



SCOTIAN SHELF BIOSTRATIGRAPHY AND MATURATION DATA LOCATION MAP AND ZONATIONS

R. A. Fensome, G. L. Williams, P. Ascoli, M. S. Barss, J. P. Bujak,
E. H. Davies, P. H. Doevel, and W. C. MacMillan

Recommended citation: Fensome, R. A., Williams, G. L., Ascoli, P., Barss, M. S., Bujak, J. P., Davies, E. H., Doevel, P. H., and MacMillan, W. C., 1991: Biostratigraphy and maturation data 1: location map and zonations; in East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf; Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, p. 27.

Additional copies of this map may be obtained from the Geological Survey of Canada, Atlantic Geoscience Centre, P. O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Canada (Ph: 902-426-2773; FAX: 902-426-4266).

INTRODUCTION

Biostratigraphic analyses of 67 exploration wells in the Scotian Basin west of longitude 53°W demonstrate the presence of Carboniferous, possible Upper Triassic, Jurassic, Cretaceous, Paleogene, Neogene, and Quaternary strata. In addition, the presence of Triassic rocks was confirmed biostratigraphically from one well, Chinampas N-37, in the Bay of Fundy. The oldest offshore rocks known in the area, the Meguma Group metasediments, are nonfossiliferous. Assemblages from the Devonian, Carboniferous and some of those from the Triassic-Jurassic boundary beds and lowermost Cretaceous are nonmarine, consisting primarily of spores and pollen (miospores) from higher plants. Otherwise assemblages are mostly marine and commonly contain an abundance of fossil organic-walled microplankton (dinoflagellate cysts and acritarchs) and foraminifera and ostracoda.

The samples analyzed for biostratigraphy consist primarily of cuttings, though sidewall cores and, less commonly, conventional cores were sometimes available. Since the majority of analyses were based on cuttings, which often contain contaminants caved from higher in the well, almost all palynological and micropaleontologic zonal schemes for the Scotian Basin are defined by the last appearance datums (LADs) of selected taxa.

The correlation of individual zones and integrated zonal schemes, from one locality to another within the Basin, is the most meaningful application of the biostratigraphic data presented here. The zonation schemes formulated for the Scotian Basin were calibrated against the international standard ages with varying degrees of confidence, since equivalent assemblages and ranges are not necessarily identical from basin to basin.

The maturation studies discussed in this section include visual kerogen and vitrinite reflectance analyses. Additional hydrocarbon data are presented on map sheet Oil and Gas Occurrences and Geochemistry (this volume).

FOSSIL GROUPS AND HISTORICAL PERSPECTIVE

Biostratigraphically useful fossils in the Scotian Basin can be subdivided into two principal groups: microfossils with organic walls (palynomorphs) and microfossils with inorganic walls.

Palynomorph groups which are biostratigraphically important in the Scotian Basin include miospores, dinoflagellates and, to a lesser extent, acritarchs.

Paleozoic rocks are reached in only one well (Hermine E-94) in the Scotian Basin west of longitude 53°W. However, they were also penetrated in the North Sydney P-05 well in the Sydney Basin. Rocks in the two aforementioned wells have been dated, primarily on the basis of their miospore content, as Carboniferous (Barss et al., 1979).

Several palynomorph groups have been used to date and zone Mesozoic-Cenozoic strata in the Scotian Basin, although emphasis has been placed on the dinoflagellate cysts. The first palynological zonation for the report area was proposed by Williams et al. (1974) and Williams (1975). This zonation included strata of Middle Jurassic to Plio-Pleistocene age. This scheme was refined by Williams and Bujak (1977; Cenozoic) and Bujak and Williams (1978; Cretaceous). Bujak and Williams (1977) extended the zonation to Late Triassic and Early Jurassic rocks. The resulting composite zonation constituted the framework against which 67 wells from offshore eastern Canada were analyzed and reported in Barss et al. (1979). Davies (1985) compared Early Jurassic assemblages of the Scotian Margin with those of the conjugate margin in Portugal and revised the ages of some of the zones. Subsequent work by palynologists of the Geological Survey of Canada (GSC) and by contractors to the GSC have led to refined (but not yet fully described) palynological zonations for selected areas and parts of the section (see Tables 3-5; Williams et al., 1990).

Inorganic-walled microfossils which have been used to date and zone Mesozoic-Cenozoic strata in the Scotian Basin are foraminifera, ostracoda, nannoplankton (coccolithophorids and discoasters) and, to a limited extent, calpionellids.

