Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 26 (1973)
Heft: 3

Artikel: Informatique appliquée aux problèmes de datation par la palynologie
Autor: Gorin, Georges / Froidevaux, Roland / Chateauneuf, Jean-Jacques
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739930

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INFORMATIQUE APPLIQUÉE AUX PROBLÈMES DE DATATION PAR LA PALYNOLOGIE

PAR

Georges GORIN [1], Roland FROIDEVAUX [1] et Jean-Jacques CHATEAUNEUF [2]

RÉSUMÉ

La méthode de datation par ordinateur présentée ici permet de placer des échantillons dont le contenu palynologique est suffisamment riche dans une échelle palyno-stratigraphique de référence. Les résultats obtenus servent à améliorer cette échelle.

Le programme, écrit en FORTRAN IV, traite des données binaires et utilise un cœfficient de similitude. Il donne pour chaque échantillon à dater deux sorties sur l'imprimante: d'une part un tableau des extensions stratigraphiques de toutes les espèces palynologiques présentes dans l'échantillon, et d'autre part un graphique des cœfficients de similitude calculés entre l'échantillon et chaque subdivision de l'échelle de référence.

ABSTRACT

A computing method applied to palinologically rich samples using a palynologic stratigraphic reference scale permits to place the samples in a relative time scale. The results are then introduced to refine the reference scale.

The computer program, written in FORTRAN IV, is designed to handle binary data and uses a matching cœfficient. The output consists of two diagrams for each sample: the first shows the stratigraphic extension of all species found in the sample, and the second represents a graph of matching cœfficients between the sample and each subdivision of the reference scale.

I. INTRODUCTION

La présente note traite de la manière dont on peut utiliser l'ordinateur pour une datation « de routine » à partir d'une échelle palyno-stratigraphique déjà établie qui s'étend du Berriasien au Cénomanien supérieur. Nous n'envisageons pas le problème de la zonation palynologique.

[1] Département de géologie-paléontologie de l'Université de Genève, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4.

[2] Laboratoire de palynologie, département géologie, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.), B. P. 6009, 45 - Orléans-la-Source, France.

En effet, le report des extensions d'espèces sur l'échelle stratigraphique classique, puis la comparaison espèce par espèce occasionnent une grande perte de temps, surtout lorsque l'échantillon est très riche en fossiles. C'est pourquoi, nous avons pensé que ce travail, purement manuel, pouvait être effectué par ordinateur.

L'échelle palyno-stratigraphique utilisée est basée sur la répartition qualitative de plus de 700 espèces palynologiques (spores, pollens et phytoplancton). Une dizaine d'échantillons de provenance diverse, d'âge connu et suffisamment riches du point de vue palynologique ont été testés. L'analyse des résultats obtenus permet de discuter la fiabilité de cette méthode et, le cas échéant, d'améliorer l'échelle palyno-stratigraphique de référence.

2. ÉCHELLE PALYNO-STRATIGRAPHIQUE

L'intervalle couvert par l'échelle palyno-stratigraphique va du Berriasien au Turonien inférieur. Les échantillons qui ont servi à établir cette échelle proviennent de coupes parfaitement connues et sont datés par ammonites ou microfaune. Il s'agit du Crétacé inférieur infra-aptien de la région de Marseille, d'Alès, de Castellane, Digne, Sisteron et Forcalquier, et de l'Aptien, Albien et Cénomanien du sud-est du Bassin de Paris (Courson-Les-Carrières, Joigny, Bouilly), du Bray et du nord du Bassin d'Aquitaine (Angoulème, Rochefort).

Les échantillons étant « calés » stratigraphiquement, nous nous sommes contentés, dans un premier temps, de noter la présence des espèces morphographiques dans le Crétacé inférieur et moyen, en prenant comme unité de base le sous-étage. Nous avons ainsi obtenu une échelle palyno-stratigraphique basée sur les répartitions qualitatives des spores, des pollens et du phytoplancton (Péridiniens et Acritarches).

Tous les types ou espèces morphographiques retenus n'ont naturellement pas la même valeur du point de vue stratigraphique. Il y a des espèces rares, de répartition discontinue, ou d'autres espèces abondantes, mais couvrant tout l'intervalle stratigraphique considéré. Nous avons donc pensé à pondérer, dans notre échelle, les espèces considérées stratigraphiquement comme les plus importantes, c'est-à-dire celles qui se présentent en nombre suffisant et dont les répartitions dans le temps sont courtes et continues. Toutefois, l'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas de détailler cette notion de pondération en attribuant aux espèces des poids différents selon leur importance stratigraphique. C'est pourquoi nous avons pondéré toutes les espèces importantes avec le même poids.

