LILLE

- Observation : Le faciès très détritique n'a livré qu'une faune très pauvre (Zone DSO7).

6/ Carrière du Château Gaillard.

- Situation : Tranchée du chemin d'accès au bioherme ouest ("la nouvelle carrière") de la carrière du Château Gaillard, à 1,5 km au NE de Trélon. L'affleurement montre la base du faciès des "Schistes de Matagne". Il s'agit de l'extrême base du Frasnien supérieur (d5c) tel que nous l'avons défini.

- Références : MONIEZ (1961), LECOMPTE (1936) et SARTENAER (1976).

- Observations : Les Ostracodes de cet affleurement ont mis en évidence l'apparition des Entomozoïdés (Ostracodes pélagiques) avec l'installation du faciès Matagne au-dessus d'un bioherme de la Formation de Neuville (Zone DSO4 inférieure).

7/ Tranchée de route au SW de Eppe-Sauvage.

- Situation : Tranchée de la D119 à 2,750 km au SW de Eppe-Sauvage sur la rive droite du Voyon. Sommet des "Schistes" de Mariembourg (d6a2 ou Fa1b).

- Observations : Faune d'Ostracodes dont quelques individus pyritisés de la zone DSO6 sommitale.

8/ Affleurements de Eppe-Sauvage.

De nombreux prélèvements dans le Famennien inférieur de l'entrée sud du village (d6a2) et de son entrée ouest (d6a1) au bord de la D83 n'ont livré qu'une faune très pauvre.

9/ L'affleurement "protégé" de Boussu-en-Fagne.

- Situation : L'affleurement est situé derrière le choeur de l'église de Boussu-en-Fagne. Il montre le faciès typique des "schistes de Matagne". Le niveau correspond au sommet du Frasnien supérieur (F3).

- Références : Voir CASIER (1975).

- Observations : Le gisement livre une faune diversifiée essentiellement composée d'Entomozoïdés (Zone DSO4 supérieure).

10/ Carrière du Cimetière à Boussu-en-Fagne.

- Situation : A l'Est du village de Boussu-en-Fagne, immédiatement après le cimetière. Il s'agit de pélites et lits calcaires organogènes, situés entre le bioherme F2h (= Membre de Lion) et le bioherme F2j, et qui représentent la partie sommitale de la Formation de Frasnes (sommet du Frasnien inférieur).

- Références : Voir LECOMPTE (1963), TSIEN (1975) et CASIER (1976).

- Observations : Les Ostracodes de cet affleurement permettent d'apprécier le changement de faune entre le Frasnien inférieur et le Frasnien supérieur (Zone DSO3).

11/ Affleurements des carrières de l'Arche et de la Vaucelle.

- Situation : Sur le côté Ouest de la grand'route (N5) de Couvin à Frasnes, à 1,3 km au SW de Frasnes. Un prélèvement est situé sous le Membre de l'Arche (F2d), c'est-à-dire dans la partie inférieure du Membre de Chalon (= F2c). Deux prélèvements concernent la Formation de Dailly (F2b) entre les deux carrières et un autre la Formation de Fromelennes(F1) dans la carrière de la Vaucelle.L'échantillonnage porte donc sur le Givétien et la base du Frasnien inférieur.

- Références : Voir TSIEN (1974).

- Observations : La faune d'Ostracodes relativement peu représentée indique la base de la Zone DSO2, le dernier prélèvement ayant livré peu d'Ostracodes.

12/ Chemin d'accès à la carrière du Lion à Frasnes.

- Situation : La carrière est en bordure Est de la grand'route de Couvin à Philippeville (N5) au niveau de Frasnes. Le chemin d'accès offre une coupe du Membre de Boussu-en-Fagne (F2i') de la

Formation de Frasnes. La carrière est dans le Membre de Lion (bioherme F2h). Sommet du Frasnien inférieur.

- Références : LECOMPTE (1963), MOURAVIEFF *in* BOUCKAERT & STREEL édit. (1974) et TSIEN (1975).

- Observations : L'affleurement permet de découvrir une riche faune d'Ostracodes benthiques typiquement frasnienne et dont beaucoup d'espèces ont été décrites par BECKER (1971) (Zone DSO2).

13/ Tranchée de route au Nord de Frasnes.

- Situation : Tranchée Ouest de la grand'route de Couvin à Philippeville, à la sortie Nord de Frasnes. L'affleurement montre le passage de la Formation de Neuville au faciès des "Schistes" de Matagne. Sommet du Frasnien inférieur et Frasnien supérieur.

- Références : MOURAVIEFF *in* BOUCKAERT & STREEL édit. (1974), SARTENAER (1974) et CASIER (1976).

- Observations : On enregistre ici le remplacement de la faune d'Ostracodes benthiques par celle des Ostracodes Entomozoïdés (Zones DSO2, DSO3, DSO4).

14/ Tranchée de la grand'route de Mariembourg à Philippeville (N5).

- Situation : A 2 km à l'W-NW de Mariembourg, après le passage du chemin de fer de Mariembourg-Chimay. "Schistes" de Senzeilles, probablement le sommet (Fa1a).

- Observation : Faune d'Ostracodes de la Zone DSO6.

15/ Tranchée de la grand'route de Mariembourg à Philippeville (N5).

- Situation : A 3 km au NW de Mariembourg. L'affleurement est à cheval sur la limite signalée des communes de Roly et de Mariembourg. "Schistes" de Senzeilles (sommet) et base des "Schistes" de Mariembourg (Fa1a, Fa1b).

- Observations : Faune d'Ostracodes de la Zone DSO6.

16/ Tranchée de la grand'route de Mariembourg à Philippeville (N5).

- Situation : A 4 km du NW de Mariembourg. Au Nord du précédent affleurement et après la route vers Roly. "Schistes" de

Mariembourg (base), (Falb).

- Observations : Faune d'Ostracodes de la Zone DSO6.

17/ Tranchée du Pont de Grammont (N5).

- Situation : Tranchée immédiatement au Sud du pont de chemin de fer Vireux-Charleroi passant au-dessus de la grand'route Mariembourg-Philippeville. A 5 km au N-NW de Mariembourg. "Schistes" de Mariembourg (Falb).

- Référence : SARTENAER (1956).

- Observations : Faune d'Ostracodes de la Zone DSO6.

18/ Tranchée de Senzeilles.

- Situation : Tranchée de ligne de chemin de fer, actuellement désaffectée, de Vireux à Charleroi et située à 1 700 m au SW de Senzeilles. L'affleurement montre la limite historique entre le Frasnien et le Famennien, donc le Frasnien supérieur (F3) et le Famennien inférieur (Fa1a). C'est aussi le stratotype des "Schistes" de Senzeilles.

- Références : GOSSELET (1877, 1888), BOUCKAERT & alii (1972), MOURAVIEFF *in* BOUCKAERT & STREEL édit. (1974) et SARTENAER (1960).

- Observations : L'échantillonnage de la Tranchée de Senzeilles permet d'étudier le relais entre la faune d'Ostracodes frasnienne et celle du Famennien (Zones DSO4, DSO5, DSO6).

19/ Affleurement au Sud de Cousolre.

- Situation : Affleurement sur le bord Est de la route D280 à l'entrée Sud de Cousolre. Sur environ 500 m on observe les couches du Frasnien supérieur au Famennien inférieur en se déplaçant vers le Sud (d5b2, d5c, d6a1, d6a2 de la feuille de Maubeuge 1/50 000).

- Référence : BEUGNIES (1963).

- Observation : La faune d'Ostracodes est pauvrement conservée et peu représentée.

20/ Affleurements entre Cousolre et Bersillies.

- De nombreux affleurements de Famennien inférieur et supérieur ont été échantillonnés dans ce secteur. Les résultats sont décevants, les individus étant souvent indéterminables.

- Références des coupes : BEUGNIES (1965, 1966).

21/ Tranchée de chemin de fer de Erquelinnes à Solre-sur-Sambre.

- Situation : La portion de chemin de fer est située dans le coude de la Sambre entre la route de Beaumont à Mons (N61) et la petite localité de Neuville. D'Ouest en Est on rencontre la Formation de Fromelennes puis la Formation de Bossière. Givétien supérieur et Frasnien basal (d5a et d5b1 de la feuille de Maubeuge 1/50 000).

- Référence : BEUGNIES & alii (1963).

- Observations : Les Ostracodes sont essentiellement présents dans la Formation de Fromelennes : c'est une faune d'Ostracodes benthiques très différente de celle du Frasnien inférieur et d'affinité givétienne nette.

22/ Les prélèvements dans le Frasnien inférieur de La Buissière sur la rive Sud de la Sambre (BEUGNIES, 1963) n'ont pas donné un matériel abondant (Zone DSO2).

23/ Affleurements entre Beaumont et Leval-Chaudeville. De nombreux prélèvements entre ces deux villes et spécialement à la Tour de Salamandre, dans les terrains frasniens et famenniens n'ont livré qu'une faune pauvrement conservée et souvent indéterminable.

- Références des coupes : BEUGNIES & alii (1963) et BEUGNIES (1965).

24/ Même résultat pour l'échantillonnage frasnien des coupes à l'Est de Barbençon (BEUGNIES & alii, 1963).

25/ Affleurement de l'ancien Fort Condé.

- Situation : Bioherme au Nord du Fort de Charlemont, à 1,5 Km à l'Ouest de Givet. Ce petit bioherme repose sur des pélites

à lits et petits bancs de calcaires organogènes ; il est recouvert d'argilites du faciès Matagne.

- Référence : La carte de Givet au 1/50 000 situe ce bioherme au milieu de la Formation de Frasnes. Les Ostracodes récoltés nous amènent à voir une situation stratigraphique "plus haute". Nous sommes probablement dans l'équivalent de la Formation de Neuville. La limite Frasnien moyen-Frasnien supérieur doit au moins descendre jusqu'au sommet du bioherme.

- Observations : Zones DSO3 pour la base du bioherme et peut-être DSO4 pour les argilites au-dessus.

26/ Affleurement d'Hastière-Lavaux.

- Situation : La coupe est à 600 m au NE du clocher d'Hastière sur la rive gauche de la Meuse et au bord Nord de la voie ferrée. Elle montre le Famennien supérieur et le Strunien.

- Référence : CONIL & coll. (1964).

- Observations : Les nombreux prélèvements furent décevants dans les résultats. Le matériel est peu abondant et mal conservé (Zone DSO8).

27 et 28/ Affleurements entre Houyet et Han-sur-Lesse.

- Situation : Tranchées de la grand'route N48 reliant Dinant à Neufchâteau. Nos prélèvements concernent des couches du Frasnien supérieur-Famennien inférieur à l'Est de Herock (affleurement n° 27 et du Famennien supérieur au Sud de Ciergnon (affleurement n° 28).

- Références : Il s'agit des coupes 25135-53 et 42-54 de SARTENAER (1970).

- Observations : Ce secteur plus oriental nous a permis de caractériser la limite Frasnien-Famennien et le Famennien inférieur, là ou le faciès "Matagne" est remplacé par le faciès "Barvaux".

3.6.2.- Le relais ostracodique à la limite Givétien-Frasnien.

Nos analyses de la tranchée d'Erquelinnes (gisement n° 21), les études de MAGNE (1964, Fig. 16, 18, 19) sur les coupes de Fromelennes (Fig. 43, n° 11M), de Glageon (Fig. 43, n° 12M), du sondage de Tournai (Fig. 43, n° 1M) et celles de BECKER & BLESS (1974, p. 9) dans la région de Fromelennes aboutissent à la même conclusion : les associations d'espèces d'Ostracodes de la Formation de Fromelennes et de la Formation de Frasnes sont fondamentalement différentes. L'étude exhaustive des Ostracodes du Givétien supérieur, qui est entreprise par B. MILHAU (Université de Lille I), n'entrait pas dans les objectifs de ce travail, aussi est-il possible que deux ou trois espèces soient communes, mais un relais existe bien au niveau de la limite historique du Givétien et du Frasnien (GOSSELET, 1879). Dans la Formation de Fromelennes, la faune d'Ostracodes, d'affinité mésodévonienne, est dominée par les Platycopida alors que les Beyrichicopina et le genre *Bairdia* semblent relativement moins représentés. Les genres *Cryptophyllus*, *Aechminella*, *Nodella*, *Uchtovia*, *Sulcella*, *Cytherellina*, *Quasillites*, *Jenningsina* et *Poloniella* y sont souvent repérés. En particulier, le genre *Poloniella* GÜRICH, 1896 "s'éteint" juste sous le sommet de la Formation de Fromelennes. *Cryptophyllus* sp. 3 est une espèce caractéristique de cette unité d'après MAGNE (1964). Dès l'extrême base de la Formation de Frasnes débute une association d'Ostracodes typiquement frasnienne dont nous parlerons dans ce qui suit. Dès maintenant nous pouvons souligner que la répartition des Ostracodes benthiques, dans cette région-type, milite pour placer la limite internationale Givétien-Frasnien entre la Formation de Fromelennes et la Formation de Frasnes, ce qui correspond à la limite biostratigraphique que nous avons précédemment proposée (p. 155).

3.6.3. - Les Ostracodes du Frasnien inférieur (gisements n° 10 à 13 et 22 à 25).

MAGNE (1964) donna le premier une vision globale sur les Ostracodes frasniens ardennais. Une étude systématique plus impor-

tante, reposant sur un échantillonnage de la carrière du Lion près de Frasnes, est due à BECKER (1971) et BECKER & BLESS (1971). Des compléments systématiques et biostratigraphiques furent apportés par LETHIERS (1970b, 1974b, 1974c, 1975). Ensuite, CASIER (1975, 1976, 1977, 1979) vérifia et précisa l'extension des Ostracodes benthiques, et révisa les Ostracodes Entomozoïdae. A l'aide de ses travaux et de nos observations complémentaires, nous dresserons le résumé qui suit (voir également le Tableau hors-texte 1).

Le Frasnien basal ardennais contient peu d'Ostracodes : une dizaine d'espèces répertoriées, les mieux représentées appartenant aux genres *Polyzygia, Plagionephrodes, Nodella* et *Bairdia.* Puis vers le milieu du Frasnien inférieur, dans les pélites calcareuses des Membres de l'Ermitage et de Boussu-en-Fagne qui entourent les biohermes des Membres de l'Arche et de Lion, le nombre des espèces augmente (64 répertoriées ici). Spécialement au niveau du m.g.m. 21 la diversité et l'abondance atteignent un maximum. Les genres rencontrés sont nombreux. Les Beyrichicopina sont bien représentés par *Amphissites, Polytylites, Amphisella, Roundyella, Scrobicula, Adelphobolbina, Hollinella, Parabolbinella, Bollia, Aechmina, Tmemolophus, Youngiella, Pribylites, Aechminella, Nodella* et *Refrathella.* Les Paraparchitacea sont presque absents : *Samarella.* Les genres de Kloedenellocopina et de Platycopida sont peu nombreux : *Hypotetragona, Uchtovia* et *Cavellina.* Par contre, ceux de Metacopina sont variés : *Healdia, Asturiella, Plagionephrodes, Polyzygia, Favulella, Jenningsina, Ponderodictya, Quasillites, Graphiadactyllis, Svantovites* et *Punctomosea.* Les Podocopida comprennent : *Bairdiocypris, Bekena, Microcheilinella, Healdianella, Orthocypris, Bairdia, Processobairdia, Acratia* et *Schneideria.* Enfin, le genre *Cryptophyllus* y est connu. Ces 41 genres comprennent 64 espèces parmi lesquelles l'abondance en individus est très inégale. En fait la majorité des spécimens recueillis appartient aux espèces suivantes :

Amphissites cf. *parvulus* sensu BECKER, 1971
Hypotetragona tremula BECKER, 1971
Uchtovia materni BECKER, 1971
Polyzygia neodevonica (MATERN, 1929)
Jenningsina lethiersi BECKER, 1971
Favulella lecomptei BECKER, 1971
Svantovites magnei BECKER, 1971
Punctomosea weyanti BECKER, 1971

Les Metacopina sont prépondérants dans cette liste.

Un changement de faune d'Ostracodes intervient au sommet du Frasnien inférieur (extrême sommet du m.g.m.21 et base du m.g.m. 22). Nous l'avons reconnu dès les pélites F2i' situées entre les biohermes F2h et F2j de la carrière du cimetière à Boussu-en-Fagne, ainsi qu'en dessous du bioherme du Fort Condé. Une vingtaine d'espèces disparaissent telles que *Favulella lecomptei* BECKER, 1971 et *Hypotetragona tremula* BECKER, 1971. D'autres deviennent momentanément plus rares comme *Polyzygia neodevonica* (MATER, 1929), *Jenningsina lethiersi* BECKER, 1971 et *Svantovites magnei* BECKER, 1971; les Hollinacea s'éclipsent également. Corrélativement les Bairdiacea sont mieux représentés avec *Bairdia usatchovae* EGOROV, 1953, espèce russe que nous avons signalée en Ardenne pour la première fois (LETHIERS, 1974c) et *Bekena beckeri* LETHIERS, 1974 qui apparaît. Quelques espèces ubiquistes restent présentes : tel est le cas de *Amphissites* cf. *parvulus* sensu BECKER, 1971. Avec ce changement débute le renouvellement d'une partie de la faune d'Ostracodes qui se poursuit pendant le Frasnien supérieur. Au bord Nord du Synclinorium de Dinant, les Ostracodes du Frasnien inférieur sont plus rares : une dizaine de genres seulement y sont connus. Dans le Bassin de Namur la faune est de nouveau plus riche. Environ 22 espèces sur 64 du Synclinorium de Dinant se retrouvent dans le Bassin de Namur ; parmi elles les mieux représentées sont essentiellement les espèces de Metacopina cités précédemment pour leur abondance au bord Sud du Synclinorium de Dinant.

3.6.4.- Les Ostracodes du Frasnien supérieur (Gisements n° 6, 9, 13, 18, 19, 23, 25, 27).

Dans le Frasnien supérieur les espèces ubiquistes et abondantes des niveaux sous-jacents restent présentes. Citons en particulier :

Polyzygia neodevonica (MATERN. 1929)
Jenningsina lethiersi BECKER, 1971
Punctomosea weyanti BECKER, 1971
Svantovites magnei lethiersi CASIER, 1976
Amphissites cf. *pervulus* sensu BECKER, 1971
Bairdia usatchovae EGOROV, 1953
Bekena beckeri LETHIERS, 1974

Quelques espèces y apparaissent, mais sans être abondantes : *Microcheilinella senzeillesensis* LETHIERS, 1974 et *Acratia paraschelonica* LETHIERS, 1974 en sont deux bons exemples.

Mais le fait intéressant réside dans la présence des Entomozoïdés inféodés aux "Schistes de Matagne" (Fig. 47). Il s'agit d'un faciès argileux, de couleur marron et vert-olive et à faune globalement différente de celle des équivalents latéraux. On le trouve au bord Sud-Ouest du Synclinorium de Dinant, principalement localisé dans le Frasnien supérieur, mais pouvant déborder sur le Frasnien inférieur et sur le Famennien basal. Là, les Ostracodes réputés pélagiques que sont les Entomozoïdés se récoltent en abondance. On peut suivre leur installation juste au-dessus du bioherme du Château-Gaillard (LETHIERS, 1970b) et dès la base de celui du Fort Condé près de Givet. Nous avons déjà attiré l'attention sur ce cortège ostracodique (LETHIERS, 1975) qui fut révisé par CASIER (1975, 1976). Cet auteur y dénombre 19 espèces qui appartiennent aux cinq genres : *Richterina*, *Entomozoe*, *Entomoprimitia*, *Bertillonella* et *Ungerella*. Une étude statistique de populations (Fig. 48) montre que ces Ostracodes pélagiques sont souvent majoritaires en individus et en espèces dans le faciès "Matagne" et que les deux premiers genres cités représentent le plus grand nombre des individus. *"Bairdia" pseudomagna* STEWART & HENDRIX, 1945 (= *"Bairdia" fobosi* EGOROV, 1953) qui accompagne toujours ce groupe (LETHIERS, 1974) en fait probablement partie. Un Paleocopida, *"Kloedenia" dil-*

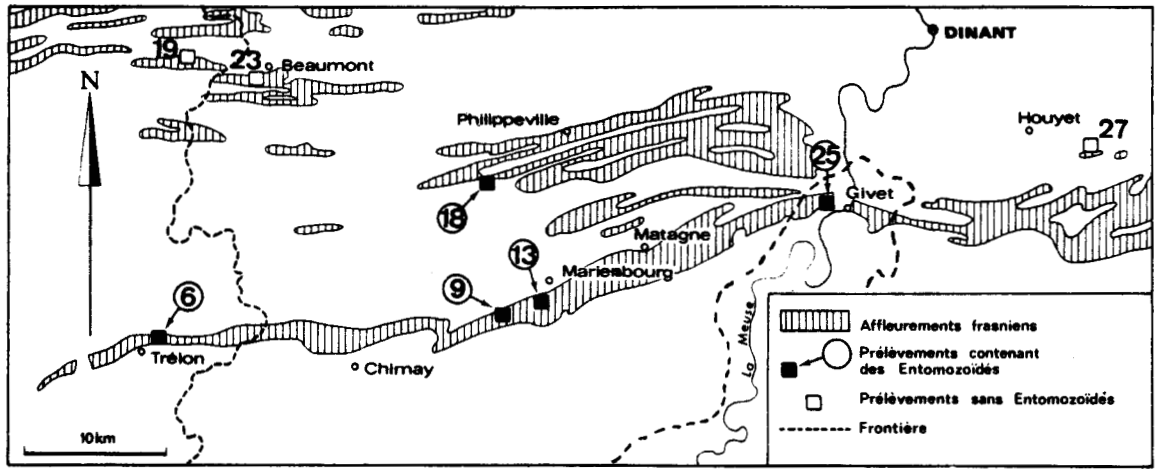


Fig. 47 : Situation de quelques gisements étudiés dans le Frasnien supérieur et montrant la répartition des Ostracodes Entomozoïdae (d'après LETHIERS, 1975).

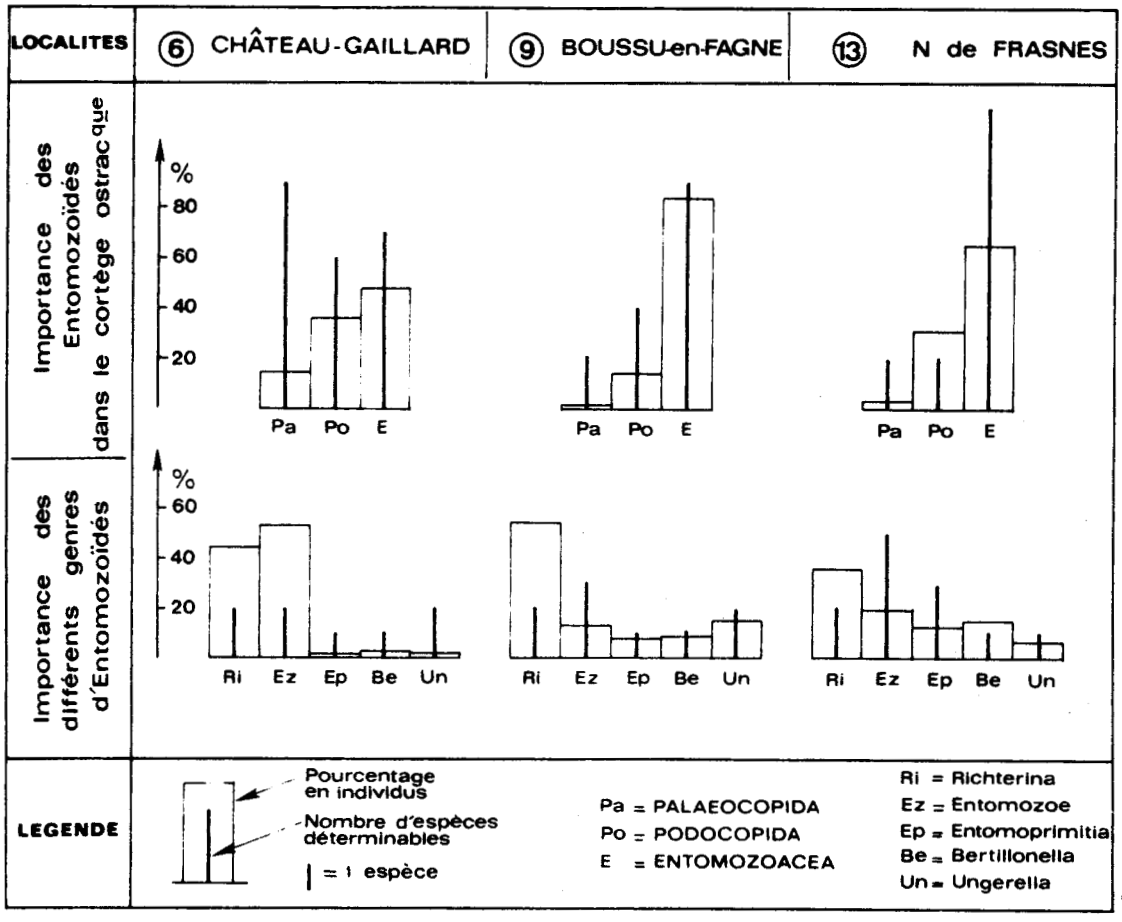


Fig. 48 : Composition du cortège ostracodique dans trois affleurements du faciès "Matagne" (d'après LETHIERS, 1975).

lensis MATERN, 1929, est souvent présent aussi mais on ne le rencontre qu'en moules internes ou en empreintes. Quelques rares individus appartenant aux Entomozoïdés ont été recueillis dans la Formation de Frasnes et dans le Famennien inférieur (LETHIERS, 1975), mais il reste que ce groupe est bien lié au faciès "Matagne". Nous reviendrons sur ce thème dans les remarques paléoécologiques (p. 239).

3.6.5.- Les Ostracodes autour de la limite Frasnien/Famennien (gisements n° 18, 19, 23, 27).

Les Ostracodes du stratotype de Senzeilles (gisement n° 18) (LETHIERS, 1974c) donne l'exemple type du relais de faunes (Tabl. 1). Les derniers Entomozoïdés du faciès "Matagne" tels que *Entomozoe (N.) prolifica* sensu LETHIERS, 1974, *"Bairdia" pseudomagna* STEWART & HENDRIX, 1945 et *Richterina (V.) zimmermanni* (VOLK, 1939) disparaissent ici au sommet du Frasnien ou dans l'extrême base du Famennien. Un lot d'espèces frasniennes, et en particulier les 7 espèces ubiquistes citées précédemment se maintiennent dans le Famennien basal jusqu'à la zone à *E. triaequalis triaequalis* (GOSSELET, 1877). Pendant ce temps les premières espèces famenniennes apparaissent dès la limite Frasnien/Famennien comme *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972 et *Chamishaella sohni* LETHIERS, 1974. Ainsi les deux types de faunes d'Ostracodes peuvent coexister, au moins en partie, pendant un temps assez court à la base du Famennien. Ce caractère n'a pas été reconnu à l'Est de la Meuse, vers Houyet-sur-Lesse, où les Ostracodes d'affinité frasnienne ne dépassent pas la limite Frasnien/Famennien donnée à l'aide des Brachiopodes. Cette différence est probablement à mettre en rapport avec celle des faciès entre les régions occidentale et orientale du Synclinorium de Dinant. Enfin quelques espèces, à extension verticale courte, telles que *Microcheiline? la senzeillesensis* LETHIERS, 1974 et *Acratia paraschelonica* LETHIERS, 1974 sont situées à cheval sur la limite Frasnien-Famennien. Nous reviendrons (p. 353, Fig. 88) sur ce phénomène) qui est général lorsque l'environnement sédimentaire change.

ETAGES	Frasnien sup.	Famennien inférieur		
FACIES	S. de MATAGNE	Schistes de SENZEILLES		
d'après BOUCKAERT & alii (1972) et HOUSE & ZIEGLER (1977)	F 3	Fa 1a		
	do I δ	post do I δ		do II α
BIOZONES à BRACHIOPODES (SARTENAER, 1960) / Ostracodes	*B. palmata* (GOLDFUSS, 1840)	*P. lecompti* (SARTENAER, 1954)	*E. triaequalis pretriaequalis* (SARTENAER 1957)	*E. triaequalis triaequalis* (GOSSELET, 1877)
ZONATION	DSO 4	DSO 5		

Ostracodes	*B. palmata* (GOLDFUSS, 1840)	*P. lecompti* (SARTENAER, 1954)	*E. triaequalis pretriaequalis* (SARTENAER 1957)	*E. triaequalis triaequalis* (GOSSELET, 1877)	*L. crenulatum* (GOSSELET, 1877)	*E. lentiformis* (NALIVKIN, 1930)	*P. omaliusi* (GOSSELET, 1877)
E. (N.) prolifica (ST. & H.)?	●						
Cryptophyllus cf. ellipticus ROME & GOREUX	●						
H. (K) cf. lionica BECKER & BLESS	●						
Parabolbinella vomis BECKER & BLESS ?	○						●
H. (K.) cf. praecursor POKORNY	○	●					●
Cryptophyllus sp. indet. LETHIERS	○	●					●
Acratia cf. silincula POLENOVA	○	●					●
Bairdia ? pseudomagna ST. & H.	●	●					●
R. (V.) zimmermanni (VOLK)	●	●					●
Microcheilinella senzeillesensis LETHIERS	○	●					●
Bairdia usatschovae EGOROV	○	●					●
H. (K.) sp. A BECKER & BLESS	○	●	●	●			●
Polyzygia neodevonica (MATERN)	○	●	●	●			●
Jenningsina lethiersi BECKER	○	●	●	●			●
Svantovites magnei lethiersi CASIER	○	●	●	●			●
Amphissites cf. parvulus PAECKELMANN	○	●	●	●			●
Bekena beckeri LETHIERS	○	●	●	●			●
Punctomosea weyanti BECKER	○	●	●	●			●
Adelphobolbina n. sp., aff. *europaea* BECKER		●	●	●			●
Youngiella cf. schigrovskiensis (POLENOVA)		●	●	●			●
Youngiella sp. indet. LETHIERS		●	●	●			●
Acratia paraschelonica LETHIERS		●	●	●			●
Bairdia cf retrorsa POLENOVA		●	●	●			●
B. (Rectobairdia) sp. indet. LETHIERS		●	●	●			●
Egorovia magnei LETHIERS	○	○	○	○	○	●	●
Bythocyproidea beugniesi LETHIERS		○	○	●	○	●	○
Urftella sp. indet. LETHIERS		●	○	○	○	●	○
Chamishaella sohni LETHIERS		●	○	○	●	●	○
Healdianella bovina LETHIERS					●	●	●
Ellesmerina ? cf. *gosseleti* LETHIERS		○	○	○	●	●	●
Cryptophyllus cf. sp. A JONES						●	●
Bodzentia sp. A LETHIERS						●	○
Carbonita? submersa LETHIERS						●	○
Cytherellina obusa LETHIERS		○	○	○	○	●	●
Shivaella famennea LETHIERS		○	○	○	○	●	●
Samarella ? sp. A LETHIERS						●	●
Acratia siratchoica EGOROV							●

Tabl. 1 : Répartition des Ostracodes dans le Frasnien supérieur et le Famennien inférieur de la tranchée de Senzeilles (gisement n° 18). Cercle noir = présence observée dans la biozone concernée. Cercle blanc = absence dans la biozone du site, mais présence ailleurs dans le même niveau. Les largeurs inégales des biozones à Brachiopodes sont en rapport avec leur importance relative dans la série stratigraphique. D'après LETHIERS (1974c).

BU LILLE

3.6.6. - Les Ostracodes du Famennien inférieur (gisement n° 4, 7, 8, 14 à 20, 23, 27, 28).

L'étude des Ostracodes dans le Famennien inférieur ardennais est ingrate : les lithofaciès à shales et grès se laissent difficilement désagréger ; les spécimens sont souvent rares et mal conservés ; les formes lisses rendent le systématicien perplexe. De ce fait, le rapport du poids d'échantillons traités sur le nombre d'espèces et d'individus découverts est beaucoup plus élevé qu'ailleurs. A ce propos, il est significatif de remarquer que le récapitulatif de BLESS & BECKER (1974) sur les Ostracodes ardenno-rhénans du Dévonien et du Dinantien ne fait pas mention du Famennien inférieur. 37 espèces y sont actuellement recensées (voir Tabl. h.-t. 1) essentiellement à la suite des travaux de LETHIERS (1972, 1974, 1976).

Deux ensembles peuvent y être distingués (Tabl. 2) :

- Un lot d'espèces du Famennien inférieur se retrouve également dans le Famennien supérieur. Parmi elles, certaines apparaissent dès la limite Frasnien/Famennien. Citons spécialement *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972, l'espèce de l'étage, et *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS qui se poursuit dans la base du Fa2a car ces deux espèces peuvent être dominantes en nombre d'individus. D'autres apparaissent soit dans la biozone à *P. omaliusi* (Fa1a) comme *Shivaella famennea* LETHIERS, 1974 soit dans la biozone à *P. dumonti* comme *Ovatoquasillites avesnellensis* (LETHIERS, 1972) qui peut être très abondante, *Geisina quadrangulata* LETHIERS, 1972 et *Platychilina praetexta* KUMMEROW, 1939 (= *Paegnium* sp. A LETHIERS, 1972).

- Une deuxième association d'espèces est jusqu'ici reconnue exclusivement dans le Famennien inférieur. Ainsi :

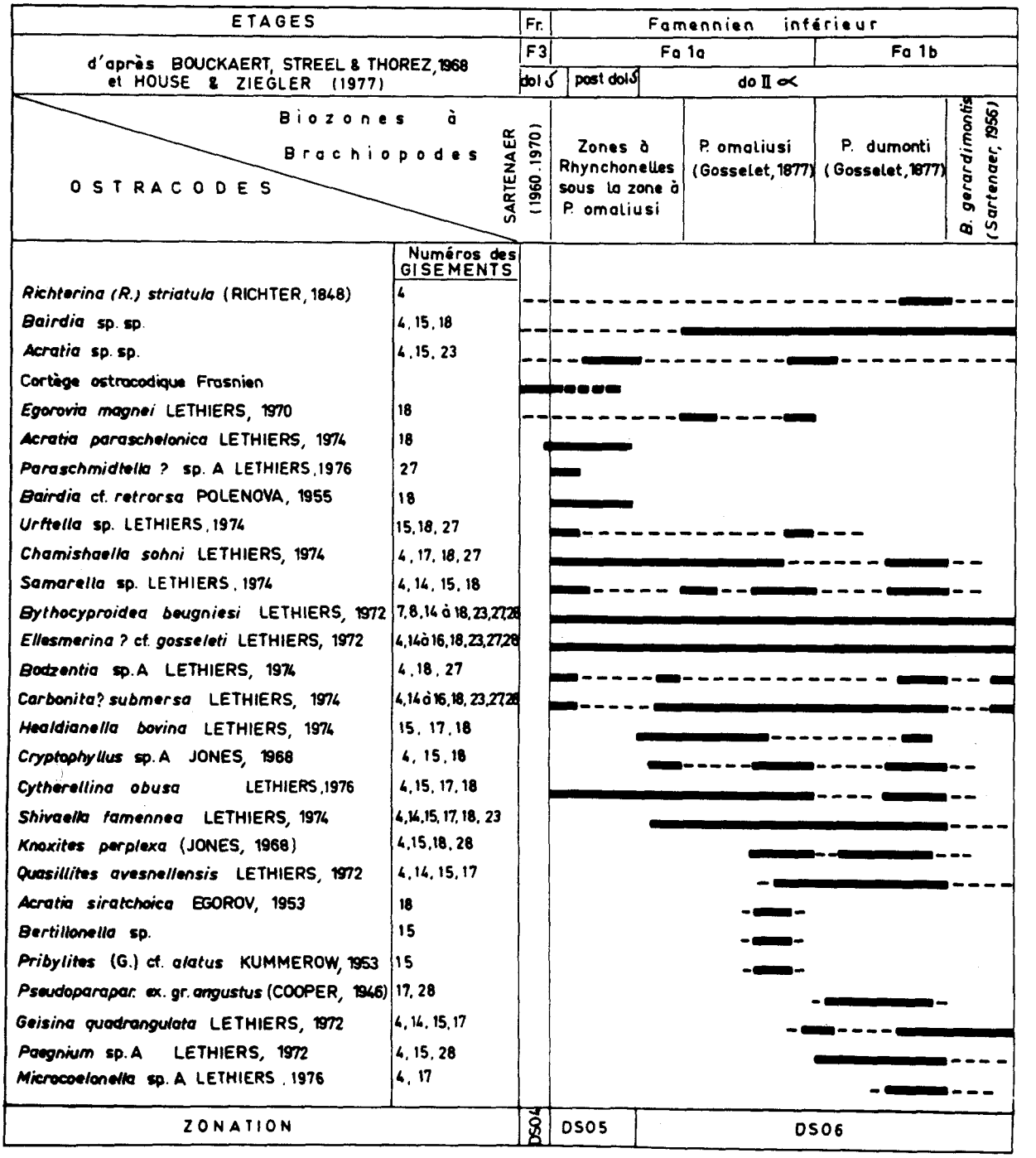
Chamishaella sohni LETHIERS, 1974

Carbonita ? submersa LETHIERS, 1974

Cytherellina obusa LETHIERS, 1976

caractérisent ce sous-étage.

Citons également : *Healdianella bovina* LETHIERS, 1974, *Knoxites perplexa* (JONES, 1968) déjà connue dans le Famennien inférieur australien et *Pribylites* cf. *alatus* sensu LETHIERS, 1976 probablement conspécifique avec *Pribylites canadensis* LETHIERS, 1981 du Famenniende l'Ouest canadien.



Tabl. 2 : Répartition des Ostracodes dans le Famennien inférieur du Synclinorium de Dinant occidental tiré de LETHIERS (1976). Gisement n° 4, 7, 8, 14 à 20, 23, 27, 28. Trait plein = présence observée ; tirets : présence probable.

Au niveau des groupes d'Ostracodes, le Famennien inférieur montre une augmentation des Paraparchitacea au détriment des Metacopina : ceci est un changement significatif par rapport au Frasnien. Les espèces de *Acratia* et de *Cryptophyllus* sont présentes, mais celles du genre *Bairdia* sont très rares.

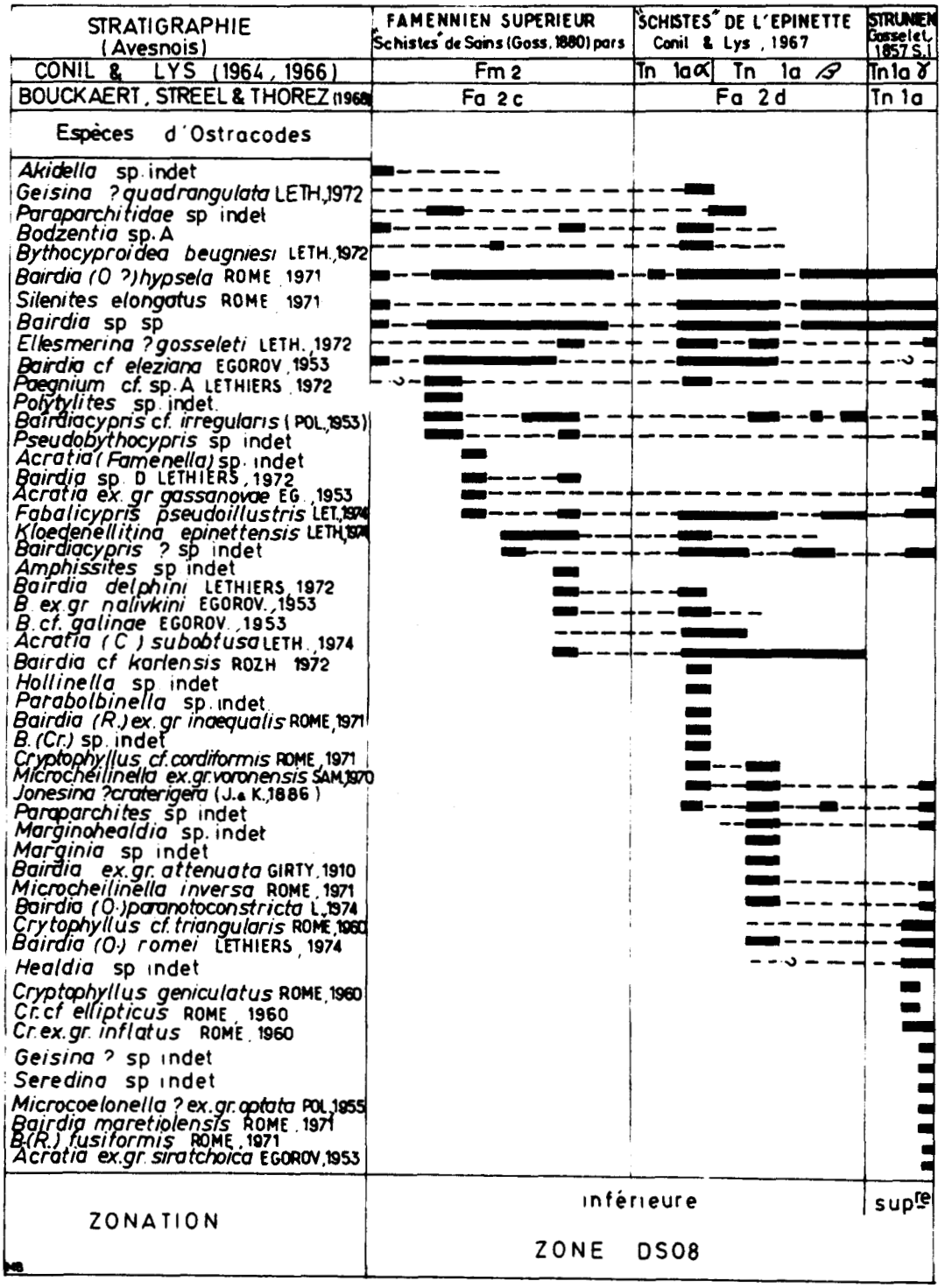
3.6.7. - Les Ostracodes du Famennien supérieur et du Strunien (gisements n° 1, 2, 3, 5, 20, 23, 26).

Les études menées dans l'Avesnois (LETHIERS, 1972, 1974a, b, 1975) montrent une histoire en deux temps. Dans la première partie du Famennien supérieur (Fa2a, Fa2b) la faune d'Ostracodes est principalement constituée d'espèces apparues dans le Famennien inférieur. Les plus représentatives sont :

Ovatoquasillites avesnellensis (LETHIERS, 1972)
Geisina quadrangulata LETHIERS, 1972
Platychilina praetexta KUMMEROW, 1939

et *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972, l'espèce de l'étage qui est dominante dans les horizons plus carbonatés. Seule *Ellesmerina ? gosseleti* LETHIERS, 1972 apparaît dans le Fa2a et caractérise le Famennien supérieur.

Au sommet du Famennien supérieur (Fa2c) et dans le Strunien une série de changements de faunes fera la transition avec celles du Dinantien. Dès le Fa2c de nombreuses espèces nouvelles apparaissent. Certaines se poursuivent dans le Strunien comme *Bairdia (O. ?) hypsela* ROME, 1971 et *Silenites elongatus* ROME, 1971, *Acratia (C.) subobtusa* LETHIERS, 1974, mais d'autres restent à cheval sur la limite Fa2c/Fa2d telles que *Kloedenellitina epinettensis* LETHIERS, 1974, *Bairdia delphini* LETHIERS, 1972 et *Bairdia galinae* EGOROV, 1953. Dans le Strunien (Fa2d + Tn1a), le renouvellement se continue avec l'apparition de *Microcheilinella inversa* ROME, 1971, *Jonesina craterigera* (JONES & KIRKBY, 1886), *Bairdia (O.) paranotoconstricta* LETHIERS, 1974, *Bairdia (R.) fusiformis* ROME, 1971..... et de nombreuses espèces de *Cryptophyllus* et de Bairdiidae décrites par ROME & GOREUX (1960) et ROME (1971) dans le Strunien ardennais. Ce dernier ensemble est remarquable par la grande taille (supérieure à 1,5 mm) des individus adultes de nombreux Bairdiidae.



Tabl. 3 : Répartition des Ostracodes dans le Famennien supérieur et le Strunien de l'Avesnois d'après LETHIERS (1974a). Gisements n° 1 et 2. Trait plein = présence observée ; tirets = présence présumée.

BDS LILLE

Quelques différences semblent exister avec la faune d'Ostracodes d'Ardenne orientale. BECKER & BLESS (1974, p. 15) notent l'absence d'espèces de *Bairdia* dans le Fa2b-Fa2c de la vallée de l'Ourthe. Les espèces de Paraparchitidae, de Kloedenellacea avec *Beyrichiopsis anulata* ROME, 1971 et de *Cryptophyllus* sont abondantes dans le Fa2c. Ces différences sont probablement dues à un milieu plus ou moins lagunaire (BECKER, BLESS & alii , 1974) dont les conditions s'opposent à celles de l'Avesnois où le Famennien terminal-Strunien est marin franc. Les données de la paléogéographie annonçaient déjà une telle dualité (p. 128, Fig. 31).

Dans notre récapitulatif biostratigraphique (Tabl. h.-t. 1) nous recensons 75 espèces dans le Famennien supérieur-Strunien de l'Ardenne. Dans l'ensemble le Strunien est caractérisé par une augmentation significative du nombre des espèces, par une abondance des *Cryptophyllus*, par une diminution des Metacopina et des Beyrichicopina.

3.7. - Les Ostracodes du Dévonien supérieur en Boulonnais.

3.7.1.- Généralités géologiques sur le Boulonnais.

Le Boulonnais est une demi-boutonnière morphologique installée sur l'extrémité occidentale de l'anticlinal faillé de l'Artois. Ses cuestas de Crétacé supérieur constituent le Haut-Boulonnais, et son coeur jurassique et paléozoïque est appelé Bas-Boulonnais. L'affleurement des terrains primaires est décalé au bord Nord de la boutonnière probablement parce que l'anticlinal est dissymétrique comme les auteurs le soulignent, mais surtout parce que la transgression jurassique n'a fait qu'effleurer ce secteur septentrional (le Crétacé repose directement sur le socle primaire) et de ce fait la couverture secondaire à éroder était moins épaisse.

La lithostratigraphie du Dévonien qui fut présentée précédemment (p. 167, Fig. 41) convient d'être replacée dans un cadre structural. Le Paléozoïque du Boulonnais est le prolongement tectonique du Bassin de Namur : la faille du Midi est connue par sondage sous les terrains jurassiques (voir BONTE, 1969). La Fig. 49 en résume les principaux caractères structuraux. Précisons immédiatement que nous enten-

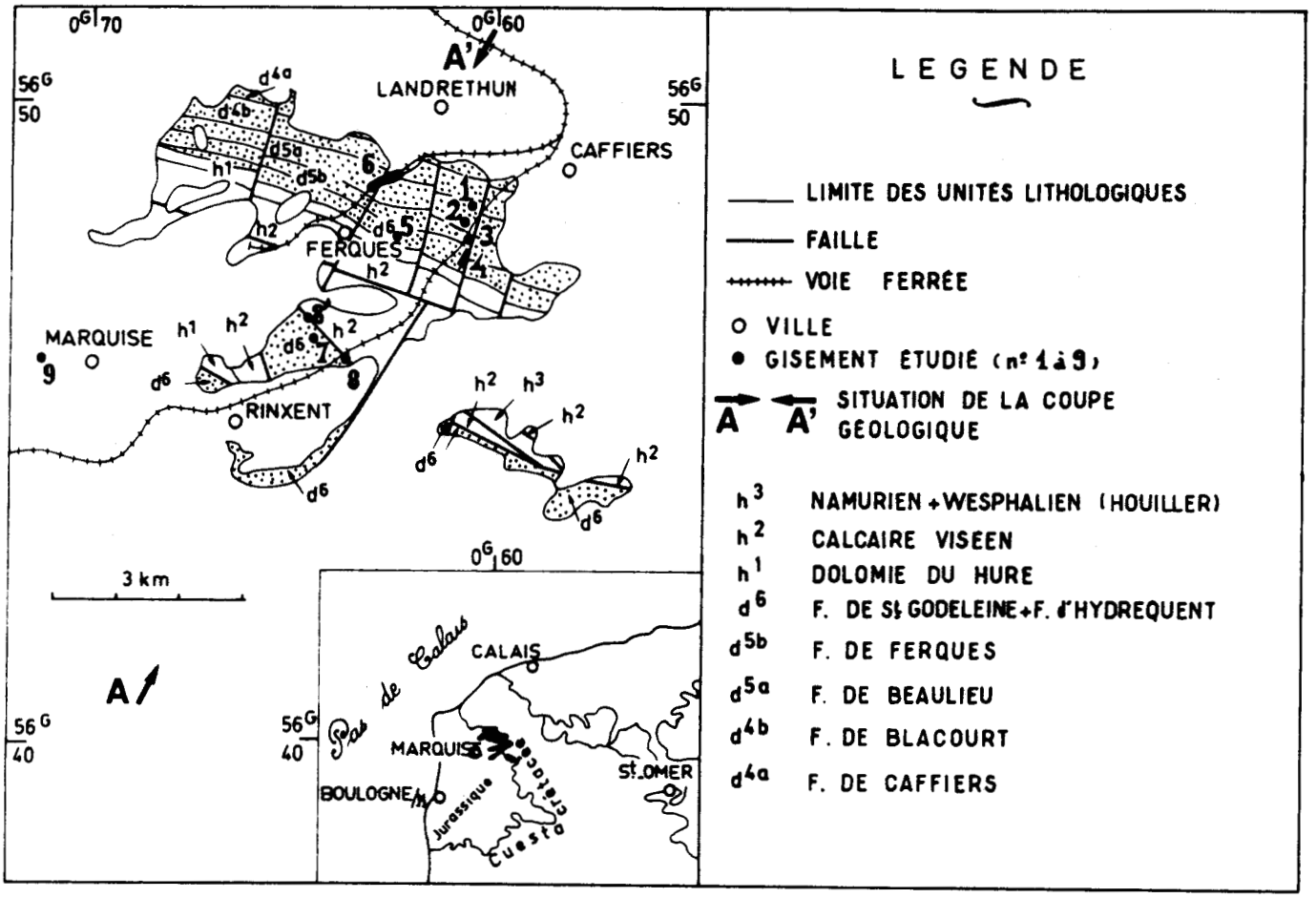
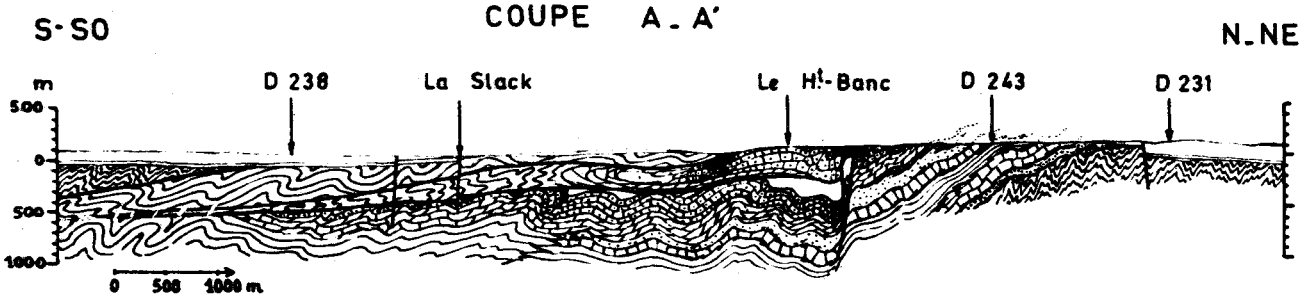
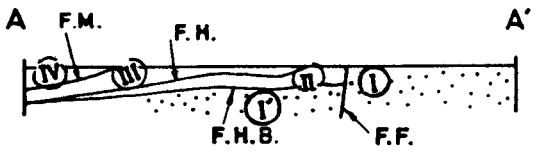


Fig. 49 : Schéma géologique des terrains paléozoïques en Bas-Boulonnais avec la situation des gisements échantillonnés. D'après la feuille de Boulogne au 1/80 000 (4ème édition, 1964, PRUVOST & coll.).

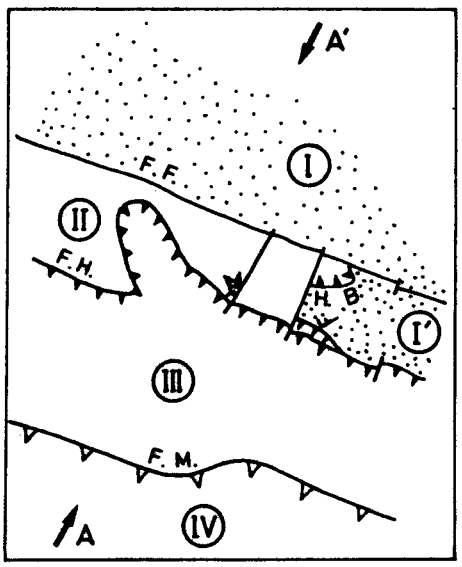
LE PALEOZOÏQUE DU BOULONNAIS

COUPE A_A'

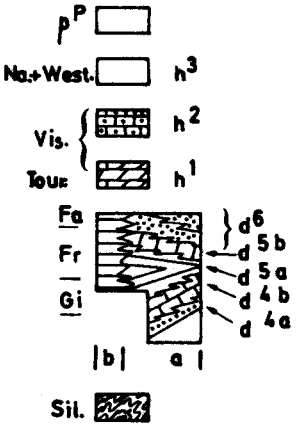




COUPE SCHEMATIQUE DES UNITES STRUCTURALES



SCHEMA STRUCTURAL DU PRIMAIRE CONNU EN BOULONNAIS



F.F. : FAILLE DE FERQUES

F.H. : FAILLE D'HYDREQUENT

F.H.B. : FAILLE DU HAUT-BANC

F.M. : FAILLE DU MIDI

I _ AUTOCHTONE DE FERQUES

I' _ AUTOCHTONE D'HARDINGHEN

II _ UNITE DU HAUT-BANC

III _ UNITE D'HYDREQUENT

IV _ UNITE DE BOULOGNE

F. LETHIERS

BIS LILLE

Fig. 50 : Structure des terrains paléozoïques en Bas-Boulonnais.
Le schéma structural et la coupe schématique des unités structurales sont dressés d'après les travaux de OLRY (1904), BOUROZ (1962), HOYEZ (1970 et communications personnelles) et BONTE & alii (1971).
La coupe géologique AA' est dessinée d'après la feuille de Marquise au 1/50 000 (1ère édition, BONTE & alii, 1971) et compte tenu des observations de OLRY (1904), COLBEAUX, CONIL & HOYEZ (1978), COLBEAUX (1975) et de nos observations personnelles. Cette interprétation diffère des coupes classiquement représentées (voir PRUVOST, 1921, 1947 modifié *in* BONTE, 1969, fig. 3) par quelques traits tectoniques et stratigraphiques qui sont résumés dans le texte.

dons abandonner le terme ambigu de "massif", généralement utilisé par les auteurs pour désigner les unités tectoniques. D'après le schéma structural et la coupe schématique (Fig. 50) on reconnaît au Nord et sous la faille du Midi, deux écailles tectoniques chevauchantes sur un autochtone. Les accidents chevauchants, relatifs à la phase asturienne, sont à faible pendage vers le Sud, voire plans. L'unité d'Hydrequent (III) repose par la faille du même nom sur l'unité du Haut-Banc (II) qui est en contact avec l'autochtone par la faille du même nom également. La faille de Ferques verticale dans son ensemble, reprend la faille du Haut-Banc : sa mise en place est fini-hercynienne. Elle divise l'autochtone en deux ensembles : l'Autochtone de Ferques (I), le plus largement visible à l'affleurement, et l'Autochtone d'Hardinghen (I') connu par les anciennes exploitations de charbons et par un petit affleurement au SE du précédent. Le tracé sinueux de la faille d'Hydrequent s'explique par des ondulations fini-hercyniennes d'axes NW-SE recoupées par la surface d'érosion permo-triasique.

D'après la coupe AA' (Fig. 50), la structure des terrains hercyniens dans l'Autochtone de Ferques est plissée et non monoclinale. Outre que les rapports épaisseurs/largeurs d'affleurements invitent à ce choix, des pendages vers le Nord ont été observés dans la Formation de Caffiers (BRICE, COLBEAUX & alii, 1978, p. 310) et les valeurs relevées vers le Sud varient entre 20 et 50 degrés (COLBEAUX & alii, 1978, fig. 2). En fait, la structure d'ensemble est à pendage vers le SW, mais de temps en temps des ondulations en genoux décalent légèrement la série. Empiriquement l'homme a installé les exploitations sur les larges pans monoclinaux qui de ce fait affleurent de préférence. La structure de l'Autochtone d'Hardinghen est également plissée : le sondage de la Vallée Heureuse y a rencontré des pendages probables de 5 à 45 degrés et OLRY (1904) signale des veines de charbon plissées et même renversées. Les calcaires viséens de l'Unité du Haut-Banc sont parfois subhorizontaux, mais ils peuvent être très plissés au voisinage de la faille d'Hydrequent (carrière de Basse-Normandie) ou près de la faille de Ferques (carrières de la Vallée Heureuse et des Moines, voir COLBEAUX & alii, 1978). La faille de Ferques peut s'interpréter comme un ensemble de zones broyées

qui donnent souvent une écaille tectonique verticale. Le matériel de celle-ci est en partie un copeau remonté de l'Autochtone d'Hardinghen avec du houiller actuellement visible à la carrière de Leulinghen. Une autre partie pourrait provenir de restes autochtones du houiller. Il est également possible que l'extrémité Nord de la faille du Haut-Banc soit reprise par la faille de Ferques, c'est-à-dire reployée à la verticale en participant aux zones broyées mentionnées précédemment.

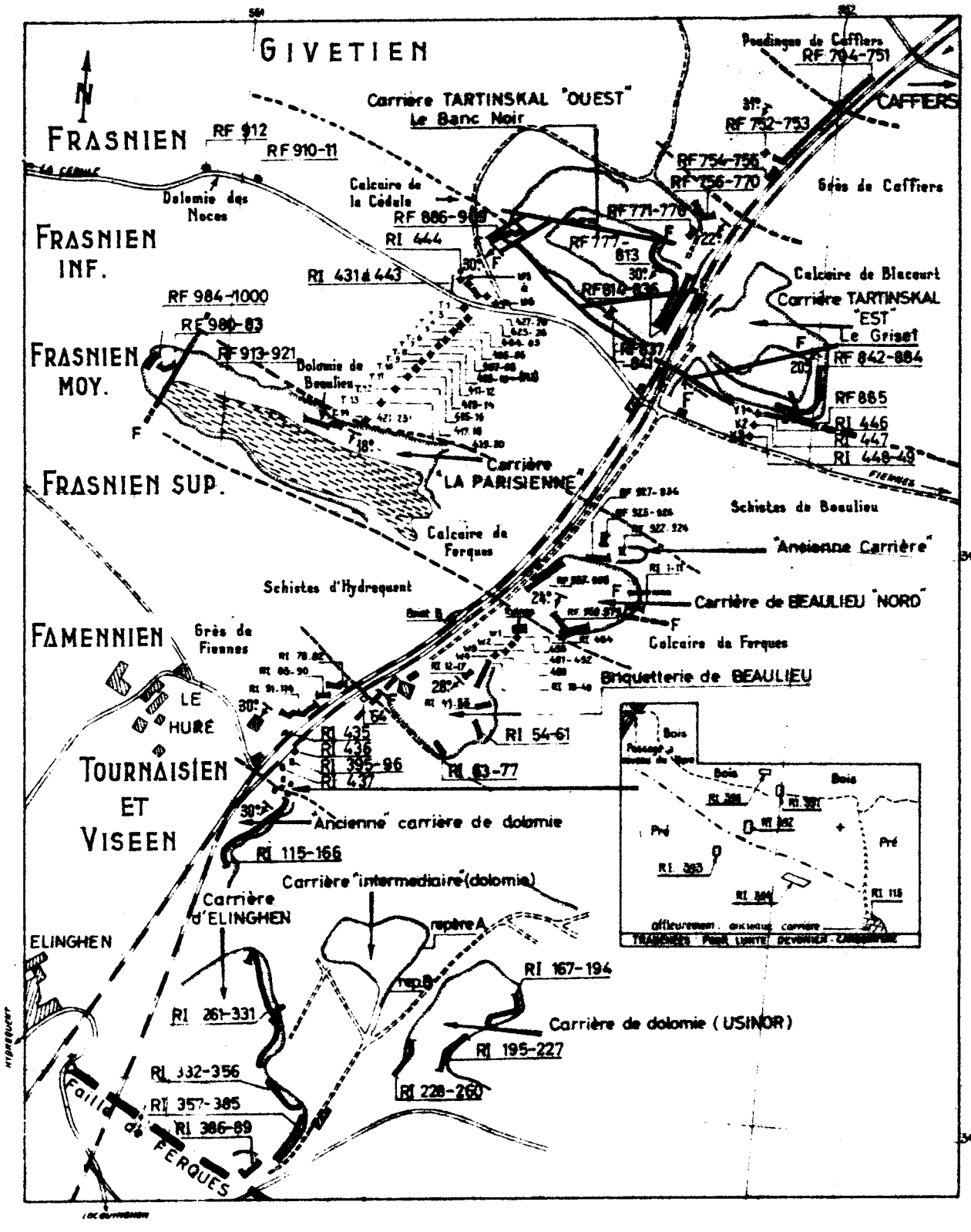
Les questions concernant la place ou même l'existence de la faille de Ferques sont à l'étude actuellement (COLBEAUX, comm. orale).

Certains caractères stratigraphiques adoptés dans le Dévonien diffèrent des assertions classiques. Ces résultats nouveaux seront exposés ultérieurement mais pour la compréhension de la coupe nous en donnons l'essentiel. Les terrains dévoniens de l'Autochtone de Ferques correspondent à un cycle sédimentaire dont les Formations sont légèrement diachroniques ; celle de Beaulieu (d5a) s'épaissit de plus en plus vers le Sud. La faille de Ferques s'amortit probablement dans les argiles de cette unité lithostratigraphique. La Formation de Sainte-Godeleine (d6 supérieur) disparaît également vers le Sud. Dans l'Autochtone d'Hardinghen méridional, dans les unités du Haut-Banc et d'Hydrequent, il y a un passage latéral au Dévonien de toutes les formations à des faciès pélitiques. Ceux-ci, ainsi que les terrains houillers, ont eu un rôle fondamental dans la tectonique tangentielle : décollement des unités, enracinement des accidents plans sous la faille du midi, etc.....

BUS LILLE

3.7.2. - Les gisements échantillonnés.

Comme nous faisons, dans ce mémoire, souvent référence au travail de MAGNE (1964), nous rappelons l'échantillonnage très précis de cet auteur par la Fig. 51. Il s'agit de la célèbre coupe dite "de Caffiers" qui montre des affleurements de part et d'autre de la ligne de chemin de fer Calais-Boulogne, entre Caffiers et Elinghen. En plus de prélèvements dans les carrières du "Banc Noir" et du "Griset" (Formations de Blacourt et de Beaulieu), dans les carrières de la Parisienne et de Beaulieu Nord dite du "Bois" (Formation de Ferques) et à la



BUS LILLE

Fig. 51 : Situation des prélèvements de MAGNE (1964) dans la coupe de Caffiers. Extrait de MAGNE (1964, Fig. 10). Echelle : 1/10 000.

N°	DESIGNATION	COORDONNEES	UNITES ECHANTILLONNEES
1	Angle Ouest de la Carrière du "banc noir"	01°47'20"E 50°50'10"N	Formation de Beaulieu
2	Affleurement à l'Est de "la Parisienne"	01°47'26"E 50°49'49"N	Formation de Beaulieu
3	Carrière "du Bois"	01°47'33"E 50°49'41"N	Formation de Ferques
4	Briqueterie de Beaulieu	01°47'22"E 50°49'35"N	Fm d'Hydrequent Fm de Ste-Godeleine
5	Tranchée au calvaire de la D243	01°46'37"E 50°49'49"N	Formation de Beaulieu
6	Affleurements de la nouvelle coupe	01°46'37"E 50°50'23"N à 01°46'12"E 50°50'10"N	Formation de Beaulieu Formation de Blacourt
7	Sondage de la "Vallée Heureuse"	01°45'19"E 50°49'21"N	"Calcschistes de la Vallée Heureuse" Fm d'Hydrequent Fm de Ferques
8	Angle SW de la carrière de Basse Normandie	01°45'54"E 50°48'41"N	?
8'	Affleurement de l'entrée Sud de la "Vallée Heureuse"	01°45'20"E 50°49'08"N	"Calcschistes de la Vallée Heureuse" Pélites de l'Unité d'Hydrequent
9	Sondage au SW de Marquise	01°41'30"E 50°48'46"N	Pélites de l'Unité d'Hydrequent

Fig. 52 : Situation des gisements échantillonnés en Boulonnais.
Carte géologique de Marquise au 1/50 000.
(1ère édition, 1971, BONTE & coll.)

briqueterie de Beaulieu (Formation d'Hydrequent et de Sainte-Godeleine), MAGNE (1964) avait procédé à un échantillonnage par tarière pour combler les hiatus entre les affleurements. Plusieurs tranchées avaient également été pratiquées au Nord de l'ancienne carrière de dolomie pour situer exactement la limite dévono-carbonifère. Celle-ci passe entre les tranchées RI 392 et RI 393.

Nous avons prélevé de nombreux échantillons dans une dizaine de sites (Fig. 49 et 52) qui sont les suivants* :

1/ Affleurements au SW de la carrière du Banc Noir.

- Situation : Carrière Tartinskal Ouest dite "du Banc Noir" à 1800 m à l'W-SW de Caffiers. Le chemin d'accès à l'angle Ouest de la carrière montre une des deux coupes-types du Membre de Cambresèque.

- Références : Voir DEVOS (1962), LE MAITRE & MAGNE (1964) et MAGNE (1964).

- Observations : Nous avons retrouvé les principales espèces récoltées par MAGNE dans cet affleurement et révisé six d'entre elles (LETHIERS, 1970) (Zone DSO1)** Frasnien basal.

2/ Affleurements à l'Est de "La Parisienne".

En se dirigeant pendant 300 m au Sud de l'affleurement précédent, on trouve le sommet de la Formation de Beaulieu sous les premiers bancs de calcaire dolomitique de la Formation de Ferques à l'Est de l'entrée de la carrière "La Parisienne". Malheureusement les argilites violacées contiennent très peu d'Ostracodes.

3/ Affleurements de la carrière "du Bois".

- Situation : Carrière à 200 m au NE de la briqueterie de Beaulieu, sur le côté Est de la voie ferrée Calais-Boulogne. Une grande partie de la Formation de Ferques y est exposée.

---

* De nombreuses précisions concernant les affleurements, la stratigraphie et leur bibliographie sont récapitulées dans BRICE & alii (1978a).

** Quand cela est possible les affleurements sont situés dans notre zonation (voir Tabl. 6 et paragraphe 3.9.)

- Références : BRICE & alii (1978a), MAGNE (1964), WALLACE (1969).

- Observations : Le Membre du Bois à caractères biostromaux contient peu d'Ostracodes, mais la partie supérieure de la Formation livre une riche faune dont la composition spécifique est très proche de celle du sommet de la Formation de Frasnes (F2i) en Ardenne (zone DSO2).

4/ Affleurements de la briqueterie de Beaulieu.

- Situation : Carrière à 500 m à l'Est du lieu-dit le Hure, sur le côté Est de la voie ferrée Calais-Boulogne. La Formation d'Hydrequent et la base de la Formation de Sainte-Godeleine y sont exposées.

- Références : BONTE & alii (1974), CORSIN (1928) et MAGNE (1964).

- Observations : La faune est présente dans la Formation d'Hydrequent mais peu abondante, spécialement au sommet de l'unité. Les nombreux échantillonnages pratiqués dans les grès et psammites de Sainte-Godeleine n'ont livré aucun Ostracode (zone DSO2, DSO3-4 ?, DSO5). Frasnien moyen, supérieur et Famennien basal. Le bon ordre stratigraphique des prélèvements doit tenir compte d'une faille NE-SW qui traverse la carrière et qui n'a pas toujours été relevée dans les travaux précédents.

5/ A 800 m à l'W-NW de la briqueterie nous avons abondamment échantillonné la Formation de Beaulieu dans la tranchée de route D243, près du calvaire, mais les lavages n'ont rien donné.

6/ Affleurements de la "nouvelle coupe".

- Situation : Tranchée de chemin de fer qui relie Caffiers aux carrières des Marbres du Boulonnais à Ferques. Elle recoupe la série dévono-carbonifère du Boulonnais.

- Références : BRICE & alii (1976) et BRICE & alii (1978b).

- Observations : Nous avons échantillonné le sommet de la

Formation de Blacourt et la Formation de Beaulieu qui sont bien exposées (sommet du Givétien et zones DSO1, DSO2 du Frasnien).

7/ Sondage de la "Vallée Heureuse".

- Situation : A 600 m à l'Est d'Hydrequent, le célèbre sondage carotté de la Vallée Heureuse fut exécuté en 1907 pour une campagne de reconnaissance. Il a traversé 1150 m d'épaisseur en rencontrant l'Unité d'Hydrequent, l'Unité du Haut-Banc et l'Autochtone d'Hardinghen.

- Références : PRUVOST & DELEPINE (1921) et BONTE & coll. (1971).

- Observations : Dans la lithothèque du B.R.G.M. de Lezennes (Nord) nous avons échantillonné la Formation de Ferques (échantillons 1026 m, 1035 m, 1037 m, 1039 m et 1041 m). Elle a livré une faune d'Ostracodes voisine de celle de la carrière du Bois (zone DSO2). Les prélèvements effectués dans la Formation d'Hydrequent et dans l'horizon dit "calcschistes de la Vallée Heureuse" (échantillons 949-953 m, 956-957 m) ne contenaient malheureusement pas d'Ostracodes.

8/ Les pélites allochtones de l'Unité d'Hydrequent visibles à l'angle Sud de la carrière de Basse Normandie n'ont livré aucun Ostracode. Jusqu'ici on ne sait s'il s'agit de Frasnien ou de Famennien.

8'/ Affleurement à l'entrée Sud de la carrière de la Vallée Heureuse.

- Situation : A l'entrée Ouest de la carrière près de la Haute Falise, des travaux menés en juin 1981 ont rafraîchi la coupe mettant en évidence la faille d'Hydrequent. L'échantillonnage effectué par J. LEPLAT & J.P. COLBEAUX concernant les pélites allochtones d'Hydrequent ainsi qu'une écaille tectonique, notée sur Marquise 1/50 000, et contenant les "Calcschistes de la Vallée Heureuse".

- Références : L'affleurement et sa structure est sensiblement identique à celui qui fut décrit au même endroit par PRUVOST & DELEPINE (1921). Description également de GOSSELET (1903).

- Observations : Les pélites allochtones contiennent des Ostracodes du Famennien inférieur. Les "Calcschistes de la Vallée Heureuse" ont livré des Ostracodes d'âge tournaisien.

9/ Sondage au SW de Marquise.

- Situation : En juin 1973 un sondage carotté fut effectué dans la vallée de la Slack, au SW de Marquise (554,48-346,15) et déposé au B.R.G.M. de Lezennes (Nord). Il a traversé les terrains quaternaires et le Dogger puis a rencontré des pélites vertes à violacées, assimilées à la Formation d'Hydrequent entre 43 m et 49 m (fin de sondage) de profondeur (passes 13 à 16).

- Observations : Le sondage étant situé au Sud de la faille d'Hydrequent, les pélites font partie de l'unité allochtone d'Hydrequent. Elles ont livré des Ostracodes du Frasnien inférieur (zone DSO2).

3.7.3. - Le cycle sédimentaire du Dévonien.

3.7.3.1.- Dans les unités autochtones de Ferques et d'Hardinghen.

L'interprétation des faciès dévoniens dans "la coupe de Caffiers" et dans la "nouvelle coupe" révèle une succession de milieux de sédimentation divers. Ils sont impliqués dans un cycle sédimentaire classique qui a généralement échappé aux auteurs.

La série débute au Dévonien moyen avec la Formation de Caffiers probablement discordante sur les schistes siluriens (voir OLRY, 1904). Cette unité est évidemment transgressive. Le faciès détritique (Poudingues, grès, shales) à restes de cryptogames vasculaires (CORSIN, 1933) indique une sédimentation de type supratidal, passant probablement à la zone intertidale au sommet de la Formation.

La Formation de Blacourt témoigne de l'installation du domaine marin franc. Il s'agit d'une sédimentation de plate-forme carbonatée à nombreux organismes constructeurs, Crinoïdes et Brachiopodes articulés. La disposition des organismes constructeurs et les horizons argileux à cristaux de pyrite sont les principaux arguments pour reconnaître un milieu généralement calme de plate-forme interne, en dehors de l'action brutale des vagues (DEVOS, 1962, p. 14). L'existence d'une barrière récifale protectrice a même été présumée en situation plus méridionale par AGER & WALLACE (1966, p. 390).

La Formation de Beaulieu est souvent interprétée à tort comme l'indice d'un milieu moins profond que le précédent (phase régressive). AGER & WALLACE (1966, p. 391) ont évoqué à ce propos une lagune sursalée pour expliquer la présence de lentilles dolomitiques au sein de la masse épaisse de shales. Le type secondaire de la dolomitisation a été démontré pour le Membre de Cambresèque (LETHIERS, 1970, p. 69) et pour le Membre des Noces (MAGNE, 1964, p. 101). La faune de la Formation de Beaulieu est typiquement celle d'un milieu marin franc : Polypiers, Crinoïdes, Brachiopodes articulés, Tentaculites, Styliolines, Bryozoaires, Conodontes, Foraminifères arénacés et nombreuses espèces d'Ostracodes qui se poursuivent dans la Formation sus-jacente dont le milieu marin à salinité normale n'est jamais contesté. Cette composition faunique alliée aux caractères lithologiques font penser à une sédimentation du type "vasière de plate-forme externe" à petites lentilles biohermales, minces lits carbonatés, et située sous la zone de traction des vagues. La Formation de Beaulieu représente donc une phase transgressive par rapport à celle de la Formation de Blacourt. Cette interprétation cadre mieux avec ce qui est connu en Ardenne au même moment : une importante transgression marque le début du Frasnien (F2a) dans le synclinorium de Namur ; elle est démontrée soit par l'étude des faciès (LACROIX, 1974), soit paléogéographiquement (TSIEN, 1977).

La Formation de Ferques est en majeure partie un horizon carbonaté à très nombreux Brachiopodes articulés, Tétracoralliaires coloniaux, Tabulés et Stromatopores. Il s'agit d'une sédimentation en milieu peu profond et de type biostromal. La ressemblance sédimentaire avec la Formation de Blacourt a déjà été marquée (AGER & WALLACE, 1966, p. 391), mais ici les caractères lithologiques et taphonomiques indiquent une turbulence plus importante dans l'ensemble. Ainsi la Formation de Ferques représente une sédimentation plus interne que celle de la Formation de Beaulieu, probablement vers la zone de haute énergie.

Dans la Formation d'Hydrequent les caractères de la faune pauvre contenue dans les shales et les figures de sédimentation conservées à la surface des lits de siltstones évoquent une vasière cô-

tière, subtidale ou intertidale, et à salinité peut-être anormale pour la série supérieure de la Formation (voir BONTE & alii, 1974).

La Formation de Sainte-Godeleine termine la série dévonienne. C'est un ou plusieurs niveaux de grès et psammites à faune très rare (Unionidés ?) où des terriers en U et des traces de chenaux furent signalés. On y voit un environnement sédimentaire sableux en zone intertidale ou supratidale, voire lacustre. Cet épisode régressif concorde avec la régression générale constatée au Famennien en Belgique et dans le Nord de la France sur le plan paléogéographique (COLBEAUX, BEUGNIES & alii, 1977, p. 201).

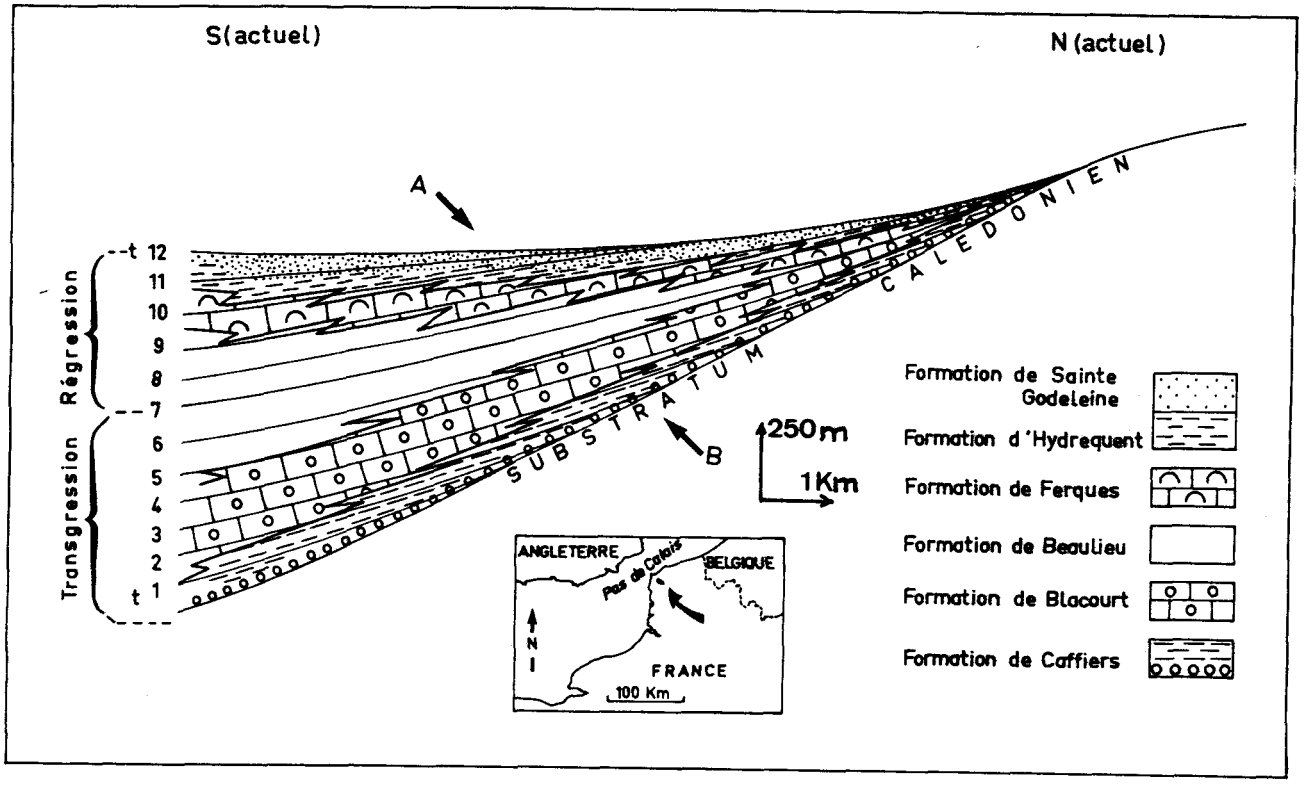


Fig. 53 : Schéma interprétant les Formations dévoniennes de l'Autochtone de Ferques comme un cycle sédimentaire. (t1 à t12 = lignes isochrones. Coupe AB = affleurements actuels des Formations). Les échelles marquées sont approximatives.

L'analyse précédente montre que la série dévonienne représente une transgression qui atteint son maximum avec la Formation de Beaulieu, suivie d'une régression pour le reste de la série. Dans ce cycle sédimentaire typique, la Formation de Blacourt est l'homologue carbonaté transgressif de la Formation de Ferquès régressive et la Formation de Caffiers est l'équivalent détritique transgressif des Formations d'Hydrequent et de Sainte-Godeleine régressives. La série dévonienne en Boulonnais se comprend comme une section de l'avancée puis du recul d'une aire sédimentaire de plate-forme. Celle-ci était constituée, depuis la côte vers le large : par une zone de dépôts détritiques supratidale à subtidale , suivie d'une plate-forme carbonatée de type biostromal, puis d'une vasière de plate-forme externe à lentilles biohermales (voir Fig. 53).

Cette interprétation implique un diachronisme général des formations dévoniennes. Celui-ci est peu important à l'échelle des affleurements dont nous disposons, car la zonation par les Ostracodes ne le met pas en évidence avec certitude. Néanmoins de légères différences existent entre les deux coupes : ainsi la biozone à *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954 est présente dans la totalité du Membre de Cambresèque pour la "nouvelle coupe" (affleurement n° 6 et voir le Tabl. 4) mais n'atteint pas le sommet de cette unité dans la "coupe de Caffiers" (affleurement n° 1 et voir MAGNE, 1964, Pl.VII, X). De même, la répartition de *Polyzygia neodevonica* (MATERN, 1929) débute au sommet de la Formation de Blacourt dans la "nouvelle coupe" alors que cette espèce apparaît à l'intérieur de la Formation de Beaulieu dans la "coupe de Caffiers". La zonation par les Ostracodes n'est malheureusement pas assez précise autour de la Formation de Ferques pour en démontrer le diachronisme.

Ainsi cette unité a livré dans le sondage de la Vallée Heureuse (Autochtone d'Hardinghen et site échantillonné n° 7) :

Asturiella blessi BECKER, 1971
Polyzygia neodevonica (MATERN, 1929)
Jenningsina lethiersi BECKER, 1971
Favulella lecomptei BECKER, 1971
Punctomosea weyanti BECKER, 1971

Plagionephrodes laqueus (MATERN, 1929)
Refrathella incompta BECKER, 1971
Uchtovia materni BECKER, 1971
Cavellina cf. *caduca* McGILL, 1963

Cette association du Frasnien inférieur (Zone DS02) n'est pas fondamentalement différente de celle de l'Autochtone de Ferques plus au Nord.

Néanmoins notre nouvelle interprétation permet de comprendre certaines particularités lithostratigraphiques, notamment la difficulté d'établir des corrélations au sommet du calcaire de Blacourt entre les deux coupes précédemment citées (BRICE & alii, 1976, p. 153), ou encore la légère diminution d'épaisseur pour la Formation de Beaulieu vers le NW, telle que la suggèrent les cartes de Boulogne au 1/80 000 (3ème et 4ème éditions), de Marquise au 1/50 000 (1ère édition) et telle que OLRY (1904) l'avait déjà dessinée.

L'ensemble de ces différences micropaléontologiques et lithostratigraphiques concorde avec des mouvements transgressifs et régressifs de direction N-S eu égard à la direction NW-SE des couches.

3.7.3.2.- Dans l'Allochtone d'Hydrequent.

Entre la faille d'Hydrequent et la faille du Midi, les terrains sont généralement reconnus comme appartenant à la Formation d'Hydrequent mais avec une épaisseur au moins égale à deux fois celle de l'Autochtone de Ferques (voir notamment la coupe géologique interprétative qui jouxte la carte de Marquise au 1/50 000). Notre gisement n° 9 (sondage au SW de Marquise) a livré les Ostracodes suivants :

Hollinella (K.) lionica BECKER & BLESS, 1971
Ponderodictya ? sp. indet.
Polyzygia neodevonica (MATERN, 1929)
Svantovites inops BECKER, 1971
Acratia sp. indet.
Cryptophyllus sp. indet.

Cette association nous situe dans le Frasnien inférieur (Zone DS02).

Dans notre gisement n° 8' (SW de la carrière de la Vallée Heureuse) les pélites allochtones contiennent des Ostracodes, à l'état de moules internes le plus souvent, mais qui permettent de donner la liste suivante :

Hollinellidae sp. sp.
Youngiella ? sp. indet.
Primitia ? sp. indet.
Nodella ? sp. indet.
Coryellina cf. *innata* TSCHIGOVA, 1977
Knoxites sp. indet.
Ellesmerina ? cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972
Bythocyproidea beugniesi LETHIERS, 1972
Cavellina sp. 1
Cavellina sp. 2
Sulcella ? sp. indet.
Elliptocyprites ? sp. indet.
Healdianella ? sp. indet.
Carbonita submersa LETHIERS, 1974 ?
Cryptophyllus sp. indet.
et des Tentaculites.

Ces espèces indiquent le Frasnien terminal pour une petite partie, mais principalement le Famennien inférieur pour le reste. Pratiquement dans le même affleurement PRUVOST & DELEPINE (1921) avaient cité *"Rhynchonella letiensis* GOSSEL., *Rynch.* cf. *dumonti* GOSS.". De tels Brachiopodes peuvent également provenir du Famennien inférieur et d'un Famennien supérieur basal.

Plusieurs constatations s'imposent à propos du Dévonien supérieur de l'Allochtone d'Hydrequent :

a) Il est essentiellement argileux, pélitique. Jusqu'ici la Formation de Ferques n'a pas été reconnue, ni à l'affleurement ni par sondage.

b) Les grès visibles près de la chapelle Sainte-Godeleine sont situés à l'intérieur de cette masse pélitique. Leurs caractères stratonomiques (sédimentation rythmique évidente) et pétrographiques sont différents des grès et pélites blanchâtres visibles dans l'Auto-

chtone de Ferques près du passage à niveau du Hurê. Cette dernière unité n'a pas son équivalent dans l'Allochtone. Déjà dans l'Autochtone d'Hardinghen, le sondage de la Vallée Heureuse montre qu'elle n'existe plus. Le Tournaisien y repose sur une formation argileuse à passées gréseuses (971 à 1020 m), que les auteurs ont appelé "Schistes et grès de Fiennes" qui est directement superposée à la Formation de Ferques.

c) La composition de la Formation de Sainte-Godeleine sensu BRICE & alii (1978) doit donc être précisée en y distinguant trois unités lithologiques.

"L'unité a" (Fig. 55) comprend des grès, psammites et pélites blanchâtres d'âge famennien sur lesquels repose la dolomie tournaisienne. Le contact a été vu par RIGAUX (1892) et mis en évidence par MAGNE (1964). "L'unité a" n'existe que dans l'Autochtone de Ferques.

Dans l'Allochtone, cette première unité lithologique passe latéralement aux pélites marron et lie-de-vin que nous appelons "l'unité b" (Fig. 55) et qui repose sur le Frasnien argileux dont il est difficile de le distinguer lithologiquement jusqu'ici. Par endroits, "l'unité b" peut passer latéralement à un faciès gréseux que nous appelons "l'unité c" (Fig. 55).

d) Le Frasnien et le Famennien inférieur ont été mis en évidence, mais rien ne prouve que le Famennien soit complet dans sa partie supérieure.

3.7.3.3.- Conclusions.

Nous avons démontré l'existence d'un cycle sédimentaire dans le Dévonien de l'Autochtone de Ferques. Mais les allées et venues des zones sédimentaires les moins profondes (zone sableuse littorale et plate-forme carbonatée) n'ont pas atteint le secteur méridional qui deviendra l'Allochtone. Là, le Frasnien et le Famennien en continuité sont sous un faciès pélitique monotone qui constitue une masse plastique dont nous avons évoqué le rôle tectonique (p. 199). Les terrains du Famennien terminal sont probablement absents aussi

bien dans l'Autochtone que dans l'Allochtone : il faut y voir soit une émersion dès le Famennien supérieur, soit une érosion pendant l'émersion d'âge strunien que nous mettons en évidence plus loin (p. 224), ou les deux phénomènes à la fois.

3.7.4.- Répartition des Ostracodes dans les unités lithostratigraphiques et établissement des équivalences avec l'Ardenne.

Nos investigations, précédées par celles de MAGNE (1964), mettent en évidence une faune d'Ostracodes très proche de celle que nous avons présentée en Ardenne. Une comparaison peut donc s'établir qui nous conduira vers les corrélations des unités lithostratigraphiques.

