

Le Paléozoïque du Ménez-Bélair (synclinorium médian armoricain) : associations minérales et milieux de dépôt, métamorphisme général

Serge RÉGNAULT⁽¹⁾, Jean-Paul SAGON⁽²⁾

Mots-clés : Association minérale, Cristallinité, Mica, Roche métasédimentaire, Primaire, Anchimétamorphisme
Métamorphisme épizonal
Massif armoricain (Synclinorium Ménez-Bélair)

Résumé

Afin de compléter les études stratigraphique et tectonique précédemment menées dans le Paléozoïque du Synclinorium du Ménez-Bélair (Synclinorium médian armoricain), des analyses par diffractométrie des rayons X ont été effectuées sur des échantillons d'âge Ordovicien à Carbonifère inférieur. Elles ont servi d'une part à obtenir la nature des associations minérales et, d'autre part, à connaître la valeur de la cristallinité des micas blancs potassiques. Ces nouvelles données permettent :

- de confirmer et de préciser les résultats antérieurs concernant la répartition verticale de minéraux-index (chloritoïde, pyrophyllite...) dans le Paléozoïque armoricain.
- de caractériser le métamorphisme régional affectant le Paléozoïque de cette région.
- de rechercher les causes des variations ainsi mises en évidence (chimisme des dépôts originels en particulier).

Les divers résultats sont ensuite replacés dans le cadre plus large du Synclinorium médian et de certaines unités paléozoïques armoricaines.

Abstract

The Paleozoic succession and the structure of the "Synclinorium du Ménez-Bélair" ("Synclinorium médian armoricain") were recently studied. The present paper concerns X-ray diffraction and potash mica crystallinity studies about Ordovician to Lower Carboniferous rocks in this region.

Previous data concerning the vertical distribution of index-minerals (chloritoid, pyrophyllite...) are more precisely established and compared with those from other armorican regions. The quantitative variations of these minerals are discussed and regarded as corresponding both to the geochemistry of the original sediments and to the regional metamorphism (anchizone to epizone) which occurred later in this area. These mineralogical data appear to be in accordance with what is known of the paleolatitudinal (paleoclimatical) variations of the Armorican Massive during Paleozoic times.

Cadre géographique et géologique

Dans la partie centrale de l'ensemble paléozoïque du synclinorium médian armoricain, le synclinorium du Ménez-Bélair, structure étroite, sépare les Synclinoria de Chateaulin à l'ouest et de Laval à l'est (fig. 1).

Ménez-Bélair occidental

L'étude stratigraphique de cette région (S. Régnault, 1981) a permis de reconnaître une succession paléozoïque relativement complète bien que peu puissante (1 500 m) si on la compare à celle des régions plus occidentales et plus orientales (J.P. Sagon, 1976 ; F. Paris, 1971).

Cette série plissée et affectée par des cisaillements, est essentiellement détritique terrigène

(sablites et siltites) ; elle débute à l'Ordovicien inférieur (Formation du Grès armoricain, Arenig) et se poursuit jusqu'au Dévonien supérieur (Formation de la Rabine, Frasnien-Famennien) et même probablement jusqu'au Carbonifère inférieur (Groupe d'Eréac, Dinantien ?). Le Dévonien représente en puissance plus de la moitié de cette succession (850 m environ) ; cinq unités lithostratigraphiques y ont été reconnues et datées surtout grâce aux Crinoïdes (déterminations J. Le Menn).

Mention particulière doit être faite du Groupe d'Eréac, complexe volcano-sédimentaire acide. En l'absence de données biostratigraphiques ou géochronologiques précises, celui-ci a été rapporté au Carbonifère inférieur (Dinantien) par comparaison avec le Ménez-Bélair oriental (C. Barrois, 1895 ; S. Régnault, 1981).

L'étude structurale du Ménez-Bélair occidental a mis en évidence l'existence de plis droits associés à une schistosité de flux. Dans l'unité structurale méridionale ces structures, d'âge namurien à westphalien, sont reprises dans des plis dissymé-

(1) Laboratoire de Paléontologie et de Stratigraphie, Institut de Géologie, Université de Rennes I, 35042 Rennes Cedex (France) et GRECO 7 du CNRS.

(2) Laboratoire de Géologie Appliquée, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 75230 Paris Cedex (France).