Ce critère de pondération (voir paragraphe 4.2) est évidemment délicat à manier. En effet, la présence ou l'absence d'une espèce dépend souvent de facteurs écologiques régionaux et l'absence ne signifie pas forcément que l'espèce s'est éteinte. Néanmoins, pour un bassin ou des bassins voisins, cette notion de pondération a une valeur certaine et permet de préciser de manière notable l'âge d'un échantillon (voir paragraphe 4.2).

3. TRAITEMENT DE L'INFORMATION

3.1. *Méthode statistique*

Lorsqu'on désire comparer plusieurs objets sur la base de nombreuses variables binaires ou ordinales, on a généralement recours à un *cœfficient d'association* du type Jaccard ou Sokal et Michener (SOKAL & SNEATH, 1963; HARBAUGH & MERRIAM, 1968; LAFITTE, 1972).

Dans le cas qui nous préoccupe, les objets seront représentés d'une part par les différentes zones de l'échelle palyno-stratigraphique et d'autre part par l'échantillon à dater. Les variables seront les différentes espèces palynologiques *(présentes ou absentes)*. L'échantillon sera donc comparé successivement aux subdivisions stratigraphiques de l'échelle (que nous appellerons souvent « référentiel »), sur la base de son contenu palynologique. Pour chaque comparaison, un cœfficient d'association est calculé (voir fig. 1).

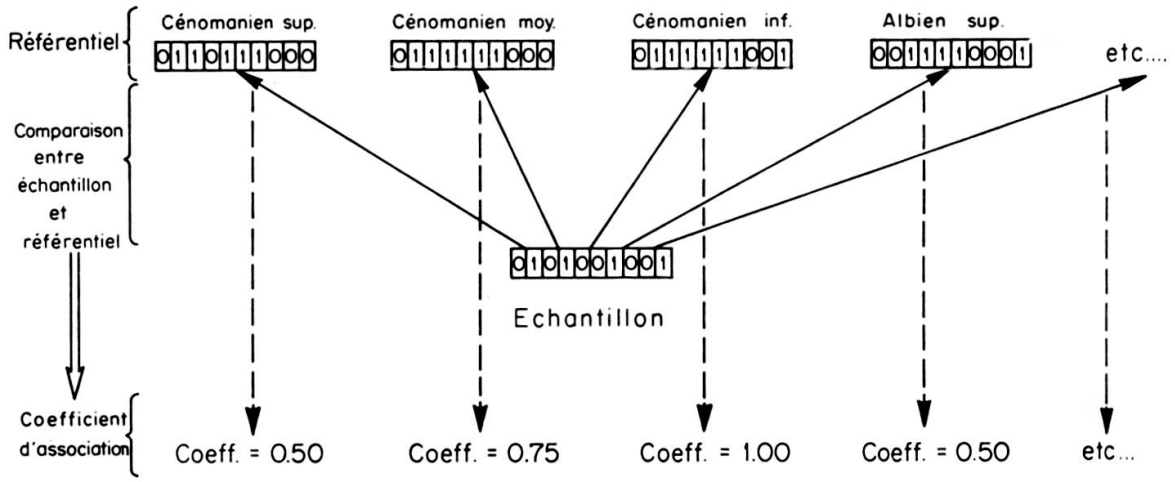


FIG. 1. — Principe de calcul du coefficient C_j'.

Pour notre étude, nous avons utilisé une modification du cœfficient de Jaccard. Dans sa forme habituelle, ce dernier s'exprime de la façon suivante:

$$C_j = \frac{p}{p + m}$$

où: C_j = valeur du cœfficient (varie de 0 à 1).
p = nombre de coïncidences positives.
m = nombre de non-coïncidences.

Tenant compte du fait qu'en palynologie l'absence d'une espèce dans un échantillon local ne signifie pas que cette espèce est inexistante à cette époque, nous avons éliminé ce type de comparaisons. Dès lors, le cœfficient devient:

$$C'_j = \frac{p}{p + m'}$$

où: C'_j = cœfficient modifié (varie de 0 à 1).
m' = nombre d'espèces présentes dans l'échantillon et absentes dans l'échelle stratigraphique de référence.