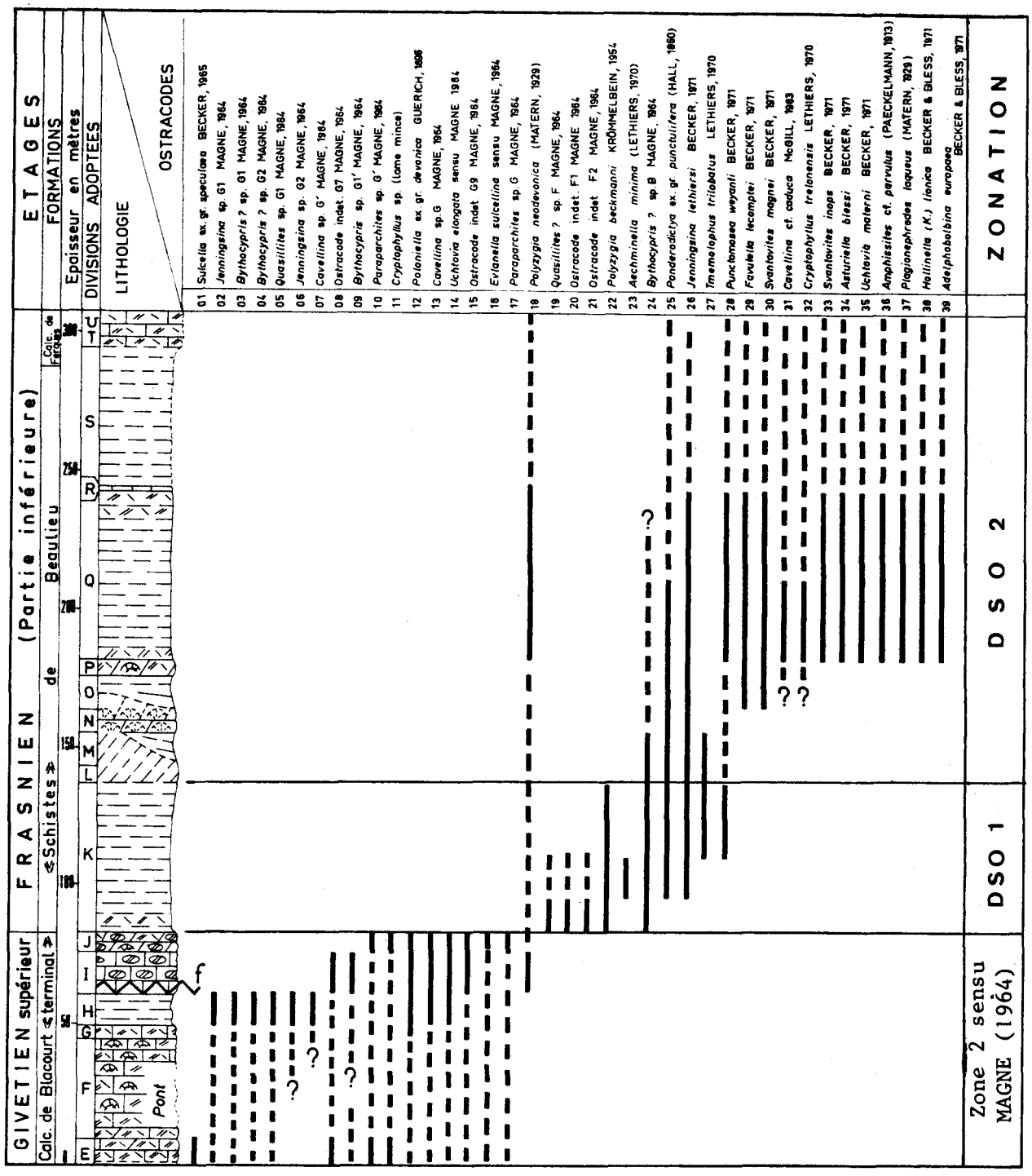
3.7.4.1.- La limite des Formations de Blacourt et de Beaulieu (Tabl. 4).

Très tôt, le caractère de la macrofaune conduisit les auteurs à placer la limite Dévonien moyen/Dévonien supérieur entre les Formations de Blacourt et de Beaulieu (voir Fig. 40). L'étude des Ostracodes (MAGNE, 1964) puis des Conodontes (BRICE, BULTYNCK & alii, 1978b) a consolidé cette position. Avec les Conodontes, ces derniers auteurs montrent plus précisément que les derniers horizons de la Formation de Blacourt sont les équivalents de la Formation de Fromelennes.

Les Ostracodes de la Formation de Blacourt dans la coupe de Caffiers étaient connus grâce à MAGNE (1964, p. 134, Pl.h.-t. VI et X).

Dans la "nouvelle coupe" (gisement n° 6) nous avons échantillonné le sommet de la Formation de Blacourt et les principaux résultats sont les suivants :

Dix-sept espèces givétiennes signalées dans la coupe de Caffiers se retrouvent ici. Citons en particulier *Paraparchites* sp. G, *Cavellina* sp. G, *Quasillites* sp. G1, *Jenningsina* sp. G1 et *Jenningsina* sp. G2 que MAGNE (1964) trouvait également au sommet du Calcaire de Blacourt. Le *Cryptophyllus* sp. 3 utilisé par cet auteur comme marqueur à Fromelennes et dans la coupe de Caffiers n'a pas été recueilli ici "en dégagé", mais nous avons observé le genre *Cryptophyllus* en lame mince dans les bancs calcaires supérieurs. Les derniers exemplai-



Tabl. 4 .- Répartition des Ostracodes dans "la nouvelle coupe" de Caffiers à Ferques. D'après LETHIERS in BRICE & alii (1976). Site échantillonné n° 6.

K = Membre de Cambresèque, L à P = Membre des Noces, Q à S = Membre des Pâtures.

res du genre *Poloniella* ont été récolté dans l'extrême sommet de la Formation de Blacourt. Cette extinction générique, déjà signalée en Ardenne (p.183) semble générale et acquiert donc une importance biostratigraphique évidente. Une mention spéciale doit être faite pour *Polyzygia neodevonica* (MATERN, 1929) : nous en avons découvert quatre exemplaires au sommet de la Formation de Blacourt dans la nouvelle coupe. Cette espèce, essentiellement frasnienne, est citée ici pour la première fois dans le Givétien franco-belge. MICHEL (1972) la signale dans le Givétien des Asturies en Espagne.

Dans la coupe de Caffiers (MAGNE, 1964 et LETHIERS, 1970) et dans la "nouvelle coupe" (LETHIERS *in* BRICE & alii, 1976) le Membre de Cambresèque, à la base de la Formation de Beaulieu, contient les associations connues à la base du Frasnien en Ardenne avec *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954. Ce marqueur confère un âge doIα supérieur [sommet de la zone à *Pharciceras lunulicosta* (G. & F. SANDBERGER, 1849) = F2a] correspondant aux m.g.m. 18 et 19 en partie pour la base de la Formation de Beaulieu (= notre zone DSO1). On peut déduire que le reste du m.g.m. 19 doit trouver son équivalent dans le Membre des Noces, au moins en partie, qui correspondrait au F2b, c, du Synclinorium de Dinant.

3.7.4.2.- Les Formations de Beaulieu et de Ferques.

Le reste de la Formation de Beaulieu, puis la Formation de Ferques contiennent une faune diversifiée proche de celle qui existe dans la Formation de Frasnes (zone DSO2). Une vingtaine d'espèces sont recensées dans ces niveaux sur le Tabl. h.t. 1. En particulier la Formation de Ferques possède un cortège ostracodique qui est également bien représenté dans le m.g.m. 21 en Ardenne. Dans la partie supérieure de cette Formation, une association d'espèces abondantes telles que *Uchtovia materni* BECKER, 1971, *Asturiella blessi* BECKER, 1971, *Favulella lecomptei* BECKER, 1971. *Svantovites magnei* BECKER, 1971, etc.... est connue dans les pélites F2i' de la Carrière du Lion près de Frasnes. Aussi, il nous semble que le m.g.m. 21 descend jusqu'à la base de la Formation de Ferques ou près de celle-

ci. Par ce calcul, il ne reste que le m.g.m. 20 pour le Membre des Pâtures de la Formation de Beaulieu : l'équivalence est probable, mais les limites exactes restent à préciser*.

3.7.4.3.- La Formation d'Hydrequent (Tabl. 5).

Les Ostracodes sont rares, mal conservés, dans les argiles et grès de la Formation d'Hydrequent, et spécialement dans la partie supérieure à tendances lagunaires. Des lavages assidus provenant de la Carrière à la Briqueterie de Beaulieu ont néanmoins donné une faune dont la répartition est consignée dans le Tabl. 5.

Le sommet de la Formation d'Hydrequent contient deux espèces importantes pour la chronostratigraphie : *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972 (caractéristique du Famennien inférieur, m.g.m. 24 compris) et *Acratia paraschelonica* LETHIERS, 1974 (connue au passage Frasnien-Famennien, depuis le sommet du m.g.m. 23 jusqu'au m.g.m. 26 compris). L'apparition de cette association indique l'équivalence du m.g.m. 24 et peut-être 25 (zone DSO5) dans la série supérieure de la Formation d'Hydrequent de la coupe de Caffiers (gisement n° 4). La limite Frasnien-Famennien définie en Ardenne (voir p. 153 et Fig. 35) est donc située vers la base de cette série supérieure. Pour MAGNE (1964, p. 118), la palynologie et l'étude des Conodontes attribuent un âge frasnien à la totalité de la Formation d'Hydrequent "avec un maximum de critères pour la partie supérieure". Une telle affirmation ne contredit pas notre point de vue car cet auteur adoptait une limite Frasnien-Famennien différente de la nôtre et qui correspondait à celle des zones à *Manticoceras* (doI) et à *Cheiloceras* (doII).

La série inférieure de la Formation d'Hydrequent contient *Favulella lecomptei* BECKER, 1971. La grande valeur biostratigraphique de cette espèce fut mise en évidence par LETHIERS (1974a) et confirmée par CASIER (1976, 1977). Son association avec *Svantovites inops* (BECKER, 1974) suggère que le m.g.m. 21 monte dans la majeure partie de cette série inférieure (zone DSO2).

---

* Une étude récente des Conodontes par COEN *in* BRICE & alii, 1980, semble confirmer ces corrélations.

Ainsi, il reste peu d'épaisseur au-dessus du banc dolomitique (5 à 7 m environ) pour la place des m.g.m. 22 + 23 (zone DSO3 + DSO4). La sédimentation y est donc condensée par rapport à son équivalent ardennais (F2i' + F3 = 80 m environ), même en tenant compte de la diminution d'épaisseur entre les Synclinoria de Namur et de Dinant.

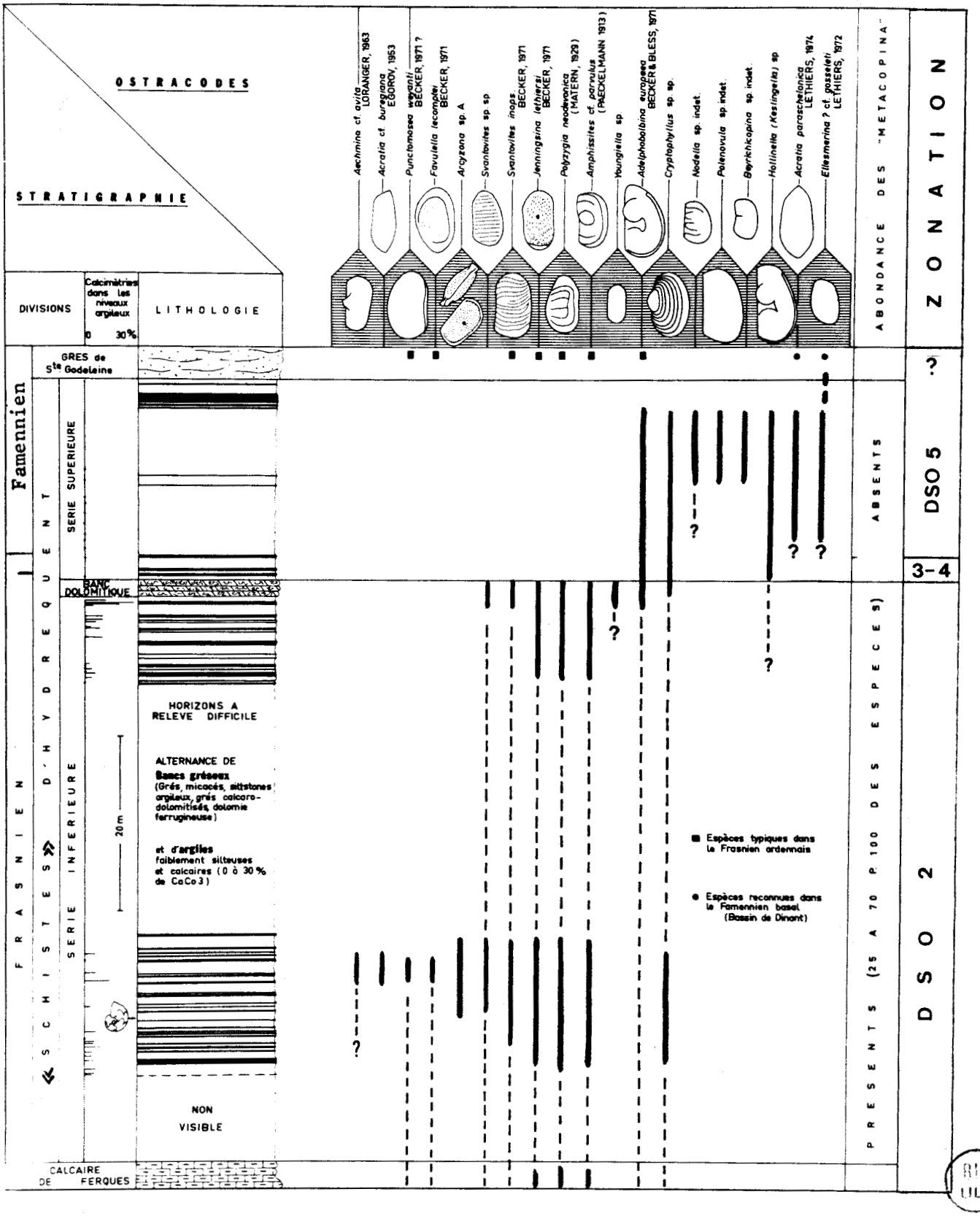
3.7.4.4.- La limite de la Formation de Sainte-Godeleine et du Tournaisien.

Actuellement aucun affleurement ne montre clairement la limite dévono-carbonifère dans le Boulonnais. Les couches de passage furent étudiées sur sondage carotté ou dans des secteurs tectonisés. De ce fait de nombreuses questions restent posées. Un historique est nécessaire avant d'essayer d'y répondre.

a) Historique :

En 1892, RIGAUX note que le passage des psammites de la Formation de Sainte-Godeleine aux dolomies tournaisiennes est brutal le long de la voie ferrée Calais-Boulogne.

De DORLODOT & SALEE (1911) puis DELEPINE (1920) montrent que le contenu macrofaunique à la base de la dolomie du Huré est d'âge tournaisien supérieur (Tn3). En 1921, PRUVOST & DELEPINE donnent la description du sondage de la Vallée Heureuse. Entre les pélites et grès de Sainte-Godeleine et la dolomie du Hure, ils mettent en évidence une formation (profondeur : 948,80 m et 971,50 m) comprenant un micropoudingue, des grès pyriteux, des shales noirs plus ou moins carbonatés, des lits charbonneux, des calcaires et dolomies noirs. Cet ensemble est néanmoins appelé "Calcschistes de la Vallée Heureuse" probablement parce que le terme de"calcschistes" est utilisé dans la stratigraphie tournaisienne de Belgique. En effet, la présence de Crinoïdes et de *Zaphrentis koninckı* MILNE-EDWARDS & HAIME, 1851 à 953 m indiquent cet âge. Ces mêmes auteurs étudient également l'écaille tectonique au front de la faille d'Hydrequent qui est située dans l'entrée de la carrière de la Vallée Heureuse (notre gisement 8'). Là, des lentilles calcaires broyées sont ramenées en



Tabl. 5 : Répartition des Ostracodes dans la Formation d'Hydrequent à la Briqueterie de Beaulieu. D'après LETHIERS in BONTE & alii (1974). Affleurement échantillonné n° 4.

BUS LILLE

surface. PRUVOST & DELEPINE en reconnaissent le caractère mylonitisé mais désignent cet ensemble sous le vocable de "Calcschistes de la Vallée Heureuse" parce que la macrofaune qu'ils y découvrent, avec de nouveau *Zaphrentis koninckl* M.E. et H., le met en équivalence avec le niveau précédent du sondage de la Vallée Heureuse. L'abondance de la macrofaune permet ici d'établir une corrélation plus précise avec la Belgique : "Calcaires et Schistes" de Landelies (= Tn2b : sommet du Tournaisien inférieur). C'est ainsi que l'existence d'une Formation appelée "Calcschistes de la Vallée Heureuse", d'une épaisseur de 20 m et d'âge tournaisien inférieur, prend place dans la notice de la carte géologique de Boulogne au 1/80 000 (4ème édition, PRUVOST & coll., 1964).

En 1964, MAGNE pose le problème en ces termes : "le Strunien existe-t-il sous le passage à niveau du Hure ?". Par une série de tranchées de reconnaissance, cet auteur montre que le passage des grès famenniens à la dolomie tournaisienne est brutal et qu'il n'y a pas de place pour les "calcschistes struniens" reconnus au sondage de la Vallée Heureuse. C'est la première fois que les "Calcschistes de la Vallée Heureuse" sont attribués au Strunien sans que,nous semble-t-il,un argument soit cité. Cette nouveauté passa dans la notice explicative de la carte géologique de Marquise au 1/50 000 (1ère édition, BONTE & alii, 1971) puisque l'indice h1a est accolé à la Formation bien que certaines espèces tournaisiennes découvertes par PRUVOST & DELEPINE (1921) soient citées. Enfin dans "la nouvelle coupe" (gisement n° 6), COLBEAUX *in* BRICE & alii (1978a) confirme le passage brutal de la Formation de Sainte-Godeleine aux faciès dolomitiques du Tournaisien.

b) Critique historique.

- Le mot "calcschistes" fut malheureux. Les horizons concernés ne sont pas métamorphiques, mais de types pétrographiques sédimentaires divers.

- Les caractéristiques pétrographiques des roches nommées "calcschistes de la Vallée Heureuse" au sondage et à la carrière du même nom, sont différents. Il est possible qu'ils soient chronolo-

giquement en corrélation, mais ils ne représentent pas la même unité lithostratigraphique.

- L'attribution de ce niveau au Strunien fut abusive. Elle est probablement due à une confusion entre "Tournaisien inférieur" et "Strunien".

- Un fait important reste à souligner : des couches sédimentologiquement diverses (poudingues, grès, calcaires dolomitiques, shales noirs), d'âge tournaisien inférieur sont présents dans l'Allotochtone, dans l'Autochtone d'Hardinghen et semblent absentes dans l'Autochtone de Ferques.

c) Mise au point.

- Nous avons étudié les lentilles calcaires de l'écaille tectonique située au front de la Faille d'Hydrequent (gisement 8'). Il s'agit de fragments mylonitisés, lenticulaires, parfois tordus, composés de calcaire dolomitique broyé, à nombreux filonnets de calcite, à petits cristaux de pyrite et petits fragments charbonneux. De nombreux articles de Crinoïdes subsistent ainsi que quelques Ostracodes. A voir notre coupe géologique A-A' (Fig. 50) ce matériel provient, à l'évidence, du rabotage de couches tournaisiennes et de restes houillers (fragments charbonneux) de l'Allochtone du Haut-Banc. L'étude des Ostracodes permet de donner la liste spécifique suivante :

Shishaella aff. *porrecta* ZANINA, 1956
Microcoelonella gr. *optata* POLENOVA, 1955
Microcheilinella aff. *inaequalis* BUSCHMINA, 1977
Acutiangulata cf. *acutiangulata* (POSNER) ***in*** TSCHIGOVA, 1960
Acratia similaris MOREY, 1936 sensu BUSCHMINA, 1975
Acratia aff. *rostrata* ZANINA, 1956
Famenella cf. *perspiqua* ROZHDESTVENSKAJA, 1972
Bairdia gr. *paffrathensis* KUMMEROW, 1939
Bairdiacypris ? sp. indet.
Fabalicypris ? sp. indet.

Les extensions verticales de ces dix espèces sont encore imparfaitement connues, mais elles suggèrent un intervalle stratigraphique comprenant le Tournaisien inférieur et le sommet du Strunien avec une forte probabilité pour le Tn1b. Cet âge est donc légèrement

plus ancien que celui donné par PRUVOST & DELEPINE (1921). Il est possible que de tels niveaux mylonitisés constituent un mélange chronologique. Au point de vue paléogéographique, notons l'affinité de la faune d'Ostracodes avec celle de Russie. Cette observation, fondée sur une étude ponctuelle, devra être confirmée par un travail plus général sur les Ostracodes dinantiens qui est entrepris par S. CRASQUIN (Université de Lille I).

- Notre échantillonnage des "calcschistes" du sondage de la Vallée Heureuse n'ayant pas livré d'Ostracode, nous conserverons la datation de PRUVOST & DELEPINE (1921) avec *Zaphrentis koninckі* M.E. & H., 1851 : sommet du Tournaisien inférieur.

- Dans l'Autochtone de Ferques, les macrofaunes récoltées à la base de la dolomie du Huré indiquent le Tournaisien supérieur.

3.7.5. - Les unités lithostratigraphiques dans la chronostratigraphie.

3.7.5.1.- Historique.

Les Formations dévoniennes du Bas-Boulonnais furent souvent corrélées avec les unités stratigraphiques ardennaises. Les principaux auteurs sont cités dans la Fig. 40 extraite de BRICE & alii (1978b). Ils s'accordent généralement pour faire coïncider la limite inférieure du Frasnien (= base du F2a) avec celle de la Formation de Beaulieu. Les avis ont été plus diversifiés pour la limite supérieure du Frasnien qui fut placée depuis la base de la Formation d'Hydrequent (PRUVOST & coll., 1928) jusqu'à son sommet (MAGNE, 1964). La situation de la Formation de Ferques à l'intérieur du Frasnien est également variable selon les auteurs (Fig. 54). Nous retiendrons celle de CASIER (1976) qui est la plus proche de notre conception. Cet auteur confirme et précise l'importance biostratigraphique d'espèces d'Ostracodes décrites en Ardenne par BECKER (1971) dans le Frasnien et par LETHIERS (1974, 1976) au passage Frasnien-Famennien. Puis, utilisant les derniers résultats ostracodiques sur la Formation d'Hydrequent obtenus par LETHIERS (*in* BONTE & alii, 1974), il déduit que la limite Frasnien moyen-Frasnien supérieur se situe au niveau du banc dolomitique de cette Formation.

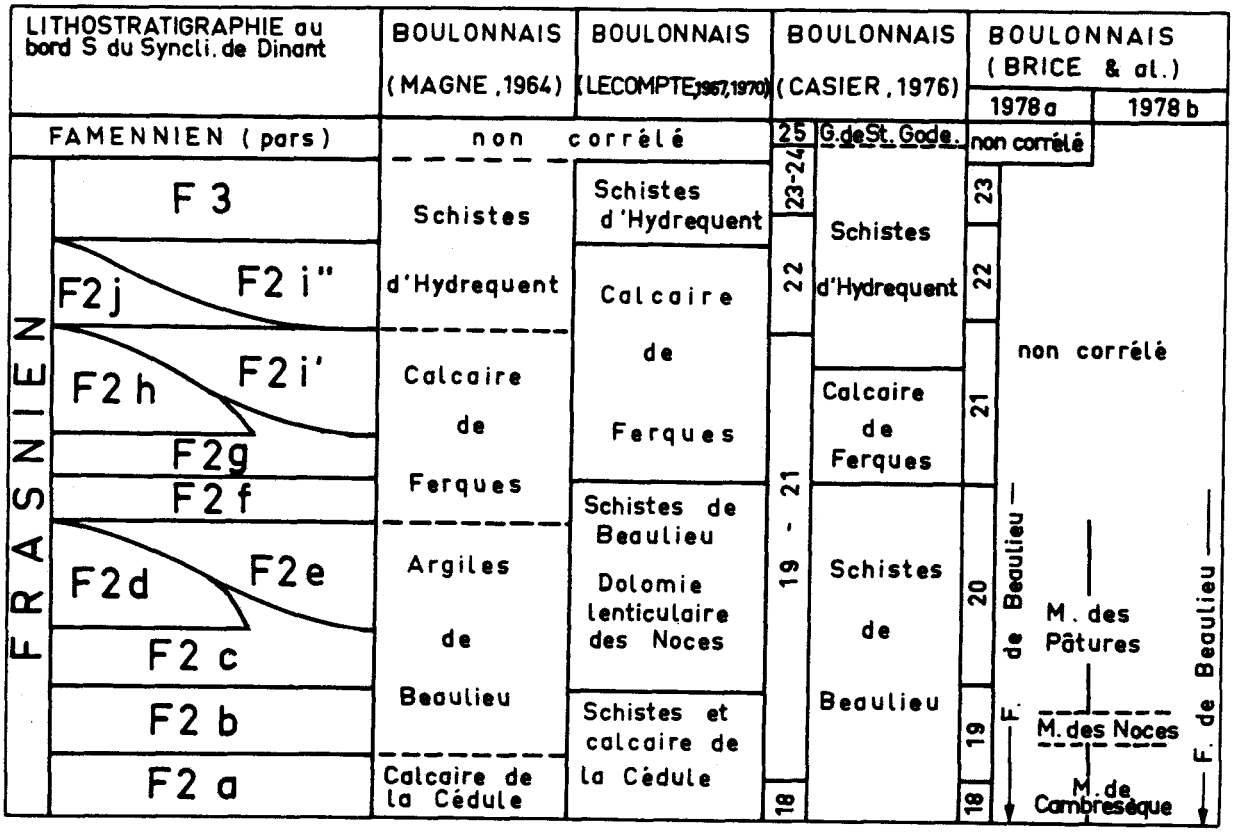


Fig. 54 : corrélations des unités lithostratigraphiques du Dévonien supérieur entre l'Ardenne et le Boulonnais d'après les auteurs récents.

3.7.5.2.- Nouvelle interprétation (Fig. 55).

Nos analyses sédimentologiques et micropaléontologiques précédentes nous conduisent à proposer des corrélations qui sont synthétisées dans la Fig. 55.

Toutes les Formations sont plus ou moins diachroniques entre le Sud (Allochtone) et le Nord (Autochtone de Ferques). Le Membre des Noces et la Formation de Ferques disparaissent vers le Sud. Dans la Formation de Sainte-Godeleine il y a passage latéral entre les trois membres définis précédemment.

Le Membre de Cambresèque est d'âge Frasnien basal et correspond au sommet de la zone à *Pharciceras lunulicosta* (G. & F. SANDBERGER, 1849) (= doIα supérieur). Le Membre des Noces, le Membre des

Fig. 55 : Les unités lithostratigraphiques du Dévonien supérieur et du Dinantien basal en Bas-Boulonnais.

- Pour la chronostratigraphie, les zones à céphalopodes et les nombres repères (m.g.m.), le lecteur se reportera au paragraphe 3.4. et à la Fig. 35.

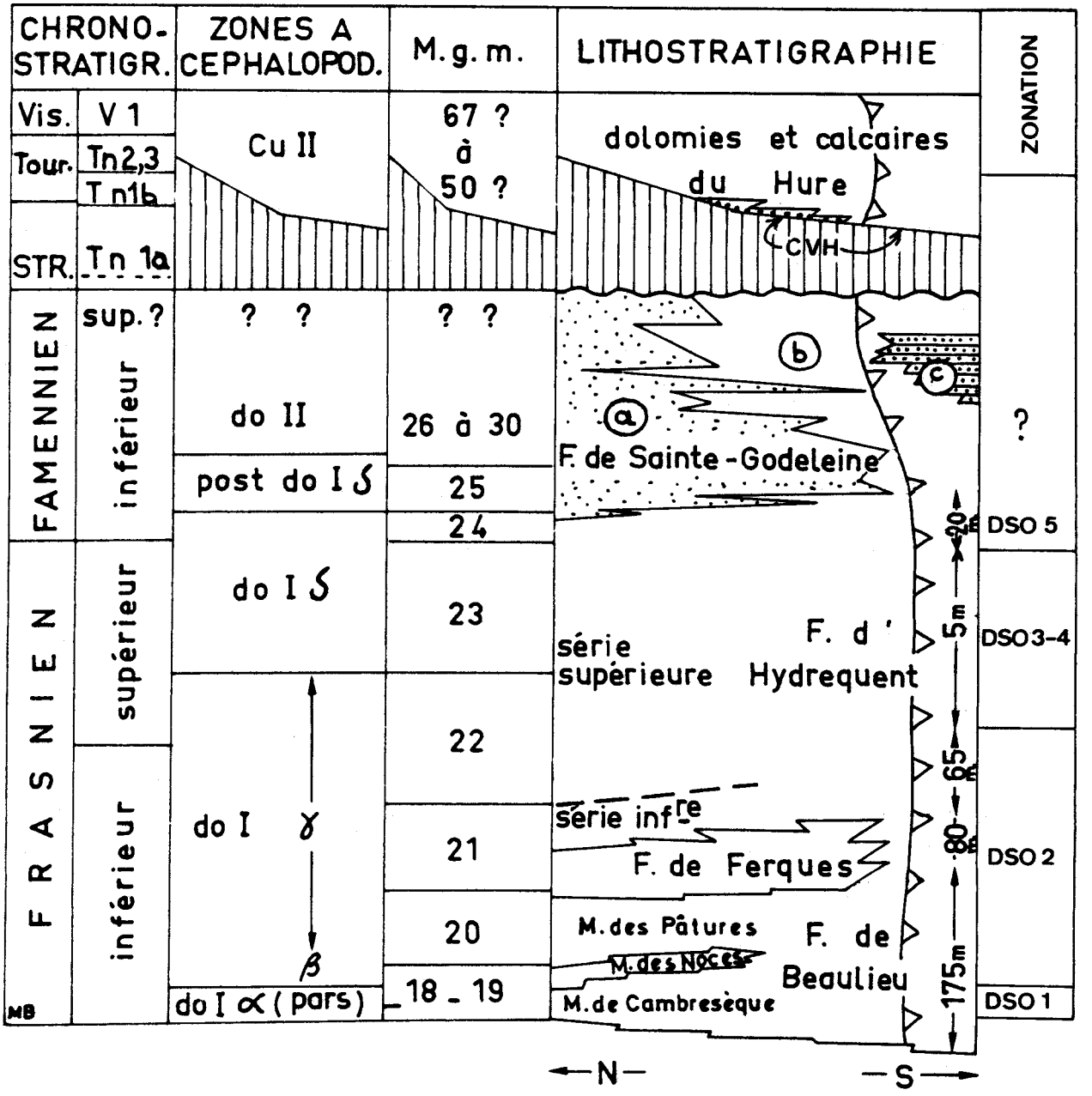
- La ligne à chevrons désigne la limite entre l'Autochtone (vers le Nord) et l'Allochtone (vers le Sud).

- CVH.= "Calcschistes de la Vallée Heureuse" des auteurs. Il s'agit : soit d'un niveau détritique de base de l'Autochtone d'Hardinghen (gisement n° 7 du sondage de la Vallée Heureuse), soit d'un calcaire dolomitique mylonitisé situé sous la faille d'Hydrequent (gisement n° 8').

- Dans la Formation de Sainte-Godeleine, on distingue le passage latéral entre trois lithofaciès : l'unité psammitique "a" de l'Autochtone, l'unité pélitique "b" dans l'Autochtone et principalement dans l'Allochtone et l'unité gréseuse "c" de l'Allochtone.

- Les épaisseurs indiquées sont approximatives et établies d'après les données sur la "coupe de Caffiers" et la "nouvelle coupe" (voir BRICE & alii, 1978a).

- La zonation des Ostracodes en DSO1, DSO2, etc.... est exposée paragraphe 3.9.2.


CHRONO-STRATIGR.
ZONES A CEPHALOPOD.
M.g.m.
LITHOSTRATIGRAPHIE
ZONATION
Vis.
V 1
Tour.
Tn2,3
Tn1b
STR.
Tn 1a
Cu II
67 ? à 50 ?
dolomies et calcaires du Hure
CMH
FAMENNIEN
sup.?
inférieur
? ?
? ?
do II
26 à 30
post do I δ
25
24
F. de Sainte-Godeleine
?
DSO 5
FRASNIEN
supérieur
do I δ
23
série supérieure
F. d'Hydrequent
DSO3-4
20m
5m
65m
80m
175m
22
inférieur
do I γ
β
21
série inf re
F. de Ferques
DSO 2
20
M. des Pâtures
M. des Noces
F. de Beaulieu
MB
do I α (pars)
18 - 19
M. de Cambresèque
DSO 1
N
S

Pâtures, la Formation de Ferques et les 3/4 inférieurs de la Formation d'Hydrequent appartiennent à la zone à *Manticoceras cordatum* (G. & F. SANDBERGER, 1850) (= doI β,γ). D'ailleurs une espèce de cette zone, *Manticoceras intumescens* (BEYRICH, 1837), fut découverte par CORSIN (1928) dans la série inférieure de la Formation d'Hydrequent. Le reste supérieur de la Formation contient la zone à *Crickites holzapfeli* WEDEKIND, 1913 (= doI δ). La limite entre les zones à *Manticoceras* (doI) et à *Cheiloceras* (doII) est probablement située dans la base de la Formation de Sainte-Godeleine.

Ainsi la limite Frasnien moyen/Frasnien supérieur est juste au-dessus de la série inférieure de la Formation d'Hydrequent, et le Frasnien supérieur est réduit à 3 ou 4 mètres à la base de la série supérieure. La limite Frasnien/Famennien passe dans cette série supérieure, à environ 20 m sous les premiers bancs gréseux de Sainte-Godeleine à la Briqueterie de Beaulieu. Le Famennien inférieur est présent dans la Formation de Sainte-Godeleine, mais jusqu'ici rien n'est prouvé pour le sommet du Famennien.

Une lacune stratigraphique existe autour de la limite dévono-carbonifère. Elle est moins importante vers le Sud dans l'Allochtone : seulement le Strunien, ou même une partie de celui-ci. Dans l'Autochtone d'Hardinghen, il est possible qu'elle concerne le Strunien et la base du Tournaisien inférieur. Dans l'Autochtone de Ferques c'est le Strunien et le Tournaisien inférieur (Tn1, 2) qui semblent manquer. On détermine ainsi que la transgression dinantienne débute au sommet du Strunien, vers le Sud, et atteint le Nord du Bas-Boulonnais au Tournaisien supérieur (Tn3). D'ailleurs, la carte géologique de OLRY (1904) et celle de Boulogne 1/80 000 (3ème et 4ème édition, PRUVOST & coll., 1928, 1964) montrent la transgressivité tournaisienne : à l'Ouest de l'affleurement paléozoïque on voit la dolomie du Hure qui repose directement sur la Formation de Ferques.

3.8. - La charte biostratigraphique générale (Tableau hors-texte 1).

193 espèces d'Ostracodes benthiques du Dévonien supérieur de l'Ardenne et du Boulonnais sont répertoriées dans ce ta-

bleau biostratigraphique. Ce document synthétique, en partie bibliographique, permet de retrouver les références concernant chaque espèce. Des figurés appropriés distinguent les marqueurs confirmés et les extensions qui sont encore à préciser. On saisit visuellement les changements de faunes d'Ostracodes entre le Frasnien moyen et le Frasnien supérieur, entre le Famennien inférieur et le Famennien supérieur et dans le Strunien. Les répartitions des espèces sont situées en regard de l'orthobiochronologie standard (zones à Céphalopodes), de la para-biochronologie standard (zonation des Conodontes) et des Nombres-repères (m.g.m.) définis au Symposium de Namur (1974).

Le tableau schématise également les caractères généraux de la composition faunique à l'échelle des bassins Boulonnais-Ardenne. Le nombre des espèces atteint deux maxima, l'un au Frasnien inférieur et l'autre au Strunien. De la base vers le sommet du Dévonien supérieur le nombre d'espèces de Metacopina diminue assez régulièrement et celui des Paraparchitacea augmente corrélativement avec une croissance remarquable au Famennien inférieur. Le nombre d'espèces de Beyrichicopina semble diminuer dans le Famennien-Strunien. Les variations d'abondance dans les autres groupes nous paraissent moins significatives.

3.9. - La zonation des Ostracodes du Dévonien supérieur.

3.9.1.- Historique.

Une première zonation par les Ostracodes fut proposée par MAGNE (1964) pour le Frasnien du Synclinorium de Namur. Cet auteur y distinguait 5 biozones s.l. fondées sur une sélection de certaines espèces (Fig. 56). Déjà on y voit l'importance de *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954* pour la biozone 01 et l'apparition de

---

* Par *Polyzygia beckmanni* nous désignons l'espèce décrite par KRÖMMELBEIN (1954) dans l'Adrofien basal du Massif Schistan Rhénan et non la sous-espèce *Polyzygia beckmanni antecedens* sensu ZAGORA (1968) du Couvinien inférieur de Thuringe qui est, probablement, une espèce différente.

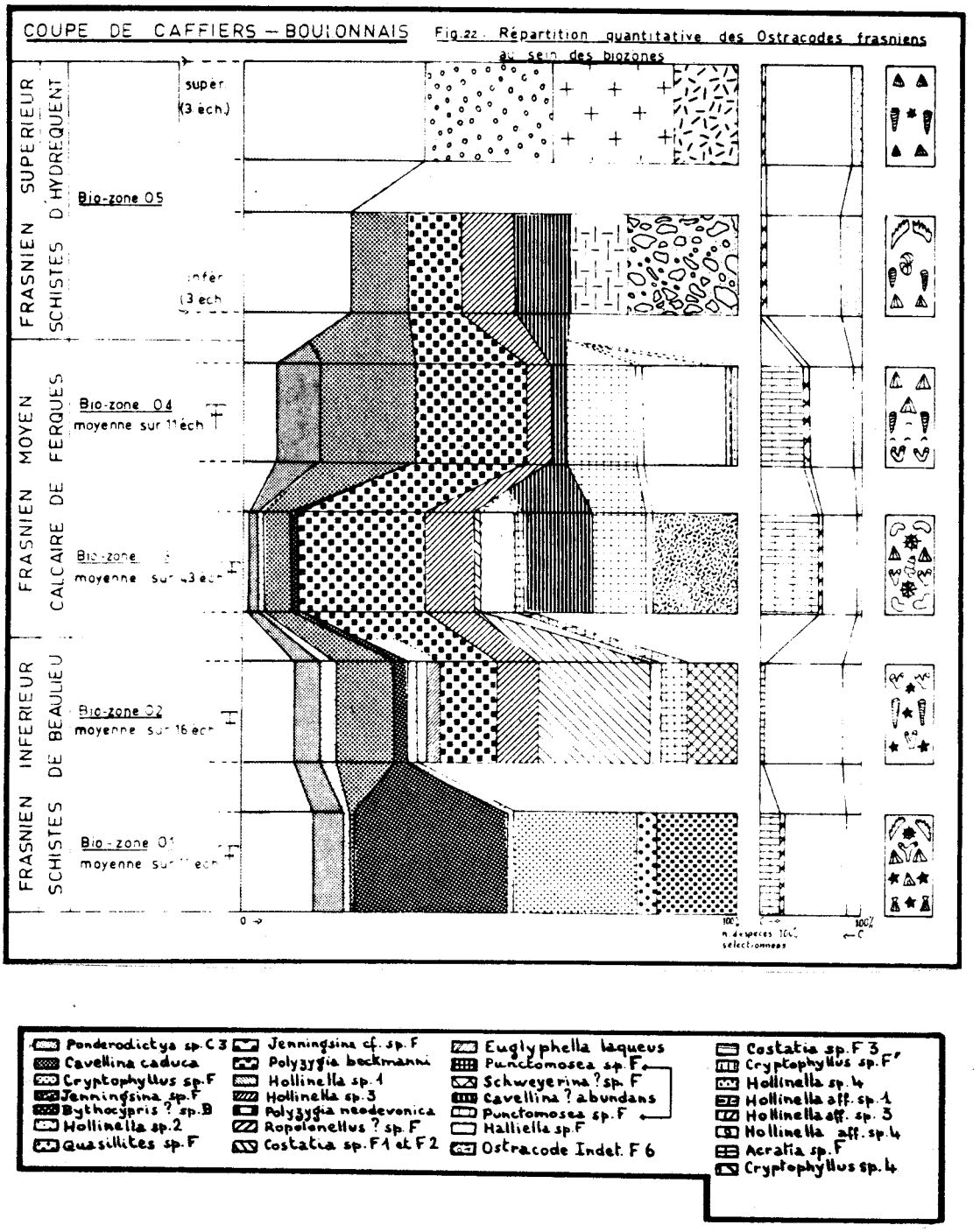


Fig. 56 : Biozonation du Frasnien dans le Synclinorium de Namur. Extrait de MAGNE (1964, Fig. 22-23).

BUS LILLE

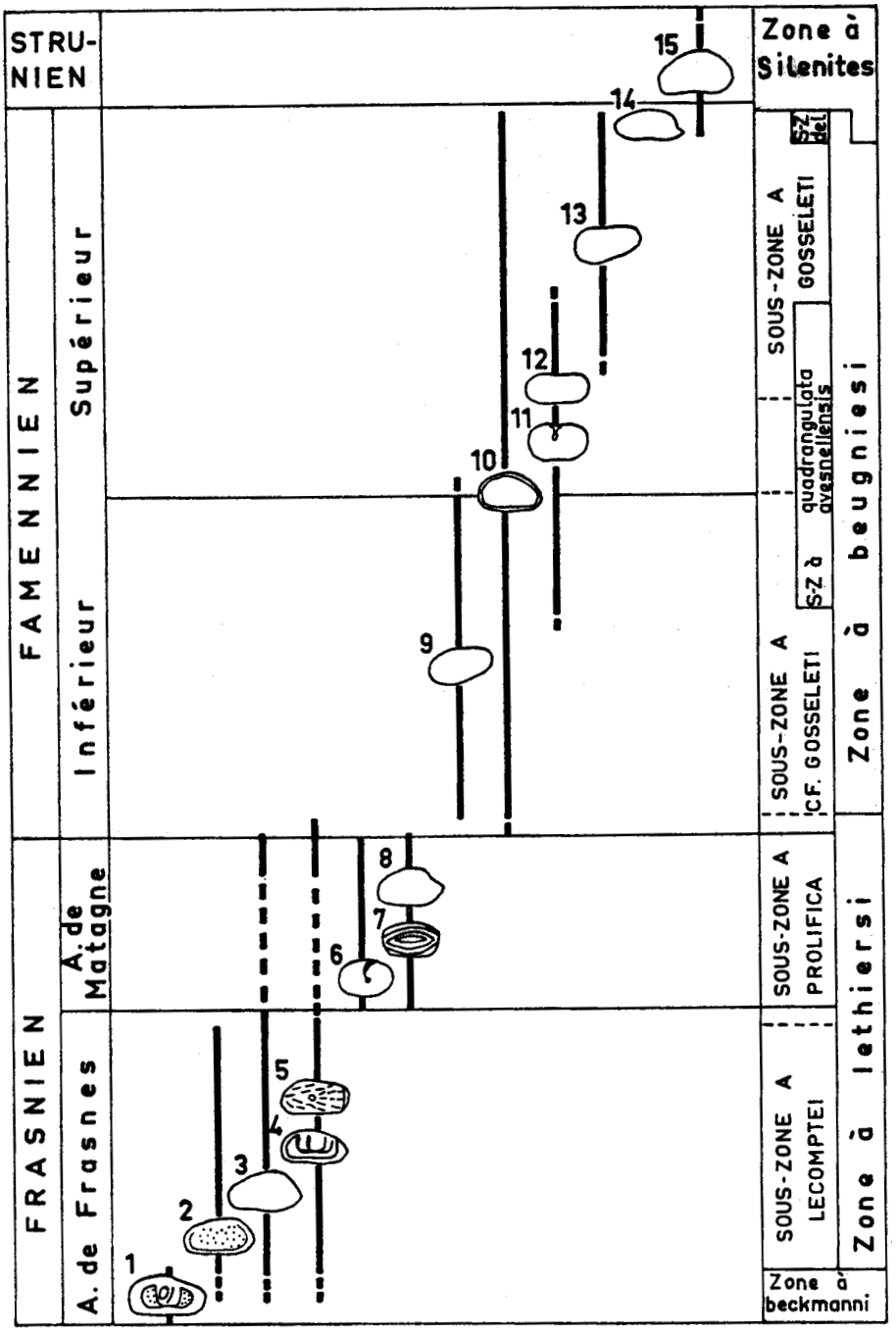


Fig. 57 : Zonation du Dévonien supérieur dans le Synclinorium de Dinant. Extrait de LETHIERS (1974). 1 = *Polyzygia beckmanni* - 2 = *Favulella lecomptei* - 3 = *Bairdia usatchovae* - 4 = *Polyzygia neodevonica* - 5 = *Jenningsina lethiersi* - 6 = *E. (N.) prolifica ?* - 7 = *R. (V.) zimmermanni* - 8 = *"Bairdia" pseudomagna* - 9 = *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* - 10 = *Bythocyproidea beugniesi* - 11 = *Geisina quadrangulata* - 12 = *Ovatoquasillites avesnellensis* - 13 = *Ellesmerina ? gosseleti* - 14 = *Bairdia delphini* - 15 = *Silenites* sp.

Ropolonellus ? sp. F (= *Favulella lecomptei* BECKER, 1971) à la base de la biozone 02. Les biozones 03 à 05 concernent plus spécialement le Boulonnais et les extensions de certaines de leurs espèces se sont allongées avec les nouvelles études : tel est le cas de *Polyzygia neodevonica* (MATERN, 1929) et de *Costatia* sp. F 3 (= *Svantovites magnei* BECKER, 1971) par exemple.

En 1974, nous avons proposé une zonation pour l'ensemble du Dévonien supérieur, basée sur les résultats obtenus dans le Synclinorium de Dinant (Fig. 57). Chacune des zones et sous-zones est définie par une à trois espèces caractéristiques. Dans le Frasnien inférieur, la zone à *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954 se confirme et l'extension de *Favulella lecomptei* BECKER, 1971 limite une sous-zone. Le choix d'espèces d'Entomozoïdés pour définir une sous-zone dans le Frasnien supérieur était malheureux puisqu'ils sont liés au faciès Matagne. Mais certains marqueurs du Famennien-Strunien apparaissent pour la première fois.

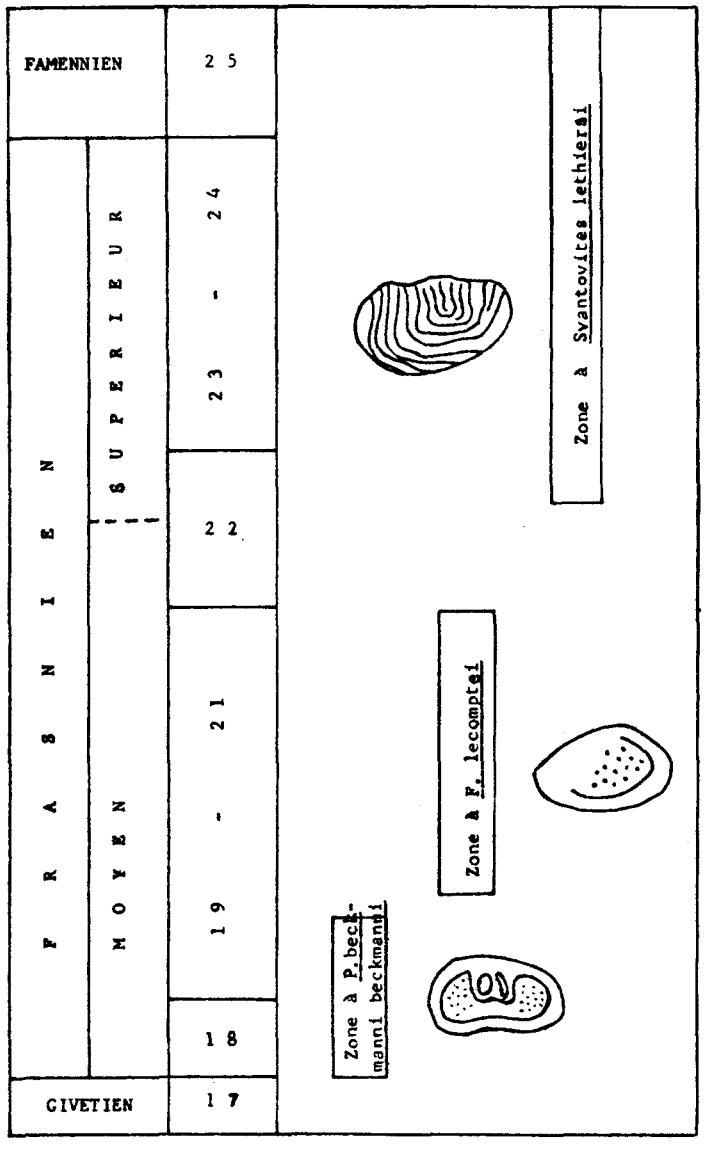


Fig. 58 : Zonation du Frasnien dans le Synclinorium de Dinant. Extrait de CASIER (1976, p. 245).

Ensuite CASIER (1976, 1977, 1979) propose une nouvelle zonation dans le Frasnien ardennais (Fig. 58). Pour cela l'auteur reprend la zone à *Polyzygia beckmanni* KROMMELBEIN, 1954 et transforme la sous-zone à *Favulella lecomptei* BECKER, 1971 en zone dans le Frasnien inférieur. Puis une zone à *Svantovites lethiersi* CASIER, 1979 est instituée dans le Frasnien supérieur et le Famennien basal. Cette dernière espèce est selon nous une sous-espèce hétérochrone de *Svantovites magnei* BECKER, 1971 qui est déjà présente au Frasnien inférieur (voir LETHIERS, 1974, p. 49). D'ailleurs CASIER (1979, p. 6) admet que "l'espèce est située dans la lignée phylogénétique de *Svantovites magnei*".

Pour éclaircir ce point, une étude de détail autour de la limite Frasnien inférieur/Frasnien supérieur serait nécessaire afin de déterminer la nature des rapports entre ces deux formes. CASIER (1976, p. 244) cite également quelques espèces "susceptibles d'avoir une valeur biostratigraphique" :

Ponderodictya sp. C sensu MAGNE, 1964,

Svantovites magnei BECKER, 1971 dans le Frasnien inférieur et

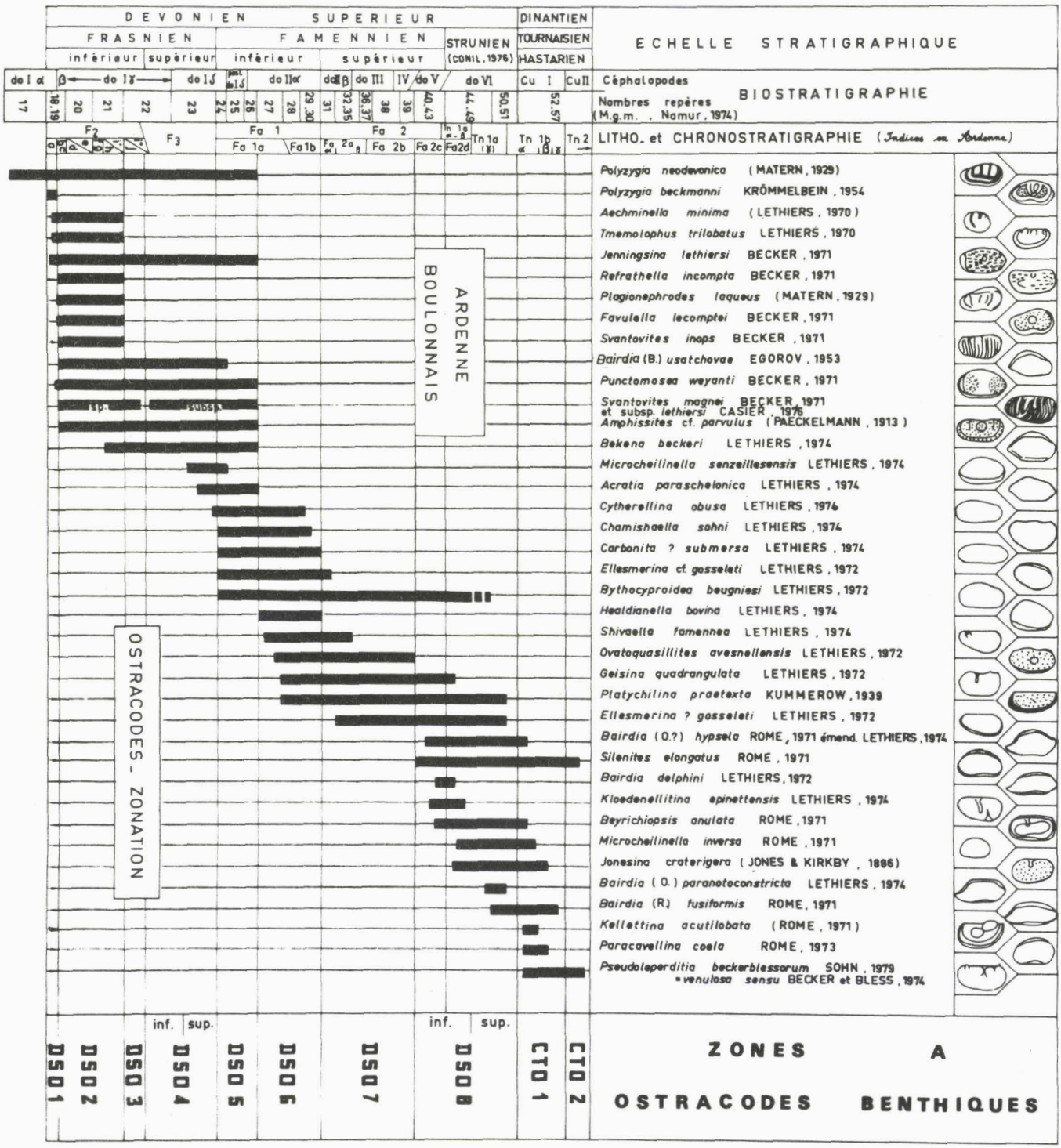
Acratia paraschelonica LETHIERS, 1974 dans le Frasnien supérieur et le Famennien basal.

3.9.2.- Zonation proposée des Ostracodes du Dévonien supérieur (Tabl. 6).

3.9.2.1. Généralités.

Les Entomozoïdés étant pratiquement inféodés au faciès Matagne, la zonation des Ostracodes pélagiques (Fig. 35, colonne 4, p. 151) ne peut être utilisée. Ce sont donc uniquement les espèces d'Ostracodes benthiques qui serviront à construire notre nouvelle zonation. L'expérience acquise au Canada nous invite à ne pas fonder chacune des zones sur une seule ou peu d'espèces mais à utiliser l'ensemble de la faune. C'est donc en fonction des 193 espèces du Tableau hors-texte 1 que le découpage des zones est établi.

Dans le Tabl. 6, qui synthétise cette zonation, nous avons sélectionné 39 espèces représentatives du reste de la faune. Elles sont



Tabl. 6 : Nouvelle zonation proposée du Dévonien supérieur par les Ostracodes benthiques pour l'Ardenne et le Boulonnais.

BUS LILLE

choisies pour leur extension confirmée, pour leur bonne connaissance systématique et leur relative abondance.

La désignation des zones adopte les lettres suivantes : D = Dévonien, S = supérieur, C = Carbonifère, T = Tournaisien, O = Ostracodes.

3.9.2.2. Zone DSO1 = biozone O1 sensu MAGNE (1964) = zone à *Polyzygia beckmanni sensu* LETHIERS (1974) et CASIER (1976, 1977).

- Caractères : L'extension de la zone DSO1 correspond à celle de *Polyzygia beckmanni* KROMMELBEIN, 1954. Sa limite inférieure est marquée par la disparition des espèces du genre *Poloniella ;* sa limite supérieure l'est par l'apparition des espèces marquant la base de DSO2. Plusieurs espèces à répartition sus-jacente apparaissent à l'intérieur de DSO1 :

Aechminella minima (LETHIERS, 1970),
Tmemolophus trilobatus LETHIERS, 1970,
Cavellina cf. *caduca* McGILL, 1963,
Ponderodictya sp. C MAGNE, 1964,
Jenningsina lethiersi BECKER, 1971,
Uchtovia materni BECKER, 1971,
Punctomosea weyanti BECKER, 1971.

18 espèces sont actuellement répertoriées dans cette zone.

- Extension : Frasnien basal (F2a) ; doIα supérieur ; dans la partie inférieure de la zone à *P. asymmetricus* inférieur ; avec *Cyrtospirifer supradisjunctus* (OBROUTCHEV, 1913). M.g.m. 18 et partie inférieur du m.g.m. 19.

3.9.2.3. Zone DSO2 = sous-zone à *Favulella lecomptei* sensu LETHIERS (1974) = zone à *Favulella lecomptei* sensu CASIER (1976, 1977).

- Caractères : L'extension de la zone DSO2 correspond à celles de :

Favulella lecomptei BECKER, 1971*,
Refrathella incompta BECKER, 1971,

* D'après les prélèvements récents de B. MILHAU (Université de Lille I) à la coupe de Fromelennes (04°51'32"E, 50°07'12"), il est possible que les tout premiers specimens de *Favulella lecomptei* apparaissent au sommet du DSO1.

Plagionephrodes laqueus (MATERN, 1929),
Svantovites inops BECKER, 1971.

Sa limite supérieure coïncide également avec la disparition de :

Aechminella minima (LETHIERS, 1970),
Tmemolophus trilobatus LETHIERS, 1970.

Sa limite inférieure est marquée par l'apparition de :

Bairdia (B.) usatchovae EGOROV, 1953,
Punctomosea weyanti BECKER, 1971 abondant,
Svantovites magnei BECKER, 1971,
Amphissites cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913),
Uchtovia materni BECKER, 1971 abondant,
Adelphobolbina europaea BECKER, 1971.

La zone DSO2 contient 60 espèces recensées (Tabl. hors-texte 1)

- Extension : Frasnien inférieur (F2b-i') ; doIβ et doIγ (partie inférieure) ; zone à *P. asymmetricus* inférieure (en partie), moyenne et supérieure (en fait la zone s'arrête très légèrement sous la limite *asymmetricus/triangularis*) ; avec *Plionoptycherhynchus exformosus* SARTENAER, 1979 et *Hypothyridina cuboides* des auteurs ; m.g.m. 19 (en partie), 20 et 21.

3.9.2.4. Zone DSO3.

- Caractères : Présence d'espèces à grande répartition dans le Frasnien telles que :

Polyzygia neodevonica (MATERN, 1929),
Bairdia (B.) usatchovae EGOROV, 1953
Amphissites cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913),
Uchtovia materni BECKER, 1971,
Bekena beckeri LETHIERS, 1974,

ainsi que *Bairdia naumovae* EGOROV, 1953

et absence des formes caractéristiques de la zone DSO2 sous-jacente et de la zone DSO4 sus-jacente.

- Extension : Sommet du Frasnien inférieur (F2i",j) ; doIγ (en partie) ; zone à *A. triangularis* ; avec *Hypothyridina cuboides* des

auteurs ; m.g.m. 22 (partie inférieure).

3.9.2.5. Zone DSO4.

- Caractères : En plus des espèces à grande répartition citées précédemment, il y a présence de la forme :

Svantovites magnei lethiersi CASIER, 1979,

et de *"Kloedenia" dillensis* MATERN, 1929.

On peut distinguer une sous-zone DSO4 inférieure d'une sous-zone DSO4 supérieure marquée par l'apparition de :

Microcheilinella senzeillesensis LETHIERS, 1974,

Acratia paraschelonica LETHIERS, 1974,

Bairdia cf. *retrorsa* POLENOVA, 1953.

35 espèces sont recensées dans la zone DSO4.

- Extension : Frasnien supérieur (F3) ; doI γ sommital et partie inférieure du doI δ ; zone à *P. gigas* ; avec *Pammegetherhynchus merodae* SARTENAER, 1976, *Caryorhynchus tumidus* (KAISER, 1872) et *Buchiola palmata* (GOLDFUSS, 1840) ; m.g.m. 22 (partie supérieure) et 23.

3.9.2.6. Zone DSO5.

- Caractères : La limite inférieure de la zone DSO5 coïncide avec l'apparition de :

Chamishaella sohni LETHIERS, 1974,

Carbonita ? submersa LETHIERS, 1974,

Ellesmerina ? cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972,

Bythocyproidea beugniesi LETHIERS, 1972,

Cytherellina obusa LETHIERS, 1976.

Sa limite supérieure voit l'extinction de :

Acratia paraschelonica LETHIERS, 1974.

Dans le SW ardennais, elle correspond également à la disparition de l'association citée en DSO3 pour sa grande extension avec en particulier :

Polyzygia neodevonica (MATERN, 1929),
Jenningsina lethiersi BECKER, 1971,
Punctomosea weyanti BECKER, 1971,
Bekena beckeri LETHIERS, 1974.
32 espèces sont recensées dans la zone DS05.

- Extension : Base du Famennien inférieur (Fa1a basal) ; doI δ sommital, post doI δ et doII ♀ basal ; zone à *P. triangularis* ; avec *Pampoecilorhynchus lecomptei* (SARTENAER, 1954), *P. nux praenux* (SARTENAER, 1958), *Eoparaphorhynchus triaequalis* (SARTENAER, 1957), *E. triaequalis triaequalis* (GOSSELET, 1877) et *Pampoecilorhynchus nux nux* (GOSSELET, 1877) ; m.g.m. 24, 25, 26.

3.9.2.7. Zone DS06.

- Caractères : L'extension de *Healdianella bovina* LETHIERS, 1974 correspond à celle de la zone DS06. *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972 et *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972 y sont abondamment représentées et *Knoxites perplexa* (JONES, 1968) y semble limitée. *Cytherellina obusa* LETHIERS, 1976, *Chamishaella sohni* LETHIERS, 1974 et *Carbonita ? submersa* LETHIERS, 1974 "s'éteignent" près de sa limite supérieure. Dans la zone DS06, les espèces suivantes apparaissent :

Shivaella famennea LETHIERS, 1974,
Ovatoquasillites avesnellensis LETHIERS, 1972,
Geisina quadrangulata LETHIERS, 1972,
Platychilina praetexta KUMMEROW, 1939.
22 espèces sont recensées dans la zone DS06.

- Extension : Partie supérieure du Famennien inférieur (Fa1a sup. et Fa1b) ; doII ♀ (parties moyenne et supérieure) ; zone à *P. crepida* ; avec *Leiorhynchus crenulatum* (GOSSELET, 1877), *Eoparaphorhynchus lentiformis* (NALIVKIN, 1930), *Ptychomaletoechia omaliusi* (GOSSELET, 1877), *P. gonthieri* (GOSSELET, 1877), *Ptychomaletoechia dumonti* (GOSSELET, 1877), *Evanescirostrum alblinii* SARTENAER, 1967 et *Basilicorhynchus basilicus gerardimontis* (SARTENAER, 1956) ; m.g.m. 27 à 30.

3.9.2.8. Zone DSO7.

- Caractères : Sa limite inférieure est marquée par la disparition d'espèces de la zone DSO6 telles que :

Carbonita ? submersa LETHIERS, 1974,

Healdianella bovina LETHIERS, 1974,

et par l'apparition de :

Ellesmerina ? gosseleti LETHIERS, 1972.

Sa limite supérieure coïncide avec la disparition de :

Ovatoquasillites avesnellensis (LETHIERS, 1972),

et l'apparition des associations de DSO8 inférieur.

Les trois espèces suivantes sont généralement abondantes dans la zone DSO7 :

Bythocyproidea beugniesi LETHIERS, 1972,

Ellesmerina ? gosseleti LETHIERS, 1972,

Ovatoquasillites avesnellensis LETHIERS, 1972.

Environ 27 espèces ardennaises sont répertoriées dans cette zone (voir Tabl. hors-texte 1).

- Extension : Partie inférieure du Famennien supérieur (Fa2a, Fa2b) ; doII β et doIII-IV ; zones à *P. rhomboidea,* à *P. marginifera,* à *S. veliferus* et à *P. styriacus* inférieure ; avec *"Camarotoechia" letiensis* forme 2 sensu BEUGNIES (1965) ; m.g.m. 31 à 39.

3.9.2.9. Zone DSO8.

- Caractères : Les deux espèces *Bairdia (O. ?) hypsela* ROME, 1971 et *Silenites elongatus* ROME, 1971 sont bien représentées dans cette zone et débutent près de sa limite inférieure. Les deux espèces *Platychilina praetexta* KUMMEROW, 1939 et *Ellesmerina ? gosseleti* LETHIERS, 1972 disparaissent près de sa limite supérieure. On peut distinguer deux sous-zones :

La sous-zone DSO8 inférieure est caractérisée par la présence de *Bairdia delphini* LETHIERS, 1972, *Kloedenellitina epinettensis* LETHIERS, 1974, *Bairdia galinae* EGOROV, 1953, *Acratia (C.) subobtusa* LETHIERS, 1974 et par l'apparition de *Beyrichiopsis anulata* ROME, 1971, *Microcheilinella inversa* ROME, 1971, *Jonesina craterigera* (JONES & KIRKBY, 1886) et *Bairdia (O.) romei* LETHIERS, 1974.

La sous-zone DS08 supérieure est caractérisée par la présence de *Bairdia (O.) paranotoconstricta* LETHIERS, 1974, de nombreuses espèces du genre *Cryptophyllus* en particulier (voir Tabl. hors-texte 1) et par l'apparition de *Bairdia (R.) fusiformis* ROME, 1971 et *Bairdia (O.) maretiolensis* ROME, 1971.

La faune d'Ostracodes est très diversifiée dans la zone DS08 : 63 espèces y sont recensées en Ardenne.

- Extension : Famennien sommital et Strunien ; doV, doVI ; m.g.m. 40 à 51.

DS08 inférieure : Fa2c et Fa2d ; zones à *P. styriacus* moyenne et supérieure, à *B. costatus* en partie ; zones VUi, VUs et PLi.

DS08 supérieure : Tn1aγ et base du Tn1bα ; zones à *B. costatus* en partie et "faune" à *Protognathodus* ; zones PLm, PLs , avec *Spirifer julii* DEHEE, 1929.

3.9.2.10 Zone CT01.

- Caractères : La présence de *Kellettina acutilobata* (ROME, 1971), *Paracavellina coela* ROME, 1973 et autres espèces décrites par ROME (1973) caractérise cette zone. *Pseudoleperditia beckerblessorum* SOHN, 1979 (= *P. venulosa* sensu BECKER & BLESS, 1974) apparaît près de sa limite inférieure. Plusieurs espèces de la zone DS08 telles que *Jonesina craterigera* (JONES & KIRKBY, 1886), etc... disparaissent dans cette zone où 37 espèces sont actuellement connues en Ardenne.

- Extension : Tournaisien inférieur, base de l'Hastarien (Tn1bα en partie, Tn1bβ ,γ) ; CuI ; zone à *Siphonodella* (partie inférieure) ; zone à *R. (R.) latior* RABIEN, 1960 (partie inférieure) ; m.g.m. 52 à 54.

3.9.2.11. Zone CT02.

- Caractères : Jusqu'ici cette zone peut se définir par l'absence de nombreuses espèces caractéristiques des horizons sous-

jacents, sauf quelques formes telles que *Pseudoleperditia beckerblessorum* SOHN, 1979. Il semble qu'une nouvelle association, composée de *Coryellina triceratina* et *Amphissites* aff. *similaris sensu* BECKER & BLESS, 1974 par exemple, y apparaisse.

- Extension : Jusqu'ici Tournaisien inférieur, partie moyenne de l'Hastarien (Tn2a, b) ; base du CuII ; zone à *Siphonodella sulcata* ; zone à *R. (R.) latior* RABIEN, 1960 (partie supérieure) ; probablement avec *Spiriferellina peracuta* (de KONINCK, 1880) ; m.g.m. 55 à 57.

3.9.2.12. Conclusions.

Ainsi 8 faunizones à Ostracodes benthiques divisent le Dévonien supérieur et deux sont distinguées dans le Tournaisien inférieur. Les caractères de ces dernières et spécialement ceux de la zone CTO2, sont à préciser dans une étude plus générale sur le Dinantien. Cette zonation est efficace dans les corrélations en surface ou en sondages, au niveau des Synclinoria de Dinant, de Namur et pour les Formations du Boulonnais. Son application pourra probablement s'étendre au-delà de ces régions. Les principaux marqueurs semblent présents en Espagne, en Afrique du Nord et en Iran. Il est à prévoir que nos zones, plus ou moins ajustées, seront utilisables sur les anciennes marges de la Province paléotéthysienne (voir p. 337).

3.10.- Remarques paléoécologiques.

3.10.1.- Généralités : Ostracodes et faciès.

La part de la conservation des Ostracodes étant faite (voir p. 101), il subsiste qu'une association donnée est généralement contenue dans un lithofaciès qui lui est propre. Regardons schématiquement la série du Dévonien supérieur dans l'Ouest de l'Ardenne (Fig. 59). La Formation de Frasnes contient de nombreuses espèces de Beyrichicopina et Metacopina, les "Schistes de Matagne" sont caractérisés par les Entomozoidae, la Formation de Senzeilles coïncide avec l'apparition des Paraparchitacea et dans la Formation de l'Epinette puis

celle du Calcaire d'Etroeungt nous rencontrons des Bairdiacea de grandes tailles. Précisons cette impression d'ensemble dans chacun des environnements.

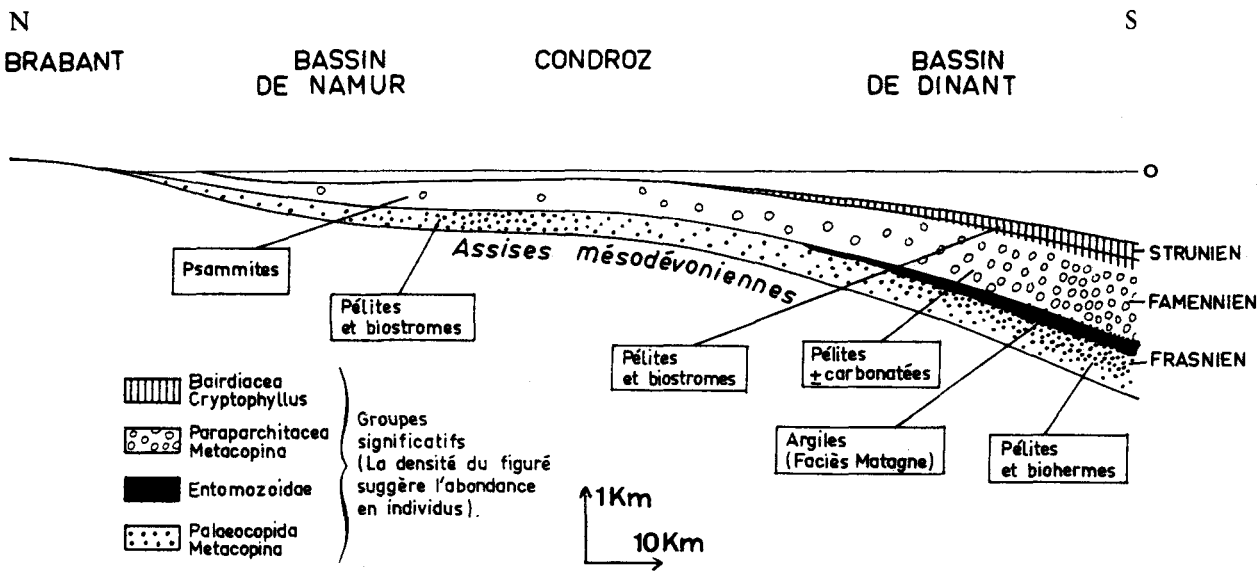


Fig. 59 : Répartition des taxons d'Ostracodes significatifs dans les différents faciès du Dévonien supérieur. Cette reconstitution schématique (éch. approx.) correspond à l'Ardenne occidentale (d'après LETHIERS, 1974).

3.10.2.- L'association de la Formation de Frasnes.

Dans les shales fossilifères, lits carbonatés organoclastiques et calcaires construits de la Formation de Frasnes, la riche faune d'Ostracodes évoquée précédemment est dominée par deux sous-ordres :

Beyrichicopina *(Adelphobolbina, Hollinella, Amphissites,* etc..)

Metacopina *(Polyzygia, Favulella, Jenningsina, Svantovites, Punctomosea,* etc....)

Une telle composition rappelle celle de l'écozone eifélienne de type mer ouverte (voir Fig. 8, p. 80) définie dans le Dévo-

nien moyen par les auteurs allemands (voir BECKER, 1979). La faune d'Ostracodes est ici abondante en espèces et en individus ; la présence de stades larvaires montre qu'elle est autochtone et l'environnement est celui de biocénoses péribiohermales sous un climat probablement équatorial (voir Fig. 81, p. 323).

Dans une étude paléoécologique à partir des Ostracodes récoltés dans le chemin d'accès (F2i) de la carrière du Lion (F2h), BECKER (1973) propose quelques conclusions plus précises. En tenant compte de la composition faunique (prédominance des Metacopina), de la fréquence (60%) des espèces grossièrement ornementées et de la taille des espèces (prédominance des dimensions moyennes), cet auteur voit des analogies avec la zone des "marnes à Brachiopodes" dans le Couvinien du Bassin de Sötenich en Allemagne (BECKER, 1969, 1971). Selon lui les eaux étaient relativement chaudes, peu ou moyennement agitées, assez profondes (50 à 200 m), la salinité normale et les conditions d'oxygénation, de lumière, de nourriture étaient probablement remplies. Nous sommes en accord avec ces affirmations mais avec une bathymétrie légèrement plus faible (25 à 150 m). L'environnement paléo-récifal, l'abondance identique des Metacopina dans le Bassin de Namur (CASIER, 1976) et les données sur les répartitions actuelles, notamment celles de YASSINI (1979), nous incitent à faire cette rectification. Néanmoins les Metacopina ne sont pas connus en milieu lagunaire et ce dernier est donc exclu.

3.10.3.- L'association du faciès "Matagne".

Nous avons souligné l'abondance des Entomozoidae dans les argilites sombres et réductrices des "Schistes de Matagne" (p. 186) du Frasnien supérieur. Ce faciès est semblable à celui des "Schistes à Cypridines" (= Cypridinen Schiefer) des auteurs Ouest européens. (voir LAPADU-HARGUES, 1957). Par comparaison avec certains Myodocopida actuels et par l'analyse morphofonctionnelle (p. 78) un mode de vie pélagique est attribué aux Entomozoidae. Les Metacopina, si abondants dans le reste du Frasnien sont ici absents et les Palaeocopida peu représentés (Fig. 48). Ce type d'association a souvent été considéré comme celui d'un dépôt relativement profond (ROZHDESTVENSKAJA,

1971) ou même bathyal (RABIEN, 1956). C'est également "l'écozone à Entomozoïdés" (Entomozoen Ökotyp) des bassins profonds pour les auteurs allemands (voir BECKER, 1975 et Fig. 8). Mais après une mise au point exhaustive sur les caractères des "Schistes de Matagne", SARTENAER (1974b) montre que "la gamme de milieux que nos connaissances physiques et biologiques permet de considérer va des eaux stagnantes et sapropéliques à la lagune ou à la baie abritée en incluant les fonds de vingt à quarante mètres, l'ordre de grandeur étant la seule chose à retenir". Le lithofaciès argileux, non carbonaté, réducteur, et l'analyse de la faune (Tentaculites, Styliolines, Goniatites, Brachiopodes) accompagnant les Ostracodes (voir CASIER, 1976, p. 261-262) conduisent à la conclusion suivante : le milieu de vie et de sédimentation des "Schistes de Matagne" est celui d'un environnement vaseux, calme, non oxygéné, à végétaux, et probablement situé en zone infralittorale. Nous avons déjà expliqué (p. 101) l'abondance des Ostracodes pélagiques dans le contexte d'une liaison au faciès par la fossilisation. Les tests fins d'Entomozoidae sont détruits en milieux agités ; la composition particulière de leurs tests (carbonate de calcium amorphe) fait que ceux-ci disparaissent rapidement après la mort de l'animal (voir SOHN & KORNICKER, 1969). Dans les sédiments boueux, calmes et réducteurs, où les tests sont immédiatement ensevelis, la diagénèse conserve particulièrement bien ces carapaces fragiles, au moins à l'état d'empreintes. D'ailleurs BECKER (1973, p. 69) tient compte des mêmes arguments pour expliquer l'absence de cette famille dans la Formation de Frasnes. Mais comment rendre compte de la rareté des Palaeocopida et de l'absence des Metacopina ? On pourrait penser que leurs tests fortement calcifiés furent immédiatement dissous dans ce milieu sous-saturé en carbonates. Mais dans ce cas, nous devrions rencontrer les empreintes et les moules internes en plus grande abondance. La seule explication est que ces espèces ne pouvaient satisfaire leur besoin en oxygène dans l'environnement du faciès Matagne dont elles étaient ainsi exclues. Le déterminisme est donc réellement paléoécologique dans ce cas.

Dans l'Est du Synclinorium de Dinant, l'équivalent latéral des "Schistes de Barvaux" ne contient aucun Entomozoidae. L'as-

sociation y est du type de celle du Frasnien inférieur. Deux environnements, l'un vaseux et réducteur, l'autre néritique et oxygéné, existaient donc au Frasnien supérieur en Ardenne.

3.10.4.- Les associations du Famennien inférieur ardennais.

Sur la base de 2900 individus récoltés nous avons effectué une analyse statistique de populations dans les Formations de Senzeilles et Mariembourg (Fa1a et Fa1b). La Fig. 60 en résume les résultats.

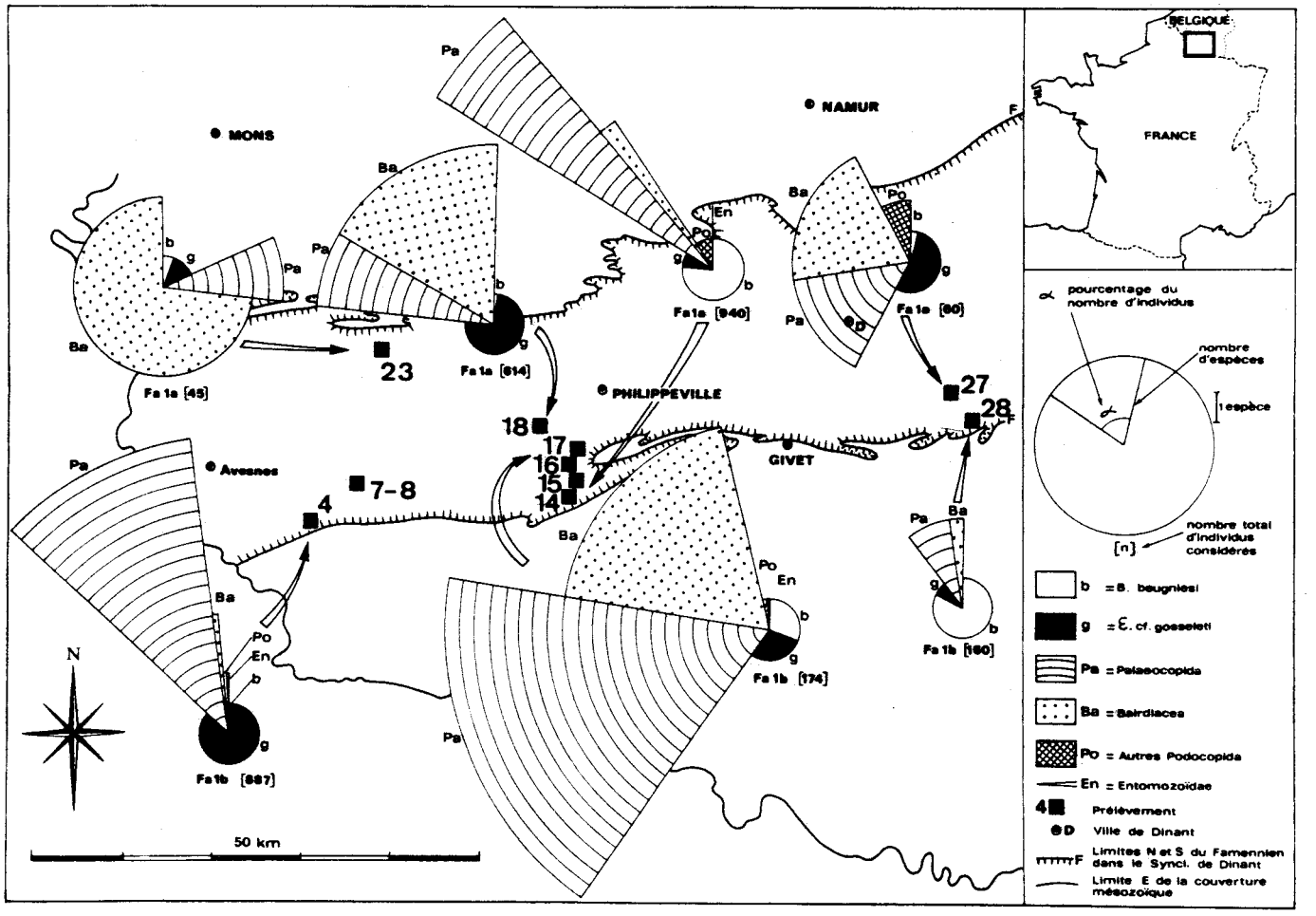


Fig. 60 : Composition de la faune d'Ostracodes dans le Famennien inférieur de l'ouest et du centre du Synclinorium de Dinant (d'après LETHIERS, 1976). Pour les numéros des gisements, voir le paragraphe 3.6.1. et la Fig. 46.

Schématiquement, il existe un gradient de diminution en nombre d'individus vers le N-NE (paléorivage). Il est dû en partie à une fossilisation plus difficile (voir p. 101) et d'autre part à des conditions de vie moins favorables dans un environnement plus arénitique. Ce phénomène fut déjà observé par LE FEVRE (1971) dans le Dévonien du Sahara algérien. Dans l'ensemble, les Palaeocopida ont un nombre d'espèces supérieur à celui des Podocopida mais en nombre d'individus, ils avoisinent ces derniers. Le fait remarquable est l'importance de deux espèces qui représentent en moyenne les 3/4 du nombre total d'individus, il s'agit de *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972 et *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972. Ce phénomène est connu dans les milieux lagunaires et semi-émersifs (voir p. 46 , Fig. 3). D'autre part, la fréquence en individus de ces deux espèces et des autres taxons est sujette à des variations soudaines d'un gisement à l'autre. De telles fluctuations doivent être mises sur le compte de conditions de vie et de sédimentation très changeantes dans cette région au Famennien inférieur.

Le milieu peut s'interpréter comme celui d'un épandage détritique en zone estuarienne, lagunaire ou infralittorale à caractères restreints. La bathymétrie était donc faible (0 à 50 m pour donner un ordre de grandeur) et suppose une subsidence rapide puisque l'épaisseur moyenne du Famennien inférieur est évaluée à 400 m. Ces conclusions sont en accord avec celles de l'étude sédimentologique (BEUGNIES, 1965). Cet auteur démontre que l'étalement des matériaux détritiques à partir du rivage ou des hauts-fonds est réalisé par saccades vers des zones subsidentes dont la situation peut varier dans le temps et l'espace.

3.10.5- Les associations du Famennien terminal et du Strunien.

a) Pendant le Strunien (Fa2d, Tn1a) la faune d'Ostracodes est dans son ensemble homogène en Ardenne, que ce soit dans les Formations de l'Epinette et du Calcaire d'Etroeungt à l'Ouest ou dans la Formation de Comblain-au-Pont à l'Est. L'abondance des Bairdiacea en espèces et en in-

dividus de grandes tailles est marquante. Parmi les genres représentatifs citons : *Bairdia, Bairdiacypris, Acratia* et *Silenites*. Il s'agit de l'assemblage IV reconnu dans la vallée de l'Ourthe par BECKER, BLESS & alii (1974). Avec l'étude sédimentologique concomitante de THOREZ (1974), ces auteurs y voient un milieu marin ouvert de la zone infralittorale supérieure (subtidale).

Les faciès à calcaires crinoïdiques de la Formation de Comblain-au-Pont sont en accord avec cette interprétation. Néanmoins l'augmentation de fréquence des espèces de *Cryptophyllus* (voir p. 192) au Strunien dans la région de Maredsous, Weillen (ROME & GOREUX, 1960) et dans l'Avesnois (LETHIERS, 1974a) montre que dans le centre et l'Ouest du Bassin de Dinant un milieu marin restreint à intertidal était proche. Les valves de *Cryptophyllus* sont presque toujours isolées et un court transport a pu avoir lieu vers le large, ce qui expliquerait le mélange avec des associations à Bairdiacea de mer ouverte. Ces différents arguments permettent d'évoquer une bathymétrie de 20 à 80 m pour les dépôts struniens de l'Avesnois, l'ordre de grandeur étant l'idée essentielle à retenir.

b) Au Famennien terminal (Fa2c) c'est la tendance inverse qui existe probablement. Dans l'Avesnois, le sommet de la Formation de Sains nous a principalement livré les Ostracodes de l'assemblage IV évoqué précédemment et sans *Cryptophyllus*. L'environnement est marin ouvert de la zone infralittorale et peut être circalittorale (environ 25 à 250 m pour la bathymétrie). Au contraire les horizons Fa2c de la vallée de l'Ourthe contiennent des Ostracodes de l'assemblage III sensu BECKER, BLESS & alii (1974). Il s'agit principalement d'espèces des genres *Cryptophyllus, Knoxiella, Beyrichiopsis* et *Shemonaella* découvertes dans les faciès à calcaires fins et dolomitiques de la Formation d'Evieux. D'après les auteurs précédents cette association et l'analyse du faciès indiquent un environnement lagunaire à marin restreint (environ 0 à 30 m pour la bathymétrie). Ainsi, comme au Frasnien supérieur, le Famennien terminal et à moindre titre le Strunien montrent deux types d'associations d'Ostracodes et deux milieux de sédimentation à l'Est et à l'Ouest du Bassin de Dinant.

3.10.6.- Conclusion : Paléoécologie et biostratigraphie.

Nous venons de démontrer qu'une association (ou assemblage) d'Ostracodes caractérise un certain environnement de vie et de sédimentation. Les Ostracodes indicateurs de milieux : c'est généralement le rôle qu'on leur concède dans les enseignements généraux de la micropaléontologie. Mais dans ce cas quel crédit doit-on accorder aux zonations établies précédemment avec une microfaune liée aux faciès ? Il est temps de proposer quelques remarques sur ce sujet difficile et fondamental.

Première conclusion : l'influence du milieu sur la répartition des Ostracodes est essentiellement horizontale. Elle est connue pour les espèces actuelles et nous l'avons retrouvée dans le Dévonien supérieur ardennais au Frasnien supérieur, au Famennien terminal-Strunien. Nous en ferons également une démonstration dans le Famennien terminal de l'Ouest du Canada. On conçoit d'ailleurs avec évidence que l'aire paléobiogéographique d'une espèce soit dirigée par le milieu pendant un certain temps géologique.

Deuxième conclusion : l'influence du milieu sur la répartition verticale des espèces d'Ostracodes agit sur l'abondance en individus mais peu sur la présence de l'espèce. Par exemple, l'association de la Formation de Frasnes est présente en Boulonnais avec la même extension verticale dans des faciès aussi divers que ceux des Formations de Beaulieu, de Ferques et d'Hydrequent, mais l'abondance en individus des espèces subit des variations importantes. Les Ostracodes sont abondants dans la partie moyenne, puis très rares au sommet de la Formation de Beaulieu ; ils restent rares dans les horizons biostromaux à haute énergie de la Formation de Ferques mais redeviennent très abondants dans les horizons plus calmes au sommet de cette unité. Même dans les pélites et siltstones intertidaux de la Formation d'Hydrequent nos espèces de Metacopina, marqueurs de zones, sont présents : la seule différence est au niveau du poids de roche à traiter pour les découvrir !

A la limite, un environnement incompatible avec le mode de vie d'une espèce aura pour résultat d'éloigner celle-ci de la ré-

gion concernée mais non de la détruire. L'exemple est donné par le faciès "Matagne" du SW ardennais dans lequel les espèces de Metacopina sont absentes, mais au-dessus duquel elles réapparaissent immédiatement comme à Senzeilles. Par contre, à quelques mètres plus haut dans ce dernier gisement, on voit ces mêmes associations disparaître alors qu'aucun changement de faciès n'est visible à l'affleurement. Dans son étude paléoécologique des Ostracodes dévoniens du Sahara algérien, LE FEVRE (1971, p. 824) remarque également que "... new forms may appear within an apparently uniform lithological unit.". Aussi nous pensons qu'un des déterminismes de l'extension verticale des Ostracodes est intrinsèque aux espèces : c'est une cause phylogénétique indépendante du faciès. D'autres facteurs agissent, notamment ceux qui sont liés aux cycles sédimentaires des grandes plates-formes (voir p. 351).

Pour ces différentes raisons nous sommes en désaccord avec PEYPOUQUET (1979) pour qui "la biostratigraphie à l'aide des Ostracodes se réduit en réalité à une écostratigraphie". Cet auteur semble utiliser le concept de zonation pour les espèces benthiques dans un sens particulier sur lequel nous reviendrons en conclusion générale (ch. 6.2.3.).

Troisième conclusion : au-delà de l'influence locale de tel ou tel environnement, nos principaux marqueurs benthiques de zones se retrouvent en dehors de la région étudiée.

Dans le Morvan, un matériel non publié et communiqué par M. COULON (Université de Reims) provenant de gisements situés sur la feuille au 1/25 000 de Bourbon-Lancy 3-4, a permis de mettre en évidence le passage du Dévonien au Carbonifère et la présence du Strunien. En particulier, les espèces *Platychilina* cf. *praetexta* KUMMEROW, 1939, *Bairdia* cf. *romei* LETHIERS, 1974 et *Bairdia* cf. *galinae* EGOROV, 1953 (la nomenclature ouverte est due à la mauvaise conservation) indique notre zone DS08. L'étude des spores confirme l'âge strunien (COULON, CORSIN & DOUBINGER, 1980).

Au Maroc, dans la région des DOUKKALA, les faunes d'Ostracodes présentées par RABATE (1976) permettent de reconnaître nos zones DSO1, DSO2 du Frasnien inférieur et l'espèce *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972 (= *Cavellina ?* cf. sp. F sensu RABATE) est présente dans le Famennien inférieur.