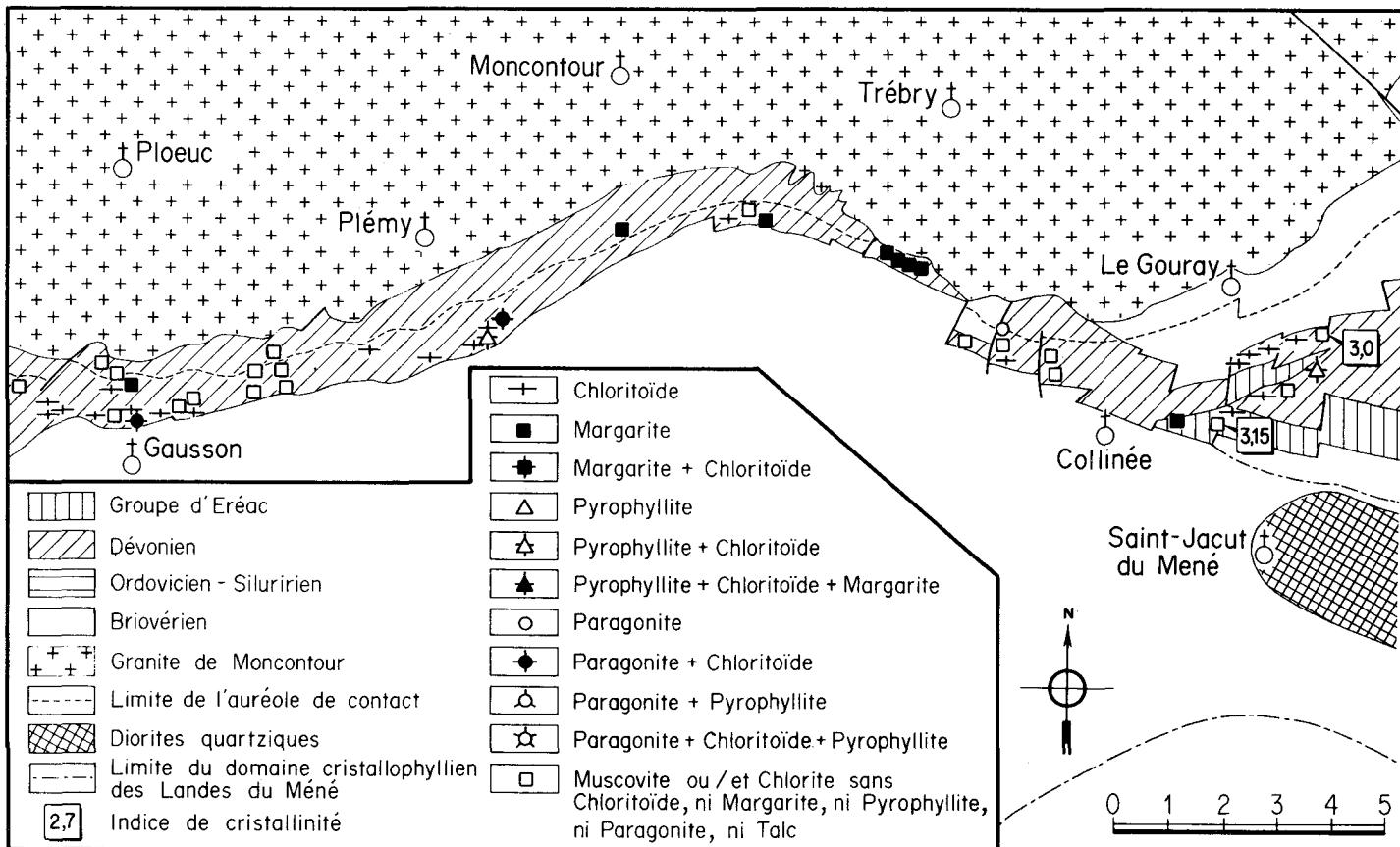


Fig. 1.-

triques à charnières courbes, liés à des cisaillements avec couloirs de mylonitisation.

L'analyse minéralogique des siltites n'avait pas été abordée dans cette région. L'étude des associations minérales, jointe à celle de la cristallinité des micas potassiques, permet de caractériser le métamorphisme régional affectant le Paléozoïque. La reconnaissance minéralogique permet en outre de reconstituer, dans une certaine mesure, les caractères chimiques des sédiments originels et, par déduction, peut apporter des renseignements d'ordre paléoclimatique sur les différentes périodes de sédimentation du Paléozoïque.

Ménez-Bélair central et oriental (voir F. Paris, 1971, 1977, 1987).

Dans le Ménez-Bélair central, la schistosité associée au plissement varisque est le plus souvent de type flux et correspond à des unités épimétamorphiques. Cette schistosité est localement de fracture dans les zones faiblement métamorphiques (sud du massif de Bécherel).

Le Ménez-Bélair oriental comprend deux ensembles structuraux distincts : les unités septentrionales peu métamorphosées ne sont généralement pas affectées par la schistogénèse. Dans les unités méridionales, les sédiments fins ont acquis une schistosité ardoisière dans un contexte épizonal.

Conditions analytiques

Echantillons du Ménez-Bélair occidental

Les mesures de cristallinité des micas blancs potassiques nécessitent des conditions très strictes qui doivent toujours être conservées au cours d'une même étude. Les mesures, qui portent sur une quinzaine d'échantillons de siltites, ont été faites sur des agrégats orientés dans les conditions suivantes :

- Diffractomètre PHILIPS à anticathode de cobalt
- Fentes : 2 - 0,2 - 2
- Constante de temps : 2
- Sensibilité : 1000

Nous avons également effectué des diagrammes de poudre afin de déterminer les associations minérales dans une cinquantaine d'échantillons de siltites. Le dépouillement des diffractogrammes permet d'aboutir à une estimation semi-quantitative de l'abondance des minéraux-index dans la succession lithostratigraphique. Les résultats ont été reportés dans des tableaux à 4 colonnes (absent - très peu - présent - abondant). Les minéraux d'altération (kaolinite, goethite...) et le rutile n'ont pas été pris en compte, de même que le quartz et la muscovite qui entrent dans la composition de la quasi-totalité des associations minérales et dont l'abondance n'a pas de signification particulière.

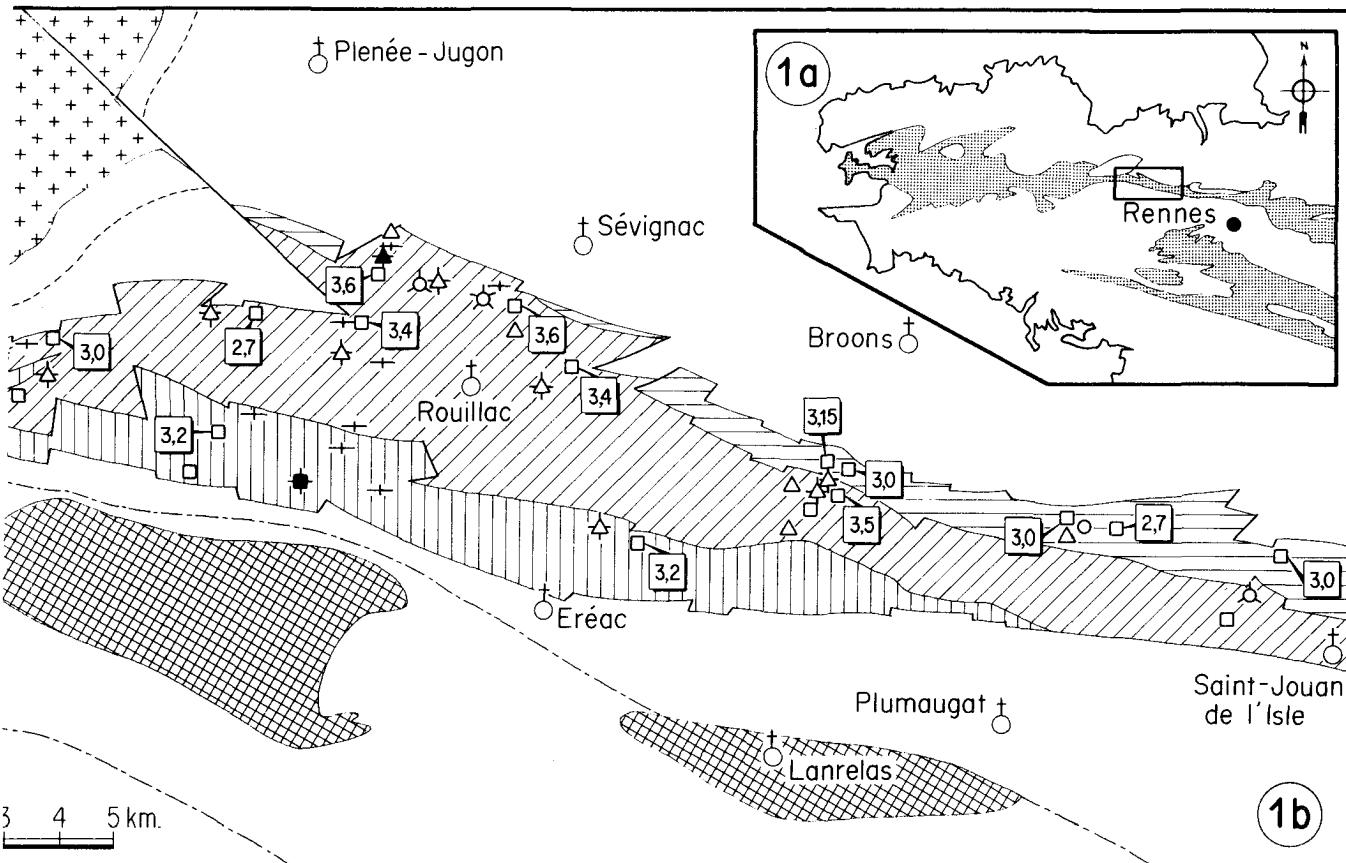


Fig. 1.- Situation géologique et géographique des secteurs étudiés (Ménez-Bélair occidental, central et oriental).