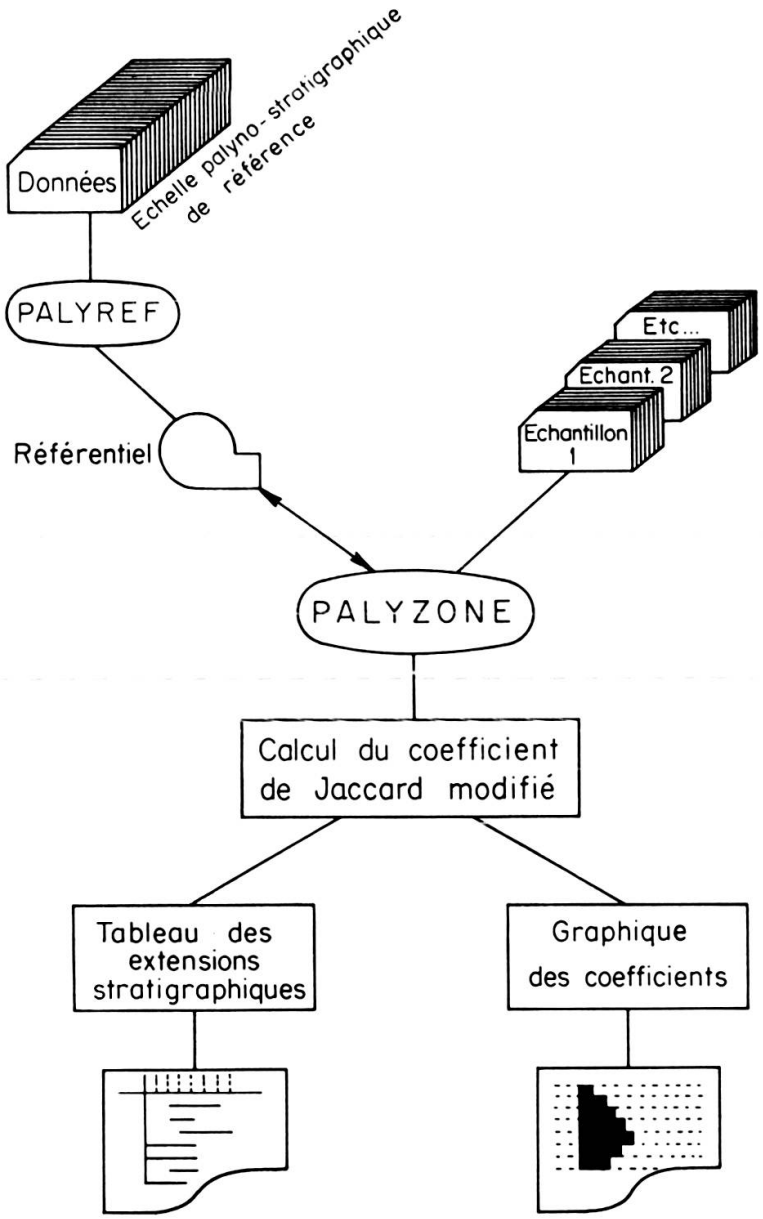


FIG. 2. — Schéma du traitement des données.

3.2. *Programmes* PALYREF *et* PALYZONE

Les programmes présentés dans cette note ont été conçus pour analyser les corrélations existant entre les associations trouvées dans des échantillons quelconques et celles des différentes subdivisions du Crétacé. Ces programmes sont au nombre de deux (voir fig. 2):

Programme PALYREF: Il met sur bande magnétique l'échelle palyno-stratigraphique de référence. Nous n'en donnons pas le listage, car ce programme est personnel à chaque utilisateur (voir appendice).

Programme PALYZONE: Il calcule les différents cœfficients d'association, imprime un tableau des extensions stratigraphiques des espèces présentes dans les échantillons et un graphique des cœfficients en fonction des subdivisions du Crétacé. Le listage de ce programme est donné dans l'appendice.

Selon la capacité de la mémoire de l'ordinateur utilisé, il sera possible de stocker l'échelle de référence en mémoire centrale, évitant ainsi l'accès répété à la bande magnétique. Les temps d'exécution pour le cas que nous avons traité (15 subdivisions stratigraphiques et environ 700 espèces) sont, pour un échantillon, de l'ordre de grandeur suivant:

2 minutes pour un référentiel en mémoire centrale.
5 minutes pour un référentiel sur bande magnétique.