En Iran du Nord-Est le Dévono-Carbonifère contient une riche faune d'Ostracodes. Ce matériel non publié montre à nouveau l'extinction du genre *Poloniella* au sommet du Givétien (échantillons GR 786 et GR 789 de D. BRICE (Faculté Libre de Lille), et la présence de *Polyzygia neodevonica* à la base du Frasnien (échantillon CD1 et GR 111 de D. BRICE). Dans la coupe de Ghosnavi-Tilabad, le Membre 7 de la Formation de Khosh-Yeilagh a livré *Ellesmerina ? gosseleti* LETHIERS, *Silenites elongatus* ROME, 1971 et *Bairdia (O.?) hypsela* ROME, 1971 de notre zone DSO8 donc le Strunien (échantillons 277 à 289 de G. STAMPFLI, Université de Genève). Ces différents âges sont vérifiés à l'aide de la macrofaune (BRICE & alii, 1978) ou des spores (COQUEL & alii, 1977).

En Turquie du Sud Est, province de Hakkari, à 10 km au Nord de Cukurça, la coupe de la vallée du Grand Zap a livré une faune non publiée, remarquable par l'abondance en espèces et en individus des *Cryptophyllus* voisins de ceux décrits par ROME & GOREUX (1960) dans le Strunien ardennais. Il s'agit d'un milieu probablement supratidal représenté par des calcaires noirs à restes de poissons (échantillon Z56 de O. MONOD, Faculté d'Orsay) qui vient juste au-dessus de faciès continentaux rouges.

Ces différents exemples montrent que beaucoup d'espèces rencontrées en Ardenne ont une vaste répartition dans une aire paléobiogéographique que nous avons qualifiée de paléotéthysienne (voir p. 337).

- 4 -

LES OSTRACODES DU DEVONIEN SUPERIEUR DANS L'OUEST DU CANADA

"L'Amérique du Nord renferme 56% des réserves d'huile et 35% des réserves de gaz du Paléozoïque. Les réservoirs carbonatés y dominent jusqu'au Mississippien. Déposés dans les eaux calmes et chaudes de la zone intertropicale, ils montrent des indices de développements récifaux dès l'Ordovicien....
.... La très grande majorité des réservoirs paléozoïques s'est déposée dans des conditions de plate-forme stable, à substratum pré-cambrien".

C. Bois, P. Bouche et R. Pelet, 1980

SOMMAIRE

Pages

4.1. - Introduction à la Géologie de l'Ouest canadien..251

4.2. - Les sites échantillonnés.....262

4.3. - Répartition des Ostracodes par gisements.....266

4.4. - La zonation par les Ostracodes.....289

4.5. - Les corrélations stratigraphiques.....296

4.6. - Paléoécologie des Ostracodes au Dévonien terminal dans l'Ouest du Canada.....310

RESUME

L'Ouest du Canada est composé de trois ensembles géologiques : un bouclier précambrien à l'Est, une Plate-forme de terrains phanérozoïques au centre et une cordillère à l'Ouest. Une vingtaine de sites ont été échantillonnés sur la Plate-forme interne (subsurface) et dans les Montagnes Rocheuses (surface). Les unités lithologiques concernées sont : la Formation Big Valley (Saskatchewan et Alberta du Sud), les Formations Palliser, Wabamun, Winterburn (Alberta) et les Formations Kotcho, Tetcho, Trout River, Kakisa, Redknife et du Fort Simpson (Territoires du NW). Les terrains étudiés sont d'âges frasnien supérieur, famennien, et strunien. La récolte de 21 530 Ostracodes a permis d'étudier 169 espèces (LETHIERS, 1978, 1981). Dans ce mémoire, seules les répartitions spécifiques dans chaque gisement sont présentées. Une zonation, efficace sur environ 2 000 km de distance, est établie et comporte 7 zones. Une zonation plus fine, adaptée à la Formation Big Valley, est également proposée. On arrive ainsi à corréler les sites étudiés et à situer précisément les unités précédentes dans la chronostratigraphie. Les diachronismes et les lacunes stratigraphiques apparaissent ; les limites stratigraphiques sont discutées. Les caractères paléoécologiques peuvent s'étudier par des comparaisons entre les faunes d'Ostracodes contenues dans les différents faciès. Les affinités des groupes, de certains genres et espèces apparaissent. Une esquisse paléobiogéographique est tracée.

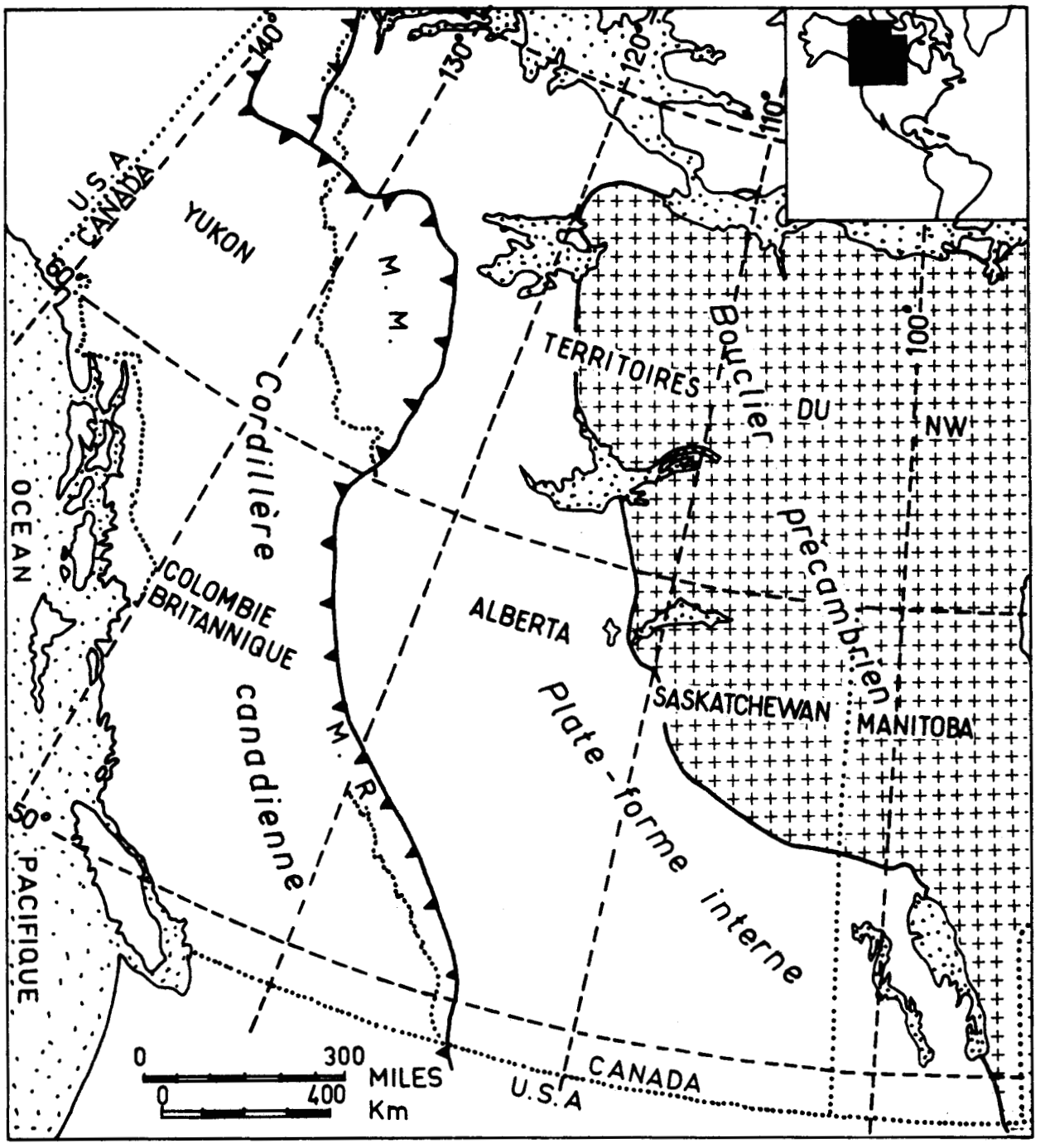


Fig. 61.- Carte de situation politique et des grands domaines géologiques dans l'Ouest du Canada - M.R. = Montagnes Rocheuses, M.M. = Montagnes du Mackenzie.

BUS LILLE

4.- LES OSTRACODES DU DEVONIEN SUPERIEUR DANS L'OUEST DU CANADA.

4.1.- Introduction à la géologie de l'Ouest canadien.

4.1.1.- Plate-forme et cordillère.

La géologie de l'Ouest du Canada peut être cernée grâce à une série de mises au point et résumés généraux. DERCOURT (1970, p. 281) en a présenté les principaux dans sa synthèse géodynamique de la Cordillère canadienne. De nombreux articles de tectonique gégénrale sont rassemblés dans PRICE & DOUGLAS (1972) avec en particulier l'étude de la Cordillère par WHEELER & alii (1972). L'histoire géologique générale et les ressources minérales du Canada sont consignées dans un ouvrage important dont les rédacteurs scientifiques sont DOUGLAS & TREMBLAY (1970). Les données stratigraphiques de tous les Systèmes ont été récapitulées dans un "grand livre" sous la direction de McCROSSAN & GLAISTER (1970). Celles du Dévonien le sont plus précisément dans le Symposium international de Calgary (OSWALD, 1967). Un document, à but didactique mais très précis, résume l'histoire géologique de l'Ouest du Canada (NELSON, 1970) et d'autres, plus succincts, le font pour l'Amérique du Nord (PETERSEN, RIGNY & HINTZE, 1973). A l'aide de ces différents travaux nous présentons quelques généralités géologiques nécessaires à la compréhension de l'étude ostracodique.

L'Amérique du Nord (Fig. 62) est composée de trois ensembles géologiques : un bouclier central, une plate-forme interne et les zones tectorogéniques.

a) Le Bouclier canadien : il est typiquement constitué de granites, migmatites et gneiss les plus vieux du continent (2,5 milliards d'années et peut-être plus pour certains).

b) La Plate-forme interne (= craton) est constituée par une couverture sédimentaire ayant pour socle le prolongement sous-jacent du bouclier précambrien. Les terrains sont principalement paléozoïques mais partiellement masqués par ceux du Mésozoïque et du Cénozoïque également représentés. Les roches les plus communes

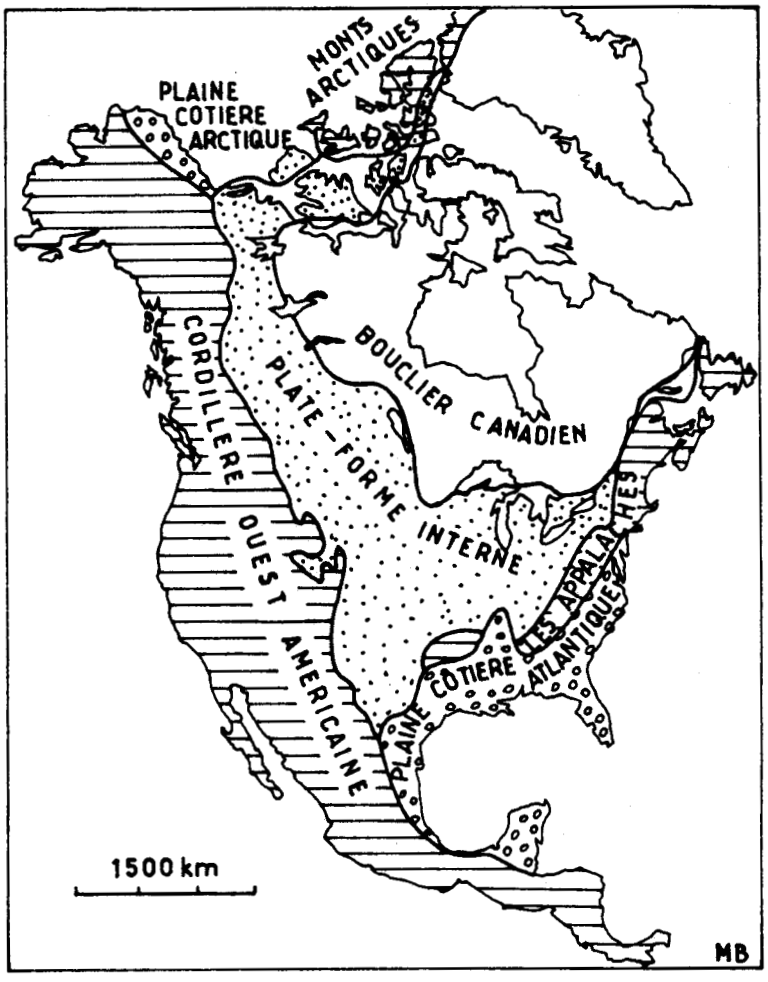


Fig. 62 : Principaux domaines géologiques de l'Amérique du Nord (Extrait de PETERSEN, RIGBY & HINTZE, 1973).

sont des calcaires, des grès et des shales. L'ensemble est presque horizontal et diminue d'épaisseur vers le bouclier. Une telle stabilité montre que l'histoire phanérozoïque de ce secteur est celui d'une sédimentation en mers peu profondes laissant de nombreux fossiles d'invertébrés, et tour à tour en transgression et en régression. Le plus grand nombre des Ostracodes étudiés dans ce travail provient de la Plate-forme interne canadienne. Cette dernière a une superficie égale à plus de trois fois celle de la France et sa lar-

geur au niveau du 60°N est environ deux fois la distance Boulogne-Liège. L'échelle de l'investigation est donc très différente : il ne sera plus question ici d'établir des corrélations au mètre près comme cela fut fait dans le Nord de la France ou la Belgique !

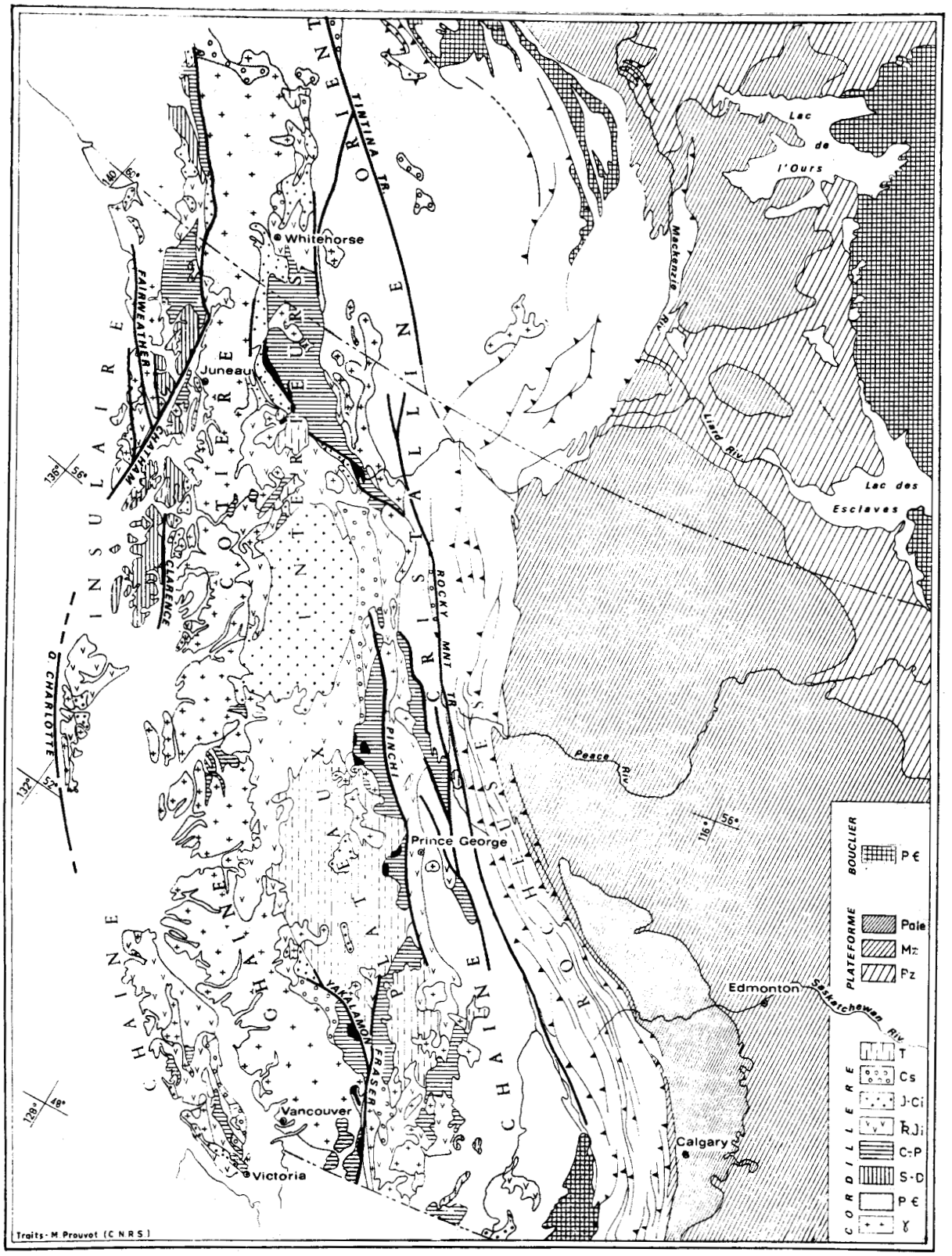
c) Les zones tectorogéniques : au Nord, à l'Est et à l'Ouest, les ensembles précédents sont bordés par des zones déformées où les strates plissées et faillées sont métamorphisées et percées d'intrusions magmatiques.

Au Nord les Monts Arctiques présents dans l'archipel du même nom relèvent des orogènes ellesmerien (fin Dévonien) et laramien (fin Crétacé).

A l'Est les domaines taconique (fin Ordovicien) et acadien (fin Dévonien) partiellement sous la plaine côtière atlantique, et les Monts Appalaches (fin Permien) ont leur histoire liée à celle des océans Proto-atlantique et Atlantique (DIETZ & HOLDEN, 1974).

La Cordillère Ouest américaine est un des secteurs des chaînes circumpacifiques. Dans la portion canadienne on distingue classiquement les domaines structuraux suivants d'Est en Ouest (Fig. 63 et 64) :

Les Rocheuses formées de nombreuses écailles chevauchantes vers l'Est où des terrains sédimentaires précambriens à Paléocènes plissés sont impliqués. Deux coupes concernant la Formation Palliser (Famennien) ont été échantillonnées dans ce domaine. Le Fossé des Rocheuses le sépare de la chaîne cristalline orientale ou zone cristalline d'Omineca. Il s'agit d'un ensemble de terrains précambriens et paléozoïques métamorphisés et plutonisés par place. Néanmoins un échantillon provenant de la Formation Macdame dans la partie Nord a livré une faune d'Ostracodes frasnienne. Pendant le Paléozoïque la zone cristalline d'Omineca a valeur de ride entre un domaine externe (Rocheuses + Plate-forme interne) et un domaine interne. Les plateaux intérieurs sont formés de matériel sédimentaire et magmatique d'âge triasique à paléocène, recouvert partiellement de basaltes néogènes, et de massifs ultrabasiques paléozoïques associés à des structures en horsts. La chaîne côtière est essentiellement constituée de plu-



γ : roches plutoniques et métamorphiques d'âge divers ; P-ϵ : Précambrien ; S-D : Siluro-Dévonien ; C-P : Carbonifère-Permien ; R-Ji : Trias-Jurassique inférieur ; J-Ci : Jurassique-Crétacé inférieur ; Cs : Crétacé supérieur-Éocène ; T : laves tertiaires ; Pz : Paléozoïque ; Mz : Mésozoïque ; Palé : Paléocène.

N. B. : Aucune distinction n'a été faite dans le domaine structural des Rocheuses

Fig. 63 : Carte géologique et structurale de la Cordillère canadienne (Extrait de DERCOURT, 1970). Echelle : 1/5 000 000.

BUS LILLE

tons et roches métamorphiques. La chaîne insulaire est un ensemble complexe de roches sédimentaires volcaniques et plutoniques mises en place depuis le Silurien jusqu'au Paléocène.

L'histoire de la Cordillère canadienne (DERCOURT, 1970) se comprend dans l'apparition, la disparition ou l'évolution des océans archéopacifique (Silurien-Dévonien), paléopacifique (Dévonien-Trias inférieur), néopacifique (Trias supérieur-Jurassique) et pacifique (Crétacé-Actuel).

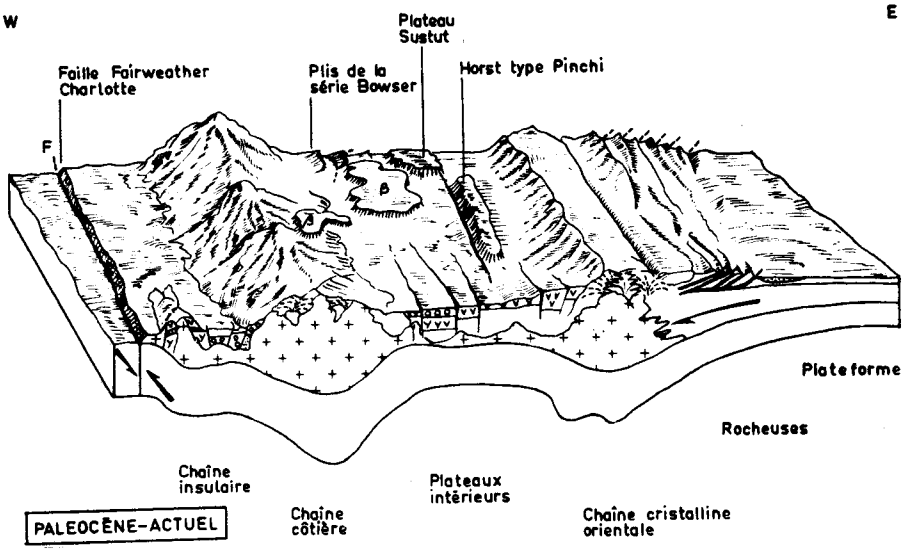


Fig. 64 : Bloc diagramme lithosphérique montrant les différents domaines de la Cordillère canadienne au niveau de l'Alberta et de la Colombie Britannique (Extrait de DERCOURT, 1970).

Si les données stratigraphiques nouvelles ont conduit à des schémas légèrement différents dans le domaine des Plateaux intérieurs (MONGER & PRICE, 1979), le secteur du craton et de la marge qui nous intéresse ici, garde la même signification chez les auteurs.

Récemment MANSY (1980), étudiant les plateaux intérieurs et la chaîne d'Omineca, confirme le caractère stable des marges du craton (chaîne d'Omineca et Montagnes Rocheuses) au Paléozoïque.

Après avoir discuté les différents modèles tectoniques qui retracent l'histoire de la Cordillère, cet auteur montre l'importance des décrochements longitudinaux dextres ayant fonctionné essentiellement au Crétacé supérieur-Tertiaire sur plusieurs centaines de Km.

Ces reconstitutions ont servi à dresser le modèle paléogéographique de la Cordillère canadienne au Dévonien supérieur (Fig. 67).

4.1.2.- La stratigraphie du Famennien et de ses limites.

a) Généralités : Ici la conception de la stratigraphie pose relativement moins de problèmes qu'en Europe. En premier lieu les études sont plus récentes, les publications antérieures à 1920 sont rares et, dès le départ, les idées neuves de la géologie pouvaient s'appliquer dans des régions géologiquement inconnues et sans tenir compte d'éventuelles approches fragmentaires d'anciens auteurs. En deuxième lieu, les études se veulent efficaces, appliquées, et reposent en grande partie sur les données de sondages. Pour ces raisons la lithostratigraphie s'est imposée et précède toute étude plus détaillée. Dans un deuxième temps, les auteurs établissent des biozonations pour "corréler" les unités lithologiques entre elles et dans un troisième temps, ils recherchent des marqueurs qui raccordent l'ensemble à la chronostratigraphie internationale. A notre avis, cette démarche scientifique est plus saine. Nos recherches furent menées consciemment dans un tel contexte épistémologique.

A l'occasion des travaux antérieurs nous avons déjà présenté et discuté les divisions stratigraphiques (LETHIERS, 1978, 1981) et seul l'essentiel en sera rappelé ci-après.

b) La lithostratigraphie (Fig. 65) : Nous reprenons les résultats fondamentaux et synthétiques de BASSET & STOUT (1967) et de BELYEA (1970) résumés dans la Fig. 65.

Parmi les unités étudiées, seules les Formations Palliser et Alexo affleurent dans les Montagnes Rocheuses. Les autres furent échantillonnées sur matériaux de sondage (subsurface). La

Formation Palliser est une épaisse barre (240 m) de calcaires blancs à gris foncés, non récifaux, plus ou moins dolomitisés et qui forment une corniche morphologique célèbre des Montagnes Rocheuses d'Alberta. Dans la Plate-forme interne l'équivalent du Palliser est la Formation Wabamun à caractères similaires mais plus dolomitisée au Sud de l'Alberta. Elle repose sur la Formation Winterburn essentiellement dolomitique.

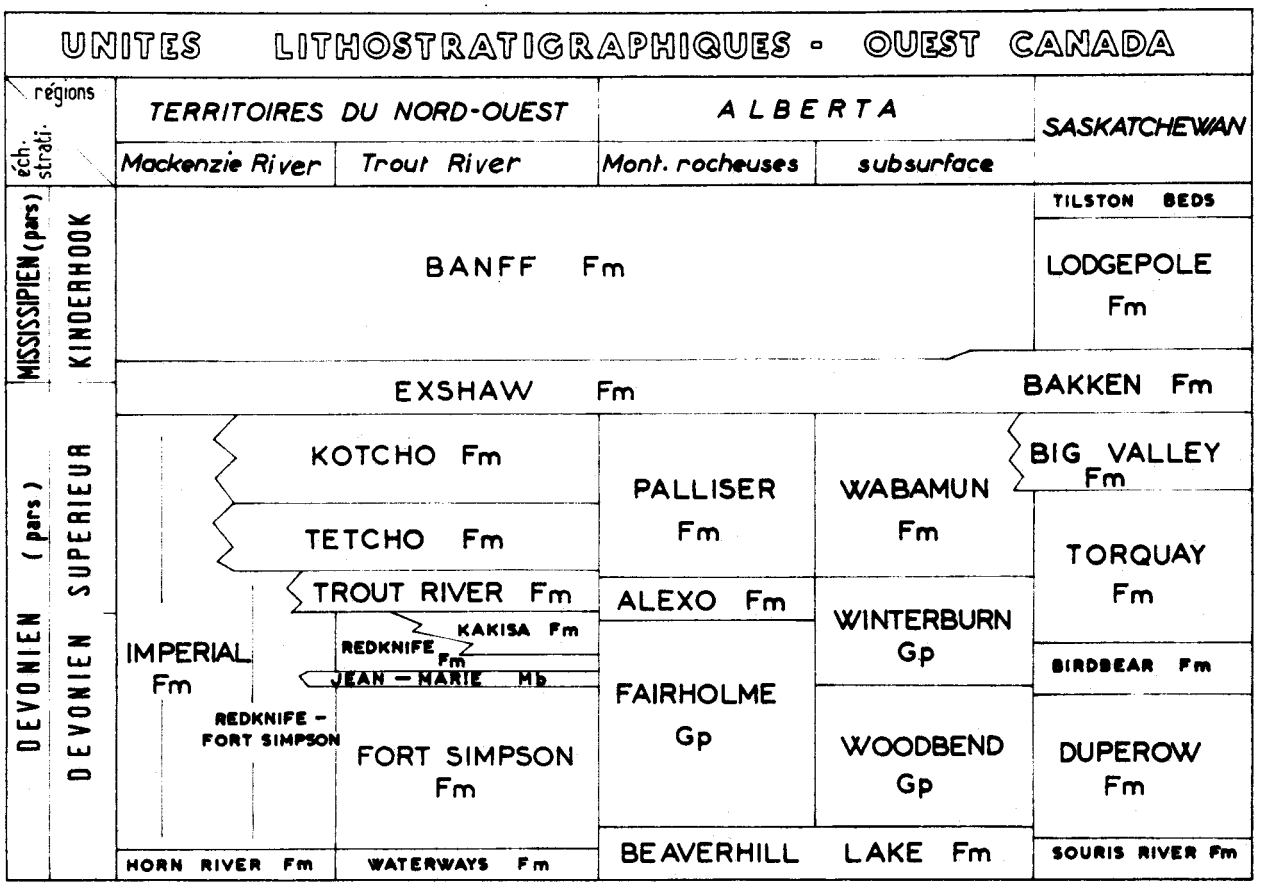


Fig. 65 : Situation et dénomination des unités lithostratigraphiques dans le Dévonien supérieur-Mississipien inférieur de l'Ouest du Canada. (D'après BASSET & STOUT, 1967 et BELYEA, 1970).

Les Formations Wabamun-Palliser ont d'emblée été placées dans le Famennien (WARREN & STELCK, 1950). Actuellement d'après les études des Conodontes (MOUND, 1967) ou des Brachiopodes (SARTENAER, 1969, Fig. 2), les auteurs peuvent en préciser la répartition du doII au doIII-IV.

Vers le Saskatchewan, la partie supérieure du Wabamun passe à la Formation Big Valley. L'aspect lithostratigraphique et sédimentologique de cette unité fut étudié en détail par KENT (1959, 1967) et CHRISTOPHER (1961). Il s'agit d'un ensemble argileux vert à pyrite disséminée pouvant atteindre 35 m d'épaisseur. Dans le Montana et d'Idaho (U.S.A.), le Membre Trident, généralement mis en parallèle avec la Formation Big Valley, est assigné à la zone à *Platyclymenia* (doIII-IV) au terme de l'étude d'une faune à Goniatites, Brachiopodes et Conodontes (voir SANDBERG & MAPEL, 1967 et SARTENAER & SANDBERG, 1974). La Formation Big Valley repose sur la Formation Torquay gréseuse et très dolomitisée.

La lithostratigraphie se complique en passant au Sud des Territoires du NW. Les Formations Kotcho et Tetcho sont considérées comme l'équivalent de la Formation Wabamun. La Formation Kotcho représente 210 m de shales gris-verdâtres à lits calcareux. La Formation Tetcho est une langue de calcaire beige d'une épaisseur de 75 m. L'ensemble repose sur la Formation Trout River : 55 m de grès et grès calcareux. D'après BELYEA & McLAREN (1962) la limite Frasnien/Famennien est située vers la base de la Formation Trout River, la Formation Kotcho représentant la partie moyenne de cet étage (doIII-IV).

En dessous et d'âge frasnien, notre échantillonnage a porté sur la Formation Redknife. Il s'agit de 140 m de shales, marnes et grès peu fossilifères pour le Membre supérieur qui passe latéralement, et en partie, à la Formation Kakisa (55 m d'épaisseur) constituée de calcaires jaunâtres organoclastiques. Le Membre inférieur appelé "Jean-Marie" est un biostrome plus ou moins dolomitisé de 15 m d'épaisseur. La Formation du Fort Simpson sous-jacente est un ensemble d'environ 500 m de shales à lits silteux ou calcaires. Plus au Nord, dans le secteur du Mackenzie, l'ensemble sédimentaire

diversifié qui vient d'être évoqué passe latéralement à une série monotone de shales et siltstones d'environ 2 000 m d'épaisseur : la Formation Imperial reconnue comme Dévonien supérieur mais sans différenciation.

Les Formations Bakken-Exshaw argileuses et carbonées reposent sur l'ensemble précédent. D'après l'étude de Conodontes et de spores, MACQUEEN & SANDBERG (1970) situent la limite dévono-carbonifère dans cet ensemble.

c) La biostratigraphie : On retrouve dans l'Ouest du Canada les zonations standards à Céphalopodes (McLAREN, NORRIS & CUMMING, 1970) et à Conodontes (voir p. 151, Fig. 35); cette dernière, avec quelques précisions, fut résumée par KLAPPER & alii (1971). Néanmoins les Céphalopodes sont rares et les études des

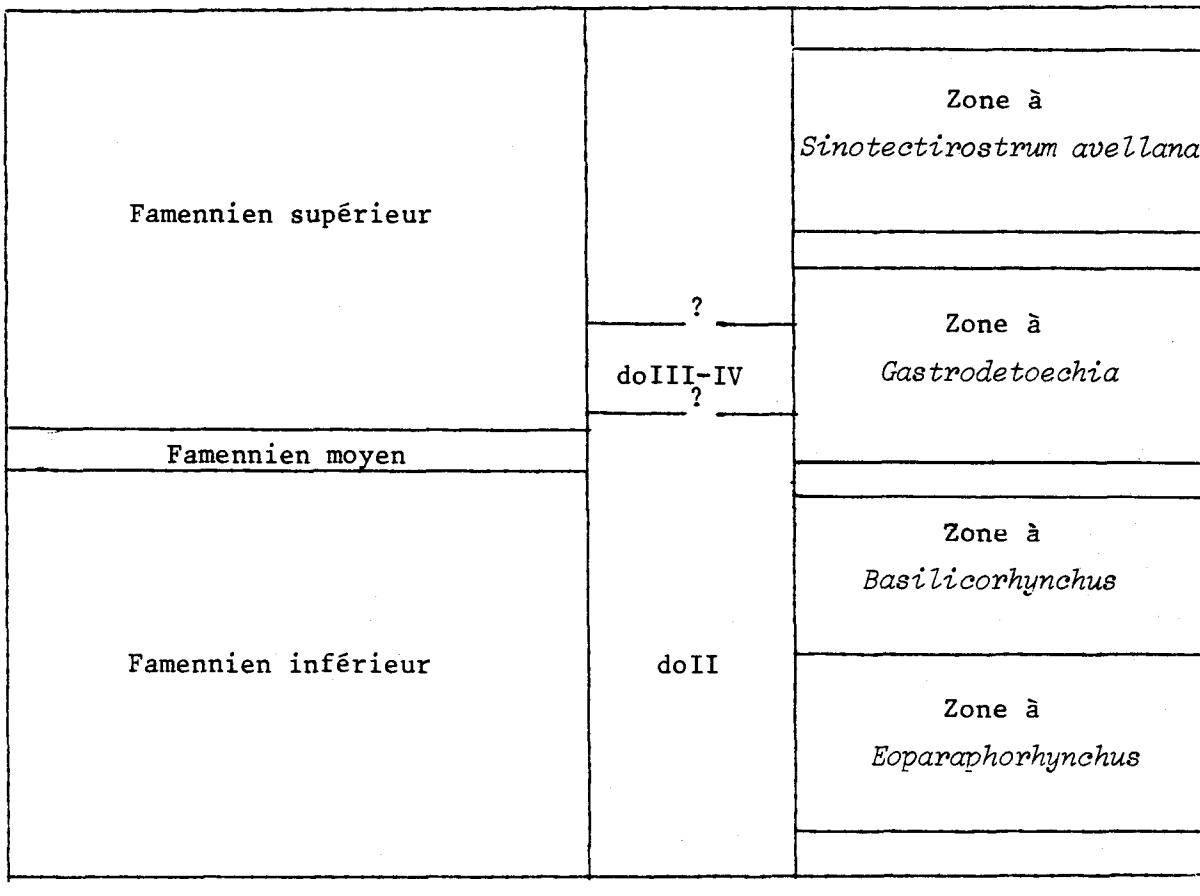


Fig. 66 : Zones à Rhynchonellides du Famennien des Montagnes Rocheuses et des Territoires du Nord-Ouest (Extrait de SARTENAER, 1969).

Conodontes peu nombreuses. Par contre les Brachiopodes et en particulier les Rhynchonellides sont mieux représentés et plus étudiés. SARTENAER (1969, Fig. 1) a résumé l'histoire de ces zonations. Cet auteur étudie en détail 41 espèces et sous-espèces de Brachiopodes Rhynchonellides du Famennien dans l'Ouest du Canada et propose une zonation constituée de trois acrozones génériques et une acrozone spécifique (Fig. 66).

4.1.3.- Paléogéographie de l'Ouest du Canada au Dévonien terminal (Fig. 67).

En tenant compte des corrélations stratigraphiques établies en conclusion de cette étude, nous présentons une reconstitution paléogéographique au Dévonien terminal (doV-doVI basal). Celle-ci est étayée sur la reconstitution paléogéographique de NELSON (1970) au Dévonien supérieur et avec les reconstitutions de paléotectonique globale pendant l'histoire paléozoïque de la Cordillère canadienne (DERCOURT, 1970).

Les terres émergées s'étendaient au Nord-Est avec un paléorivage qui serait situé actuellement depuis les Territoires du Nord-Ouest, l'angle nord-est de l'Alberta, jusqu'au centre du Saskatchewan et au Sud-Ouest du Manitoba. Une aire de sédimentation marine était comprise entre cette zone littorale et une ride plus ou moins émergée qui aurait existé à l'emplacement actuel de la Colombie Britannique et du Yukon. Au-delà s'étendait le domaine océanique. Si la situation de la ride et de l'Eopacificus reste encore imprécise, les différents environnements de la Plate-forme interne sont mieux connus. On distingue du Sud-Est vers le Nord-Ouest : une immense "vasière marine" peu profonde où la future Formation Big Valley se forme ; une vaste plate-forme à sédimentation carbonatée non récifale qui donnera l'ensemble Wabamun-Palliser ; un milieu calme probablement plus profond où les shales de la Formation Kotcho et de ses équivalents se déposent.

4.1.4.- Problèmes à résoudre et buts recherchés.

En comparaison des autres étages du Dévonien et du Mississipien, le Famennien était jusqu'ici resté un parent pauvre de

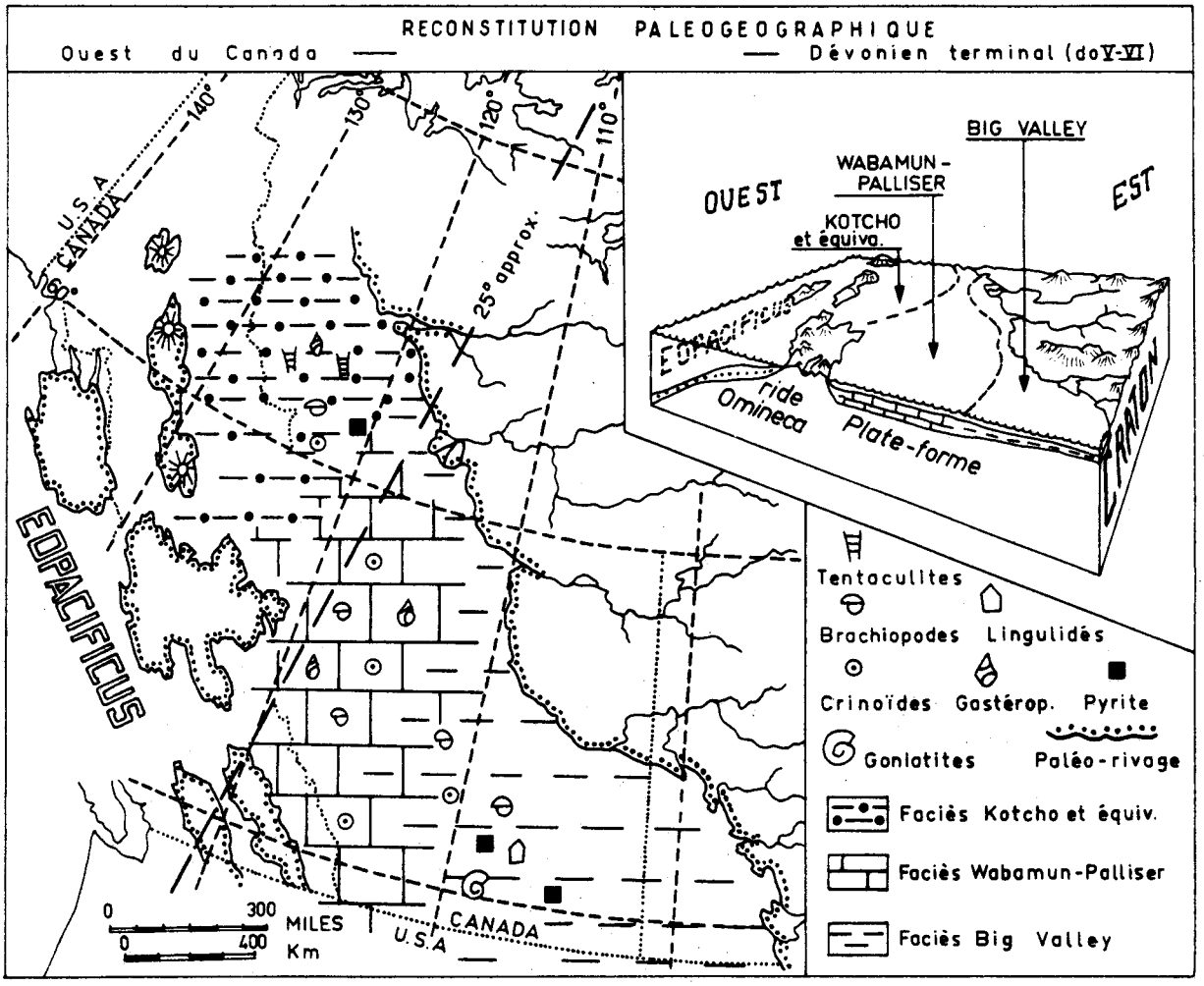


Fig. 67 : Reconstitution schématique des principaux environnements sédimentaires dans l'Ouest du Canada au Dévonien terminal. D'après BASSET & STOUT (1967), NELSON (1970), DERCOURT (1970) et MONGER & PRICE (1979).

BUS LILLE

la stratigraphie et en particulier de la biostratigraphie. Si une zonation par les Ostracodes existe pour le Dévonien moyen et le Frasnien (BRAUN, 1967, 1977, 1978) et pour le Mississipien (GREEN, 1963), aucune donnée de cet ordre n'existait pour le Famennien. Le premier objectif était donc de mettre à jour cette nouvelle faune d'Ostracodes dont l'importance est accrue par ses caractères de "faune de passage" entre les deux systèmes. Ce travail de systématique se trouve dans deux mémoires (LETHIERS, 1978, 1981). La deuxième lacune à combler était d'établir une zonation qui fasse la jonction entre celles du Frasnien et du Mississipien. En particulier, il était urgent de fournir des repères microbiostratigraphiques utilisables en sondages (= subsurface) et notamment dans l'épais horizon carbonaté du Wabamun. Une telle zonation devait servir à corréler les unités lithostratigraphiques, et à préciser ou modifier leur situation chronostratigraphique qui était parfois problématique. Cette progression nous a conduit à découvrir certains évènements paléogéographiques nouveaux dans l'Ouest du Canada et à proposer une vaste reconstitution paléoécologique au Dévonien terminal depuis le Saskatchewan jusqu'aux Territoires du Nord-Ouest.

4.2.- Les sites échantillonnés.

Le choix des coupes et sondages échantillonnés (Fig. 68) est tel que les différentes unités lithostratigraphiques présumées d'âge famennien, ainsi que leurs limites, sont touchées par les prélèvements. Ceci concerne des faciès variés répartis sur la Plateforme interne et les Montagnes Rocheuses canadiennes. La Fig. 69 récapitule les coordonnées des gisements échantillonnés qui sont numérotés de 1 à 20 du SE vers le NW. Les cinq premiers sondages ont permis d'étudier les Ostracodes dans les shales des Formations Bakken et Big Valley (coupe-type au sondage n° 5) en Saskatchewan et Alberta du Sud. La Formation Torquay azoïque (silt et dolomie) est touchée dans sa partie supérieure, mais n'a pas fait l'objet de prélèvements systématiques. Les coupes n° 6 et 7 concernent la totalité de la Formation carbonatée Palliser des Montagnes Rocheuses du SW de l'Alberta. Le choix et l'échantillonnage des sites n° 1 à

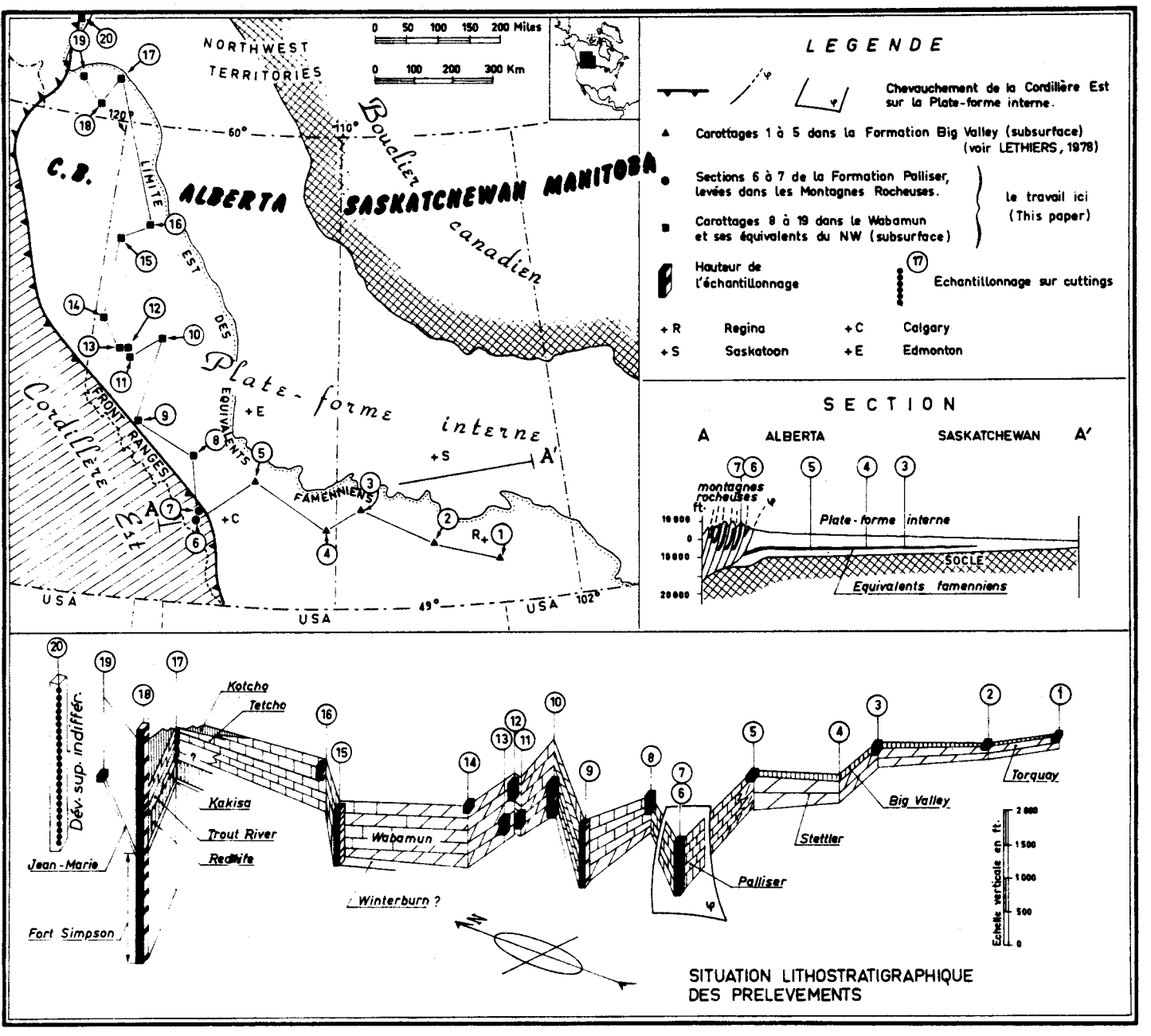


Fig. 68 : Situation structurale et lithostratigraphique des sites échantillonnés dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada (d'après LETHIERS, 1981).

N°	NOM DES LOCALITES OU SONDAGES			SITUATION	FORMATIONS ETUDIEES	EPAISSEUR ETUDIEE (ft.)		Ostracodes
1	Richfield-British American Home BECHARD N° 12-11	SUBSURFACE	Saskatchewan	12-11-13-17W2	BAKKEN (inférieur et moyen) BIG VALLEY	17 26	43	X X
2	Imperial SECRETAN-WILDCAT N° 16-7-17-4			16-7-17-4W3	BAKKEN (inférieur et moyen) BIG VALLEY (part)	53 16	69	X X
3	Coleville UNIT N° 10-33			10-33-30-24W3	BAKKEN (inférieur) BIG VALLEY TORQUAY	5,5 71,5 12	89	NO X NO
4	Sun Can. Southern Roy. TRINITY N° 16-1			16-1-27-2W4	BIG VALLEY (part) (échantillon communiqué par le Dr. R. GREEN)		1	X
5	Gulf RUMSEY N° 6-30		Alberta	06-30-33-21W4	EXSHAW BIG VALLEY TORQUAY	25 47 22	94	NO X NO
6	FL-2-75 : Canmore Creek	SURFACE		51°03'47"N 115°25'00"W	PALLISER (supérieur)	520		X
7	FL-1-75 : Canmore Creek			51°04'03"N 115°25'05"W	PALLISER (inférieur ALEXO (part)	210 20	230	X NO
8	P.S. ANCONA N° 1	SUBSURFACE		08-27-39-11W5	EXSHAW WABAMUN (supérieur)	63 140	203	NO X
9	JASPER N° 1			02-19-49-26W5	WABAMUN	1284		X
10	H.B.U. Liberal N° 7-5			07-05-69-21W5	WABAMUN (inférieur) WINTERBURN	163 13	176	X NO
11	BAYSEL et al KARR			10-21-65-03W6	WABAMUN (inférieur) WINTERBURN	171 55	226	NO NO
12	ARCO SINCLAIR GOLD CREEK N° 10-31			10-31-67-04W6	WABAMUN (supérieur)	303		X
13	ARCO SINCLAIR GOLD CREEK N° 7-31			07-31-67-05W6	WABAMUN (inférieur)	275		X
14	HOME et al BEAVERLODGE			04-23-72-10W6	EXSHAW (inférieur) WABAMUN (supérieur)	7 53	60	NO X
15	IMPERIAL CLEAR HILLS			02-28-94-09W6	WABAMUN WINTERBURN (supérieur)	741 104	845	X X
16	PHILLIPS NAYLOR			04-24-98-25W5	WABAMUN (supérieur)	139		X
17	BRIGGS TURKEY LAKE N° 1		Territoires du NW	61°07'30"N 120°22'30"W	TETCHO TROUT RIVER KAKISA	120 150 180	450 sur cuttings	X X X
18	IMPERIAL ISLAND RIVER N° 1			60°09'29"N 121°08'16"W	EXSHAW équivalent KOTCHO TETCHO TROUT RIVER REDKNIFE JEAN-MARIE FORT SIMPSON	204 692 252 233 470 50 1645	3546	X X X X X X NO
19	HORN RIVER S.R. et al CORMACK C-65A			60°54'13"N 122°27'21"W	JEAN-MARIE		54	X
20	Root-River 1-60			62° 39' 32" N 123° 24' 28" W	Dev. sup. indifférencié Nahanni	2417 143	2560 sur cuttings	X X

BUS LILLE

Fig. 69 : Dénominations et coordonnées des coupes et sondages étudiés avec les différentes unités lithostratigraphiques rencontrées (d'après LETHIERS, 1981).

7 se firent sur les conseils et en collaboration avec le Professeur W.K. BRAUN (Université de Saskatoon). Neuf sondages étudiés atteignent les calcaires massifs de la Formation Wabamun depuis le Sud jusqu'au Nord de l'Alberta : l'échantillonnage et l'étude macroscopique des carottages eurent lieu au conservatoire lithologique de la Commission Géologique de Calgary. Parmi eux, les carottages des n° 8, 12, 14 et 16 touchent le sommet et la limite supérieure de la Formation Wabamun, les n° 10, 13 la limite inférieure, les n° 9 et 15 couvrent l'unité et ses limites. Les carottages du n° 11, très dolomitisés, n'ont pas livré d'Ostracodes. Quatre sondages situés dans les Territoires du NW font connaître les niveaux plus épais du Famennien et du Frasnien. Les shales, marnes et intercalations calcaires des Formations Kotcho, Tetcho, Trout River, Kakisa, Redknife (Membre supérieur et Membre inférieur Jean-Marie) et du Fort Simpson sont atteintes grâce aux sondages n° 17, 18, 19, de la région de Trout River. Les n° 17 et 18 donnent accès à des coupes-types concernant les Formations Tetcho, Kotcho et Kakisa. Le matériel extrait du sondage n° 20 nous a aimablement été transmis par le Professeur W.K. BRAUN. Dans ce dernier site, il s'agit de shales d'un Dévonien supérieur indifférencié de la région septentrionale de Root River.

Avec ces différents sites échantillonnés, on peut suivre le devenir du "cortège ostracodique" sur une distance d'environ 2000 Km dans les faciès du Dévonien supérieur de l'Ouest canadien.

Les 20 gisements étudiés ont livré 21530 Ostracodes (individus et fragments) dont 15160 déterminables (= 70%). Ce matériel a permis de reconnaître 183 espèces. Il correspond au traitement de 297 échantillons rocheux dont 210 récoltés et 87 provenant de cuttings. Le prélèvement sur carottages n'étant pas autorisé une seconde fois, toutes les espèces rencontrées sont mentionnées, même avec peu d'individus ou parfois lorsque la forme est uniquement à l'état fragmentaire. Ceci explique le pourcentage élevé (55%) des noms d'espèces en nomenclature ouverte. Pour la description et la figuration systématiques des espèces on se reportera principalement aux ouvrages de LETHIERS (1978 et 1981).

4.3.- Répartition des Ostracodes par gisements.

4.3.1.- Caractères particuliers de l'échantillonnage et conservation des Ostracodes dans chaque gisement.

Pour chaque sondage nous avons distingué "l'épaisseur échantillonnée", où le mode de prélèvement grappillé (voir p. 90) est continu, de "l'épaisseur étudiée" qui correspond à l'intervalle stratigraphique limité par les deux prélèvements extrêmes. La fig. 70 montre également: le nombre d'espèces récoltées qui est théoriquement proportionnel à l'épaisseur étudiée, le nombre total d'individus extraits qui est en rapport avec l'épaisseur échantillonnée, la fossilisation et les conditions paléoécologiques, et le nombre d'individus déterminables qui reflète le degré de conservation.

Dans tous les cas, nous nous sommes efforcés d'apprécier l'importance de la fossilisation, du mode de prélèvement et de l'extraction (voir p. 68) qui interfèrent avec les conditions paléoécologiques (voir p. 103) pour influencer l'extension verticale des taxons. Ainsi comprises les répartitions dans chaque gisement seront utilisées pour établir une zonation la plus précise possible.

- Dans la Formation Big Valley (sondages n° 1 à 5) certains niveaux peuvent contenir de nombreux Ostracodes. Par exemple le sondage n° 3 a livré 8600 individus. Dans ces shales plus ou moins marneux l'épigénie calcitique assure une bonne conservation après l'extraction : 90% des individus sont déterminables. Au sondage n° 2, le nombre d'individus récoltés n'est plus que de 170 pour une épaisseur échantillonnée comparable ; ceci s'explique par un passage latéral à des shales sans carbonate qui empêchent l'épigénie calcitique. L'épigénie pyriteuse est également présente dans les sondages 1, 2, 3 et 4 , peut atteindre 50% des individus dans certains niveaux et révèle ainsi le caractère réducteur de leur dépôt.

Au sondage n° 5 où les horizons carbonatés prédominent, l'abondance des individus diminue par rapport au sondage n° 3. Un certain pourcentage de boue argileuse est donc nécessaire à la fossilisation maximale, probablement au moment de l'enfouissement des

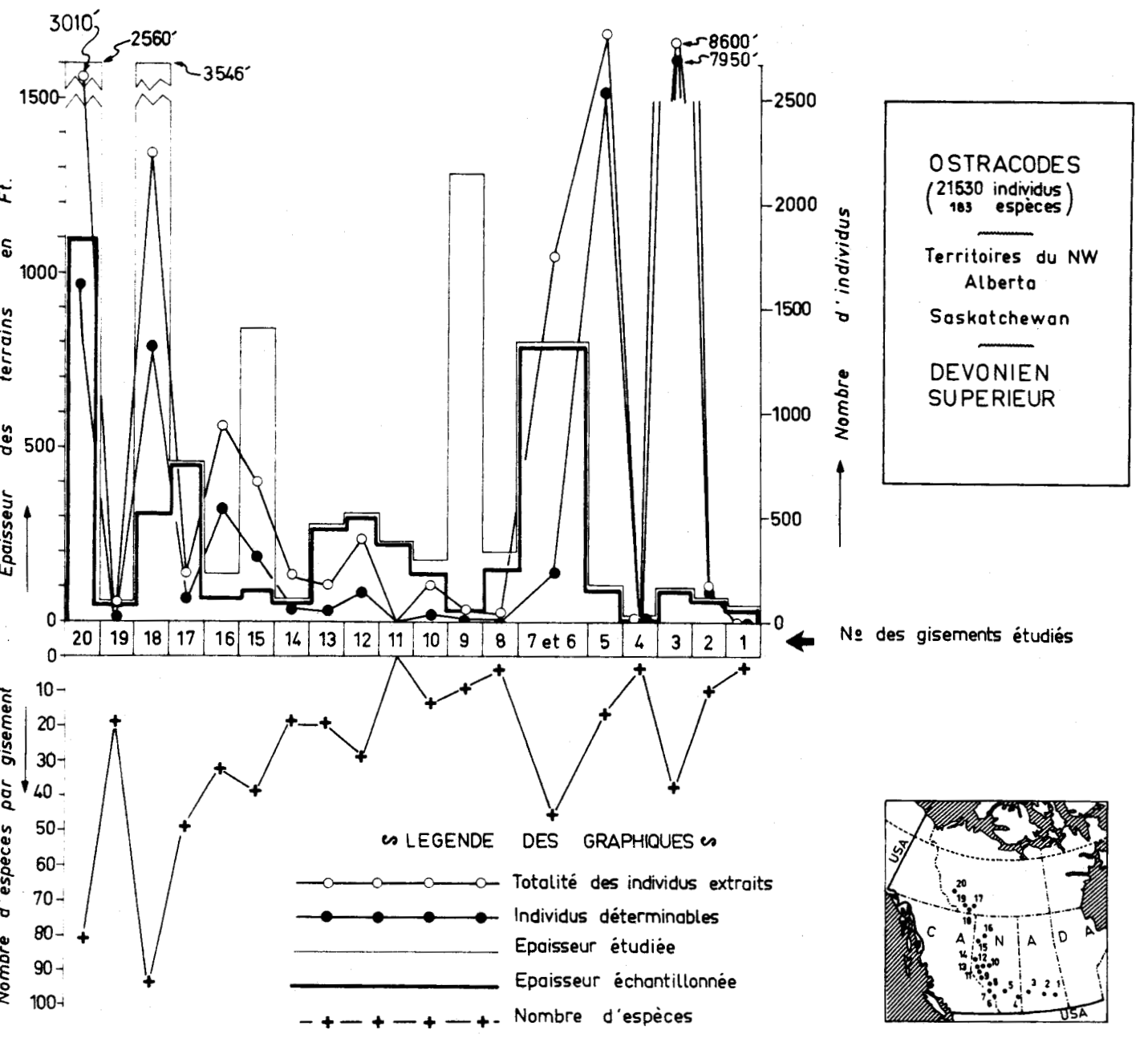


Fig. 70 : Caractères de l'échantillonnage (épaisseurs échantillonnée et étudiée) et du cortège ostracodique (nombre des individus récoltés, déterminables, et nombre d'espèces). (d'après LETHIERS, 1981).

BUS LILLE

carapaces. Le caractère restreint du milieu Big Valley, spécialement au sondage n° 3, a dû présider à la prolifération des Ostracodes : dans quelques horizons de ce sondage (Tabl. 8), la majorité des individus est représentée par la forme *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978. Des lits à ostracodites sont également repérés au sondage n° 5. Ainsi la fossilisation n'est pas la seule cause responsable de l'abondance.

- Dans la Formation Palliser (sondages n° 6 et 7) le nombre relativement élevé en espèces et en individus correspond à des épaisseurs échantillonnées et étudiées importantes. Mais le faible pourcentage d'individus déterminables (12%) indique une conservation très défectueuse. Les individus sont généralement à l'état de moules internes plus ou moins recristallisés, et les déformations (écrasements, fracturations) sont fréquentes. Les déterminations sont dues à la bonne connaissance systématique des formes dans l'équivalent Wabamun. Néanmoins la pauvreté du matériel explique les nombreuses interrogations du tableau de répartition (Tabl. 10). L'étude en lame mince montre que les Ostracodes sont plus abondants dans les lits biomicritiques alors qu'ils sont rares dans les intrasparites (influence du facteur énergie du milieu).

- Dans la Formation Wabamun (sondage n° 8 à 16), la faune d'Ostracodes est moins abondante en individus et globalement en espèces. Ceci est dû, au moins en partie, à la dolomitisation qui est parfois totale (sondage n° 11). Une telle destruction, complète ou partielle, est probablement responsable de la diminution significative du nombre d'espèces aux sondages n° 8, 9, 10, 11, 13 pour des épaisseurs échantillonnées et étudiées importantes. Vers le Nord de l'Alberta, lorsque les foyers de dolomitisation sont relativement moins fréquents (sondages n° 12, 14, 15 et spécialement le n° 16) on découvre une faune d'Ostracodes riche et diversifiée, mais l'abondance ne sera jamais celle rencontrée dans la Formation Big Valley au sondage n° 3.

- Dans les Territoires du NW nous revenons à des horizons où la faune d'Ostracodes est abondante en espèces et en individus. L'exemple de diversité est donné par le sondage n° 17 qui a livré peu d'individus (échantillonnage sur cuttings) mais 48 espèces. Au sondage n° 18 les marnes et calcaires de la Formation Kotcho sont particulièrement riches et certains niveaux biomicritiques contiennent des lits d'ostracodites, ce qui souligne les conditions favorables du milieu. Mais ici également l'épigénie calcitique assure une bonne conservation. Les shales gris-verdâtres du Membre supérieur de la Formation Redknife n'ont pas livré d'Ostracodes : il serait hasardeux d'invoquer ici une explication. Dans les calcaires biostromaux du Membre Jean-Marie (sondage n° 18, et totalité du carottage n° 19), la dolomitisation fréquente engendre une mauvaise conservation. Les tests y sont amincis et fragiles, les individus sont souvent fragmentés et altérés. Au sondage n° 20, l'abondance déjà notable en individus devrait être supérieure au résultat noté car le prélèvement est limité aux cuttings. On retrouve ainsi dans le secteur septentrional de Root River des conditions aussi favorables que celles rencontrées dans la Formation Big Valley du Saskatchewan.

En conclusion, il semble que le plus grand nombre d'Ostracodes récoltés coïncide avec des faciès marneux ou argileux à lits calcaires. Ce phénomène s'explique par des conditions de vie favorables (nombre élevé d'individus et d'espèces) renforcées ultérieurement par une bonne conservation (pourcentage élevé en individus déterminables).

4.3.2.- Présentation des tableaux de répartitions.

Pour chaque site étudié, les espèces reconnues ont été consignées dans des tableaux de répartitions ou d'extensions. Ceux-ci sont conçus comme documents de base où le maximum de faits récoltés est enregistré.

Les tableaux sont présentés sur un schéma commun de construction. A gauche une colonne stratigraphique et la lithostratigraphie représentent le temps géologique. Des figurés notés en légende donnent les renseignements essentiels sur le faciès. Ceux-ci

résultent de l'examen macroscopique des carottes de sondages et de l'étude des microfaciès puisqu'une lame mince a été effectuée par échantillon lorsque la roche le permettait. Puis viennent la profondeur en pieds (ft.) et les intervalles de prélèvements qui constituent la trame horizontale pour l'extension verticale des espèces.

Les répartitions des espèces sont rangées de telle façon que les apparitions soient de plus en plus récentes en se déplaçant vers la droite. Cette présentation n'a pas été retenue au Tabl. 22 (sondage n° 20) : des indices évidents de contamination,dus à l'échantillonnage sur cuttings,nous ont amené à considérer uniquement les extinctions spécifiques.

L'épaisseur du trait de répartition rend compte de l'abondance en individus pour chaque espèce.

A droite du tableau les abondances totales par niveaux sont enregistrées ainsi qu'une première composition taxinomique basée sur les principaux groupes d'Ostracodes rencontrés. Enfin les deux dernières colonnes contiennent la seule partie interprétative du document : le raccordement à la zonation et la corrélation avec les étages européens.

Les Tabl. 10 à 22, correspondant aux Ostracodes d'Alberta et des Territoires du NW (LETHIERS, 1981), possèdent un renvoi aux figurations d'espèces dans ce travail cité.

4.3.3.- Les tableaux de répartitions :

Les sondages n° 1 et 2 correspondent au Tabl. 7.

Le sondage n° 3 est consigné dans le Tabl. 8.

Le prélèvement ponctuel n° 4 n'a pas de tableau.

Le sondage n° 5 est consigné dans le Tabl. 9.

Les coupes n° 6 et 7 sont rassemblées dans le Tabl. 10.

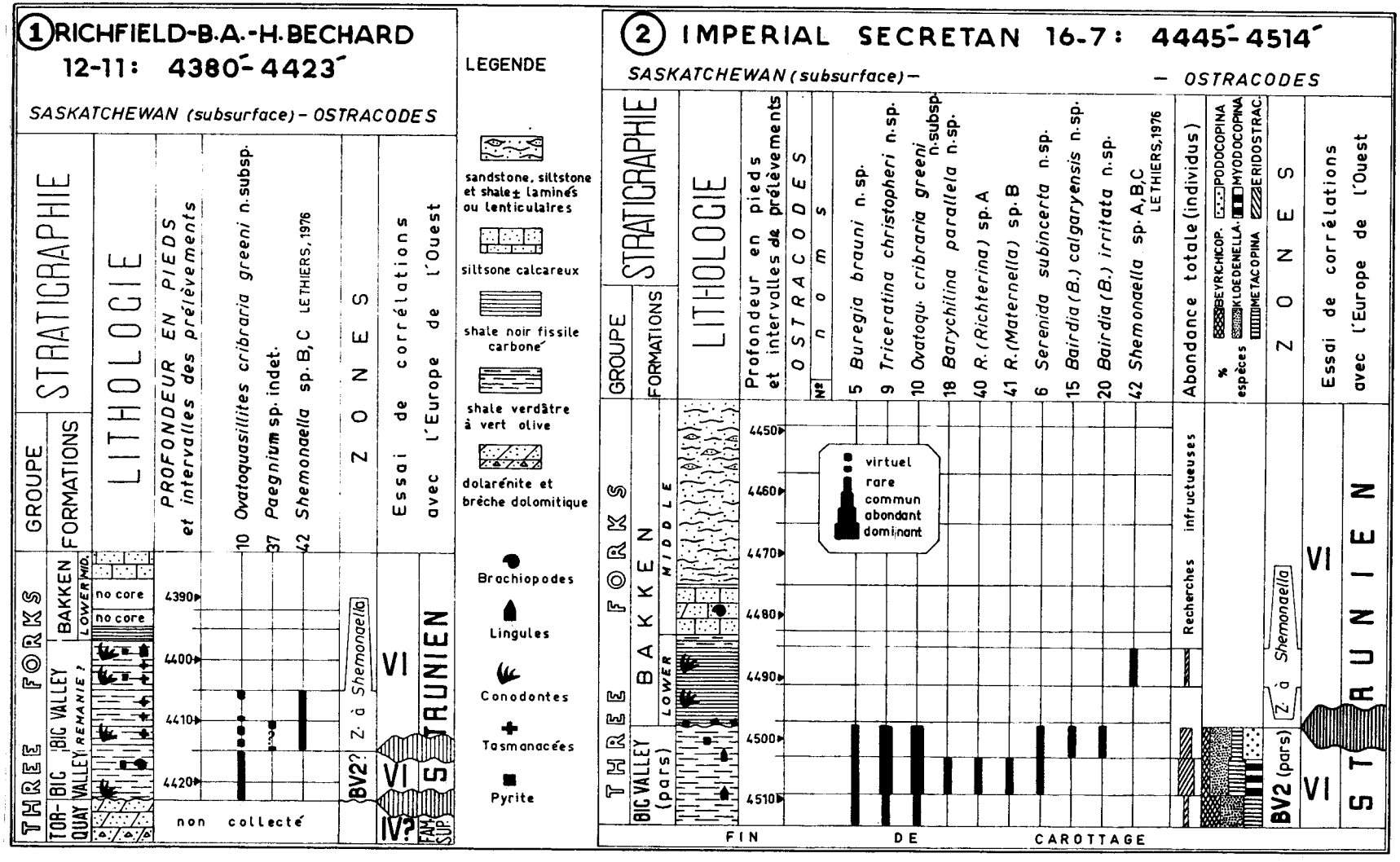
Les sondages n° 8, 9, 10 correspondent aux Tabl. 11, 12, 13.

Le sondage n° 22, azoïque, n'a évidemment pas de tableau.

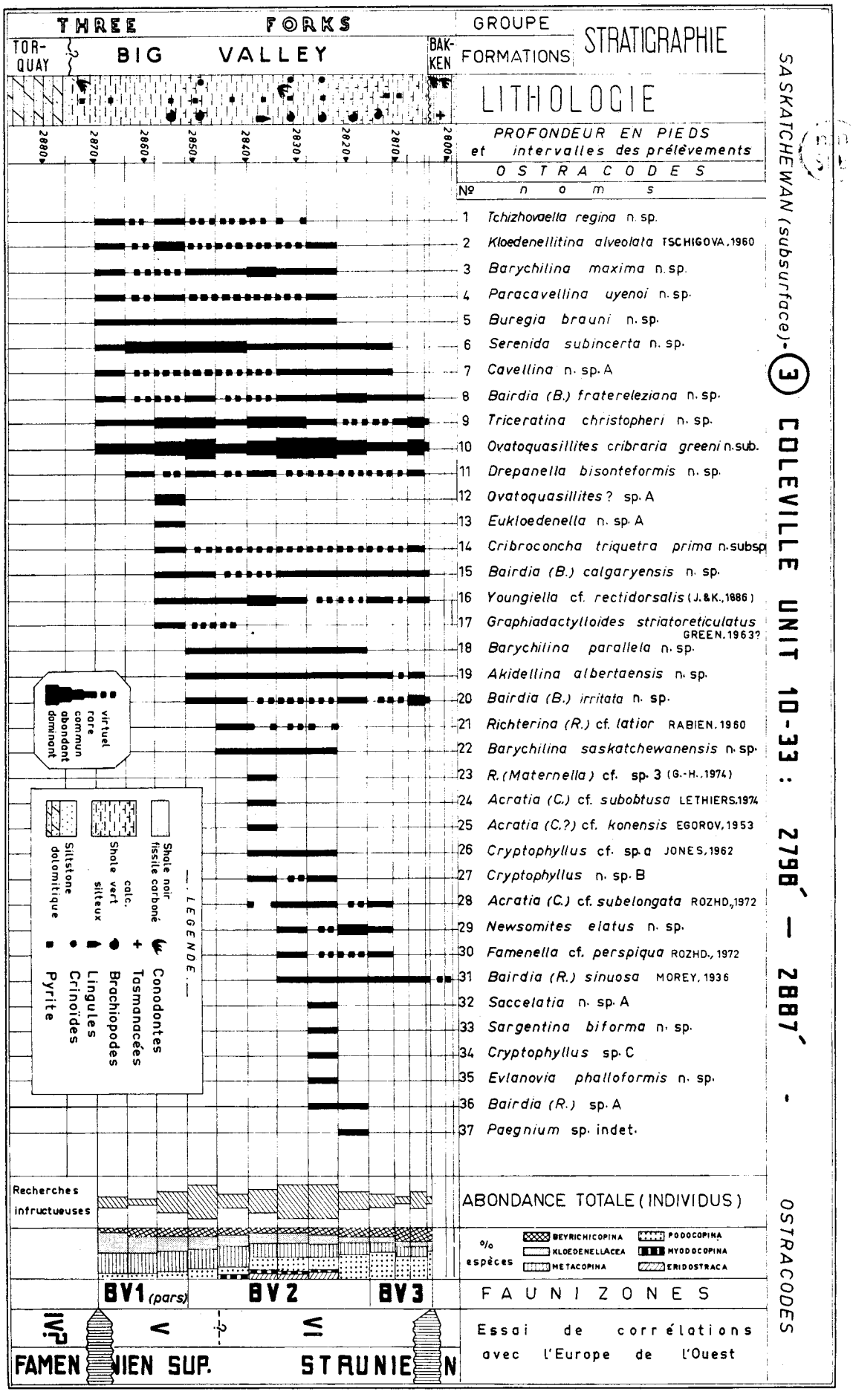
Les sondages n° 12 à 20 correspondent aux Tabl. 14 à 22.

Tous les tableaux sont repris de LETHIERS (1978 et 1981) où se trouve également l'analyse détaillée de chaque gisement.

Abréviation utilisée : PFIC = Plate-forme interne canadienne.



Tabl. 7 : Répartition des Ostracodes dans la Formation Big Valley des sondages n° 1 et 2, PFIC, Saskatchewan (tiré de LETHIERS, 1978).



Tabl. 8 : Répartition des Ostracodes dans la Formation Big Valley du sondage n° 3, PFIC, Saskatchewan (tiré de LETHIERS, 1978).

Sondage n° 4 : Sun Can. Southern Roy. Trinity 16-1

(16 - 1 - 27 - 2W4)

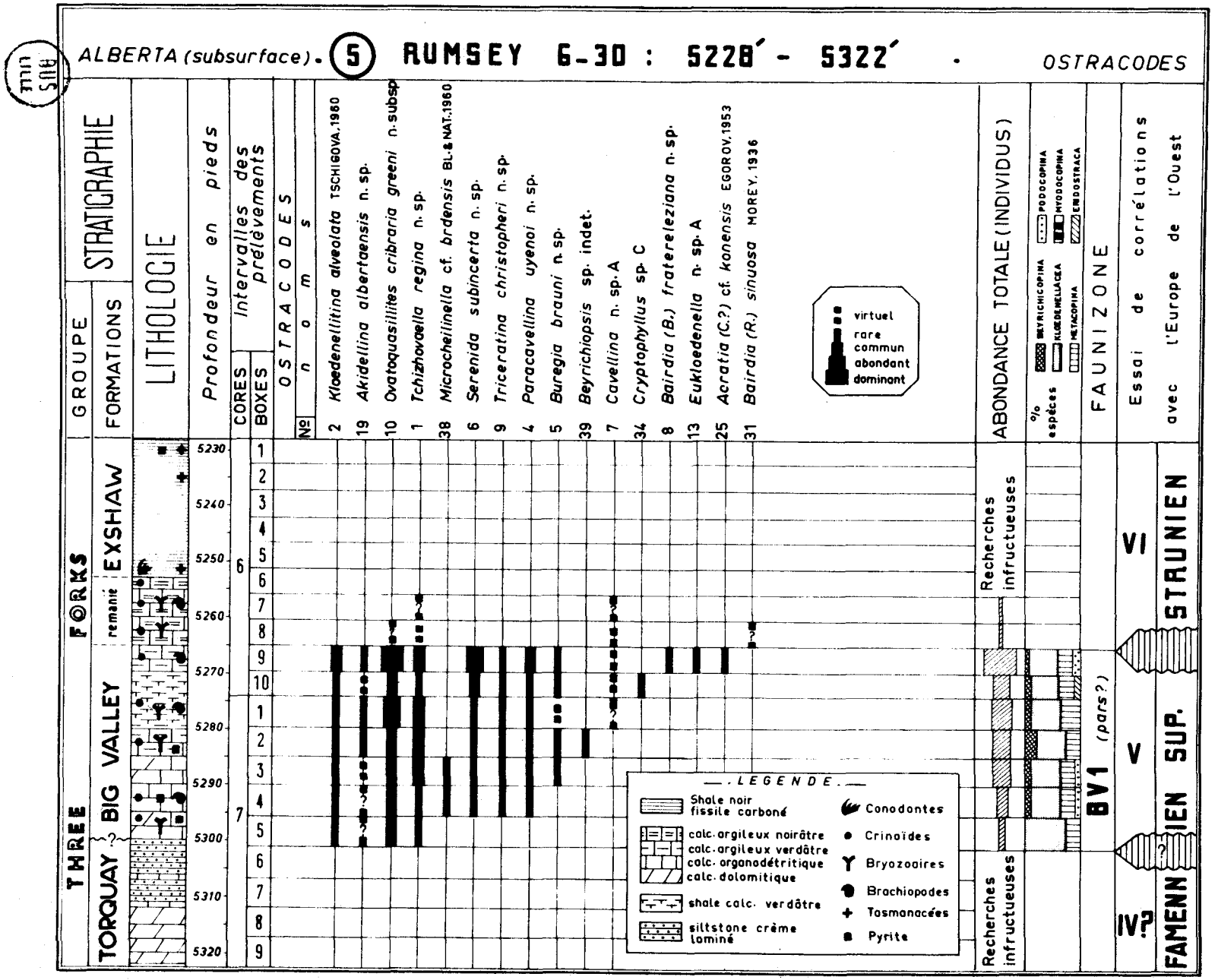
Echantillon à la profondeur de 3390 ft.
Formation Big Valley

Liste des espèces récoltées :

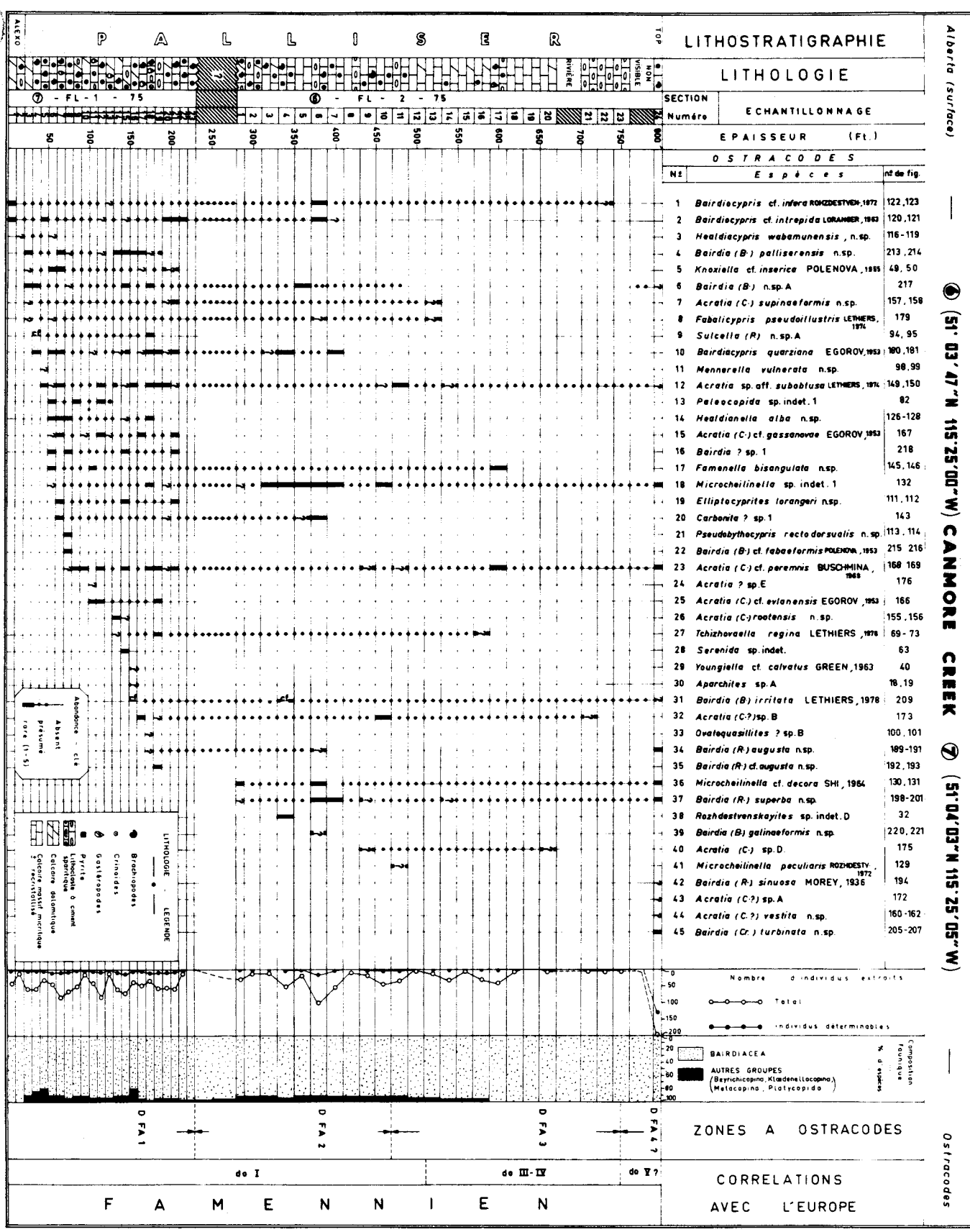
Serenida subincerta LETHIERS, 1978
Barychilina maxima LETHIERS, 1978
Barychilina parallela LETHIERS, 1978
Ovatoquasillites cribraria greeni LETHIERS, 1978

Zones assignées : Faunizone BV2
probablement le sommet du DFA4

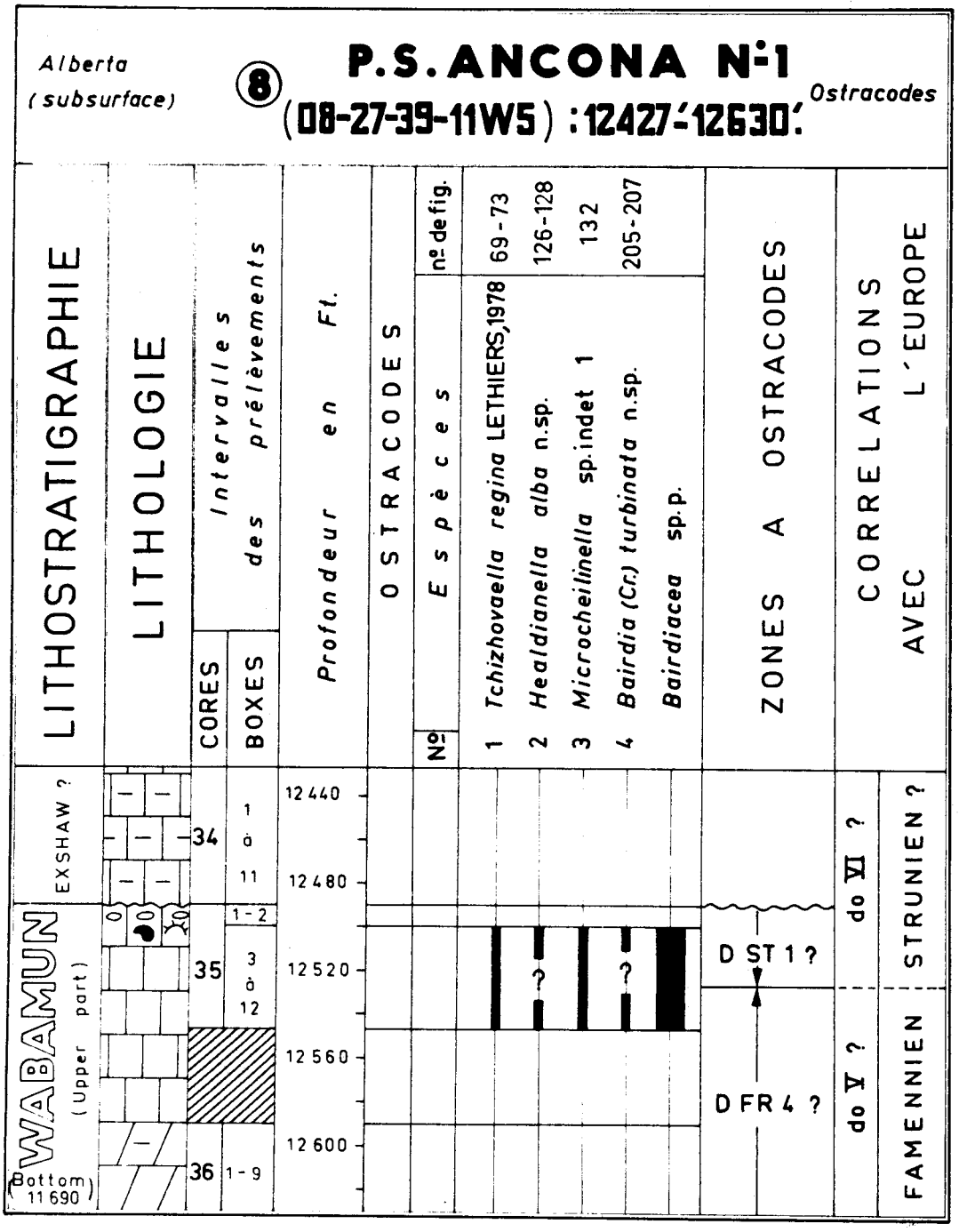
Corrélation : Famennien terminal, probablement le sommet du doV.



Tabl. 9 : Répartition des Ostracodes dans la Formation Big Valley du sondage n° 5 (coupe-type) PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1978).

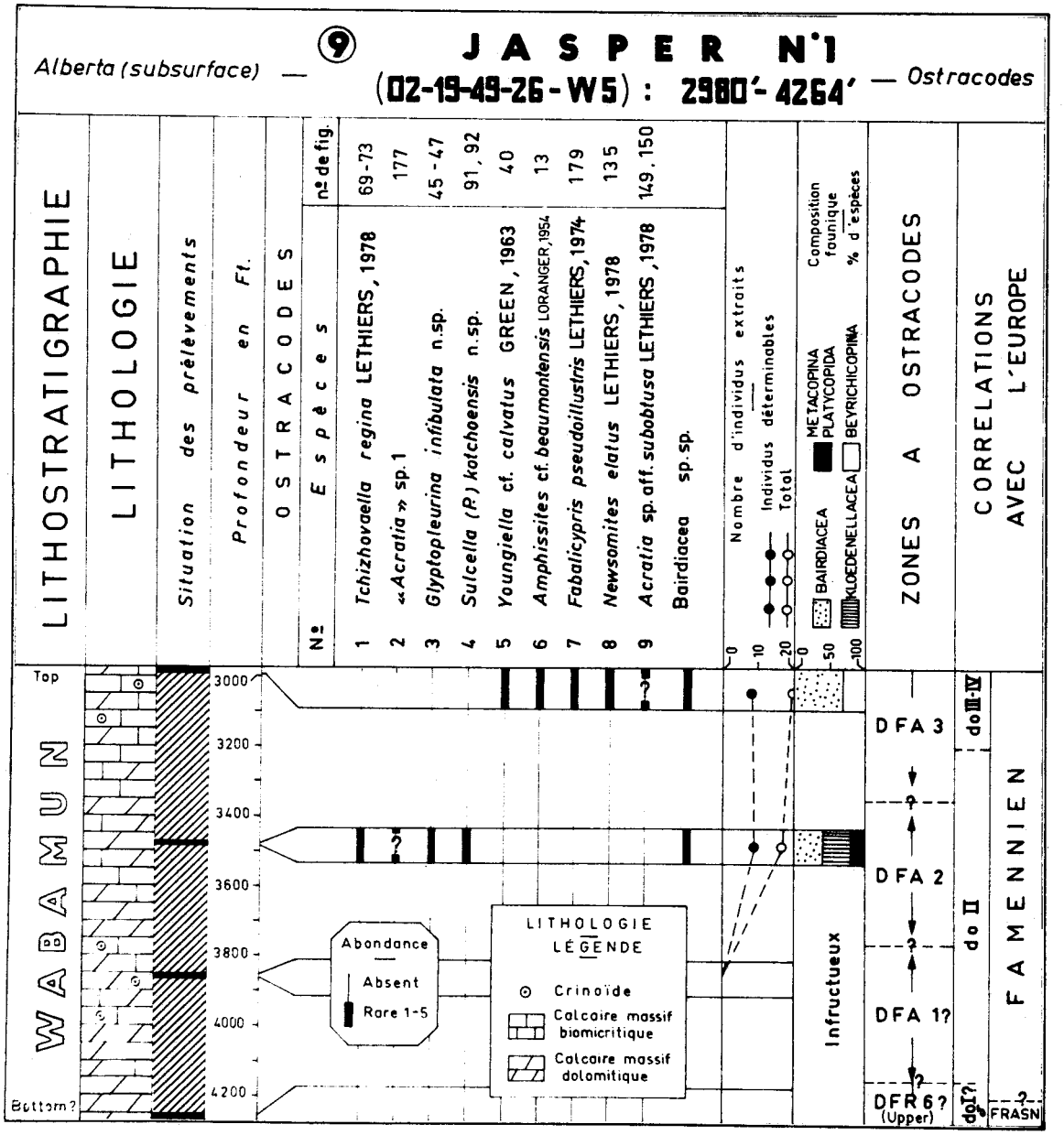


Tabl. 10 : Répartition des Ostracodes dans la Formation Palliser des coupes n° 6 et 7, Montagnes Rocheuses, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).

