

JAN SENES*

DEUX ASPECTS DE LA PALÉOGÉOGRAPHIE ET PRINCIPES DES MÉTHODES DE RECHERCHE

Résumé: La paléogéographie est le couronnement des recherches géologiques, la synthèse de presque toutes les branches géologiques fondamentales. Elle met en évidence le stade de l'évolution et retrace les directions et les tendances de l'évolution de la croûte terrestre. La paléogéographie donne d'une part l'image de la configuration physico-géographique (répartition des terres et des mers, communications continentales et marines), d'autre part elle jette la lumière sur les conditions chimiques et physiques qui régnait à l'époque géologique envisagée.

Le premier cas appartient au domaine de la paléogéographie interrégionale, le second — à celui de la paléogéographie régionale. Dans les deux cas c'est la stratigraphie et la carte de la répartition des formations synchrones qui servent de base. Les méthodes qu'on utilise en paléogéographie interrégionale consistent en outre à établir des *indicateurs paléogéographiques*. On cherche à résoudre les problèmes en analysant l'appartenance bioprovinciale, le rapport des formes résiduelles aux nouvelles formes. Les problèmes de la paléogéographie régionale demandent une étude approfondie et moderne des faciès. Le faciès est conçu comme propriété interne abstraite des roches résultant des conditions chimiques et physiques du milieu où elles se sont formées. Les analyses biofaciales, lithofaciales et géochimiques constituent les méthodes qu'on utilise pour résoudre différents problèmes.

La reconstitution tectogénétique et paléogéographique de l'évolution des grandes unités de l'écorce terrestre est l'un des objectifs que visent les recherches géologiques modernes. Cette reconstitution ne peut être réalisée que par la synthèse des faits qu'étudient différentes sciences géologiques complexes telles que la stratigraphie, la tectonique et la faciologie; on utilise les données acquises par les méthodes paléontologique, sédimentologique, minéralogique, pétrographique, géochimique et autres. Les problèmes qu'on a à résoudre évoluent qualitativement, et les recherches, telles les anneaux d'une chaîne, se suivent en commençant par les études analytiques des disciplines fondamentales jusqu'aux synthèses scientifiques globales. Pour mettre au point la paléogéographie ces études doivent éclairer:

- le stade de l'évolution de la croûte terrestre durant un *certain* intervalle de temps limité.
- les sens et les tendances de l'évolution de la croûte terrestre durant un *long* intervalle de temps.

Pour connaître la tendance de l'évolution géologique d'une certaine région durant un long intervalle de temps il est évidemment indispensable de connaître le stade de l'évolution à une certaine période limitée.

La cause primordiale de tout phénomène géologique qui se produit à la surface de la Terre étant le mouvement (provoqué par les processus endogènes géochimiques et physiques) la situation paléogéographique à un moment donné sera nécessairement le reflet de l'évolution tectogénétique dans le cadre du temps et de l'espace. La tectogenèse est donc la cause, la paléogéographie, image à un moment donné — la

* Doc. RNDr. J. Senes, Dr. Sc., Institut géologique de l'Académie des sciences de Slovaquie, Bratislava, Štefániková ul. 41.

conséquence. (Dans la pratique de la recherche les buts auxquels tendent ces deux sciences se transposent fréquemment; ainsi le résultat final, certaines connaissances des conditions paléogéographiques, peuvent conduire à la connaissance des éléments tectogénétiques.) La paléogéographie — effet final des recherches géologiques — a donc pour but de donner une image d'ensemble de l'évolution tectogénétique.

La paléogéographie étudie les conditions qui existaient à la surface du globe, c'est-à-dire les phénomènes exogènes. Par contre la tectogenèse cherche à découvrir les causes des mouvements, à mettre en évidence la genèse et montrer les phénomènes qui en résultent; elle doit donc dévoiler ce qui se passe sous la surface du sol, c'est-à-dire mettre en évidence les phénomènes endogènes.

La paléogéographie a pour objet d'éclairer les conditions *physico-géographiques* qui existaient à la surface du globe aux temps géologiques reculés en tenant compte des tâches qui incombent à la géologie. Il faut que la carte paléogéographique moderne représente toutes les propriétés chimiques et physiques des régions étudiées et se rapproche, dans la mesure du possible, de la perfection des cartes géographiques actuelles.