A three-fold foraminiferal zonation, using planktonic, calcareous benthic and agglutinated benthic foraminifera, was initially proposed by Ascoli (1976). This multiple zonation was updated by Ascoli (1981, 1984, 1988a, b), Ascoli et al. (1984), and Williams et al. (1990). Grasdien and Agterberg (1982) dated eight wells for the Tertiary of the Scotian Basin on the basis of analyses of foraminiferal assemblages. Apart from their stratigraphic value, the benthic foraminifera plus the ostracoda provided the information for the paleoenvironmental columns in the individual well plots (see map sheets Biostratigraphy and Maturation Data 5-8, this volume).

Ascoli (1976, 1981, 1988a) and Williams et al. (1990) proposed a zonation based on ostracoda for Middle Jurassic to Cretaceous strata of the Scotian Basin; ostracoda are too sparse in the Cenozoic sediments to provide the basis for a practical zonation. Nannoplankton have been used widely in industry for biostratigraphic analysis of offshore eastern Canadian rocks, and appear to have much potential for subdividing the Cenozoic of the Scotian Basin. However, to date only one report has been published (Doevel, 1983). Doevel analyzed Albian-earliest Cenozoic nannofossils from eight Scotian Basin wells and applied a zonation of 14 zones to the Albian-Maastrichtian interval.

Calpionellids have been recovered from several Scotian Basin wells (Mohican I-100, Moheida P-15, Acadia K-62, Puffin B-90, and Kittiwake P-11). However, these fossils either were redeposited or are rare, thus preventing full recognition of the European standard calpionellid zonation which has been recognized beyond the Atlas base area at the Cost G2 well in Georges Bank Basin to the southwest and the Bonninton H-32 well on the outer Newfoundland shelf to the northeast (Jansa et al., 1980; Ascoli et al., 1984).

Williams et al. (1990) provide a detailed historical review and full discussion of the biostratigraphy of offshore eastern Canada.

SCOTIAN SHELF BIOSTRATIGRAPHY AND MATURATION DATA

1

PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE BIOSTRATIGRAPHIE ET DONNÉES DE MATURATION CARTE DE LOCALISATION ET ZONATIONS

R. A. Fensome, G. L. Williams, P. Ascoli, M. S. Barss, J. P. Bujak, E. H. Davies, P. H. Doevel, and W. C. MacMillan

Notation bibliographique conseillée: Fensome, R. A., Williams, G. L., Ascoli, P., Barss, M. S., Bujak, J. P., Davies, E. H., Doevel, P. H., et MacMillan, W. C., 1991: Biostratigraphie et données de maturation 1: carte de localisation et zonations; dans Série des atlas des bassins de la côte Est: plate-forme Néo-Écossaise; Centre géoscientifique de l'Atlantique, Commission géologique du Canada, p. 27.

Des copies supplémentaires de la carte peuvent être obtenues auprès de la Commission géologique du Canada, Centre géoscientifique de l'Atlantique, case postale 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2 Canada tél (902) 426-2773, fax (902) 426-4266.

TYPE AND REFERENCE SECTIONS OF LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS

Practically all the lithologic type sections of offshore eastern Canada have been analyzed biostratigraphically using at least one group of microfossils. A summary of the results of these analyses is shown in Table 6. Sources of key information to individual lithologic units are indicated in the footnotes.

MATURATION STUDIES

The visual kerogen analyses of Scotian Shelf wells have included typing of the kerogen and determination of the thermal alteration index (TAI). Bujak et al. (1977a, b) presented such data for 14 Scotian Shelf wells. The four kerogen types recognized were: amorphogen, phrogen, hylogen and melanogen. Amorphogen comprises unorganized, structureless organic material, which may be finely disseminated or coagulated into fluffy masses; it is equivalent to the amorphous kerogen of other authors. Phrogen comprises all nonopaque, recognizable plant matter that does not have a woody origin and includes plant cuticles, spores and dinoflagellate cysts; it is equivalent to the herbaceous kerogen of other authors. Hylogen includes nonopaque fibrous plant material of woody origin and is more commonly referred to as woody kerogen. Melanogen comprises all opaque organic material, which is the coal kerogen of other authors.

Bujak et al. (1977a, b) visually determined the relative percentage of each of the four kerogen types and graphically illustrated these percentages for 13 Scotian Basin wells and one Sydney Basin well. Subsequently, Barss et al. (1980) reported the relative percentages for the four visual kerogen types in 27 Scotian Basin wells.