1b.- Carte de répartition des minéraux-index et des indices de cristallinité des micas potassiques dans le Ménez-Bélair occidental (secteur à l'ouest de Collinée d'après J.P. Sagon, 1976).

Echantillons du Ménez-Bélair central et oriental

Les analyses (16 mesures) ont été effectuées en 1973 dans les conditions suivantes :

- Diffractomètre PHILIPS à anticathode de Cuivre filtre au Nickel
- Tension : 30
- Chauffage : 15
- Vitesse Goniomètre : 1/2
- Vitesse papier : 600
- Constante de temps : 4
- Sensibilité : 200

Ces résultats plus fragmentaires ont été obtenus dans des conditions analytiques différentes. Ils sont donc présentés séparément et utilisés en complément des données sur le Ménez-Bélair occidental.

quartz-chloritoïde-muscovite-chlorite) ainsi que les recristallisations (ex : quartz) et néoformations (ex : chloritoïde) observées au microscope, sont compatibles avec l'existence d'un métamorphisme affectant à des degrés divers (anchizone à épizone) les formations paléozoïques du Ménez-Bélair occidental.

Parmi ces associations, nombreuses sont celles qui, outre le quartz et la muscovite, renferment de la chlorite et/ou de la pyrophyllite ; certains échantillons, peu nombreux (7) renferment de la paragonite ou de la margarite, mais toujours en faibles quantités.

Nous savons que le chloritoïde associé à la chlorite est compatible avec un métamorphisme faible : zone à chlorite du faciès schistes verts (= épizone). La pyrophyllite s'observe dans l'anchizone et l'épizone.

La présence quasi-constante de chlorite jointe à celle du chloritoïde et parfois de la margarite, ainsi que l'absence de biotite, tend à indiquer que le métamorphisme affectant le Paléozoïque du Ménez-Bélair occidental correspond au sous-faciès à quartz-albite-muscovite-chlorite du faciès schistes verts.

La répartition spatiale des associations minérales au sein des unités structurales paléozoïques (S. Régnauld, 1981, p. 73) montre que les associations à pyrophyllite sont essentiellement localisées dans les siltites de l'unité de Bosquen-Médréac, tandis que le chloritoïde est fréquent dans

Le métamorphisme régional dans le Ménez-Bélair

Données fournies par les associations minérales

Ménez-Bélair occidental (fig. 1b)

Dans les siltites, les associations minérales mises en évidence par diffractométrie X (exemple :

les schistes de l'unité d'Eréac, plus au sud (fig. 1b). Dans cette dernière unité, les néoformations de chloritoïde sont associées à la schistosité principale affectant le Paléozoïque et antérieures aux cisaillements dextres (S. Régnault, 1981, p. 80-83).

Ménez-Bélair central et oriental

L'association quartz-muscovite (ou illite) + chlorite correspond à la plupart des 16 échantillons de siltites paléozoïques analysées. Dans un échantillon de l'Ordovicien, la paragonite est présente en faible quantité ; un échantillon du Silurien (Pridoli) contient de la pyrophyllite. Le chloritoïde n'apparaît dans aucun des échantillons analysés.

Mesures de cristallinité des micas blancs potassiques et de l'illite

Ménez-Bélair occidental (fig. 2)

Seuls les échantillons de siltites exempts de paragonite, margarite, pyrophyllite et chloritoïde ont été traités, car ces minéraux introduisent des perturbations dans le dépouillement des mesures (élargissement des pics). Les résultats obtenus montrent une répartition allant de l'anchizone à l'épizone.

Les siltites ordoviciennes et siluriennes (Formation d'Andouillé et groupe de Chêne-Etienne) paraissent en moyenne un peu plus métamorphiques que les siltites dévonniennes ; elles sont en effet strictement contenues dans l'épizone. Les échantillons correspondants proviennent d'ailleurs d'ardoisières dans lesquels la schistosité de type flux est souvent développée. A titre de comparaison, on remarquera que les siltites de l'Ordovicien inférieur et moyen de l'est du bassin de Châteaulin se situent aussi dans l'épizone (J.P. Sagon, 1976).

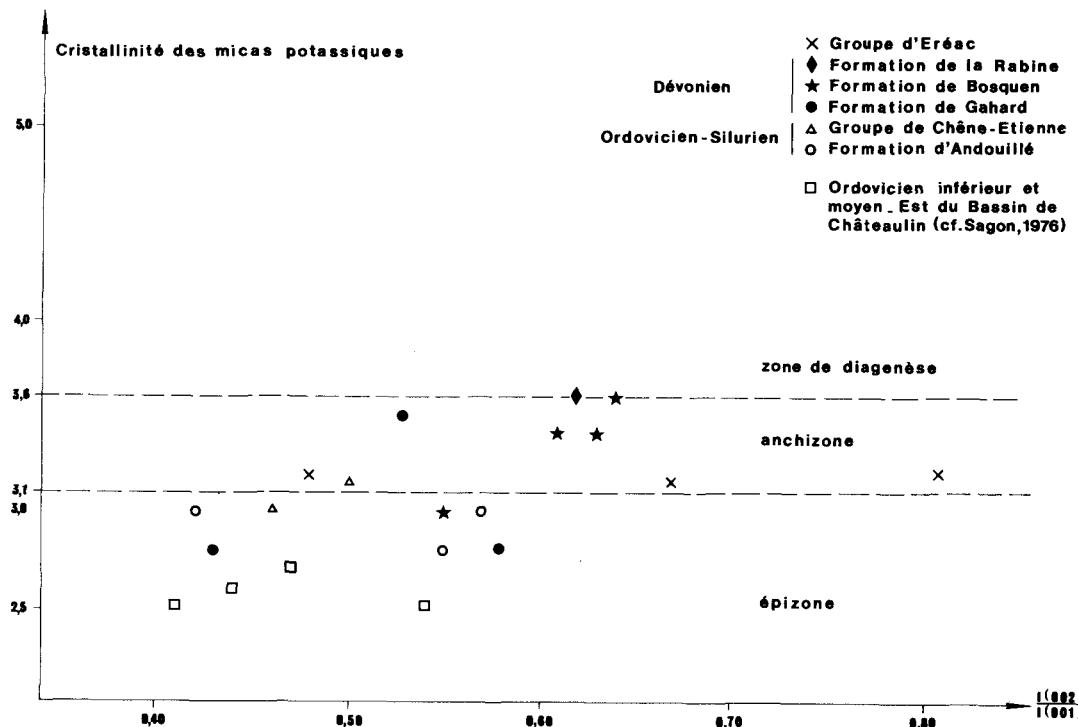


Fig. 2. - Cristallinité des micas blancs potassiques dans le Paléozoïque du Ménez-Bélair occidental (pour comparaison, des mesures de cristallinité provenant de l'est du Bassin de Châteaulin ont été reportées).