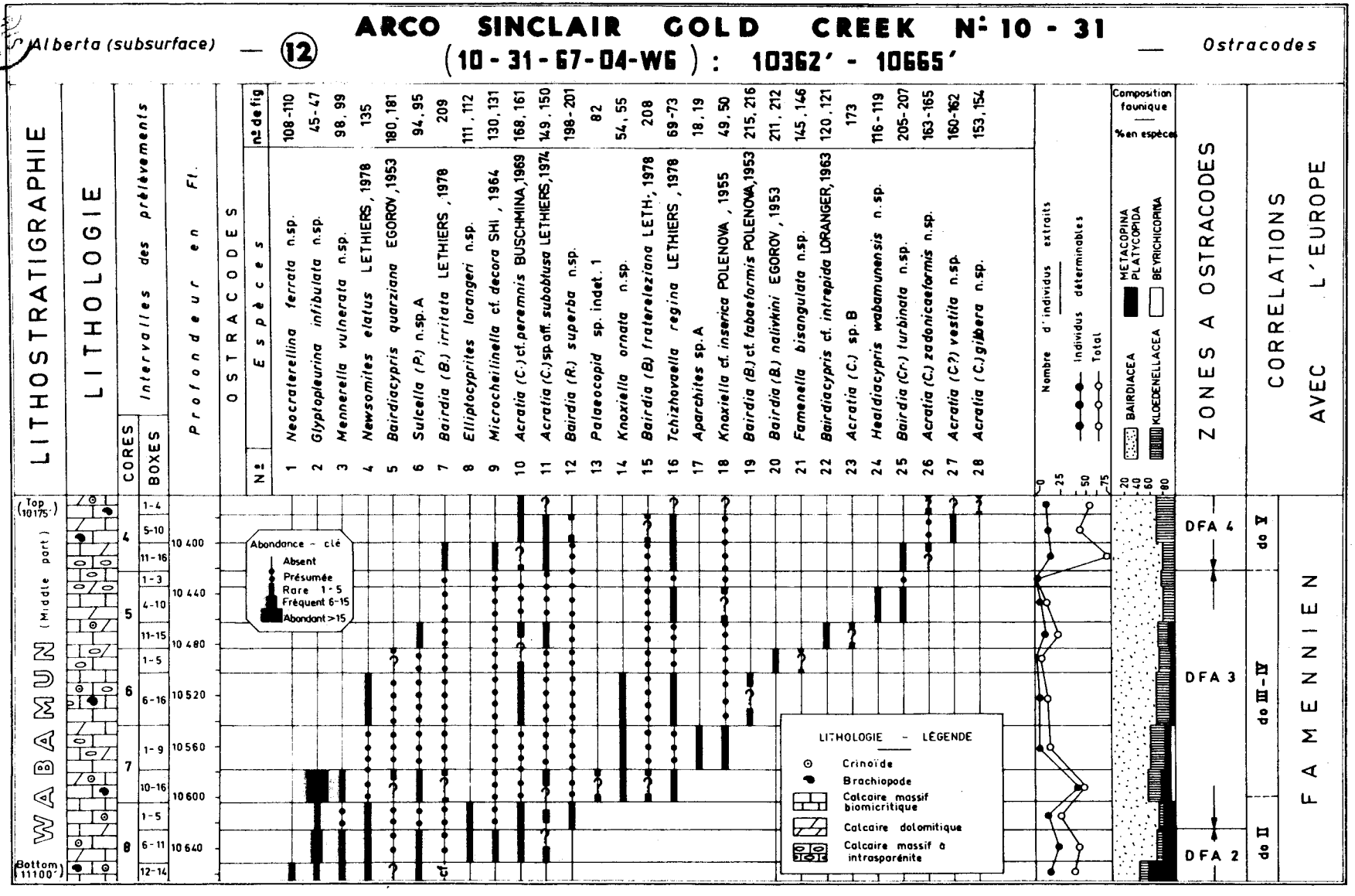


Tabl. II : Répartition des Ostracodes au sommet de la Formation Wabamun du sondage n° 8, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).

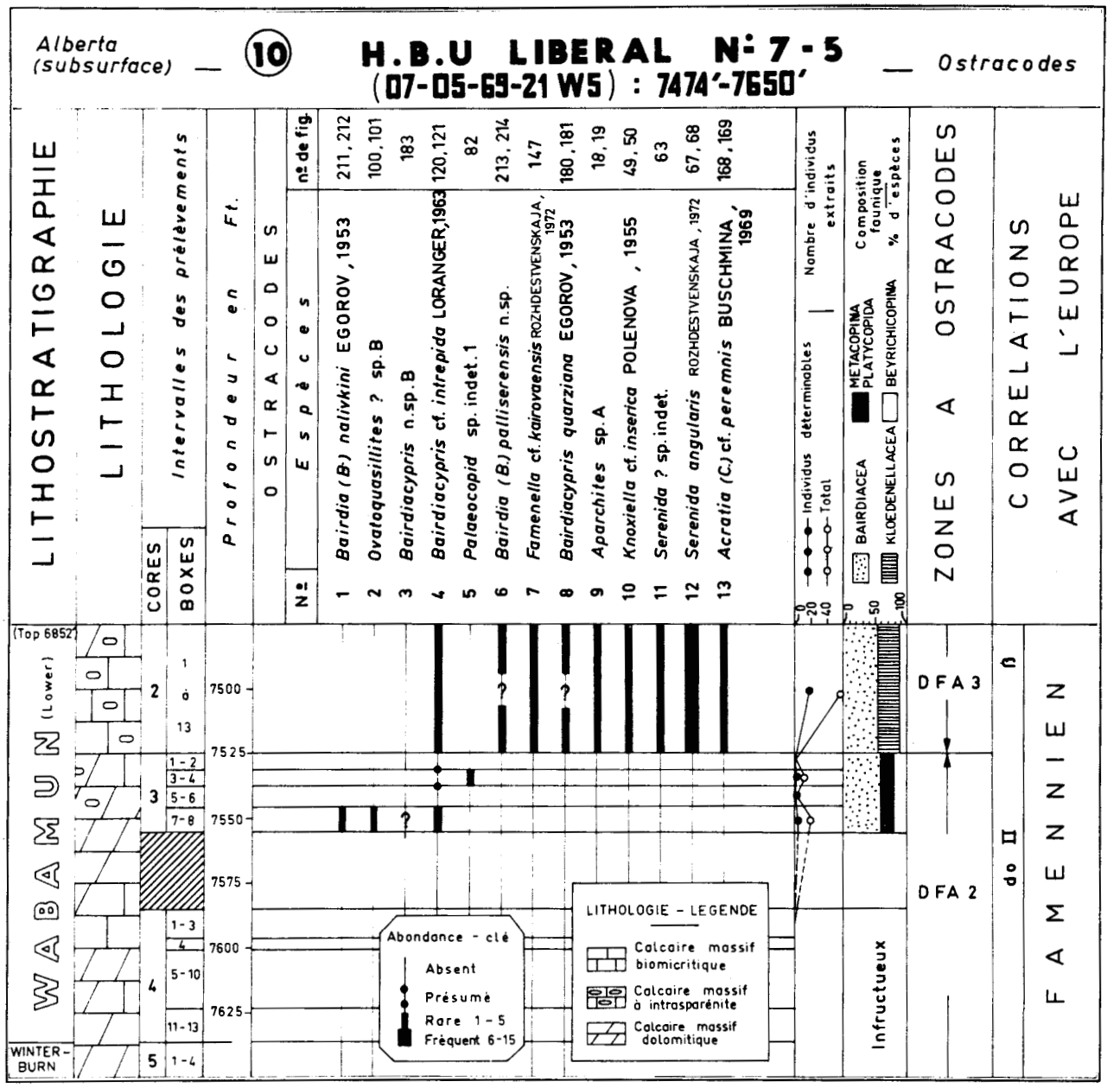
BUS LILLE



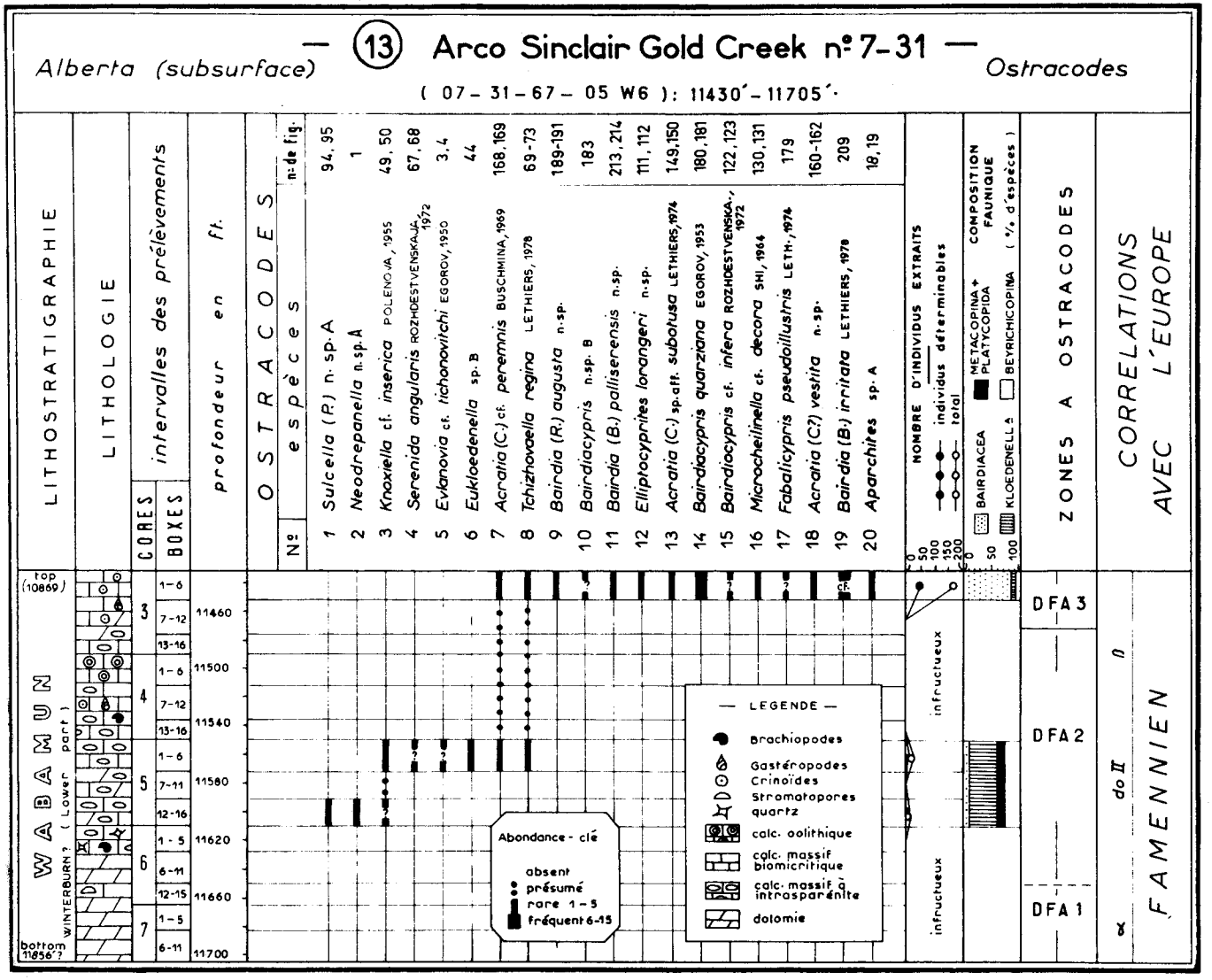
Tabl. 12 : Répartition des Ostracodes dans la Formation Wabamun du sondage n° 9, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).



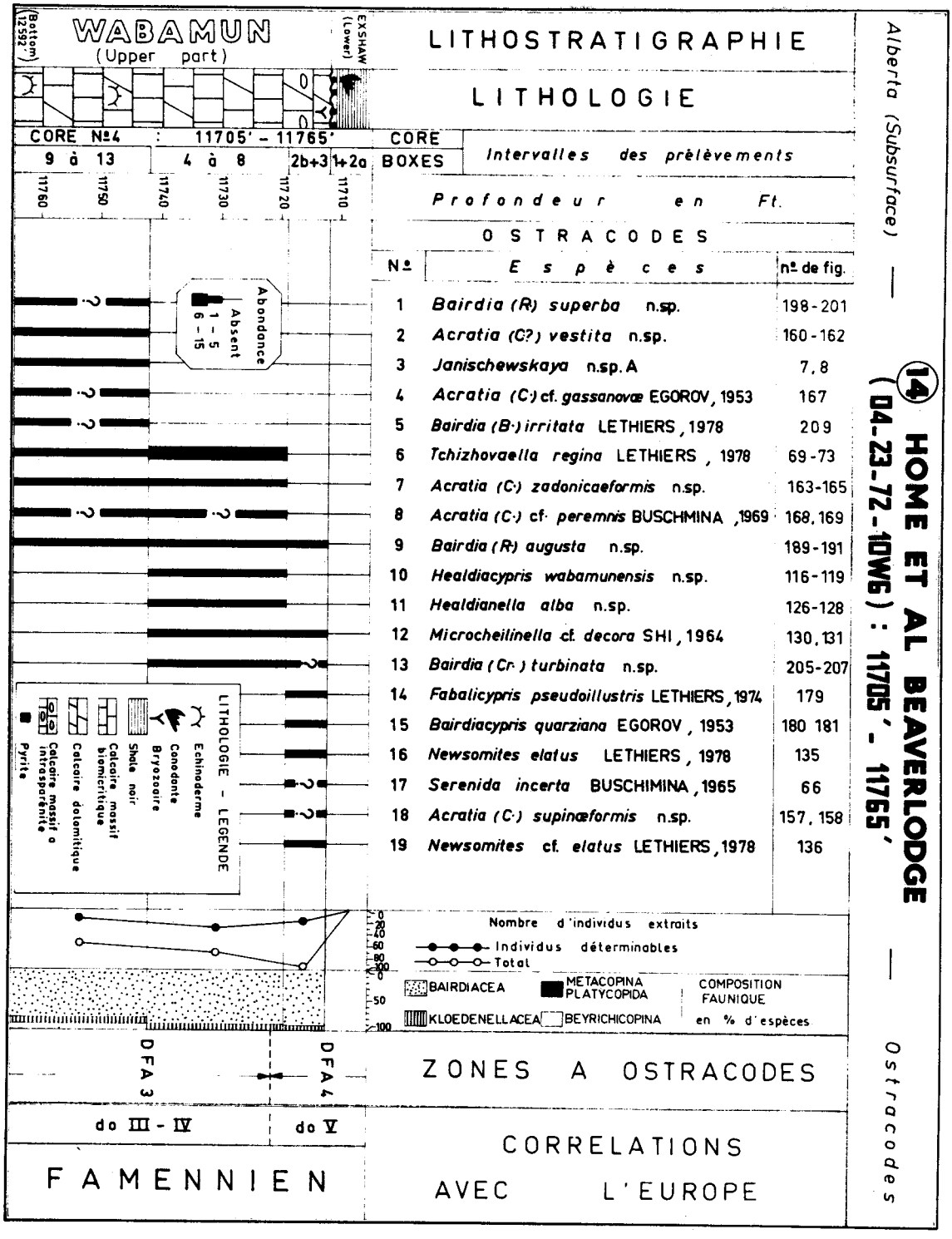
Tabl. 14 : Répartition des Ostracodes de la partie moyenne de la Formation Wabamun du sondage n° 12, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).



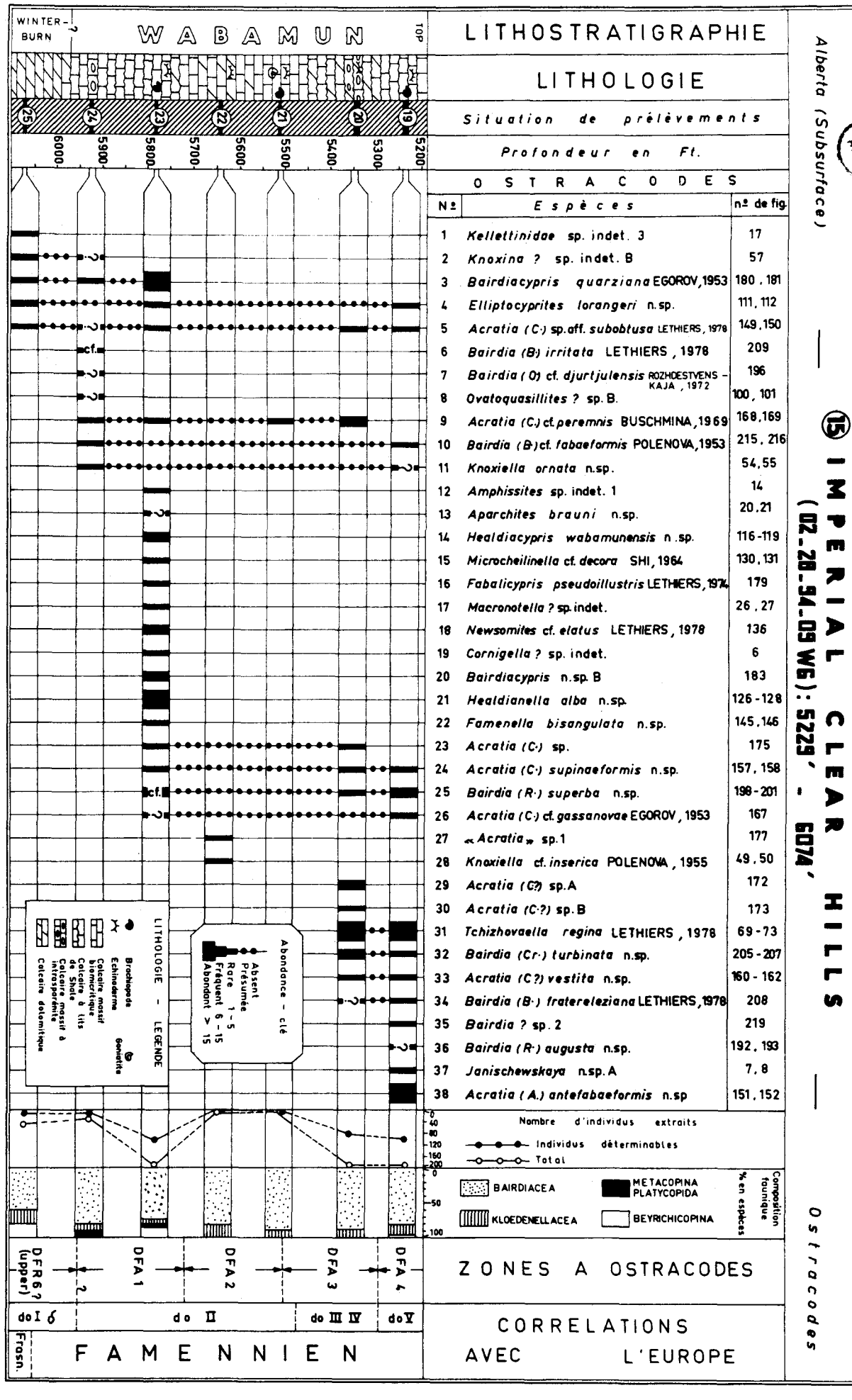
Tabl. 13 : Répartition des Ostracodes dans la partie inférieure de la Formation Wabamun du sondage n° 10, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).



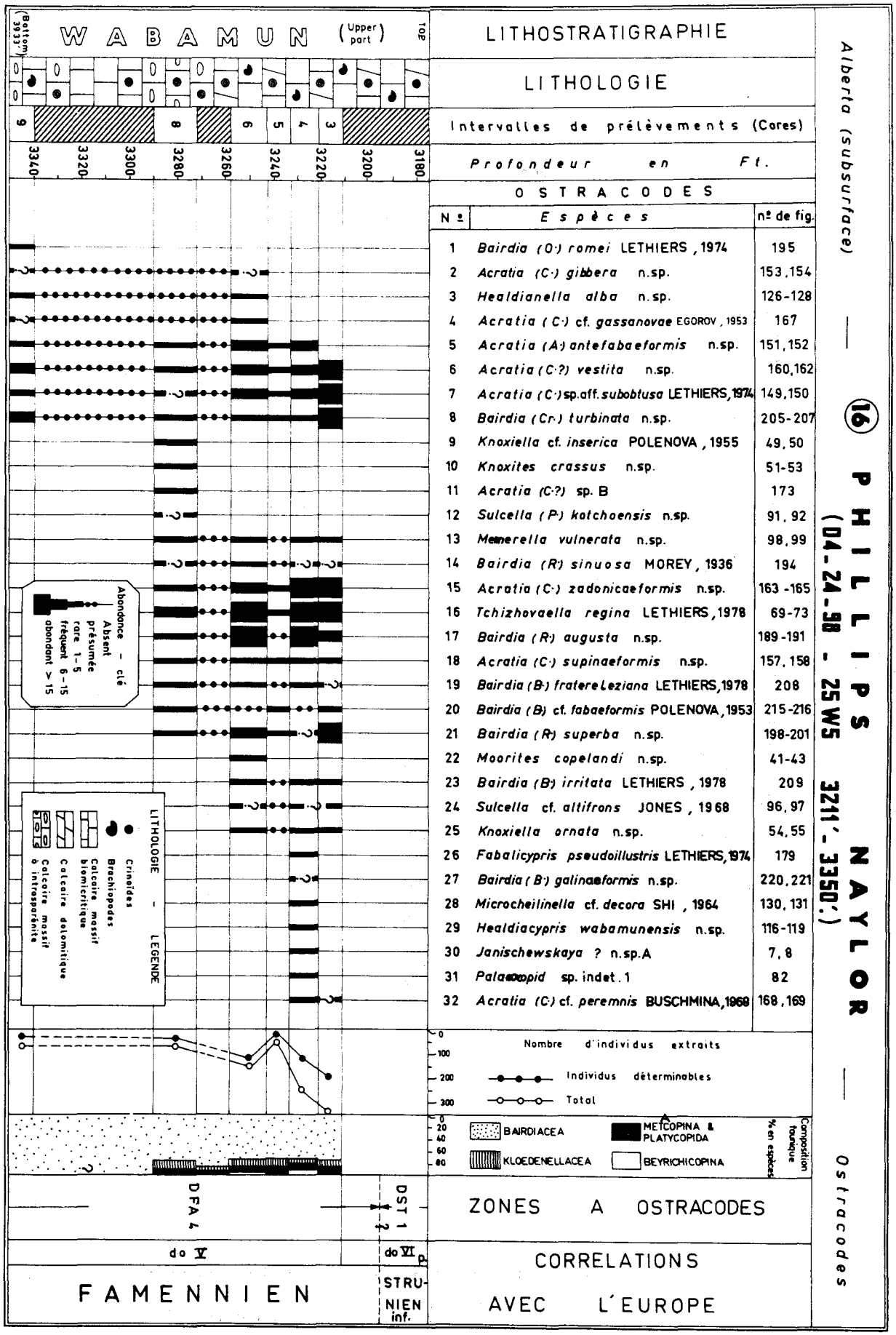
Tabl. 15 : Répartition des Ostracodes de la partie inférieure de la Formation Wabamun du sondage n° 13, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).



Tabl. 16 : Répartition des Ostracodes au sommet de la Formation Wabamun du sondage n° 14, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).

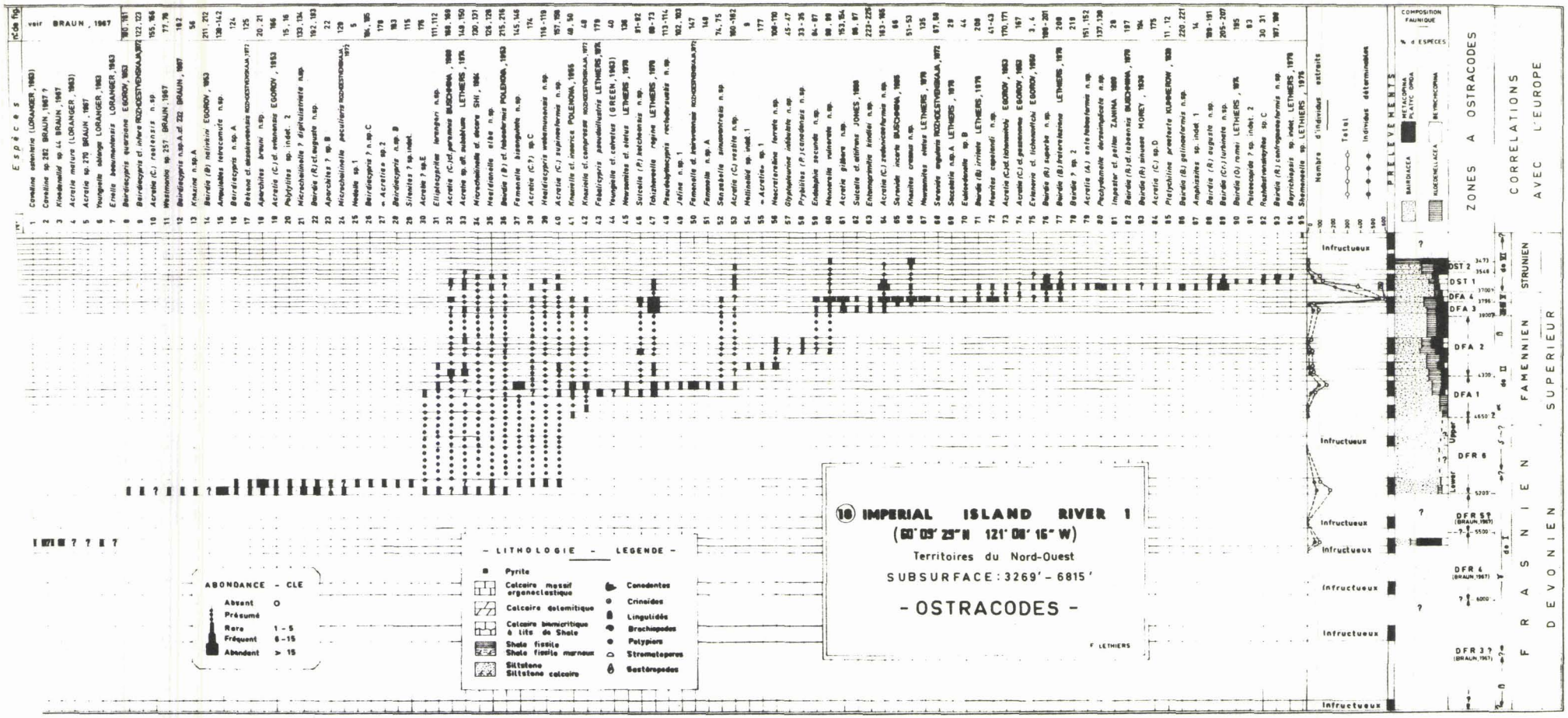


Tabl. 17 : Répartition des Ostracodes dans les Formations Wabamun et Winterburn du sondage n° 15, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).

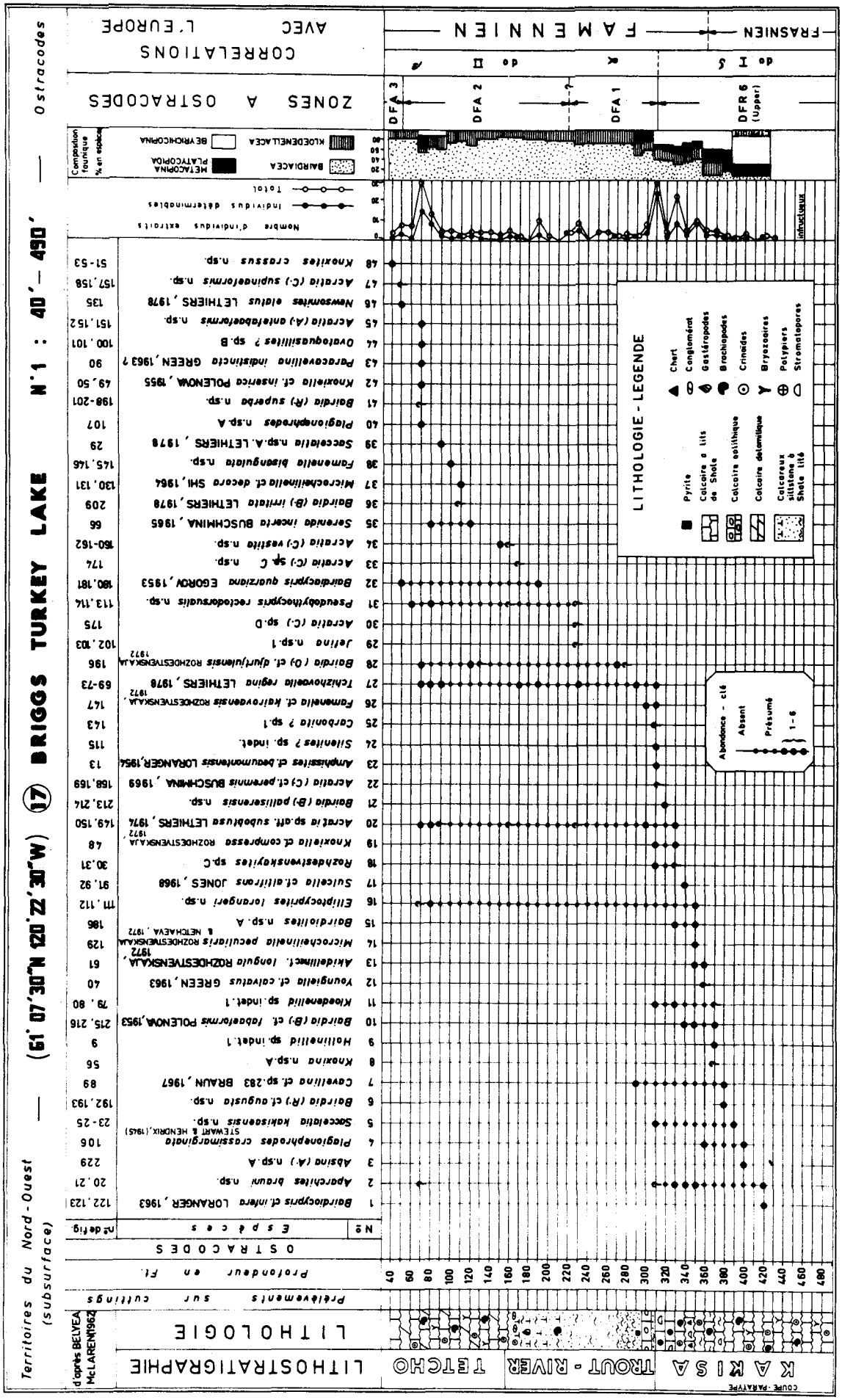


Tabl. 18 : Répartition des Ostracodes au sommet de la Formation Wabamun du sondage n° 16, PFIC, Alberta (tiré de LETHIERS, 1981).

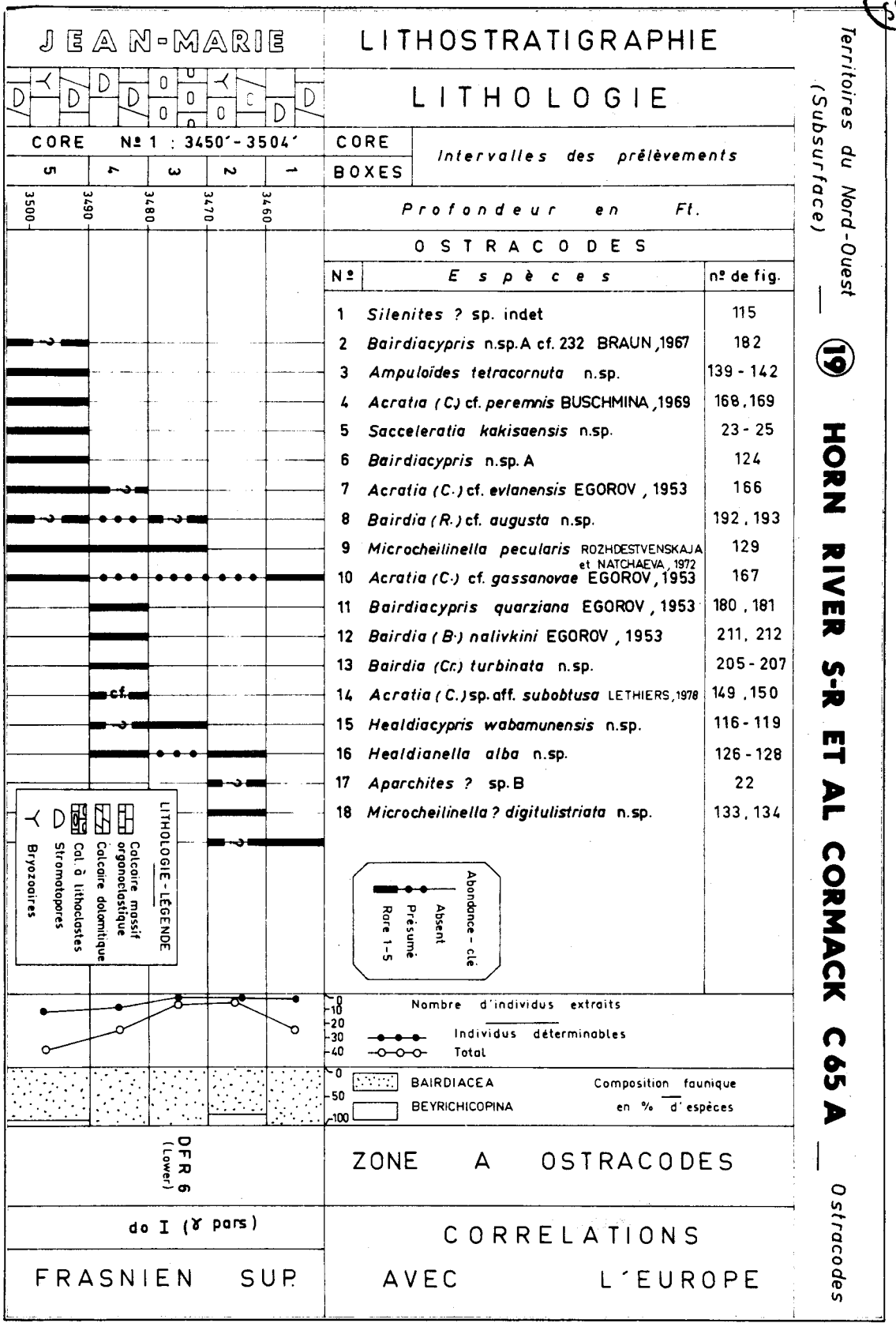
BIS LILLE



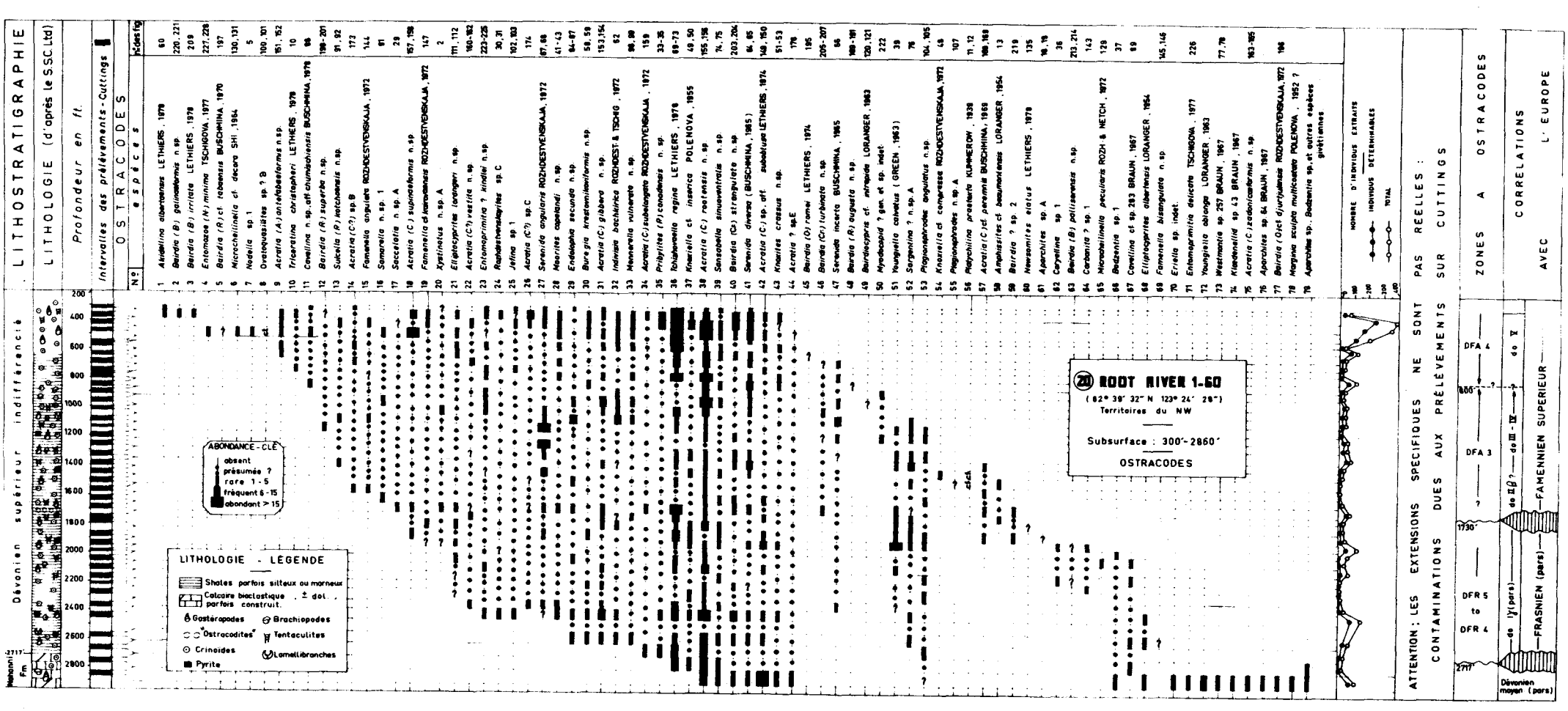
Tabl. 20 : Répartition des Ostracodes dans les Formations Kotcho (coupe-type), Tetcho (coupe-type) Trout River, Redknife et du Fort Simpson au sondage n° 18, PFIC, Territoires du NW (tiré de LETHIERS, 1981).



Tabl. 19 : Répartition des Ostracodes dans les Formations Tetcho, Trout River et Kakisa (coupe-paratype) du sondage n° 17, PFIC, Territoires du NW (tiré de LETHIERS, 1981).



Tabl. 21 : Répartition des Ostracodes dans le Membre Jean-Marie du sondage n° 19, PFIC, Territoires du NW (tiré de LETHIERS, 1981).



Tabl. 22 : Répartition des Ostracodes dans le Dévonien supérieur du sondage n° 20, PFIC, Territoires du NW (tiré de LETHIERS, 1981).

BIBL. LILLE

Remarque : Les Ostracodes dévoniens de la Cordillère canadienne à l'Ouest des Montagnes Rocheuses sont peu connus. Un échantillon récolté par J.L. MANSY (échantillon n° 16Z77MA - 128°21'30" 58°48' 30") dans la Formation Macdame du Nord de la chaîne d'Omineca, Colombie Britanique, a livré les espèces suivantes :

Aparchites brauni LETHIERS, 1981 ?
Eukloedenella sp. 20 BRAUN, 1967 ?
Hypotetragona media LORANGER, 1963
Geisina sp. 262 BRAUN, 1967 ?
Kloedenellid sp. 263 BRAUN, 1968
Buregia ? sp. indet.
Cavellina cf. sp. 282 BRAUN, 1967
Coelonella sp. 220 BRAUN, 1967 ?
Coelonella ? sp. 26 BRAUN, 1967 ?
Healdianella cf. *alba* LETHIERS, 1981
Cytherellina sp. 238 BRAUN, 1967
Macrocypris cf. *albertaensis* LORANGER, 1954
Praepilatina ? sp. indet.
Bairdiohealdites cf. *gregalis* ROZHDESTVENSKAIA, 1972
Microcheilinella cf. *affinis* POLENOVA, 1955
Microcheilinella sp. indet.
Acratia cf. *matura* (LORANGER, 1963)
Acratia cf. sp. 32 BRAUN, 1967
Acratia sp. 272 BRAUN, 1967
Acratia sp. indet.
Rectobairdia sp. 54 BRAUN, 1967
Bairdia sp. 266 BRAUN, 1967

Les individus sont pauvrement conservés, ce qui explique l'utilisation abondante de la nomenclature ouverte. Néanmoins ces 22 espèces ont un cachet nettement frasnien. Elles correspondent aux faunes d'Ostracodes décrites par LORANGER (1954, 1963) et BRAUN (1967) dans le Frasnien de la Plateforme interne (Alberta du Centre et du Nord, District du Mackenzie).

Des investigations supplémentaires auront des conséquences paléogéographiques et structurales importantes.

Jusqu'ici cet échantillon prouve que des plates-formes, du même type que celle d'Alberta, existaient à l'Ouest du bassin des Montagnes Rocheuses au Dévonien supérieur.

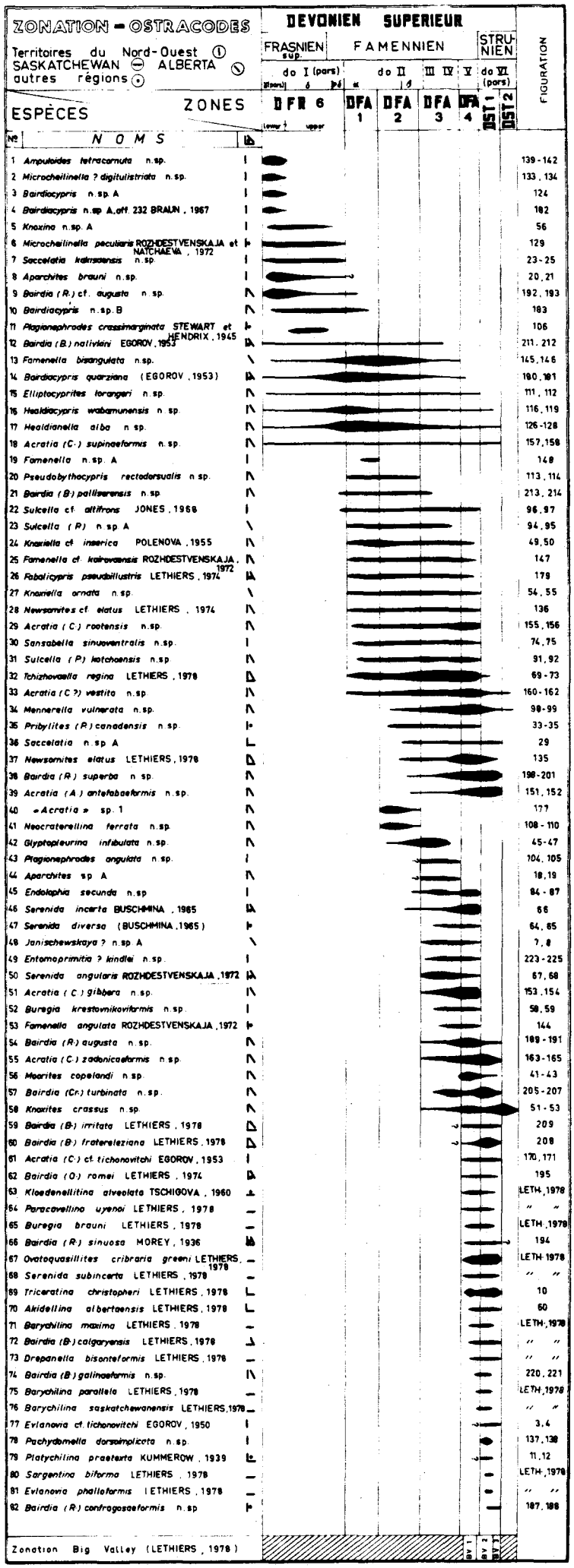
4.4.- La zonation par les Ostracodes.

4.4.1.- Généralités sur la zonation générale.

A partir des espèces d'Ostracodes répertoriées dans les 20 gisements précédents, une zonation comportant 7 zones a été proposée. D'un gisement à l'autre la répartition d'une espèce peut être influencée par les variations de faciès et les aléas d'extraction sur sondages (voir 4.3.1., p. 266). Pour retrouver les extensions maximales des espèces -celles dont il est tenu compte dans la zonation- nous avons opéré par recoupements entre les assemblages observés dans chaque gisement. Les répartitions ainsi obtenues sont dignes de confiance puisqu'ayant subi l'épreuve de faciès très différents du Saskatchewan aux Territoires du NW. Il en résulte une zonation cohérente sur une distance d'environ 2000 Km. Elle est représentée par le Tabl. 23 où les espèces possèdent un numéro propre pour faciliter les commentaires.

La majorité des espèces qui participent à cette zonation répondent à certains critères : leur identification est aisée, leur abondance est suffisante et leur répartition géographique est la plus large possible. Néanmoins quelques espèces pauvrement représentées sont utilisées, soit parce qu'elles sont connues à l'extérieur du Canada comme *Plagionephrodes crassimarginata* STEWART & HENDRIX, 1945 (11), soit parce qu'un caractère morphologique nouveau et particulier est présent, tel est le cas de "*Acratia*" sp. 1 (40). Certaines formes en nomenclature ouverte sont également retenues lorsque leur extension semble intéressante ; citons par exemples : *Famenella* n. sp. A (19), *Aparchites* sp. A (44) et *Janischewskaya ?* n. sp. A (48). Quelques espèces, uniquement connues dans la Formation Big Valley, font aussi partie du Tableau final afin que la zonation soit représentative de tout l'Ouest canadien. Dans ce même souci, *Plagionephrodes angulata* LETHIERS, 1981 (43), figure également bien qu'étant seulement représentée dans les faciès septentrionaux du sondage n° 20.

Par ces procédés nous avons choisi 82 espèces sur les 169 décrites dans ces niveaux.



Tabl. 23 : Zonation générale par les Ostracodes dans le Frasnien supérieur, le Famennien et le Strunien de l'Ouest canadien (tiré de LETHIERS, 1981).

4.4.2.- Le découpage de la zonation générale (Tabl. 23).

Aucune zone n'est caractérisée par la présence d'une seule espèce : il s'agit de zones d'associations. Plusieurs extensions très courtes coïncident avec certaines divisions, mais celles-ci sont définies par des caractères supplémentaires.

Parmi ces espèces à courte extension, citons :

- Sous-zone DFR 6 (inf^{re}) : *Ampuloides tetracornuta* LETHIERS, 1981 (1)
  Microcheilinella ? digitulistriata LETHIERS, 1981 (2)
  Bairdiocypris n. sp. A LETHIERS, 1981 (3)

- Zone DFR 6 : *Saccelatia kakisaensis* LETHIERS, 1981 (7)
  Aparchites brauni LETHIERS, 1981 (8)

- Partie supérieure de la zone DFA1 : *Famenella* n. sp. A LETHIERS, 1981 (19)

- Zone DFA 2 : *Neocraterellina ferrata* LETHIERS, 1981 (41)

- Zone DST 1 : *Pachydomella dorsoimplicata* LETHIERS, 1981 (78)
  Bairdia (R.) confragosaeformis LETHIERS, 1981 (82)
  etc...

En tout, les extensions d'une vingtaine d'espèces sont proches d'une division zonale, celles d'une trentaine chevauchent deux zones, 7 espèces parcourent trois zones, environ 17 espèces couvrent quatre zones et 7 espèces atteignent cinq ou six zones. Nous n'avons pas rencontré d'espèce qui soit présente dans les 7 zones à la fois.

Les débuts d'extensions (= apparitions) de plusieurs espèces concourent à définir des limites de zones :

- Limite DFA 1/DFR 6 : apparition des espèces n° 20 à n° 33.
- Limite DFA 2/DFA 1 : apparition des espèces n° 34, 35, 40, 41, 42.
- Limite DFA 3/DFA 2 : apparition des espèces n° 43, 44, 48 à 51, 54, 55, 58.

- Limite DFA 4/DFA 3 : apparition des espèces n° 56, 59 à 69.
- Limite DST 1/DFA 4 : apparition des espèces n° 77 à 79.

Les fins d'extensions (=extinctions =disparitions) sont également utilisées :

- Limites DFR 6 sup./DFR 6 infér. : extinction des espèces n° 1 à 4.
- Limite DFA 1/DFR 6 : extinction des espèces n° 6 à 8.
- Limite DFA 3/DFA 2 : extinction des espèces n° 20, 40, 41.
- Limite DFA 4/DFA 3 : extinction des espèces n° 13, 14, 43, 44.
- Limite DST 1/DFA 4 : extinction des espèces n° 15, 22, 27 à 31, 35, 45 à 53.
- Limite DST 2/DST 1 : extinction des espèces n° 17, 18, 37 à 39, 54 à 57, 59 à 61, 67 à 70, 72, 73, 77, 82.

En outre, chaque zone est caractérisée par un assemblage d'espèces qui transitent, qui apparaissent ou qui s'éteignent. Pour la description détaillée de chacune d'elles, voir LETHIERS (1981, p. 103).

Enfin le Tableau 23 indique la zone d'abondance en individus (=zone d'apogée =acmé) pour chaque espèce, par l'épaisseur du trait de répartition. Il s'agit d'une donnée synthétique, donc plus subjective que les abondances des Tableaux de répartitions. Néanmoins dans la pratique, ce renseignement est utile car il permet de distinguer la portion d'extension correspondant au maximum de chances de rencontrer l'espèce du reste de l'extension où l'espèce est plus rare. Plusieurs zones d'abondance remarquables sont localisées à la base de la zone DFR 6, au niveau des zones DFA 1 + DFA 2 et des zones DFA 4 + DST 1. La fin de zone d'abondance de *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 (32) coïncide avec la limite DFA 4/DST 1. La zone DST 2 contient en abondance *Knoxites crassus* LETHIERS, 1981 (58).

La zonation que nous proposons ici sera sujette à quelques améliorations. En particulier la définition de la zone DST 2, reconnue dans une seule section, est à préciser. Elle est uniquement définie par la persistance de trois espèces (n° 33, 34, 58) associée à l'absence des autres espèces de la zone DST 1. Il sera également nécessaire d'approfondir la distinction entre les sous-zones DFR 6 sup. et DFR 6 inf.

STR.	ZONES A OSTRACODES		AUTEURS
MISSISSIPIEN	Pas de zonation formelle, mais voir les répartitions d'espèces fig. 12 et 13.		GREEN (1963)
	Voir fig. 1		COPELAND (1960)
DEVONIEN SUPERIEUR	Z. à Shemonaella		LETHIERS (1978, 1981)
	DST 2		
	DST 1	BV3	
		BV2	
	DFA 4	BV1	
	DFA 3		
	DFA 2		
	DFA 1		
	DFR 6		LETHIERS (1981) et BRAUN & LETHIERS (1982)
	UL DFR 5		BRAUN (1967)
	UL DFR 4		
	UL DFR 3		
	UL DFR 2		
	DFR 1		
DEVONIEN MOYEN	DM9	DM8	BRAUN (1977, 1978)
	DM7		
	DM6		
	DM5		
	DM3	DM4	
DEVONIEN INFERIEUR	DLM2		
		DLM1	
SILURIEN	Beyrichiid-Hollinid Berdanopsis royalensis Abditoloculina triloculata Tricornina navicula Beyrichia hemingsmoeni Processobairdia delormensis		COPELAND & BERDAN (1973) et COPELAND (1977)
ORDOVICIEN	Platybolbina lenzi Oepikium sp. Ceratopsis quadrifida Bolbopisthia ludvigseni Tetradella perplexa Eoleperditia bivia Cryptophyllus magnus		

Fig. 71 : Figure récapitulative des zones à Ostracodes dans le Paléozoïque du Canada

DFA4	DST1		ZONATION "OUEST DU CANADA"
BV1	BV2	BV3	ZONATION "BIG VALLEY"
			Tchizhovaella regina LETHIERS, 1978
			Kloedenellitina alveolata TSCHIGOVA, 1960
			Ovatoquasillites cribraria greeni LETHIERS,
			Akidellina albertaensis LETHIERS, 1978 1978
			Microcheilinella cf. *brdensis* BL. & NAT., 1960
			Paracavellina uyenoi LETHIERS, 1978
			Serenida subincerta LETHIERS, 1978
			Triceratina christopheri LETHIERS, 1978
			Barychilina maxima LETHIERS, 1978
			Buregia brauni LETHIERS, 1978
			Cavellina n. sp. A LETHIERS, 1978
			Bairdia (B.) fratereleziana LETHIERS, 1978
			Beyrichiopsis sp. indet. LETHIERS, 1978
			Drepanella bisonteformis LETHIERS, 1978
			Ovatoquasillites ? sp. A LETHIERS, 1978
			Eukloedenella n. sp. A LETHIERS, 1978
			Acratia cf. *konensis* EGOROV, 1953
			Cryptophyllus sp. C LETHIERS, 1978
			Cribroconcha triquetra prima LETHIERS, 1978
			Bairdia (B.) calgaryensis LETHIERS, 1978
			Youngiella cf. *rectidorsalis* (J. & K., 1886)
			Graphiadactylloides striatoreticulatus GREEN,
			Barychilina parallela LETHIERS, 1978 1963
			Bairdia (B.) irritata LETHIERS, 1978
			Bairdia (R.) sinuosa MOREY, 1936
			Richterina (R.) cf. *latior* RABIEN, 1960
			Barychilina saskatchewanensis LETHIERS, 1978
			Richterina (M.) cf. sp. 3 (G.-H., 1974)
			Acratia (C.) cf. *subobtusa* LETHIERS, 1974
			Cryptophyllus cf. sp. a JONES, 1962
			Cryptophyllus n. sp. B LETHIERS, 1978
			Acratia (C.) cf. *subelongata* ROZHD., 1972
			Newsomites elatus LETHIERS, 1978
			Famenella cf. *perspiqua* ROZHD., 1972
			Saccelatia n. sp. A LETHIERS, 1978
			Sargentina biforma LETHIERS, 1978
			Evlanovia phalloformis LETHIERS, 1978
			Bairdia (R.) sp. A LETHIERS, 1978
			Platychilina praetexta KUMMEROW, 1939
			Richterina (R.) sp. A LETHIERS, 1978
			Richterina (M.) sp. B LETHIERS, 1978

BUS LILLE

Tabl. 24 : Zonation par les Ostracodes limitée à la Formation Big Valley. Les traits désignent les extensions observées. Les pointillés représentent des extensions déduites, l'espèce étant connue dans d'autres Formations.

4.4.3.- Le raccordement de la zonation générale avec les zonations préexistantes (Fig. 71).

Pour désigner les zones nous avons conservé la nomenclature utilisée par BRAUN (1967) où D = Dévonien, FR = Frasnien, FA = Famennien et ST = Strunien. Ainsi le Dévonien supérieur de l'Ouest canadien est subdivisé par les zones à Ostracodes suivantes : DFR1, DFR2, DFR3, DFR4, DFR5 sensu BRAUN (1967) et DFR6, DFA1, DFA2, DFA3, DFA4, DST1, DST2 sensu LETHIERS (1981). Le caractère ostracodique précis de la limite DFR6/DFR5 reste à établir. Dès maintenant nous savons que cette limite sera franchement caractérisée ne serait-ce qu'avec la disparition du genre *Eriella* répandu dans le Frasnien moyen nord-américain. Cette question est en cours d'étude avec le Professeur W.K. BRAUN.

Un hiatus ostracodique existe entre notre zonation du Dévonien supérieur et celle du Mississipien établie par GREEN (1963) dans la Formation Banff d'Alberta. En effet la Formation Bakken en Saskatchewan et son équivalent Exshaw d'Alberta qui sont à la charnière des deux zonations, contiennent très peu d'Ostracodes et spécialement dans leur partie inférieure. Seules quelques empreintes du genre *Shemonaella* existent dans un horizon de ces Formations.

Avec notre zonation générale, une biostratigraphie par les Ostracodes existe actuellement au Canada depuis l'Ordovicien jusqu'au Mississipien.

4.4.4.- La zonation de la Formation Big Valley

Dans la Formation Big Valley, 32 espèces d'Ostracodes sur 42 sont inféodées. L'établissement d'une zonation d'intérêt régional, limitée à la Formation Big Valley (sur environ 600 km de distance) était donc justifiée. Toutes les espèces d'Ostracodes rencontrées ont été utilisées pour distinguer trois faunizones qui sont nommées de bas en haut par les initiales de la Formation : BV1, BV2 et BV3 (Tabl. 24). Nous avons défini en détail chacune d'elles (LETHIERS, 1978, p. 121) mais leurs caractères remarquables sont les suivants :

Faunizone BV1 : Présence d'espèces qui s'éteignent en BV3 et spécialement en BV2 telles que : *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978, *Kloedenellitina alveolata* TSCHIGOVA, 1960 et *Paracavellina uyenoi* LETHIERS, 1978.

Faunizone BV2 : En plus des formes précédentes, présence uniquement dans cette zone d'espèces de *Cryptophyllus*, d'Entomozoïdés, de *Barychilina saskatchewanensis* LETHIERS, 1978 et de *Barychilina parallela* LETHIERS, 1978.

Faunizone BV3 : Persistance d'espèces apparues en BV1 telles que *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978, *Triceratina christopheri* LETHIERS, 1978 et absence d'espèces connues en BV2 et spécialement de *Buregia brauni* LETHIERS, 1978.

Les caractères des trois faunizones montrent qu'elles correspondent aux zones DFA4 et DST1 de la zonation générale, la limite DFA4/DST1 étant située vers la base de BV2.

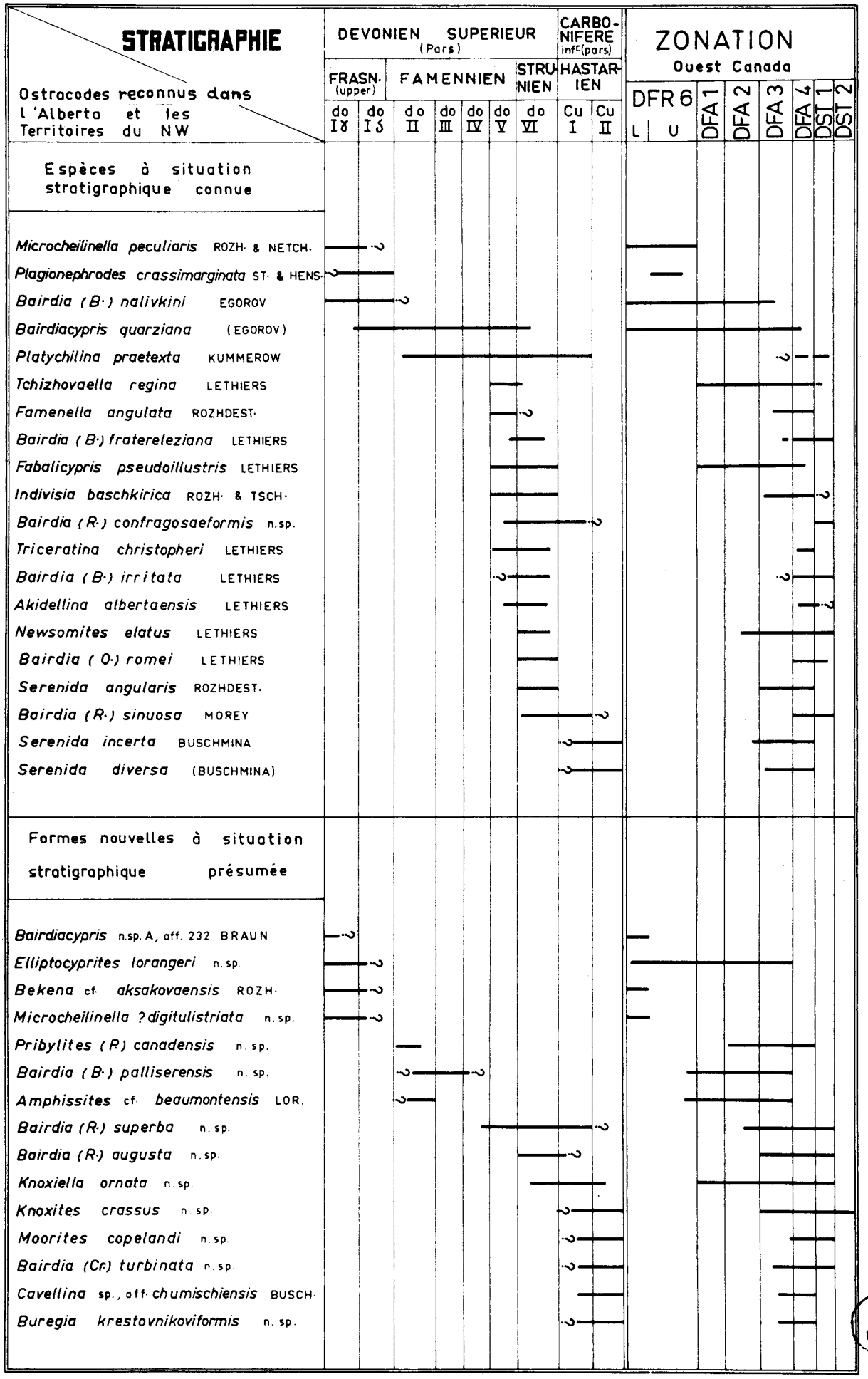
4.5.- Les corrélations stratigraphiques.

4.5.1.- Ajustement de la zonation générale à la chronostratigraphie européenne (Fig. 72 et Tabl. 23).

Parmi les 169 espèces que nous avons décrites, certaines sont déjà connues et d'autres sont proches de formes également connues en dehors du domaine paléobiogéographique Ouest canadien. C'est grâce à leur répartition verticale que nous proposons une corrélation avec les niveaux stratigraphiques européens (voir 3.2.2., p.). Celle-ci, déjà discutée (LETHIERS, 1978, 1980), est ici résumée.

a) Les Ostracodes benthiques.

La zone DFR6 contient un lot d'espèces typiquement d'affinité doI.



BUS LILLE

Fig. 72 : Extensions stratigraphiques connues ou présumées (colonne de gauche) de quelques espèces retrouvées dans l'Ouest canadien (colonne de droite) (tiré de LETHIERS, 1981).

Microcheilinella digitulistriata LETHIERS, 1981 est proche de *M. costata* NETCHAEVA in ROZHDESTVENSKAJA, 1972 : Russie (doI γ). *Bairdiacypris* n. sp. A, aff. 232 BRAUN, 1967 : Canada (doI γ). *Plagionephrodes crassimarginata* STEWART & HENDRIX, 1945 : U.S.A., Ohio (doI δ). *Microcheilinella peculiaris* ROZHDESTVENSKAJA & NETCHAEVA, 1972 : Russie et Pologne (doI γ, δ). *Bekena* cf. *aksakovaensis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 : Russie (doI γ, δ). *Bairdiacypris ?* n. sp. C LETHIERS, 1981 est proche de *Bairdia (R.) sobiekurowiensis* OLEMPSKA, 1979 : Pologne (doI γ, δ).

Ces espèces suggèrent que la limite entre les sous-zones DFR6 inférieure et DFR6 supérieure coïncide avec la limite doI γ/ doI δ. Elles montrent également que la zone DFR6 comprend le sommet de la zone à *Manticoceras* (do γ partie + doI δ + post doI δ) et contient l'équivalent du Frasnien supérieur précédemment défini. Les espèces qui apparaissent à la base de DFA1 sont d'affinité doII et confirment ce point de vue. En d'autres termes, la limite doI/doII est probablement la limite DFR6/DFA1 et celle du Frasnien/Famennien est située dans le sommet de la sous-zone DFR6 supérieure. D'ailleurs le passage DFR6 à DFA1 correspond à un renouvellement notable de la faune d'Ostracodes :cette rupture faunistique est également observée à ce niveau en Europe (LETHIERS, 1974).

La Fig. 72 montre les principales espèces benthiques qui servent à raccorder notre zonation aux divisions stratigraphiques et notamment pour les zones DFA4 et DST1 qui correspondent probablement au doV et au doVI basal, à ce propos, voir également LETHIERS, 1978, p. 124, fig. 34. Notons que *Pribylites (P.) canadensis* LETHIERS, 1981 qui débute dans le DFA2 est probablement conspécifique d'une forme ardennaise notée *Pribylites* cf. *elatus* sensu LETHIERS, 1976 et découverte dans le doIIα. Pour cette raison nous pensons que la zone DFA2 correspond, au moins pour sa partie inférieure, au doIIα. Un deuxième renouvellement de faune apparaît vers la limite DFA2/ DFA3. Elle contribue à créer une association de la moitié supérieure du Famennien qui relaie celle de la moitié inférieure au niveau du doIIβ. Cette dualité est également connue pour d'autres groupes, notamment chez les Brachiopodes (SARTENAER, 1967). Un troisième

changement de faunes débute dans le DFA4 et s'accélère dans le DST1 : le même processus de renouvellement est enregistré dans les localités-types ardennaises dans le Fa2c (=doV) et le Fa2d (=base du doVI).

b) Les Ostracodes pélagiques.

Dans la Formation Big Valley (zones DFA4, DST1), les espèces *Richterina (R.)* cf. *latior* RABIEN, 1960, *Richterina (M.)* cf. sp. 3 GROOS-UFFENORDE, 1974 et *Richterina (M. ?)* sp. B LETHIERS, 1978 sont compatibles avec une corrélation doV-doVI. Dans le sondage n° 20 (DFA3 + DFA4), la présence de *Entomoprimitia delicata* TSCHIGOVA, 1977 et *Entomozoe (N.) minima* TSCHIGOVA, 1977 correspond bien à un âge doIIβ -doV.

4.5.2.- Corrélation des sites étudiés.

Notre zonation générale par les Ostracodes permet de présenter (Fig. 73) la corrélation biostratigraphique des 20 sondages et sections étudiés dans le Dévonien supérieur depuis le Saskatchewan du Sud jusqu'au District du Mackenzie en Territoires du NW. C'était un des premiers buts à atteindre. On peut suivre le devenir de chaque zone sur cette longue distance.

BUS LILLE

La zone DFR6 est connue en Territoires du NW et en Alberta dans les gisements n° 9 (?), 15, 16, 17, 18, 19.

La zone DFA1 est repérée en Territoires du NW et en Alberta dans les gisements n° 7, 9, 13, 15, 17, 18.

La zone DFA2 est rencontrée en Territoires du NW et en Alberta dans les gisements n° 6, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18.

La zone DFA3 est très étendue en Territoires du NW et en Alberta dans les gisements n° 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20.

La zone DFA4 est la plus connue depuis les Territoires du NW jusqu'au Saskatchewan dans les gisements n° 3, 4, 5, 6, 8, 12, 14, 15, 16, 18, 20.

La zone DST1 est également présente dans les Territoires du NW, en Alberta et au Saskatchewan avec les gisements n° 1, 2, 3, 8, 16, 18.

La zone DST2 n'est connue qu'en Territoires du NW au sondage n° 18.

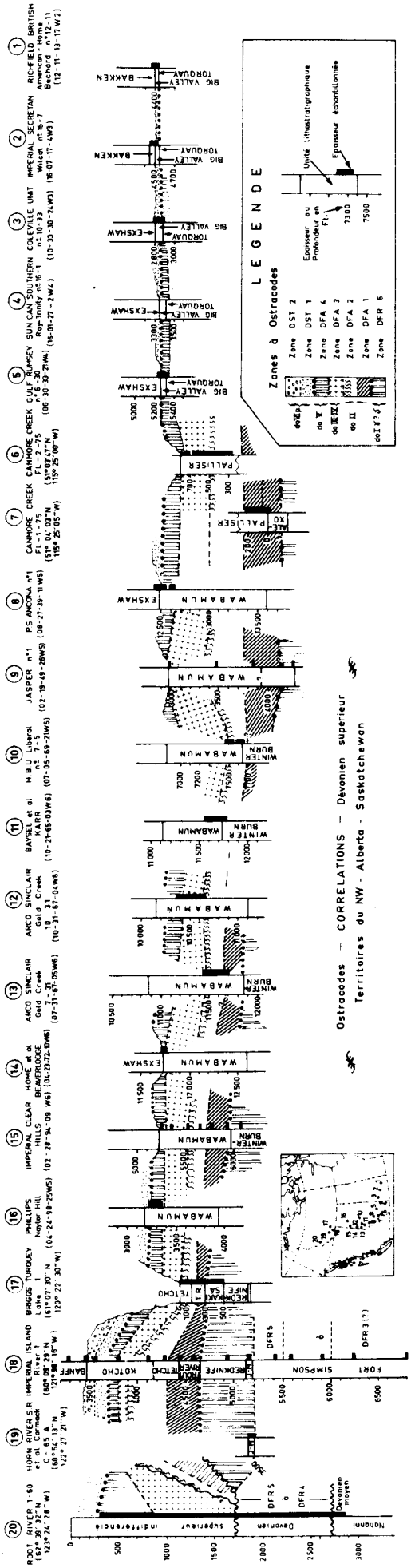


Fig. 73 : Corrélations des gisements échantillonnés dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada (tiré de LETHIERS, 1981).

Les nombres des sites où chaque zone est présente se répartissent comme suit :

ZONES	DFR6	DFA1	DFA2	DFA3	DFA4	DST1	DST2
Nombre de sites où la zone est connue	5	6	8	10	11	6	1

Nous pensons que tout autre sondage de la Plate-forme interne ou section des Montagnes Rocheuses peut être actuellement corrélé et daté à l'aide de notre zonation dans les niveaux concernés.

4.5.3.- Situation stratigraphique des unités lithologiques (Fig. 77).

a) Les Formations Bakken, Exshaw et la limite dévono-carbonifère.

La limite dévono-carbonifère est située à l'intérieur de la Formation Bakken en Saskatchewan et de son équivalent partiel Exshaw en Alberta. MACQUEEN & SANDBERG (1970) ont dressé une mise au point complète de la Formation Exshaw à partir de la coupe-type : sa partie supérieure est datée Mississipien inférieur sur une faune à Conodontes. A Crowsnet Pass (Montagnes Rocheuses, Alberta), COPELAND (1960) a découvert des Ostracodes d'affinité mississipienne dans le même niveau lithologique. La limite dévono-carbonifère (doVI/CuI) est donc située dans la partie inférieure des Formations Bakken-Exshaw puisque celles-ci reposent sur des unités dont certaines seront datées doVI (Formation Big Valley). D'ailleurs d'après MACQUEEN & SANDBERG (1970) l'unité inférieure de la Formation Exshaw

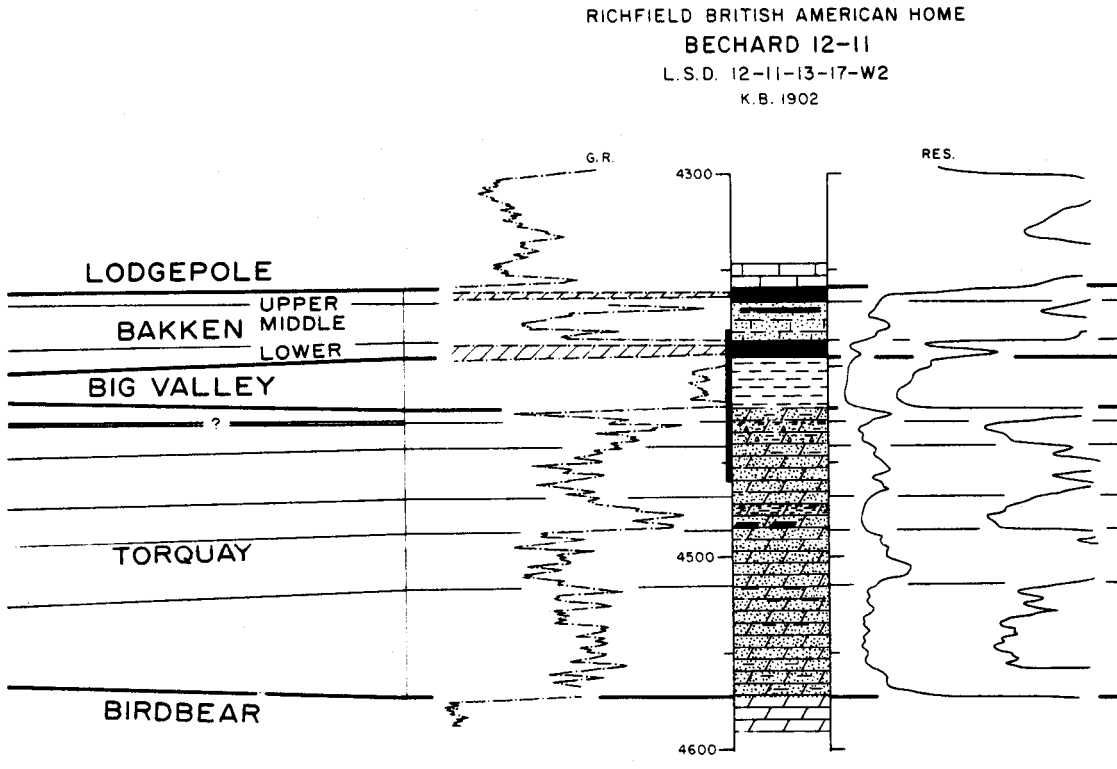
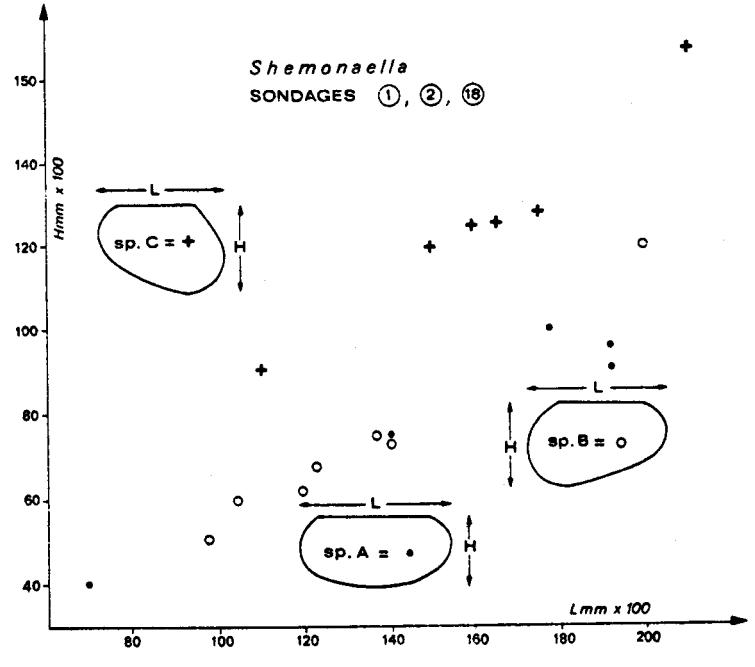


Fig. 74 : Caractères diagraphiques des Formations Big Valley et Bakken au sondage n° 1 d'après CHRISTOPHER (1961).



AIIS LILLE

Fig. 75 : Espèces du genre *Shemonaella* découvertes dans les "black shales" de la Formation Bakken - Diagramme H-L. (d'après LETHIERS in COQUEL & alii, 1976).

des Montagnes Rocheuses descend près de la base du doVI.

Cette unité argileuse noire ("Black shale Unit") à radioactivité relativement élevée (Fig. 74) est pauvre en Ostracodes. L'absence de carbonate empêche toute épigénie calcitique. Nous avons donc observé les surfaces de toutes les esquilles à notre disposition à la recherche des empreintes. Ainsi trois formes du genre *Shemonaella* (Fig. 75) ont été découvertes dans un horizon des sondages n° 1, 2 et 18. La situation de cet horizon dans la Formation Bakken, alliée aux arguments sédimentologiques de CHRISTOPHER (1961), incitent à voir un léger diachronisme pour le "Bakken inférieur" (LETHIERS, 1978, p. 123-124). Néanmoins l'étude palynologique fut menée de concert dans tous les sondages ayant traversé ces Formations (COQUEL, LOBOZIAK & LETHIERS, 1976). Les sondages n° 1, 2, 3, 5 et 18 ont livré, souvent en abondance, des Acritarches, des Tasmanacées et des spores (Fig. 76). Parmi ces dernières, les associations indiquent avec précision le "doVI terminal". En conclusion, la limite dévono-carbonifère est située vers le sommet des unités inférieures des Formations Bakken-Exshaw dans les sites étudiés.

b) La Formation Big Valley (subsurface).

Elle correspond aux zones DFA4 et DST1 : Famennien sommital et Strunien basal. L'unité est diachronique, essentiellement doVI basal en Saskatchewan et doV, peut-être doIV sommital, en Alberta. Ce point de vue a déjà été discuté (LETHIERS, 1978, p. 124).

Ainsi, nous assignons à la Formation Big Valley une situation stratigraphique légèrement plus récente que celle évoquée par les auteurs (voir 4.1.2., p. 258).

c) La Formation Wabamun (subsurface).

Cette unité est traversée par 8 sondages dont les carottages étudiés couvrent l'épaisseur entière.

La limite supérieure du Wabamun est située dans différentes zones selon les endroits : sommet du DFA3, DFA4 et même DST1, c'est-à-dire de la zone à *Platyclymenia* (doIII-IV) jusqu'à la base de la zone à *Wocklumeria* (doVI).

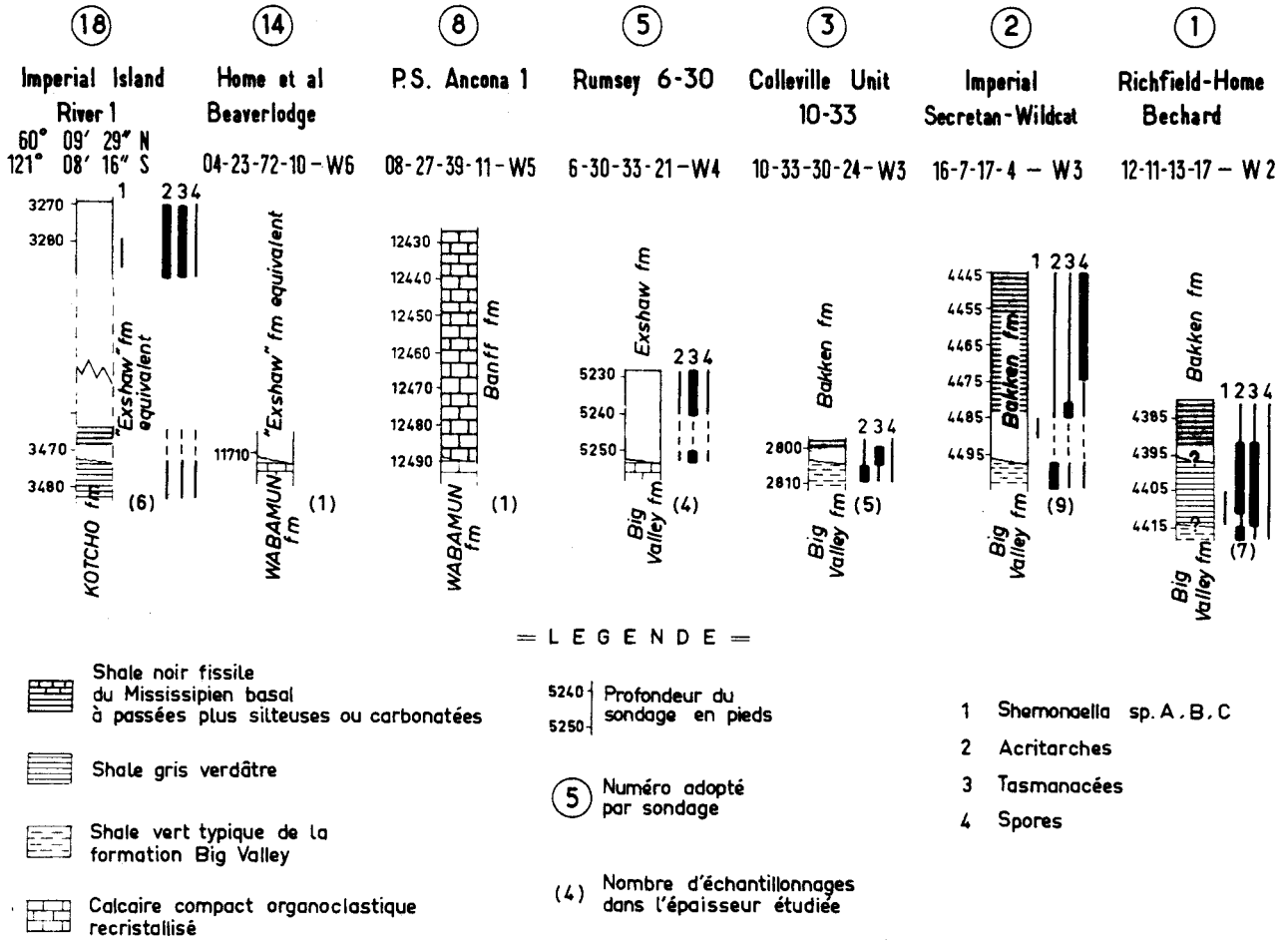


Fig. 76 : Résultats globaux des analyses palynologiques et ostracodiques dans les Formations Bakken et Exshaw (Saskatchewan, Alberta et Territoires du Nord-Ouest). (d'après COQUEL, LOBOZIAK & LETHIERS, 1976).

BIU LILLE

Nous avons donc rencontré des limites supérieures du Wabamun plus récentes que celles généralement évoquées par les auteurs (4.1.2., p. 258). Dans la Fig. 77 nous faisons descendre cette limite jusqu'au doIII pour tenir compte de leur avis.

La base du Wabamun est située, selon les endroits, au sommet du DFR6, à l'intérieur du DFA1 ou même à la base du DFA2, mais le plus souvent vers la limite DFR6/DFA1. Ainsi la limite Wabamun/Winterburn passe vers la limite doI/doII et dans le doIIα, ce qui est assez en accord avec la position des auteurs canadiens.

d) La Formation Palliser (Montagnes Rocheuses, Alberta).

Les deux coupes étudiées (n° 6 et 7) ont permis de reconnaître les zones DFA1 et DFA4. Pour cet affleurement, la limite Palliser/Alexo passe dans la base du doII. Dans la Fig. 77, la Formation Alexo est représentée diachronique pour tenir compte de travaux tels que certains cités précédemment (4.1.2., p. 258) qui placent la totalité de cette unité dans le doII. Dans la coupe n° 6, le sommet de la Formation Palliser est situé vers la base du doV. Compte-tenu des mêmes travaux, nous sommes conduits à penser que cette limite supérieure se déplace dans les zones à *Platyclymenia* (doIII-IV) et à *Clymenia* (doV) selon les endroits à l'intérieur des Montagnes Rocheuses.

e) Les Formations Kotcho, Tetcho et Trout River (subsurface, Territoires du NW).

Ces trois unités sont étudiées dans les sondages n° 17 et 18 qui contiennent les coupes-types de Kotcho et Tetcho.

La limite supérieure de la Formation Trout River est située dans la zone DFA2 pour le sondage n° 17 et dans la zone DFA1 pour le sondage n° 18 ; aussi est-elle diachronique au moins à l'intérieur du doII.

La limite supérieure de la Formation Tetcho est repérée dans la zone DFA3 pour le sondage n° 17 et dans la zone DFA2 pour le sondage n° 18 ; aussi est-elle diachronique au moins depuis la partie supérieure du doII et jusqu'à la base du doIII. Cette situation correspond grosso modo avec celle des auteurs qui placent généralement

la Formation Tetcho dans la moitié supérieure de la zone à *Cheiloceras* (doII), mais sans indiquer de diachronisme. Dans la section-type du sondage n° 18, la Formation Kotcho s'étend dans les zones DFA2 à DST2 c'est-à-dire depuis le doII sommital jusqu'au doVI. Le sommet de l'unité peut donc être plus récent que celui donné par les auteurs (doIII-doIV) sur une faune à Brachiopodes. Il s'agit probablement d'une limite d'érosion à situation variable selon les endroits.

f) Les Formations Kakisa et Redknife (subsurface, Territoires du NW).

Ces deux Formations coïncident avec la zone DFR6 et correspondent essentiellement au Frasnien supérieur. Dans le sondage n° 17, la Formation Kakisa est incluse dans la moitié supérieure du doI δ. Dans le sondage n° 18, c'est le membre supérieur de la Formation Redknife qui constitue au moins la totalité du doI δ. Cette corrélation confirme le passage latéral de faciès entre la Formation Kakisa et la partie supérieure du Membre supérieur de la Formation Redknife.

Le Membre Jean-Marie de la Formation Redknife est atteint dans les sondages n° 18 et 19. Celui du sondage n° 18 contient 83% des Ostracodes récoltés dans celui du sondage n° 19. Mais ce dernier étant moins richement représenté, les deux gisements n'ont en commun que 43% des espèces d'Ostracodes connues dans le Membre Jean-Marie. Pour cette raison, il est possible qu'un léger diachronisme existe pour ce Membre. Situé à la base de la zone DFR6 (Lower), le Membre Jean-Marie correspond probablement au sommet du doI γ.

g) La Formation du Fort Simpson (subsurface, Territoires du NW).

Cette Formation est uniquement étudiée dans les carottages du sondage n° 18. Seul le sommet a livré quelques Ostracodes rapportés à la zone DFR5 sensu BRAUN (1967). Compte-tenu de la zonation de cet auteur, la Formation du Fort Simpson contient probablement les zones DFR5, DFR4, DFR3 (?) au sondage n° 18. On peut penser que cette unité correspond au moins au doI β, γ avec le Membre Jean-

Marie. Les auteurs canadiens l'ont toujours incluse dans le Frasnien.

h) Le Dévonien supérieur du secteur de Root River (subsurface, Territoires du NW).

Dans le sondage n° 20, l'épaisse série de shales était jusqu'ici attribuée au Dévonien supérieur indifférencié. En fait, une lacune stratigraphique importante existe vers le milieu de cet ensemble. On passe directement de la zone DFR5 probable aux horizons DFA2 sommitaux-DFA3. Dans cette région les terrains du Famennien supérieur (doIIβ-doV) reposent donc en transgressivité et peut-être en discordance sur un Frasnien moyen incomplet (doIγ principalement).

4.5.4.- Conséquences stratigraphiques générales (Fig. 77).

Les coupures stratigraphiques majeures établies jusqu'ici sont confirmées dans l'ensemble. Ainsi les unités Big Valley, Wabamun, Palliser, Trout River, Tetcho et Kotcho sont bien d'âge famennien au moins en partie, et les unités Kakisa, Redknife, Jean-Marie et du Fort Simpson appartiennent au Frasnien. Mais cette étude apporte des précisions sur la limite Frasnien-Famennien, sur la présence d'horizons d'âge strunien et la limite dévono-carbonifère, sur l'âge et le diachronisme des unités lithologiques, et sur les équivalences entre celles-ci.

La limite Frasnien-Famennien telle qu'elle est définie précédemment (Fig. 35) ne correspond pas exactement à une limite de Formations. Pour les Territoires du NW, elle passe dans le sommet des Formations Redknife et Kakisa ; dans les Montagnes Rocheuses, elle existe probablement vers la base de la Formation Alexo ou légèrement à l'intérieur de celle-ci ; dans les plaines intérieures d'Alberta, elle est située vers le sommet de la Formation Winterburn ou un peu en dessous. Autour de cette limite la Formation Trout River est entièrement comprise dans le Famennien inférieur (doIIα), alors que les unités Kakisa et Redknife (Membre supérieur) représentent le Frasnien terminal (doIδ). Le Membre Jean-Marie est probablement dans le sommet du doIδ. Dans la région de Root River, la

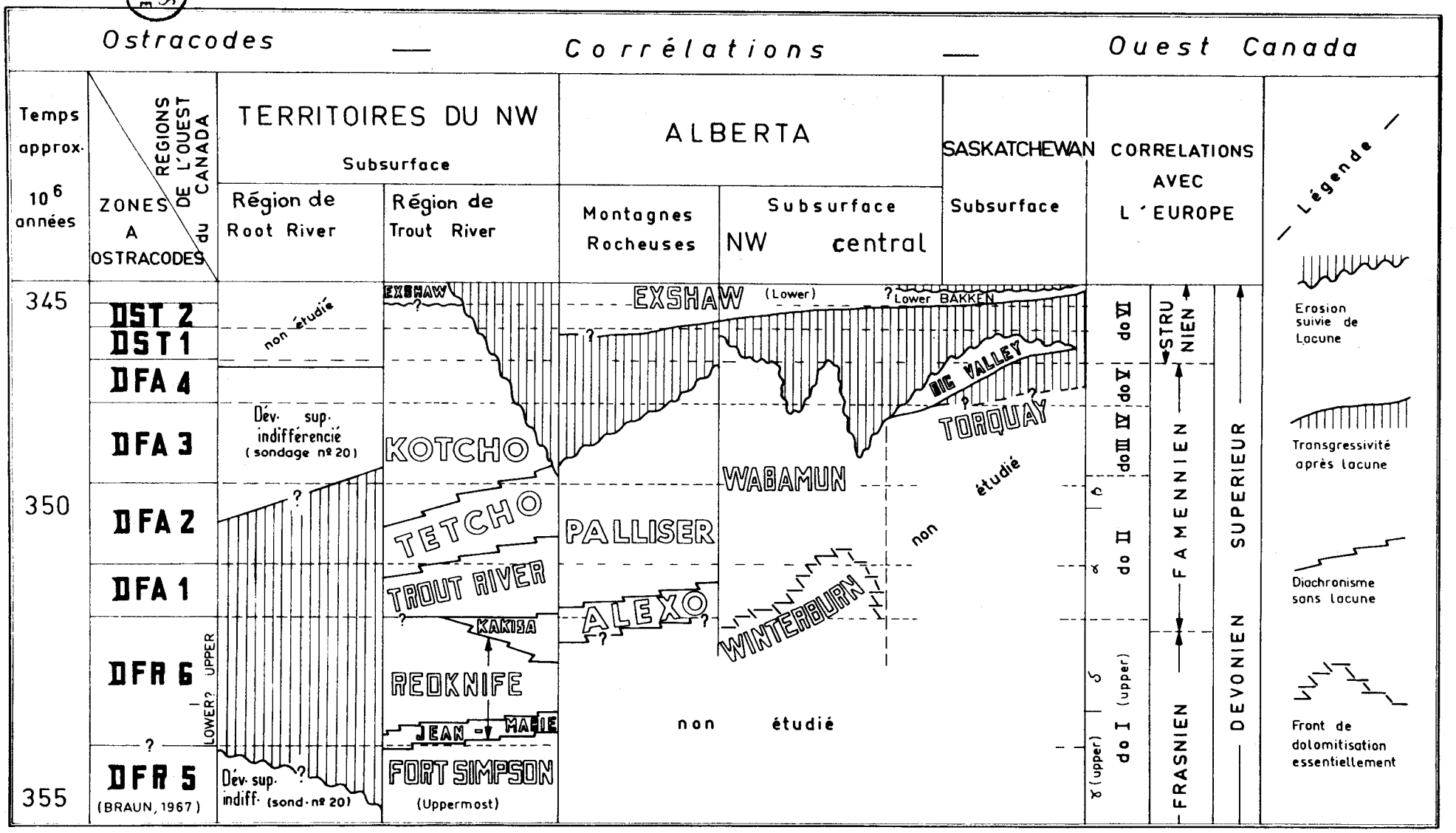


Fig. 77 : Corrélations et situations stratigraphiques des unités lithologiques dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada (d'après LETHIERS, 1981). Pour replacer les gisements étudiés dans la lithostratigraphie, on se reportera aux Fig. 68 et 69.

limite Frasnien-Famennien est située à l'intérieur d'une épaisse série de shales mais correspond à une lacune stratigraphique du Frasnien supérieur et du Famennien inférieur.