La représentation de la surface du globe à un moment donné du passé géologique correspond donc à une stade de l'évolution fixé dans le temps. En établissant des cartes paléogéographiques pour plusieurs époques successives on obtient une série de documents qui permettent de se faire une vue d'ensemble dans le cadre double — le cadre de l'espace et le cadre d'un temps assez long. Ce matériel permet de juger de l'évolution paléogéographique.

Les documents paléogéographiques nous donnent d'une part (*a*) l'image de la configuration physico-géographique (répartition des terres et des mers, communications continentales et marines), d'autre part (*b*) ils nous renseignent sur les *conditions chimiques et physiques* qui régnait sur le globe durant la période géologique donnée (hauteurs, profondeurs, salinité, climat, courants marins, milieux réducteurs etc.). Les recherches paléogéographiques se poursuivent dans deux voies selon le but qu'on se pose. La paléogéographie *interrégionale* (*a*) a principalement pour objet les rapports des terres ou continents dans une conception géographique large; la paléogéographie *régionale* (*b*) étudie les conditions physico-chimiques qui régnait dans une certaine région limitée.

Le but des études paléogéographiques interrégionales n'est pas le même que celui des études régionales, et, de ce fait, les modes de recherches dans ces deux voies, les disciplines géologiques qui entrent en ligne de compte ne sont pas les mêmes non plus.

1. *Paléogéographie interrégionale*

Il s'agit d'établir la configuration des terres et des mers à une époque géologique donnée, de mettre en évidence les communications marines qui se modifiaient constamment sous l'influence des mouvements orogéniques et des mouvements germanotypes dans les régions épicontinentales. Il s'agit aussi d'expliquer l'existence des ponts continentaux et de présenter un tableau de l'évolution et des relations entre les éléments géographiques durant une longue période du passé géologique.

1. Les recherches doivent être fondées sur la supposition que la corrélation des formations synchrones d'un vaste domaine interrégional est établie, autrement dit que la *stratigraphie* est connue dans les détails. Pour que les données soient précises il faut que la carte paléogéographique corresponde à un intervalle de temps aussi petit que possible (intervalle optimum).

2. Il faut connaître au moins la répartition géographique actuelle des sédiments de l'époque envisagée et reconstituer au moins les traits généraux des conditions chimiques et physiques du milieu où ces sédiments se sont formés. (La connaissance de l'évolution tectogénétique et du faciès des sédiments est également indispensable pour qu'on puisse reconstituer l'étendue de la zone de sédimentation originelle).

S'appuyant sur ces données on pourra établir la *base paléogéographique* (ou la confond souvent, à tort, avec la notion de carte de la puissance d'un certain horizon stratigraphique). Lorsque les relations avec les autres régions ou continents sont mises au point ladite base acquiert une valeur interrégionale. Si les sédiments font défaut (que ce soit par suite des mouvements orogéniques, de la dénudation des régions épicontinentales ou intermontagneuses) — ce que arrive fréquemment — le problème ne peut être résolu ni par la reconstitution spéculative des anciens rivages des bassins de sédimentation, ni par l'étude des régions fournissant le matériel des dépôts, régions qui n'ont, pour la plupart, qu'un caractère local, une valeur locale. Pour pouvoir faire ces recherches il est indispensable de trouver et d'appliquer un indicateur interrégionale approprié.

3. *L'indicateur interrégional* doit être d'une part caractéristique pour toutes les régions marines, respectivement pour toutes les régions continentales, et, d'autre part, posséder certains traits spécifiques, certains signes distinctifs typiques pour les régions dont on étudie les relations. A l'état actuel de nos connaissances ce sont les indicateurs biologiques, c'est-à-dire les organismes marins ou continentaux, qui conviennent le mieux à cet effet. Leur seule présence nous renseigne sur le régime — marin ou continental — du milieu considéré; en outre, les espèces caractérisent et caractériseraient en partie certaines régions du globe. Cette répartition ou délimitation spécifique (isolement bioprovincial) est évidemment mieux prononcée aux périodes géologiques plus récentes, en particulier au Tertiaire, époque à laquelle le nombre des bioprovincées spécifiques augmenta de beaucoup par suite de la différenciation des continents et de la complexité accrue des courants marins.