Ménez-Bélair central et oriental (fig. 3)

La plupart des échantillons de l'Ordovicien proviennent de l'unité de Saint-Germain-sur-Ille et se situent dans l'épizone.

Les siltites siluriennes et dévonniennes (Emsien) de l'unité structurale de Gahard appartiennent respectivement à l'anchizone et à la zone de diagenèse.

On notera que les échantillons du Tournaisien possèdent des cristallinités qui sont parmi les meilleures rencontrées dans le Paléozoïque de cette région.

Caractères du métamorphisme régional dans le Paléozoïque du Ménez-Bélair (fig. 4)

La détermination des associations minérales et les mesures de cristallinité montrent que le métamorphisme affectant le Paléozoïque du Ménez-Bélair correspond à l'épizone (sous-faciès à quartz-albite-chlorite-muscovite du faciès schistes verts) ou à l'anchizone.

Les variations d'intensité du métamorphisme apparaissent sur la carte (fig. 4).

Un double gradient existe dans le Ménez-Bélair occidental avec, d'une part augmentation du métamorphisme vers l'ouest (Synclinorium de Châteaulin) et, d'autre part, passage de l'anchizone à l'épizone vers l'est.

Dans le Ménez-Bélair central, le Paléozoïque situé au sud du massif de Bécherel (unité de la Lande du Breuil-La Rabine) appartient à l'anchizone et se distingue des unités épimétamorphiques

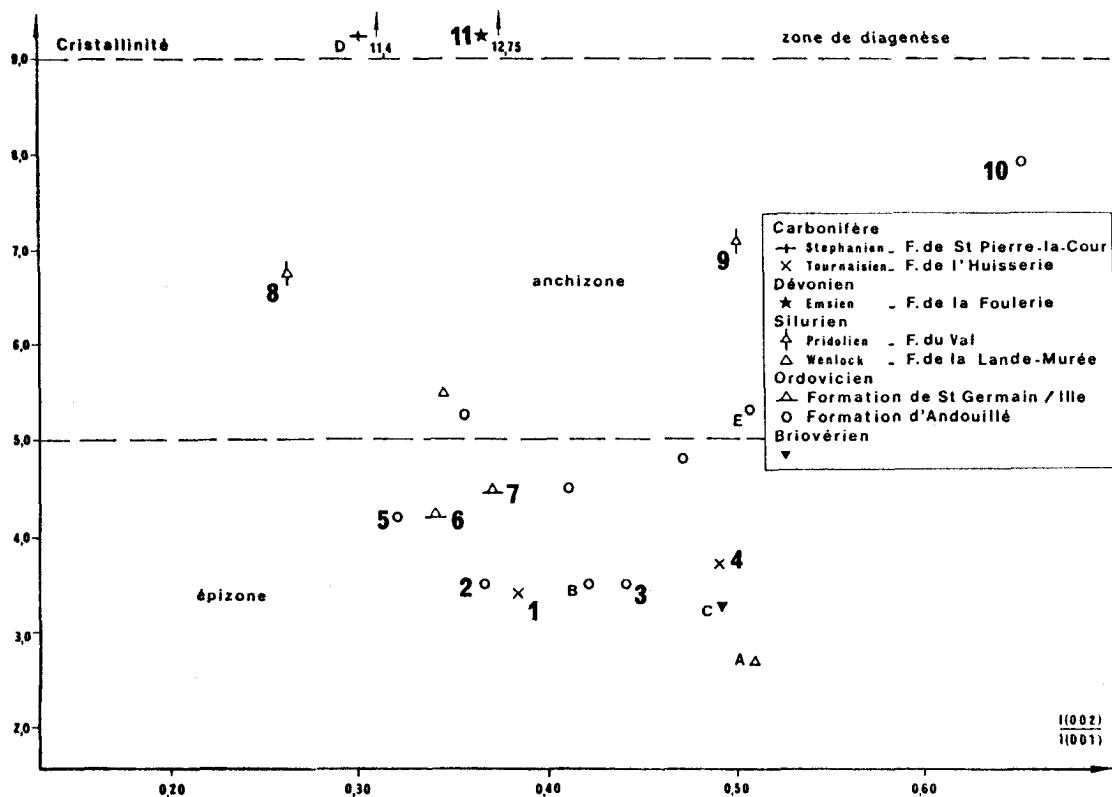


Fig. 3.- Cristallinité de l'illite dans le Paléozoïque du Ménez-Bélair oriental. Les mesures A, B, C, D, E proviennent d'échantillons prélevés dans l'est du Synclinorium de Châteaulin (Gouarec : A), du Ménez-Bélair central (Guitté : B ; Pleugueneuc : C) et du Synclinorium de Laval (Bois des Effretais – Saint-Pierre-la-Cour : D ; côte de Montflours : E).
Mesures 1 à 7 : Unité de Saint-Germain-sur-Ille
Mesures 8 à 11 : Unité de Gahard.

de Caulnes-Guitté et Saint-Jouan-Médréac qui bordent à l'ouest ce même massif (F. Paris, 1977).

Le Ménez-Bélair oriental présente un gradient non plus W.E mais NE-SW, l'intensité du métamorphisme correspondant à l'anchizone (voire la diagenèse) dans l'unité de Gahard et à l'épizone dans l'unité de Saint-Germain-sur-Ille (F. Paris, 1987). Ceci est, en particulier, montré par les bonnes cristallinités des illites du Tournaisien de Saint-Germain-sur-Ille.

— Comparaison avec les autres unités paléozoïques de Bretagne centrale (fig. 4).

Un gradient de métamorphisme a été mis en évidence dans les unités paléozoïques (schistes et grès) du sud de Rennes (C. Le Corre, 1978 ; B. Pivotte, 1978). Dans les formations silteuses, le métamorphisme croît du nord (diagenèse profonde) vers le sud (épizone voire localement zone à biotite).

Répartition des minéraux-index dans le Paléozoïque du Ménez-Bélair occidental – conditions initiales de dépôt (fig. 5)

Les informations concernant le Ménez-Bélair central et oriental étant trop fragmentaires, seule

la succession du Ménez-Bélair occidental sera étudiée ici.

Le quartz, la muscovite et/ou la chlorite se rencontrent dans l'ensemble des associations minérales observées. Par contre, des minéraux tels que le chloritoïde, la pyrophyllite, la margarite et la paragonite n'apparaissent, et en quantités variables, que dans certains niveaux de siltites de la série paléozoïque. Parmi les minéraux-index, le chloritoïde et la pyrophyllite montrent des variations verticales importantes (fig. 5, B et 5, C).

Absent de la quasi-totalité du Paléozoïque inférieur, le chloritoïde néoformé se rencontre au Silurien terminal et au Dévonien inférieur (base de la Formation de Gahard). On marquera sa rareté depuis le sommet de la Formation de Gahard jusqu'à la Formation de Rochereuil. Il est ensuite bien représenté au Dévonien moyen (Eifelien, Givetien) mais montre des variations de teneur en fonction des niveaux. Dans le groupe d'Eréac (Carbonifère ?), ce minéral est aussi présent avec une certaine abondance (fig. 5, C).