Ces temps sont valables pour un ordinateur de type CDC 3800. Le listage du programme donné dans l'appendice donne la version du programme pour un référentiel sur bande magnétique.

4. DISCUSSION DES RÉSULTATS

4.1. *Test de la méthode*

Les figures 3A et 3B, 4A et 4B montrent les résultats obtenus pour deux échantillons dont les données ont été traitées par le programme PALYZONE. Les tableaux des figures 3A et 4A donnent les extensions des espèces présentes dans l'un et l'autre échantillon. Les espèces qui ne sont pas répertoriées dans l'échelle palyno-stratigraphique de référence sont mentionnées sous le tableau. Les figures 3B et 4B montrent les graphiques des cœfficients de similitude calculés entre les deux séries de données et chacune des subdivisions du Crétacé envisagées. On constate ainsi que l'échantillon « Sommières » (fig. 3B) doit être attribué à l'Hauterivien, et celui de « Villequier » (fig. 4B) à l'Albien inférieur et moyen. Ces résultats ont été confirmés par d'autres

méthodes que la palynologie. Sur la dizaine d'échantillons que nous avons ainsi traités, nous avons toujours obtenu une excellente coïncidence entre nos datations et celles obtenues par d'autres méthodes.

```
SOMMIERES, JPV 72   3091,  10 M.,  LAME 3688

1.-EXTENSION SRATIGRAPHIQUE DES ESPECES PRESENTES DANS L ECHANTILLON
=====================================================================

     I                  I  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
     I                  I B . V . V . H . H . B . B . A . A . A . A . A . C . C . C .
MORPHI   ESPECES        I E . A . A . A . A . A . A . A . P . P . L . L . L . E . E . E .
     I                  I  . 1 . 2 . 1 . 2 . 1 . 2 . 1 . 2 . 1 . 2 . 3 . 1 . 2 . 3 .
     I                  I  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
=====================================================================================
151  I S 3925           I            ****************************************
     I                  I
162  I S 3600           I   ******************************************************
     I                  I
     I S 3863           I   ******************************************************
     I                  I
171  I S 3984           I   ************************************************
     I                  I
     I S 3841           I*********************************************
     I                  I
213  I S 3850           I   ********************************
     I                  I
222  I P 579            I   ******************************************************
     I                  I
     I P 674            I************
     I                  I
312  I P 683            I********
     I                  I
111  I PL 627           I************************
     I                  I
     I PL 669           I            *************
     I                  I
     I PL 661           I        ****************
     I                  I
132  I PL 713           I            *********
     I                  I
155  I PL 581           I            ************************************************
     I                  I
     I PL 653           I************************
     I                  I
     I PL 707           I************************
     I                  I
222  I PL 693           I********************
     I                  I
232  I PL 283           I*********************************************
     I                  I
552  I PL 665           I        ****************
     I                  I
561  I PL 688           I********************
     I                  I
     I PL 649           I************************
     I                  I
91   I PL 660           I******************************
     I                  I
=====================================================================================
                                L ESPECE NO PL 477   N EST PAS REPERTORIEE
```

FIG. 3A. — Echantillon « Sommières »: tableau des extensions stratigraphiques.

Les explications qui précèdent appellent deux remarques:

1) La qualité des résultats est évidemment fonction de la précision des extensions totales des espèces de l'échelle palynologique de base.

2) Cette méthode n'a d'« automatique » que la procédure du traitement des données. Les figures 3B et 4B sont destinées à être interprêtées par un