Pour trouver l'indicateur paléogéographique interrégional nous prenons pour point de départ la migration des organismes dans le milieu marin et dans le milieu continental, migration réellement établie. La migration due aux changements s'effectuant dans les courants marins (conséquence des changements paléogéographiques) ou aux variations des conditions climatiques a été nettement prouvée au Pléistocène et à l'Holocène; elle avait certainement lieu pendant les périodes géologiques antérieures. Dans ses études sur la migration des Mollusques marins W. P. Wooring (1924) avait déjà signalé la grande capacité migratoire des organismes benthoniques du sublittoral et en partie de la zone néritique dont les causes sont les changements paléogéographiques (changement intervenant dans les courants marins et entraînant des variations des climats). De nouvelles données sur la migration des organismes benthoniques des différentes bioprovincées de l'Atlantique, de la Mer du Nord et de la Méditerranée, de nouvelles preuves de la pénétration des espèces de l'Océan Indien dans la Méditerranée, des éléments de cette dernière dans les régions de la Mer Noire (S. V. Ekman 1953, A. Ottman, J. Picard 1954, J. Perez, J. Picard 1955, 1958, V. Kanevaya-Babadjiéva 1959) mettent en lumière les questions étudiées. Enfin la liaison entre les changements qui se sont produits au Quaternaire dans la faune benthonique de la Méditerranée par suite de l'évolution paléogéographique de cette région, et en premier lieu par suite des nouveaux contours qu'ont pris les détroits reliant l'Atlantique à la Méditerranée, est mise en évidence dans les travaux parus récemment (P. Mars 1963, J. Perez, J. Picard 1964). Ces multiples changements dans la composition de la

faune de la Méditerranée et de la Baltique pendant le Quaternaire (P. Mars 1963, K. Demel 1927, 1955) montrent que la migration, c'est-à-dire l'apparition d'éléments étrangers dans une bioprovence antérieurement stabilisée, s'effectuait avec une extrême rapidité. La réaction des faunes benthoniques aux changements paléogéographiques (d'après les exemples du Quaternaire et de l'époque actuelle) peut être estimée à quelques centaines ou quelques milliers d'années tout au plus. A l'échelle des temps géologique on peut donc considérer les changements de la composition de la faune dans les bioprovences comme des *indicateurs presque immédiats* des changements paléogéographiques.

La composition des associations marines, respectivement des organismes continentaux, dans une bioprovence constituerait donc un indicateur paléogéographique interrégional. Dans toute région plus ou moins indépendante au point de vue paléogéographique, l'ensemble des organismes serait représenté par des éléments résiduels, des éléments nouveaux résultant de l'évolution phylogénique des espèces dans la région même et, enfin, par des éléments immigrés venant d'autres bioprovences. Ce sont justement ces derniers qui constituent l'indicateur du changement paléogéographique interrégional. L'indicateur du moment où une nouvelle voie de communication relia telle ou telle autre bioprovence jusqu'alors isolée (J. Seneš 1966).

Ces dernières années on a soumis à l'analyse les Mollusques miocènes de la Paratéthys centrale afin de mettre en évidence leur appartenance bioprovinciale et le rapport des formes résiduelles aux nouvelles formes. Les résultats ont pleinement confirmé la possibilité d'utiliser la méthode préconisée. Se basant sur les observations on a établi trois thèses générales qui découlent logiquement du principe de la méthode et permettent la mise en valeur globale des analyses (J. Seneš 1966).

1. L'augmentation de l'immigration de nouvelles espèces venant d'une autre bioprovence indique un changement paléogéographique interrégional, l'établissement de nouvelles communications avec d'autres bioprovences antérieurement isolées de la région étudiée.

2. Un fort pourcentage de formes résiduelles montre que les communications marines, respectivement les communications continentales, se sont stabilisées, que la situation paléogéographique interrégionale est caractérisée par un calme relatif.

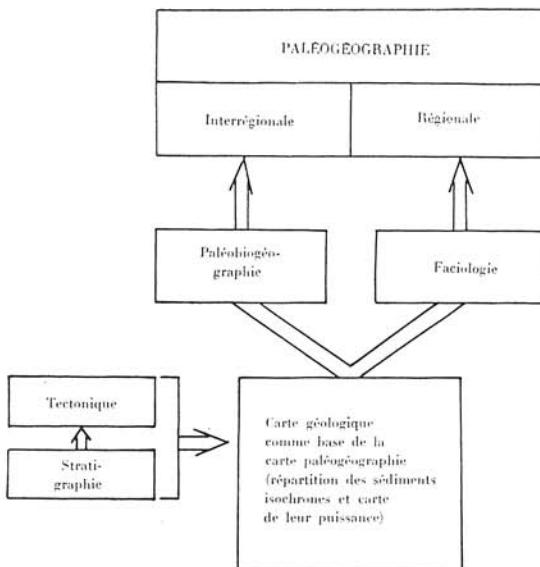
3. La présence de formes nettement endémiques montre qu'à l'époque considérée la région étudiée se trouvait isolée des autres bioprovences.