La répartition de la pyrophyllite est très comparable à celle du chloritoïde à l'exception du Groupe d'Eréac. Comme le chloritoïde, la pyrophyllite est absente dans la quasi-totalité du Paléozoïque inférieur (Ordovicien et majeure partie du Silurien), de même au Gedinnien inférieur. On notera la présence de ce minéral au passage Siegenien-Emsien et son abondance particulière, malgré des fluctuations, au Dévonien moyen. Dans le Groupe d'Eréac, la pyrophyllite n'est pratiquement pas représentée alors que le chloritoïde est assez abondant (fig. 5, B).

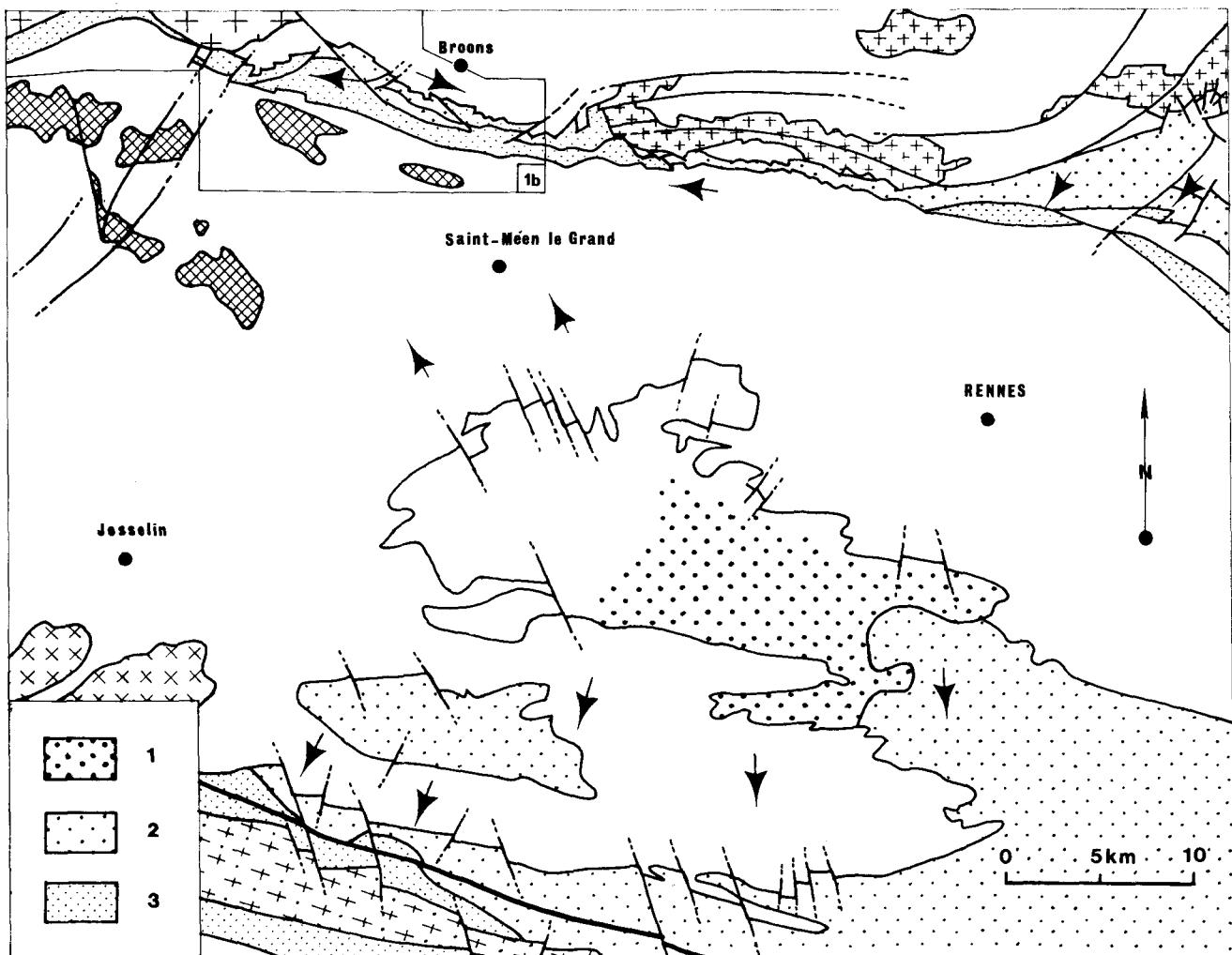


Fig. 4.- Carte d'isocristallinité et gradients de métamorphisme en Bretagne centrale (région sud de Rennes d'après C. Le Corre, 1978).
1 : diagenèse 2 : anchizone 3 : épizone.

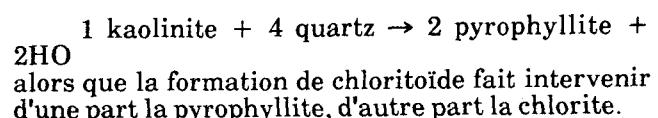
La margarite a été mise en évidence dans des associations minérales du Dévonien moyen et du Groupe d'Eréac. Quant à la paragonite, elle existe à l'Ordovicien (Llanvirn-Llandeilo) et au Dévonien moyen (Formation de Bosquen). L'apatite a été rencontrée au sommet de la Formation de Bosquen (Frasnien) (fig. 5, D).

Essai d'identification des conditions de dépôt au cours du Paléozoïque dans le Ménez-Bélair occidental

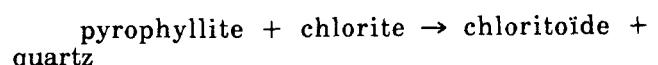
Dans les associations minérales mises en évidence, les minéraux néoformés (pyrophyllite, chloritoïde, ...) proviennent de transformations métamorphiques, faibles à très faibles, de minéraux originels. Ces derniers peuvent seuls, renseigner sur les caractères des dépôts initiaux.

Comme l'indique J.P. Sagon (1976, p. 260), certaines associations contenant des minéraux très alumineux non potassiques (chloritoïde, pyrophyllite, margarite et paragonite) nécessitent la présence de kaolinite ou de montmorillonite alumineuse dans les dépôts initiaux (vases argileuses).

La genèse de la pyrophyllite est expliquée par la réaction entre la kaolinite et le quartz :



Dans un certain nombre d'associations étudiées, chloritoïde, chlorite et pyrophyllite coexistent. Elles peuvent être interprétées comme se situant sur la courbe d'équilibre,



D'autre part, à l'échelle de la série paléozoïque, en comparant les variations d'abondance en pyrophyllite dans les siltites et l'évolution du "grain moyen" des sablites, il paraît intéressant de noter une diminution de l'abondance en pyrophyllite dans les siltites lorsque les grès qui les accompagnent sont plus grossiers (fig. 5, A et B).

Cette constatation est à rapprocher des observations faites par M. Melou et Y. Plusquellec (1967) qui ont noté une rareté plus grande de la pyrophyllite dans les grès et quartzites par rapport aux siltites.