Le Strunien (doVI) est représenté par une partie de l'unité Bakken-Exshaw, mais également par les horizons supérieurs de la Formation Big Valley en Saskatchewan ; par la partie sommitale de l'unité Wabamun en certains endroits d'Alberta ; et par le sommet non ou peu érodé de la Formation Kotcho en Territoires du NW.

La limite dévono-carbonifère dans l'Ouest du Canada est située vers le milieu des Formations Bakken-Exshaw.

Les unités lithologiques sont généralement diachroniques. Leur limite inférieure est souvent celle d'une transgressivité sans émersion pour les unités Kotcho, Tetcho, Redknife, Palliser ou d'une transgressivité suivant une émersion pour la Formation Big Valley, mais c'est un front de dolomitisation, au moins en partie, pour celle de la Formation Wabamun en Alberta. La limite supérieure de la Formation Redknife évoque une régression. Les surfaces d'érosion suivies de lacune stratigraphique constituent les sommets irréguliers des unités Big Valley, Wabamun, Palliser et Kotcho partiellement. Il faut donc conclure qu'une phase d'érosion au Famennien sommital-Strunien s'est généralisée sur les emplacements du Saskatchewan et de l'Alberta alors qu'elle fut moins sensible dans le secteur de Trout River en Territoires du NW.

Les équivalences lithostratigraphiques peuvent être précisées. La Fig. 77 corrige le schéma (Fig. 65) généralement admis. Ainsi la Formation Palliser n'est pas toujours exactement parallèle à l'unité Wabamun en Alberta selon les coupes. La Formation Big Valley ne correspond qu'à la partie sommitale de l'ensemble Palliser-Wabamun. Le sommet de la Formation Kotcho peut n'avoir aucun équivalent dans les unités Palliser-Wabamun-Big Valley en Alberta et Saskatchewan. Les Formations Trout River et Tetcho correspondent à une plus grande partie de la Formation Palliser qu'il ne l'est souvent représenté. Enfin, une transgressivité ou même une discordance accompagnée de lacune, existe entre le Frasnien et le Famennien vers le centre du district du Mackenzie.

De tels évènements sont probablement à rattacher au tectorogène ellesmerien qui se développe à partir du Dévonien supérieur dans les régions arctiques.

Toutes ces précisions permettent de connaître les passages latéraux des faciès. Par exemple, au Famennien terminal-Strunien basal (doV-doVI) les dépôts sur la Plate-forme Ouest canadienne donneront du SE vers le NW : la Formation Big Valley, le sommet des Formations Wabamun-Palliser, la partie supérieure de la Formation Kotcho et le sommet des shales du secteur de Root River. Ainsi, toutes les conditions sont réunies pour envisager une étude paléoécologique à ce moment précis et sur toute l'étendue de l'Ouest canadien.

4.6.- Paléoécologie des Ostracodes au Dévonien terminal dans l'Ouest du Canada.

4.6.1.- Généralités.

Les corrélations précédentes mettent en lumière l'intérêt d'un horizon comprenant le Famennien terminal (zone DFA4 = doV) et le Strunien basal (zone DST1 = doVI pars). Il est suivi depuis le Saskatchewan du Sud jusqu'aux Territoires du NW sur environ 2000km de distance. 112 espèces d'Ostracodes y sont reconnues par 16000 individus (carapaces, valves et fragments) dont 82% sont déterminables en moyenne. Cette faune d'Ostracodes est connue par l'échantillonnage de 11 sites (n° 2, 3, 5, 6, 8, 12, 14, 15, 16, 18, 20) répartis dans des faciès qui relèvent de paléo-milieux très différents. Ainsi les conditions idéales étaient réunies pour étudier le comportement paléoécologique d'une faune d'Ostracodes dans différents environnements d'une aire sédimentaire et pendant un temps géologique relativement court (approximativement -340 à -343 millions d'années). Nous en résumerons ici l'étude détaillée (LETHIERS, 1981).

L'analyse des faciès montre que trois paléo-milieux de vie et de sédimentation se distinguent (fig. 67) :

- Une grande vasière, calme, à sédiments plus ou moins réducteurs, et à salinité parfois variable : le milieu Big Valley.
- Une plate-forme carbonatée en milieu marin ouvert et oxygéné : le milieu Wabamun-Palliser.

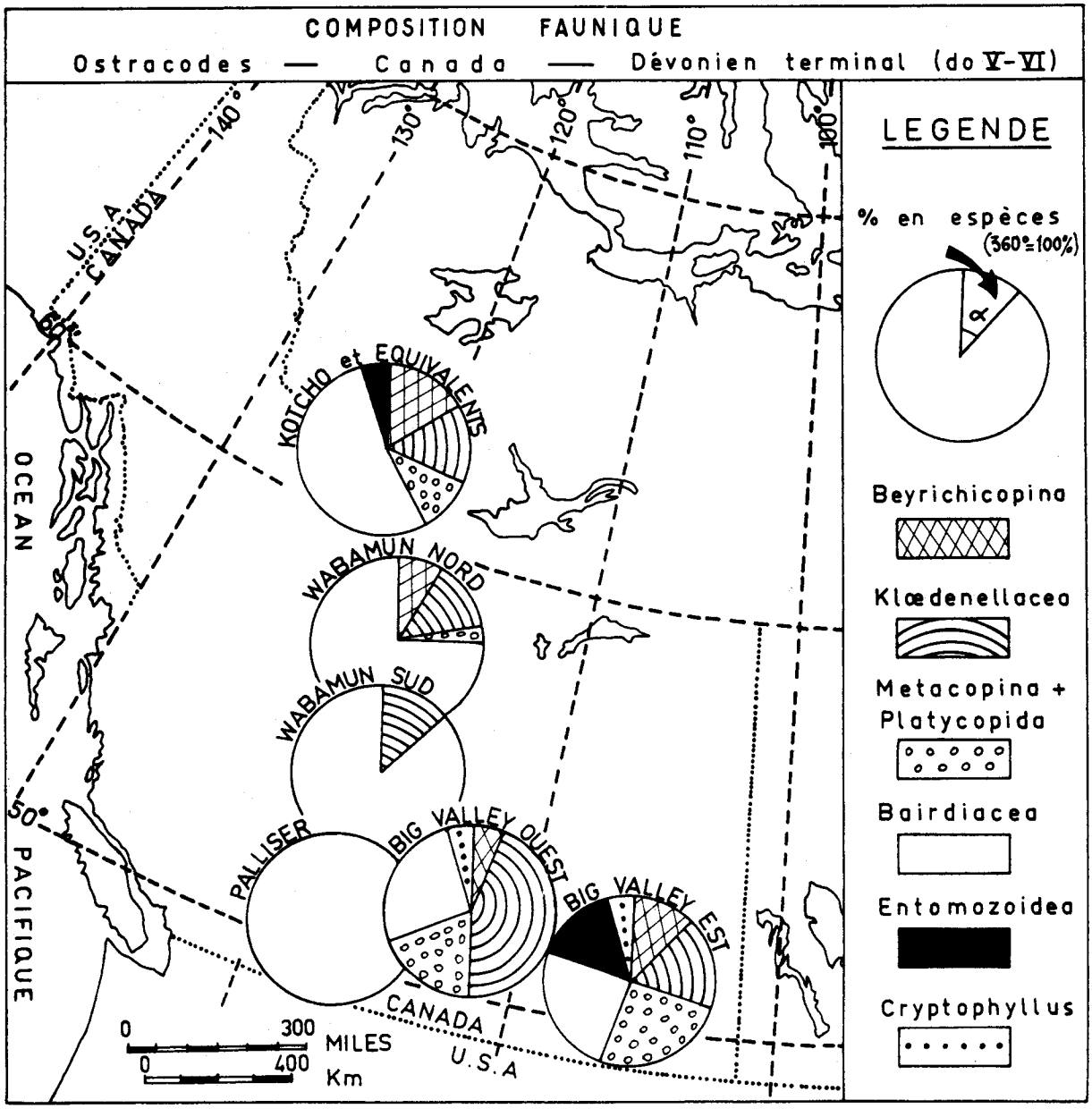


Fig. 78 : Répartition quantitative des principaux taxons d'Ostracodes dans les différents faciès du Dévonien terminal de l'Ouest du Canada (d'après LETHIERS, 1981).

BUS LILLE

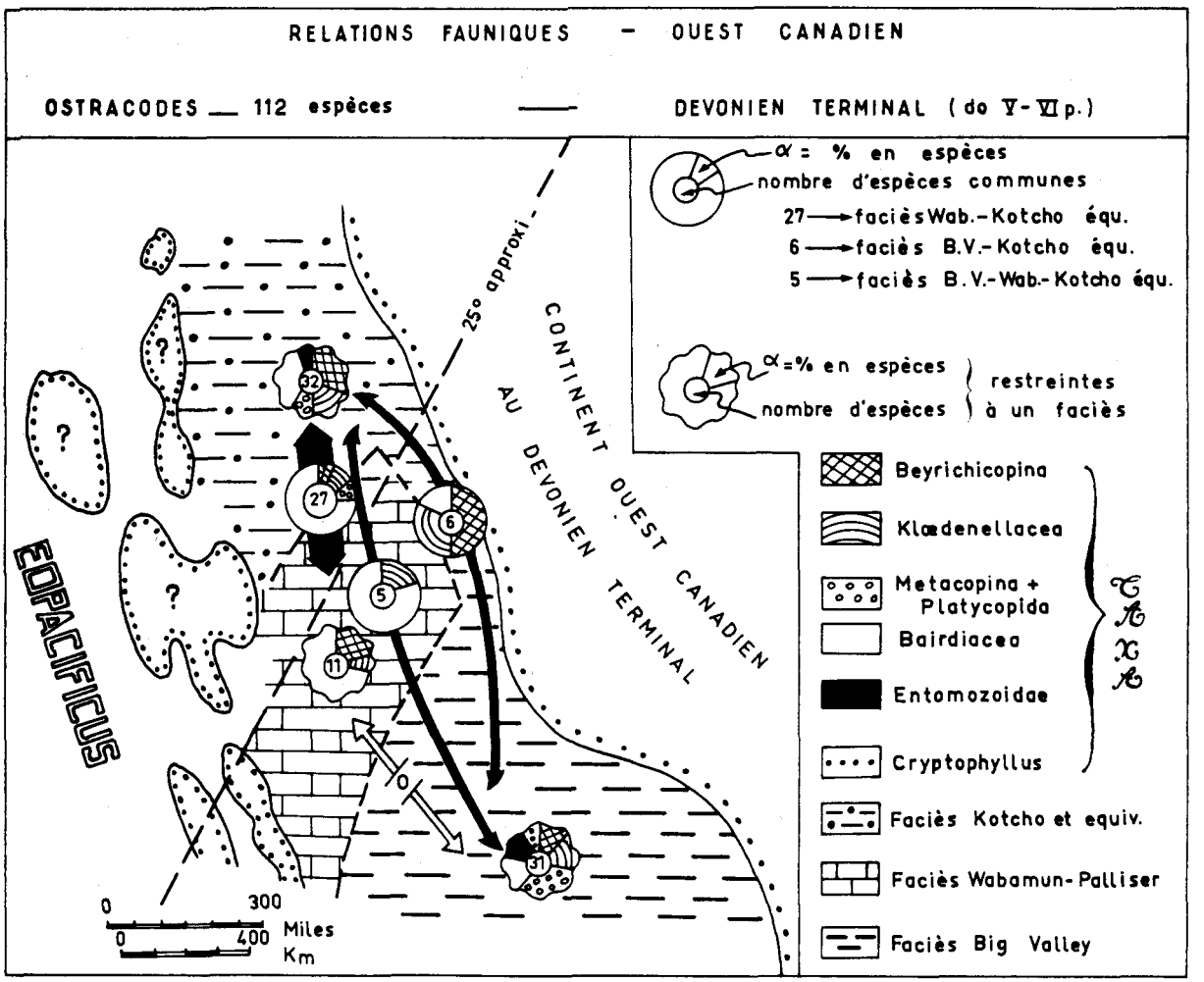


Fig. 79 : Endémisme et espèces communes d'Ostracodes pour les trois principaux faciès de la Plate-forme Ouest canadienne au Dévonien terminal (d'après LETHIERS, 1981).

Aucune espèce n'est uniquement commune entre le Wabamun Sud et Big Valley (flèche blanche coupée du zéro). Les relations entre Big Valley et Kotcho par une zone proche du littoral est déduite.

SUS LILLE

- Un bassin marin plus profond, s'enrichissant en détritique vers le Nord-Ouest, parfois réducteur : le milieu Kotcho et ses équivalents.

Les limites entre les trois faciès sont parallèles à la direction d'un paléo-tropique passant au niveau du faciès Wabamun d'après les auteurs (Fig. 67). On peut donc penser à un climat tropical ou aride pour l'aire sédimentaire étudiée.

4.6.2.- Répartition des taxons supraspécifiques (Fig. 78).

Les différences entre les compositions fauniques d'Ostracodes de chaque paléo-milieu amènent aux conclusions suivantes (Fig. 78) :

- Les Bairdiacea sont dominants dans une sédimentation carbonatée de zones infralittorale et circalittorale dans un milieu marin franc.

- La plupart des Metacopina sont localisés dans le faciès Big Valley. La cause est probablement climatique, ce groupe étant connu pour proliférer en climat équatorial sur des fonds argilo-carbonatés. Le paléo-équateur de cette époque passait vers le SE des U.S.A. d'après les auteurs (voir HABICHT, 1979).

- Les Kloedenellacea ont de multiples possibilités adaptatives, mais sont néanmoins absents du faciès Palliser : un milieu carbonaté pur de la zone circalittorale.

- Les Beyrichicopina semblent également éviter les zones trop carbonatées de la plate-forme.

- Les espèces du genre Cryptophyllus vivent en milieux à caractères restreints et peu profonds (Formation Big Valley).

- La répartition des Entomozoïdés n'a pas de cause paléo-écologique mais relève d'une fossilisation sélective dans des sédiments argileux et réducteurs.

4.6.3.- La répartition des espèces d'Ostracodes (Fig. 79).

Parmi les espèces réparties dans les trois paléo-milieux nous avons recherché :

- les espèces inféodées dans chacun des trois faciès,
- les espèces communes aux trois faciès,
- les espèces uniquement communes à deux faciès.

Par cette démarche l'analyse des faunes spécifiques conduit aux conclusions suivantes :

- Les identités de faunes d'Ostracodes établies entre les trois principaux faciès permettent d'évaluer un degré de "ressemblance paléoécologique" entre les trois paléo-milieux correspondants. Il peut se schématiser ainsi :

. entre Big Valley et Wabamun Sud : faible,

. entre Big Valley et Kotcho : moyen,

. entre Kotcho et Wabamun Nord : élevé.

Dans l'ensemble sédimentaire Wabamun-Palliser, deux unités paléoécologiques : Wabamun Nord d'une part et Wabamun Sud plus Palliser d'autre part, se distinguent par les espèces endémiques et par les rapports fauniques avec les Territoires du Nord-Ouest.

- Parmi les espèces inféodées à un paléo-milieu donné, certaines ont néanmoins une répartition paléobiogéographique mondiale. Un des exemples typiques est *Kloedenellitina alveolata* TSCHIGOVA, 1960 inféodée à la Formation Big Valley mais reconnue en Europe et en Russie. Les autres espèces sont donc authentiquement endémiques. Certains genres semblent contenir de préférence cette catégorie ; citons les genres *Evlanovia, Buregia, Barychilina, Endolophia* et *Eukloedenella*.

Les espèces endémiques ou communes à deux faciès comptent les formes qui donneront naissance aux espèces ou qui seront les espèces colonisatrices de la Plate-forme au Mississipien inférieur. *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978, *Cribroconcha triquetra prima* LETHIERS, 1978 et*Graphiadactylloides striatoreticulatus* GREEN, 1963 de la Formation Big Valley sont, par exemple, dans ce cas.

- Les espèces adaptées à plusieurs ou aux principaux environnements de la Plate-forme Ouest canadienne (dont beaucoup de Bairdiacea) sont généralement limitées à celle-ci. Telle est l'espèce caractéristique *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978.

Cette conclusion prouve que malgré l'existence de trois districts paléobiogéographiques (Big Valley, Wabamun-Palliser, Kotcho et équivalents du NW), cette plate-forme constitue un domaine paléobiogéographique au Famennien terminal dont la place à l'échelle mondiale va maintenant être envisagée.

-5-

PALEOBIOGEOGRAPHIE DES FAUNES D'OSTRACODES AU DEVONIEN SUPERIEUR

"Pour voir les choses il
faut les croire possibles".

Marcel Bertrand, 1892

SOMMAIRE

Pages

Introduction..... 318

5.1. - Présentation et critique des données..... 318

5.2. - Répartition des Ostracodes Entomozoidae au Dévonien supérieur..... 324

5.3. - Les aires paléobiogéographiques des Ostracodes au Frasnien..... 326

5.4. - Les aires paléobiogéographiques des Ostracodes au Famennien supérieur..... 329

5.5. - Conclusions générales..... 336

RESUME

Une centaine d'études et monographies sont utilisées pour établir les grands traits paléobiogéographiques des Ostracodes au Frasnien et au Famennien. Les espèces pélagiques d'Entomozoidae sont mondialement réparties à cette époque : on ne peut en tenir compte pour distinguer les aires paléobiogéographiques. Cinq provinces existaient probablement au Frasnien et cinq également au Famennien. L'aire paléobiogéographique à Ostracodes de la Paléotéthys est un fait constant : province à *Polyzygia* au Frasnien et province à *B. hypsela-Rectonaria* au Famennien. Des rapports fauniques étroits entre la Plate-forme Ouest canadienne et la Plate-forme russe, c'est-à-dire au Nord du Continent Nord- Atlantique sont permanents au cours du Dévonien supérieur. La province du SE asiatique reste isolée. Le climat et certaines barrières géographiques sont responsables de la division en aires paléobiogéographiques.

5.- PALEOBIOGEOGRAPHIE DES FAUNES D'OSTRACODES AU DEVONIEN SUPERIEUR

Introduction.

Actuellement, les Ostracodes d'âge dévonien supérieur sont étudiés dans le monde entier. Des monographies sont parues à propos des Ostracodes de Sibérie, de Chine, d'Australie, des divers pays d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Amérique du Nord (voir Fig. 80). La plupart des gisement connus sont situés au bord Nord du Gondwana (Afrique du Nord et côte NW de l'Australie) et sur les marges de la Laurasia. Une telle répartition est évidemment commandée par celle des sédiments marins du Dévonien supérieur qui reflète la paléogéographie de cette époque. Il est donc possible de rassembler les résultats de façon à comparer les faunes d'Ostracodes entre les différentes régions pour établir les aires paléobiogéographiques. Quelques synthèses de ce type existent déjà pour les Brachiopodes et les Goniatites au Dévonien supérieur (HOUSE, 1971), mais elles concernent essentiellement le Frasnien. Les faits de paléobiogéographie famennienne ont été très peu abordés jusqu'ici.

5.1.- Présentation et critique des données.

La Fig. 80 répertorie les données de 34 gisements régionaux dont les principales références sont notées en légende. Les taxons d'Ostracodes et les limites d'aires paléobiogéographiques ont été reportées sur des reconstitutions palinspatiques au Frasnien et au Famennien (Fig. 81) . Ces dernières sont établies d'après les synthèses de BRIDEN, DREWRY & SMITH (1974), JOHNSON (1976), SEYFERT & SIRKIN (1979) et TERMIER & TERMIER (1979). De tels schémas fixent les idées sur la disposition relative des éléments lithosphériques et des fonds océaniques. Au Dévonien supérieur l'Océan *Eopacificus* occupe environ la moitié de la surface de la Terre et entoure la Pangea. Si le Gondwana apparaît comme un bloc homogène, la Laurasia est morcelée : le chenal ouralien et l'Arcticus séparent un continent Nord-Atlantique d'un ensemble asiatique lui-même partagé en : "Continent Mu", Siberia Ouest et Siberia Est. L'Océan Paléotéthys se développe en forme de coin entre le Gondwana et le puzzle de la Laurasia. Il y envoie de vas-

(Suite p. 324)

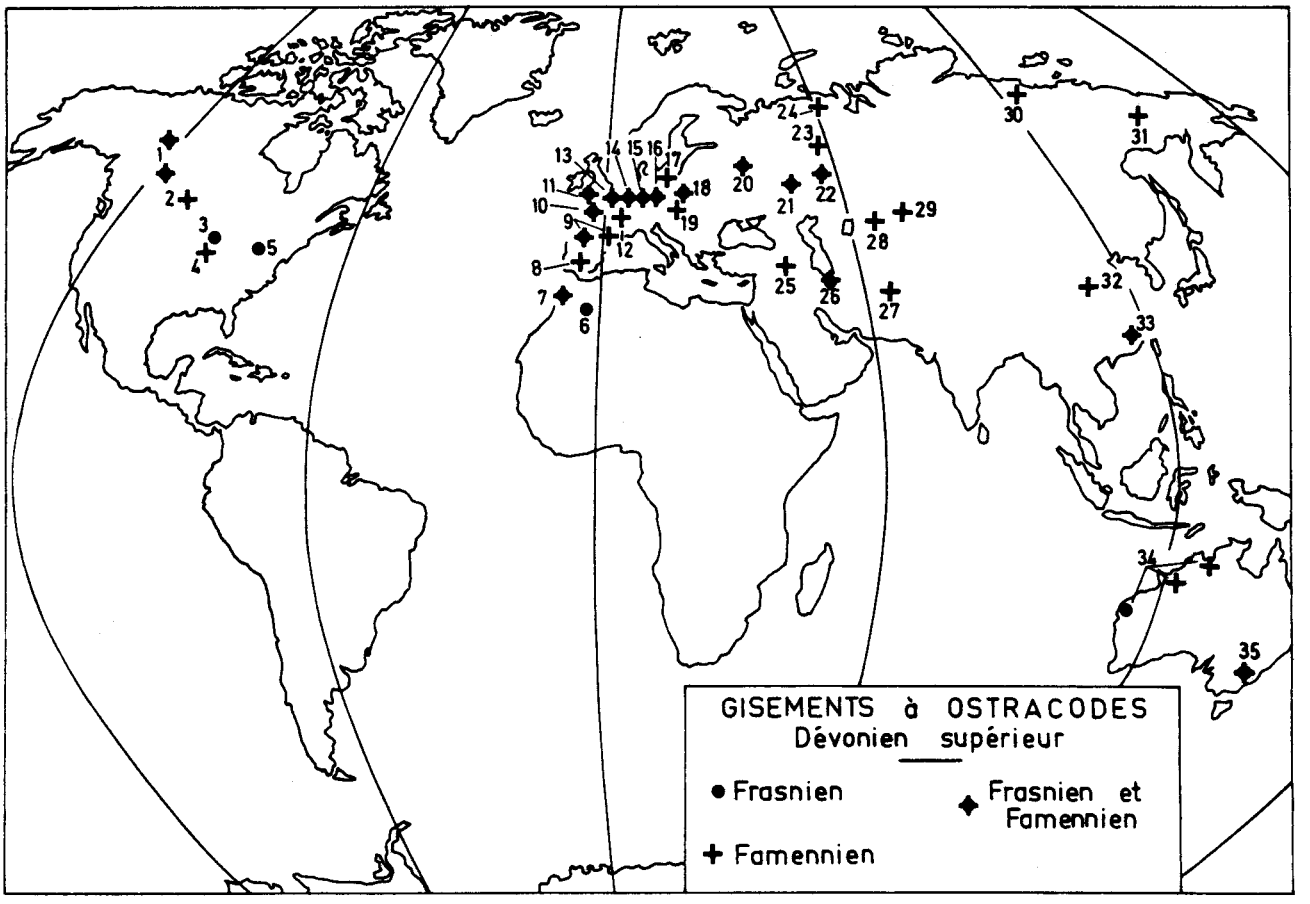


Fig. 80 : Situation mondiale des gisements d'Ostracodes étudiés dans le Dévonien supérieur.

Légende de la Fig.80

Les principaux travaux sont seuls cités : on peut trouver d'autres références dans leurs bibliographies.

1.- Plate-forme interne et Montagnes Rocheuses dans l'Ouest du Canada : Alberta, Territoires du Nord-Ouest et Colombie Britannique. KINDLE (1919), LORANGER (1954, 1963), McGILL (1963), BRAUN (1967, 1977, 1978), LETHIERS (1980, 1981a, b). Matériel non publié de J.L. MANSY (Université de Lille I).

2.- Plate-forme interne dans l'Ouest du Canada : Saskatchewan. LETHIERS (1978).

3.- Plate-forme au NE des Etats-Unis : Iowa. GIBSON (1955).

4.- Plate-forme au NE des Etats-Unis : Missouri. MOREY (1935, 1936).

5.- Plate-forme au NE des Etats-Unis : Ohio. STEWART & HENDRIX (1945a, 1945b)

6.- Sahara central algérien. In : MAGNE (1964), MICHEL (1972).

7.- Maroc, région des Doukkala. RABATE (1976).

8.- Espagne du Sud, Sierra Morena. LETHIERS (1976b).

9.- Espagne du Nord, Monts Cantabriques. BLESS & MICHEL (1967), MICHEL (1972), BECKER (1977, 1979), BECKER, FRANKENFELD & SCHULZE (1979). Pyrénées françaises : matériel non publié de M.F. PERRET (Université de Toulouse).

10.- France de l'Ouest, Bretagne. COLLIN (1912), PENEAU (1928), LETHIERS in BABIN & alii (1976b).

11.- Angleterre du SW, Cornouailles. GOODAY (1974, 1978), WHIDBORNE (1896, 1907).

12.- France, Massif du Morvan. Matériel non publié de M. COULON (Université de Reims).

13.- Nord de la France, Boulonnais. MAGNE (1964), LETHIERS (1970a), LETHIERS in BONTE & alii (1974f), LETHIERS in BRICE & alii (1976c).

14.- Ardenne franco-belge. MATERN (1929), ROME & GOREUX (1966), LETHIERS (1970b, 1972, 1974a, b, c, d, e, 1975a, b, 1976a), BECKER (1971), BECKER & BLESS (1974), BECKER, BLESS & alii (1974), ROME (1971), CASIER (1975, 1977, 1979), COEN (1977).

15.- Massif Schisteux Rhénan, Allemagne.
Nombreuses références dans BLESS & BECKER (1974). PAECKELMANN (1913), MATERN (1929), RABIEN (1954, 1960, 1970), RABIEN & RABITZ (1958), RABIEN & SCHRICKE (1966), KREBS & RABIEN (1964), GRÜNDEL (1962), BECKER (1968), GROOS-UFFENORDE & UFFENORDE (1974).

16.- Massifs du Harz et de Thuringe, Allemagne. MÜLLER-STEFFEN (1962, 1964, 1965), JORDAN (1960, 1964), BLUMENSTENGEL (1965, 1973).

17.- Pologne du Nord. BLASZYK & NATUSIEWICZ (1973).

18.- Pologne du Sud, Montagne de Sainte-Croix. OLEMPSKA (1979).

19.- Tchécoslovaquie, Moravie. RZEHAK (1881, 1910).

20.- Plate-forme russe, régions centrales. EGOROV (1950, 1953), ZANINA (1960), TSCHIGOVA (1967, 1971, 1977), SAMOILOVA (1970).

21.- Région Volga-Oural de la Plate-forme russe. POLENOVA (1953, 1955).

22.- Région de Oufa, Est de la Plate-forme russe. ROZHDESTVENSKAJA (1971, 1972).

23.- Région de Kizel, Est de la Plate-forme russe. ZANINA (1971).

24.- Région du Timan-Pechora, NE de la Plate-forme russe. TSCHIGOVA & SOLOPEKINA (1967), TSCHIGOVA (1971).

25.- Turquie, vallée du Grand Zap. Matériel non publié de O. MONOD (Université de Paris-Sud, ORSAY).

26.- Iran, Elbourz. Matériel non publié de D. BRICE, V. KHAZRAE et G. STAMPFLI (Faculté Libre de Lille).

27.- Afghanistan. Matériel non publié de A. DE LAPPARENT (Institut de Géologie, I.G.A.L., Paris).

28.- Kazakhstan. BUSCHMINA (1977a, b).

29.- Sibérie occidentale, région de Kouzbass. BUSCHMINA (1965, 1968, 1969).

30.- Sibérie orientale, région en aval du fleuve Lena. BUSCHMINA (1970).

31.- Sibérie orientale, région du fleuve Kolyma. BUSCHMINA (1975).

32.- Chine, région de Hupeh. HOU (1955a).

33.- Chine, région du Kwangsi : HOU (1955b), WANG (1978) et Chine du Sud : SHI (1964).

34.- Australie, bassin du golfe Bonaparte, Bassin de Cannig, Bassin de Carnarvon. JONES (1962, 1968, 1974).

35.- SE de l'Australie, Nouvelle-Galles du Sud, région de Timor Waverley. Unité du Goonoo Goonoo Mudstone, domaine tasman. In : DEROUBAIX (1977).

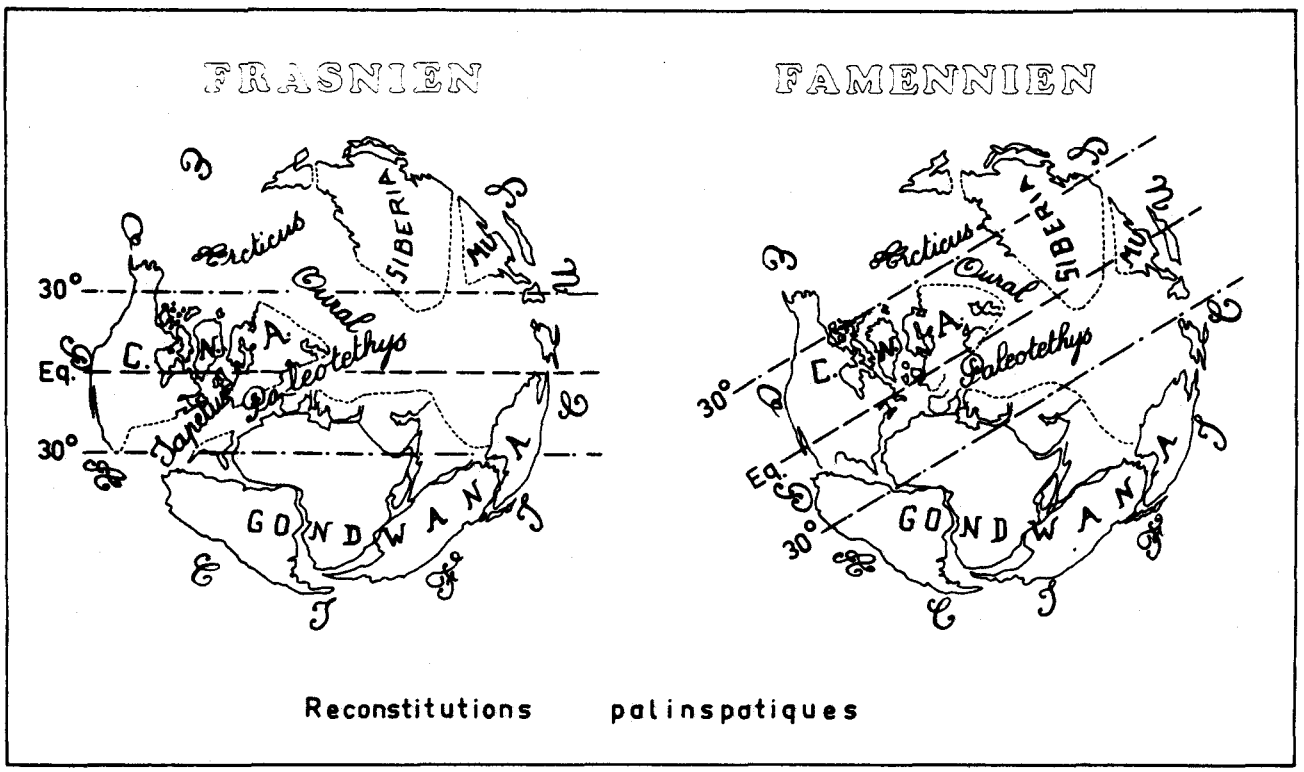


Fig. 81 : Situation schématique des côtes actuelles sur la paléogéographie au Dévonien supérieur. Les deux schémas sont établis par une synthèse entre les travaux de BRIDEN, DREWRY & SMITH (1974), les reconstitutions de SEYFERT & SIRKIN (1979), de JOHNSON (1976), les cartes paléogéographiques de TERMIER & TERMIER (1979) et les données paléoclimatiques et paléomagnétiques de HABICHT (1979).
C.N.A. = Continent Nord-Atlantique.

BIUS LILLE

tes mers épicontinentales et se raccorde avec les sillons subsidents. Son climat est équatorial et tropical, spécialement au Frasnien. Ces caractères font de la Paléotéthys un élément majeur de la paléogéographie éodévonienne, où la vie est intense et les spéciations abondantes. La principale différence entre la paléogéographie du Frasnien et celle du Famennien est l'existence probable au Frasnien d'une ouverture, l'Iapetus, entre l'Eopacificus et la Paléotéthys. Cette communication disparaît au Famennien avec la surrection de la chaîne acadienne à l'Est des Etats-Unis.

Les données sur les faunes d'Ostracodes du Dévonien supérieur comportent certaines lacunes. En particulier les renseignements sur les Ostracodes frasniens de Sibérie manquent ; ceux concernant les Ostracodes famenniens d'Afrique du Nord et des Etats-Unis sont rares et incomplets. La précision et la densité des études sont également irrégulières. Les régions comprises entre la chaîne Cantabrique-Pyrénées et l'Oural ainsi que l'Ouest du Canada sont relativement plus détaillées. Pour ces différentes raisons les reconstitutions paléobiogéographiques proposées sont destinées à être complétées au fur et à mesure des découvertes.

L'ordre hiérarchique des aires paléobiogéographiques qui sera utilisé ici est le suivant :

- royaume,
- province (I, II, III, etc...),
- domaine (Ia, Ib, Ic, etc....),
- district (Ia_1, Ia_2, Ia_3, etc...).

Le type de faune d'Ostracodes, qui caractérise chacun de ces niveaux, s'est clarifié en cours d'étude et sera exposé au paragraphe 5.5.4.

5.2.- Répartition des Ostracodes Entomozoidae au Dévonien supérieur.

Au Dévonien supérieur, la Famille des Entomozoidae constitue un groupe particulier parmi les Ostracodes. Leur analyse morpho-fonctionnelle (test fin, globuleux, à très fine ornementation) et la com-

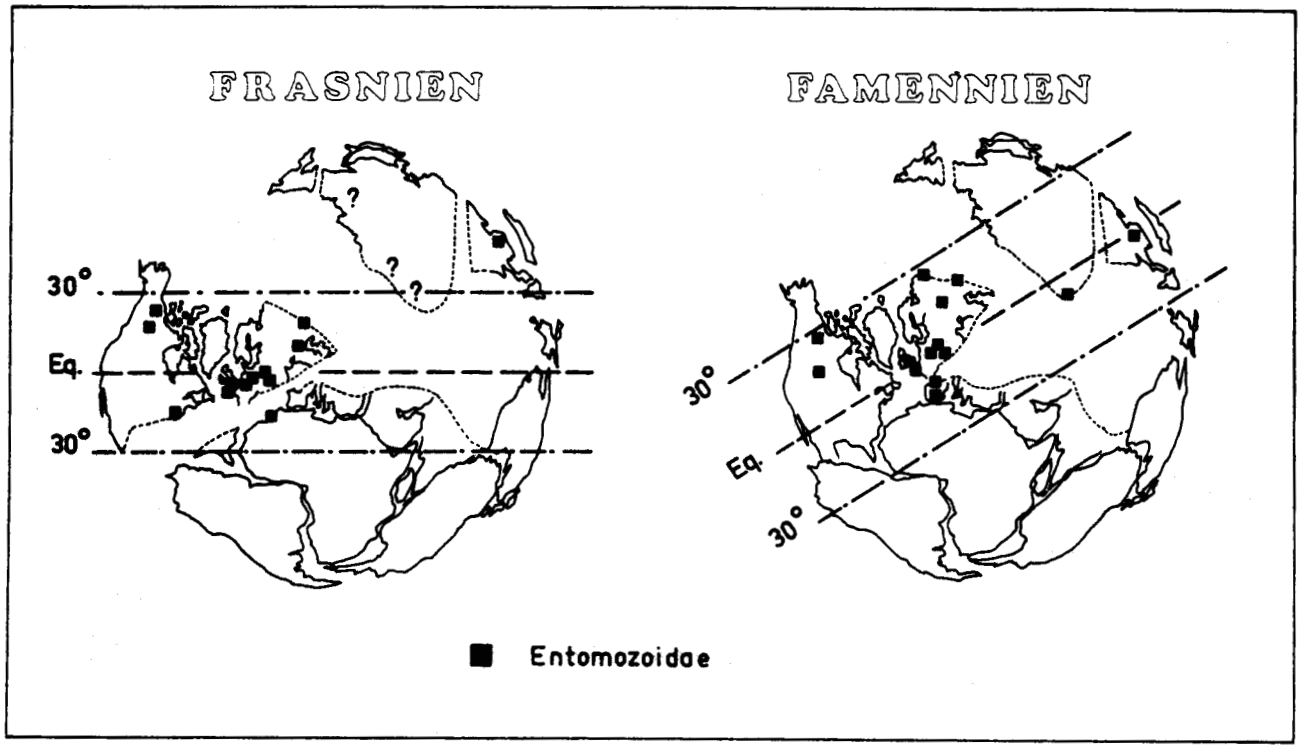


Fig. 82 : Localisation mondiale des gisements connus à Entomozoidae dans le Dévonien supérieur.

BUS LILLE

paraison avec certains Myodocopa actuels (Thaumatocyprididae, Halocyprididae) les font généralement considérer comme ayant eu un mode de vie pélagique. Les Entomozoidae sont connus dans le Dévonien supérieur d'Amérique du Nord, d'Afrique du Nord, d'Espagne, d'Angleterre ; dans le Frasnien français et belge ; dans le Dévonien supérieur d'Allemagne, de Pologne, de la Plate-forme russe et de Chine (Fig. 82). Le plus surprenant est de voir que de nombreuses espèces suivent la répartition mondiale de la Famille. Ce caractère s'ajoute aux précédents pour les désigner comme Ostracodes pélagiques. Une zonation biostratigraphique par les espèces d'Entomozoidae permet de diviser le Dévonien supérieur en 12 zones et 5 interzones d'utilisation internationale. A première vue, il semblerait que leur répartition soit intertropicale, mais c'est le cas des principales mers épicontinentales connues à cette époque, aussi j'écarte un déterminisme climatique. D'ailleurs, au Frasnien, les Entomozoidae de Chine sont situés en dehors des zones particulièrement chaudes, alors que l'Australie du NW, sous climat équatorial, semble dépourvue de ces Ostracodes*.

En conclusion, je pense que les espèces d'Entomozoidae du Dévonien supérieur étaient mondialement répandues et que les aléas de leur répartition actuelle sont essentiellement dus à la mauvaise fossilisation des tests fins et peu calcifiés. Ainsi, pour distinguer les aires paléobiogéographiques, je tiendrai compte des faunes appartenant à différentes familles, mais dont aucune d'elles n'a l'ambiguité de celle des Entomozoidae.

5.3.- Les aires paléobiogéographiques des Ostracodes au Frasnien.

La répartition des faunes d'Ostracodes reportée sur la paléogéographie frasnienne permet de distinguer au moins 4 provinces paléobiogéographiques (Fig. 83) :

---

* Le climat sera, au contraire, un des facteurs déterminants dans la répartition des faunes d'Ostracodes benthiques.

PROVINCE I : Province à *Kloedenellidae-Acratia*.

- Extension : Amérique du Nord, Plate-forme russe et Ouest ouralienne, et Pologne : marges Ouest, Nord et Est du Continent Nord-Atlantique.

- Caractères fauniques : Abondance des espèces du genre *Acratia* et de la Famille Kloedenellidae (genres *Geisina, Knoxiella* s.l., *Knoxites, Eukloedenella,* etc...). De nombreuses formes de *Bairdia, Bekena* ainsi que le genre *Ampuloides* sont communs à cette province. Des espèces y sont uniformément réparties : *Microcheilinella peculiaris* ROZHDESTVENSKAJA & NATCHAEVA, 1972, *Bairdia (B.) nalivkini* EGOROV, 1953, *Bairdiacypris quarziana* (EGOROV, 1953) et probablement plusieurs espèces des genres *Acratia, Bairdia, Bairdiacypris* et *Cavellina*. Les genres *Polyzygia, Jenningsina, Favulella* sont absents.

- Composition : La province I est composée de deux domaines distincts :

Domaine Ia : domaine à *Plagionephrodes-Eriella*.

Il comprend l'Amérique du Nord et se caractérise par de nombreuses espèces des genres *Plagionephrodes* et *Eriella*. On peut y distinguer un district Ouest canadien (Ia_1) et un district appalachien (Ia_2) aux Etats-Unis où les espèces d'*Acratia* sont moins nombreuses.

Domaine Ib : domaine à *Hollinella-Kloedenellitina*.

Il couvre la Plate-forme russe et Ouest ouralienne, et la Pologne qui en fait la limite Ouest.

Les genres *Hollinella* et *Kloedenellitina* sont caractéristiques bien que peu représentés en espèces. Ces deux genres sont absents dans le domaine Ia. Le domaine Ib se distingue du domaine Ia, également par l'absence des genres *Plagionephrodes* et *Eriella*.

PROVINCE II : Province à *Polyzygia*.

- Extension : France, Espagne, Allemagne, Afrique du Nord, Iran : c'est la province des marges de la Paléotéthys.

- Caractères fauniques : Présence du genre *Polyzygia* avec des espèces ubiquistes telles que *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954 et *Polyzygia neodevonica* (MATERN, 1929). La faune est riche en Metacopida avec les genres *Polyzygia, Favulella, Jenningsina, Punctomosea, Svantovites*. Les genres *Plagionephrodes, Eriella* et les Kloedenellidae sont très peu représentés.

- Composition : Deux domaines semblent apparaître : un domaine européo-maghrebin (IIa) qui possède les caractères précédents, et un domaine Est téthysien (IIb) où les Cavellinidae sont plus abondants et où les Métacopes *Favulella, Jenningsina* et *Punctomosea* sont plus rares. L'étude ostracodique de cette région est en cours.

PROVINCE III : Province à *Pribylites-Knoxiella*.

- Extension : Bassins dévoniens du NW de l'Australie.

- Caractères fauniques : La faune est dominée par deux espèces : *Pribylites (P.) hanaicus* POKORNY sensu JONES, 1968 et *Knoxiella* sp. A JONES, 1968. Les genres *Plagionephrodes, Eriella, Hollinella, Kloedenellitina* et *Polyzygia* y sont absents. La présence du genre *Svantovites* indique une affinité avec la province II. De même, une espèce commune avec la Plate-forme russe, *Indivisia variolata* ZANINA, 1960, souligne les rapports avec le domaine Ib.

PROVINCE IV : Province à *Cavellinidae*

Cette province qui correspond à l'Asie du SE est peu connue. Sa faune d'Ostracodes semble caractérisée par des espèces de la Famille des Cavellinidae.

PROVINCE V (?)

Par manque de données, on ne sait pas s'il existe une ou plusieurs provinces au niveau de la Siberia.

Conclusions :

Si les aires paléobiogéographiques frasniennes ainsi définies se distinguent aisément, une certaine homogénéité existe entre les provinces I, II et III qui sont situées en zone climatique chaude. Certaines espèces ou groupes d'espèces très proches les unes des autres, sont communes à ces 3 provinces : *Bairdia (B.)* gr. *nalivkini* EGOROV, 1953, *Bairdia* gr. *naumovae* EGOROV, 1953 et *Amphissites* gr. *irinae* EGOROV, 1953 (= *Amphissites* sp. F MAGNE, 1964 = *Amphissites* cf. *parvulus* sensu BECKER, 1971, sensu OLEMPSKA, 1979 = *Amphissites* sp. aff. *irinae* sensu BLUMENSTENGEL, 1965 = *Amphissites albertensis* LORANGER, 1954 = *Amphissites* sp. A JONES, 1968. Une communauté de faune d'Ostracodes apparente spécialement les provinces I et II qui constituent un royaume à *Aechminella-Nodella,* ces deux genres n'étant par contre pas représentés dans les provinces III et IV, semble-t-il.

La Pologne est une région de rencontre faunique entre les domaines Ib et IIa : on y trouve des espèces de Bairdiidae connues sur la Plate-forme russe, et le genre Ouest paléotéthysien *Favulella* est présent.

Les aires Ia, Ib et II possèdent un nombre important d'espèces qui sont très proches les unes des autres (espèces issues d'une cladogénèse récente). Il semble donc que la spéciation géographique soit responsable de la différenciation des faunes dans le royaume à *Aechminella-Nodella.*

5.4.- Les aires paléobiogéographiques des Ostracodes au Famennien .

La répartition des faunes d'Ostracodes reportée sur la paléogéographie d'âge famennien permet de distinguer 5 provinces

Explications de la Fig. 83

FRASNIEN

I : PROVINCE à *Kloedenellidae-Acratia*
  Ia : Domaine à *Plagionephrodes-Eriella*
  Ib : Domaine à *Hollinella-Kloedenellitina*
II : PROVINCE à *Polyzygia*.
  IIa : Domaine européo-maghrebin.
  IIb : Domaine Est-téthysien.
III : PROVINCE à *Pribylites-Knoxiella*.
IV : PROVINCE à *Cavellinidae*.
V(?): PROVINCE(S) insuffisamment connue(s).

FAMENNIEN

I : PROVINCE à *Serenida*.
  Ia : Domaine à *regina*.
  Ib : Domaine à *primula*.
  Ic : Domaine à *Moorites*.
II : PROVINCE à *Graphiadactyllis*.
III : PROVINCE à *hypsela-rectonaria*.
  IIIa : Domaine à *gosseleti-beugniesi*.
  IIIb : Domaine à *venula-reticulata*.
  IIIc : Domaine du Kazakhstan.
IV : PROVINCE à *sinensis*.
V : PROVINCE à *solita*.

REMARQUE : Les flèches désignent le degré des liaisons fauniques entre les aires paléogéographiques et non l'endroit des communications fauniques.

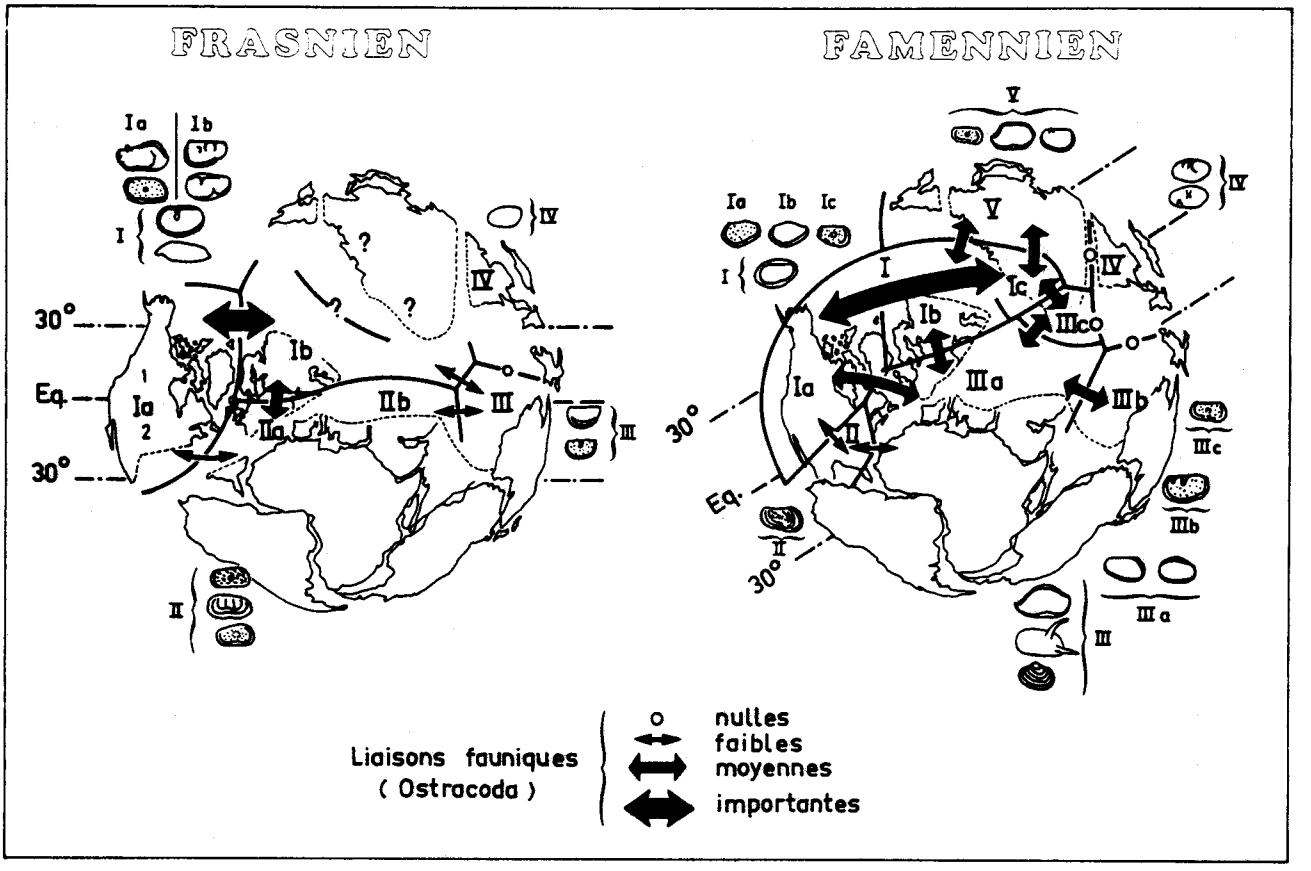


Fig. 83 : Paléobiogéographie des Ostracodes benthiques au Dévonien supérieur.

BUS LILLE

paléobiogéographiques (Fig. 83) :

PROVINCE I : Province à *Serenida*.

- Extension : Plate-forme Ouest de l'Amérique du Nord, Plate-forme russe et Ouest ouralienne et région sibérienne du Kouzbass. C'est une aire allongée qui couvre les marges Ouest, Nord et Est du Continent Nord-Atlantique et atteint la zone Ouest de la Siberia en faisant fi du couloir ouralien.

- Caractères fauniques : Présence du genre *Serenida* bien représenté en espèces. Deux d'entre elles sont réparties depuis le Kouzbass jusqu'à la Plate-forme Ouest canadienne : *Serenida incerta* BUSCHMINA, 1965 et *Serenida diversa* (BUSCHMINA, 1965). D'autres sont à la fois connues en Russie et dans l'Ouest du Canada : *Kloedenellitina alveolata* TSCHIGOVA, 1960, *Indivisia baschkirica* ROZHDESTVENSKAJA & TSCHIGOVA, 1972, *Serenida angularis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972, *Famenella perspiqua* ROZHDESTVENSKAJA, 1972, *Famenella angulata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 et *Acratia subelongata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972. De nombreuses espèces Ouest canadiennes des genres *Triceratina, Moorites, Akidellina, Buregia, Cavellina, Bairdia* et *Acratia* sont très proches d'espèces russes mais légèrement différentes.

- Composition : Des différences essentiellement spécifiques, à l'intérieur de la province I, permettent d'y distinguer 3 domaines.

Domaine Ia : domaine à *regina*.

Il s'agit de la Plate-forme Ouest canadienne qui correspond à l'aire de l'espèce famennienne *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978. Ce domaine est divisé du Sud au Nord en 3 districts (voir LETHIERS, 1981) :

District Ia1 de la Formation Big Valley,

District Ia2 de la Formation Wabamun-Palliser,

District Ia3 de la Formation Kotcho et équivalents.

Domaine Ib : domaine à *primula*.

Il s'agit de la Plate-forme russe et Ouest ouralienne où l'espèce *Tchizhovaella primula* TSCHIGOVA, 1960 est présente.

Domaine Ic : domaine à *Moorites*.

Dans la région du Kouzbass, les espèces du genre *Moorites* sont caractéristiques et se multiplient à la base du Carbonifère.

Remarques : Des caractères fauniques rapprochent les domaines Ia et Ib où, par exemple, le genre *Tchizhovaella* semble localisé. Des caractères fauniques spéciaux relient également les domaines Ib et Ic : on retiendra la présence d'espèces de grande taille du genre *Bairdia* et de représentants de la Famille Bairdiocyprididae. Les caractères fauniques du domaine Ic font une liaison avec le domaine IIIc de la province III.

PROVINCE II : Province à *Graphiadactyllis*.

Il s'agit d'une aire qui est uniquement connue à la limite dévono-carbonifère. Elle apparaît localisée au secteur appalachien de l'Amérique du Nord, et comporte une faune particulière, caractérisée par des Quasillitidae et spécialement par le genre *Graphiadactyllis*. Le district Ial qui limite cette province au Nord, possède également deux espèces de Quasillitidae (*Graphiadactylloides striatoreticulatus* GREEN, 1963 et *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978) et assure ainsi la liaison faunique entre les provinces I et II.

PROVINCE III : Province à *hypsela-rectonaria*.

- Extension : Afrique du Nord, Espagne, France, Belgique, Pologne, Turquie, Iran, Kazakhstan , Australie.

- Caractères fauniques : Présence au Dévonien terminal (do VI) de l'espèce *Bairdia hypsela* (ROME, 1971) ou d'espèces très proches de celle-ci. Ce "groupe spécifique" est connu en France, en Bel-

gique, en Pologne, en Australie (*Bairdia ordensis* JONES, 1968) et au Kazakhstan (*Bairdia subexplorata* BUSCHMINA, 1977). Avec les changements de faciès il est parfois remplacé, soit par de nombreux *Cryptophyllus* comme en Belgique, Turquie et Australie (lagune supratidale : voir l'assemblage III d'après BECKER, BLESS & alii, 1974), soit par une association particulière à *Rectonaria, Triplacera, Processobairdia, Tricornina, Orthonaria* et *Aurigerites* gr. *blumenstengeli* OLEMPSKA, 1979, etc.... comme en Thuringe, dans les Chaînes Cantabriques, les Pyrénées, et au Kazakhstan (faciès relativement plus profonds du "Thüringer Ökotyp" des auteurs allemands : voir BANDEL & BECKER, 1975).

- Composition : Des différences au niveau spécifique permettent de distinguer 3 domaines paléobiogéographiques.

Domaine IIIa : domaine à *gosseleti-beugniesi*.

Bythocyproidea beugniesi LETHIERS, 1972 et *Ellesmerina ?* gr. *gosseleti* LETHIERS, 1972 sont les espèces famenniennes connues en France, en Belgique, au Maroc et en Iran. C'est le domaine des marges de la Paléotéthys.

Domaine IIIb : domaine à *venula-reticulata*.

Le Famennien du NW australien est marqué par deux espèces spéciales : *Marginia venula* JONES, 1968 et *Marginia reticulata* JONES, 1968.

Domaine IIIc : domaine du Kazakhstan.

Bien qu'ayant les caractères fauniques généraux de la province III, le Famennien supérieur du Kazakhstan possède le genre *Moorites* et des Bairdiacea de grande taille. Ces caractères supplémentaires soulignent les affinités avec le domaine Ic.

PROVINCE IV : Province à *sinensis*.

Les quelques renseignements sur les Ostracodes famenniens de Chine montrent qu'une faune très particulière caractérise cette province qui semble donc assez isolée. La faune d'Ostracodes con-

tient des genres nouveaux de Kloedenellidae et des espèces nouvelles de *Cavellina*. Deux espèces sont particulièrement représentatives : *Perijonesina sinensis* HOU, 1955 et *Cavellina sinensis* HOU, 1955.

Les Ostracodes benthiques des autres provinces y sont absents.

PROVINCE V : Province à *solita*.

Le Famennien supérieur de Sibérie orientale possède une faune d'Ostracodes composée, entre autres, de Paraparchitacea et de Bairdiacea de grande taille. *Bairdia solita* BUSCHMINA, 1970 a été choisie pour symboliser ce dernier groupe. Ces caractères, ajoutés à la présence du genre *Moorites*, montrent les liaisons fauniques entre la province V et les domaines Ib, Ic, mais ici le genre *Serenida* est absent.

Conclusions :

L'extension des provinces I et III prouve que le chenal ouralien ne constituait pas une barrière réelle : il était probablement plus étroit que les auteurs tels que BRIDEN & alii (1974) ne le représentent. Par contre, la province IV du SE asiatique possède une faune d'Ostracodes d'aspect endémique, et le continent Mu devait être plus isolé que ne le pensent les auteurs cités en légende 81.

Au-delà des provinces énumérées précédemment, un cachet d'ensemble existe entre les provinces I, II, III et V par la présence d'espèces communes. Les principales sont :

Bairdia gr. *sinuosa* MOREY, 1935 : Ia, II, V.
Silenites gr. *warei* MOREY, 1935 : II, IIIa.
Bairdia gr. *eleziana* EGOROV, 1953 : I, IIIa.
Kloedenellitina alveolata TSCHIGOVA, 1960 : Ia, Ib, IIIa.
Platychilina praetexta KUMMEROW, 1939 : Ia, IIIa.
Bairdia (R.) confragosaeformis LETHIERS, 1981 : Ia, IIIa.
Bairdia (O.) romei LETHIERS, 1974 : Ia, IIIa.
Fabalicypris pseudoillustris LETHIERS, 1974 : Ia, IIIa.
Acratia subobtusa LETHIERS, 1974 : Ia, Ic, IIIa.

Beaucoup d'entre elles affirment les liaisons fauniques qui existaient entre Ia et IIIa.

5.5.- Conclusions générales.

Nous pouvons conclure sur quelques caractères fondamentaux de la trame paléobiogéographique des Ostracodes benthiques au Dévonien supérieur.

5.5.1.- Les limites des aires paléobiogéographiques s'arrangent parallèlement au paléoéquateur : le facteur climatique influence leur disposition. On peut distinguer la faune d'Ostracodes d'un hémisphère Nord (province I et IV au Frasnien ; province I et V au Famennien) et la faune d'Ostracodes d'un hémisphère Sud (provinces II et III au Frasnien ; provinces II, III, IV au Famennien). La limite des provinces située vers la Pologne et qui sépare les régions paléotéthysiennes de la Plate-forme russe pendant tout le Dévonien supérieur est probablement plus climatique que géographique. Le hiatus faunique entre l'Australie et le SE asiatique est en partie dû à ce facteur. Au Famennien, les limites entre Ia et II semblent obéir à la même logique et peut-être également entre Ic et V. Il est possible de distinguer une faune localisée près de l'équateur d'une faune des tropiques qui s'en écarte. Ainsi au Frasnien, les genres de Métacopes *Plagionephrodes, Polyzygia, Favulella, Jenningsina svantovites, Punctomosea* et *Eriella* caractérisent les faunes équatoriales alors que les Cavellinidae semblent s'éloigner des zones trop chaudes. Au Famennien, les Quasillitidae (*Graphiadactyllis, Ovatoquasillites*) et la faune du "Thuringer Ökotyp" *(Rectonariidae, Ceratacratia, Processobairdia,* etc....) sont aussi limitées aux zones équatoriales.

Remarque : Au Dévonien supérieur la répartition des terres et de mers si différente de l'actuel, notre méconnaissance des vents, des courants marins, etc... sont les raisons pour lesquelles je me limiterai aux généralités précédentes à propos du facteur climatique.

5.5.2.- Les barrières géographiques sont également responsables de la répartition des faunes d'Ostracodes au Dévonien supérieur. Le Iapetus du Sud est une limite de Province. Sa partie Nord au contraire est franchissable. L'importance du "couloir ouralien" a été probablement exagérée puisqu'au Famennien il ne constitue qu'une limite de domaine. Les barrières océaniques étaient effectives autour du continent Mu. L'extrémité Est de la Paléotéthys était assez large pour jouer un rôle de barrière dans la direction Nord-Sud.

5.5.3.- Entre le Frasnien et le Famennien on assiste au déplacement des limites d'aires paléobiogéographiques et à la division du domaine Nord Américain. Comme nous l'avons vu précédemment ces modifications semblent suivre celles des zones climatiques, c'est-à-dire celle de l'équateur. Néanmoins la comparaison des paléobiogéographies frasniennes et famenniennes permet de dégager les caractères permanents.

En premier lieu, la province paléotéthysienne est un fait constant : province à *Polyzygia* au Frasnien et province à *hypselarectonaria* au Famennien. Elle préside aux circulations Est-Ouest des faunes et aux communications Nord-Sud dans sa moitié Ouest plus étroite. Par cette province les faunes d'Ostracodes réparties en Ardenne, dans le Maghreb et dans l'Elburz ont un cachet commun.

Le deuxième trait permanent est l'importance des communications fauniques sur les marges septentrionales du Continent Nord-Atlantique. Le passage était climatiquement favorable puisque situé vers une latitude à peu près constante.

Le troisième caractère constant semble être l'isolement de la province du SE asiatique.

De telles conclusions sont en accord avec les hypothèses emises par HOUSE (1971) d'après l'examen général des faunes dévoniennes.

5.5.4.- Au cours de l'établissement des limites paléobiogéographiques des faunes d'Ostracodes au Dévonien supérieur d'une part, et de l'étude paléoécologique des Ostracodes famenniens dans l'Ouest du Canada d'autre part, quelques règles générales nous sont apparues.

Une province paléobiogéographique est typiquement caractérisée par un genre dont les espèces sont uniformément réparties. Son périmètre coïncide souvent avec celui d'une région climatique.

Un domaine paléobiogéographique peut se distinguer soit par un ou plusieurs genres abondamment représentés soit par une espèce qui est adaptée à tous les faciès de ce domaine. Il correspond parfois à une région géographique naturelle actuelle (ex. Plate-forme Ouest canadienne, Plate-forme russe).

Un district paléobiogéographique est principalement défini par des espèces d'Ostracodes endémiques à un faciès donné du domaine.

A propos de la répartition des espèces d'Ostracodes dans les différentes aires paléobiogéographiques, il est possible de distinguer 4 catégories d'espèces :

a) Des espèces communes à plusieurs provinces et uniformément réparties car peu liées aux faciès. Elles montrent des variations intraspécifiques importantes ainsi qu'une répartition verticale voisine de l'étage ou plus.

Ex. : *Amphissites* gr. *irinae* EGOROV, 1953 au Frasnien.

Bairdia gr. *sinuosa* MOREY, 1935 au Famennien supérieur-Mississipien basal.

b) Des espèces présentes dans plusieurs provinces mais dépendantes du faciès, c'est-à-dire inféodées à certains districts à l'intérieur des différentes provinces.

Ex. : *Kloedenellitina alveolata* TSCHIGOVA, 1960 du Famennien supérieur.

Cette espèce est inféodée à la Formation Big Valley dans l'Ouest du Canada, mais elle est également connue en Ardenne belge et en Russie.

c) Des espèces limitées à un domaine ou plus rarement à une province donnée, sans être liées au faciès et donc uniformément réparties. Les variations intraspécifiques sont également importantes dans cette catégorie.

Ex. : *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 du Famennien de l'Ouest du Canada.

Polyzygia neodevonica (MATERN, 1929) du Frasnien de la Paléotéthys.

d) Des espèces endémiques à un ou deux districts c'est-à-dire liées à certains faciès. Elles sont nombreuses, parfois très proches d'espèces endémiques d'autres provinces ce qui souligne leur origine cladogénétique. En cela, elles s'opposent aux espèces ubiquistes des catégories précé-

dentes qui proviennent généralement d'une évolution anagénétique à partir d'une espèce endémique sous-jacente.

5.5.5.- De telles conclusions paléobiogéographiques conduisent vers une application biostratigraphique. Pour assurer des corrélations internationales basées sur l'étude des Ostracodes benthiques, la démarche que nous proposons d'adopter est la suivante :

a) Etablissement d'une zonation à l'intérieur des districts puis des domaines paléobiogéographiques.

b) Ajustement de ces chartes régionales entre elles par les Entomozoïdae s'ils sont présents, ou de proche en proche par des Ostracodes benthiques cosmopolites.

c) Choix d'espèces d'Ostracodes benthiques communes à plusieurs domaines ou provinces paléobiogéographiques pour construire quelques zonations de valeur internationale et qui assureront les corrélations à l'échelle mondiale.

Les faits et la synthèse paléobiogéographique présentés dans ce travail sont des données brutes. Ultérieurement elles devront être corrélées avec celles de la géodynamique et constituent une pierre dans l'édifice de la géologie historique.

-6-

CONCLUSIONS GENERALES

"Dût-on exciter toutes les indignations
et heurter tous les préjugés, il faut
le dire, parce que c'est la vérité :
Etre plus, c'est d'abord savoir plus".

Pierre Teilhard de Chardin, 1920

SOMMAIRE

Pages

6.1. - L'acquis systématique..... 344

6.2. - L'apport biostratigraphique..... 349
6.2.1.- Zonations, corrélations..... 349
6.2.2.- Les répartitions sigmoïdales des plates-formes.. 351
6.2.3.- Remarques sur l'établissement et l'utilisation des zonations..... 358

6.3. - L'approche paléoécologique..... 358
6.3.1.- Faciès et distribution des Ostracodes..... 359
6.3.2.- Synthèse paléoécologique concernant les principaux groupes d'Ostracodes au Dévonien supérieur. 361
6.3.3.- Les variations intraspécifiques..... 367
6.3.4.- L'acquis paléobiogéographique..... 371

6.4. - Quelques perspectives..... 371

RESUME

Dans ce travail, 245 espèces ont été étudiées ou révisées et figurées, dont 76 nouvellement instituées. Un genre a été créé et les définitions de nombreux autres précisées. La présence simultanée des larves et des adultes ne dépend pas uniquement du facteur transport.

Nous avons établi une zonation à dix divisions en Ardenne et Boulonnais, et à 7 divisions dans l'Ouest du Canada. Les correspondances avec les biozonations préexistantes sont fixées. Les répartitions stratigraphiques des espèces peuvent s'interpréter en fonction des cycles sédimentaires : c'est le concept des "répartitions sigmoïdales des plates-formes".

La paléoécologie des Ostracodes est abordée dans les rapports avec le faciès. Les affinités de neuf groupes et associations du Dévonien supérieur sont récapitulées. On évoque enfin quelques cas de variations phénotypiques sous l'influence du milieu ainsi que l'importance des schémas paléobiogéographiques.

6.- CONCLUSIONS GENERALES.

6.1.- L'acquis systématique.

La systématique des Ostracodes a été considérée comme un des objectifs fondamentaux de ce travail. Elle est la condition *sine qua non* de la fiabilité d'une zonation et le fondement des reconstitutions paléoécologiques.

245 espèces ont été étudiées et figurées selon les règles de la nomenclature internationale. Parmi celles-ci 76 espèces nouvelles sont instituées dont 54 pour l'Ouest du Canada. A chaque fois, une attention spéciale a été portée sur la composition de la diagnose spécifique et sur l'étude des rapports et différences avec les espèces voisines.

Un diagramme de dispersion accompagne les descriptions lorsqu'il s'est avéré significatif ; il met en évidence les stades larvaires, le nuage spécifique des adultes et d'éventuels dimorphismes. Les types des nouvelles formes sont déposés dans des collections librement accessibles : collection de la Commission Géologique du Canada à Ottawa, collection de l'Université de Saskatoon (Saskatchewan, Canada) et collection de l'Université de Lille. Avec les publications faisant partie de cette thèse, 58 planches photographiques illustrent les espèces étudiées.

Les variations intraspécifiques importantes posent quelques problèmes pour cerner l'espèce. Nous avons dû étudier spécialement certaines d'entre elles eu égard à leurs rôles biostratigraphique et paléogéographique. Tel fut le cas de *Bairdia (O.?) hypsela* ROME, 1971, qui caractérise le Strunien de la Province paléotéthysienne. Nous avons révisé les caractères de cette espèce (LETHIERS, 1975) par une étude en sections polies, une étude biométrique (Fig. 84) et une comparaison des types belges au type américain de *Bairdia hypsoconcha* GIBSON, 1955. Il s'avéra, entre autres, que les espèces *Bairdia hypsela* ROME, 1971, *Orthobairdia dorsocurvata* ROME, 1971 et *Orthobairdia oxia* ROME, 1971 étaient synonymes. Tel fut le cas également pour les variations de *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 caractéristique du Domaine Ouest-canadien au Famennien, et pour les variations de *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978, espèce dominante dans la Formation

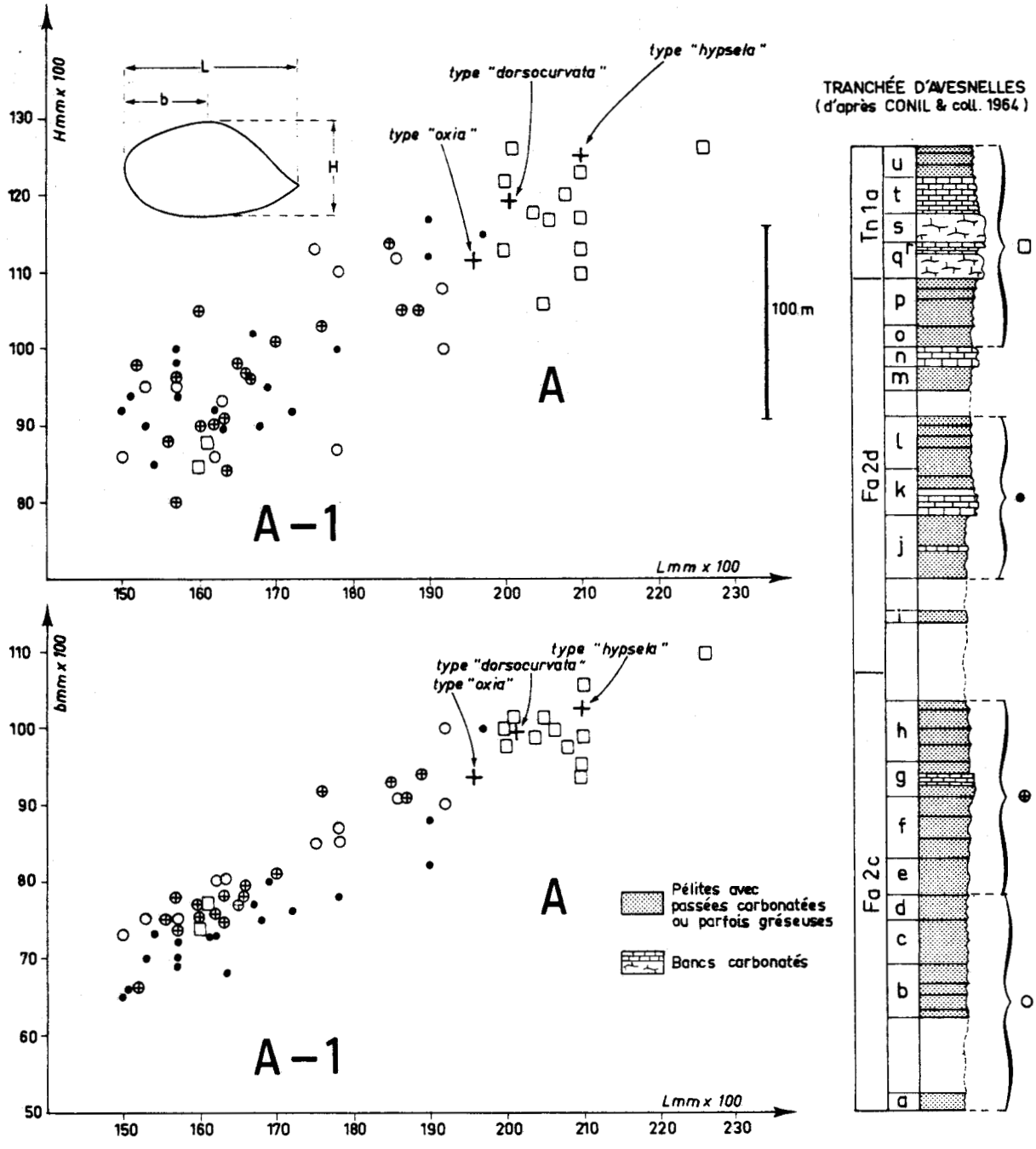


Fig. 84 : *Bairdia (O.?) hypsela* ROME, 1971 émendée, comparée avec les types décrits par ROME. Tranchée d'Avesnelles, gisement ardennais n° 1, Famennien terminal-Strunien. D'après LETHIERS (1975b).

A = Adultes, A-1 = dernier stade larvaire. Les carrés, cercles, croix et points représentent des individus à différents niveaux de la série notée à droite.

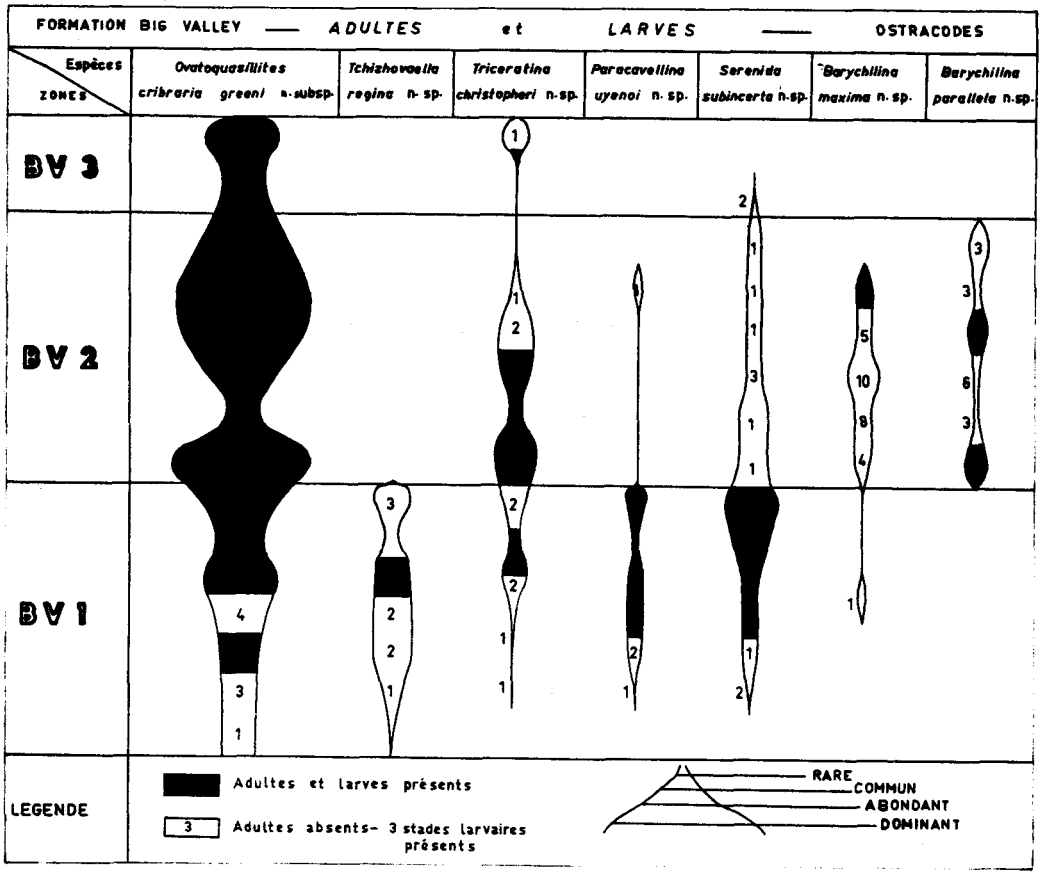


Fig. 85 : Rapports entre l'abondance en individus et la présence des adultes pour quelques espèces d'Ostracodes de la Formation Big Valley. Famennien terminal-Strunien, Saskatchewan et Alberta, Canada. D'après LETHIERS (1978).

BIS LILLE

Big Valley. Nous examinerons ces deux formes à propos des résultats paléoécologiques (p.367). Néanmoins tout n'est pas résolu dans le domaine de la systématique. Citons par exemple *Amphissites* cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913) mondialement répandu au Frasnien (voir p. 329). Pour réviser cette forme ou ce groupe de formes il sera nécessaire de regrouper des types provenant d'Australie, de Russie, d'Europe, d'Afrique du Nord, du Canada et de procéder à un examen poussé des ornementations : ce travail représente un sujet qui sortait du cadre de notre étude. Pour *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972, c'est essentiellement la pauvreté de la fossilisation qui nous fait adopter la nomenclature ouverte depuis dix ans. Dans les shales et psammites du Famennien inférieur ardennais l'ornementation des tests est défectueuse : l'espèce est apparemment lisse, mais il est possible qu'une fine réticulation existe. La solution se trouve dans l'étude de cette forme en Afrique du Nord et au Moyen-Orient où la conservation est, semble-t-il, meilleure. De même les cas de *"Kloedenia" dillensis* (MATERN, 1929) et de *"Bairdia" pseudomagna* STEWART & HENDRIX (1945), connus à l'état de moules internes dans le faciès "Matagne" du Frasnien supérieur Ouest ardennais, ont dû être réservés. La première espèce appartient probablement à la Famille Hollinellidae tandis que la deuxième représente certainement un nouveau genre dans la Famille Entomozoidae (CASIER, 1975). Ainsi, un champ d'études systématiques détaillées de plusieurs espèces reste à parcourir.

A la faveur d'une abondante récolte d'Ostracodes juvéniles dans la Formation Big Valley, nous avons proposé un facteur, autre que celui lié à la courantologie (voir p. 82), pour rendre compte de la présence simultanée possible des adultes et des larves (Fig. 85). Les individus matures sont généralement présents vers l'acmé de l'espèce, alors qu'on les récolte rarement lors de l'apparition et de la disparition de celle-ci où les premiers stades larvaires sont souvent seuls représentés.

Cette observation suggère que l'espèce est mieux adaptée au milieu pendant son acmé. De nombreuses larves peuvent alors se développer et atteindre le stade des adultes qui ont statistiquement plus de chance d'être fossilisées. L'inverse se produit aux extrémités de la répartition stratigraphique.

EMPREINTE MUSCULAIRE	LIGNE DE LA CHARNIERE	STRUCTURE MARGINALE	EPAULES POSTERIEURES (vue dorsale)	ORNEMENTATION	EPINES POSTERO-VENTRALES	SILHOUETTE LATERALE	CARACTERES / GENRES
lisse	déprimée dans une invagination	absente ou vestigiale	développées	ordonnée	présentes et fortes	rectangulaire à subrectangulaire	*Quasillites* CORYELL & MALKIN, 1936
		antérieure, faible	plus ou moins développées	non ordonnée	présentes ou vestigiales	subrectangulaire à subovale	*Ovataquasillites* n. gen.
réticulée, petite alvéole possible		absente ou vestigiale		plus ou moins ordonnée	possibles		*Eriella* STEWART & HENDRIX, 1945 = *Abursus* LORANGER, 1954 = *Athabaskella* LORANGER
lisse	non déprimée		développées	ordonnée	absentes		*Scalptina* STOVER, 1956
			absentes	non ordonnée	possibles		*Ponderodictya* CORYELL & MALKIN, 1936
plus ou moins lisse	faiblement déprimée	antérieure présente		ordonnée	présentes		*Graphiadactylloides* GREEN, 1963
ornementée mais sans alvéole distincte	déprimée dans une invagination				absentes		*Graphiadactyllis* ROTH, 1929, emend. GREEN, 1963
		marquée sur les bords libres			possibles		*Craspedographylus* GREEN, 1963
		absente ou vestigiale	plus ou moins développées		absentes		*Costatia* POLENOVA, 1951
							Svantovites POKORNY, 1951
alvéole ombiliquée	non déprimée		développées				*Jenningsina* CORYELL & MALKIN, 1936

Fig. 86 : Critères pour définir les genres de la Famille Quasillitidae. Tiré de LETHIERS (1978).

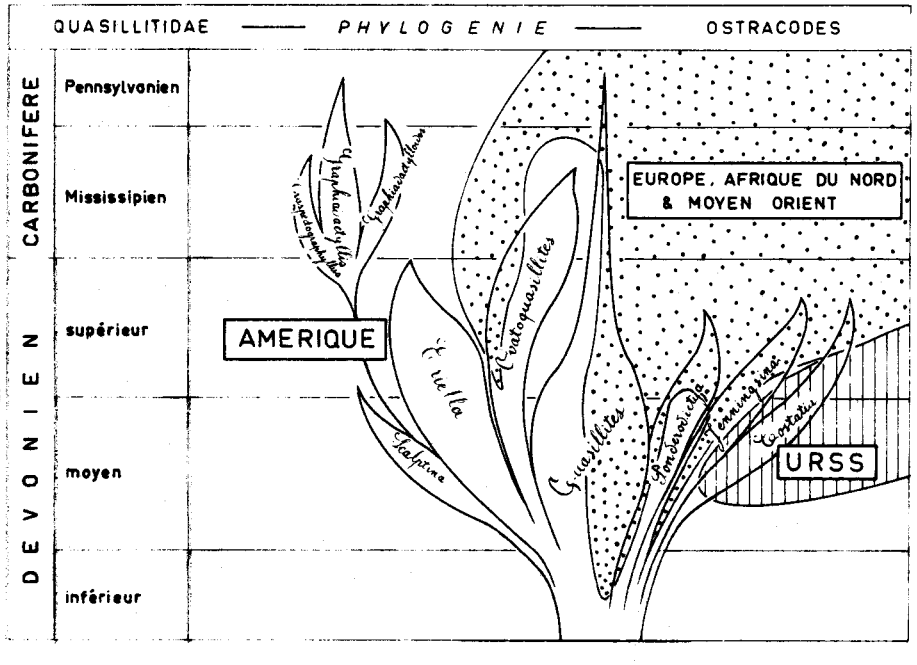


Fig. 87 : Liaisons phylogéniques entre les genres de la Famille Quasillitidae. D'après LETHIERS (1978).

BIS LILLE

Un seul nouveau genre est institué : *Ovatoquasillites* LETHIERS, 1978 ; un autre, noté "*Acratia*" (LETHIERS, 1981), est également nouveau mais sa définition est en attente, le matériel est trop rare actuellement. Il fut nécessaire de préciser les définitions de certains genres dont l'utilisation est fréquente dans le Dévonien supérieur. En 1978 nous avons révisé celles de la Famille Quasillitidae (Fig. 86) et établi leur phylogénie (Fig. 87), puis de nombreux genres de Kloedenellacea (LETHIERS, 1980, 1981), de Barychilinidae et Aechminellidae (LETHIERS, 1981).

6.2.- L'apport biostratigraphique.

Outre l'étude systématique, l'application biostratigraphique constitue un apport important de ce travail. L'établissement de zonations et la connaissance de nombreuses répartitions stratigraphiques nous autorisent à proposer un nouveau concept : celui des répartitions sigmoïdales de plates-formes, qui enrichit le champ de la biostratigraphie.

6.2.1.- Zonations, corrélations.

Dans ce domaine nous avons focalisé nos efforts dans trois directions :

a) Construire des zonations biostratigraphiques fondées sur les Ostracodes. Au départ, il convenait de se référer aux biozonations préexistantes, c'est-à-dire aux zones à Céphalopodes, à Conodontes, à Entomozoïdés, à Spores, à Foraminifères et aux nombres repères du Symposium de Namur (1974). Dans le Dévonien supérieur ardennais, les descriptions d'affleurements de SARTENAER (1956, 1960, 1970, 1974), fondées sur les zones à Brachiopodes, ont été précieuses. Les relevés biostratigraphiques de CONIL (1964, 1973) utilisant les zones à Foraminifères et à Conodontes ont également constitué les trames de nos prélèvements. En construisant les zonations basées sur les Ostracodes, notre souci fut de mettre au point un outil efficace et facilement utilisable.

En Ardenne et en Boulonnais, une zonation fondée sur l'analyse des Ostracodes a permis de distinguer 10 divisions dans le Dévonien supérieur. Elle est entièrement nouvelle dans le Famennien où les Ostracodes étaient peu connus jusqu'alors. Des subdivisions plus fines pourront être distinguées dans la partie moyenne du Frasnien et dans le Famennien comme notre charte biostratigraphique le suggère. Les grandes lignes de cette zonation en Boulonnais-Ardenne sont utilisables dans l'Ouest de la Province paléotéthysienne.

Dans l'Ouest du Canada, 7 zones à Ostracodes ont été instituées dans les terrains d'âges frasnien supérieur, famennien et strunien. Les Ostracodes de ces niveaux sont présentés pour la première fois. L'intérêt particulier de cette zonation est d'être efficace dans les études en subsurface sur la Plate-forme interne canadienne.

On pourrait être surpris de ne voir aucun essai de zonation valable à la fois en Europe et dans l'Ouest du Canada. Jusqu'ici les espèces communes ne sont pas assez nombreuses : nous avons démontré qu'il s'agit de Provinces paléobiogéographiques différentes.

Remarque : Il est intéressant d'observer qu'une estimation grossière de la durée moyenne d'une zone à Ostracodes aboutit au même résultat que ce soit au Canada ou en Europe occidentale : 1,4 million d'années. La durée moyenne des zones est un champ de recherches à explorer en se fondant sur des comparaisons entre bassins et plate-formes, entre domaines paléobiogéographiques, entre différents groupes, etc.....

b) Caractériser les limites des étages et sous-étages du Dévonien supérieur par les faunes d'Ostracodes. En particulier les limites ostracodologiques Frasnien/Famennien et Famennien/Strunien sont maintenant établies dans les régions-types ardennaises.

c) Situer les unités lithostratigraphiques dans l'échelle chronostratigraphique. On aboutit à mettre en évidence un diachronisme plus ou moins accentué de celles-ci. Les Formations étudiées dans l'Ouest du Canada ont été replacées pour la première fois avec précision dans les divisions du Dévonien supérieur. Nous avons ainsi déterminé exactement les passages latéraux de faciès, ce qui permet d'effectuer les compa-

raisons paléoécologiques entre faunes de faciès différents mais contemporains. Des lacunes stratigraphiques apparaissent notamment au niveau du Famennien supérieur-Strunien dans l'Ouest du Canada et le Boulonnais. Des cycles sédimentaires sont confirmés pour la Formation Big Valley en Saskatchewan-Alberta et pour la série dévonienne en Boulonnais.

6.2.2.- Les répartitions sigmoïdales des plates-formes (Fig. 88).

a) Mise en évidence.

Au cours de ce travail, l'étude des séries stratigraphiques dans chaque gisement a permis de construire un tableau biostratigraphique. Sauf exception, les noms des espèces récoltées sont disposées dans ces tableaux, non pas d'une façon quelconque, mais ordonnées selon la règle suivante : nous avons rangé les espèces de manière à ce que les apparitions de celles-ci dessinent une ligne qui monte de la gauche vers la droite. En d'autres termes, lorsqu'on se déplace sur l'axe de l'abscisse du tableau à partir de l'origine, on rencontre les espèces qui sont apparues de plus en plus tardivement.