Pour pouvoir utiliser la méthode dont on parle il faut que la bioprovence en question soit bien différenciée à l'époque considérée et que l'appartenance bioprovinciale des organismes étudiés soit bien connue. On choisira de préférence en fait d'indicateurs les groupes d'organismes qui sont représentés en grand nombre, possèdent un caractère bioprovincial spécifique et sont aptes à la migration au stade larvaire ou au stade adulte.

II. Paléogéographie régionale

Si la paléogéographie interrégionale étudie les rapports des terres et des mers ainsi que l'évolution de leur configuration sur de très grands espaces, la paléogéographie régionale a pour but de mettre en évidence le caractère chimique et physique des milieux plus restreints dans le passé géologique. On cherche à atteindre la précision des cartes physico-géographiques actuelles et signaler les particularités qui pouvaient jouer un certain rôle dans la formation de quelques minéraux utiles ou de gisements au cours de l'évolution de la zone de sédimentation qui nous intéresse. J'ai par exemple en vue

les régions qui pourraient être pétrolifères si l'on établit que le milieu était réducteur; les régions salifères pourraient être mises en évidence par l'existence d'une ancienne zone littorale, éventuellement d'une zone supralittorale assez large; les régions houillères pourraient être dépistées si l'on constate une ancienne zone de lagunes paraliques, etc. La carte paléogéographique régionale représente donc les détails des conditions chimiques et physiques qui existaient autrefois, et c'est pour cela que les méthodes de recherche propres à la paléogéographie régionale diffèrent de celles de la paléogéographie interrégionale.



1. Le fondement des méthodes de recherche est toutefois commun: la précision des données dépend de la précision des connaissances *stratigraphiques*. Il ne suffit par conséquent pas de connaître l'étendue des formations de la période considérée d'après les lambeaux épargnés par la dénudation, il faut tenir compte de toute l'étendue originelle des sédiments. Pour cela il faut connaître le faciès des sédiments et en déduire la configuration des régions qui fournissaient le matériel.

2. La reconstitution des conditions chimiques et physiques du milieu nécessite une étude moderne approfondie des *faciès*. La faciologie comme branche indépendante, avec ses méthodes à elle, joue donc, à côté de la stratigraphie, un rôle très important dans la reconstitution des conditions paléogéographiques régionales.

Soulignons que nous comprenons la notion de faciès non seulement comme définition du caractère extérieur de la roche ou des sédiments (que l'on exprime par les désignations faciès argileux, faciès gréseux etc.), mais aussi la *propriété interne, abstraite*, de ces sédiments, propriété qui dépend du *milieu* où ceux-ci ont pris naissance (J. Seneš 1964). Le faciès reflète donc le milieu où les sédiments se sont formés; les propriétés des roches en sont l'expression. A notre avis, les propriétés des roches sont à caractériser non seulement par la composition minéralogique et pétrographique, la texture, la structure, la cohésion, etc., mais aussi par le contenu biologique. L'étude du faciès, la mise en évidence du milieu où la roche, les sédiments se sont formés — voilà les

questions-clés des recherches paléogéographiques régionales. Le développement de la faciologie moderne fondée essentiellement sur le principe de l'actualisme et utilisant les nouvelles méthodes de recherches écologiques, la géochimie, la minéralogie, la pétrographie est vraiment nécessaire pour qu'on puisse effectuer des recherches théoriques et appliquées répondant aux exigences modernes.

La carte paléogéographique régionale constitue la base sur laquelle on porte les données de la géographie physico-chimique caractérisant une certaine époque; on doit représenter, sur cette carte, non seulement les superfaciès (marin et continental), mais aussi les particularités des conditions chimiques et physiques du milieu. Cela se rapporte même aux régions et aux milieux où la sédimentation n'avait pas lieu à l'époque envisagée.

Il sera intéressant de marquer sur la carte paléogéographique régionale du domaine du *superfaciès continental*, même si les sédiments manquent partiellement, les données sur le climat, y compris l'humidité, les altitudes, la distance jusqu'aux zones de sédimentation; il s'agit donc de reconstituer la morphologie d'une grande région, d'établir d'où venait le matériel, dans quelle direction il était transporté etc.