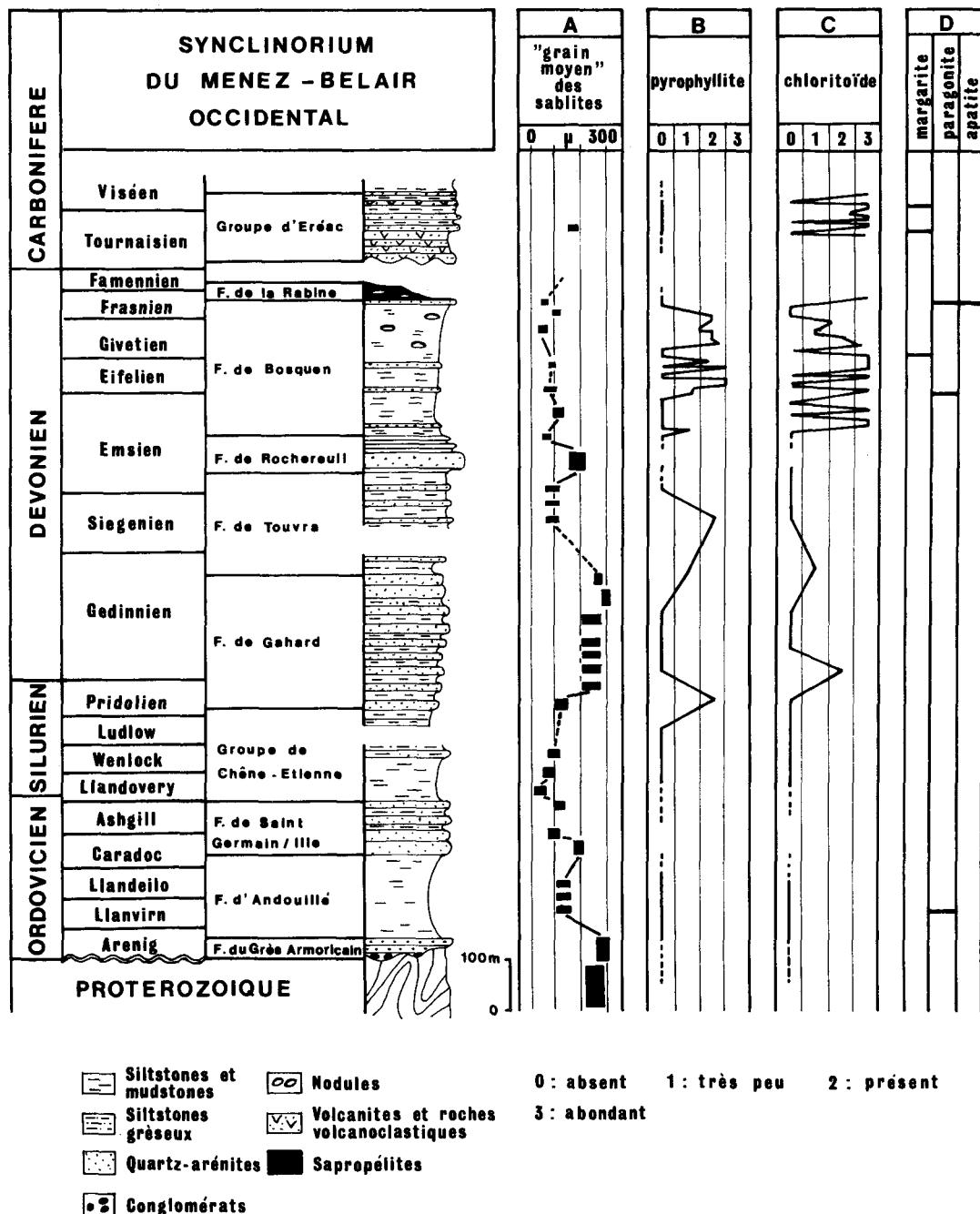


Fig. 5.- Répartition des minéraux-index dans les siltites paléozoïques du Ménez-Bélair occidental (en partie d'après S. Régnault, 1981).

Dans le Dévonien inférieur et moyen, la diminution du "grain moyen" des sablites s'accompagne d'une concentration en pyrophyllite dans les siltites. Ces deux phénomènes constituent deux aspects d'une même évolution dans la sédimentation.

Comme le fait remarquer J.P. Sagon (1976, p. 255) dans le cas des sablites, milieu plus perméable que les siltites et argilites lors de la diagenèse (et à plus forte raison du métamorphisme), la composition originelle du sédiment a pu être modifiée par la circulation de solutions concentrées.

En définitive, dans le Ménez-Bélair occidental, l'absence de grands micas détritiques et de clastes feldspathiques et l'abondance de la pyrophyllite dans les siltites, pourraient s'expliquer par l'influence du climat sur les altérations continentales. Ces climats auraient été suffisamment hydro-

lysants pour détruire micas et feldspaths aboutissant ainsi à la formation de kaolinite. Celle-ci se serait déposée en bordure d'aires continentales. La diagenèse et le métamorphisme auraient ensuite transformé la kaolinite en pyrophyllite.

Comparaisons avec d'autres unités paléozoïques du Massif armoricain (fig. 6)

Le chloritoïde existe dans l'Ordovicien-Silurien du Bassin de Châteaulin central et oriental. Ce minéral est présent dans le Silurien terminal, le Dévonien et Carbonifère inférieur du Ménez-Bélair occidental. Il est aussi représenté dans le Ménez-Bélair oriental.