géologue. Sur la base de critères divers indépendants du programme, le géologue peut introduire un « intervalle de confiance » dans la lecture des graphiques. Par exemple, dans le cas de la figure 3B, des critères macro-paléontologiques, sédimentologiques, etc., pourraient nous amener à dater

```
SOMMIERES, JPV 72   3091,  10 M.,  LAME 3688


   2.-CORRELATION ENTRE L ECHANTILLON ET LES DIFFERENTES SUBDIVISIONS DU CRETACE
   ==============================================================================


                                                                    COEFFICIENT DE
                                                                       SIMILITUDE
                .................I0.......................................................
CENOMANIEN SUP  I0                                                          0.0882
                .................I0.......................................................
CENOMANIEN MOY  I0                                                          0.0882
                .................I00.......................................................
CENOMANIEN INF  I030                                                        0.2059
                .................I0030.....................................................
ALBIEN SUP      I3030                                                       0.2059
                .................I30030....................................................
ALBIEN MOY      I00000                                                      0.2745
                .................I00000....................................................
ALBIEN INF      I30000                                                      0.2745
                .................I000000...................................................
APTIEN SUP      I000000 1                                                   0.3333
                .................I0000000..................................................
APTIEN INF      I0300303                                                    0.3431
                .................I0000000..................................................
BARREMIEN SUP   I3300000                                                    0.3431
                .................I0300030300000............................................
BARREMIEN INF   I030000000030000                                            0.7549
                .................I0300030300000000000.....................................
HAUTERIVIEN SUP I030003039000000000300                                      0.9314
                .................I3000000390000000000000..................................
HAUTERIVIEN INF I3300030300000000300300                                     0.9314
                .................I0300003000000000000.....................................
VALANGINIEN SUP I3000003000000000                                           0.8039
                .................I0000000300000000000.....................................
VALANGINIEN INF I0000003300000                                              0.6961
                .................I0000030300300000.......................................
BERRIASIEN      I0300000000                                                 0.5000
```

FIG. 3B. — Echantillon « Sommières »: graphique des cœfficients de similitude.

l'échantillon du Valanginien supérieur ou du Barrémien inférieur plutôt que de l'Hauterivien. Nous insistons donc sur le fait que cette méthode de datation par ordinateur doit être employée avec « souplesse », et qu'elle ne doit pas inciter son utilisateur à une trop grande confiance.

4.2. *Pondération*

On peut améliorer les graphiques des cœfficients de similitude en pondérant les espèces considérées comme importantes (voir paragraphe 2). On définit au début du programme PALYZONE une variable de pondération qui augmentera l'influence de ces espèces lors du calcul du cœfficient (voir le listage du programme dans l'appendice). Pour la raison exposée au paragraphe 2, le degré de pondération sera le même pour toutes les espèces considérées comme « importantes ». Les figures 3B et 4B