A partir d'une telle construction*, il s'avéra que les extinctions d'espèces avaient tendance à s'ordonner de manière à ce qu'elles interviennent de plus en plus tardivement de la gauche vers la droite. Dans un cycle sédimentaire donné, l'ensemble des répartitions d'espèces dessine ainsi un fuseau en S ou sigmoïde. Par exemple, cette figure apparaît nettement dans le sondage n° 18 des Territoires du NW (Tabl. 20), dans le tableau général des répartitions dans l'Ouest du Canada (Tabl. 23) ; on le devine dans la Formation Big Valley (Tabl. 8 et 9). D'après W.K. BRAUN (communication personnelle) des répartitions sigmoïdales existent également dans le Dévonien moyen de l'Ouest canadien. Nous pensons que la théorisation du phénomène ouvre une nouvelle voie dans le domaine de la biostratigraphie tout en étant conscient des exceptions qui contrarient ce schéma et qui seront discutées.

b) Présentation du concept.

Dans l'étude d'une coupe géologique ou d'un sondage comportant un cycle sédimentaire, les répartitions d'espèces d'Ostracodes peuvent s'arranger selon une allure sigmoïdale où trois phases se reconnaissent et s'interprétent de la façon suivante (voir Fig. 88).

---

* Il est important de rappeler que cette construction ne concerne qu'un seul gisement (coupe géologique ou sondage), donc un site ponctuel.

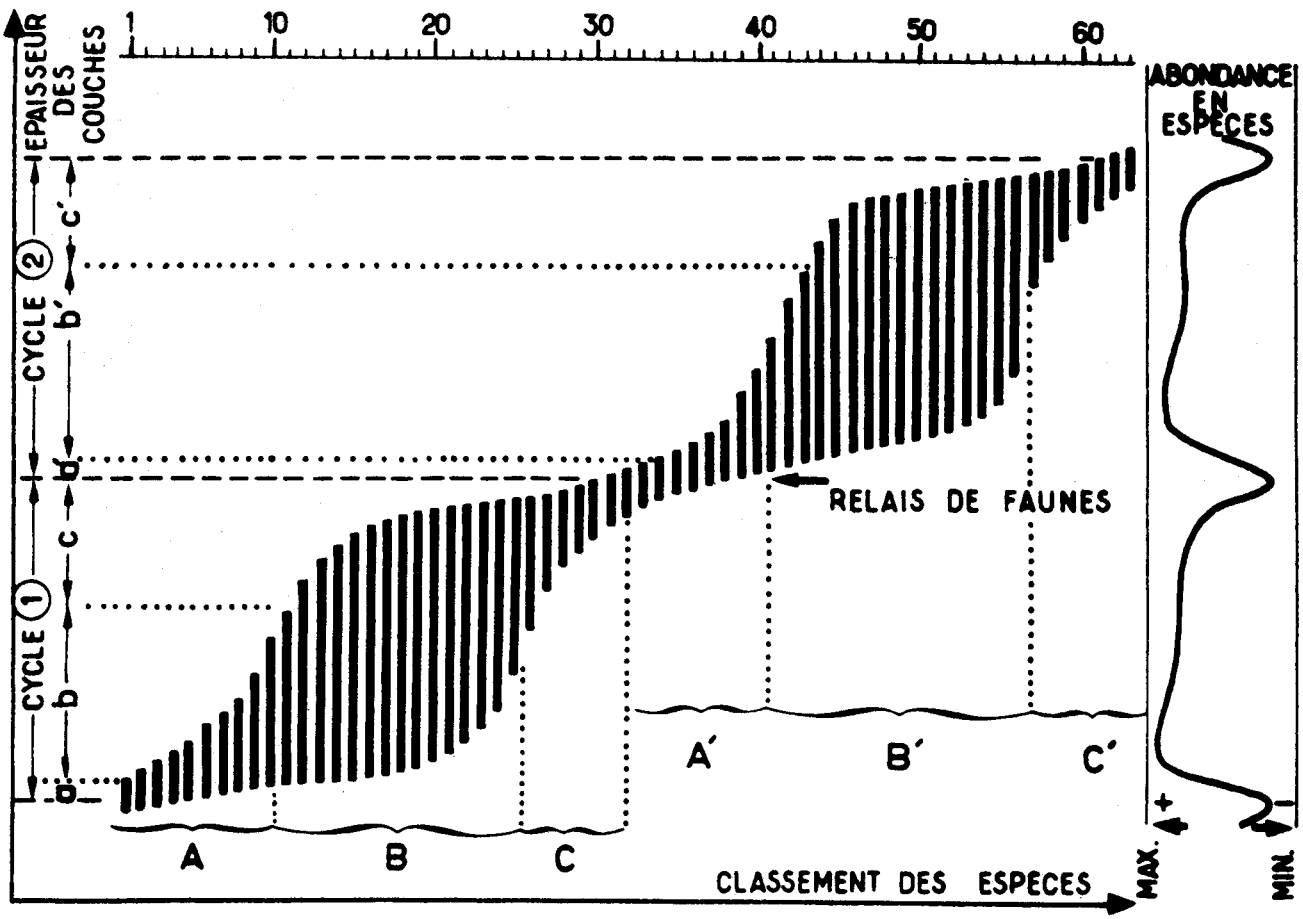


Fig. 88 : Schéma illustrant le concept des répartitions sigmoïdales des plates-formes dans deux cycles sédimentaires d'un même gisement. Les numéros 1 à 60 sont ceux de chaque espèce. Un trait noir épais représente la répartition stratigraphique d'une espèce.

a, a', etc... = phases d'installation faunique.

b,b', etc.... = phases de stabilisation faunique.

c, c', etc... = phases de renouvellement faunique.

A, A', etc... = espèces de la phase d'installation.

B, B', etc... = espèces de la phase de stabilisation.

C, C', etc... = espèces de la phase de renouvellement.

BUS LILLE

- Une phase d'installation faunique (a) correspond au début de la transgression : le milieu est généralement marin franc, infralittoral supérieur. Comme la bathymétrie et les conditions générales se modifient rapidement, peu d'espèces s'y adaptent (groupe A) et leur temps de vie dans le domaine donné* est relativement court.

- Une phase de stabilisation faunique (b). Le maximum de la transgression est atteint ; la bathymétrie et les conditions générales se stabilisent (milieu infralittoral à circalittoral). De ce fait un lot d'espèces plus abondantes (B) a la possibilité de prendre place et de vivre plus longtemps, sans variations : le milieu est conservateur. C'est le cas, par exemple, des espèces du Frasnien inférieur en Boulonnais-Ardenne ou de nombreuses espèces du Famennien de l'Ouest du Canada.

Les espèces des groupes A et B sont issues de cladogenèses et d'anagenèses avec migration importante (origine paléobiogéographique différente) ou faible (même domaine paléobiogéographique). Cette affirmation est suggérée par la grande parentée entre certaines espèces de la plate-forme Ouest canadienne et de la plate-forme russe d'une part et entre certaines espèces des cycles sédimentaires de chacune de ces plates-formes d'autre part.

- Une phase de renouvellement faunique (c). La régression s'installe ; la bathymétrie et les conditions générales se modifient et tendent vers des milieux marins restreints, interditaux, supratidaux, etc.... Face à ces changements paléoécologiques, les espèces du groupe B, soit ne peuvent survivre (extinction), soit s'adaptent par évolution anagénétique. Un exemple est donné à la limite Frasnien/Famennien en Ardenne par des espèces telles que *Amphissites* cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913), *Jenningsina lethiersi* BECKER, 1971, *Svantovites magnei* BECKER, 1971 et *Punctomosea weyanti* BECKER, 1971 qui se présentent sous un stade sous-spécifique avant de disparaître (LETHIERS, 1974c). En même temps un nouveau lot d'espèces adaptées aux nouveaux environnements apparaît (groupe C). Elles proviennent des anagénèses précédentes ou d'anagénèses allopatriques. Ces espèces ont une courte durée, le milieu évoluant rapidement. Toujours dans le même exemple citons les espèces *Microcheilinella senzeillesensis* LETHIERS, 1974 et *Acratia paraschelonica* LETHIERS, 1974. Le nombre d'espèces diminue à la fin de la phase c.

---

* On peut estimer qu'une même dynamique paléogéographique a lieu dans un domaine donné.

Fig. 89 : Illustration schématique des répartitions sigmoïdales sur une plate-forme.

I.- La transgression débute et l'association d'espèces du groupe A se développe au cours de la phase d'installation faunique (a).

II.- Le maximum de transgression est atteint. Dans ce milieu plus stable, les nouvelles espèces du groupe B s'installent pendant la phase de stabilisation faunique (b) alors que celles du groupe A disparaissent.

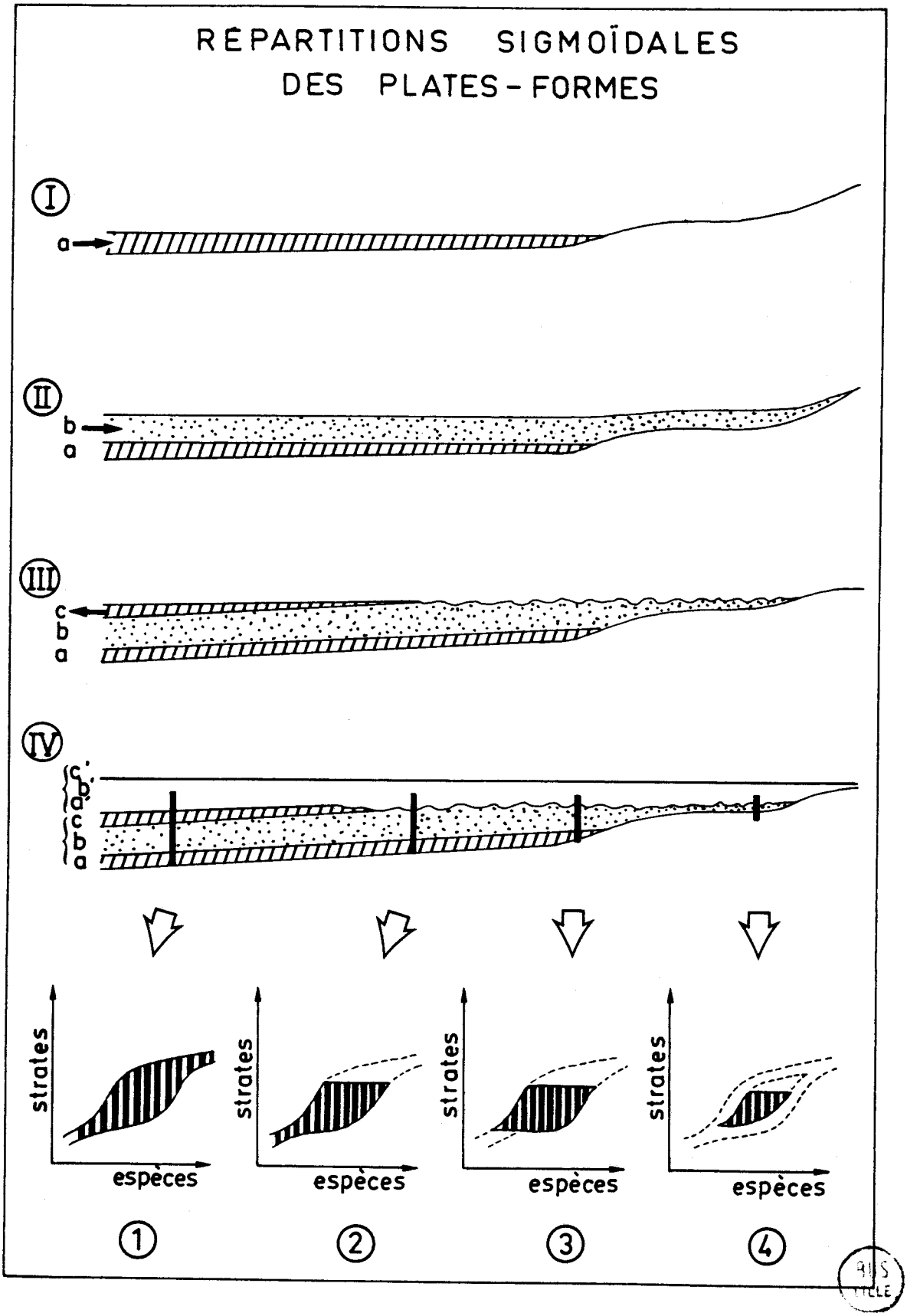
III.- La régression entraîne l'apparition de nouvelles espèces du groupe C qui s'épanouissent pendant la phase de renouvellement (c).
Les sédiments proches du continent sont érodés.

IV.- Le cycle précédent peut se répéter : a', b, c". Quatre sondages révèlent des répartitions différentes selon les endroits.

1/ Au sondage 1, les répartitions dessinent une sigmoïde complète lorsque les couches sont conservées. C'est approximativement le cas dans notre sondage n° 18, Imperial Island River 1, des Territoires du NW au Canada (Tabl. 20).

2/ Les sondages 2 et 3 présentent des répartitions dont les sigmoïdes sont décapitées par l'érosion. Cette troncature est générale au sommet des calcaires de la Formation Wabamun en Alberta. Elle peut s'observer dans nos sondages n° 14 et 16 par exemple (Tabl. 16, 18).

3/ Au sondage 4, les faciès peu profonds du maximum de de transgression contiennent une répartition sigmoïdale également tronquée mais dont la composition spécifique peut se distinguer. L'exemple est donné par la Formation Big Valley du Sud de l'Alberta et du Saskatchewan (Tabl. 8 et 9).


RÉPARTITIONS SIGMOÏDALES
DES PLATES-FORMES
I
a
II
b
a
III
c
b
a
IV
c'
b'
a'
c
b
a
strates
espèces
1
strates
espèces
2
strates
espèces
3
strates
espèces
4

Un relais de faunes existe entre deux répartitions sigmoïdales puisque peu d'espèces sont communes entre les phases c et a'. On observe ce phénomène vers les limites Givétien/Frasnien (Tabl. 4), Frasnien/Famennien (Tabl. 1) et Dévonien/Carbonifère (Tabl. h.-t. 1). Dans cette étape, le nombre des espèces est minimal.

Les extinctions d'espèces dont il est question dans ce concept sont des extinctions du type général, spécialement pour les espèces restreintes à un domaine paléogéographique donné. Les espèces ubiquistes, qui font souvent partie du groupe B, ont également des extinctions approximativement isochrones dans la mesure où les évènements paléogéographiques majeurs ont des répercussions à l'échelle de la Province ou plus.

En conclusion, la Fig. 89 illustre l'installation d'une répartition sigmoïdale.

c) Conséquences.

Ce concept permet d'interpréter certains phénomènes qui restaient inexpliqués jusqu'ici.

- Les variations d'abondance du nombre d'espèces. On comprend que la phase b et la base de la phase c contiennent le maximum d'espèces alors qu'une chute d'abondance s'enregistre à la limite des phases c et a' (voir le Tabl. h.-t. 1).

- Les variations d'extensions verticales des espèces. Notre concept rend compte de la vaste répartition verticale de certaines espèces alors que d'autres possèdent une courte extension. En d'autres termes, on comprend qu'il existe des périodes de stabilité spécifique alternant avec des périodes de spéciation. Une telle interprétation concorde avec les observations de DONZE (1976) sur les Ostracodes du Crétacé inférieur dans le bassin vocontien des Alpes occidentales. Cet auteur enregistre une "durée de vie" des espèces qui est plus longue lorsque le milieu devient plus profond.

- L'irrégularité des zones biostratigraphiques. Les zones que le biostratigraphe s'efforce de distinguer sont évidemment larges et peu nombreuses en phase b, alors qu'elles sont étroites et plus nombreuses dans les phases a et c.

Ainsi les zones DSO2 (Frasnien en Boulonnais-Ardenne), DSO7-DSO8 (Famennien-Strunien ardennais), DFA2 (Famennien de l'Ouest canadien) sont plus étendues que les zones adjacentes.

- La situation des grandes coupures biostratigraphiques. Elles prennent place évidemment au niveau du relais de faunes, entre deux répartitions sigmoïdales. En général, les limites historiques d'étages furent placées à ces endroits.

Une application fondamentale découle de notre concept : on pourra reconnaître l'existence d'un cycle sédimentaire à partir d'un sondage ou d'une coupe géologique : il suffira de découvrir une répartition de type sigmoïdal dans l'étude biostratigraphique.

Enfin, nous pensons que ce concept pourra probablement se retrouver dans d'autres groupes paléontologiques.

d) Critique.

Tout ce qui précède ne s'applique qu'en domaine de plate-forme géologique où les mouvements de transgression et de régression entrainent des bouleversements rapides.

Notre synthèse théorique subit des exceptions : des espèces apparaissant en phase (a) peuvent se poursuivre loin en phase (b). Inversement certaines espèces à courte extension existent parfois en phase (b). Cet aspect "négatif" se remarque dans le Tabl. h.-t. 1 par exemple. En effet, d'autres facteurs conditionnent les extensions spécifiques et interfèrent avec notre schéma. Le climat par exemple peut varier au cours d'un cycle sédimentaire ; plusieurs zones climatiques peuvent exister sur une plate-forme donnée comme cela fut le cas pour la plate-forme Ouest-canadienne. Les variations générales de salinité, du magnétisme, etc.... sont d'autres causes probables. Le facteur phylogénique que nous avons déjà invoqué (p.245) interfère également.

L'aspect sigmoïde des répartitions peut être tronqué à sa base lorsque la transgression est très rapide. Cette tendance existe à la limite Givétien/Frasnien en Boulonnais-Ardenne. Le même phénomène de troncature peut s'observer au sommet quand la régression est très rapide ou suivie d'une émersion avec érosion. C'est souvent le cas de la limite supérieure du Dévonien dans l'Ouest du Canada. Pendant le maximum de transgression (= phase de stabilisation), la région proche du littoral peut contenir des espèces inféodées à ce milieu. De

ce fait la composition spécifique y sera différente de celle de la répartition sigmoïdale de la plate-forme externe (voir Fig. 89, sondage 4).

Ces exceptions ou interférences sont donc explicables et ne s'opposent pas à l'existence du phénomène dont notre concept rend compte.

6.2.3.- Remarques sur l'établissement et l'utilisation des zonations.

Nos biozones furent établies à l'aide des extensions spécifiques maximales. En principe, celles-ci sont déterminées en comparant les répartitions verticales d'espèces dans le plus grand nombre possible de gisements. Nous éliminons ainsi les aléas d'extension dus aux influences locales du milieu sur la fréquence de chaque espèce, ceci étant particulièrement vrai dans les études en subsurface.

Dans un horizon donné, lorsque nous découvrons un marqueur ou une association caractéristique, nous n'affirmons pas qu'il s'agit de la zone correspondantemais que nous sommes à l'intérieur de celle-ci.

La façon d'établir et d'utiliser les zonations d'Ostracodes benthiques est différente, semble-t-il, chez PEYPOUQUET (1979) qui limite la zone à l'extension du marqueur dans un sondage donné. De ce fait, cet auteur constate une inadéquation entre les zones à Foraminifères planctoniques et ses zones à Ostracodes benthiques, et conclut à l'impossibilité d'utiliser les Ostracodes benthiques en biostratigraphie.

Nous ne pouvons souscrire à une telle affirmation. D'ailleurs l'ensemble de la paléontologie démontre que tous les groupes fossiles peuvent servir efficacement en biostratigraphie à condition d'y définir et d'y décrire les taxons avec précision.

6.3.- L'approche paléoécologique.

Les apports à la connaissance de la paléoécologie des Ostracodes qui découlent de ce travail pourront paraître décevantes, eu égard aux résultats obtenus lors d'études des formes mésozoïques et plus en-

core des formes cénozoïques. Outre que la paléoécologie n'était pas le but principal de notre étude, la méthode actualiste s'applique difficilement aux Ostracodes paléozoïques et l'interprétation de leur paléoenvironnement en est moins aisée : rappelons-nous celle du faciès "Matagne" qui est passée, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, de la zone bathyale à la zone infralittorale ! Nous pensons qu'en paléoécologie des Ostracodes paléozoïques un progrès significatif ne pourra s'accomplir qu'à la faveur d'une étude précise et complète d'une série associant paléontologie et géochimie. Néanmoins notre travail nous autorise à présenter des conclusions paléoécologiques à la faveur de comparaisons entre les associations d'Ostracodes et les faciès.

6.3.1.- Faciès et distribution des Ostracodes.

Une partie des faunes d'Ostracodes étudiées est liée aux faciès soit par une fossilisation sélective (spécialement les Entomozoïdés), soit par affinité paléoécologique.

Nous avons insisté sur le rôle de la conservation (= fossilisation, diagénèse et extraction) qui se superpose, souvent en la renforçant, à l'influence des facteurs paléoécologiques (Fig. 90). A ce propos, trois constatations s'imposent :

- Un faciès donné qui ne contient pas d'Ostracodes peut provenir d'un milieu ayant porté une faune d'Ostracodes à l'origine.
- La composition qualitative et quantitative d'une faune d'Ostracodes dans un faciès donné (= le cortège ostracodique) n'est pas obligatoirement celle de la population d'origine.
- Le maximum d'abondance des Ostracodes se rencontre dans les marnes, calcaires argileux et alternances de lits argilo-calcaires, alors que leur rareté coïncide avec les arénites et les éléments micacés.

En Ardenne, notre démarche fut essentiellement de caractériser les associations par la connaissance de la paléogéographie et du paléoenvironnement révélés par l'étude du faciès. Dans l'Ouest du Canada nous avions, en outre, la possibilité de comparer les associations dans trois faciès hétéropiques. A l'aide de ces données nous avons

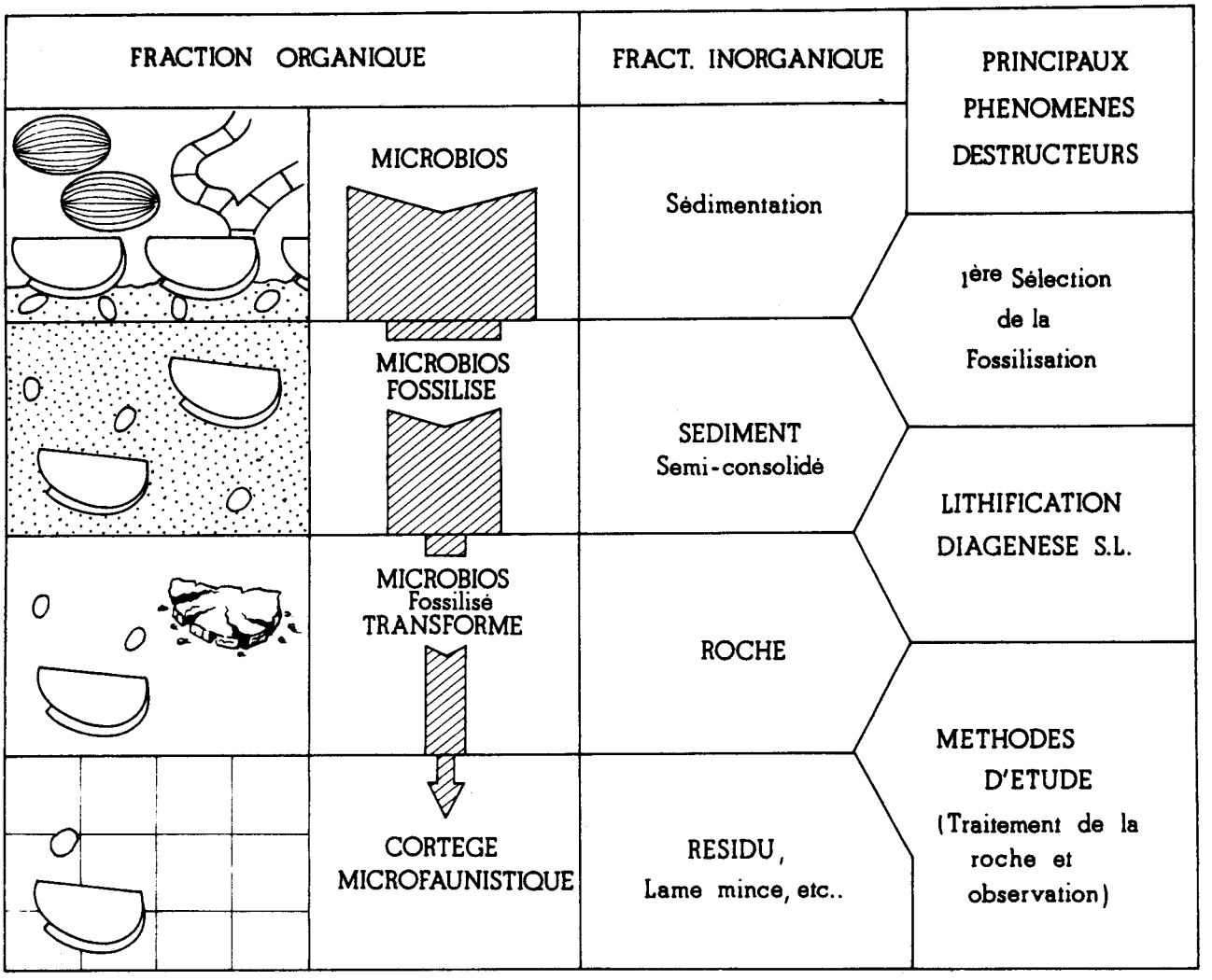


Fig. 90 : Le devenir du microbios depuis la population vivante jusqu'au cortège microfaunique accessible au chercheur.
La composition de départ comprend schématiquement un filament algaire, deux Ostracodes pélagiques, trois Ostracodes benthiques vrais et quatre Ostracodes benthiques fouisseurs.

BUS LILLE

pu fixer les zones de vie des principaux groupes d'Ostracodes connus.

6.3.2.- Synthèse paléoécologique concernant les principaux groupes d'Ostracodes au Dévonien supérieur (Fig. 91).

Certains taxons ou associations de taxons possèdent des préférences paléoécologiques. Nous passerons en revue les affinités des principaux groupes.

1 - Les Entomozoidae. Nous avons montré que ce groupe d'Ostracodes probablement pélagiques peut se rencontrer dans tous les milieux marins lorsque le lithofaciès en permet une bonne conservation (voir p. 80, 101, 240, 313, 324). Nous en avons découvert des exemplaires en zone infralittorale supérieure (Formation Big Valley, Saskatchewan, Canada) et leur abondance dans le faciès "Matagne" ou dans les schistes à Cypridines (= Cypridinen Schiefer) n'implique pas obligatoirement l'existence d'un bassin plus profond. La signification de "l'écozone à Entomozoidae" (= Entomozoen Ökotyp) sensu BECKER (1979) en tant que bassin profond est donc à nuancer.

2 - Les espèces du genre *Cryptophyllus*. Si quelques espèces sont connues en zone infralittorale ouverte (Formation de Frasnes, de Beaulieu, de Ferques), leur nombre augmente en milieu marin restreint. Ainsi ROME & GOREUX (1960) ont décrit onze d'entre-elles dans le Strunien supérieur-Tournaisien basal du centre et de la partie orientale du Synclinorium de Dinant et dans celui de Namur. Dans la Formation de Blacourt, *Cryptophyllus* sp. 3 sensu MAGNE (1964) constitue des lits d'Ostracodites dans les lagons de paléo-récifs (échantillons de B. MISTIAEN, Faculté Libre des Sciences de Lille). En Ardenne orientale, l'assemblage III à caractère supratidal d'après BECKER, BLESS & alii (1974) est seul à posséder des espèces de *Cryptophyllus*. Dans la Formation Big Valley du Saskatchewan (milieu infralittoral à caractères restreints) nous avons récolté les seules espèces famenniennes de *Cryptophyllus* de l'Ouest du Canada. En Turquie du SE, la coupe de la vallée du Grand Zap (voir p. 246, 322) a livré de nombreux *Cryptophyllus* dans un niveau (n° 56 de O. MONOD, Faculté d'Orsay) surplombant des faciès détritiques rouges continentaux. Ces

différentes observations montrent qu'une abondance en espèces et en individus de *Cryptophyllus* indique des milieux marins restreints, intertidaux, voire lagunaires.

3 - Les espèces de Kloedenellacea. Dans l'Ouest du Canada nous avons montré que ce groupe avait de multiples possibilités adaptatives. Il n'est cependant pas connu dans les faciès carbonatés assez purs, situés en zone circalittorale. Les espèces de nombreux genres se rencontrent dans des milieux variés des mers épicontinentales. Ainsi le genre *Serenida* est représenté dans le Famennien de l'Ouest du Canada depuis le Saskatchewan jusqu'aux Territoires du NW. Les espèces du genre *Knoxiella* sont connues depuis les milieux supratidaux (assemblage III évoqué précédemment) jusqu'aux zones plus profondes de la plate-forme (Territoires du NW par exemple). Certaines espèces semblent même euryhalines. Par exemple, *Uchtovia materni* BECKER, 1971, est présente dans la Formation de Frasnes (milieu marin ouvert) mais elle abonde dans les faciès sublagunaires de la Formation de Lustin au bord sud du Bassin de Namur (CASIER, 1976). Néanmoins cette ubiquité est mise en défaut chez quelques genres à ornementation subannulaire dont les espèces sont probablement polyhalines à mésohalines. Ainsi dans l'Ouest canadien, le genre *Beyrichiopsis* est uniquement présent dans la Formation Big Valley du Saskatchewan. ROBINSON (1978) signale que certaines espèces de *Beyrichiopsis* et de *Glyptolichvinella* sont des indicateurs de milieux saumâtres dans le Dinantien anglais. Nos premières investigations dans le Dinantien du Boulonnais montrent que le genre *Glyptolichvinella* est abondamment représenté près des premières veines de charbon au sommet du Viséen.

4 - Les espèces de Barychilinidae et de Cavellinidae (Platycopida). Ces deux familles se rencontrent souvent en zone infralittorale. Certaines espèces vivent en milieu plus profond mais, dans ce cas, elles sont isolées. Le nombre des espèces et des individus augmente dans les milieux marins à caractères restreints. Ainsi la Formation Big Valley du Saskatchewan contient trois espèces de *Barychilina* et deux espèces de *Cavellina*. D'après BECKER (1969, 1971), ces groupes sont abondants dans les zones d'arrière-récif et leur

nombre décroit vers le large dans le Dévonien moyen de l'Eifel. ROBINSON (1978) trouve également des espèces de *Cavellina* en association avec les genres saumâtres de Kloedenellacea cités précédemment.

5 - Les genres *Quasillites* et *Ovatoquasillites*. Les espèces de ces genres ont communément vécu en sédimentation argilo-carbonatée de la zone infralittorale. Lorsque les individus d'une espèce abondent, comme *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978, dans certains horizons de la Formation Big Valley (Saskatchewan et Alberta), les conditions marines semblent devenir plus restreintes.

6 - Les espèces de Paraparchitidae. D'après SOHN (1971) cette famille groupe des espèces qui, fondamentalement, sont franchement marines mais dont certaines montrent une tolérance aux conditions saumâtres ou hypersalines. En fait un même genre rassemble des espèces aux affinités paléoécologiques variées. Par exemple nous avons récolté le genre *Shemonaella* dans les formations carbonées euxiniques Bakken-Exshaw de l'Ouest du Canada (COQUEL, LOBOZIAK et LETHIERS, 1976). Ce même genre est signalé par BECKER, BLESS & alii (1974) en zone supratidale (assemblage III du Famennien supérieur d'Ardenne orientale), mais également en zone "subtidale relativement profonde" (assemblage IV du même endroit). Ces auteurs trouvent le genre *Pseudoleperditia* en zone subtidale, mais SOHN (1979) le repère en lagon d'arrière récif dans le Tournaisien inférieur du Névada. ROBINSON (1978) relève que le genre *Paraparchites* s.l. comporte des espèces à affinités saumâtres. Les Paraparchitidae sont bien représentés sur une vaste plate-forme carbonatée telle que celle du Dinantien du Nord de la France et de la Belgique. Il semble que le groupe soit moins abondant en zone circalittorale plus profonde. Nous n'avons pas réussi à expliquer la rareté de cette famille (une espèce, un individu récolté !) dans le Famennien-Strunien de l'Ouest du Canada.

7 - Les espèces de "l'écozone de Thuringe"(= Thuringer Ökotyp) sensu BECKER *in* BANDEL & BECKER (1975) et BECKER (1979). Il s'agit d'associations dont les espèces lisses portent des épines plus ou moins longues. Elles appartiennent aux familles Tricorninidae (*Tricornina*), Bairdiidae (*Processobairdia*), Acratiidae (*Ceratacratia*), et Rectonariidae (*Rectonaria, Orthonaria, Triplacera, Rectoplacera*).

Explications de la Fig. 91

L'épaisseur d'un fuseau renseigne sur la zone d'abondance maximale du taxon donné.

1.- Entomozoidae.

2.- Genre *Cryptophyllus*.

3.- Kloedenellacea.
- a - Beyrichiopsidae à crêtes latérales sinueuses ou subovales (*Beyrichiopsis*, *Glyptolichuinella*, etc...).
- b - Autres Kloedenellacea.
- c - Serenididae.

4.- Barychilinidae (a) et Cavellinidae (b).

5.- Genres *Quasillites* et *Ovatoquasillites*.

6.- Paraparchitidae. Exemples : Genres *Shemonaella* (a) et *Shishaella* (b).

7.- Ostracodes de "l'écozone de Thuringe" (= Thüringer Ökotyp des auteurs). Exemples : Genres *Processobairdia* (a), *Aurigerites* (b), *Tricornina* (c), *Rectonaria* (d).

8.- Ostracodes des écozones péri- ou subrécifales des régions intertropicales.
Province de la Paléotéthys : *Amphissites* (a), *Polyzygia* (b), *Jenningsina* (c), *Punctomosea* (d) sont des genres de "l'écozone de l'Eifel" (= Eifeler Ökotyp des auteurs).
Province Nord-Atlantique : espèces allongées du genre *Acratia* (a'), espèces de Kloedenellidae (b') avec *Kloedenellitina* (d') dans le domaine de la Plate-forme russe et *Eriella* (c') dans le domaine de la Plate-forme Ouest-américaine.

9.- Bairdiacea des Plates-formes carbonatées : Bairdiidae (a), Acratiidae (b), Bairdiocyprididae (c).

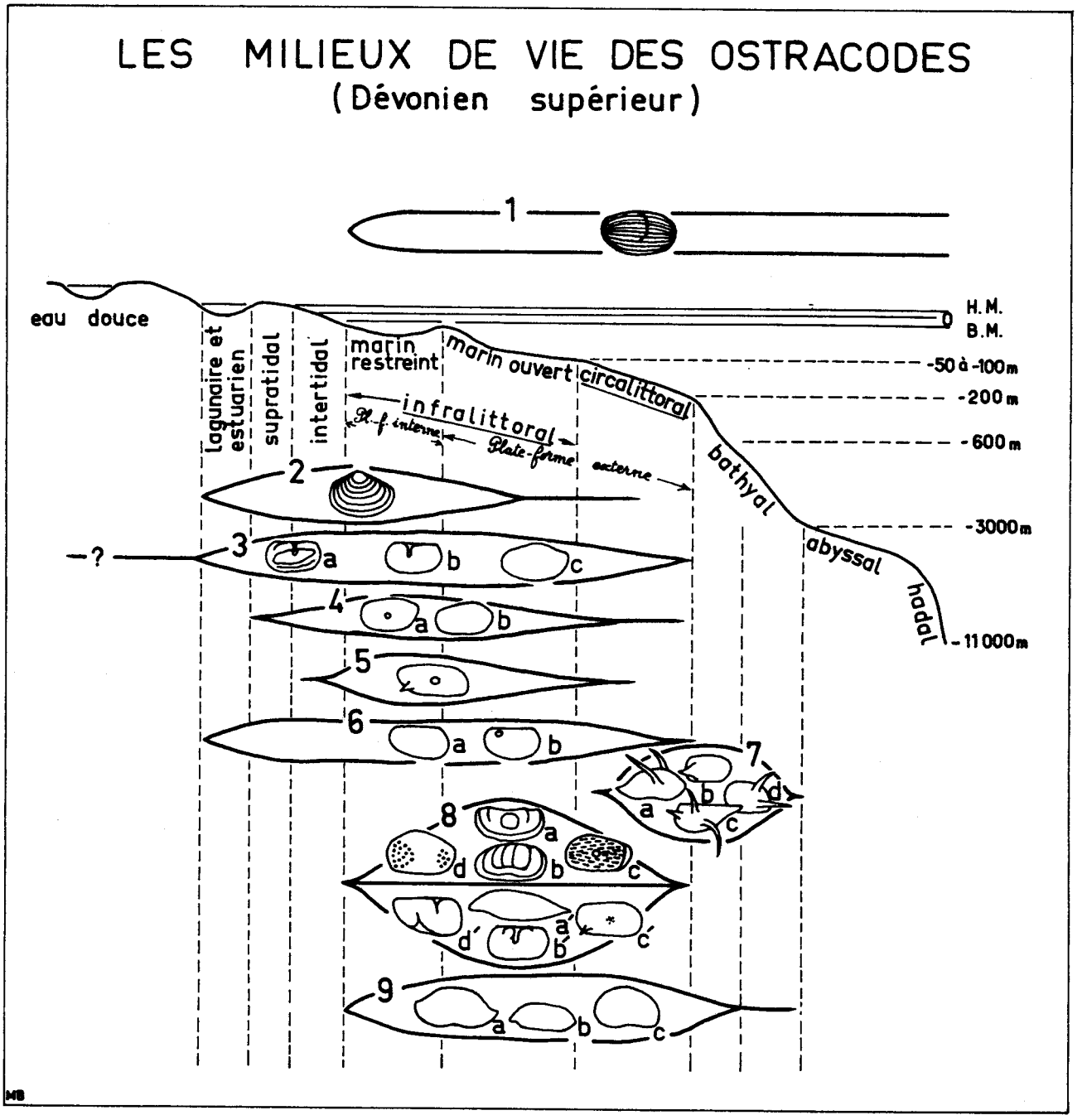


Fig. 91 : Répartition des principaux groupes d'Ostracodes au Dévonien supérieur sur les marges continentales.

Cet ensemble est appelé "l'écozone de Thuringe" parce qu'il fut decouvert pour la première fois dans le Dévonien supérieur et le Tournaisien de Thuringe (GRÜNDEL, 1961, 1962 et BLUMENSTENGEL, 1965). OLEMPSKA (1979, p. 68) a récapitulé la répartition de "l'écozone de Thuringe" et fait l'historique de son interprétation. Ces associations sont connues, à ce jour, dans le Famennien-Tournaisien du Harz (MÜLLER-STEFFEN, 1965), des Alpes Carniques (BANDEL & BECKER, 1975), des Monts Cantabriques (BLESS & MICHEL, 1967, BECKER, 1977), de Pologne (OLEMPSKA, 1979) et dans le Kazakhstan (BUSCHMINA, 1977). Nous l'avons également découverte dans les Pyrénées Occidentales (matériel non publié, échantillons Ach2 et 78-91 de M.F. PERRET, Université de Toulouse), mais elle est absente dans le Nord de la France et la Belgique, et dans l'Ouest du Canada. Les auteurs cités précédemment s'accordent pour voir dans "l'écozone de Thuringe" l'indice d'une bathymétrie plus profonde que celle des mers épicontinentales. Certaines de ces espèces étaient benthiques et d'autres, à longues épines, avaient probablement un mode de vie nectobenthiques (GOODAY & BECKER, 1979). D'après ces données, nous pensons que leur zone de vie devait se situer entre les profondeurs 150 et 2000 m.

8 - Les espèces des écozones péri- ou subrécifales des régions intertropicales. Il s'agit d'associations d'Ostracodes benthiques donnant une faune diversifiée et abondante, développée sous climat chaud, en compagnie ou proche d'édifices récifaux. Elles vivent typiquement en milieu marin ouvert de la zone infralittorale mais peuvent déborder en milieu restreint et en zone circalittorale supérieure.

- Dans la Province de la Paléotéthys (= Province II au Frasnien), c'est "l'écozone eifeilienne" (= Eifeler Ökotyp) de mer ouverte sensu BECKER *in* BANDEL & BECKER (1975) et BECKER (1979) caractérisée par des Palaeocopida tels que *Amphissites, Hollinella* et de nombreux Metacopina tels que *Polyzygia, Jenningsina, Punctomosea,* etc.... Ces associations semblent exclues des milieux lagunaires saumâtres (CASIER, 1976).

- Dans la Province au Nord du Continent Nord-Atlantique (= Province I au Frasnien), l'écozone est caractérisée par de nombreuses espèces allongées d'*Acratia* et de Kloedenellacea. Elle comporte de nombreuses espèces du genre *Eriella* dans le domaine Ouest-américain (Ia) et le genre *Kloedenellitina* caractérise le domaine de la Plate-forme russe (Ib).

9 - Les espèces de Bairdiacea. Les Bairdiacea colonisent tous les milieux marins, mais spécialement les milieux euhalins (SOHN, 1971). Le genre *Bairdia* se rencontre depuis les eaux très peu profondes jusqu'à la zone bathyale (VAN MORKHOVEN, 1963).

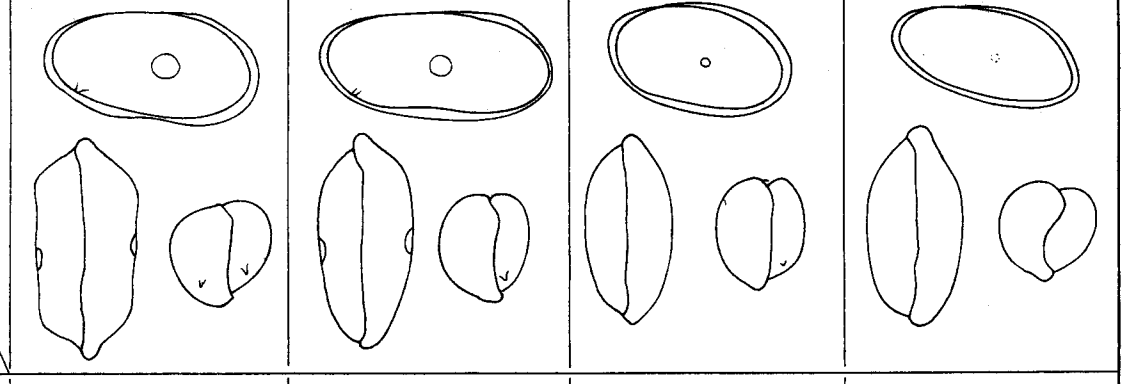
Dans le Famennien supérieur d'Ardenne orientale, BECKER & alii (1974) reconnaissent deux assemblages à Bairdiacea : l'assemblage I à *Bairdia, Bairdiocypris* et *Acratia* est limité aux calcaires nodulaires de la Formation de Souverain-Pré, et l'assemblage IV, qui, outre d'autres genres, contient des *Bairdia, Bairdiacypris, Bairdiocypris* et *Acratia*, caractérise les calcaires crinoïdiques de la Formation de Comblain-au-Pont. D'après ces auteurs ils représentent "un environnement subtidal relativement profond". Nous avons également récolté de grandes espèces de *Bairdia, Bairdiacypris, Fabalicypris, Silenites* et *Acratia* dans le Strunien argilo-calcaire du Sud de l'Avesnois. Les Bairdiacea sont présents dans tous les faciès famenniens de l'Ouest du Canada, mais sont plus abondants dans les Formations carbonatées Wabamun-Palliser.

En conclusion, les Bairdiacea sont ubiquistes dans les différentes zones de vie du milieu marin, mais lorsqu'ils deviennent dominants (environ 80 à 100% des espèces), avec des individus de la taille du millimètre et plus, et souvent dans un faciès carbonaté, ils indiquent un milieu marin franc des zones infralittorale inférieure et circalittorale.

6.3.3.- Les variations intraspécifiques.

L'environnement agit sur les espèces d'Ostracodes en induisant des variations phénotypiques. Nous avons évoqué ces modifications d'ornementation et de taille à propos du facteur salinité (voir p. 41). Au Paléozoïque, de telles variations ont été signa-

FORMATION BIG VALLEY —— *Ovatoquasillites cribraria greeni* —— MORPHOTYPES



Caractères distinctifs	A	B	C	D
Silhouette latérale	Subrhomboïdale BV concave	Ovoïdale BV subdroit	Ovoïdale accentuée BV convexe Légère concavité au BD	Ovoïdale allongée BV convexe
Silhouette dorsale	Flancs subrectilignes ou concaves Epaulements aux deux extrémités	Biconvexe - irrégulière		
Epine postéroventrale	Sur les deux valves, celle de la VG souvent plus petite	Sur les deux valves ou seulement sur la VD	Absente ou un mamelon sur la VD	Absente
Impression musculaire	Bien développée souvent en relief	Bien développée	Réduite	Vestigiale
Section transversale	Subcirculaire	Ovale		Subcirculaire

Fig. 92 : Principales variations de *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978.

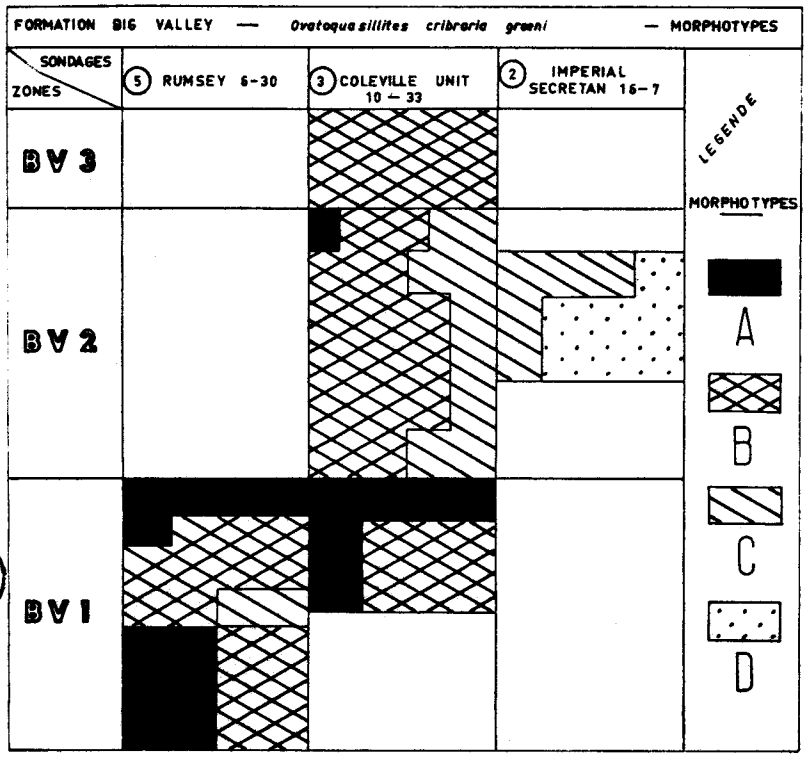


Fig. 93 : Répartition de ces variations dans les différents horizons de la Formation Big Valley, Alberta (n° 5) et Saskatchewan (n° 2 et 3).

BUS LILLE

lées par plusieurs auteurs. Ainsi dans le Mississipien inférieur d'Alberta, GREEN (1963) remarque une ornementation plus accentuée chez certaines espèces de Beyrichiopsidae et de Quasillitidae, avec en particulier, des épines plus grandes lorsque le faciès calcaire devient argileux noir et gréseux. MAGNE (1964) signale des variations de contour et d'ornementation de quelques espèces de Thlipsuridae et de Quasillitidae dans les argilites marron de la Formation de Beaulieu. On y observe également des cas d'ornementation supplémentaire, tels que l'apparition de tubercules postérieurs chez *Polyzygia beckmanni* (MATERN, 1929).

Nous avons enregistré de tels phénomènes pour deux espèces de l'Ouest du Canada.

Chez *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978 de la Formation Big Valley, on peut distinguer quatre formes d'après les contours et l'ornementation comme le résume la Fig. 92. Leurs répartitions dessinent un gradient depuis les horizons carbonatés (sondage n° 5) qui contiennent les individus rectangulaires, épineux, à large impression musculaire, jusqu'aux niveaux argilo-silteux (sondage n° 2) à contours ovoïdes, sans épine, et à impression musculaire réduite (Fig. 93).

Chez *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 le cas est particulier ; chacun des trois types morphologiques schématisés dans la Fig. 94 est inféodé à l'un des trois grands faciès du Famennien de la Plate-forme Ouest-canadienne. L'interprétation paléoécologique de ces faciès permet de découvrir les facteurs responsables des variations des contours et de l'ornementation qui interviennent dans chacun d'eux (LETHIERS, 1980). Nous avons établi que les facteurs à retenir et les caractères influencés sont les suivants :

- la salinité : sillons admarginaux,
- l'oxygénation : silhouettes latérales et dorsales,
- l'énergie du milieu : ornementation et section transversale,
- la fossilisation : ornementation et section transversale.

Comme les trois types morphologiques sont allopatriques, nous pensons qu'ils représentent un stade initial d'une cladogénèse qui aurait donné trois espèces nouvelles si le phénomène s'était poursuivi dans le Mississipien basal.

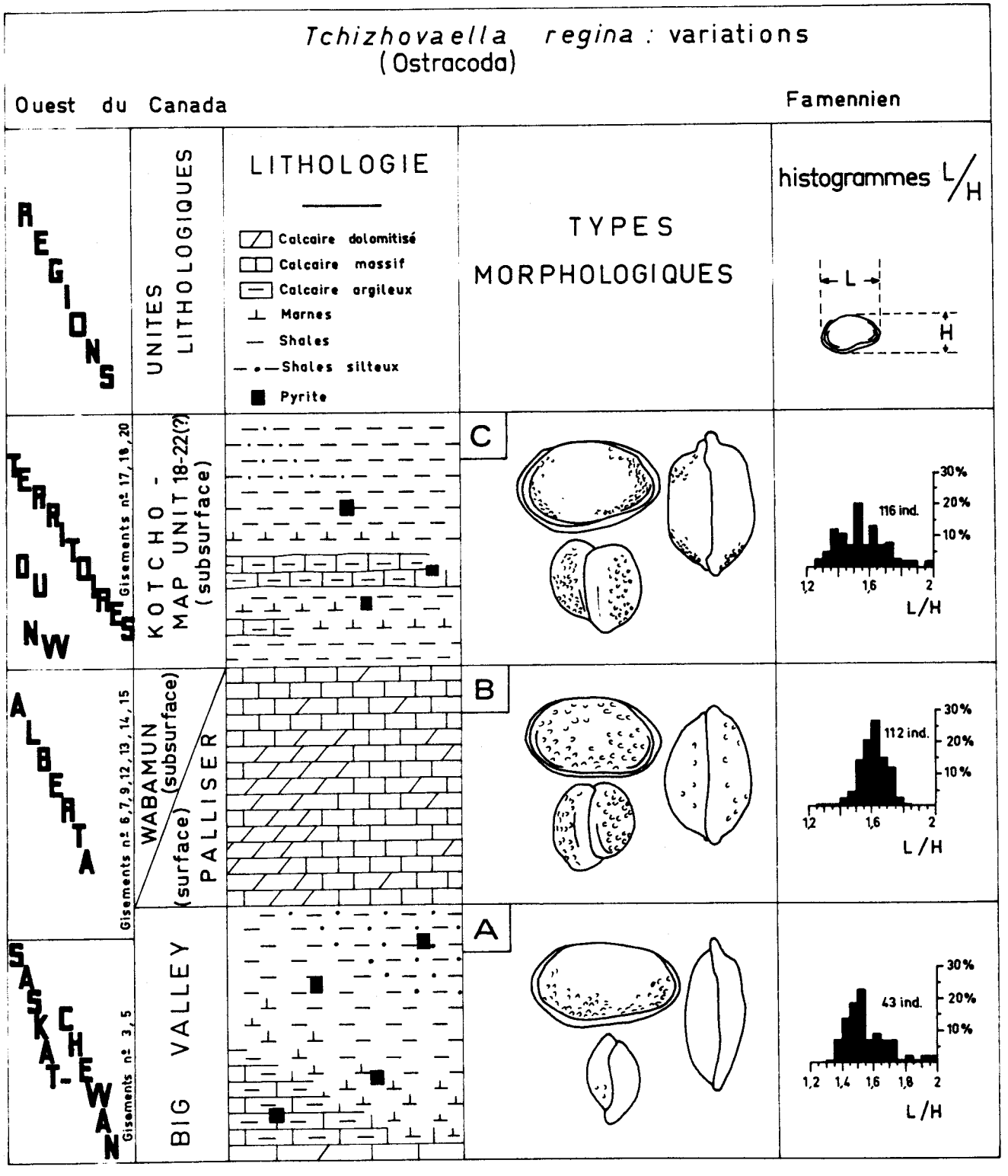


Fig. 94 : Schéma mettant en rapport les caractères particuliers aux trois types de *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 et trois faciès du Famennien terminal dans l'Ouest du Canada (Tiré de LETHIERS, 1981).

BUS LILLE

Ces types de variations intraspécifiques liées au faciès se manifestent selon des modalités spéciales à chaque espèce ; aussi, une généralisation ne doit pas être tentée. On notera cependant : (1) les caractères affectés de variations sont les contours et l'ornementation, en particulier certaines épines isolées, (2) les taxons concernés sont principalement les Thlipsuracea (*Polyzygia, Quasillites*) et les Kloedenellacea (*Beyrichiopsis*).

6.3.4.- L'acquis paléobiogéographique.

Les répartitions paléobiogéographiques d'Ostracodes sont clairement établies à l'échelle mondiale pour la première fois au Paléozoïque.

Dans ce genre de reconstitution, les formes benthiques de plateau épicontinental représentent un matériel de choix. Le rôle du climat et de certaines barrières paléobiogéographiques apparaît dans le découpage des aires dont la connaissance va influencer l'établissement de zonations biostratigraphiques à longues distances.

6.4.- Quelques perspectives.

Plusieurs directions de recherches futures apparaissent au terme de ce travail.

1 - Une direction biostratigraphique. Il conviendrait d'entamer une étude systématique des faunes du Dévonien supérieur d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. L'objectif serait d'établir une zonation pour la Province paléotéthysienne toute entière, qui intégrerait notre zonation du Nord de la France et de la Belgique en la généralisant. Les corrélations plus précises permettraient alors d'approcher l'histoire, insuffisamment connue, de la Paléotéthys à cette époque.

De là, il serait intéressant d'ajuster les zonations de chaque province afin d'aboutir à un tableau récapitulatif de valeur mondiale.

2 - Une direction paléoécologique. En collaboration étroite avec le sédimentologiste et le géochimiste une étude de détail permettrait de préciser les affinités paléoécologiques des différentes associations.

3 - Une extension chronologique. Les données bibliographiques, les travaux en cours et les investigations de reconnaissance nous incitent à l'étude des Ostracodes dans deux épisodes carbonatés qui encadrent le Dévonien supérieur : l'ensemble Couvinien-Givétien et le cycle sédimentaire du Dinantien.

EPILOGUE

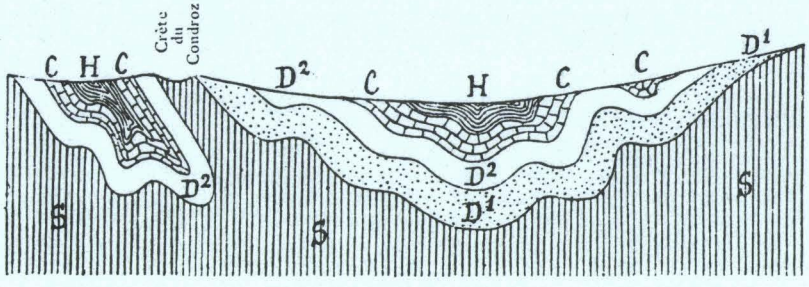
Il arrive régulièrement qu'un géologue de terrain m'invite à "dater" ses échantillons. Mon arme est une certaine expérience en ostracodologie : il est rare qu'un échantillon fossilifère résiste à l'investigation. Les estimations d'âges étant communiquées, j'ai quelquefois été surpris par le côté spectaculaire des conclusions qui suivaient. En intégrant la nouvelle information dans son système, le géologue voyait se déplacer les lignes paléogéographiques, découvrait que tel évènement était décalé dans le temps, et même qu'une nouvelle reconstitution pouvait prendre naissance : que de grandes découvertes à partir des minutieuses recherches en laboratoire ! Quelle satisfaction scientifique !

Est-ce uniquement la joie du positiviste, celle qui porte le micropaléontologiste pendant des centaines d'heures consacrées à l'humble observation ? Peut-être.

Au-delà, j'y vois cependant le pouvoir de comprendre un Espace-Temps qui, sans cela, échapperait à la condition humaine : devant la vision de l'Univers, l'Homme peut se mesurer.

BIBLIOGRAPHIE

FIG. 1. *Coupe diagrammatique N. S. des bassins de Namur et de Dinant, d'après M. le Prof. J. Gosselet.*



Bassin de Namur. Bassin de Dinant.

S. Roches siluriennes ou cambriennes.
D¹. Devonien inférieur (Gedinnien, Coblenzien, Eifelien).
D². Devonien moyen et supérieur (Givetien, Frasnien, Famennien).
C. Calcaire carbonifère.
H. Terrain houiller.

Extrait du compte-rendu par A. RUTOT
de l'excursion à Namur des 15 et 16 août 1889.
Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydr., 3, p. 21

1.- Ouvrages généraux, index et catalogues sur les Ostracodes.

BASSLER R.S. & KELLETT B. (1934).- Bibliographic index of Paleozoic Ostracoda. *Geol. Soc. America, Spec. Pap.* 1, Washington, 500 p.

BATE R.H., NEALE J.W., SIVETER D.J. & SYLVESTER-BRADLEY P.C. (édit.).- A Stereo-Atlas of Ostracod Shells. Publ. by the Broadwater Press Ltd, Welwyn Garden City, Hertfordshire, England.

CORYELL H.N. (1963).- Bibliographic Index and Classification of the Mesozoic Ostracoda, 2 vol., 1175 p., University of Dayton Press, Ohio.

ELLIS B.F. & MESSINA A.R. - Catalogue of Ostracoda. *Spec. Publ. Mus. Nat. Hist.*, New York.

ELOFSON O. (1941).- Zur Kenntnis der marinen Ostracoden Schwedens mit besonderer Berucksichtigung des Skageraks. *Zool. Bidr. Uppsala*, 19, p. 215-534, 52 fig., 42 cartes.

GREKOFF N. (1953).- Sous-classe des Ostracodes. In : Traité de Paléontologie, Paris, Piveteau édit., 3, p. 269-294.

GREKOFF N. (1956).- Guide pratique pour la détermination des Ostracodes post-paléozoïques. *Inst. Fr. Pétr., Div. Sédim.*, 95 p., 16 pl., édit. Technip.

GREKOFF N. (1970).- Aperçu sur les Ostracodes fossiles. 103 p., 14 pl. 2 tabl. Edit. Technip et I.F.P.

HARTMANN G. (1963).- Zur Phylogenie und Systematik der Ostracoden. *Z. Zool. Syst. Evolutionsforsch.*, 1, 154 p.

HARTMANN G. édit. (1976).- Evolution of the Post-Paleozoic Ostracoda. *Proc. 5th Intern. Symp., Abh. u. Ver. Naturw. Ver. Hamburg*, Hamburg, 1974, (NF) 18/19 (Suppl.), 336 p.

HOWE H.V. (1962).- Ostracod Taxonomy. 366 p. Ed. Louisiana State Univ. Press, Baton Rouge.

KRSTIC N. (1979).- Taxonomy, Biostratigraphy and Distribution of Ostracodes. *Proc. VII intern. Symp. Ostr., Serb. Geol. Soc.*, Belgrade, 272 p.

LÖFFLER H. & DANIELOPOL D. édit. (1977).- Aspects of Ecology and Zoogeography of Recent and Fossil Ostracoda. *Proc. 6th Intern. Symp. Ostr., Salzburg 1976*, 521 p., JUNK W. publ., The Hague.

MOORE R.C. édit. (1961).- Treatise on Invertebrate Paleontology, Ostracoda, Part Q. *Geol. Soc. America, Univ. Kansas Press*, Lawrence, 442 p., 334 fig.

NEALE J.W. édit. (1969).- The Taxonomy, Morphology and Ecology of Recent Ostracoda. Oliver and Boyd, Edinburgh, 553 p.

OERTLI H.J. (1963).- Faunes d'Ostracodes du Mésozoïque de France. 57 p., 90 pl., Edit. Brill, Leiden.

OERTLI H.J. édit. (1971).- Paléoécologie des Ostracodes. Colloque Pau, 1970. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., 953 p.

ORLOV Y.A. (1960).- Ostracodes. In : Eléments de Paléontologie, 8, p. 264-421, fig. 600-1238. Edit. Sc. Techn. litt. géol. protect. sous-sol, Moscou (en russe).

POKORNY V. (1978).- Ostracodes. In : Introduction to marine micropaleontology, p. 109-149, 61 fig., 2 tabl. Edit. Haq B.U. & Boersma A., Elsevier, New York.

PURI H.S. édit. (1965).- Ostracods as ecological and palaeocological indicators. *Symp. Publ. Staz. Zool. Napoli*, Naples 1963, suppl. 33, 612 p.

SWAIN F.M. édit. (1975).- Biology and Paleobiology of Ostracoda. A Symposium, University of Delaware, 1972. *Bull. Amer. Paleont.*, Ithaca, 65, 697 p.

VAN MORKHOVEN F.P.C.M. (1962-1963).- Post-Palaeozoie Ostracoda. Their Morphology, Taxonomy and Economic Use. Vol. I : 204 p., 79 fig. ; vol. 2 : 478 p., 763 fig. Edit. Elsevier Publ. Cie, Amsterdam.

WAGNER C.W. (1957).- Sur les Ostracodes du Quaternaire récent des Pays-Bas. 158 p., 50 pl. Edit. Mouton et Cie, La Haye.

2.- Références.

ADAMCZAK F. (1961).- Eridostraca -a new suborder of ostracods and its phylogenetic significance. *Acta palaeont. polonica*, Warszawa, 6, 1, p. 29-102, 4 pl., 23 fig.

ADAMCZAK F. (1968).- Palaeocopa and Platycopa (Ostracoda) from Middle Devonian Rocks in the Holy Cross Mountains, Poland. *Act. Univ. Stock., Stock. Contr. Geol.*, Stockholm, 17, 107 p., 46 pl., 58 fig.

ADAMCZAK F. (1971).- On some Ostracodes assemblages of Middle Dévonian rocks. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 787-800, 8 fig.

ADAMCZAK F. (1976).- Middle Devonian Podocopida (Ostracoda) from Poland ; their morphology, systematic and occurrence. *Senckenbergiana lethaea*, Frankfurt am Main, 57, 4/6, p. 265-467, 30 pl., 53 fig., 1 tabl.

AGER D.V. & WALLACE P. (1967).- The Environmental History of the Boulonnais, France. *Proceed. Geol. Ass.*, Londres, 77, 4, p. 385-417, 9 fig.

ALBERTI H., GROOS-UFFENORDE H., STREEL M., UFFENORDE H. & WALLISER O.H. (1974).- The Stratigraphical significance of the *Protognathodus* fauna from Stockum (Devonian-Carboniferous boundary, Rhenish Schiefergebirge). *Newsl. Stratigr.*, Leiden, 3, 4, p. 263-276, 2 fig.

ASSELBERGHS E. (1936).- Le Dévonien du bord nord du bassin de Namur. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, 10, p. 229-327, 4 fig., 2 pl.

ATHERSUCH J. (1979).- The ecology and distribution of the littoral ostracods of Cyprus. *Jour. Natur. Hist.*, London, 13, p. 135-160, 17 fig.

AUTRAN A. & COGNE J. (1980).- La zone interne de l'orogène varisque dans l'Ouest de la France et sa place dans le développement de la chaîne hercynienne. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 99, p. 90-111, 6 fig.

BABIN C. (1971).- Eléments de Paléontologie. Collection U, Armand Colin, Paris, 408 p.

BABIN C. (1980).- Méthodes paléontologiques de la stratigraphie. In : POMEROL, BABIN & alii (1980).

BABIN C., COCKS L.R.M. & WALLISER O.H. (1980).- Faciès, faunes et paléogéographie antécarbonifère de l'Europe. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, vol. sp., 26ème C.G.I., 99, p. 191-202, 3 fig.

BANDEL K. & BECKER G. (1975).- Ostracoden aus paläonzoischen pelagischen Kalken der Karnischen Alpen (Silurium bis Unterkarbon). *Senck. lethaea*, Frankfurt am Main, 56, 1, p. 1-83, 8 pl., 7 fig., 2 tabl.

BARKER D. (1963).- Size in relation to salinity in fossil and recent euryhaline Ostracods. *Jour. biol. Ass. U.K.*, 43, p. 785-795, 4 fig.

BARROIS Ch. (1905).- Observations sur le bassin houiller du Nord de la France. *C.R. Congr. Int. Mines, Métal., Sec. Géol. appl.*, Liège.

BARROIS Ch., PRUVOST P. & DUBOIS G. (1920).- Description de la faune siluro-dévonienne de Liévin. *Mém. Soc. géol. Nord*, Lille, 6, mém. 2, 2ème fasc., p. 65-231, 8 pl.

BASSETT H.G. (1961).- Devonian stratigraphy, central Mackenzie River region, Northwest Territories, Canada. In : Geology of the Arctic, édit. Raasch, vol. 1, Toronto, p. 481-498.

BASSETT H.G. & STOUT J.G. (1967).- Devonian of Western Canada. *Int. Symp. Dev. Syst. Calgary*, 1, p. 717-752, 11 fig.

BATALINA M. (1926).- On the Lower Carboniferous Ostracoda from the Borovitchi district of Department of Novgorod (Russia). *Bull. Com. Geol. Leningrad,* 43, 10, p. 1315-1338.

BATE R.H. (1972).- Phosphatized ostracods with appendages from the Lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology,* Londres, 15, 3, p. 381-392, 6 pl., 12 fig.

BATE R.H., COLLINS J.S.H., ROBINSON J.E. & ROLFE W.D.I. (1967).- Arthropoda : Crustacea. In : The Fossil Record, chapter 20. *Geol. Soc. London,* p. 535-563, 3 fig.

BATE R.H. & EAST B.A. (1972).- The structure of the ostracode carapace. *Lethaia,* Oslo, 5, p. 177-194, 11 fig.

BEACH H.H. (1943).- Moose Mountain and Morley Map Areas, Alberta. *Canada Geol. Surv. Mem.,* 236, Ottawa, 74 p.

BECKER G. (1968).- Zur Morphologie und Systematik der Palaeocopida-Gattungen *Nodella* ZASPELOVA und *Aechminella* HARLTON. *Senck. lethaea,* Frankfurt am Main, 49, (5/6), p. 547-563, 1 pl., 4 fig.

BECKER G. (1969).- Ostracoda aus dem Mitteldevon der Sötenicher Mulde (N- Eifel). Biostratigraphie, Paläökologie und taxonomische Bemerkungen. *Senck. lethaea,* Frankfurt am Main, 50, p. 239-271, 1 pl., 3 fig., 5 tabl.

BECKER G. (1971).- Paleoecology of Middle Devonian Ostracods from the Eifel Region, Germany. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA,* 5 suppl., p. 801-816, 8 fig.

BECKER G. (1971).- Ostracoda aus dem Mittel-Frasnium (Oberdevon) der Mulde von Dinant. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique,* Bruxelles, 47, 34, 82 p., 12 pl., 5 fig., 1 tabl.

BECKER G. (1973).- Paläökologische Analyse einer Ostracoden-Fauna aus dem Oberdevon von Belgien. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.,* Stuttgart, 142, 1, p. 59-72, 2 fig., 2 tabl.

BECKER G. (1977).- Thuringian Ostracods from the Famennian of the Cantabrian Mountains (Upper Devonian, N. Spain). In : Aspects of Ecology and Zoogeography of Recent and Fossil Ostracoda, Löffler & Danielopol édit., The Hague, p. 459-474, 3 pl., 3 fig.

BECKER G. (1979).- Taxonomie, Paläökologie und Biochronologie paläozoischer Ostracoden Mittel- und Westeuropas. *Forsch.-Ber., Geol.-Paläont. Inst. Frankfurt*, 1977-1978, p. 10-17, 4 fig.

BECKER G. (1979).- Eine neue Hollinella-Art (Ostracoda) aus dem unterfrasnium (Oberdevon) des Kantabrischen Gebirges (N- Spanien). *Clausth. Geol. Abh.*, (Schönenberg Festschrift), Clausthal-Zellerfed, 30, p. 1-7, 2 fig.

BECKER G. (1980).- Zur Verbreitung devonischer Ostracoden-mit einer Diskussionsbemerkung zur tektonischen Geschichte der Iberischen Halbinsel. *Z. dt. Geol. Ges.*, Hannovre, 131, p. 753-770, 3 fig.

BECKER G. & BLESS M.J.M.(1971).- Zur Verbreitung der Ostracoden Familie Hollinellidae BLESS & JORDAN. *Senck. lethaea*, Frankfurt/Main, 52, (5/6), p. 537-567, 5 pl., 5 fig.

BECKER G. & BLESS M.J.M. (1974).- Ostracode stratigraphy of the Ardenno-Rhenish Devonian and Dinantian. *Intern. Symp. Namur*, Bouckaert & Streel édit., Bruxelles, 1, p. 1-52, 50 pl., 20 fig.

BECKER G., BLESS M.J.M., STREEL M. & THOREZ J. (1974).- Palynology and ostracode distribution in the Upper Devonian and basal Dinantian of Belgium and their dependance on sedimentary facies. *Meded. Rijks Geol. Dienst.*, Maastricht, 25, 2, p. 9-99, 30 pl., 20 fig., 2 encl.

BECKER G., FRANKENFELD H. & SCHULZE R. (1979).- Neue daten zum riffsterben im Oberdevon des Kantabrischen Gebirges (N- Spanien). *Sclausth. Geol. Abh.*, (Schönenberg Festschrift), Clausthal-Zellerfeld, 30, p. 19-33, 6 fig.

BECKER G. & SANCHEZ DE POSADA L.C. (1977).- Ostracoda aus der Moniello-Formation Asturiens (Devon ; N- Spanien). *Palaeontographica, Abt.* A, Stuttgart, 158, 4-6, p. 115-203, 15 pl., 4 fig., 1 tabl.

BELYEA H.R. (1970).- Part II - Woobend, Winterburn and Wabamun Groups. In : Geological history of Western Canada, édit. McGROSSAN & al., dernière édit., Calgary, p. 66-85.

BELYEA H.R. & McLAREN D.J. (1962).- Upper Devonian,Formations Southern part of Northwest Territories, Northeastern British Columbia, and Northwestern Alberta. *Geol. Surv. Canada,* Ottawa, Paper 61-29, p. 1-74, 4 fig.

BENSON R.H. (1969).- Preliminary report on the study of abyssal Ostracods. In : The Taxonomy, Morphology and Ecology of recent Ostracoda, Neale J.W. édit., Edinburgh, p. 475-480.

BENSON R.H. (1971).- Deep-Sea Ostracodes and the transformation of Ocean to sea in the Tethys. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA,* 5 suppl., p. 63-91, 1 pl., 15 fig., 1 tabl.

BENSON R.H. (1972).- Ostracodes as Indicators of Threshold Deph in the Mediterranean during the Pliocene. In : The Mediterranean Sea, Standley D.J. édit., Stroudsburg, p. 63-73, 7 fig.

BENSON R.H. (1973).- An Ostracodal view of Messinian salinity crisis. In : Drooger édit., Messinian Events in the Mediterranean, Utrecht, 1973, Amsterdam, p. 235-242, 7 fig.

BENSON R.H. (1974).- The role of ornementation in the design and function of the ostracode carapace. *Geoscience and man,* Londres, 6, p. 47-57, 1 pl., 4 fig.

BENSON R.H. (1975a).- Ostracodes and Neogene history. In : Late Neogene Epoch boundaries, p. 41-48, 3 fig.

BENSON R.H. (1975b).- The origin of the psychrosphere as recorded in changes of deep-sea ostracode assemblages. *Lethaia*, Oslo, 8, p. 69-83, 10 fig.

BENSON R.H. (1975c).- Morphologic stability in Ostracoda. In : Biology and Paleobiology of Ostracoda. *Bull. Amer. Paleont.*, Ithaca, 65, 282, p. 13-46, 23 fig.

BENSON R.H. (1976).- Miocene deep-sea ostracodes of the Iberian Portal and the Balearic Basin. *Mar. Micropal.*, Amsterdam, 1, p. 249-262, 4 fig.

BENSON R.H. (1981).- Form, function, and architecture of Ostracode shells. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 9, p. 59-80, 5 fig.

BERDAN J.M. & COPELAND M.J. (1973).- Ostracodes from Lower Devonian Formations in Alaska and Yukon Territory. *Geol. Surv. Prof. paper*, Washington, 825, 47 p., 14 pl., 7 fig.

BERDAN J. & SOHN I.G. (1961).- Famille Pachydomellidae. In : MOORE (1961), p. Q 373.

BEUGNIES A. (1964).- Essai de synthèse du géodynamisme paléozoïque de l'Ardenne. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, Paris, 6, 4, p. 269-277, 11 fig.

BEUGNIES A. (1956a).- Contribution à l'étude du Famennien du bord nord du bassin de Dinant. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 88, p. 411-450.

BEUGNIES A. (1956b).- Le décrochement de Barbençon-Erquelinnes. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 85, p. 265-272, 2 fig., 1 carte géol. h.-t.

BEUGNIES A. (1973).- Contribution à l'étude du Famennien du bord sud du synclinorium de Namur. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 93, p. 147-155, fig. 1.

BEUGNIES A., BONTE A., DELATTRE C. & WATERLOT G. (1970).- Carte géologique de Givet au 1/50 000 (1ère édition). *B.R.G.M.*, Orléans.

BEUGNIES A., CHARLET J.M. & TOUBEAU G. (1963).- Le Frasnien de l'Entre-Sambre et Meuse occidentale. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 82, p. 203-234, 8 fig., 1 pl.-carte.

BEUGNIES A. & COLBEAUX J.P. (1977).- Confirmation de la tectonique polyphasée du Massif de la Tombe. *Bull. Soc. belge Géologie*, Bruxelles, 86, 1, p. 57-65, 3 fig., 3 tabl.

BEUGNIES A., DUMONT P., GEUKENS F., MORTELMANS G. & VANGUESTAINE M. (1976).- Essai de synthèse du Cambrien de l'Ardenne. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 96, p. 263-273, 4 fig.

BISCHOFF G. & ZIEGLER W. (1957).- Die Conodontenchronologie des Mitteldevons un des tiefsten Oberdevons. *Abh. hess. L.-Amt. Bodenforsch.*, Wiesbaden, 22, p. 1-136, 21 pl., 16 fig., 5 tabl.

BLANT M.G. & Coll. (1974).- Méthodes modernes de géologie de terrain. 1 : Principes d'analyses sédimentologiques. Editions Technip, Paris, 95 p.

BLASZYK J. & NATUSIEWICZ D. (1973).- Carboniferous Ostracods from the borings in northwestern Poland. *Acta Pal. Polonica*, Warszawa, 18, 1, p. 117-151, 8 pl., 3 fig.

BLESS M.J.M., BOSUM W. & al. (1980).- Geophysikalische untersuchungen am ost-rand des brabander massius in belgien, den niederlanden und der bundesrepublik deutschland. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, Maastricht, 32-27, p. 313-343, 1 pl., 12 fig., 3 tabl., 12 encl. h.-t.

BLESS M.J.M., BOUCKAERT J. & al. (1976).- Dinantian rocks in the subsurface North of the Brabant and Ardenno-Rhenish massifs in Belgium, the Netherlands and the Federal Republic of Germany. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, N.S., Maastricht, 27, 3, p. 81-195, 20 pl., 41 fig., 3 encl. h.-t.

BLESS M.J.M., BOUCKAERT J. & al. (1977).- Y a-t-il des hydrocarbures dans le pré-Permien de l'Europe occidentale ? *Serv. Géol. Belg.*, Bruxelles, Prof. Pap. 148, 58 p., 14 fig.

BLESS M.J.M., BOUCKAERT J. & PAPROTH E. édit. (1980).- Pre-Permian around the Brabant Massif in Belgium, The Netherlands and Germany. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, Maastricht, 32-1/14, 179 p., 8 encl. h.-t.

BLESS M.J.M. & JORDAN H. (1971).- Classification of Palaeocopid Ostracodes belonging to the families Ctenoloculinidae, Hollinidae and Hollinellidae. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., Pau, p. 869-890, 4 tabl.

BLESS M.J.M. & JORDAN H. (1972).- Ostracodes of the Family Hollinellidae. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, Maastricht, Ser. C, 3, 1, p. 1-155, 35 pl., 2 fig., 50 tabl.

BLESS M.J.M. & MICHEL M.P. (1967.- An Ostracode fauna from the Upper Devonian of the Gildar-Monto Region (NW Spain). *Leidse Geol. Meded.*, Leiden, 39, p. 269-271, 1 pl., 10 fig.

BLUMENSTENGEL H. (1965).- Zur Taxionomie und Biostratigraphie verkieselter Ostracoden aus dem Thüringer Oberdevon. *Freiberger Forsch., Paläont.*, Leipzig, C 183, 127 p., 29 pl., 16 fig. 9 tabl.

BLUMENSTENGEL H. (1973).- Zur stratigraphischen und faziellen Bedeutung der Ostracoden im Unter- und Mittelharz. *Z. geol. Wiss. Themenh.*, Berlin, 1, p. 67-79, 6 fig., 1 tabl.

BONNEMA J.H. (1932).- Orientation of the Carapaces of Paleozoic Ostracoda. *Jour. Paleont.*, Menasha, 6, 3, p. 288-295, 13 fig.

BONTE A. (1969).- Le Boulonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 89, p. 23-46, 2 fig., 1 annexe.

BONTE A. & RICOURT J. (1948).- Contribution à la Stratigraphie du Givétien. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 68, p. 25-36, 1 fig.

BONTE A. & RICOUR J. (1949).- Feuille de Givet au 1/50 000. Structure du Massif du Mont d'Haurs. *Bull. carte géol. France*, Paris, n° 225, 47, p. 25-33, 4 fig.

BONTE A. & RICOUR J. (1950).- Feuille de Givet au 1/50 000. *Bull. carte géol. France*, Paris, n° 226, 47, p. 1-9, 6 fig.

BONTE A.& Coll. (1971).- Feuille de Marquise au 1/50 000. *B.R.G.M.*, Orléans.

BONTE A., COLBEAUX J.P., HOYEZ B. & LETHIERS F. (1974).- Les "Schistes d'Hydrequent (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais) : nouvelles observations. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 94, p. 117-121, 2 fig.

BOUCKAERT J., CONIL R., DUSAR M. & STREEL M. (1977).- Stratigraphic interpretation of the Tohogne borehole (province of Luxembourg). Devonian-Carboniferous transition. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 100, p. 87-101, 4 pl., 2 fig.

BOUCKAERT J. & DREESEN R. (1976).- Les barrages de l'eau d'Heure. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 99, p. 571-586, 1 pl., 1 fig.

BOUCKAERT J., DREESEN R. & DRIJKONINGEN P. (1977).- Recherches biostratigraphiques dans quelques coupes du Famennien de l'Avesnois (Nord de la France). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 100, p. 115-123, 1 pl., 5 fig.

BOUCKAERT J. & GROESSENS E. (1976).- *Polygnathus paprothae, Pseudopolygnathus conili, Polygnathus graulichi :* espèces nouvelles à la limite Dévonien-Carbonifère. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 99, p. 587-599, 3 pl., 2 fig.

BOUCKAERT J. & MOURAVIEFF A.N. (1970).- Déviation de la ligne 132. Description du raccord de Neuville. *Serv. Géol. belg., Prof. paper*, Bruxelles, 8, 9 p., 8 pl.

BOUCKAERT J., MOURAVIEFF A., STREEL M., THOREZ J. & ZIEGLER W. (1972).- The Frasnian-Famennian Boundary in Belgium. *Geologica et Palaeontologica*, Marburg, 6, p. 87-92, 3 fig.

BOUCKAERT J. & STREEL M. édit. (1974).- International symposium on Belgian micropaleontological limits from Emsian to Visean (Namur). *Guidbook, Geol. Surv. Belg.*, Bruxelles.

BOUCKAERT J., STREEL M., & THOREZ J. (1968).- Schéma biostratigraphique et coupes de références du Famennien belge. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 91, p. 317-336, 2 fig., 3 fig. h.-t.

BOUCKAERT J., STREEL M. & THOREZ J. (1970).- Le Famennien et les couches de transition Dévonien-Carbonifère dans la vallée de l'Ourthe (sud de Liège, Synclinorium de Dinant). *Congr. Colloques Univ. Liège*, 55, p. 25-46, 10 fig.

BOUCKAERT J., STREEL M., THOREZ J. & MOUND M.C. (1968).- Biostratigraphic chart of the Famennian stage (Upper Devonian) in the type localities of Belgium : a preliminary report. *Journ. Paleont.*, Tulsa, 43, 3, p. 727-732, 2 pl., 2 fig.

BOURDON M. (1957).- Utilisation de l'acide acétique dans la désagrégation des roches dures. *Rev. inst. fr. petr.*, Paris, 12, 1, p. 14-15.

BOUROZ A. (1962).- Contribution à l'étude de la structure du Bassin houiller du Boulonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 82, p. 27-37, 4 fig.

BOUROZ A. (dir.) (1963).- Carte des zones stratigraphiques à la côte -300 au 1/50 000. Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Dressée par le Service des Ressources et des Etudes Géologiques.

BOUROZ A. (1969).- Le Carbonifère du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 89, p. 47-65, 8 fig.

BRAUN W.K. (1967).- Upper Devonian Ostracod Faunas of Great Slave Lake and northeastern Alberta, Canada. *Intern. Symp. Dev. Syst. Calgary*, Oswald édit., 2, p. 617-652, 9 pl., 8 fig.

BRAUN W.K. (1977).- Usefulness of Ostracodes in correlating Middle and Upper Devonian rocks sequences in Western Canada. In : Western North America : Devonian, Murphy, Berry & Sandberg édit., *Univ. Calif. Rivers. Camp. Mus. Contr.*, 4, p. 65-79, 5 fig.

BRAUN W.K. (1978).- Devonian Ostracodes and Biostratigraphy of Western Canada. In : Western and Arctic Canadian Biostratigraphy, Stelck & Chatterton édit., *Geol. Ass. Canada*, Spec. Pap. 18, p. 259-288, 6 pl., 3 fig.

BRICE D., BULTYNCK P., COLBEAUX J.P., LETHIERS F., MISTIAEN B., ROHART J.C. & BIGEY F. (1976).- Une nouvelle coupe dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 96, p. 135-155, 1 fig., 7 tabl.

BRICE D., BULTYNCK P., DEUNFF J., LOBOZIAK S. & STREEL M. (1978).- Données biostratigraphiques nouvelles sur le Givétien et le Frasnien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 98, p. 325-344, 3 pl.

BRICE D., COEN M., LOBOZIAK S. & STREEL M. (1980).- Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 100, p. 159-166, 2 fig.

BRICE D. & Coll. (1980).- Givétien. In : Les étages français et leurs stratotypes. *Mém. B.R.G.M.* 109, Comm. fr. strat., Cavelier & Roger coord., Orléans, p. 9-25, 5 fig., 6 tabl.

BRICE D., COLBEAUX J.P., MISTIAEN B. & ROHART J.C. (1978).- Les Formations dévoniennes de Ferques (Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 98, p. 307-323, 3 fig., 1 tabl.

BRICE D., JENNY J., STAMPFLI G. & BIGEY F. (1978).- Le Dévonien de l'Elbourz oriental : stratigraphie, paléontologie (Brachiopodes et Bryozoaires), paléogéographie. *Riv. Ital. Paleont.*, Milan, 84, 1, p. 1-56, 5 pl.

BRIDEN J.C., DREWRY G.E. & SMITH A.G. (1974).- Phanerozoic equal-area world maps. *Jour. Geol. Chicago*, 82, p. 555-574, 18 fig.

BRONGNIART Ch. (1876).- Note sur un nouveau genre d'Entomostracé fossile provenant du Terrain Carbonifère des environs de Saint-Etienne (*Palaeocypris edwardsii*). *Ann. Sci. Géol.*, Paris, 7, p. 49-56, 1 pl.

BROUSMICHE Cl. (1973).- Révision des *Productellidae* (Brachiopodes) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. Géol. Nord*, Lille, 93, p. 117-136, 3 pl., 9 fig., 5 tabl.

BUSCHMINA L.S. (1965).- Ostracodes de l'Horizon d'Abyshevk (Carbonifère inférieur) dans le Bassin du Kouznetsk. In : Strat. Pal. Paleoz. partie asiatique U.R.S.S. (en russe). *Nauk*, Moscou, p. 64-98, 8 pl.

BUSCHMINA L.S. (1968).- Ostracodes du Carbonifère basal du Bassin du Kouznetsk (en russe). *Acad. Sci. U.R.S.S., Section sibérienne*, Moscou, 128 p., 25 pl.

BUSCHMINA L.S. (1969).- Ostracodes de la limite Dévonien-Carbonifère du Synclinorium d'Eltsousk (Sibérie occidentale). In : Vue d'ensemble sur les recherches de microfaunes en Sibérie, Extrême Orient et autres régions (en russe). *Acad. Sci. U.R.S.S., Section sibérienne*, Moscou, 71, p. 60-76, 5 pl.

BUSCHMINA L.S. (1970).- Ostracodes du Carbonifère en aval du fleuve Lena (en russe). *Acad. Sci. U.R.S.S., Section sibérienne*, Moscou, 125, 80 p., 15 pl., 3 fig., 1 tabl.

BUSCHMINA L.S. (1975).- Ostracodes du Carbonifère basal des Monts Kolymans (en russe). *Acad. Sci. U.R.S.S., Section sibérienne*, Moscou, 219, p. 1-104, 15 pl., 3 fig.

BUSCHMINA L.S. (1977).- Nouvelles espèces d'Ostracodes du Carbonifère inférieur au centre du Kazakhstan. In : Nouvelles données sur la faune et la stratigraphie du Paléozoïque moyen et supérieur de l'U.R.S.S. (en russe). *Nauk, Section sibérienne*, Moscou, 345, p. 84-94, pl. 22.

BUSCHMINA L.S. (1977).- Ostracodes tournaisiens du Bassin de Karaguanda. In : Nouvelles données sur la faune et la stratigraphie du Paléozoïque moyen et supérieur de l'U.R.S.S. (en russe). *Nauk, Section sibérienne*, Moscou, 345, p. 95-136, pl. 23-30.

BUSCHMINA L.S. & KONONOVA L.I. (1981).- Microfaunes et biostratigraphie des horizons dévono-carbonifères (du Sud et de l'Ouest de la Sibérie) (en russe). *Nauk, Section sibérienne*, Moscou, 459, 124 p., 20 pl., 8 fig., 7 tabl.

CARBONEL P. (1978).- Densités fauniques d'Ostracodes en milieu interdital euryhalin : rôle de l'émersion. *Bull. inst. géol. bass. aquit.*, Bordeaux, 23, p. 165-171, 2 fig.

CASIER J.G. (1975).- Les Ostracodes des Schistes à aspect "Matagne" de la partie supérieure du Frasnien de l'affleurement protégé de Boussu-en-Fagne, Belgique. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique*, Bruxelles, 51, 9, 33 p., 3 pl., 2 fig.

CASIER J.G.(1976).- Contribution à la connaissance des Ostracodes du Frasnien de la Belgique. *Thèse*, Bruxelles, 310 p. ronéo., 8 pl., 33 fig., 17 tabl.

CASIER J.G. (1977).- Contribution à la connaissance des Ostracodes du Frasnien de la Belgique. *Serv. Géol. Belgique*, Bruxelles, Prof. Pap. 147, 22 p., 1 tabl.

CASIER J.G. (1979).- La zone à *Svantovites lethiersi* n. sp., zone nouvelle d'Ostracodes de la fin du Frasnien et du début du Famennien des Bassins de Namur et de Dinant. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique*, Bruxelles, 51, 15, 7 p., 4 fig.

C.F.P. (M.), COPESEP, R.A.L. & S.N.P.A. (1965).- Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 85, p. 273-281, 3 tableaux (cartes) h.-t.

CHRISTOPHER J.E. (1961).- Transitional Devonian-Mississippian Formations of Southern Saskatchewan. *Depart. Min. Resour.*, Regina, 66, 103 p., 33 fig., 5 pl. h.-t.

CLEMENT J. (1963).- Résultats préliminaires des campagnes géophysiques de reconnaissance dans le permis de recherches "Arras-Avesnes" de l'Association Shell Française. PCRB-SAFREP. Objectifs du forage profond de Jeumont.-Marpent n° 1. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 83, p. 237-241.

COEN M. (1968).- Précisions stratigraphiques et écologiques sur le Frasnien de la région de l'Amblève. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 91, p. 337-346, 3 fig.

COEN M. (1970).- Stratigraphie du Frasnien de la grotte de Remouchamps (Belgique). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 93, p. 73-79, 2 fig., 1 carte.

COEN M. (1972).- Faciès, Conodontes et stratigraphie du Frasnien de l'Est de la Belgique, pour servir à une révision de l'étage. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 95, p. 239-253, 2 pl., 5 fig.

COEN M. (1974).- Le Frasnien de la bordure orientale du Bassin de Dinant. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 97, p. 67-103, 3 pl., 10 fig.

COEN M. (1977).- Le Givétien et le Frasnien dans le contournement routier de Philippeville, comparaison avec la coupe de Neuville. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 100, p. 23-30, 3 fig.