Pour le *superfaciès marin* il faut tout d'abord reconstituer les conditions bathymétriques, la salinité, tout le chimisme du milieu aquatique, l'aération; il faut, en outre, délimiter les milieux réducteurs privés d'oxygène, les directions des courants, du transport sous-marin du matériel, les conditions climatiques générales, la température locale qui dépend des courants, de la profondeur, de la distance entre la zone de sédimentation et la région qui fournit le matériel ou la distance jusqu'au rivage, le caractère morphologique du littoral et de toute l'étendue de la zone de sédimentation. Il est tout aussi important de connaître la production biologique puisque la formation des sédiments organogènes est à prendre en considération.

L'étude des faciès est donc étroitement liée à plusieurs autres sciences — la biologie, la chimie organique et inorganique, la minéralogie; les sciences synthétiques, par exemple l'océanographie et la volcanologie, fournissent également des données importantes. Toutefois c'est le *principe de l'actualisme* qui constitue l'élément fondamental des recherches sur les faciès, bien que pour les temps très reculés les possibilités de son application soient sensiblement diminuées.

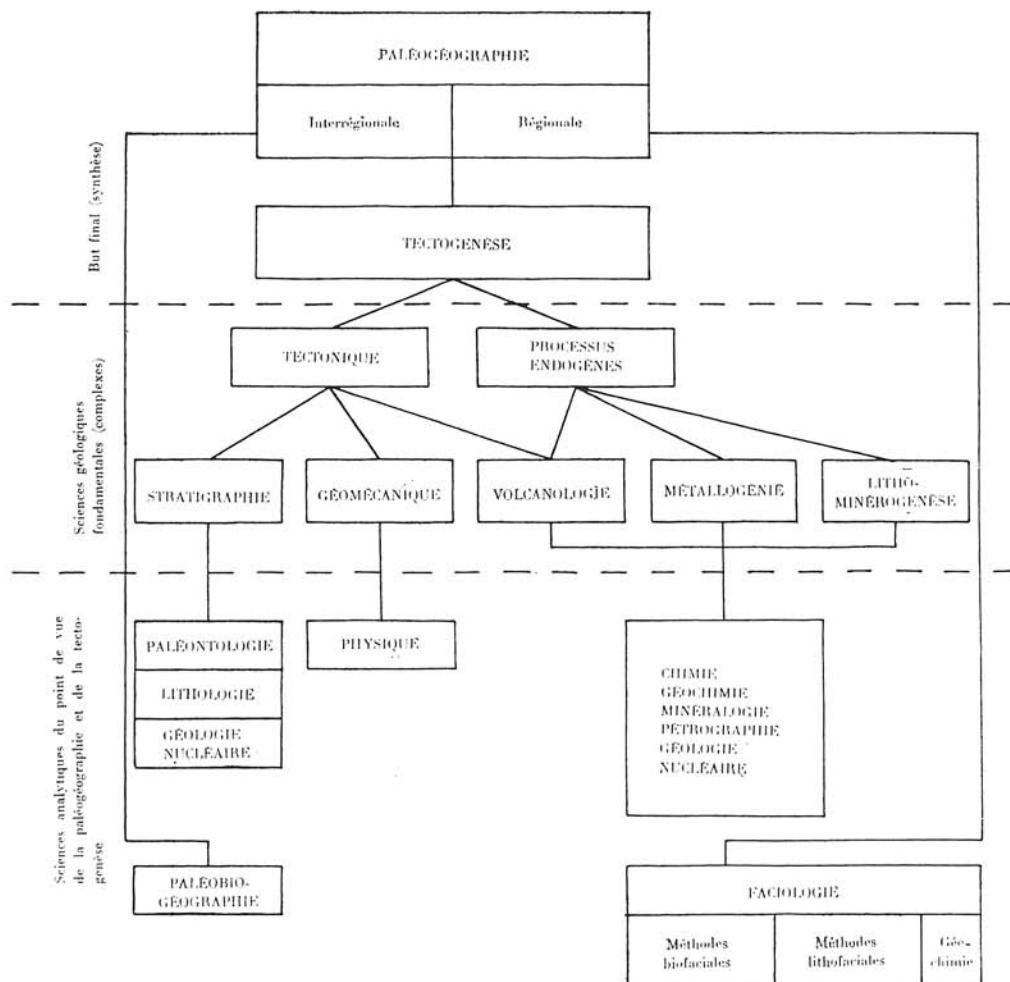
Les méthodes qu'on adopte en faciologie pour résoudre différentes questions sont:

a) *L'analyse du biofaciès* indiquée principalement lorsqu'il s'agit de reconstituer le *superfaciès marin*. Cette méthode est basée sur l'étude de l'écologie et de la paléoécologie, en particulier sur l'étude des organismes fossilisables; en se servant de toutes ces données on arrive à faire des conclusions sur les conditions chimiques et physiques du milieu envisagé.