The thermal alteration indices for the same wells were presented in Bujak et al. (1977a, b) and Barss et al. (1980). The scale used was that of Staplin (1969) and Bayliss (personal communication, Organic Maturation Symposium, American Association of Stratigraphic Palynologists, 1975 Annual Meeting, Houston, Texas, U.S.A.). The postulated relationship between kerogen type and TAI, first presented by Bayliss (1975), was given in Bujak et al. (1977a, b). The significant values of the TAI scale are 2, 2*, 3, 3* and above. These values are defined as follows:

TAI Scale	Definition
2	Amorphogen forms liquid hydrocarbons, whereas phrogen produces only minor amounts of thermally derived gas and little or no liquid hydrocarbons; neither hylogen nor melanogen yields thermally derived hydrocarbon products.
2*	All four kerogen types contribute to hydrocarbon formation, although the nature of the generated hydrocarbons varies with organic type.
3	Only amorphogen continues to source oil; this is the upper boundary of the oil window. Only thermally derived methane can be sourced from all the kerogen types.
3* and above	

Bujak et al. (1977a, b) concluded that the kerogen type and TAI data indicated the Jurassic-Lower Cretaceous source rocks of the Scotian Basin were gas prone, with some oil potential existing within deeper parts of the Basin (e.g. in the area of the Sable Island C-67 well).

Purcell et al. (1978, 1979), in a geochemical study of Scotian Basin wells, stated that the Sable and Abenaki subbasins are thermally immature. They concluded that the gas, condensates, and light oils were generated in a marginally mature zone about 2000 m thick. This was based on light gas analyses, C_{1s} , extract data and the visual kerogen data of Bujak et al. (1977a, b). Purcell et al. (1978, 1979) also discussed the geothermal gradient as determined by Robbins and Rhedeham (1976), and the maturation index of Cassou et al. (1977), based in part on vitrinite reflectance data.

A major synthesis of Scotian Shelf maturation data was provided by Nantais (1983). He proposed a hydrocarbon generation model based on organic matter quantity, quality, maturation, and hydrocarbon discoveries. The predominance of gas and condensate in the wells was attributed to the terrestrial nature of the kerogen in the mature zone. As a maturation indicator, TAI was found to be more sensitive at high rates of heating than vitrinite reflectance. Other parameters determined were the Time Temperature Index (TTI), cuttings gas analyses, and threshold temperatures.

Recent visual kerogen analyses of four wells (Alma F-67, Chebucto K-90, Evangeline H-98 and Sambo 1-29) were undertaken by Lentil International Biostratigraphic Limited (1988). In all four wells, terrestrially sourced kerogen was dominant in the deeper intervals. However, the window for oil maturation was encountered in only three wells: Alma F-67, Chebucto K-90 and Evangeline H-98.

LOCATION MAP AND ZONATIONS

Figure 1 shows the location of all offshore wells mentioned in the Biostratigraphy and Maturation Data section of this Atlas.

The zonation of Doevel (1983) based on nannoplankton (coccoliths and discoasters) is the only published scheme for this fossil group for offshore eastern Canada (see Table 2). Doevel applied fourteen zones, all previously described from other regions, to the Albian-Maastrichtian interval. He also analyzed samples from the Tertiary, to which he applied the zonation of Marini (1971). Where the information is available, the depths in metres from the rotary table of the top and bottom samples from each zone are indicated for each well. In some cases, Doevel (Fig. 18, 1983) gave sample depths for stage boundaries rather than zone boundaries; note for example the boundary between samples at 720 m and 762 m in the Mohawk B-93 well. In cases where a zone is represented by a single sample, the depth of that sample is indicated rather than the top and bottom depths (e.g. the *Eiffellithus eximus* zone in the Triumph P-50 well).

In the alphanumeric zone codes for Doevel's zones, "D" represents Doevel, "NP" represents nannoplankton, and "C" represents Cretaceous. The zones are numbered from

PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE BIOSTRATIGRAPHIE ET DONNÉES DE MATURATION

1

INTRODUCTION

Des analyses biostratigraphiques de 67 puits d'exploration forés dans le bassin Néo-Écossais à l'ouest de 53° de longitude ouest démontrent la présence de couches du Carbonifère, peut-être du Trias supérieur, du Jurassique, du Crétacé, du Paléogène, du Néogène et du Quaternaire. De plus, la présence de roches du Trias a été biostratigraphiquement confirmée dans un puits, le Chinampas N-37, dans la baie de Fundy. Les plus anciennes roches connues de la région extracôtière dans la région, les roches sédimentaires métamorphisées du Groupe de Meguma, sont non fossilifères. Les associations du Dévonien, du Carbonifère et certaines associations des couches limites entre le Trias et le Jurassique ainsi que les associations du Crétacé basal sont non marines et principalement composées de spores et de pollens (miospores) de végétaux supérieurs. À part ces dernières, les associations sont principalement marines et renferment couramment en abondance du microplancton à parois organiques (dinokystes et acritarches), des foraminifères et des ostracodes.

Les échantillons ayant fait l'objet d'une analyse biostratigraphique consistent principalement en déblais de forage, bien que des carottes prélevées latéralement et, moins fréquemment, des carottes classiques étaient parfois disponibles. Puisque la majorité des analyses ont été faites à partir de déblais de forage, qui renferment souvent des contaminants tombés d'un niveau supérieur dans le puits, presque toutes les zonations du bassin Néo-Écossais sont définies par les niveaux de dernière présence (NDP) de taxons choisis.