COEN M. & COEN-AUBERT M. (1971).- L'Assise de Fromelennes aux bords sud et est du Bassin de Dinant et dans le Massif de la Vesdre. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 94, p. 5-20, 3 fig.

COEN M., COEN-AUBERT M. & CORNET P. (1976).- Distribution et extension stratigraphique des récifs à "Phillipsastrea" dans le Frasnien de l'Ardenne. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, p. 325-331, 3 fig.

COEN-AUBERT M. & COEN M. (1974).- Le Givétien et le Frasnien dans la vallée de la Meuse, de Tailfer à Yvoir (Bord nord du Bassin de Dinant). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 97, p. 499-524, 4 fig.

COEN-AUBERT M. & LACROIX D. (1978).- Le Frasnien de la partie orientale du bord sud du Synclinorium de Namur. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 101, p. 269-279, 6 fig.

COLBEAUX J.P. (1975).- Etude d'une zone de chevauchement : la faille d'Hydrequent (Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 95, p. 101-107, 7 fig., 2 pl.

COLBEAUX J.P. (1978).- Cinématique de la déformation au front de la faille du midi : les carrières du Pont à Nôle (Sud de la Belgique), carrière Napoléon (Nord de la France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 98, p. 167-177, 5 fig., 9 tabl.

COLBEAUX J.P, BEUGNIES A., DUPUIS Ch. ROBASZYNSKI F. & SOME J. (1977).- Tectonique de blocs dans le Sud de la Belgique et le Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 97, p. 191-192, 27 fig., 1 tabl.

COLBEAUX J.P., CONIL R. & HOYEZ B. (1978).- Phénomènes tectoniques au voisinage de la Faille de Ferques (Massif primaire du Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 98, p. 345-358, 9 fig., 2 tabl.

COLIN J.P. & DANIELOPOL D.L. (1979).- Why most of the *Timiriaseviinae (Ostracoda, Crustacea)* became extinct. *Géobios*, Lyon, 12, 5, p. 745-749, 1 fig., 1 tabl.

COLIN J.P. & DANIELOPOL D.L. (1980).- Sur la morphologie, la systématique, la biogéographie et l'évolution des Ostracodes *Timiriaseviinae (Limnocytheridae). Paléobiol. Contin.*, Montpellier, 11, 1, p. 1-51, 16 pl., 20 fig.

COLLIN L. (1912).- Etude de la région dévonienne occidentale du Finistère. *Thèse*, Brest, 470 p., 2 pl.

COLLINSON C. & al. (1967).- Devonian of the North-central region, United States. *Int. Symp. Dev. Syst.*, Calgary, 1, p. 933-971, 13 fig.

CONIL R. *avec la collaboration de* LYS M. & PAPROTH E. (1964).- Localités et coupes types pour l'étude du Tournaisien inférieur (Révision des limites sous l'aspect micropaléontologique). *Acad. Roy. Belgique, Cl. Sc. Mém. 4e,* Bruxelles, 15, 4, 87 p., 14 pl., 5 fig.

CONIL R. (1966).- Le calcaire carbonifère depuis le Tn1a jusqu'au V2a. *Ann. Soc. Géol. Belgique,* Bruxelles, 90, 8, p. 687-726, 8 fig.

CONIL R. (1973).- Les Foraminifères du Tournaisien supérieur. *Serv. géol. Belgique,* Bruxelles, prof. pap. 5, p. 12-17, 1 fig.

CONIL R. (1973).- Intérêt de certaines coupes de l'Avesnois dans la séquence classique du Dinantien. *Ann. Soc. géol. Nord,* Lille, 93, p. 169-175, 6 fig.

CONIL R., GROESSENS E., LEJEUNE M., PEL J. & TSIEN H.H. (1975).- Second Symposium international sur les coraux et récifs coralliens fossiles (Paris, septembre 1975). Excursion C. *Serv. géol. Belgique,* Bruxelles.

CONIL R., GROESSENS E. & PIRLET H. (1976).- Nouvelle charte stratigraphique du Dinantien type de la Belgique. *Ann. Soc. géol. Nord,* Lille, 96, p. 363-371, 2 tabl.

CONIL R. & LYS M. (1967).- Aperçu sur les associations de Foraminifères endothyroïdes du Dinantien de la Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belgique,* Bruxelles, 90, p. 395-412, 4 pl.

CONIL R. & LYS M. (1970).- Données nouvelles sur les Foraminifères du Tournaisien inférieur et des couches de passage du Famennien au Tournaisien dans l'Avesnois. *Congr. Colloques Univ. Liège,* 55, p. 241-265, 13 pl., 3 fig.

CONIL R. & LYS M. (1977).- Les transgressions dinantiennes et leur influence sur la dispersion et l'évolution des foraminifères. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain,* 29, p. 9-55, 6 pl., 4 tabl.

COOPER C.L. (1942).- Occurence and stratigraphic distribution of paleozoic Ostracodes. *Jour. Paleont.*, Tulsa, 16, p. 764-776, 9 fig.

COPELAND M.J. (1965).- Ordovician Ostracoda from Lake Timiskaming, Ontario. *Bull. Geol. Surv. Canada*, Ottawa, 127, p. 1-52, 11 pl., 1 tabl.

COPELAND M.J. (1971).- Additional Silurian Arthropoda from Arctic and eastern Canada. *Bull. Geol. Surv. Canada*, Ottawa, 200, p. 19-26, 4 pl., 1 fig.

COPELAND M.J. (1977).- Early paleozoic Ostracoda from Southwestern District of Mackenzie and Yukon Territory. *Geol. Surv. Canada*, Ottawa, 275, 88 p., 16 pl., 8 fig.

COQUEL R., LOBOZIAK S. & LETHIERS F. (1976).- Répartition de quelques Ostracodes et palynologie à la limite dévono-carbonifère dans l'Ouest canadien. *Act. 101ème Congr. nat. Soc. sav.*, Lille, 1, p. 69-84, 4 pl., 3 fig.

COQUEL R., LOBOZIAK S., STAMPFLI G. & STAMPFLI-VUILLE B. (1977).- Palynologie du Dévonien supérieur et du Carbonifère inférieur dans l'Elburz oriental (Iran Nord-Est). *Rev. micropal.*, Paris, 20, 2, p. 59-71, 3 pl., 4 fig.

CORSIN P. (1928).- Découverte d'une Goniatite dans les schistes rouges de Fiennes (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 53, p. 283-286, 2 fig.

CORSIN P. (1933).- La flore dévonienne de Caffiers (Bas-Boulonnais). *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 197, (11), p. 600-602.

CORSIN P. & P. (1970).- Un siècle et demi de Paléobotanique dans le Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, Rapp. Trav. Cent., 90, p. 223-252, 8 pl.

COULON M., CORSIN P. & DOUBINGER J. (1980).- Données nouvelles sur la stratigraphie du Dévono-Dinantien du Morvan. *Bull. Soc. Hist. Nat. Autun*, 95, p. 3-12, 1 pl.

CRASQUIN S. (1982).- Répartition des Ostracodes dans le Viséen du Boulonnais et de l'Avesnois. *D.E.A.*, Lille, 54 p., 4 pl., 21 fig., 13 tabl. (inédit.).

CRICKMAY C.H. (1957).- Elucidation of Some Western Canada Devonian Formations. *Imperial Oil Itd.*, Calgary, publ. privés, 14 p.

DANIELOPOL D.L. (1971).- Quelques remarques sur le peuplement ostracodologique des eaux douces souterraines d'Europe. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 179-190.

DE DORLODOT H. & SALEE A. (1911).- Sur le synchronisme du calcaire carbonifère du Boulonnais avec celui de la Belgique et de l'Angleterre. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 153, p. 556.

DEFRETIN S. (1950).- Crustacés fossiles du Dévonien de l'Artois et du Boulonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 70, p. 55-66, 1 pl.

BUS LILLE

DEFRETIN S. (1970).- Révision des Conchostracés westphaliens du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 90, p. 121-136, 1 pl.

DEHEE R. (1929).- Description de la faune d'Etroeungt. *Mém. Soc. Géol. France*, Paris, Mém. 11, p. 1-64, 8 pl.

DEJONGHE L., DELMER A. & GROESSENS E. (1976).- Découverte d'anhydrite dans les formations anténamuriennes du sondage de Saint-Ghislain. *Bull. Acad. roy. Belgique* (Cl. Sc.), Bruxelles, 10 janv. 1976, p. 80-83.

DELATTRE C., HATRIVAL J.N. & WATERLOT G. (1970).- Carte géologique de Trélon au 1/50 000 (1ère édition). *B.R.G.M.*, Orléans.

DELATTRE Ch., MERIAUX E., WATERLOT M. & MARLIERE R. (1973).- Région du Nord : Flandres, Artois, Boulonnais, Picardie, Bassin de Mons. *Guides Géologiques Régionaux*, Paris, 176 p., 107 fig., 9 pl.

DELEPINE G. (1911).- Recherches sur le Calcaire Carbonifère de la Belgique. *Mém. Trav. Fac. Cath. Lille*, 8, 419 p., 14 pl., 83 fig.

DELEPINE G. (1920).- Note sur la position stratigraphique de la dolomie du Huré (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 45, p. 142-145.

DELMER A. (1972).- Origine du Bassin crétacique de la Vallée de la Haine. *Serv. Géol. Belgique*, Bruxelles, prof. pap. 5, 13 p., 10 fig.

DELMER A. (1977).- Le massif de Masse, témoin d'une tectonique salifère en Hainaut. *Bull. Soc. belge Géologie*, Bruxelles, 86, 1, p. 45-49, 2 fig.

DERCOURT J. (1966).- Esquisse régionale succincte du Nord de la France. *A.P.B.G.*, Paris, p. 617-635, 8 fig.

DERCOURT J. (1970).- L'expansion océanique actuelle et fossile ; ses implications géotectoniques. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, 7, 12, p. 261-317, 17 fig.

DEROUBAIX D. (1977).- Contribution à l'étude géologique de la région de Timor Waverley (Nouvelle-Galles du Sud, Australie). *Thèse 3ème Cycle*, Lille, 176 p., 7 pl., 61 fig., 8 tabl. (inédit.).

DERVILLE H. (1931).- Les marbres du Calcaire carbonifère en Bas-Boulonnais. *Thèse, Impr. O. Boehm.*, Strasbourg, 12, 322 p., 30 fig., 24 pl.

DEVOS I. (1962).- Contribution à l'étude du Givétien et du Frasnien du Boulonnais. *D.E.S.*, Lille, 1 vol. 21x27, 86 p., 15 pl., 1 tabl. (inédit.).

DE WIT R. & McLAREN D.J. (1950).- Devonian Sections in the Rocky Mountains between Crownest Pas and Jasper, Alberta. *Geol. Surv. Canada*, Ottawa, paper 50-23, 66 p.

DIETZ R.S. & HOLDEN J.C. (1974).- Collapsing continental rises : actualistic concept of geosynclines- A review. In : Modern and ancient Geosynclinal sedimentation, Dott R.H. & Shaver R.H. édit., *Soc. Econom. Pal. Mineral.*, sp. publ. n° 19, p. 14-25, 7 fig.

DONZE P. (1976).- Sur un mode d'élaboration d'espèces nouvelles chez le genre *Protocythere* (Ostracode) dans le Crétacé inférieur vocontien. In : Proc. 5th Int. Symp. Evolution of Post-Paleozoic Ostracoda. *Abh. Verh. naturwiss. Ver. Hamburg*, (NF) 18/19 (Suppl.), p. 239-246, 1 pl., 2 fig.

DOUGLAS R.J.W. & TREMBLAY L.P., rédact. Sc., (1970).- Géologie et ressources minérales du Canada, parties A, B et C. Comm. Géol. Canada, Minist. énergie, mines et ressourc. Canada.

DREESEN R. (1976).- Interspecific morphological relations within the "Quadrantinodosa-Stock" (Branson & Mehl, 1934) (*Marginifera*-Zone, Upper Devonian). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 99, p. 511-529, 2 pl., 5 fig.

DREESEN R. (1977).- La Formation de Souverain-Pré ; reconstruction paléogéographique dans le Massif de la Vesdre. *Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S.*, Maastricht, 28, 2, p. 29-32, 1 fig.

DREESEN R., DUSAR M. & GROESSENS E. (1976).- Biostratigraphy of the Yves-Gomezée Road Section. *Serv. Géol. Belgique*, Bruxelles, prof. pap. 6, p. 1-20, 13 pl.

DREESEN R., DUSAR M. & GROESSENS E. (1977).- Le complexe sportif de Dinant. Contribution à la biostratigraphie du site (Famennien). *Bull. Soc. belge Géologie*, Bruxelles, 86, 3, p. 129-134, 4 fig.

DUCASSE O. & PEYPOUQUET J.P. (1979).- Cenozoic Ostracodes : Their importance for bathymetry, hydrology, and biogeography. *Init. Rep. D.S.D.P.*, Washington, 48, p. 343-363, 5 pl., 12 fig.

DUPARQUE A. (1934).- Structure microscopique des charbons du Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *Mém. Soc. géol. Nord*, Lille, 11, 66 pl., 45 tabl.

DUSAR M. (1976a).- Devonian-carboniferous transition beds in the region of Hamoir-sur-Ourthe. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 99, p. 531-542, 2 pl., 3 fig.

DUSAR M. (1976b).- The lower famennian at the Southeastern border of the Dinant Basin. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 99, p. 565-570, 3 fig.

DUSAR M. & DREESEN R. (1976).- Etude biostratigraphique du Famennien inférieur dans les environs de Theux. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 99, p. 543-564, 4 pl., 7 fig.

DUTERTRE A.P. (1929).- Le Dinantien du Boulonnais. Esquisse stratigraphique. *Ann. Géol. Boulonnais*, Boulogne, 7, p. 3-27, 1 pl.

EGOROV V.G. (1950).- Ostracodes du Frasnien de la Plate-forme russe. I.- Kloedenellidae (en russe). *VNIGRI*, Moscou, 175 p., 18 pl.

EGOROV V.G. (1953).- Ostracodes du Frasnien de la Plate-forme russe. 2.- Bairdiidae. Hollinidae, Kirkbyidae (en russe). *VNIGRI*, Moscou, 79 p., 27 pl.

EGOROV V.G. (1954).- Indivisiinae- A new subfamily of Kloedenellidae from the Frasnian strata of the Russian Platform (en russe). *VNIGRI*, Moscou, 1, p. 5-21.

ERRERA M., MAMET B. & SARTENAER P. (1972).- Le calcaire de Givet et le Givétien à Givet. *Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg.*, Bruxelles, 48, 1, p. 1-59, 6 fig., 2 pl. h.-t.

FOURMARIER P. (1913).- Les phénomènes de charriage dans le bassin de Sambre-Meuse et le prolongement du terrain houiller sous la faille du midi dans le Hainaut. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 40, p. 192-235.

FOURMARIER P. (1932).- Observations sur l'estimation de l'importance du transport suivant le charriage du Condroz. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 56, p. 249.

FOURMARIER P. dir. (1954).- Prodrome d'une description géologique de la Belgique. *Soc. Géol. Belg.*, Liège, 826 p.

FOX F.G. (1951).- Devonian stratigraphy of Rocky Mountains and Foothills between Growsnest Pass and Athabaska River, Alberta, Canada. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, New York, 35, 4, p. 882-843, 4 fig.

GEOLOGICAL STAFF, IMPERIAL OIL LIMITED, WESTERN DIVISION (1950).- Devonian nomenclature in Edmonton area, Alberta, Canada. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, New York, 34, 9, p. 1807-1825, 8 fig.

GIBSON L.B. (1955).- Upper Devonian Ostracoda from the Cerro Gordo Formation of Iowa. *Bull. Amer. Paleont.*, Ithaca, 35, 154, p. 333-368, 2 pl.

GOODAY A.J. (1974).- Ostracod ages from the Upper Devonian purple and green slates around Plymouth. *Ussher Soc.*, Camborne, 3, 1, p. 55-62, 1 tabl., 1 carte.

GOODAY A.J. (1978).- The Devonian. In : A stratigraphical index of British Ostracoda. *Geol. Jour. Spec. Iss.*, Liverpool, 8, p. 101-120, 3 pl., 2 fig., 2 tabl.

GOODAY A.J. & BECKER G. (1979).- Ostracods in Devonian biostratigraphy. In : The Devonian System, *Spec. Pap. Palaeont.*, Londres, 23, p. 193-197, 3 fig.

GOSSELET J. (1857).- Note sur le terrain dévonien de l'Ardenne et du Hainaut. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, 2, 14, p. 364-374, 4 fig.

GOSSELET J. (1860a).- Sur les terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonnais. *Thèse*, Lille, 165 p., 4 pl., 6 fig., 6 tabl.

GOSSELET J. (1860b).- Observations sur les terrains primaires de la Belgique et du Nord de la France. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, 2ème sér., 18, p. 18-34.

GOSSELET J. (1871).- Esquisse géologique du département du Nord et des contrées voisines. III.- Terrain dévonien. *Bull. Scientifique du Département du Nord*, 3ème année, Lille, p. 153-159, p. 210-218, p. 255-261, p. 291-301, p. 316-325.

GOSSELET J. (1877).- Quelques documents pour l'étude des Schistes de la Famenne. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 4, p. 303-320, 2 pl.

GOSSELET J. (1879).- Nouveaux documents pour l'étude du Famennien. Tranchée du chemin de fer entre Féron et Semeries. Schistes de Sains. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 6, p. 389-399.

GOSSELET J. (1880a).- 3e note sur le Famennien.- Tranchée du chemin de Fer du Luxembourg.- Les Schistes de Barvaux. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 7, p. 195-201.

GOSSELET J. (1880b).- Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines. Terrains primaires. 1er fasc., Lille, 167 p. Impr. Six-Horemans.

GOSSELET J. (1881).- 5e note sur le Famennien.- Les Schistes des environs de Philippeville et des bords de l'Ourthe. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 8, p. 176-205, 2 pl.

GOSSELET J. (1881).- Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines. Terrains secondaires. 2ème fasc., Lille, 110 p.

GOSSELET J. (1883).- Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines. Terrains tertiaires. 3ème fasc., Lille, 63 p.

GOSSELET J. (1888).- L'Ardenne. *Mém. Serv. Carte Géol. France*, Paris, 889 p., 26 pl. (42 vues), 244 fig., 11 dépl. h.-t., 1 carte 1/320 000.

GOSSELET J. (1894).- Etude sur les variations du Spirifer verneuili. *Mém. Soc. géol. Nord*, Lille, 4, 1, p. 1-61, 7 pl.

GOSSELET J. (1899).- Aperçu général sur la géologie du Boulonnais. *28e Congr. Ass. Fr. Avanc. Sc.*, Boulogne-sur-Mer, p. 3-50, 9 fig.

GOSSELET J. (1903).- Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines. Terrains quaternaires. 4ème fasc., Lille, 78 p.

GOSSELET J. (1903).- La Faille d'Hydrequent. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 32, p. 131-135.

GRAMM M.N.(1976).- On two Tendencies in the Evolution of Ostracod Adductor Muscle Scar. *Abh. Verh. naturwiss. Ver. Hamburg*, (NF) 20 (suppl.), p. 287-294, 1 fig.

GRAMM M.N. (1977).- Morphologie externe des pores de l'Ostracode fossile Editia. *Rev. Paleont., Akad. Nauk CCCP*, Moscou, 1, p. 151-154, 1 fig.

GREEN R. (1963).- Lower Mississippian Ostracodes from the Banff Formation, Alberta. *Research Council Alberta*, Edmonton, 11, 237 p., 17 pl., 23 fig.

GREESLY A. (1838).- Observations géologiques sur le Jura soleurois. *Soc. Helv. Sci. Nat.*, Neuchâtel, Nouv. Mém. 2, 349 p.

GREKOFF N. (1960).- Corrélations et âge relatif de quelques séries continentales mésozoïques à Ostracodes. *In : Pré-Quaternary Micropaleontology*, p. 18-26, 1 fig., 2 tabl.

GREKOFF N. (1964).- Aperçu sur les Ostracodes du Dévonien inférieur. In : Colloque sur le Dévonien inférieur et ses limites. *Mém. B.R.G.M.*, 33, Paris, p. 367-372, 2 tabl.

GROESSENS E. (1974).- Distribution de Conodontes dans le Dinantien de la Belgique. *Publ. Intern. Symp. Belg. Micropal. limits*, Bruxelles, BOUCKAERT & STREEL édit., 17, 193 p., 49 pl.

GROESSENS E., CONIL R. & LEES A. (1973).- Problèmes relatifs à la limite du Tournaisien et du Viséen en Belgique. *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, 82, 1, p. 17-50, 5 pl., 12 fig.

GROOS-UFFENORDE H. & JAHNKE H. (1973).- Die Fauna der Kalkgerölle aus dem unterdevonischen Konglomerat bei Marburg. *Notizbl. hess. L.- Amt Bodenforsch.*, Wiesbaden, 101, p. 80-98, 5 pl., 4 fig., 1 tabl.

GROOS-UFFENORDE H. & UFFENORDE H. (1974).- Zur Mikrofauna im höchsten Oberdevon und tiefen Unterkarbon im nördlichen Sauerland (Conodonta, Ostracoda, Rheinisches Schiefergebirge). *Notizbl. hess. L.- Amt Bodenforsch.*, Wiesbaden, 102, p. 58-87, 5 pl., 5 fig.

GRÜNDEL J. (1961).- Zur Biostratigraphie und Facies der *Gattendorfia*-Stufe in Mitteldeutschland unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden. *Freib. Forsch.- H.*, Berlin, C111, p. 1-173, 25 pl., 29 fig., 3 tabl.

GRÜNDEL J. (1962).- Zur Taxionomie der Ostracoden der *Gattendorfia*-Stufe Thüringens. *Freib. Forsch.*, Berlin, C151, p. 51-105, 4 pl., 14 fig., 14 tabl.

GRÜNDEL J. (1962).- Zur Phylogenetik und Taxionomie der Entomozoidae (Ostracoda) unter Ausschluss der Bouciinae. *Geol.*, Berlin, 11, 10, p. 1184-1203, 11 fig.

HAMILTON I.B. (1942).) Ostracoda from the upper Permian of Texas. *Journ. Pal.*, Tulsa, 16, p. 712-718, 1 pl.

HARDING J.P. (1955).- The evolution of terrestrial habits in an Ostracod. In : Symposium on Organic Evolution. *Bull. Nat. Hist. Inst. Sci.*, India, 7, p. 104-106.

HARDING J.P. (1966).- Myodocopan Ostracods from the gills and nostrils of fishes. In : Some Contemporary Studies in Marine Science, BARNES H. édit., London, p. 369-374, 20 fig.

HARLTON B.H. (1929).- Some Upper Mississippian (Fayetteville) and Lower Pennsylvanian (Wapanucka Morrow) Ostracoda of Oklahoma and Arkansas. *Amer. Jour. Sc.*, New Haven, 5, 18, p. 254-270, 2 pl.

HARTMANN G. & PURI H. (1974).- Summary of Neontological And Palaeontological Classification of Ostracoda Of Ostracoda. *Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst.*, Hamburg, 70, p. 7-73.

HAUG E. (1921).- Traité de Géologie. I. Les phénomènes géologiques. A. Colin édit., 3ème tirage, 538 p.

HEDBERG H. (1976).- International stratigraphic guide. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure, New York, Wiley ; traduction française : Guide stratigraphique international, Paris, Doin, 1979, 233 p.

HENNINGSMOEN G. (1953).- Classification of Paleozoïc straight-hinged Ostracods. *Saertr. av Norsk geol. tid.*, Bergen, 31, p. 185-288, 2 pl., 12 fig.

HENNINGSMOEN G. (1965).- On certain features of Palaeocope Ostracodes. *Geol. Fören. Stock. Förh.*, Stockholm, 86, p. 329-394, 16 fig.

HOU Y.T. (1955a).- New Devonian Ostracods from Hupeh. *Acta Pal. Sinica*, Peiping, 3, 3, p. 218-238, 9 pl.

HOU Y.T. (1955b).- On some new Ostracods from Kwangsi. *Acta Pal. Sinica*, Peiping, 3, 4, p. 313-316, 1 pl.

HOUSE M.R. (1971).- Devonian faunal distributions. In : Faunal Provinces in Space and Time ; Middlemiss, RAWSON & NEWALL édit., *Geol. Jour. Spec. Iss.*, n° 4, Liverpool, p. 77-94, 7 fig.

HOUSE M. & ZIEGLER W. (1977).- The Goniatite and Conodont sequences in the early Upper Devonian at Adorf, Germany. *Geologica et Palaeontologica*, Marburg, 11, p. 69-108, 6 pl., 4 fig.

HOYEZ B. (1970).- Analyse séquentielle des calcaires viséens du Massif du Haut-Banc. *Thèse 3ème Cycle*, Lille, 174 p., 34 pl., 3 tabl.

HOYEZ B. (1971).- Le Viséen du Boulonnais : analyse et corrélation séquentielles. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 91, p. 113-128, 5 fig., 1 tabl.

HUME G.S. (1922).- North Nahanni and Root Rivers area, and Caribou Island, Mackenzie River District. *Geol. Surv. Can., Sum Rept. 1921*, Ottawa, B, p. 67B-78B.

HARDING J.P. (1964).- Crustacean cuticle with reference to the ostracod carapace. *Publ. staz. zool. Napoli*, 33 suppl., p. 9-31, 28 fig.

JACOBZONE M. & CARBONNEL G. (1976).- La gestion des fichiers micropaléontologiques par ordinateur, une application du programme Mistral. *Publ. départ. math.*, Lyon, 13, 4, p. 101-132.

JOHNSON G.A.L. (1976).- Palaeozoic accretion of Western Europe. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 96, 4, p. 347-352, 1 fig.

JONES P.J. (1962).- The Ostracod Genus Cryptophyllus in the Upper Devonian and Carboniferous of Western Australia. *Commonwealth of Australia, Bur. Min. Res. Geol. Geoph.*, Camberra, 62-3, p. 1-37, 3 pl., 6 fig.

JONES P.J. (1968).- Upper Devonian Ostracoda and Eridostraca from the Bonaparte Gulf Basin, Northwestern Australia. *Commonwealth of Australia, Bur. Min. Res. Geol. Geoph.*, Camberra, 99, p. 1-108, 7 pl., 21 fig.

JONES P.J. (1974).- Australian Devonian and Carboniferous (Emsian-Visean) Ostracod faunas : a review. *Intern. Symp. Namur*, Bruxelles, BOUCKAERT & STREEL édit., 6, 19 p., 3 fig.

JORDAN H. (1960).- Zur Taxionomie und Biostratigraphie devonischer Ostracoden Thüringens und des Harzes. *Freib. Forsch.*, Freiberg, C80, p. 173-177, 2 fig.

JORDAN H. (1964).- Neue Ostracodenfaunen aus dem mitteleuropäischen Paläozoikum. *Biologische Rundschau*, Freiberg, 2, p. 122-126, 3 fig.

KEDO G.I. (1957).- The stratigraphic significance of *Hymenozonotriletes pusillites* sp. nov. *Repts. Acad. Sciences, Byelorussian S.S.R.*, 1, p. 21-23.

KENT D.M. (1967).- Devonian of Manitoba and Saskatchewan. *Intern. Symp. Dev. Syst.*, Calgary, 1, p. 781-801, 11 fig.

KENT P.E. (1975).- Review of North Sea Basin development. *Jour. Geol. Soc., Univ. press*, Belfast, 131, p. 435-468, 18 fig.

KENTS P. (1959).- Three Forks and Bakken Stratigraphy in West Central Saskatchewan. *Dept. Min. Resour., Saskat.*, Regina, 37, p. 1-37, 8 fig., 1 pl. h.-t.

KILENYI T.I. (1971).- Some basic questions in the palaeoecology of Ostracodes. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 31-44, 3 fig.

KIMPE W.F.M., BLESS M.J.M. & al. (1978).- Paleozoic deposits East of the Brabant Massif in Belgium and the Netherland. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, Heerlen, 30-2, p. 37-103, 16 pl., 7 encl. h.-t.

KINDLE E.M. (1919).- The discovery of a Portage Fauna in the Mackenzie River Valley. *Geol. Surv., Canada, Mus. Bull.*, Ottawa, 29, 13 p., 2 pl.

KLAPPER G., SANDBERG C.A., COLLINSON C., HUDDLE J.W., ORR R.W., RICKARD L.V., SCHUMACHER D., SEDDON G. & UYENO T.T. (1971).- North American Conodont Biostratigraphy. *Geol. Soc. Amer.*, New York, 127, p. 285-316, 6 fig.

KLEIN Cl. (1980).- L'intérêt tectogénétique de la discordance postcalédonienne en Ardenne. *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, 89, 1, p. 1-54, 16 fig., 9 photo.

KLEIN Cl. (1978).- Tectogénèse armoricaine et tectogénèse ardennaise. La notion de socle mou. *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, 86, 4, p. 151-182, 7 fig., 9 photo.

KONTROVITZ M. & NICOLICH M.J. (1979).- On the response of Ostracode valves and carapaces to water currents. In : Proc. VII intern. Symp. Ostr., Belgrade 1979, *Serb. geol. Soc.*, p. 269-272, 2 fig.

KORNICKER L.S. (1975).- Antarctic Ostracoda (Myodocopina) (in two parts). *Smith. Contrib. Zool.*, Washington, 163, p. 1-720, 9 pl., 432 fig.

KORNICKER L.S. (1976).- Phylogeny, Ontogeny, and Morphology of Living and Fossil Thaumatocypridacea (Myodocopa : Ostracoda). *Smithsonian Contr. Zool.*, Washington, 219, 124 p., 93 fig.

KORNICKER L.S. & SOHN I.G. (1971).- Viability of Ostracode eggs egested by fish and effect of digestive fluids on Ostracode shells. Ecologic and paleoecologic implications. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 125-135, 1 pl., 1 tabl.

KORNICKER L.S. & SOHN I.G. (1978).- Phylogeny, Ontogeny, and Morphology of Living and Fossil Thaumatocypridacea (Myodocopa : Ostracoda). *Smithsonian Contr. Zool.*, Washington, 219, p. 1-124, 92 fig., 13 tabl.

KOZUR H. (1970).- Neue Ostracoden - Arten aus dem Obersten Anis des Bakony-hochlandes (Ungarn). *Ber. Nat.- Med. Ver. Innsbruck*, 58, p. 384-428, 4 pl.

KOZUR H. (1971).- Die Bairdiacea der Trias. Teil 1 : Skulpturierte Bairdiidae aus mitteltriassischen Flachwasserablagerungen. *Geol. Paläont. Mitt. Ibk.*, Innsbruck, 1, 3, p. 1-17, 3 pl. Teil 2 : Skulpturierte Bairdiidae aus mitteltriassischen Tiefschelfablagerungen. *Geol. Paläont. Mitt. Ibk.*, Innsbruck, 1, 5, p. 1-21, 2 pl. Teil 3 : Einige neue Arten triassischer Bairdiacea und Bemerkungen zur Herkunft der Macrocyprididae (Cypridacea). *Geol., Paläont. Mitt. Ibk.*, Innsbruck, 1, 6, p. 1-18, 2 pl.

KOZUR H. (1972).- Einige Bemerkungen zur Systematik der Ostracoden und Beschreibung neuer Platycopida aus der Trias Ungarns und der Slowakei. *Geol. Paläont. Mitt. Ibk.*, Innsbruck, 2, 10, p. 1-27, 2 pl.

KOZUR H. (1974).- Neue Ostracodenarten aus den Gemmanellenschichten des Prikaspigebietes. *Geol. Paläont. Mitt. Ibk.*, Innsbruck, 4, 8, p. 1-36, 6 pl.

KREBS W. & RABIEN A. (1964).- Zur Biostratigraphie und Fazies der Adorf-Stufe bei Donsbach (Conodonten- und Ostracoden-Chronologie, Oberdevon I. Rheinisches Schiefergebirge, Dillmulde). *Notizbl. hess. L.- Amt Bodenforsch.*, Wiesbaden, 92, p. 75-119, 2 pl., 3 fig., 3 tabl.

KRISTAN-TOLLMANN E. (1977).- Zur evolution des Schliessmuskelfeldes bei Healdiidae und Cytherellidae (Ostracoda). *Neu. Jb. geol. Palaeont.*, Monatsh., 10, p. 621-639, 10 fig.

KRÖMMELBEIN K. (1973).- Ostracoden der Trias. Teil 1 : Germanische Trias. *Zbl. Geol. Paläont.*, Stuttgart, 2, p. 139-149.

KRÖMMELBEIN K. (1974).- Ostracoden der Trias. Teil 2 : Alpine Trias. *Zbl. Geol. Paläont.*, Stuttgart, 2, p. 1-11.

LACROIX D. (1974).- Sur la stratigraphie du mésodévonien et du Frasnien au bord sud du Synclinorium de Namur. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 97, p. 11-21, 5 fig.

LANGER W. (1971).- Rasterelektronenmikroskopische Beodachtungen über den Feinbau von Ostracoden-Schalen. *Paläont. Z.*, Stuttgart, 45, 3/4, p. 181-186, 2 pl., 2 fig.

LANGER W. (1971).- Über einige Feinstrukturen von Muschelkrebsen aus dem westfälischen Miozän (Jung-Tertiär). *Sond. aus Natur Heimat*, Münster, 3, p. 70-74.

LANGER W. (1973).- Zur Ultrastruktur, Mikromophorlogie und Taphonomie des Ostracoda-Caparax. *Palaeontographica A*, Stuttgart, 144, p. 1-54, 15 pl., 27 fig.

LAPADU-HARGUES P. (1957).- Cypridines (Schistes à ....). In : Lexique strat. intern., Paris, vol. 1, fasc. 4a, p. 114.

LATREILLE P.A. (1802-1805).- Histoire naturelle générale et particulière des Crustacés et des insectes, 14 p., Paris.

LAW J. (1955).- Geology of Northwestern Alberta and adjacent areas. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, New York, 39, 10, p. 1927-1975, 5 fig.

LECOMPTE M. (1936).- Contribution à la connaissance des "récifs" du Frasnien de l'Ardenne. Etude lithologique du "récif" exploité à la nouvelle carrière du Château-Gaillard à Trélon. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 10, p. 29-112.

LECOMPTE M. (1964).- VIème Congrès international de sédimentologie Hollande-Belgique, 1963. Excursions C-D. Trois volumes : note préliminaire, 27 p. ; livret-guide, 49 p. ; 33 fig.

LECOMPTE M. (1967).- Le Dévonien de la Belgique et le Nord de la France. *Int. Symp. Dev. Syst.*, Calgary, OSWALD édit., 1, p. 15-52, 17 pl.

LECOMPTE M. (1970).- Die Riffe im Devon der Ardennen und ihre Bildungsbedingungen. *Geologica et Palaeontologica*, Marburg, 4, p. 25-71, 3 pl., 20 fig., 3 tabl.

LE FEVRE J. (1963).- Microfaunes de l'Emsien et du Dévonien moyen de la région Ougarta-Saoura (Sahara). *D.E.S.*, Bordeaux, 3 fasc. ronéo., 180 p., 17 pl., 4 pl.-cartes, 2 tabl. h.-t., 4 pl. h.-t.

LE FEVRE J. (1971).- Paleoecological observations on Devonian Ostracodes from the Ougarta Hills (Algeria). *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 817-841, 6 pl., 5 fig.

LEGRAND R. (1968).- Le massif du Brabant. *Mém. Expl. Cartes Géol. Min. de Belgique*, 9, 148 p., 9 fig., 5 pl. h.-t.

LE MAITRE D. & MAGNE F. (1964).- Le Dévonien des carrières du "Banc Noir" et du "Griset" (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 84, p. 129-131.

LERICHE M. (1912).- La faune du Gédinnien inférieur de l'Ardenne. *Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg.*, Bruxelles, 6, p. 1-58, 3 pl., 6 fig.

LETHIERS F. (1970a).- Quelques Ostracodes frasniens du Bas-Boulonnais (France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 90, p. 69-75, 2 pl., 2 fig.

LETHIERS F. (1970b).- Ostracodes du Dévonien supérieur de l'Avesnois (France). Limite Frasnien moyen-Frasnien supérieur. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 90, p. 113-120, 2 pl., 3 fig.

LETHIERS F. (1972).- Ostracodes famenniens dans l'Ouest du Bassin de Dinant (Ardenne). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 92, p. 155-169, 3 pl., 14 fig., 1 tabl.

LETHIERS F. (1973).- Les sections polies : application aux Ostracodes paléozoïques. *Géobios*, Lyon, 6, 3, p. 199-205, 13 fig.

LETHIERS F. (1974a).- Ostracodes de la limite Dévonien-Carbonifère dans l'Avesnois. *C.R. Ac. Sc., D*, Paris, 278, p. 1015-1017, 1 tabl.

LETHIERS F. (1974b).- Biostratigraphie des Ostracodes dans le Dévonien supérieur du Nord de la France et de la Belgique. *Newsl. Stratigr.*, Leiden, 3, 2, p. 73-79, 2 fig.

LETHIERS F. (1974c).- Ostracodes du passage Frasnien-Famennien de Senzeilles (Ardenne). *Palaeontographica A*, Stuttgart, 147, p. 39-69, 3 pl., 17 fig., 2 tabl.

LETHIERS F. (1974d).- Nouveaux Ostracodes de la limite Dévonien-Carbonifère de la région-type. *C.R. Ac. Sc., D*, Paris, 279, p. 1613-1616, 1 pl.

LETHIERS F. (1974e).- Rapports Ostracodes-Faciès dans le Dévonien supérieur du Nord de la France et la Belgique. *Rev. Micropal.*, Paris, 17, 3, p. 117-126, 1 pl., 4 fig.

LETHIERS F. (1974f).- In BONTE A., COLBEAUX J.P., HOYEZ B. & LETHIERS F. (1974).- Les "Schistes d'Hydrequent" (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais) : nouvelles observations. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 94, p. 117-121, 2 fig.

LETHIERS F. (1975a).- Révision de l'espèce *Bairdia (O.?) hypsela* ROME, 1971 (Ostracoda) du Strunien ardennais. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 95, p. 71-75, 1 pl., 2 fig.

LETHIERS F. (1975b).- Les Entomozoïdés (Ostracodes) du faciès Matagne dans le Frasnien sud-occidental de l'Ardenne. *Géobios*, Lyon, 8, 2, p. 135-138, 2 fig.

LETHIERS F. (1976a).- In COQUEL R., LOBOZIAK S. & LETHIERS F. (1976).- Répartition de quelques Ostracodes et palynologie à la limite dévono-carbonifère dans l'Ouest canadien. *Actes 101ème Congr. Soc. Sav., Lille 1976, Sciences*, 1, p. 69-84, 4 pl., 3 fig.

LETHIERS F. (1976b).- Répartition des Ostracodes du Famennien inférieur en Ardenne occidentale. *Rev. Esp. Micropal.*, Madrid, 8, 2, p. 245-253, 1 pl., 4 fig., 1 tabl.

LETHIERS F. (1976c).- In CHARPENTIER J.L., LETHIERS F. & TAMAIN G. (1976).- Les "Schistes Aquisgrana" à Ostracodes du Dévonien supérieur-terminal en Sierra Morena orientale (Espagne). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 96, p. 353-362, 1 pl., 6 fig., 1 tabl.

LETHIERS F. (1976d).- In BRICE D., BULTYNCK P., COLBEAUX J.P., LETHIERS F., MISTIAEN B., ROHART J.C. & BIGEY F. (1976).- Une nouvelle coupe dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 96, p. 135-155, 1 fig., 7 tabl.

LETHIERS F. (1976e).- In BABIN C., GOUJET D., LARDEUX H., LEJAL-NICOL A., LETHIERS F., MORZADEC P., PLUSQUELLEC Y. & WEYANT M. (1976).- La Formation des Schistes de Porsguen (Dévonien supérieur de la rade de Brest, Massif Armoricain). Lithologie, flore, faune. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 96, 4, p. 333-346, 4 pl., 2 fig., 2 tabl.

LETHIERS F. (1978).- Ostracodes du Dévonien terminal de la Formation Big Valley, Saskatchewan et Alberta. *Palaeontographica A*, Stuttgart, 162, p. 81-143, 17 pl., 40 fig., 3 tabl.

LETHIERS F. (1979).- La conservation et l'échantillonnage dans le traitement des Ostracodes paléozoïques. *Géobios*, Lyon, 12, 2, p. 303-311, 1 pl., 2 fig.

LETHIERS F. (1980).- Distribution et variations de *Tschizhovaella regina* (Ostracoda) dans le Famennien de l'Ouest du Canada. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 100, p. 15-22, 1 pl., 4 fig., 2 tabl.

LETHIERS F. (1981).- Ostracodes du Dévonien terminal de l'Ouest du Canada : Systématique, biostratigraphie, paléoécologie. *Géobios*, Lyon, Mém. sp. 5, p. 1-236, 26 pl., 73 fig., 14 tabl.

LEVINSON S.A. (1950).- A Technique for Sectioning Microfossils. *Science*, 111, p. 60.

LEVINSON S.A. (1950).- The Hingement of Paleozoïc Ostracoda and its bearing on orientation. *Journ. Paleont.*, Tulsa, 24, 1, p. 63-75, 16 fig.

LEVINSON S.A. (1951).- Thin sections of Paleozoïc Ostracoda and their bearing on Taxonomy and Morphology. *Journ. Paleont.*, Tulsa, 25, 5, p. 553-560, 1 pl., 1 fig.

LIPINA O.A. (1961).- Relation entre Foraminifères et faciès dans les dépôts famenniens et tournaisiens du versant Ouest de l'Oural. In : Questions de micropaléontologie n° 5, Vropozy micropaleontologii, Moscou. Traduction B.R.G.M. 3578-10.

LORANGER D.M. (1954).- Ireton microfossil zones of central and northeastern Alberta. *West. Canad. Sed. Basin Symp.*, Tulsa, R.L. Rutherford Mem. vol., p. 182-203, 2 pl., 3 fig.

LORANGER D.M. (1963a).- Devonian microfauna from northeastern Alberta : Part I, Ostracoda, Orders Lepertidicopida and Palaeocopida. Publié par l'auteur, Calgary, p. 1-55, 4 pl., 28 fig.

LORANGER D.M. (1963b).- Devonian microfauna from northeastern Alberta : Part 2, Ostracoda, Order Podocopida. Publié par l'auteur, Calgary, p. 1-53, 3 pl., 33 fig.

MACQUEEN R.W. & SANDBERG C.A. (1970).- Stratigraphy, age, and interrogional correlation of the Exshaw Formation, Alberta Rocky Mountains. *Bull. Can. Petrol. Geol.*, Calgary, 18, 1, p. 32-66, 3 pl., 4 fig.

MAGNE F. (1964).- Données micropaléontologiques et stratigraphiques dans le Dévonien du Boulonnais (France) et du Bassin de Namur (Belgique). *Thèse 3ème cycle*, Paris, 2 fasc. ronéo. 21x27. I : texte, 172 p., 44 fig. ; II : 33 pl., 12 pl. h.-t.

MAILLIEUX E. (1914).- Note préliminaire sur quelques organismes microscopiques du Calcaire de Givet. *Bull. Soc. belge Géol. Pal. Hydro.*, Bruxelles, 28, p. 108-110.

MAILLIEUX E. (1914).- Nouvelles observations sur le Frasnien et en particulier sur les paléorécifs de la plaine des Fagnes. *Bull. Soc. belge Géol. Pal. Hydro.*, Bruxelles, 27, p. 67-104, 2 pl.

MAILLIEUX E. (1936).- La faune des Schistes de Matagne (Frasnien Supérieur). *Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg.*, Bruxelles, 77, 81 p., 1 pl.

MAILLIEUX E. (1940).- Contribution à la connaissance du Frasnien moyen de la Belgique. *Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg.*, Bruxelles, 16, 4, p. 1-44.

MAILLIEUX E. & DEMANET F. (1929).- L'échelle stratigraphique des terrains primaires de la Belgique. *Bull. Soc. belge Géologie*, Bruxelles, 38, p. 124-131.

MATERN H. (1929).- Die Ostracoden des Oberdevon. 1 : Aparchitidae, Primitiidae, Zygobolbidae, Beyriichidae, Kloedenellidae, Entomidae. *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, N.F., 118, p. 1-100, 5 pl., 3 tabl.

MANSY J.L. (1980).- La Cordillère Canadienne au Nord et au Centre de la Colombie Britannique (Canada). *Rev. géol. dyn. géogr. phys.*, Paris, 22, 4-5, p. 233-254, 8 fig.

McCROSSAN R.G. & GLAISTER R.P. (1970).- Geological history of Western Canada. *Alberta Soc. Petr. Geol.*, Calgary, sp. vol., réimpression de la 2ème édition 1966, 232 p.

McGILL P. (1963).- Upper and Middle Devonian Ostracodes from the Beaverhill Lake Formation, Alberta, Canada. *Bull. Can. Petrol. Geol.*, Calgary, 11, 1, p. 1-26, 4 pl., 2 fig.

McGILL P. (1966).- Ostracodes of probable late Givetian age from Slave Point Formation, Alberta. *Bull. Can. Petrol. Geol.*, Calgary, 14, 1, p. 104-133, 6 pl.

McLAREN D.J., NORRIS A.W. & CUMMING L.M. (1970).- In : DOUGLAS & alii (1970, p. 685).

MICHAILOVA E.D. (1971).- Quelques Ostracodes wenlockiens de la région montagneuse du Turkestan-Alai. *Bull. Ordre Lenine, Inst. pop. rouge G.V. Plechanova*, Leningrad, 50, 2, p. 118-127, 3 pl.

MICHEL M.PH. (1972).- *Polyzygia* GUERICH (Ostracoda) in the Devonian of Asturias and Leon (Spain). *Leidse Geol. Mededel.*, Leiden, 48, 2, p. 207-273, 15 pl., 46 fig.

MILHAU B. (1982).) Les Ostracodes du Givétien supérieur en Ardenne et en Boulonnais. *D.E.A.*, Lille, 47 p., 8 pl., 20 fig., 11 tabl. (inédit.).

MISTIAEN B. (1980).- Stromatopores du Givétien de Ferques (Boulonnais, France). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris*, 4ème sér., 2, p. 167-257, 3 fig., 17 pl.

MONGER J.W. & PRICE R.A. (1979).- Geodynamic evolution of the Canadian Crodillera, progress and problems. *Can. Journ. Earth Sci.*, Ottawa, 16, p. 770-791.

MONIEZ M. (1961).- Contribution à l'étude du Frasnien de la région de Trélon. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 81, p. 105-112, 2 fig.

MONTADERT L., ROBERTS D.G., AUFRET G.A., BOCK W., DUPEUBLE P.A., HAILWOOD E.A., HARRISSON W., KAGAMI H., LUMSDEN D.N., MULLER C., SCHNITKER D., THOMPSON R.W., THOMPSON T.L. & TIMOFEEV P.P. (1977).- Rifting and subsidence on passive continental margins in the North East Atlantic. *Nature*, 268, p. 305-309.

MOORE R.C. (1961).- Treatise on invertebrate paleontology, Part. Q, Arthropoda 3. *Geol. Soc. America, Univ. of Kansas Press*, Lawrence, Kansas, 442 p.

MOUND M.C. (1967).- Conodonts and Biostratigraphic zones from the subsurface Upper Devonian of Alberta. *Int. Symp. Dev. Syst.*, Calgary, 2, p. 653-672, 5 fig.

MOURAVIEFF A.N. & BOUCKAERT J. (1973).- Maillieux's (1940) *Manticoceras intumescens* (BEYRICH) in the Belgian Frasnian with Respect to the Conodont Zonation. *Geologica et Palaeontologica*, Marburg, 7, p. 93-95, 2 fig.

MOURLON M. (1875).- Monographie du Famennien. *Bull. Acad. roy. Belg.*, Bruxelles, 2ème sér., 39, 5, p. 602-659.

MOURLON M. (1882).- Considérations sur les relations stratigraphiques des Psammites du Condroz et des Schistes de la Famenne proprement dits, ainsi que sur le classement de ces dépôts dévoniens. *Bull. Acad. roy. Belg.*, Bruxelles, 3ème sér., 4, p. 504-525.

MÜLLER G.W. (1894).- Ostracoda : Fauna and flora des Golfes von Neapel. *Zool. Station zu Neapel*, Berlin, 21, 404 p., 40 pl.

MÜLLER K.J. (1979a).- Phosphatocopine ostracodes with preserved appendages from the Upper Cambrian of Sweden. *Lethaia*, Oslo, 12, p. 1-27, 38 fig.

MÜLLER K.J. (1979b).- Body appendages of paleozoic ostracodes. In : Proc. VII Intern. Symp. Ostr., Belgrade, *Serb. Geol. Soc.*, p. 5-8, 1 pl.

MÜLLER-STEFFEN K. (1964).- Neue oberdevonische Ostracoden (Familia Entomozoidae) aus dem Oberharz. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, Stuttgart, 119, 2, p. 157-171, 2 pl.

MÜLLER-STEFFEN K. (1965).- Das Oberdevon des nördlichen Oberharzes im Lichte der Ostracoden-Chronologie. *Geol. Jb.*, Hannover, 82, p. 785-846, 3 pl., 11 fig., 3 tabl.

NELSON S.J. (1970).- The Face of Time, the geological history of Western Canada. *Alberta Soc. Petr. Geol.*, Calgary, sp. vol., 133 p.

OERTLI H.J. (1971).- The aspect of Ostracode faunas. A possible new tool in petroleum sedimentology. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 137-151, 2 pl., 7 fig.

OERTLI H.J. (1975).- The conservation of Ostracode tests-Observations made under the scanning electron microscope. *Bull. Amer. Paleont.*, Ithaca, 65, 282, p. 549-575, 10 pl.

OLEMPSKA E. (1979).- Middle to Upper Devonian Ostracoda from the Southern Holy Cross Mountains, Poland. *Palaeont. Polonica*, Varsovie, 40, p. 57-162, pl. 11-32, 4 fig., 5 tabl.

OLIVER W.A. & al. (1967).- Devonian of the Appalachian Basin, United States. *Int. Symp. Dev. Syst.*, Calgary, 1, p. 1001-1040, 18 fig.

OLRY A. (1904).- Topographie souterraine du Bassin houiller du Boulonnais ou Bassin d'Hardinghen. *Publ. par le Serv. Topogr. sout., Minist. Tr. publ.*, Paris, 240 p., 44 fig.

OSWALD D.H. édit. Sc. (1967).- International Symposium on the Devonian System. *Alberta Soc. Petr. Geol.*, Calgary, 2 vol., 2192 p.

PECKELMANN W. (1913).- Das Oberdevon des Bergischen Landes. *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, N.F., 70, 356 p., 7 pl., 4 fig.

PENEAU J. (1928).- Etudes stratigraphiques et paléontologiques dans le Sud-Est du Massif Armoricain (Synclinal de Saint-Julien-de-Vouvantes). *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*, Laval, 8, 4, 300 p., 24 pl., 23 fig.

PERRIER R. (1954).- La Faune de France. Fasc. 2 : Arachnides et Crustacés. DELAGRAVE édit., Paris, 220 p., 710 dessins.

PETERSEN M.S., RIGBY J.K. & HINTZE L.F. (1973).- Historical Geology of North America. Wm C. BROWN Comp. Publ., Dubuque, Iowa, 193 p.

PEYPOUQUET J.P. (1979).- Ostracodes : biostratigraphie ou écostratigraphie. In : Taxonomy, Biostratigraphy and Distribution of Ostracodes. Proc. VII Int. Symp. Ostracodes, *Serb. Geol. Soc.*, Belgrade, p. 151-160, 2 fig.

PEYPOUQUET J.P. (1979).- Ostracodes et Paléoenvironnements. Méthodologie et application aux domaines profonds du Cénozoïque. *Bull. B.R.G.M.*, Orléans, 4, 1, 80 p., 34 fig.

PIRLET H. (1965).- La sédimentation rythmique et la stratigraphie du Viséen supérieur V3b, V3c dans les synclinoriums de Namur et de Dinant. *Thèse doc., Mém. Acad. roy. Belgique,* Bruxelles, 2ème sér., 17, 4.

POKORNY V. (1957).- The Phylomorphogeny of the Hinge in *Podocopida (Ostracoda, Crustacea)* and its bearing on the Taxionomy. *Acta Universit. Cardinae, Geol.,* Prague, 3, p. 1-22, 3 fig.

POLENOVA E.N. (1952).- Ostracods from the Upper Givetian of the Russian Platform. *VNIGRI,* Moscou, 60, p. 65-156, 15 pl.

POLENOVA E.N. (1953).- Ostracodes des sédiments du champ dévonien central et de la moyenne Volga (en russe). *VNIGRI,* Moscou, 68, 157 p., 14 pl., 6 tabl.

POLENOVA E.N. (1955).- Ostracodes du Dévonien de la région Volga-Oural. In : Foraminifera, Radiolaria et Ostracoda du Dévonien de la région Volga-Oural (en russe). *VNIGRI,* Moscou, 87, p. 191-317, 15 pl., 1 fig., 3 tabl.

POMEROL CH., BABIN C., LANCELOT Y., LE PICHON X. & RAT P. (1980).- Stratigraphie et paléogéographie : principes et méthodes. DOIN édit., Paris, 209 p.

POMEROL CH. (1980).- Les unités stratigraphiques et leurs limites. In : POMEROL & alii (1980).

POZNER V.M. (1951).- Lower Carboniferous ostracodes from the western flank of the Moscow Basin. *VNIGRI,* Moscou, 56, p. 5-108, 21 pl.

PRIBYL A. (1951).- On the Bohemian Ostracoda of the families Entomozoidae and Entomoconchidae. *Bull. Int. Acad. Tchèque Sci., 1949,* Prague, 50, 9, p. 101-128, 2 pl.

PRIBYL A. (1952).- On some new ostracodes of the Lower and Middle Devonian of Bohemia. *Bull. Int. Acad. Tchèque Sci.*, Prague 1953, 52, p. 15-51, 5 pl., 2 fig.

PRICE A. & DOUGLAS R.J.W. (1972).- Variations in tectonic styles in Canada. *Geol. Ass. Canada, Spec. Pap.*, 11, Toronto, 688 p.

PRUVOST P. (1911).- Note sur les Entomostracés Bivalves du Terrain houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 40, p. 60-80, 2 pl.

PRUVOST P. (1919).- Introduction à l'étude du terrain houiller du Nord et du Pas-de-Calais : la faune continentale du terrain houiller du Nord de la France. *Mém. Expl. carte géol. dét. France*, Paris, 584 p., 29 pl., 51 fig.

PRUVOST P. & Coll. (1928) et (1964).- Carte géologique de France au 1/80 000, feuille de Boulogne, 3ème et 4ème éditions.

PRUVOST P. (1930).- La faune continentale du terrain houiller de la Belgique. *Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg.*, Bruxelles, mém. 44, 250 p., 14 pl.

PRUVOST P. (1930).- Sédimentation et subsidence. *Liv. Jub. Soc. Géol. Fr.*, Paris, p. 545-664.

PRUVOST P. & DELEPINE G. (1921).- Observations sur la faille d'Hydrequent et sur les couches de base du Carbonifère dans le Bas-Boulonnais. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 4ème sér., 21, p. 189-206, 1 pl., 5 fig.

PRUVOST P. & WATERLOT G. (1956).- Etroeungt. In : Lexique stratigraphique international, Paris, vol. 1, fasc. 4, p. 68.

PURI H.S. (1966).- Ecologic distribution of recent Ostracoda. *Proc. Symp. Crustacea*, Part I : *Marine Biological Ass. Indiana*, Mandapman, p. 457-495, 10 fig.

PURI H.S., BONADUCE G. & MALLOY J. (1964).- Ecology of the Gulf of Naples. *Publ. Staz. Zool. Napoli*, 33 suppl., p. 87-199, 67 fig. 1 tabl.

PURI H.S. & DICKAU B.E. (1969).- Use of normal pores in Taxonomy of Ostracoda. *Trans.-gulf Coast. Ass. Geol. Soc.*, 19, p. 353-367, 6 pl.

RABATE J. (1976).- Les Ostracodes du Dévonien de Doukkala. *Rapport interne B.R.G.M.*, Rabat, I : texte 54 p. ; II : 8 pl.

RABIEN A. (1954).- Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. *Abh. hess. Land. Bodenforsch.*, Wiesbaden, 9, 268 p., 5 pl., 7 fig., 4 tabl.

RABIEN A. (1960).- Zur Ostracoden-Stratigraphie an der Devon/Karbon-Grenze im Rheinischen Schiefergebirge. *Fortzchr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, Krefeld, 3, 1, p. 61-106, 3 pl., 4 fig., 7 tabl.

RABIEN A. (1970).- Oberdevon. *Erläuterungen Geologischen Karte Hessen*, Wiesbaden, p. 78-235.

RABIEN A. & RABITZ A. (1958).- Das Ober-Devon von Meschede. *Notizbl. Hess. Land. Bodenforsch.*, Wiesbaden, 86, p. 159-184, 3 fig.

RABIEN A. & SCHRICKE W. (1966).- Biostratigraphischer Nachweis und Petrographie von Adorf-Sandsteinen in der Dillmulde/Rheinisches Schiefergebirge. *Notizbl. Hess. Land. Bodenforsch.*, Wiesbaden, 94, p. 278-301, 2 fig.

RIGAUX E. (1892).- Notice géologique sur le Bas-Boulonnais. *Mém. Soc. Acad. Boulogne*, 14, 108 p., 11 pl., 2 tabl.

RIGAUX E. (1908).- Le Dévonien de Ferques et ses Brachiopodes. Boulogne-sur-Mer, 33 p., 2 pl., 1 tabl.

ROBINSON J.W.D. (1920).- The Devonian of Ferques. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 76, p. 223-237, 1 pl.

ROBINSON E. (1978).- The Carboniferous. In : A stratigraphical index of British Ostracoda. *Geol. Jour. Spec. Iss.*, Liverpool, 8, p. 121-166, 13 pl., 2 fig., 3 tabl.

ROME R. (1971).- Contribution à l'étude des Ostracodes du Tournaisien inférieur de la Belgique. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 27, 1, 46 p., 77 fig.

ROME R. (1973).- Contribution à l'étude des Ostracodes du Tournaisien inférieur de la Belgique (suite). *Bull. Soc. belge Géologie*, Bruxelles, 82, 2, p. 301-349, 45 fig.

ROME R. & GOREUX J. (1960).- Cryptophyllus (Ostracodes) du Strunien de la Belgique. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 21, p. 181-204, 14 fig.

ROSENFELD A. (1979).- Structure and secretion of the carapace in some living ostracodes. *Lethaia*, Oslo, 12, p. 353-360.

ROZHDESTVENSKAJA A.A. (1971).- Ostracods and paleogeographic conditions of their distribution in a late Devonian basin in the East of the Russian platform. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 763-768.

ROZHDESTVENSKAJA A.A. (1972).- Ostracodes du Dévonien supérieur de la Bachkirie (en russe). *Acad. Sc. U.R.S.S., Section Bachkirie*, Moscou, 193 p., 39 pl., 4 fig., 13 tabl.

RZEHAK R. (1881).- Oberdevonische Fossilien in der Umgebung von Brünn. *Verh. Geol. Reichs.*, Wien, p. 314-315.

RZEHAK R. (1910).- Der Brunner Clumenienkalk. *Zeitschr. Mähr. Landesmus*, Brunn, 10, p. 149-216, 3 pl.

RZHONSNITSKAYA M.A. (1967).- Devonian of the USSR. *Int. Symp. Dev. Syst.*, Calgary, 1, p. 331-348, 8 fig.

SAMOILOVA R.B. (1970).- Ostracodes famenniens de la région centrale de la Plate-forme russe (en russe). *Jour. Paleont.*, Moscou, 2, p. 63-71, 3 fig.

SAMOILOVA R.B. & ZMIRNOVA R.F. (1960).- On new species and genera of Paleozoic from the Southern part of the Moscow Basin. In : Materials in Geol. Useful Minerals from the central part of the European S.S.R., Moscou, 3, p. 64-111.

SANDBERG C.A., STREEL M. & SCOTT R.A. (1972).- Comparison between conodont zonation and spore assemblages at the Devonian-Carboniferous boundary in the western and central United States and in Europe. *7ème Congrès Intern. Strat. Géol. Carb.*, Krefeld, 1, p. 179-202, 4 pl., 4 fig.

SANDBERG C.A. & MAPEL W.J. (1967).- The Northern Rocky Mountains and Plains. *Intern. Symp. Dev. Syst.*, Calgary, 1, p. 843-877, 10 fig.

SANDBERGER G. & SANDBERGER F. (1849-1856).- Systematische Beschreibung und Abbildung der Versteinerungen des Rheinischen Schichtensystems in Nassau, Wiesbaden, 664 p., 49 pl.

SARS G.O. (1866).- Oversigt af Norges marine Ostracoder. *Norske Vidensk.- Akad. Forhandl.*, Christiana (= Oslo), p. 1-130.

SARS G.O. (1888).- Nye Bidrag til Kundskaben om Midlehavets Invertebrat-fauna. 4. Ostracoda Mideterranea. *Arch. Math. Naturvidenskab*, Oslo, 12, p. 173-324, 20 pl.

SARTENAER P. (1954).- Deux zones fossilifères nouvelles du Famennien inférieur. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique*, Bruxelles, 32, 56, p. 1-34, 4 pl., 3 fig.

SARTENAER P. (1956a).- Deux zones fossilifères nouvelles du Famennien inférieur. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique*, Bruxelles, 32, 56, p. 1-34.

SARTENAER P. (1956b).- Esquisse d'une division stratigraphique nouvelle des dépôts du Famennien inférieur du Bassin de Dinant. *Bull. Soc. belge Géologie*, Bruxelles, 65, p. 421-446.

SARTENAER P. (1957a).- De l'importance stratigraphique des Rhynchonelles famenniennes situées sous la zone à Ptychomaletoechia omaliusi (GOSSELET, J., 1877).
Première note : Camarotoechia lentiformis (NALIVKIN, D., 1930). *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique, Sc. T.*, 33, 1, p. 1-19, 2 pl.

SARTENAER P. (1957b).- Idem.
Deuxième note : Le groupe de la Camarotoechia triaequalis (GOSSELET, J., 1877). Idem, 33, 20, p. 1-32, 3 pl.

SARTENAER P. (1958).- Idem.
Troisième note : Le groupe de la Camarotoechia nux (GOSSELET, J., 1887). Idem, 34, 23.

SARTENAER P. (1960).- Visage 1960 de la "tranchée de Senzeilles" (partie famennienne). *Bull. Soc. belge Géol. Pal. Hydro.*, Bruxelles, 68, 3, p. 430-442, 3 pl., 1 fig.

SARTENAER P. (1967a).- Famennian Rhynchonellid Brachiopod genera as a tool for correlation. *Int. Symp. Dev. Syst.*, Calgary 2, p. 1043-1060, 1 pl., 3 fig.

SARTENAER P. (1967b).- De l'importance stratigraphique des Rhynchonelles famenniennes situées sous la zone à Ptychomaletoechia omaliusi (GOSSELET, J., 1877).
Quatrième note : Tenuisinurostrum n. gen.*Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique, Sc. T.*, 43, 32, p. 1-24, 2 pl.

SARTENAER P. (1968a).- Idem.
Cinquième note : Paromoeopygma n. gen.
Idem, 44, 42, p. 1-26, 3 pl.

SARTENAER P. (1968b).- Idem.
Sixième note : Pampoecilorhynchus n. gen.
Idem, 44, 43, p. 1-36, 5 pl.

SARTENAER P. (1969).- Late upper Devonian (Famennian) Rhynchonellid Brachiopods from Western Canada. *Geol. Surv. Canada*, Ottawa, 169, 269 p., 19 pl., 41 fig., 3 fig. h.-t.

SARTENAER P. (1970).- Le contact Frasnien-Famennien dans la région de Houyet-Han-sur-Lesse. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, Bruxelles, 92, p. 345-357, 6 pl., 1 fig.

SARTENAER P. (1972).- De l'importance stratigraphique des Rhynchonellides famenniens situés au-dessus de la zone à Ptychomaletoechia dumonti (GOSSELET, J., 1877).
Première note : Cavatisinurostrum n. gen. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique, Sc. T.*, Bruxelles, 48, 2, p. 1-22, 1 pl., 3 fig.

SARTENAER P. (1973).- Réflexions à propos de la limite entre les étages Frasnien et Famennien fixée depuis près d'un siècle dans la "Tranchée de Senzeilles". *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique, Sc. T.*, Bruxelles, 49, 4, p. 1-11.

SARTENAER P. (1974a).- La zone à *Caryorhynchus tumidus*, zone nouvelle de la partie supérieure du Frasnien. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique, Sc. T.*, Bruxelles, 50, 6, p. 1-11, 1 fig.

SARTENAER P. (1974b).- Que sont les schistes de Matagne ? *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique, Sc. T.*, Bruxelles, 50, 4, p. 1-43.

SARTENAER P. (1974c).- Signification stratigraphique du "niveau des monstres" du Frasnien franco-belge. *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique, Sc. T.*, Bruxelles, 50, 7, p. 1-19.

SARTENAER P. (1976).- Un nouveau genre de Rhynchonellidé de la fin du Frasnien. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 97, p. 67-76, 1 pl.

SARTENAER P. (1979).- Deux nouveaux genres de Rhynchonellides frasniens précédemment inclus dans le genre *Calvinaria* (Brachiopoda). *Géobios*, Lyon, 12, 4, p. 535-547, 2 pl.

SARTENAER P. (1980a).- De l'importance stratigraphique des Rhynchonellides famenniens situés sous la zone à *Ptychomaletoechia omaliusi* (GOSSELET, J., 1877).
Septième note : *Dimensionaequalirostrum* n. gen. (1). *Bull. Inst. roy. Sc. Nat. Belgique*, Bruxelles, 52, 4, p. 1-13, 1 pl.

SARTENAER P. (1980b).- Appartenance de l'espèce *Terebratula formosa* de l'Eifel au genre *Phlogoiderhynchus* du début du Frasnien. *Senckenbergiana lethaea*, Frankfurt am Main, 61, p. 17-43, 2 pl., 3 fig., 1 tabl.

SARTENAER P. & SANDBERG C.A. (1974).- New North American species of Upper Famennian Rhynchonellid genus *Megalopterorhynchus* from Lost River Range, Idaho. *Jour. Paleont.*, Tulsa, 48, p. 756-765, 1 pl., 3 fig.

SCHALLREUTER R. (1972).- Drepanellacea (Ostracoda, Beyrichiocopida) aus mittelordovizishen BacksteinKalkgeschieben, 4 : *Laterophores hystrix* sp. n., *Pedomphalella germanica* sp. n. und *Eoschmidtella fragosa* (Neckaya). *Ber. dt. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläont.*, 17, p. 139-145.

SCOTT H.W. (1961).- Classification of Ostracoda. In : MOORE édit. (1961, p. Q 74).

SCOTT H.W. (1961).- Suborder Kloedenellocopina Scott, n. suborder. In : MOORE édit. (1961, p. Q 180).

SCOTT H.W. & WAINWRIGHT J. (1961).- Dimorphism of Ostracoda. In : MOORE édit. (1961, p. Q 37).

SEYFERT C.K. & SIRKIN L.A. (1979).- Earth History and plate tectonics,an Introduction to Historical Geology (2ème édit.). HARPER & ROW édit., New York, 600 p.

SHI C.G. (1964).- The Middle and Upper Devonian Ostracoda from Dusham and Douyun, S. Kueichow. *Acta Pal. Sinica*, Peiping, 12, 1, p. 45 (en chinois), p. 58 (en anglais). In : catalogue ELLIS & MESSINA.

SMOSNA R.A. & WARSHAUER S.M. (1979).- A very early Devonian patch reef and its ecological Setting. *Jour. Paleont.*, Tulsa, 53, 1, p. 142-152, 7 fig.

SOHN I.G. (1949).- Hinge mechanism of paleozoic Ostracodes. *Jour. Paleont.*, Tulsa, 23, 6, p. 691.

SOHN I.G. (1970).- Early Triassic Marine Ostracodes from the Salt Range and Surghar Range, West Pakistan. In : Stratigraphic boundary problems : Permian and Triassic of West Pakistan, KUMMEL B. & TEICHERT C. édit. *Univ. Kansas, Depart. Geol. Spec. Publ. 4*, p. 193-206, 1 pl.

SOHN I.G. (1971).- New Late Mississippian Ostracode. A revision of the Paraparchitacea. *Geol. Surv., Prof. paper 711-A*, Washington, 24 p., 9 pl., 3 fig.

SOHN I.G. (1971).- New Late Mississippian Ostracode Genera and Species from Northern Alaska. *Geol. Surv., Prof. paper 711-A,* Washington, p. 1-24, 9 pl., 3 fig.

SOHN I.G. (1974).- Evidence for the presence of a heart in Paleozoic Ostracodes inconclusive. *Jour. Research U.S. Geol. Surv.*, 2, 6, p. 723-726, 1 fig.

SOHN I.G. (1976).- Antiquity of the Adductor Muscle Attachment Scar in *Darwinula* BRADY & ROBERTSON, 1885. *Abh. Verh. naturwiss. Ver. Hamburg,* (NF) 18/19 (suppl.), p. 305-308, 3 pl.

SOHN I.G. (1977).- Zoogeography of Ostracodologists. In : Aspects of Ecology and Zoogeography of Recent and Fossil Ostracoda, LÖFFLER & DANIELOPOL édit., p. 3-12, 1 fig., 4 tabl.

SOHN I.G. & CHATTERJEE S. (1979).- Freshwater Ostracodes from Late Triassic coprolite in Central India. *Jour. Paleont.*, Tulsa, 53, 3, p. 578-586, 2 pl., 1 fig., 1 tabl.

SOHN I.G. & KORNICKER L.S. (1969).- Significance of Calcareous Nodules in Myodocopid Ostracod Carapaces. In : NEALE J.W., The Taxonomy, Morphology and Ecology of Recent Ostracoda, Edinburgh : OLIVER & BOYD, p. 99-108, 3 pl.

STEWART G.A. & HENDRIX W.E. (1945a).- Ostracoda of the Olentangy Shale, Franklin and Delaware Counties, Ohio. *Jour. Paleont.*, Tulsa, 19, 2, p. 96-115, 2 pl.

STEWART G.A. & HENDRIX W.E. (1945b).- Ostracoda of the Plum Brook Shale, Erie County, Ohio. *Jour. Paleont.*, Tulsa, 19, 2, p. 87-95, 1 pl.

STREEL M. (1969).- Corrélation palynologique entre les sédiments de transition Dévonien/Dinantien dans les bassins ardenno-rhénans. *C.R. 6ème Congr. Int. Geol. Carb., Sheffield 1967,* 1, p. 3-18 .

STREEL M., BLESS M.& al. (1974).- Chief Micropaleontological Limits in the Belgian Upper Devonian. *Publ. Int. Symp. Belg. Micropal. Limits*, Bruxelles, BOUCKAERT & STREEL édit., 19.

SYLVESTER-BRADLEY P.C. (1956).- The Structure, Evolution and Nomenclature of the Ostracode Hinge. *Bull. Brit. Museum (N.H.) Geol.*, p. 1-21, 4 pl., 2 fig.

SYLVESTER-BRADLEY P.C. (1961).- Sous-ordre Metacopina. In : MOORE édit. (1961, p.Q 358).

SYLVESTER-BRADLEY P.C. (1969).- Comparative and Functional Sex in Ostracods and Cephalopods. In : Sexual Dimorphism in Fossil Metazoa and Taxonomic Implications, Westermann G.E.G. édit., Stuttgart, p. 242-250.

SYLVESTER-BRADLEY P.C. & BENSON R.H. (1971).- Terminology for surface features in ornate Ostracodes. *Lethaia*, Oslo, 4, p. 249-286, 48 fig.

SZCZECHURA J. (1971).- Seasonal changes in a reared fresh-water species *Cyprinotus (Heterocypris) incongruens* (Ostracoda), and their importance in the interpretation of variability in fossil Ostracodes. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 191-205, 1 pl., 7 fig., 1 tabl.

TERMIER H. & TERMIER G. (1968).- Biologie et écologie des premiers fossiles. Collection G.P.B. 8, MASSON, Paris, 213 p.

THOREZ J., STREEL M., BOUCKAERT J. & BLESS M.J.M. (1977).- Stratigraphie et paléogéographie de la partie orientale du synclinorium de Dinant (Belgique) au Famennien supérieur : un modèle de bassin sédimentaire reconstitué par analyse pluridisciplinaire sédimentologique et micropaléontologique. *Meded. Rijks Geol. Dienst , N.S.*, Maastricht, 28, 2, p. 18-28, 5 fig., 1 h.-t.

TSCHIGOVA V.A. (1960).- New ostracodes from the Dankovsk-Lebedjansk, Chovansk and Lichvinsk deposits of the Russian Platform. *Trudy VNII*, Moscou, 23, p. 205-233.

TSCHIGOVA V.A. (1963).- Quelques nouvelles données stratigraphiques sur les couches carbonatées du Dévonien terminal et du Carbonifère basal de la région Volga-Oural, apportées par l'étude des Ostracodes. *Trudy VNII*, Moscou, 38, p. 211-272.

TSCHIGOVA V.A. (1967).- Ostracodes de la limite dévono-carbonifère de la Plate-forme russe. *Trudy VNII*, Moscou, 49, 255 p., 15 pl., 5 fig., 15 tabl.

TSCHIGOVA V.A. (1970).- Correlation of Devonian and Carboniferous boundary beds in Eastern and Western Europe according to data resulting from the study of Ostracoda. *C.R. 6ème Congr. Int. Geol. Carb., Sheffield 1967*, 2, p. 547-556, 1 pl.

TSCHIGOVA V.A. (1971).- Geographical distribution of Ostracods in the European Sea Basin at Famennian time. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA*, 5 suppl., p. 755-761.

TSCHIGOVA V.A. (1975).- Asynchronism of turning points in the evolution of different Ostracode superfamilies at the time of transition from the Devonian to the Carboniferous period. *C.R. 7ème Congr. Strat. Geol. Carb.*, Krefeld 1971, 4, p. 313-321.

TSCHIGOVA V.A. (1977).- Stratigraphie et corrélation dans les terrains dévono-carbonifères sur le champ pétrolifère de la partie européenne de l'U.R.S.S. et d'autres pays étrangers. *NEDRA*, Moscou, 263 p., 47 pl., 3 fig., 8 tabl.

TSCHIGOVA V.A. & BOUCKAERT J. (1976).- On correlation of Famennian and Tournaisian deposits of the french-belgian basin and the russian platform. *Serv. Géol. Belgique, Prelim. report*, Bruxelles, 35 p., 1 pl., 1 tabl.

TSCHIGOVA V.A. & SOLOPEKINA G.V. (1967).- Stratigraphical division of Dgebol (Upper Famennien-Lower Tournaisien) series of Upper Pechora region. *Trudy VNII*, Moscou, 48, p. 193-211.

TSIEN H.H. (1972).- Middle Devonian and Frasnian stratigraphy of Belgium. *Conseil Géol. Commis. Nat. de Strat., Serv. Géol. Belgique*, Bruxelles, Doc. n° 7, 25 p., 2 fig., 2 tabl.

TSIEN H.H. (1974).- Excursion J. In : Intern. Symp. on Belgium Micropal. limits, livre-guide, Namur, J. BOUCKAERT & M. STREEL édit.

TSIEN H.H. (1975).- Introduction to the Devonian reef development in Belgium. In : Second symposium international sur les coraux et récifs coralliens fossiles, livret-guide. *Serv. Géol. Belgique*, Bruxelles, p. 3-43, 2 pl., 29 fig.

TSIEN H.H. (1977).- Paléogéographie du Dévonien moyen et du Frasnien de l'Europe occidentale et développement des récifs en Belgique. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 97, p. 57-66.

TSIEN H.H. (1980).- Les régimes récifaux dévoniens en Ardenne. *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, 89, 2, p. 71-102, 2 pl., 17 fig.

TSIEN H.H., DRICOT E., MOURAVIEFF A.N. & BOUCKAERT J. (1973).- Le Frasnien de la coupe de Tailfer. Prof. Paper 1973, n° 11, *Serv. Géol. Belgique*, Bruxelles, 13 p.

VAN HARTEN D. (1975).- Size and environmental salinity in the modern euryhaline ostracod Cyprideis torosa (JONES, 1850), a biometrical study. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Paleoecol.*, Amsterdam, 17, p. 35-48, 4 fig., 3 tabl.

VANDENVEN G. (1977).- Les Ardennes belges vues par le satellite ERTS 1 (Landsat-1). *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, 86, 1, p. 51-56, 2 fig.

VAN TASSEL R. (1960).- Anhydrite, célestine et barytine du Givétien au sondage de Tournai. *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, 69, p. 351-361.

VINE F.J. & HESS H.H. (1971).- Sea Floor spreading. In : MAXWELL A.E. édit. : The Sea. *Interscience*, New-York, 4, p. 587-622.

WALLACE P. (1969).- Specific frequency and environmental indicators in two horizons of the Calcaire de Ferques (Upper Devonian), Northern France. *Palaeontology*, London, 12, p. 366-381, 8 fig. 2 tabl.

WANG SH. Q. (1978).- Devonian Ostracods from Kwangsi, China. *Pap. Intern. Symp. Dev. Syst. 1978*, Nanking, 9 p., 2 pl., 1 tabl.

WARREN P.S. (1937).- Age of the Exshaw Shale in the Canadian Rockies. *Am. Journ. Science*, New Haven, 33, 5, p. 454-457.

WARREN P.S. & STELCK C.R. (1950).- Succession of Devonian Faunas in Western Canada. *Trans. Roy. Soc. Canada*, Ottawa, 44, 3, p. 61-78, 1 fig.

WARREN P.S. & STELCK C.R. (1950).- Succession of Devonian Faunas in Western Canada. *Trans. Roy. Soc. Canada*, Ottawa, 44, 3, p. 61-78, 1 fig.

WARSHAVER S.M. & SMOSNA R. (1977).- Paleoecologic controls of the Ostracode communities in the Tonoloway limestone (Silurian : Pridoli) of the Central Appalachians. In : Aspects of Ecology and Zoogeography of recent and fossil Ostracoda, LOFFLER & DANIELOPOL édit., The Hague, p. 475-485, 4 fig.

WATERLOT G. (1969).- Le paléozoïque en Ardenne française. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, 89, p. 5-22, 5 fig.

WATERLOT G., BEUGNIES A. & BINTZ J. (1973).- Ardenne, Luxembourg. *Guides Géologiques Régionaux*, Paris, 206 p., 9 pl., 103 fig.

WEDEKIND R. (1913).- Die Goniatitenkalke des unteren Oberdevon von Martenberg bei Adorf. *Sitzungsberichte Ges. Naturf. Berlin*, 1, p. 23-77, 4 pl., 14 fig.

WHEELER J.O. & al. (1972).- The Cordilleran Structural Province. In : Variations in tectonic styles in Canada, PRICE & DOUGLAS édit. *Spec. paper Geol. Assoc. Canada*, Ottawa, 11, p. 1-81.

WHIDBORNE G.F. (1896).- A monograph of the Devonian fauna of the south of England. *Palaeontogr. Soc.*, London, 3, p. 1-112, 16 pl.

WHIDBORNE G.F. (1907).- A monograph of the Devonian fauna of the south of England, part 3. *Palaeontogr. Soc.*, London, p. 47-154, 11 pl.

WONFOR J.S. & ANDRICHUCK J.M. (1956).- The Wabamun group in the Stettler area, Alberta. *Journ. Alberta Soc. Petrol. Geol.*, Calgary, 4, 5, p. 99-111.

YASSINI I. (1979).- The littoral system Ostracodes from the Bay of Bou-Ismail, Algiers, Algeria. *Revista Esp. Micropal.*, Madrid, 11, 3, p. 353-416, 12 pl., 7 pl.-texte, 5 fig., 1 tabl.

ZAGORA K. (1968).- Ostracoden aus dem Grenzbereich Unter-/Mitteldevon von Ostthüringen. *Geologie*, Berlin, 17, 62, p. 1-91, 21 pl.

ZANINA I.E. (1960).- New late Devonian Ostracodes from the central part of the Russian Platform. *Paleont. Zh ANSSR.*, Moscou, 3, p. 77-89, pl. 6-7.

ZANINA I.E. (1971).- Lower Carboniferous ostracoda from Key sections in Kizil. In : Paleozojskie ostrakody iz opornych razrezov evronepjskoj casti S.S.S.R., IVANOVA V.A. édit., Moscou, p. 134-183, pl. 47-52, 2 fig., 2 tabl.

ZASPELOVA V.S. (1952).- Ostracodes de la famille Drepanellidae des dépôts dévoniens supérieurs de la plate-forme russe. *Microfaune de l'U.R.S.S., VNIGRI,* Moscou, 60, p. 157-216, 11 pl., 1 tabl.

ZIEGLER W. (1958).- Conodontenfeinstratigraphische Untersuchungen an der Grenz Mitteldevon/Oberdevon und in der Adorfstufe. *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.,* Wiesbaden, 87, p. 7-77, 12 pl., 7 fig.

ZIEGLER W. (1962).- Taxonomie und Phylogenie Oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.,* Wiesbaden, 38, p. 1-166, 14 pl., 18 fig., 9 tabl.

ZIEGLER W. (1966).- Eine Verfeinerung der Conodontengliederung an der Grenze Mittel-/Oberdevon. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.,* Krefeld, 9, p. 647-676, 6 pl., 4 fig., 5 tabl.

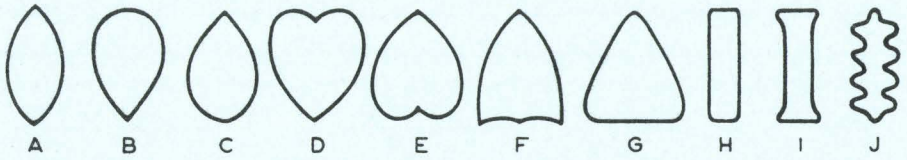
ZIEGLER W. (1971).- Conodont stratigraphy of the European Devonian. In : Symposium on conodont biostratigraphy. *Geol. Soc. Amer. Mem. 127,* Boulder, p. 227-284, 3 fig., 6 charts.

ZIEGLER P.A. (1975).- Geologic Evolution of North Sea and its Tectonic Framework. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.,* 59, 7, p. 1073-1097, 21 fig.

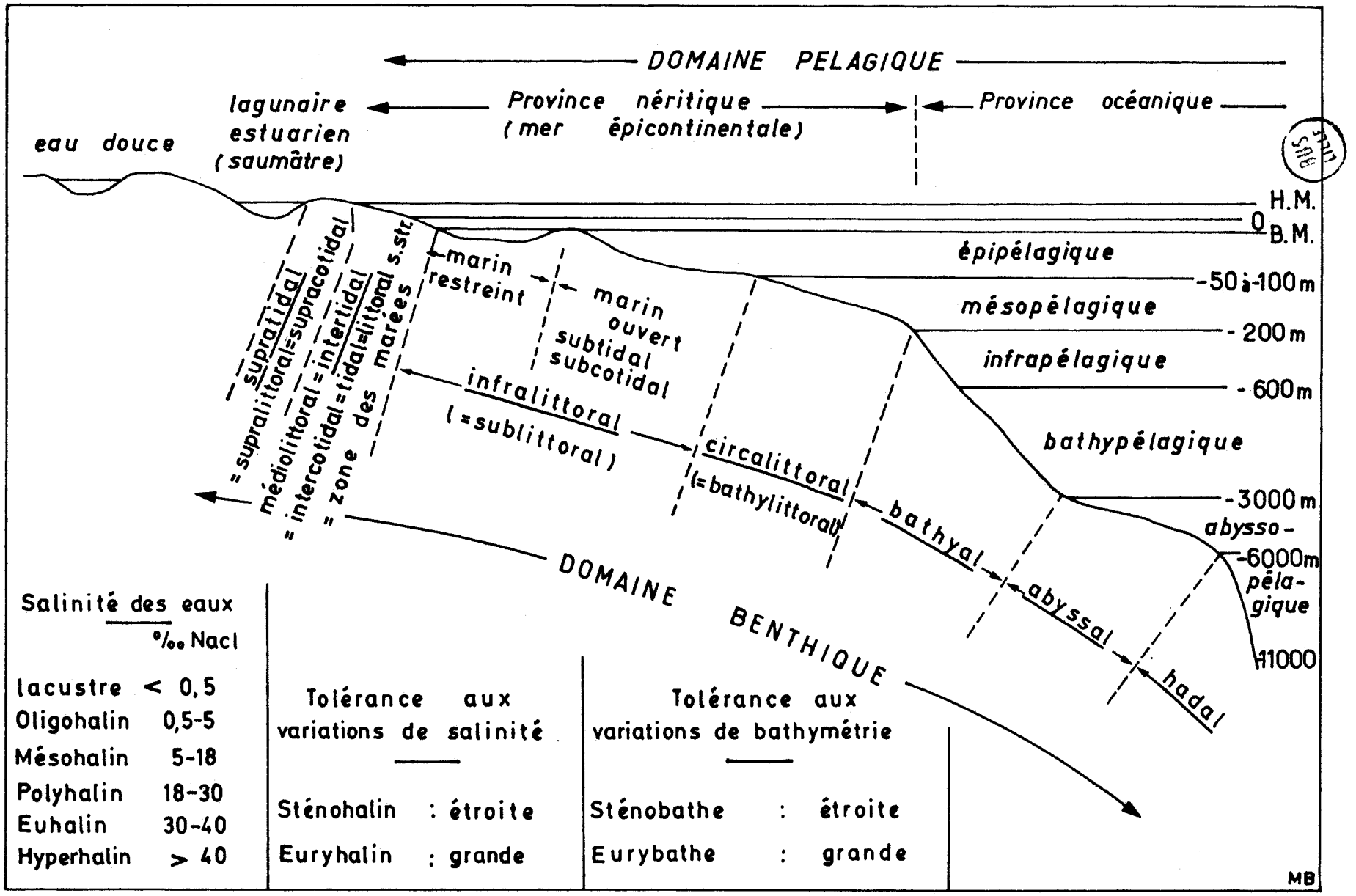
ZIEGLER P.A. (1978).- North-Western Europe : tectonics and basin development. In : Key-notes of the MEGS-II (Amsterdam, 1978), VAN LOON édit., *Geol. Mijnbouw,* 57, p. 589-626, 18 fig., 4 encl.

ZWART H.J. & DORNSIEPEN U.F. (1978).- The tectonic framework of central and Western Europe. In : Key-notes of the MEGS-II (Amsterdam, 1978), VAN LOON édit., *Geol. Mijnbouw*, 57, p. 627-654, 16 fig.

DOCUMENTS ANNEXES



Les sections transversales d'Ostracodes d'après HENNINGSMOEN (1965)



ANNEXE 1 : Terminologie des principaux milieux de vie et de sédimentation d'après BABIN (1971), BLANT & coll. (1974) et TERMIER & TERMIER (1968). H.M. = haute mer normale. B.M. = basse mer.

ANNEXE 2

CLASSIFICATION DES CRUSTACES

(D'après GRASSE, POISSON & TUZET, 1961)

Règne animal
Métazoaires
Triploblastiques
Coelomates
Embranchement ARTHROPODES
Sous-embranchement MANDIBULATES (= ANTENNATES)

/CLASSE CRUSTACES/

1/ Emtomostracés.

Sous-classe BRANCHIOPODES (ex. : Notostracés, Conchostracés, Cladocères)
Sous-classe OSTRACODES (ex. : *Cypridina*)
Sous-classe COPEPODES (ex. : *Cyclops*)
Sous-classe BRANCHIURES (ex. : *Argulus*)
Sous-classe MYSTACOCARIDES (ex. : *Derocheilocaris*)
Sous-classe CIRRIPEDES (ex. : *Lepas*)

2/ Malacostracés.