b) *L'analyse du lithofaciès* — dans le *superfaciès marin* ou le *superfaciès continental* — doit avant tout mettre en évidence les éléments morphologiques tels que l'intensité, la direction et les autres conditions physiques de la sédimentation, la région qui fournit le matériel, la direction dans laquelle celui-ci est transporté; cette analyse doit également expliquer la formation de quelques minéraux liés à certains milieux de sédimentation.

c) *Les méthodes géochimiques* sont appliquées à l'étude du faciès principalement pour expliquer le chimisme du milieu fossile ainsi que la paléotempérature et les causes de la concentration de certains minéraux.

Les schémas ci-joints montrent les rapports réciproques des sciences auxquelles on s'adresse pour résoudre différents problèmes de paléogéographie interrégionale où régionale. Pour construire ces schémas nous avons pris comme point de départ les con-



ceptions paléogéographiques: l'hierarchie, l'ordre suivant lesquels nous avons disposé les différentes branches des sciences ont été choisis en conséquence. Dans le domaine de la recherche géologique, la paléogéographie cherche à donner — en tenant compte des faits établis par les différentes branches fondamentales et analytiques de la géologie — un tableau synthétique, un résultat global (tab. 1, 2).

BIBLIOGRAPHIE

Dziemiel K., 1927: Les associations animales benthiques de la Baltique polonaise, Spraw. Komis. Fizjograf. 61, Kraków. — Ekmann S., 1953: Zoogeography of the sea, Edit. Sedgwick and Jackson, London. — Gille S., 1959: Essai de Paléogéographie du Néogène et du

Quaternaire inférieur d'Europe Orientale. Edit. Univ. Strasbourg. — K a n e v a A b a d j i e v a V., 1959: La faune des Mollusques de la région du Bosphore. Varna. — M a n t e n A. A., N a i r n A. E. M., 1965: Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, Paleogeography etc. Elvesier Publ. Comp. Amsterdam. — M a r s P., 1963: Les faunes marines et la stratigraphie du Quaternaire méditerranéen. Rec. Trav. St. Mar. Endoume 28, Marseille. — M a r k o v K. K., 1951: Paleogeografiya (Istoričeskoe zemlevedenie). Gos. Izdat. Geofiz. Lit. Moskva. — N a i r n A. E. M., 1965: Uniformitarianism and environment. Palaeogeography etc. Elvesier Publ. Comp. Amsterdam. — P é r e s J. M., 1965: Réflexions sur les rapports entre l'écologie et la paléoécologie marins. Palaeogeography etc. Elvesier Publ. Comp. Amsterdam. — P é r e s J., P i c a r d J., 1955: Biotopes et biocénoses de la Méditerranée occidentale comparés à ceux de la Manche et de l'Adriatique Nord. Arch. Zool. Exo. 92, Paris. — S e n e š J., 1966: Bioprovinzielle Zusammensetzung der paratethyschen Molluskenfaunen und ihre paläogeographische Bedeutung. Proc. III. Sess. Bern 1964, Leiden. — S e n e š J., 1964: Grundlegende Analysen für die biofaziale Bewertung etc. Biologické práce 10, 2, Bratislava. — S e n e š J., 1961: Paläogeographie des westkarpatischen Raumes in Beziehung zur übrigen Paratethys im Miozän. Geol. práce 60, Bratislava. — S i e b e r R., 1952: Zur Kenntnis der marinen Faunenbereiche des Känozoikums. Mitteil. geol. Ges. 45, Wien. — S t i l l e H., 1953: Der geotektonische Werdegang der Karpaten. Beihefte z. Geol. Jahrb., Hannover. — W o o d r i n g W. P., 1924: West Indian, Central American and European Miocene and Pliocene Mollusca. Bull. Geol. Soc. Amer. 35, Washington.

Revu par O. F u s á n.