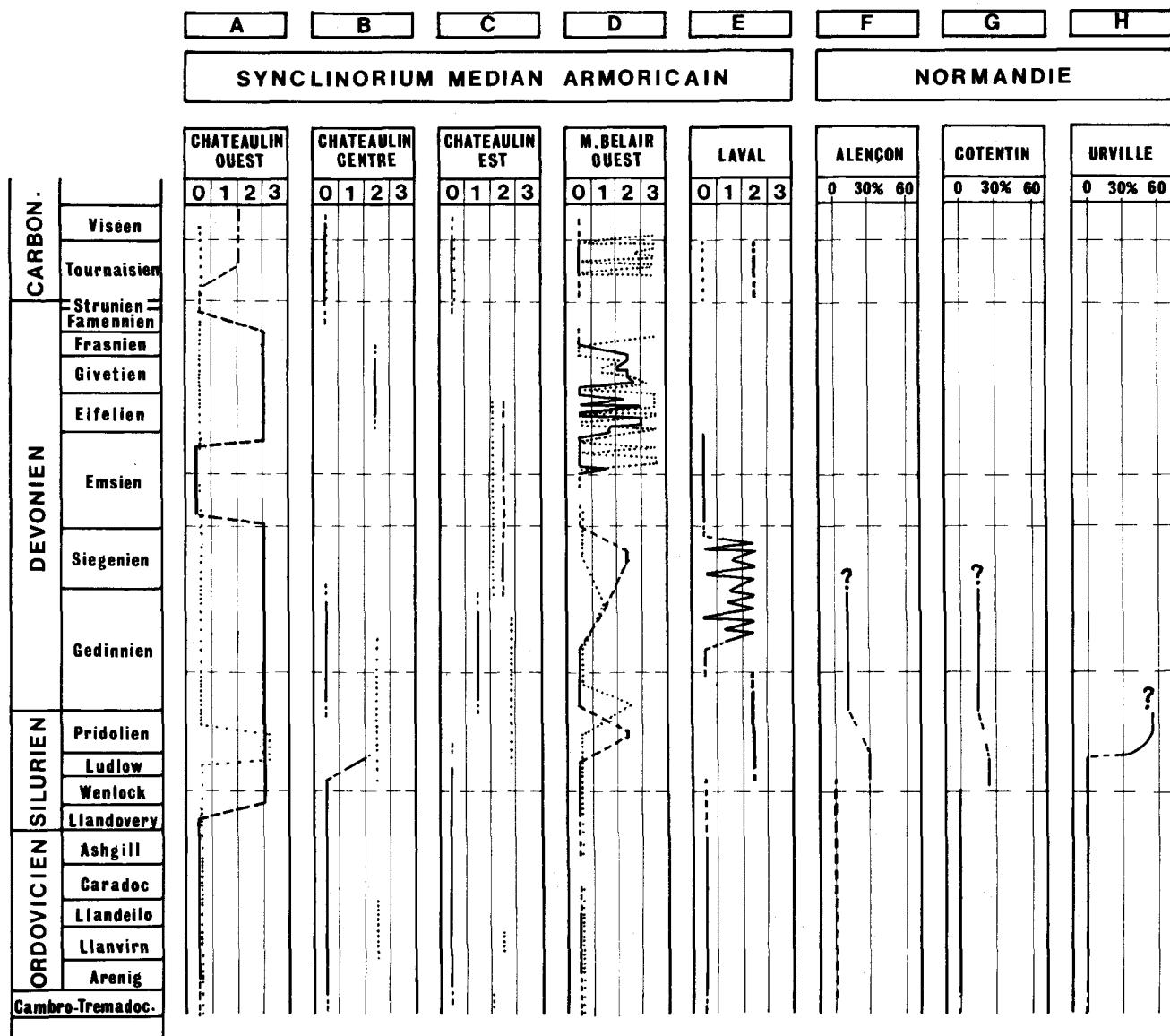


Fig. 6. - Répartition de la pyrophyllite (----) et du chloritoïde (.....) dans le Paléozoïque du Ménez-Bélair occidental. Comparaisons avec d'autres unités paléozoïques du Synclinorium médian armoricain et de Normandie.
 A : d'après S. Paradis (1981), Y. Plusquellec et al. (1982), M.P. Dabard (1983). B : d'après J.L. Demond (1980).
 C : d'après J.P. Sagon (1976). E : d'après M. Mélou (1976), M.P. Dabard (1983). F et G : d'après M. Robardet & M. Steinberg (1972). H : d'après J. Le Gall et F. Doré (1971) 0, 1, 2, 3 : même signification que figure 5.

La pyrophyllite ne se rencontre assez souvent qu'à partir du Silurien supérieur. Au Dévonien, la présence de ce minéral est assez générale alors qu'au Carbonifère elle est plus variable.

Dans le Synclinorium médian armoricain, les parties occidentales du Ménez-Bélair et de Châteaulin montrent des variations de teneur en pyrophyllite comparables. Ce minéral est assez en nette diminution à l'Emsien et paraît absent à l'Emsien inférieur.

En Normandie, la pyrophyllite est aussi présente à partir du Silurien supérieur et devient par la suite moins abondante (Gédinnien). Cependant, l'absence de données ne permet pas de savoir si ce minéral a continué d'exister dans ces régions après le Gédinnien.

Ainsi dans le Synclinorium médian et en Normandie, les siltites paléozoïques présentent au

passage Silurien-Dévonien un net accroissement en minéraux alumineux (fig. 6). A l'échelle de la Bretagne centrale, les siltites dévonniennes sont particulièrement riches en minéraux hyper-alumineux. On notera toutefois qu'à l'Emsien inférieur, ces métasédiments sont pauvres en ces minéraux (notamment pyrophyllite) ; il en est de même pour le Carbonifère basal sauf dans le Synclinorium de Laval (pyrophyllite) et le Ménez-Bélair occidental (où le chloritoïde relativement abondant pourrait provenir de la transformation de la pyrophyllite).

Conclusions

Les assemblages minéraux reconnus et les mesures de "cristallinité d'illite" montrent que le métamorphisme affectant l'ensemble du Paléozoïque est du type épizonal à anchizonal avec, semble-t-il, un gradient Est-Ouest s'inversant le long du

Synclinorium médian. L'Ordovicien et le Silurien sont un peu plus métamorphiques que le Paléozoïque supérieur au sein duquel le Groupe d'Eréac se situe à la limite de l'épizone et de l'anchizone. Cette dualité métamorphique entre Paléozoïque inférieur et supérieur dans l'ouest du Synclinorium du Ménez-Bélair s'explique peut-être par l'existence d'événements tectono-métamorphiques et plutoniques à l'Ordovicien, dans la "ride du Ménez" (dôme de Plouguenast) (P. Vidal, 1980 ; J.F. Saunier, 1986), alors que cette région paraît peu métamorphisée au Paléozoïque supérieur.

L'étude des associations minérales contenues dans les métasiltites paléozoïques du Ménez-Bélair occidental a permis de mettre en évidence la présence, à certaines périodes, de minéraux-index (pyrophyllite, chloritoïde). Cette présence est tributaire, non seulement des conditions de métamorphisme, mais aussi de la nature chimique des sédiments initiaux ; ceux-ci devaient être riches en alumine et contenaient vraisemblablement de la kaolinite.

Ces fluctuations dans les apports de kaolinite d'origine continentale pourraient être liées à des variations paléoclimatiques : alternances de climats chauds et humides conduisant à la formation de kaolinite sur les terres émergées et de climats tempérés ou froids peu favorables au développement de ce minéral argileux. Cette hypothèse a du reste été envisagée pour la partie orientale du bassin de Châteaulin (J.P. Sagon, 1976).

Les données paléomagnétiques récentes situent le Massif armoricain à proximité du pôle Sud au Llandeilo-Caradoc, et de la zone tempérée au Silurien (C.R. Scoteșe et al., 1979 ; H. Perroud, 1985) ; des données paléontologiques et sédimentologiques montrent qu'à la fin du Silurien ces domaines devaient être occupés par des dépôts peu profonds (M.P. Dabard et F. Paris, 1986 ; F. Paris, M. Robardet et M.P. Dabard, 1986), peut-être d'eau froide (C. Babin et al., 1979). Par la suite, au Dévonien inférieur, alors que des évaporites se sont formées localement (J. Poncet, 1977) un climat semi-aride devait régner sur les aires émergées dont nous ne connaissons ni l'extension ni la situation précise. Ces aires auraient été soumises, au Dévonien supérieur, à des climats chauds et secs avec peut-être des périodes pluvieuses (C. Babin et al., 1976).

Toutes ces données semblent montrer une migration du domaine armoricain depuis le pôle sud jusqu'à l'Équateur, de l'Ordovicien au Carbonifère, évolution indiquée pour la plaque "Armorica", dans une étude paléomagnétique récente (H. Perroud, 1982).