Sous-classe LEPTOSTRACES (= PHYLLOCARIDES) (ex. : Phyllopodia)
Sous-classe HOPLOCARIDES (ex. : *Squilla*)
Sous-classe SYNCARIDES (ex. : *Anaspides*)
Sous-classe PERACARIDES (ex. : *Lygia*)
Sous-classe EUCARIDES avec l'Ordre des Décapodes (ex. :*Carcinus*)

INDEX 3

LISTE DES ESPECES

DECRITES ET (OU) FIGURES PAR L'AUTEUR

DANS LES PUBLICATIONS ANTERIEURES

Signification des symboles :

- * Nouvelle forme instituée
- (*) Espèce nouvelle, mais non érigée
- \- Espèce déjà connue
- (-) Espèce comparée à une espèce déjà décrite
- X Espèce en nomenclautre ouverte

Signification des sigles :

- COUL Collection Ostracodes de l'Université de Lille
- GSC Collection de la Commission géologique du Canada, Ottawa, Ontario
- PUS Collection du Musée de l'Université du Saskatoon, Saskatchewan, Canada
- USNM Collection de l'"United States National Museum"

NOMS DES ESPECES	ANNEES DE REFERENCES		N° DE COLLECTION
- A -			
(*) *Absina (A.)* n. sp. A	1981	GSC	53390
* *Acratia (A.) antefabaeformis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53313-53314
(-) *Acratia (C.)* cf. *evlanensis* EGOROV, 1953	1981	GSC	53328
(-) *Acratia (C.)* cf. *gassanovae* EGOROV, 1953	1981	GSC	53329
* *Acratia (C.) gibbera* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53315-53316
(-) *Acratia (C.?)* cf. *konensis* EGOROV, 1953	1978	MUS	1066
* *Acratia (C.) paraschelonica* LETHIERS, 1974	1974c	COUL	12,23
(-) *Acratia (C.)* cf. *peremnis* BUSCHMINA, 1969	1981	GSC	53330-53331
* *Acratia (C.) rootensis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53317-53318
(-) *Acratia* cf. *silincula* POLENOVA, 1953	1974c	COUL	24
- *Acratia (C.) siratchoica* EGOROV, 1953	1974c	COUL	25
- *Acratia (C.) subelongata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53319

(-)	*Acratia (C.)* cf. *subelongata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1978	MUS	1065
*	*Acratia (C.) subobtusa* LETHIERS, 1974	1974d	COUL	20,26
(-)	*Acratia (C.)* cf. *subobtusa* LETHIERS, 1974	1978	MUS	1064
(-)	*Acratia (C.)* sp. aff. *subobtusa* LETHIERS, 1974	1981	GSC	53311-53312
*	*Acratia (C.) supinaeformis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53320-53321
(-)	*Acratia (C.)* cf. *tichonovitchi* EGOROV, 1953	1981	GSC	53332-53333
*	*Acratia (C.?) vestita* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53322à53324
*	*Acratia (C.) zadonicaeformis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53325à53327
X	*Acratia (C.?)* sp. A	1981	GSC	53334
X	*Acratia (C.?)* sp. B	1981	GSC	53335
X	*Acratia (C.?)* sp. C	1981	GSC	53336
X	*Acratia (C.)* sp. D	1981	GSC	53337
X	*Acratia ?* sp. E	1981	GSC	53338
(*)	*"Acratia"* sp. 1	1981	GSC	53339
(*)	*"Acratia"* sp. 2	1981	GSC	53340

(-)	*Adelphobolbina* sp. aff. *europaea* BECKER, 1971	1974c	COUL	27
*	*Aechminella minima* (LETHIERS, 1970)	1970a	COUL	9,28
*	*Akidellina albertaensis* LETHIERS, 1978	1978-1981	MUS	1020-1021, GSC 53328
(-)	*Akidellina* cf. *longula* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53323
(-)	*Amphissites* cf. *beaumontensis* LORANGER, 1954	1981	GSC	53177
(-)	*Amphissites irinae* EGOROV, 1953 ?	1970b	COUL	29
(-)	*Amphissites* cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913)	1974c	COUL	30-31
X	*Amphissites ?* sp. indet. 1	1981	GSC	53178
*	*Ampuloides tetracornuta* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53301à53304
*	*Aparchites brauni* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53182-53183
X	*Aparchites* sp. A	1981	GSC	53184-53185
X	*Aparchites ?* sp. B	1981	GSC	53186

- B -

*	*Bairdia (R.) augusta* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53351à53353
(-)	*Bairdia (R.)* cf. *augusta* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53354-53355

*	*Bairdia (B.) calgaryensis* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1055- 1056
*	*Bairdia (R.) confragosaeformis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53349-53350
*	*Bairdia (B.) delphini* LETHIERS, 1972	1972	COUL	5,32à34
(-)	*Bairdia (O.)* cf. *djurtjulensis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53358
(-)	*Bairdia (B.)* cf. *eleziana* EGOROV, 1953	1974d	COUL	35
(-)	*Bairdia (B.)* cf. *fabaeformis* POLENOVA, 1953	1981	GSC	53377-53378
*	*Bairdia (B.) fratereleziana* LETHIERS, 1978	1978, 1981	MUS	1057-1058, GSC 53370
-	*Bairdia (B.) galinae* EGOROV, 1953	1974d	COUL	36
*	*Bairdia (B.) galinaeformis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53382-53383
-	*Bairdia (O.?) hypsela* ROME, 1971	1974d-1975a	Univ. Louvain (Belgique)	
-	*Bairdia hypsoconcha* GIBSON, 1955	1975a	USNM	123085
(-)	*Bairdia* cf. *hypsoconcha* GIBSON, 1955	1972	COUL	37-38
*	*Bairdia (B.) irritata* LETHIERS, 1978	1978, 1981	MUS	1059-1060, GSC 53371
(-)	*Bairdia (B.)* cf. *irritata* LETHIERS, 1978	1981	GSC	53372
-	*Bairdia (B.) nalivkini* EGOROV, 1953	1981	GSC	53373-53374
*	*Bairdia (B.) palliserensis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53375-53376

*	*Bairdia (R.) paranotoconstricta* LETHIERS, 1974	1974d	COUL	18
-	*"Bairdia" pseudomagna* STEWART & HENDRIX, 1945	1970b, 1974c	COUL	39 à 42
(-)	*Bairdia* cf. *retrorsa* POLENOVA, 1953	1974c	COUL	43-44
*	*Bairdia (O.) romei* LETHIERS, 1974	1974d, 1981	COUL	19, 45-46 ; GSC 53357
-	*Bairdia (R.) sinuosa* MOREY, 1936	1978, 1981	MUS	1061-1062, GSC 53356
*	*Bairdia (Cr.) strangulata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53365-53366
*	*Bairdia (R.) superba* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53360à53363
(-)	*Bairdia (R.)* cf. *superba* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53364
(-)	*Bairdia (R.)* cf. *tabaensis* BUSCHMINA, 1970	1981	GSC	53359
*	*Bairdia (Cr.) turbinata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53367à53369
-	*Bairdia (B.) usatschovae* EGOROV, 1953	1974c	COUL	47
X	*Bairdia* sp. A	1970d	COUL	48
X	*Bairdia (R.?)* sp. A	1978	MUS	1063
(*)	*Bairdia (B.)* n. sp. A	1981	GSC	53379
X	*Bairdia* sp. D	1972	COUL	49-50
X	*Bairdia ?* sp. 1	1981	GSC	53380

X	*Bairdia ?* sp. 2	1981	GSC	53381
(-)	*Bairdia* sp. BLUMENSTENGEL, 1965	1972	COUL	51-55
X	*Bairdia (R.?)* sp. indet.	1974c	COUL	56
(-)	*Bairdiacypris* cf. *irregularis* (POLENOVA, 1953)	1972	COUL	57
-	*Bairdiacypris quarziana* (EGOROV, 1953)	1981	GSC	53342-53343
(*)	*Bairdiacypris* n. sp. A, aff. 232 BRAUN, 1967	1981	GSC	53344
(*)	*Bairdiacypris* n. sp. B	1981	GSC	53345
(*)	*Bairdiacypris* n. sp. C	1981	GSC	53346-53347
X	*Bairdiacypris ?* sp. indet.	1974 c	COUL	58
(-)	*Bairdiocypris* cf. *infera* BUSCHMINA, 1975	1981	GSC	53284-53285
(-)	*Bairdiocypris* cf. *intrepida* LORANGER, 1963	1981	GSC	53282-53283
(*)	*Bairdiocypris* n. sp. A	1981	GSC	53286
(*)	*Bairdiolites* n. sp. A	1981	GSC	53348
*	*Barychilina maxima* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1038-1039
*	*Barychilina parallela* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1040à1042
*	*Barychilina saskatchewanensis* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1043à1045

(-)	*Bekena* cf. *aksakovaensis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53287
*	*Bekena beckeri* LETHIERS, 1974	1974c	COUL	13,59
(-)	*Bertillonella* cf. *subcircularis* STEWART & HENDRIX, 1945	1970b	COUL	60
X	*Beyrichiopsis* sp. indet.	1978	MUS	1018
X	*Bodzentia* sp. A	1974c	COUL	61
X	*Bodzentia* sp. 1	1981	GSC	53200
*	*Buregia brauni* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1022-1023
*	*Buregia krestovnikoviformis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53224-53225
*	*Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972	1972, 1974c	COUL	7, 70à74

- C -

*	*Carbonita ? submersa* LETHIERS, 1974	1974c	COUL	16,75
X	*Carbonita ?* sp. 1	1981	GSC	53305
(*)	*Cavellina* n. sp., aff. *chumischiensis* BUSCHMINA, 1968	1981	GSC	53250
(*)	*Cavellina* n. sp. A	1978	MUS	1035
(*)	*Cavellina* cf. sp. 283 BRAUN, 1967	1981	GSC	53251

*	*Chamishaella sohni* LETHIERS, 1974	1974c	COUL	10,76
X	*Cornigella ?* sp. indet.	1981	GSC	53169
X	*Coryellina* sp. 1	1981	GSC	53201
*	*Cribroconcha triquetra prima* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1034
(-)	*Cryptophyllus* cf. *ellipticus* ROME & GOREUX, 1960	1974c	COUL	77
*	*Cryptophyllus trelonensis* LETHIERS, 1970	1970b	COUL	1, 162, 163
(-)	*Cryptophyllus* cf. sp. a JONES, 1962	1974c, 1978	COUL	78, MUS 1076
(*)	*Cryptophyllus* n. sp. B	1978	MUS	1077
X	*Cryptophyllus* sp. C	1978	MUS	1078-1079
X	*Cryptophyllus* sp. indet.	1974c	COUL	79
*	*Cytherellina obusa* LETHIERS, 1976	1974, 1976	COUL	22, 80

- D -

*	*Drepanella bisonteformis* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1002à1004

*	*Egorovia magnei* LETHIERS, 1970	1970b, 1974c	COUL	2, 81à 86
*	*Ellesmerina ? gosseleti* LETHIERS, 1972	1972	COUL	3, 87-88
(-)	*Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS, 1972	1972, 1974c	COUL	62à69
*	*Elliptocyprites lorangeri* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53273-53274
*	*Endolophia secunda* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53246à53249
-	*Entomoprimitia delicata* TSCHIGOVA, 1977	1981	GSC	53387
*	*Entomoprimitia kindlei* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53384à53386
X	*Entomoprimitia* sp. A	1970	COUL	89
-	*Entomozoe (N.) minima* TSCHIGOVA, 1977	1981	GSC	53388-53389
(-)	*Entomozoe (N.) prolifica* (STEWART & HENDRIX, 1945) ?	1970b, 1974c	COUL	90-91
(*)	*Eukloedenella* n. sp. A	1978	MUS	1015
X	*Eukloedenella* sp. B	1981	GSC	53207
*	*Evlanovia phalloformis* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1005-1006
(-)	*Evlanovia* cf. *tichonovitchi* EGOROV, 1950	1981	GSC	53167-53168

- F -

*	*Fabalicypris pseudoillustris* LETHIERS, 1974	1974d, 1981	COUL	21,92 GSC 53341
-	*Famenella angulata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53306
*	*Famenella bisangulata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53307-53308
(-)	*Famenella* cf. *kairovaensis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53309
(-)	*Famenella* cf. *perspiqua* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1978	MUS	1067-1068
(*)	*Famenella* n. sp. A	1981	GSC	53310
X	*Flacivellum* sp. A	1970a	COUL	93

- G -

*	*Geisina quadrangulata* LETHIERS, 1972	1972	COUL	4, 94
*	*Glyptopleurina infibulata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53208à53210
(-)	*Graphiadactylloides striatoreticulatus* GREEN, 1963 ?	1978	MUS	perdu

- H -

*	*Healdiacypris wabamunensis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53278à53281
*	*Healdianella alba* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53288à53290

⁂	*Healdianella bovina* LETHIERS, 1974	1974c	COUL	15, 95-96
(-)	*Hollinella (K.)* cf. *lionica* BECKER & BLESS, 1971	1974c	COUL	98
(-)	*Hollinella (K.)* cf. *praecursor* POKORNY, 1950	1974c	COUL	97
-	*Hollinella (K.)* sp. A BECKER & BLESS, 1971	1974c	COUL	99
X	*Hollinidae* sp. indet. 1	1981	GSC	53173

- I -

(-)	*Impostor* cf. *pellax* ZANINA, 1960	1981	GSC	53193
-	*Indivisia baschkirica* ROSHDESTVENSKAJA & TSCHIGOVA, 1972	1981	GSC	53221

- J -

(⁂)	*Janischewskaya ?* n. sp. A	1981	GSC	53171-53172
(⁂)	*Jefina* n. sp. 1	1981	GSC	53264-53265
(⁂)	*Jenningsina* n. sp., aff. *catenulata* (VAN PELT, 1933)	1970a	COUL	100 à 105
-	*Jenningsina lethiersi* BECKER, 1971	1974c	COUL	106
-	*Jonesina craterigera* (JONES & KIRKBY, 1886)	1974d	COUL	107

- K -

X	*Kellettinidae* sp. indet. 3	1981	GSC	53181
X	*Kloedenellid* sp. indet. 1	1981	GSC	53241-53242
-	*Kloedenellitina alveolata* TSCHIGOVA, 1960	1978	MUS	1016-1017
*	*Kloedenellitina epinettensis* LETHIERS, 1974	1974d	COUL	17, 108
(-)	*Knoxiella* cf. *compressa* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53216
(-)	*Knoxiella* cf. *inserica* POLENOVA, 1955	1981	GSC	53217-53218
*	*Knoxiella ornata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53214-53215
(*)	*Knoxina* n. sp. A	1981	GSC	53219
X	*Knoxina ?* sp. indet. B	1981	GSC	53220
*	*Knoxites crassus* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53211-53213
-	*Knoxites perplexa* (JONES, 1968)	1976b	COUL	109-110

- L -

- M -

X	*Macronotella ?* sp. indet.	1981	GSC	53191-53192
X	*Marginohealdia* sp. indet.	1974d	COUL	111
*	*Mennerella vulnerata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53260-53261
(-)	*Microcheilinella* cf. *bradensis* BLASZYK & NATUZIEWICZ, 1973	1978	MUS	1071
(-)	*Microcheilinella* cf. *decora* SHI, 1964	1981	GSC	53292-53293
*	*Microcheilinella ? digitulistriata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53295-53296
-	*Microcheilinella peculiaris* ROZHDESTVENSKAJA & NETCHAEVA, 1972	1981	GSC	53291
*	*Microcheilinella senzeillesensis* LETHIERS, 1974	1974c	COUL	14, 112-113
X	*Microcheilinella* sp. indet. 1	1981	GSC	53294
X	*Microcoelonella* sp. A	1976b	COUL	114, 121
*	*Moorites copelandi* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53204à53206
X	*Myodocopida?* gen. et sp. indet.	1981	GSC	53391

- N -

X	*Neochilina* sp. A	1970b	COUL	115

*	*Neocraterellina ferrata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53270à53272
(*)	*Neodrepanella* n. sp. A	1981	GSC	53165
*	*Newsomites elatus* LETHIERS, 1978	1978,1981	MUS	1069-1070, GSC 53297
(-)	*Newsomites* cf. *elatus* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53298
X	*Nodella* sp. 1	1981	GSC	53170

- O -

*	*Ovatoquasillites avesnellensis* (LETHIERS, 1972)	1972	COUL	6, 116 à 119
*	*Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1046 à 1052
X	*Ovatoquasillites ?* sp. A	1978	MUS	1053- 1054
X	*Ovatoquasillites ?* sp. B	1981	GSC	53262-53263

- P -

*	*Pachydomella dorsoimplicata* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53299-53300
X	*Paegnium* sp. A	1972	GSC	53175
X	*Paegnium ?* sp. indet.	1978	MUS	1011
X	*Palaeocopida* sp. indet. 1	1981	GSC	53244
X	*Palaeocopida ?* sp. indet. 2	1981	GSC	53245

(-)	*Parabolbinella vomis* BECKER & BLESS, 1971 ?	1974c	COUL	120
(-)	*Paracavellina indistincta* GREEN, 1963 ?	1981	GSC	53252
*	*Paracavellina uyenoi* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1036- 1037
X	*Paraschmidtella ?* sp. A	1976b	COUL	122
*	*Plagionephrodes angulatus* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53267-53268
-	*Plagionephrodes crassimarginata* STEWART & HENDRIX, 1945	1981	GSC	53266
(*)	*Plagionephrodes* n. sp. A	1981	GSC	53269
-	*Platychilina praetexta* KUMMEROW, 1939	1981	GSC	53175-53176
X	*Polytylites ?* sp. indet. 2	1981	GSC	53179-53180
-	*Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954	1970a	COUL	123-124
-	*Ponderodictya* sp. C MAGNE, 1964	1970a	COUL	125à127
*	*Pribylites (P.) canadensis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53197à53199
*	*Pseudobythocypris rectodorsualis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53275-53276
(-)	*Pseudoparaparchites* ex. gr. *angustus* (COOPER, 1946)	1976b	COUL	128
-	*Punctomosea weyanti* BECKER, 1971	1974c	COUL	129

- Q -

- R -

(-)	*Richterina (M.)* cf. *exornata* (MATERN, 1929)	1976c	COUL 130
-	*Richterina (M.) hemispherica* (RICHTER, 1848)	1976c	COUL 131
(-)	*Richterina (R.)* cf. *latior* RABIEN, 1960	1978	MUS 1072
-	*Richterina (R.) striatula* (RICHTER, 1848)	1976c	COUL 132-133
-	*Richterina (V.) zimmermanni* (VOLK, 1939)	1970b, 1974c	COUL 134-136
X	*Richterina (R.?)* sp. A	1978	MUS 1073
X	*Richterina (M.?)* sp. B	1978	MUS 1075
(-)	*Richterina (M.)* cf. sp. 3 (GROOS-UFFENORDE, 1974)	1978	MUS 1074
X	*Rozhdestvenskayites* sp. C	1981	GSC 53194-53195
X	*Rozhdestvenskayites ?* sp. indet. D	1981	GSC 53196

- S -

*	*Saccelatia kakisaensis* LETHIERS, 1981	1981	GSC 53187à53189

(*)	*Saccelatia* n. sp. A	1981	GSC	53190
X	*Samarella ?* sp. A	1974c	COUL	137
X	*Samarella* sp. 1	1981	GSC	53243
*	*Sansabella sinuoventralis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53237-53238
*	*Sargentina biforma* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1032- 1033
(*)	*Sargentina ?* n. sp. A	1981	GSC	53236
-	*Serenida angularis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972	1981	GSC	53229-53230
-	*Serenida diversa* (BUSCHMINA, 1965)	1981	GSC	53226-53227
-	*Serenida incerta* BUSCHMINA, 1965	1981	GSC	53228
*	*Serenida subincerta* LETHIERS, 1978	1978	MUS	1024à 1028
X	*Shemonaella* sp. A	1976a	MUS	1080
X	*Shemonaella* sp. B	1976a	MUS	1080
X	*Shemonaella* sp. C	1976a	COUL	138
*	*Shivaella famennea* LETHIERS, 1974	1972,1974c	COUL	11, 139à141
-	*Silenites warei ? = S. elongatus* ROME, 1971	1972	COUL	142à144
X	*Silenites ?* sp. indet.	1981	GSC	53277

(-)	*Sulcella* cf. *altifrons* JONES, 1968	1981	GSC	53258-53259
*	*Sulcella (P.) kotchoensis* LETHIERS, 1981	1981	GSC	53253-53254
(*)	*Sulcella (P.)* n. sp. A	1981	GSC	53256-53257
-	*Svantovites magnei* BECKER, 1971	1974c	COUL	145à146

- T -

*	*Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978	1980, 1981 1978	GSC MUS	53232à53235 1029à 1031
*	*Tmemolophus trilobatus* LETHIERS, 1970	1970	COUL	8, 147
*	*Triceratina christopheri* LETHIERS, 1978	1978, 1981	MUS	1008à1010, GSC 53174

- U -

X	*Urftella* sp. indet.	1974c	COUL	148

- V -

- W -

-	*Westmontia* sp. 257 BRAUN, 1967	1981	GSC	53239-53240

- X -

(*)	*Xystinotus* n. sp. A	1981	GSC	53166

- Y -

-	*Youngiella calvatus* (GREEN, 1963)	1981	GSC	53202
(-)	*Youngiella* cf. *calvatus* (GREEN, 1963)	1978,1981	MUS 1013, GSC	53203
(-)	*Youngiella* cf. *rectidorsualis* (JONES & KIRKBY, 1886)	1978	MUS 1012, 1014	
(-)	*Youngiella* cf. *schigrovskiensis* (POLENOVA, 1955)	1974c	COUL	149
X	*Youngiella* sp. indet.	1974c	COUL	150

- Z -

LISTES

. DES FIGURES
. DES TABLEAUX

"The first ostracodes to be named were described by the great Danish naturalist, O.F. Müller, in 1776".

in R.C. Moore édit., 1961

LISTE DES FIGURES DANS LE TEXTE

Pages

Fig. 1.- Répartition mondiale des terrains dévoniens, marins et continentaux connus à l'affleurement ou par sondage..... 26

Fig. 2.- Organisation des Ostracodes actuels..... 36

Fig. 3.- Ecologie et Paléoécologie des Ostracodes..... 42

Fig. 4.- Terminologie pour la morphologie externe des Ostracodes paléozoïques..... 54

Fig. 5.- Les types fondamentaux de charnières d'Ostracodes.. 58

Fig. 6.- Quelques types d'empreintes musculaires fossiles situées dans la zone médiane des valves (face interne)..... 58

Fig. 7.- Phylogenèse des Ostracodes..... 73

Fig. 8.- Répartition des écozones à Ostracodes dans le Dévonien moyen et supérieur d'Europe moyenne..... 81

Fig. 9.- Schéma général de la démarche ostracodologique..... 89

Fig. 10.- Différents types d'échantillonnage pour une série d'intervalles de prélèvements donnés..... 90

Fig. 11.- Sections transversales schématiques de valves d'Ostracodes montrant les différents types d'ornementation..... 92

Pages

Fig. 12.- *Poloniella devonica* GÜRICH, 1896. Section transversale..... 93

Fig. 13.- *Bairdia delphini* LETHIERS, 1972. Sections sériées transversales, etc..... 94

Fig. 14.- Coupes transversales schématiques dans la région ventrale d'Ostracodes, etc..... 94

Fig. 15.- *Cryptophyllus diatropus* JONES, 1962. Section transversale d'une valve révélant etc..... 95

Fig. 16.- *Geisina quadrangulata* LETHIERS, 1972. Sections sériées transversales, etc..... 96

Fig. 17.- *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972. Sections frontales etc..... 97

Fig. 18.- Fixation d'un Ostracode sur le porte-objet du M.E.B. à un fil de cuivre..... 99

Fig. 19.- Abondance moyenne des Ostracodes en individus dans le Dévonien supérieur des Synclinoria de Namur et de Dinant.....100

Fig. 20.- Principaux caractères de la fossilisation des Ostracodes au cours de la diagenèse dans le Dévonien supérieur du Nord de la France et de la Belgique....102

Fig. 21.- Caractères numériques de l'échantillonnage et de l'extraction dans 11 gisements du Dévonien terminal de l'Ouest du Canada.....104

Fig. 22.- Répartition de quelques genres d'Ostracodes dans le Dévonien supérieur et ses limites.....106

Pages

Fig. 23.- Représentation schématique des caractères spécifiques et génériques..... 107

Fig. 24.- Corrélations biostratigraphiques des carottages étudiés dans les Formations Big Valley et Bakken du Saskatchewan et de l'Alberta..... 114

Fig. 25.- Interprétation schématique (sans respect des échelles) des évènements géologiques au Dévonien terminal dans le Sud du Saskatchewan et l'Alberta..... 115

Fig. 26.- Schéma géologique du Paléozoïque sur l'axe Ardenne-Boulonnais..... 121

Fig. 27.- Schéma structural idéalisé du Paléozoïque dans le Nord de la France, la Belgique et les Pays-Bas..... 123

Fig. 28.- Structures Nord-Atlantiques simplifiées à la fin du cycle hercynien..... 124

Fig. 29.- Carte des faciès du Frasnien supérieur pour le Nord de la France et la Belgique..... 126

Fig. 30.- Carte des faciès du Famennien pour le Nord de la France et la Belgique..... 126

Fig. 31.- Carte des faciès du Strunien pour le Nord de la France et la Belgique..... 127

Fig. 32.- Les différents types d'unités biostratigraphiques.. 138

Fig. 33.- Terminologie de la chronostratigraphie..... 142

Fig. 34.- Divisions du Dévonien supérieur d'après la carte de Givet au 1/50 000..... 143

Pages

Fig. 35.- Stratigraphie du Dévonien supérieur utilisé dans ce travail..... 150

Fig. 36.- Répartition de certaines espèces de Brachiopodes dans le Dévonien supérieur ardennais..... 154

Fig. 37.- Principaux paramètres servant à définir les unités lithostratigraphiques échantillonnées dans ce travail..... 156

Fig. 38.- Lithostratigraphie du Frasnien en Ardennes..... 160

Fig. 39.- Principales divisions lithostratigraphiques du Famennien dans le Synclinorium de Dinant avec les correspondances bio- et chronostratigraphiques..... 164

Fig. 40.- Divisions stratigraphiques dévoniennes du Bas-Boulonnais et leur ajustement à la chronostratigraphie d'après les auteurs..... 166

Fig. 41.- Divisions lithostratigraphiques du Dévonien de Ferques..... 168

Fig. 42.- Symboles stratigraphiques généralement utilisés dans le Dévonien supérieur ardennais..... 170

Fig. 43.- Gisements frasniens échantillonnés par les auteurs. 174

Fig. 44.- Gisements famenniens et struniens échantillonnés par les auteurs..... 174

Fig. 45.- Gisements frasniens, famenniens et struniens échantillonnés dans ce travail..... 175

Fig. 46.- Situation des affleurements échantillonnés en Ardenne..... 176

Pages

Fig. 47.- Situation de quelques gisements étudiés dans le Frasnien supérieur et montrant la répartition des Entomozoïdés..... 187

Fig. 48.- Composition du cortège ostracodique dans trois affleurements du faciès "Matagne"..... 187

Fig. 49.- Schéma géologique des terrains paléozoïques en Bas-Boulonnais..... 195

Fig. 50.- Structures des terrains paléozoïques du Bas-Boulonnais..... 196

Fig. 51.- Situation des prélèvements de MAGNE (1964) dans la coupe de Caffiers..... 200

Fig. 52.- Situation des gisements échantillonnés en Boulonnais.201

Fig. 53.- Schéma interprétant les Formations dévoniennes de l'Autochtone de Ferques comme un cycle sédimentaire.207

Fig. 54.- Corrélations des unités lithostratigraphiques du Dévonien supérieur entre l'Ardenne et le Boulonnais d'après les auteurs récents..... 221

Fig. 55.- Les unités lithostratigraphiques du Dévonien supérieur et du Dinantien basal dans le Bas-Boulonnais. 222

Fig. 56.- Biozonation du Frasnien dans le Synclinorium de Namur. Extrait de MAGNE (1964, Fig. 22-23)..... 226

Fig. 57.- Zonation du Dévonien supérieur dans le Synclinorium de Dinant. Extrait de LETHIERS (1974)..... 227

Fig. 58.- Zonation du Frasnien dans le Synclinorium de Dinant. Extrait de CASIER (1976, p. 245)..... 228

Pages

Fig. 59.- Répartition des taxons d'Ostracodes significatifs dans les différents faciès du Dévonien supérieur. 238

Fig. 60.- Composition de la faune d'Ostracodes dans le Famennien inférieur de l'Ouest et du centre du Synclinorium de Dinant..... 241

Fig. 61.- Carte de situation politique et des grands domaines géologiques dans l'Ouest du Canada..... 250

Fig. 62.- Principaux domaines géologiques de l'Amérique du Nord..... 252

Fig. 63.- Carte géologique et structurale de la Cordillère canadienne..... 254

Fig. 64.- Bloc diagramme lithosphérique montrant les différents domaines de la Cordillère..... 255

Fig. 65.- Situation et dénomination des unités lithostratigraphiques dans le Dévonien supérieur-Mississipien inférieur de l'Ouest du Canada..... 257

Fig. 66.- Zones à Rhynchonellides du Famennien des Montagnes Rocheuses et des Territoires du Nord-Ouest..... 259

Fig. 67.- Reconstitution des principaux environnements sédimentaires dans l'Ouest du Canada au Dévonien terminal..... 261

Fig. 68.- Situation structurale et lithostratigraphique des sites échantillonnés dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada..... 263

Fig. 69.- Dénominations et coordonnées des coupes et sondages étudiés avec les différentes unités lithostratigraphiques rencontrées..... 264

Pages

Fig. 70.- Caractères de l'échantillonnage et du cortège ostracodique..... 267

Fig. 71.- Figure récapitulative des zones à Ostracodes dans le Paléozoïque du Canada..... 293

Fig. 72.- Extensions stratigraphiques connues ou présumées de quelques espèces retrouvées dans l'Ouest canadien..... 297

Fig. 73.- Corrélations des gisements échantillonnés dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada..... 300

Fig. 74.- Caractères diagraphiques des Formations Big Valley et Bakken au sondage n° 1..... 302

Fig. 75.- Espèces du genre *Shemonaella* découvertes dans les "black shales" de la Formation Bakken. Diagramme H-L..... 302

Fig. 76.- Résultats globaux des analyses palynologiques et ostracodiques dans les Formations Bakken et Exshaw (Saskatchewan, Alberta et Territoires du Nord-Ouest)..... 304

Fig. 77.- Corrélations et situations stratigraphiques des unités lithologiques dans le Dévonien supérieur de l'Ouest du Canada..... 308

Fig. 78.- Répartition quantitative des principaux taxons d'Ostracodes dans les différents faciès du Dévonien terminal de l'Ouest du Canada..... 311

Fig. 79.- Endémisme et espèces communes d'Ostracodes pour les trois principaux faciès de la Plate-forme Ouest canadienne au Dévonien terminal..... 312

Pages

Fig. 80.- Situation mondiale des gisements d'Ostracodes étudiés dans le Dévonien supérieur. 319

Fig. 81.- Situation schématique des côtes actuelles sur la paléogéographie au Dévonien supérieur..... 323

Fig. 82.- Localisation mondiale des gisements connus à Entomozoidae dans le Dévonien supérieur..... 325

Fig. 83.- Paléogéographie des Ostracodes au Dévonien supérieur..... 330

Fig. 84.- *Bairdia (O. ?) hypsela* ROME, 1971 émendée, comparée avec les types décrits par ROME. Tranchée d'Avesnelles, gisement ardennais n° 1, Famennien terminal-Strunien..... 345

Fig. 85.- Rapports entre l'abondance en individus et la présence des adultes pour quelques espèces d'Ostracodes de la Formation Big Valley. Famennien terminal-Strunien, Saskatchewan et Alberta, Canada..... 346

Fig. 86.- Critères pour définir les genres de la Famille Quasillitidae..... 348

Fig. 87.- Liaisons phylogéniques entre les genres de la Famille Quasillitidae..... 348

Fig. 88.- Schéma illustrant le concept des répartitions sigmoïdales des plates-formes dans deux cycles sédimentaires d'un même gisement..... 352

Fig. 89.- Illustration schématique des répartitions sigmoïdales sur une plate-forme..... 354

Fig. 90.- Le devenir du microbios depuis la population vivante jusqu'au cortège microfaunique accessible au chercheur..... 360

Pages

Fig. 91.- Répartition des principaux groupes d'Ostracodes au Dévonien supérieur sur les marges continentales... 365

Fig. 92.- Principales variations de *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978..... 368

Fig. 93.- Répartition de ces variations dans les différents horizons de la Formation Big Valley, Alberta (n° 5) et Saskatchewan (n° 2 et 3)..... 368

Fig. 94.- Schéma mettant en rapport les caractères particuliers aux trois types de *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 et trois faciès du Famennien terminal dans l'Ouest du Canada..... 370

LISTE DES TABLEAUX DE REPARTITIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES

DANS LE TEXTE

Pages

Tabl. 1.- Répartition des Ostracodes dans le Frasnien supérieur et le Famennien inférieur au stratotype de Senzeilles..... 189

Tabl. 2.- Répartition des Ostracodes dans le Famennien inférieur du Synclinorium de Dinant occidental... 191

Tabl. 3.- Répartition des Ostracodes dans le Famennien supérieur et le Strunien de l'Avesnois..... 193

Tabl. 4.- Répartition des Ostracodes dans "la nouvelle coupe" de Caffiers à Ferques..... 213

Tabl. 5.- Répartition des Ostracodes dans la Formation d'Hydrequent à la Briqueterie de Beaulieu..... 217

Tabl. 6.- Zonation proposée du Dévonien supérieur par les Ostracodes benthiques pour l'Ardenne et le Boulonnais..... 230

Tabl. 7.- Répartition des Ostracodes dans la Formation Big Valley des sondages n° 1 et 2, PFIC, Saskatchewan 271

Tabl. 8.- Répartition des Ostracodes dans la Formation Big Valley du sondage n° 3, PFIC, Saskatchewan..... 272

Tabl. 9.- Répartition des Ostracodes dans la Formation Big Valley du sondage n° 5 (coupe-type), PFIC, Alberta 274

Pages

Tabl. 10.- Répartition des Ostracodes dans la Formation Palliser des coupes n° 6 et 7, Montagnes Rocheuses, Alberta..... 275

Tabl. 11.- Répartition des Ostracodes au sommet de la Formation Wabamun du sondage n° 8, PFIC, Alberta..... 276

Tabl. 12.- Répartition des Ostracodes dans la Formation Wabamun du sondage n° 9, PFIC, Alberta..... 277

Tabl. 13.- Répartition des Ostracodes dans la partie inférieure de la Formation Wabamun du sondage n° 10, PFIC, Alberta..... 278

Tabl. 14.- Répartition des Ostracodes de la partie moyenne de la Formation Wabamun du sondage n° 12, PFIC, Alberta..... 279

Tabl. 15.- Répartition des Ostracodes de la partie inférieure de la Formation Wabamun du sondage n° 13, PFIC, Alberta..... 280

Tabl. 16.- Répartition des Ostracodes au sommet de la Formation Wabamun du sondage n° 14, PFIC, Alberta..... 281

Tabl. 17.- Répartition des Ostracodes dans les Formations Wabamun et Winterburn du sondage n° 15, PFIC, Alberta..... 282

Tabl. 18.- Répartition des Ostracodes au sommet de la Formation Wabamun du sondage n° 16, PFIC, Alberta..... 283

Tabl. 19.- Répartition des Ostracodes dans les Formations Tetcho, Trout River et Kakisa (coupe-paratype) du sondage n° 17, PFIC, Territoires du NW..... 284

Pages

Tabl. 20.- Répartition des Ostracodes dans les Formations Kotcho (coupe-type), Tetcho (coupe-type), Trout River, Redknife et du Fort Simpson au sondage n° 18, PFIC, Territoires du NW..... 285

Tabl. 21.- Répartition des Ostracodes dans le Membre Jean-Marie du sondage n° 19, PFIC, Territoires du NW... 286

Tabl. 22.- Répartition des Ostracodes dans le Dévonien supérieur du sondage n° 20, PFIC, Territoires du NW..... 287

Tabl. 23.- Zonation générale par les Ostracodes dans le Frasnien supérieur, le Famennien et le Strunien de l'Ouest canadien..... 290

Tabl. 24.- Zonation par les Ostracodes limitée à la Formation Big Valley..... 294

TABLE DES MATIERES

"Their (the benthonic ostracodes) potential for continent-wide or intercontinental correlation, however, has not been tested and only recently has attention been given to this question".

W.K. Braun, 1977

TABLE DES MATIERES

Pages

RESUME..... 5

ABSTRACT..... 10

AVANT-PROPOS..... 15

AVERTISSEMENT..... 21

INTRODUCTION..... 23

a) Objet et justifications du travail..... 25
b) Le cadre géologique..... 27
c) Historique..... 27
d) Plan de l'ouvrage..... 28

1.- GENERALITES SUR L'ETUDE DES OSTRACODES..... 31

Sommaire..... 32
Résumé..... 33
1.1.- Introduction..... 34
1.2.- Les Ostracodes actuels..... 35
1.2.1.- Anatomie..... 35
1.2.2.- Principaux caractères biologiques.... 39
1.2.3.- Ecologie..... 41
1.2.4.- Classification des Ostracodes actuels 50
1.2.5.- Conclusions..... 51
1.3.- Les organes fossilisés..... 52
1.4.- La classification générale des Ostracodes.... 57
1.5.- Les méthodes d'études des Ostracodes fossiles 68
1.6.- L'utilisation biostratigraphique des Ostracodes 71
1.6.1.- Le rôle des ordres, sous-ordres et superfamilles..... 71

Pages

1.6.2.- Le rôle des familles et des genres... 72
1.6.3.- Le rôle des espèces et des sous-espèces..... 74
1.6.4.- Evolution générale de quelques organes..... 74
1.6.5.- Conclusions..... 75
1.7.- La suzeraineté de l'ostracodologie dans le domaines de la paléoécologie..... 76
1.7.1.- La méthode actualiste..... 76
1.7.2.- L'analyse morpho-fonctionnelle des carapaces d'Ostracodes..... 78
1.7.3.- Etudes des rapports entre le faciès et la faune d'Ostracodes..... 79
1.7.4.- L'analyse taphonomique des Ostracodes fossiles..... 82
1.7.5.- Conclusions paléobiogéographiques.... 82
1.8.- Conclusions sur l'étude des Ostracodes fossiles..... 83
1.8.1.- Les difficultés..... 83
1.8.2.- Caractères de l'ostracodologiste..... 84
2.- LES METHODES D'ETUDES DES OSTRACODES PALEOZOIQUES : QUELQUES MISES AU POINT..... 85
Sommaire..... 86
Résumé..... 87
2.1.- Généralités..... 88
2.2.- L'échantillonnage..... 89
2.3.- Les sections polies : application aux Ostracodes paléozoïques..... 92
2.4.- L'étude des tests d'Ostracodes au microscope électronique à balayage : remarques et mise au point d'une technique de préparation..... 97
2.5.- Paléoécologie et conservation des Ostracodes paléozoïques.....101
2.6.- Utilisation des genres et espèces d'Ostracodes en biostratigraphie.....105
2.6.1.- Définition et répartition des genres d'Ostracodes.....105

Pages

2.6.2.- Ostracodes pélagiques et Ostracodes benthiques dans la biostratigraphie du Paléozoïque..... 108
2.6.3.- Nomenclature ouverte et nomenclature fermée..... 110
2.6.4.- Un exemple d'application biostratigraphique : l'étude de la Formation Big Valley..... 113
2.7.- Conclusions..... 116
3.- LES OSTRACODES DU DEVONIEN SUPERIEUR DANS LE NORD DE LA FRANCE ET EN BELGIQUE..... 117
Sommaire..... 118
Résumé..... 119
Introduction..... 120
3.1.- Le cadre géologique..... 120
3.1.1.- Les structures..... 120
3.1.2.- La paléogéographie..... 125
3.2.- Regard historique sur les études géologiques 128
3.2.1.- Jusqu'en 1914 : le temps des pionniers..... 129
3.2.2.- De 1919 à 1939 : défrichage scientifique dans les cadres géologiques acquis..... 130
3.2.3.- De 1950 à 1962 : précision et affinage des données géologiques..... 131
3.2.4.- De 1962 à 1974 : révisions et utilisation de nouvelles méthodes d'études. 132
3.2.5.- De 1974 à 1980 : efficacité et recherche des ressources en énergie.. 134
3.3.- Remarques stratigraphiques préalables..... 137
3.3.1.- Quelques définitions..... 137
3.3.2.- L'ambiguïté historique..... 143
3.4.- La biostratigraphie et la chronostratigraphie du Dévonien supérieur..... 148

Pages

3.5.- La lithostratigraphie du Dévonien supérieur 157
3.5.1.- Remarques préalables.....157
3.5.2.- Les horizons frasniens en Ardenne...158
3.5.3.- Les horizons famenniens en Ardenne..162
3.5.4.- La lithostratigraphie du Dévonien supérieur en Boulonnais.....167
3.5.5.- Conclusions et problèmes à résoudre.171
3.6.- Les Ostracodes du Dévonien supérieur en Ardenne.....172
3.6.1.- Les gisements échantillonnés.....172
3.6.2.- Le relais ostracodique de la limite Givétien/Frasnien.....183
3.6.3.- Les Ostracodes du Frasnien inférieur183
3.6.4.- Les Ostracodes du Frasnien supérieur186
3.6.5.- Les Ostracodes autour de la limite Frasnien/Famennien.....188
3.6.6.- Les Ostracodes du Famennien inférieur190
3.6.7.- Les Ostracodes du Famennien supérieur et du Strunien.....192
3.7.- Les Ostracodes du Dévonien supérieur en Boulonnais.....194
3.7.1.- Généralités géologiques sur le Boulonnais.....194
3.7.2.- Les gisements échantillonnés.....199
3.7.3.- Le cycle sédimentaire du Dévonien...205
3.7.3.1.- Dans les unités autochtones de Ferques et d'Hardinghen205
3.7.3.2.- Dans l'Allochtone d'Hydrequent.....209
3.7.3.3.- Conclusions.....211
3.7.4.- Répartition des Ostracodes dans les unités lithostratigraphiques et établissement des équivalences avec l'Ardenne.....212

Pages

3.7.4.1.- La limite des Formations de Blacourt et de Beaulieu... 212
3.7.4.2.- Les Formations de Beaulieu et de Ferques..... 214
3.7.4.3.- La Formation d'Hydrequent. 215
3.7.4.4.- La limite de la Formation de Sainte-Godeleine et du Tournaisien..... 216
a) Historique..... 216
b) Critique historique..... 218
c) Mise au point..... 219
3.7.5.- Les unités lithostratigraphiques dans la chronostratigraphie..... 220
3.7.5.1.- Historique..... 220
3.7.5.2.- Nouvelle interprétation... 221
3.8.- La charte biostratigraphique générale..... 224
3.9.- La zonation des Ostracodes du Dévonien supérieur..... 225
3.9.1.- Historique..... 225
3.9.2.- Zonation proposée des Ostracodes du Dévonien supérieur..... 229
3.9.2.1.- Généralités..... 229
3.9.2.2.- Zone DSO1..... 231
3.9.2.3.- Zone DSO2..... 231
3.9.2.4.- Zone DSO3..... 232
3.9.2.5.- Zone DSO4..... 233
3.9.2.6.- Zone DSO5..... 233
3.9.2.7.- Zone DSO6..... 234
3.9.2.8.- Zone DSO7..... 235
3.9.2.9.- Zone DSO8..... 235
3.9.2.10.- Zone CTO1..... 236
3.9.2.11.- Zone CTO2..... 236
3.9.2.12.- Conclusions..... 237
3.10.- Remarques paléoécologiques..... 237

Pages

3.10.1.- Généralités : Ostracodes et faciès..237
3.10.2.- L'association de la Formation de Frasnes.....238
3.10.3.- L'association du faciès "Matagne"...239
3.10.4.- Les associations du Famennien inférieur ardennais.....241
3.10.5.- Les associations du Famennien terminal et du Strunien.....242
3.10.6.- Conclusion : Paléoécologie et biostratigraphie.....244
4.- LES OSTRACODES DU DEVONIEN SUPERIEUR DANS L'OUEST DU CANADA.....247
Sommaire.....248
Résumé.....249
4.1.- Introduction à la géologie de l'Ouest du Canada.....251
4.1.1.- Plate-forme et Cordillère.....251
4.1.2.- La stratigraphie du Famennien et de ses limites.....256
a) Généralités.....256
b) La lithostratigraphie.....256
c) La biostratigraphie.....259
4.1.3.- Paléogéographie de l'Ouest du Canada au Dévonien terminal.....260
4.1.4.- Problèmes à résoudre et buts recherchés.....260
4.2.- Les sites échantillonnés.....262
4.3.- Répartitions des Ostracodes par gisements....266
4.3.1.- Caractères de l'échantillonnage et conservation des Ostracodes.....266
4.3.2.- Présentation des tableaux de répartitions.....269
4.3.3.- Les tableaux de répartitions.....270
4.4.- La zonation par les Ostracodes.....289
4.4.1.- Généralités sur la zonation générale. 289
4.4.2.- Le découpage de la zonation générale. 291

Pages

4.4.3.- Le raccordement de la zonation générale avec les zonations préexistantes. 295
4.4.4.- La zonation de la Formation Big Valley. 295
4.5.- Les corrélations stratigraphiques..... 296
4.5.1.- Ajustement de la zonation générale à la chronostratigraphie..... 296
a) Les Ostracodes benthiques..... 296
b) Les Ostracodes pélagiques..... 299
4.5.2.- Corrélation des sites étudiés..... 299
4.5.3.- Situation stratigraphique des unités lithologiques..... 301
a) Les Formations Bakken, Exshaw et la limite dévono-carbonifère..... 301
b) La Formation Big Valley..... 303
c) La Formation Wabamun..... 303
d) La Formation Palliser..... 305
e) Les Formations Kotcho, Tetcho et Trout River..... 305
f) Les Formations Kakisa et Redknife. 306
g) La Formation du Fort Simpson..... 306
h) Le Dévonien supérieur du secteur de Root River..... 307
4.5.4.- Conséquences stratigraphiques générales..... 307
4.6.- Paléoécologie des Ostracodes au Dévonien terminal dans l'Ouest du Canada..... 310
4.6.1.- Généralités..... 310
4.6.2.- Répartition des taxons supraspécifiques..... 313
4.6.3.- Répartition des espèces d'Ostracodes. 313
5.- PALEOBIOGEOGRAPHIE DES FAUNES D'OSTRACODES AU DEVONIEN SUPERIEUR..... 315
Sommaire..... 316
Résumé..... 317
Introduction..... 318

Pages

5.1.- Présentation et critique des données.....318
5.2.- Répartition des Ostracodes Entomozoidae au Dévonien supérieur.....324
5.3.- Les aires paléobiogéographiques des Ostracodes au Frasnien.....326
5.4.- Les aires paléobiogéographiques des Ostracodes au Famennien.....329
5.5.- Conclusions.....336
6.- CONCLUSIONS GENERALES.....341
Sommaire.....342
Résumé.....343
6.1.- L'acquis systématique.....344
6.2.- L'apport biostratigraphique.....349
6.2.1.- Zonations, corrélations.....349
6.2.2.- Les répartitions sigmoïdales de plates-formes.....351
a) Mise en évidence.....351
b) Présentation du concept.....351
c) Conséquences.....356
d) Critique.....357
6.2.3.- Remarque sur l'établissement et l'utilisation des zonations.....358
6.3.- L'approche paléoécologique.....358
6.3.1.- Faciès et distribution des Ostracodes359
6.3.2.- Paléoécologie des principaux groupes d'Ostracodes au Dévonien supérieur..361
1- Les Entomozoidae.....361
2- Les espèces du genre *Cryptophyllus*.....361
3- Les espèces de Kloedenellacea....362
4- Les espèces de Barychilinidae et de Cavellinidae..... 362
5- Les genres *Quasillites* et *Ovatoquasillites*..... 363
6- Les espèces de Paraparchitidae.. 363
7- Les espèces de "l'écozone de Thuringe"..... 363

Pages

8- Les espèces des écozones péri- ou subrécifales des régions intertropicales..... 366
9- Les espèces de Bairdiacea..... 367
6.3.3.- Les variations intraspécifiques..... 367
6.3.4.- L'acquis paléobiogéographique..... 371
6.4.- Quelques perspectives..... 371

EPILOGUE..... 373

BIBLIOGRAPHIE..... 375

DOCUMENTS ANNEXES..... 439
1.- Terminologie des principaux milieux de vie et de sédimentation..... 441
2.- Classification des Crustacés..... 442
3.- Liste des espèces décrites et (ou) figurées par l'auteur dans les publications antérieures 443
LISTE DES FIGURES..... 465
LISTE DES TABLEAUX..... 475
TABLE DES MATIERES..... 479
PLANCHES..... 491

PLANCHES

"...the taxonomic importance of a character is determined, not so much by extravagance in development, as by persistence".

R.V. Bassler & Betty Kellett, 1934

PLANCHE 1 (SUITE)

Entomozoidae du faciès "Matagne" (quelques espèces caractéristiques).

25 : *Entomoprimitia (E.) variostriata* (CLARKE, 1884) = *Entomoprimitia (E.) sartenaeri* CASIER, 1975 (x10).

26-27 : *Richterina (V.) zimmermanni* VOLK, 1939), forme à fines rides (x20).

28 : *Richterina (V.) zimmermanni* (VOLK, 1939), forme à larges rides (x20).

29 : *Ungerella* sp. (x10).

30 : *Entomozoe (N.) prolifica* (STEWART & HENDRIX, 1945) ? = (?) *Entomozoe (N.) tenera* (GÜRICH, 1896) (x10).

31-32 : *"Bairdia" pseudomagna* (STEWART & HENDRIX, 1945) (x20).

Zone DS04 (quelques espèces caractéristiques).

33 : *Microcheilinella senzeillesensis* LETHIERS, 1974c (x20).

34 : *Egorovia magnei* LETHIERS, 1970b (x20).

35 : *Cryptophyllus* cf. *ellipticus sensu* LETHIERS, 1974c (x20).

PLANCHE 1

BOULONNAIS-ARDENNE

Zone DSO1 (espèce caractéristique).

1-2 : *Polyzygia beckmanni* KRÖMMELBEIN, 1954 (x20).

Zone DSO2 (quelques espèces caractéristiques).

3 : *Tmemolophus trilobatus* LETHIERS, 1970a (x40).

4 : *Aechminella minima* (LETHIERS, 1970a) (x40).

5 : *Aechmina* cf. *avita* LORANGER, 1963 (x40).

6 : *Amphissites* cf. *parvulus* (PAECKELMANN, 1913) (x20).

7 : *Parabolbinella vomis* BECKER & BLESS, 1971 (x15).

8 : *Hollinella (K.)* sp. C BECKER & BLESS, 1971 (x20).

9 : *Adelphobolbina europaea* BECKER & BLESS, 1971 (x20).

10 : *Refrathella incompta* BECKER, 1971 (x20).

11 : *Arcyzona* sp. A LETHIERS, 1974f (x35).

12 : *Hollinella (K.) lionica* BECKER & BLESS, 1971 (x40).

13 : *Favulella lecomptei* BECKER, 1971 (x20).

14 : *Svantovites inops* BECKER, 1971 (x25).

15 : *Svantovites magnei magnei* BECKER, 1971 (x20).

16 : *Jenningsina lethiersi* BECKER, 1971 (x20).

17-18 : *Polyzygia neodevonica* (MATERN, 1929) (x20).

19 : *Ponderodictya* sp. C MAGNE, 1964 (x20).

20 : *Asturiella blessi* BECKER, 1971 (x20).

21 : *Uchtovia materni* BECKER, 1971 (x20).

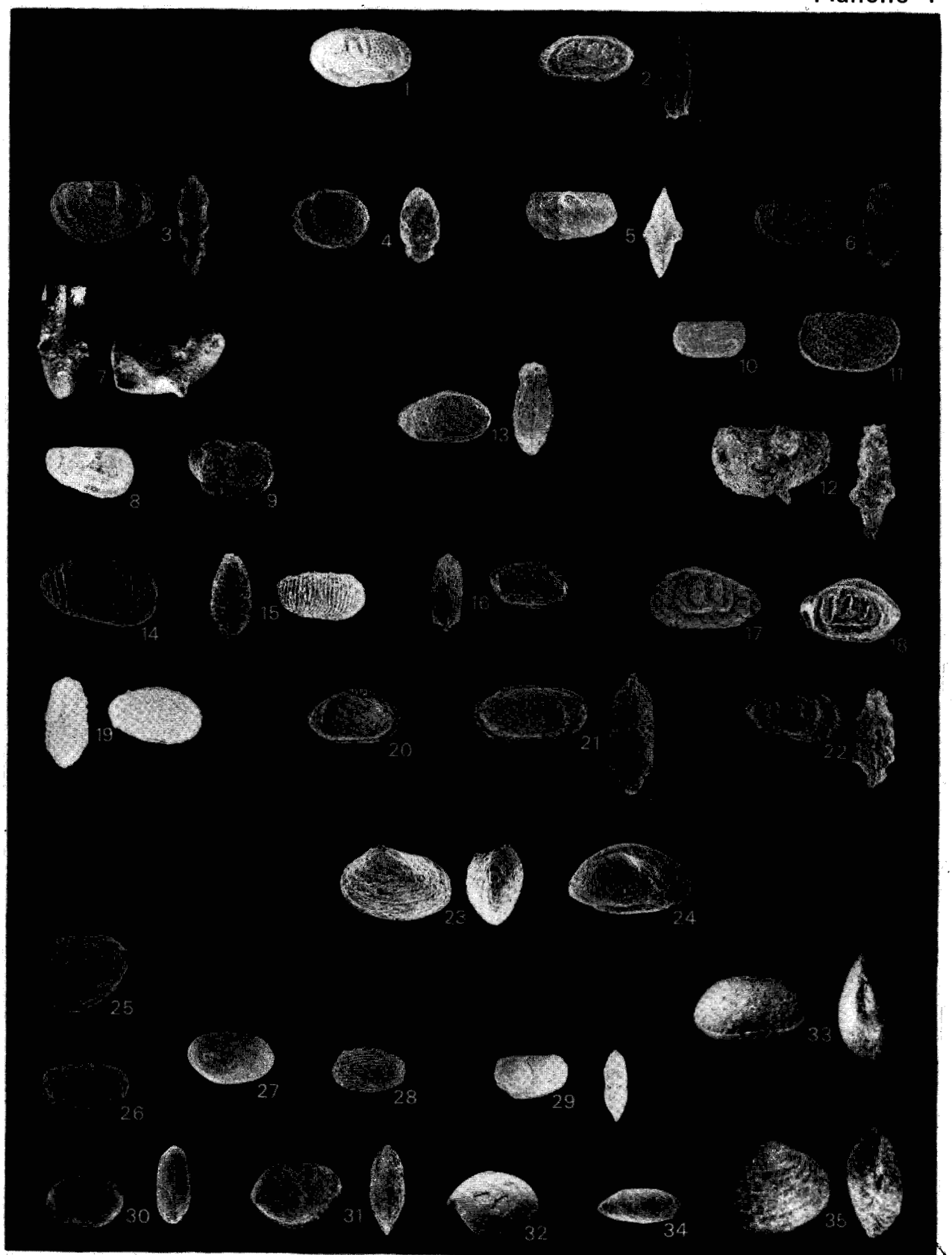
22 : *Plagionephrodes laqueus* (MATERN, 1929) (x20).

Zone DSO3 (quelques espèces caractéristiques).

23 : *Cryptophyllus trelonensis* LETHIERS, 1970b (x40).

24 : *Bairdia usatchovae* EGOROV, 1953 (x20).

Planche 1



LILLE

PLANCHE 2 (SUITE)

Zone DS08 (quelques espèces caractéristiques).

24 : *Jonesina craterigera* (JONES & KIRKBY, 1886) (x25).

25 : *Kloedenellitina epinettensis* LETHIERS, 1974d (x25).

26 : *Bairdia (O.?) hypsela* (ROME, 1971) (x10).

27 : *Acratia (C.) subobtusa* LETHIERS, 1974d (x20).

28 : *Bairdia (O.) romei* LETHIERS, 1974d (x20).

29 : *Beyrichiopsis ? anulata* ROME, 1971 (x15).

30 : *Bairdia (B.) galinae* EGOROV, 1953 (x20).

31 : *Microcheilinella inversa* ROME, 1971 (x40).

32 : *Fabalicypris pseudoillustris* LETHIERS, 1974d (x20).

33 : *Bairdia (B.) delphini* LETHIERS, 1972 (x10).

34 : *Bairdia (R.) paranotoconstricta* LETHIERS, 1974d (x10).

35 : *Silenites elongatus* ROME, 1971 (x10).

PLANCHE 2

BOULONNAIS-ARDENNE (SUITE)

Zone DSO5 (quelques espèces caractéristiques).

1 : *Bekena beckeri* LETHIERS, 1974c (x15).

2 : *Paraschmidtella* sp. A LETHIERS, 1976b (x20).

3 : *Acratia paraschelonica* LETHIERS, 1974c (x30).

4 : *Svantovites magnei lethiersi* CASIER, 1979 (x20).

5 : *Bairdia* cf. *retrorsa* LETHIERS, 1974c (x15).

Zone DSO6 (quelques espèces caractéristiques).

6 : *Knoxites perplexa* (JONES, 1968) (x20).

7-8 : *Chamishaella sohni* LETHIERS, 1974c (x10).

7 : tecnomorphe ; 8 : hétéromorphe.

9 : *Pseudoparaparchites* gr. *angustus sensu* LETHIERS, 1976b (x30).

10 : *Samarella* ? sp. A LETHIERS, 1974c (x25).

11 : *Healdianella bovina* LETHIERS, 1974c (x15).

12 : *Ellesmerina ?* cf. *gosseleti* LETHIERS, 1974c (x20).

13 : *Shivaella famennea* LETHIERS, 1974c (x20).

14 : *Carbonita ? submersa* LETHIERS, 1974c (x20).

15 : *Bodzentia* sp. A LETHIERS, 1974c (x40).

16 : *Acratia siratchoica* EGOROV, 1953 (x20).

17 : *Cytherellina obusa* LETHIERS, 1976b (x15).

Zone DSO7 (quelques espèces caractéristiques).

18 : *Bythocyproidea beugniesi* LETHIERS, 1972 (x20).

19 : *Ovatoquasillites avesnellensis* LETHIERS, 1972 (x25).

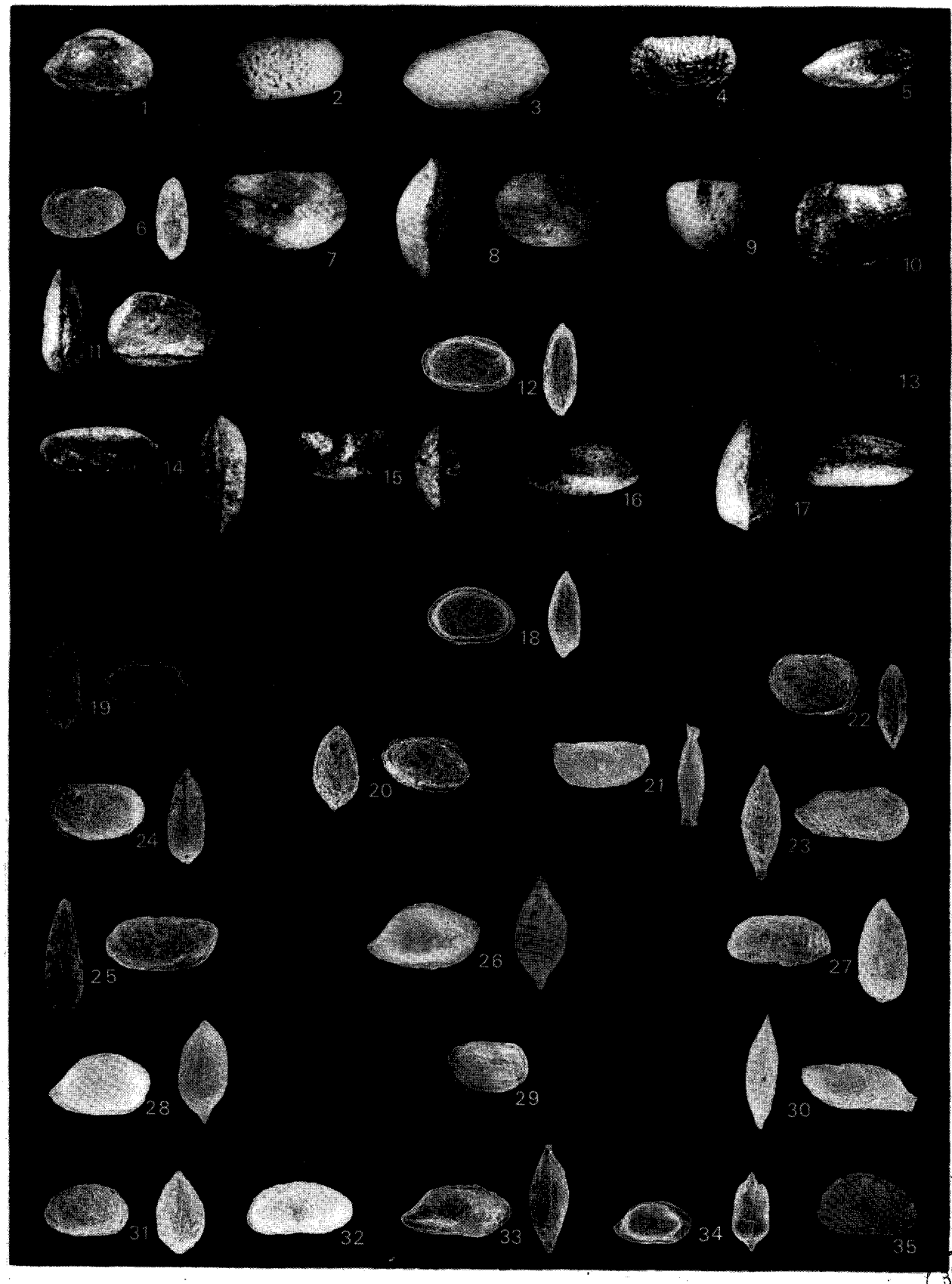
20 : *Ellesmerina gosseleti* LETHIERS, 1972 (x20).

21 : *Platychilina praetexta* KUMMEROW, 1939 (x25).

22 : *Geisina quadrangulata* LETHIERS, 1972 (x25).

23 : *Bairdia* cf. *paffrathensis* KUMMEROW, 1953 (x20).

Planche 2



BUS LILLE

PLANCHE 3 (SUITE)

26 : *Pachydomella dorsoimplicata* LETHIERS, 1981 (x35).
27 : *Famenella angulata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 (x20).
28 : *Famenella* cf. *kairovaensis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 (x20).
29 : *Acratia (C.) gibbera* LETHIERS, 1981 (x20).
30 : *Acratia (C.) rootensis* LETHIERS, 1981 (x20).
31 : *Acratia (C.) zadonicaeformis* LETHIERS, 1981 (x25).
32 : *Acratia (C.)* sp. C LETHIERS, 1981 (x35).
33 : *Acratia (C.)* cf. *tichonovitchi* EGOROV, 1953 (x20).
34 : *Acratia (C.)* sp. D LETHIERS, 1981 (x20).
35 : *Bairdia (R.) superba* LETHIERS, 1981 (x15).
36 : *Bairdia (R.) confragosaeformis* LETHIERS, 1981 (x25).
37 : *Bairdia (R.)* cf. *tabaensis* BUSCHMINA, 1970 (x20).
38 : *Bairdia (O.) romei* LETHIERS, 1981 (x25).
39 : *Bairdia (Cr.) strangulata* LETHIERS, 1981 (x25).
40 : *Bairdia (Cr.) turbinata* LETHIERS, 1981 (x20).
41 : *Bairdia (B.) galinaeformis* LETHIERS, 1981 (x25).
42 : *Bairdia ?* sp. 2 LETHIERS, 1981 (x25).
43 : *Bairdia (B.) fratereleziana* LETHIERS, 1978 (x20).
44 : *Entomoprimitia ? kindlei* LETHIERS, 1981 (x15).
45 : *Entomozoe (N.) minima* TSCHIGOVA, 1977 (x25).

46-47 : Ostracodite dans la Formation Kotcho : calcaire argileux plus ou moins recristallisé à carapaces et valves isolées. Sondage n° 18, Imp. Isl. River 1 : 3555 ft. à 3796 ft. Dévonien terminal (doV-doVIp.). Lames minces, lumière naturelle (x60).

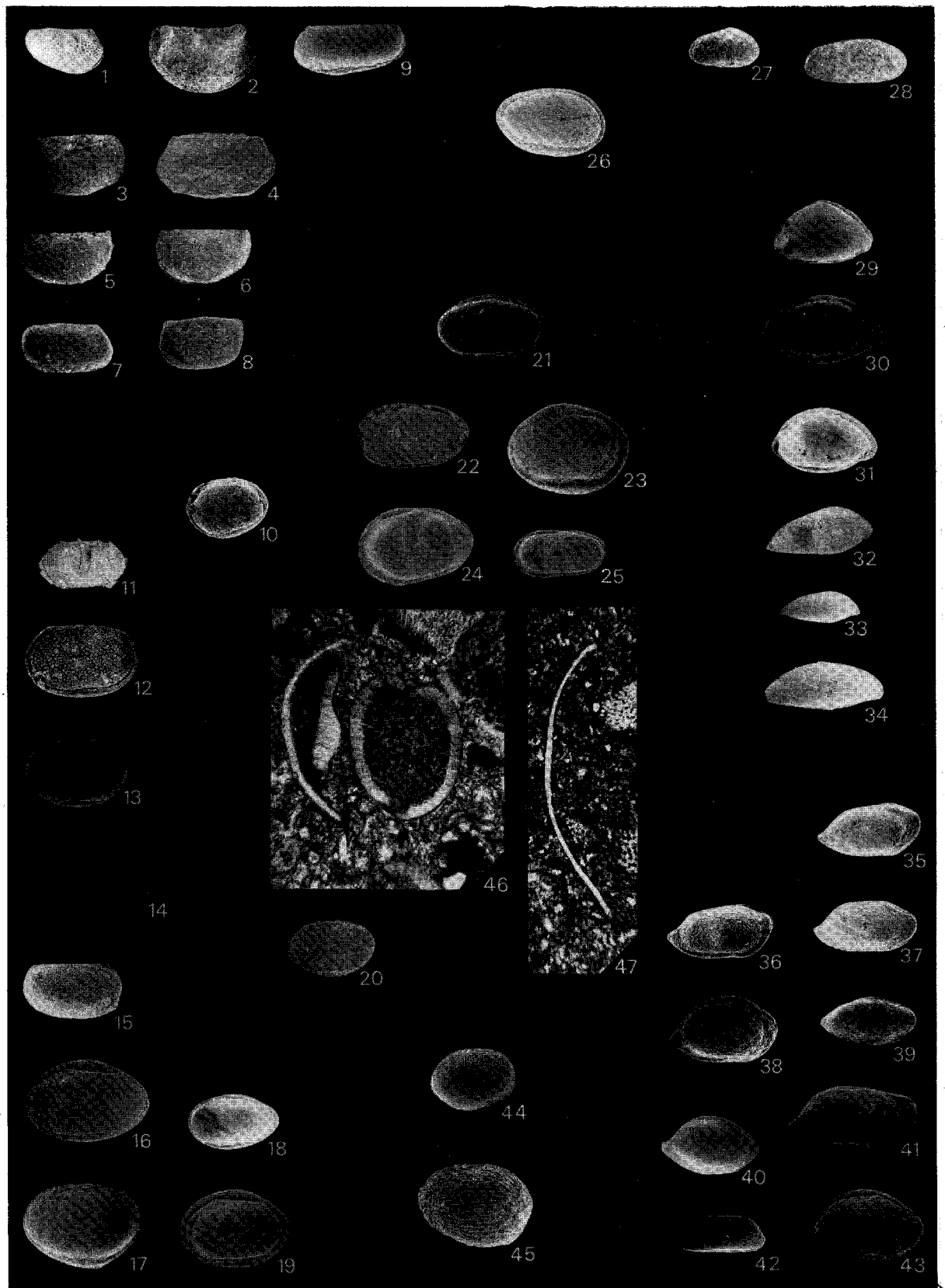
PLANCHE 3

OUEST DU CANADA

1-45 : Choix d'espèces d'Ostracodes représentatives du faciès Kotcho et de ses équivalents d'âge Dévonien terminal (doV-doVIp.) dans les Territoires du Nord-Ouest.

1 : *Xystinotus* n. sp. A LETHIERS, 1981 (x15).
2 : *Evlanovia* cf. *tichonovitchi* EGOROV, 1950 (x35).
3 : *Rozhdestvenskayites* sp. C LETHIERS, 1981 (x20).
4 : Palaeocopida? sp. indet. 2 LETHIERS, 1981 (x20).
5 : *Pribylites (P.) canadensis* LETHIERS, 1981 (x25).
6 : *Pribylites (P.) canadensis* LETHIERS, 1981 (x30).
7 : *Youngiella calvatus* (GREEN, 1963) (x35).
8 : *Moorites copelandi* LETHIERS, 1981 (x35).
9 : *Samarella* n. sp. 1 LETHIERS, 1981 (x20).
10 : *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 (x35).
11 : *Eukloedenella* sp. B LETHIERS, 1981 (x15).
12 : *Knoxites crassus* LETHIERS, 1981 (x25).
13 : *Knoxiella* cf. *inserica* POLENOVA, 1955 (x25).
14 : *Indivisia baschkirica* ROZH. & TSCHIGOVA, 1972 (x20).
15 : *Buregia krestovnikoviformis* LETHIERS, 1981 (x15).
16 : *Serenida angularis* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 (x25).
17 : *Sansabella sinuoventralis* LETHIERS, 1981 (x20).
18 : *Serenida diversa* (BUSCHMINA, 1965) (x15).
19 : *Serenida incerta* BUSCHMINA, 1965 (x25).
20 : *Jefina* n. sp. 1 LETHIERS, 1981 (x25).
21 : *Cavellina* sp. aff. *chumischiensis* BUSCH., 1968 (x25).
22 : *Sulcella* cf. *altifrons* JONES, 1968 (x25).
23 : *Endolophia secunda* LETHIERS, 1981 (x20).
24 : *Mennerella vulnerata* LETHIERS, 1981 (x30).
25 : *Sulcella (P.) kotchoensis* LETHIERS, 1981 (x25).

Planche 3



BUS LILLE

PLANCHE 4 (SUITE)

26-33 : Choix d'espèces d'Ostracodes représentatives du faciès Palliser d'âge Dévonien terminal (doV) en Alberta.

26 : *Bairdiocypris* cf. *infera* BUSCHMINA, 1975 (x20).
27 : *Microcheilinella* sp. indet. LETHIERS, 1981 (x25).
28 : *Acratia (C.)* cf. *peremnis* BUSCHMINA, 1969 (x30).
29 : *Acratia (C.?)* sp. A LETHIERS, 1981 (x30).
30 : *Acratia (C.)* sp. C LETHIERS, 1981 (x40).
31 : *Bairdia (R.) superba* LETHIERS, 1981 (x10).
32 : *Bairdia (Cr.) turbinata* LETHIERS, 1981 (x20).
33 : *Bairdia (B.)* n. sp. A LETHIERS, 1981 (x20).

34 : Affleurement de la Formation Palliser ; Montagnes Rocheuses, Alberta. Canmore Creek (51°04'03"N 115°25'05"W).

35-39 : Espèces d'Ostracodes communes aux trois faciès Kotcho, Wabamun, Big Valley du Dévonien terminal (doV-doVIp.).

35 : *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 (x40).
36 : *Newsomites elatus* LETHIERS, 1978 (x45).
37 : *Bairdia (R.) sinuosa* MOREY, 1936 (x15).
38 : *Bairdia (B.) irritata* LETHIERS, 1978 (x20).
39 : *Bairdia (B.) fratereleziana* LETHIERS, 1978 (x20).

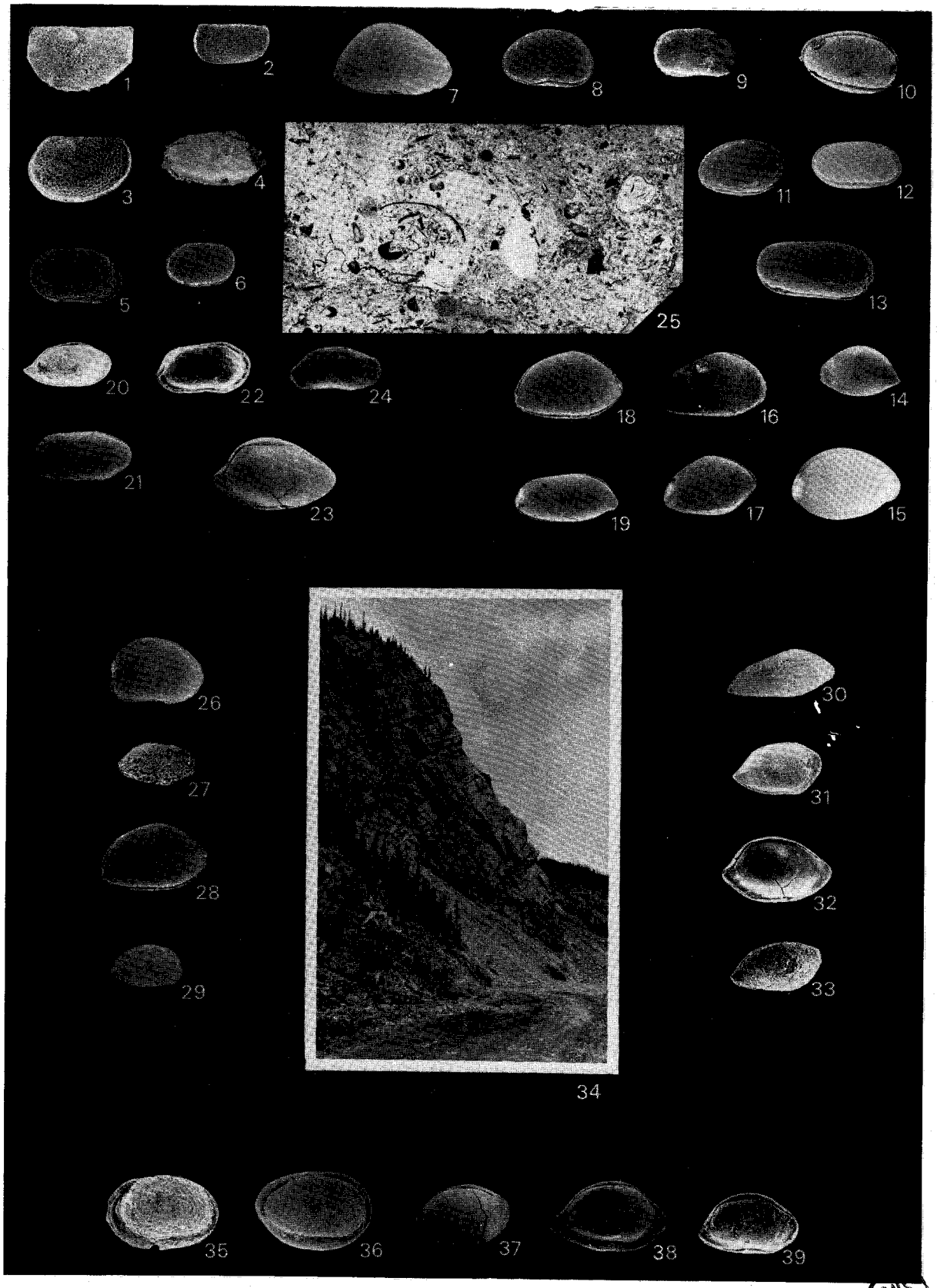
PLANCHE 4

OUEST DU CANADA (SUITE)

1-24 : Choix d'espèces d'Ostracodes représentatives du faciès Wabamum d'âge dévonien terminal (doV-doVIp.) dans le Nord de l'Alberta.

1 : *Janischewskaya ?* n. sp. A LETHIERS, 1981 (x40).
2 : *Moorites copelandi* LETHIERS, 1981 (x40).
3 : *Knoxiella ornata* LETHIERS, 1981 (x30).
4 : Palaeocopida sp. indet. 1 LETHIERS, 1981 (x15).
5 : *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 (x40).
6 : *Knoxiella* cf. *inserica* POLENOVA, 1955 (x20).
7 : *Silenites ?* sp. indet. LETHIERS, 1981 (x20).
8 : *Healdiacypris wabamunensis* LETHIERS, 1981 (x40).
9 : *Healdianella alba* LETHIERS, 1981 (x40).
10 : *Newsomites* cf. *elatus* LETHIERS, 1978 (x45).
11 : *Acratia (A.) antefabaeformis* LETHIERS, 1981 (x35).
12 : *Microcheilinella* cf. *decora* SHI, 1964 (x40).
13 : *Elliptocyprites lorangeri* LETHIERS, 1981 (x35).
14 : *Acratia (C.) vestita* LETHIERS, 1981 (x20).
15 : *Acratia (C.) zadonicaeformis* LETHIERS, 1981 (x25).
16 : *Acratia (C.?)* sp. B. LETHIERS, 1981 (x40).
17 : *Acratia (C.) supinaeformis* LETHIERS, 1981 (x40).
18 : *Acratia (C.)* cf. *peremnis* BUSCHMINA, 1969 (x40).
19 : *Acratia (C.)* cf. *gassanovae* EGOROV, 1953 (x40).
20 : *Bairdia (R.) superba* LETHIERS, 1981 (x10).
21 : *Bairdiacypris quarziana* EGOROV, 1953 (x15).
22 : *Bairdia (R.) augusta* LETHIERS, 1981 (x15).
23 : *Bairdia (Cr.) turbinata* LETHIERS, 1981 (x20).
24 : *Bairdia (B.)* cf. *fabaeformis* POLENOVA, 1953 (x20).
25 : Biomicrite à Entroques, débris de Brachiopodes et Ostracodes. Formation Wabamum du Nord de l'Alberta, Famennien terminal (doV). Sondage n° 16, Phillips Naylor : 3243 ft. à 3258 ft. Lame mince, lumière naturelle, négatif (x2).

Planche 4



BUS LILLE

PLANCHE 5 (SUITE)

27 : *Acratia (C.) subelongata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 (x40).
28 : *Bairdia (B.) irritata* LETHIERS, 1978 (x20).
29 : *Bairdia (B.) calgaryensis* LETHIERS, 1978 (x20).
30 : *Bairdia (B.) fratereleziana* LETHIERS, 1978 (x20).
31 : *Bairdia (R.)* sp. A LETHIERS, 1978 (x10).
32 : *Bairdia (R.) sinuosa* MOREY, 1936 (x15).
33 : *Cryptophyllus* cf. sp. a JONES, 1962 (x10).
34 : *Cryptophyllus* sp. B LETHIERS, 1978 (x10).
35 : *Cryptophyllus* sp. C LETHIERS, 1978 (x15).
36 : *Richterina (R.)* cf. *latior* RABIEN, 1960 (x15).
37 : *Richterina (M.)* cf. sp. 3 GROOS-UFFENORDE, 1974 (x15).
38 : *Richterina (M.?)* sp. B LETHIERS, 1978 (x30).
39 : *Richterina (R.?)* sp. A LETHIERS, 1978 (x30).

40-44 : Espèces d'Ostracodes communes au faciès Big Valley du Saskatchewan et aux faciès Kotcho et équivalents des Territoires du Nord-Ouest.

40 : *Saccelatia* n. sp. A LETHIERS, 1978 (x20).
41 : *Platychilina praetexta* KUMMEROW, 1939 (x20).
42 : *Akidellina albertaensis* LETHIERS, 1978 (x25).
43 : *Acratia (C.) subelongata* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 (x30).
44 : *Triceratina christopheri* LETHIERS, 1978 (x30).

45-46 : Ostracodite dans un calcaire argileux recristallisé. Section-type de la Formation Big Valley au Sud de l'Alberta, Dévonien terminal (doV-doVIp.).

45 : Nombreuses valves isolées d'Ostracodes (x20).
46 : Détail d'une section transversale de carapace appartenant probablement à *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1978 (x70). Sondage n° 5, Rumsey 6-30 : 5265 ft. à 5270 ft.

PLANCHE 5

OUEST DU CANADA (SUITE)

1-39 : Choix d'espèces d'Ostracodes représentatives du faciès Big Valley en Saskatchewan et Alberta. Dévonien terminal (doV-doVIp.).

1 : *Drepanella bisonteformis* LETHIERS, 1978 (x40).
2 : *Evlanovia phalloformis* LETHIERS, 1978 (x20).
3 : *Triceratina christopheri* LETHIERS, 1978 (x20).
4 : *Saccelatia* n. sp. A LETHIERS, 1978 (x20).
5 : *Youngiella* cf. *rectidorsalis* (JONES & KIRKBY, 1886) (x40).
6 : *Youngiella* cf. *calvatus* (GREEN, 1963) (x40).
7 : *Cribroconcha triquetra prima* LETHIERS, 1978 (x30).
8 : *Graphiadactylloides striatoreticulatus* GREEN, 1963 (x30).
9 : *Ovatoquasillites ?* sp. A LETHIERS, 1978 (x15).
10 : *Ovatoquasillites cribraria greeni* LETHIERS, 1960 (x20).
11 : *Kloedenellitina alveolata* TSCHIGOVA, 1960 (x20).
12 : *Akidellina albertaensis* LETHIERS, 1978 (x20).
13 : *Buregia brauni* LETHIERS, 1978 (x30).
14 : *Serenida subincerta* LETHIERS, 1978 (x20).
15 : *Tchizhovaella regina* LETHIERS, 1978 (x30).
16 : *Sargentina biforma* LETHIERS, 1978 (x25).
17 : *Paracavellina uyenoi* LETHIERS, 1978 (x35).
18 : *Cavellina* n. sp. A LETHIERS, 1978 (x20).
19 : *Barychilina parallela* LETHIERS, 1978 (x10).
20 : *Barychilina maxima* LETHIERS, 1978 (x10).
21 : *Barychilina saskatchewanensis* LETHIERS, 1978 (x20).
22 : *Newsomites elatus* LETHIERS, 1978 (x45).
23 : *Famenella* cf. *perspiqua* ROZHDESTVENSKAJA, 1972 (x30).
24 : *Microcheilinella* cf. *brdensis* BLASZYK & NATUZIEWICZ, 1973 (x30).
25 : *Acratia (C.) subobtusa* LETHIERS, 1974 (x30).
26 : *Acratia (C.?) konensis* ECOROV, 1953 (x35).

Planche 5

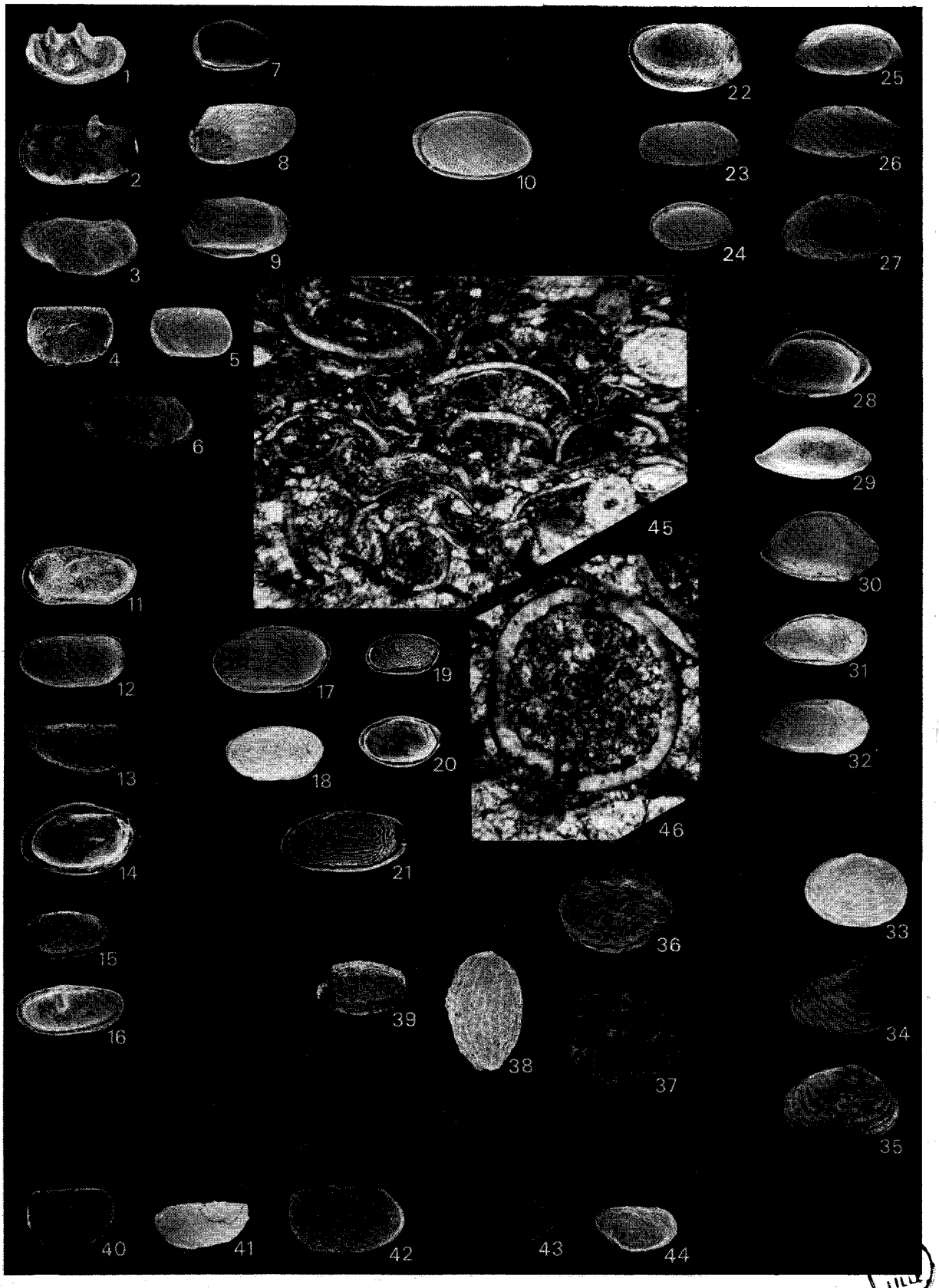

1
7
22
25
2
8
10
23
26
3
9
24
27
4
5
45
28
6
29
11
30
12
17
19
31
13
18
20
32
14
21
46
15
36
33
16
39
38
34
37
35
40
41
42
43
44

PLANCHE HORS - TEXTE 1

MAGNE (1964)
BECKER (1971)
BECKER & BLESS (1971, 1974)
ROME & GOREUX (1960). ROME (1971,1973)
LETHIERS (1970, 1972, 1974, 1975, 1976)
CASIER (1976, 1977)

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITE LILLE

ECHELLE STRATIGRAPHIQUE

OSTRACODES benthiques

B = Bouloinnais
N = Ruisseau de Nismes
D = Ruisseau du Bois de Dinant
E = Est du Bosken de Dinant

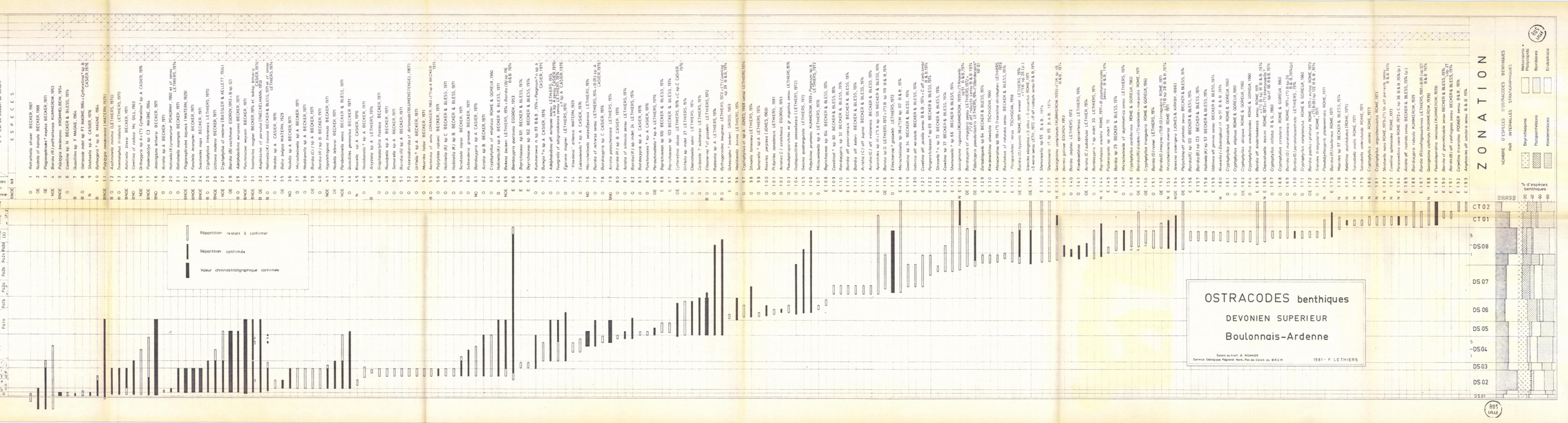
ESPECES

DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES — CARBONIFERE / DINANTIEN / DEVONIEN (pars) / DEVONIEN SUPERIEUR / FRASNIEN / FAMENNIEN — INFERIEUR / SUPERIEUR

STRUNIEN — TOURNAISIEN (Gl.) — HASTARIEN (Gl.)

Zones à Clymenidae — Nombres repères Normur 1974 (M. gm.)

Zones à Conodontes — Zones à Entomozoacées — Indices en Ardenne



OSTRACODES benthiques

DEVONIEN SUPERIEUR

Boulonnais-Ardenne

Dessin au trait : B. MONNIER
Service Géologique Régional Nord, Pas-de-Calais du B.R.G.M. — 1981 - F. LETHIERS

ZONATION

HAUBIN, C. (1974) C. R. Soc. Géol. Nord, XCIV, (4), 107-111, 1 fig.

Pas interpolés — Stratigraphie

Répartition des espèces benthiques

Bairychinoïdes — Polycopacea — Bairdiacea — Kloedenioidea — Entomozoacea

% d'espèces benthiques

CT 02
CT 01
DS 08
DS 07
DS 06
DS 05
DS 04
DS 03
DS 02
DS 01