La mise en corrélation de zones individuelles et de zonations d'un endroit à l'autre du bassin constitue l'application la plus utile des données biostratigraphiques présentées ici. Les zonations élaborées pour le bassin Néo-Écossais ont été étalonnées d'après les âges internationaux standard avec divers degrés de confiance, puisque les associations équivalentes et les intervalles ne sont pas nécessairement identiques d'un bassin à un autre.

Les études de maturation discutées dans la présente section englobent des analyses visuelles du kérogène et des analyses de réflectance de la vitrinite. Des données additionnelles concernant les hydrocarbures sont présentées sur la carte Gisements de pétrole et de gaz et géochimie (dans le présent volume).

GROUPE DE FOSSILES ET PERSPECTIVE HISTORIQUE

Les fossiles utiles pour la biostratigraphie dans le bassin Néo-Écossais peuvent être subdivisés en deux groupes principaux: les microfossiles à parois organiques (palynomorphes) et les microfossiles à parois inorganiques.

Parmi les groupes de palynomorphes qui sont importants du point de vue biostratigraphique dans le bassin Néo-Écossais, mentionnons les miospores, les dinoflagellés et, dans une moindre mesure, les acritarches.

Les roches du Paléozoïque n'ont été atteintes que dans un seul puits (Hermine E-94) dans le bassin Néo-Écossais à l'ouest de 53° de longitude ouest. Elles ont toutefois également été pénétrées par le puits North Sydney P-05 dans le bassin de Sydney. Dans les deux puits précédemment mentionnés, ces roches ont été datées comme remontant au Carbonifère, principalement d'après leur contenu en miospores (Barss et al., 1979).

Plusieurs groupes de palynomorphes ont été utilisés pour dater et effectuer la zonation des couches du Mésozoïque et du Cénozoïque dans le bassin Néo-Écossais, bien que l'effort principal ait été placé sur les dinokystes. Dans la région visée par le rapport, la première zonation palynologique a été proposée par Williams et al., (1974) et Williams (1975). Cette zonation englobe les couches du Jurassique moyen au Plio-Péistocene. Cette zonation a été affinée par Williams et Bujak (1977 - Cénozoïque) et par Bujak et Williams (1978 - Crétacé). Bujak et Williams (1977) ont prolongé la zonation de manière à englober les roches du Trias tardif et du Jurassique précoce. La zonation composite résultante a constitué cadre de l'analyse par Barss et al. (1979) de 67 puits au large de la côte Est du Canada. Davies (1985) a comparé les associations du Jurassique précoce de la marge Néo-Écossaise à celles de la marge de l'Atlantique (Marini, 1971).

Cette zonation a été affinée par Williams et Bujak (1977 - Cénozoïque) et par Bujak et Williams (1978 - Crétacé). Bujak et Williams (1977) ont prolongé la zonation de manière à englober les roches du Trias tardif et du Jurassique précoce. La zonation composite résultante a constitué cadre de l'analyse par Barss et al. (1979) de 67 puits au large de la côte Est du Canada. Davies (1985) a comparé les associations du Jurassique précoce de la marge Néo-Écossaise à celles de la marge de l'Atlantique (Marini, 1971).

Les microfossiles à parois inorganiques qui ont été utilisés pour dater et effectuer la zonation des couches du Mésozoïque et du Cénozoïque dans le bassin Néo-Écossais sont les foraminifères, les ostracodes, le nannoplankton (coccolithophorides et discoasters) et, dans une mesure plus restreinte, les acritarches.

Une zonation tripartite des foraminifères basée sur les foraminifères planctoniques, benthiques calcaires et benthiques agglutinés, a initialement été proposée par Ascoli (1978). Cette zonation multiple a été mise à jour par Ascoli (1981, 1984, 1988a, b), Ascoli et al. (1984) et Williams et al. (1990). Grasdien et Agterberg (1982) ont daté le Tertiaire de huit puits du bassin Néo-Écossais d'après des analyses des associations de foraminifères. En plus de leur valeur stratigraphique, les foraminifères benthiques ont fourni, avec les ostracodes, l'information pour les colonnes paléoenvironnementales des diagrammes des puits individuels (voir les cartes Biostratigraphie et données de maturation 5 à 8 du présent volume).

Ascoli (1976, 1981, 1988a) ainsi que Williams et al. (1990) ont proposé une zonation des couches du Jurassique moyen au Crétacé dans le bassin Néo-Écossais basée sur les ostracodes; dans les sédiments du

Cénozoïque, les ostracodes sont trop rares pour servir de base pour une zonation pratique. Le nannoplankton a été larg