La pyrophyllite, absente des régions considérées à l'Ordovicien et au Silurien inférieur (zone polaire à tempérée ?) fait son "apparition" à la fin du Silurien et persiste, avec des fluctuations, au Dévonien (zone tempérée à tropicale ?).

Ainsi les variations de teneurs de minéraux-index comme la pyrophyllite semblent s'intégrer dans une évolution paléoclimatique du domaine centre-armoricain au Paléozoïque.

Si, malgré les problèmes soulevés, l'hypothèse d'un mobilisme crustal peut être envisagée pour expliquer les variations climatiques au cours du

Paléozoïque, on ne doit cependant pas oublier que des modifications climatiques de grande ampleur peuvent survenir durant des périodes brèves (glaciations du Quaternaire par exemple) sans pour autant faire appel à la mobilité des plaques lithosphériques.

Remerciements : Les auteurs remercient les collègues de l'Université de Rennes I pour leurs critiques et suggestions et, en particulier, M.F. Paris qui leur a fourni des données inédites sur le Ménez-Bélair central et oriental.

Références bibliographiques

- BABIN Cl., 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*, 96, (4), pp. 333-346.
- BABIN Cl., DEUNFF J., MELOU M., PARIS F., PELHATE A., PLUSQUELLEC Y., RACHEBOUF P.R. (1979).- La coupe de Porz-ar-Vouden (Pridoli de la presqu'île de Crozon). Massif Armoricain. France. Lithologie et Biostratigraphie. Stuttgart. *Palaeontographica Abt. A.*, 164, 1-3, pp. 52-84.
- BARROIS Ch. (1895).- Le bassin du Ménez-Bélair (Côtes-du-Nord et Ille-et-Vilaine). *Ann. Soc. géol. Nord*, 22, pp. 181-350.
- DABARD M.P. (1983).- Etude pétrographique et géochimique des roches sédimentaires paléozoïques du Massif armoricain. Presqu'île de Crozon. Flanc nord du Bassin de Laval. Thèse de 3ème cycle, Rennes (inédit).
- DABARD M.P., PARIS F. (1986).- Palaeontological and geochemical characteristics of Silurian black shale formations from the Central Brittany domain of the Armorican Massif (NW France) *Chemical Geol.*, 55, (1986) pp. 17-29.
- DEMOND J.L. (1980).- La minéralisation à Zn, Pb de Saint-Rivoal (Finistère) dans son environnement géologique. Thèse de 3ème cycle, Paris VI (inédit).
- LE CORRE Cl. (1978).- Approche quantitative des processus synschisteux : l'exemple du segment hercynien de Bretagne centrale. Thèse d'Etat Rennes, (inédit).
- LE GALL J., DORE F. (1971).- Minéraux phylliteux de l'Ordovicien et du Silurien du Synclinorium d'Urville (NE du Massif armoricain). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 102, pp. 50-58. Caen.
- MELOU M. (1976).- Etude de la fraction argileuse In LARDEUX H. (éd.). Les schistes et calcaires éodévonien de Saint-Céneré (Massif Armoricain, France). Sédimentologie, Paléontologie, Stratigraphie. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 19, 329 p. Rennes.
- MELOU M., PLUSQUELLEC Y. (1967).- Répartition de la pyrophyllite dans quelques niveaux du Briovérien et du Primaire armoricain. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, 265, pp. 14-16, Paris.
- PARADIS S. (1981).- Le métamorphisme hercynien dans le domaine centre-armoricain occidental : Essai de caractérisation par l'étude des phyllites des formations grésopélitiques. Thèse de 3ème cycle, Brest (inédit).
- PARIS F. (1971).- Etude géologique de la terminaison orientale du Ménez-Bélair (Synclinorium médian armoricain). Thèse 3ème cycle, 141 p. Rennes (inédit).
- PARIS F. (1977).- Carte géologique de France à 1/50 000. Feuille de Caulnes n° 281. BRGM Orléans.
- PARIS F. (1987).- Carte géologique de France à 1/50 000. Feuille de Combourg n° 282. Notice : formations paléozoïques et structuration hercynienne. BRGM Orléans (sous-presse).
- PARIS F., ROBARDET M., DABARD M.P. (1986).- Les milieux noirs du Paléozoïque inférieur armoricain dans leur contexte nord-gondwanien. Doc. BRGM, n° 110, pp. 259-276, 7 fig..
- PERRAUD H. (1982).- Contribution à l'étude paléomagnétique de l'arc ibero-armoricain. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, (C), 14, 1, pp. 1-114, Rennes.

- PERROUD H. (1985).- Synthèse des résultats paléomagnétiques sur le Massif Armorican. *Hercynica (Bull. Soc. géol. Minéral. Bretagne)* I, 1, pp. 65-71, Rennes.
- PIVETTE B. (1978).- Le synclinorium de St-Georges-sur-Loire : sa place dans l'évolution géodynamique de la Bretagne méridionale au Paléozoïque. Thèse de 3ème cycle, Rennes (inédit).
- PLUSQUELLEC Y., PELHATE A., ROLET J., WEYANT M. (1982).- Découverte de calcaire tournaïen supérieur et de conglomérats (Viséen supérieur probable) près de la bordure occidentale du Bassin de Châteaulin (Massif Armorican, France). *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, (100), 14, 2, pp. 1-17, Rennes.
- PONCET J. (1977).- Influence de la tectonique et du paléoclimat dans la répartition stratigraphique des carbonates paléozoïques dans le NÉ du Massif Armorican. 5ème RAST Rennes 1977. *Soc. géol. France* (éd) : 388, Paris.
- REGNAULT S. (1981).- Stratigraphie et structure du Paléozoïque dans le Ménez-Bélair occidental (Synclinorium médian armoricain). *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*. Carte 1/50 000 BROONS, (C), 13, 1, pp. 1-111, Rennes.
- ROBARDET M., STEINBERG M. (1972).- Etude de la fraction argileuse de roches sédimentaires du Paléozoïque normand : contribution à la connaissance de la série "siluro-dévonienne". *Bull. Soc. géol. Fr.*, 14, pp. 212-217, Paris.
- SAGON J.P. (1976).- Contribution à l'étude géologique de la partie orientale du Bassin de Châteaulin (Massif Armorican) : Stratigraphie, Volcanisme, Métamorphisme, Tectonique. Thèse d'Etat, Paris VI (inédit).
- SAUNIER J.F. (1986).- Un domaine cristallophyllien dans le Protérozoïque supérieur (Briovérien) de Bretagne centrale : le dôme de Plouguenast (Côtes du Nord). *Doc. BRGM*, n° 109, 119 p., Orléans.
- SCOTESE C.R., BAMBACH R.K., BARTON C., VAN DER VOOR R., ZIEGLER A.M. (1979).- Paleozoic base maps. *J. Geol.*, 87, pp. 217-277, Chicago.
- VIDAL P. (1980).- L'évolution polyorogénique du Massif Armorican : apport de la Géochronologie et de la Géochimie isotopique du Strontium. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 21, 162 p., Rennes.