VILLEQUIER, 13541 , LAME 1739

1.-EXTENSION STRATIGRAPHIQUE DES ESPECES PRESENTES DANS L ECHANTILLON

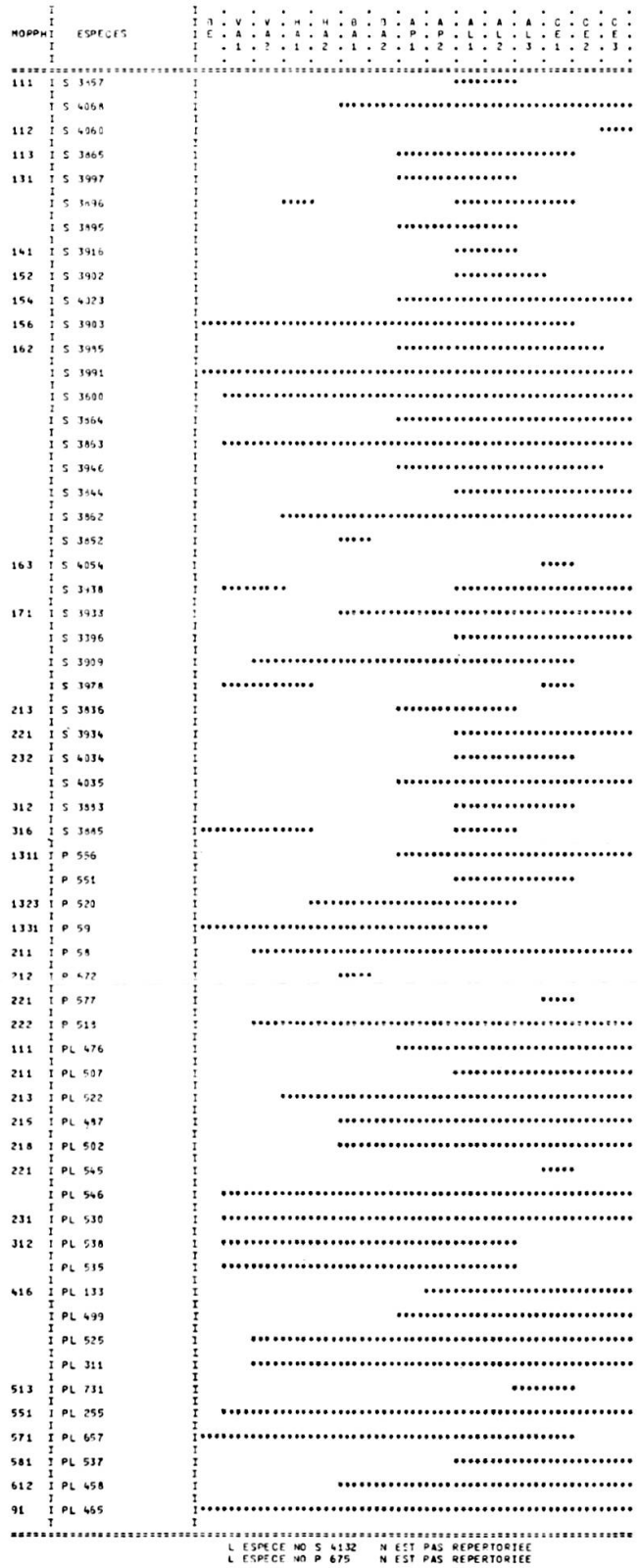


FIG. 4A. — Echantillon « Villequier »: tableau des extensions stratigraphiques.

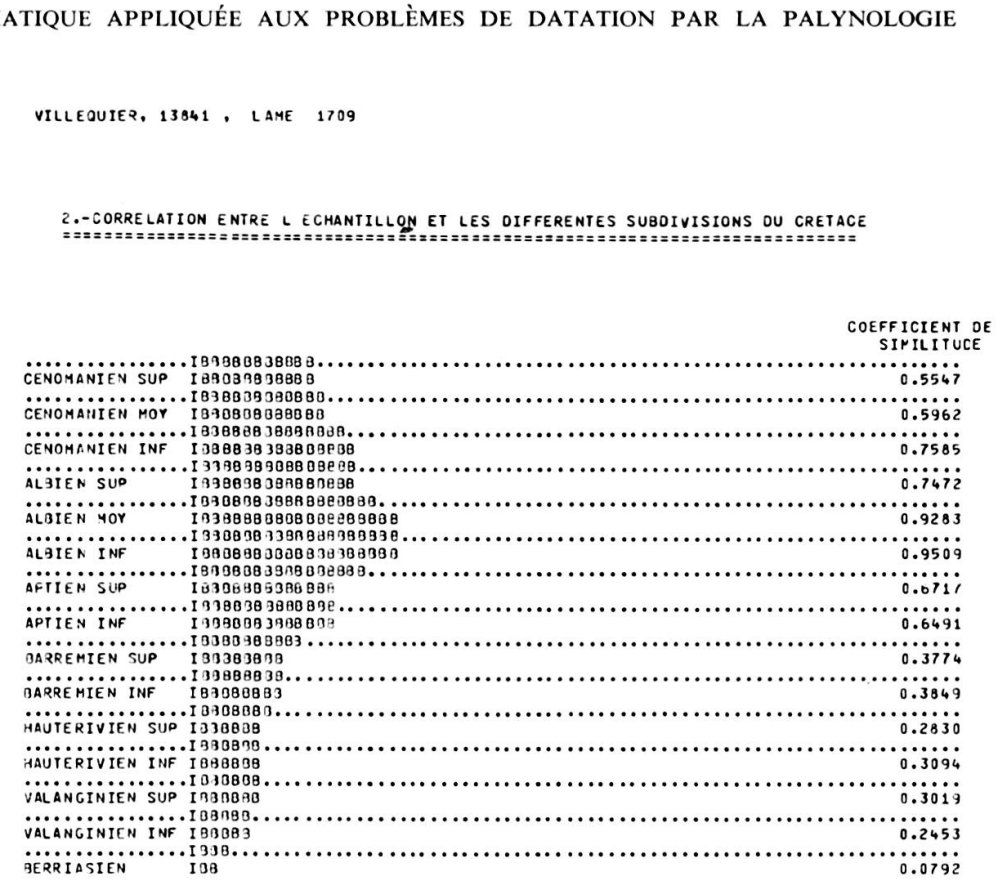


FIG. 4B. — Echantillon « Villequier »: graphique des coefficients de similitude.

montrent des graphiques obtenus avec une valeur de pondération égale à 5.0. La figure 5 donne, pour l'échantillon « Sommières », trois graphiques réalisés avec des valeurs de pondération différentes. L'amélioration est nette lorsqu'on passe de 0.0 à 5.0, mais pratiquement nulle de 5.0 à 10.0.

Le choix de la valeur de pondération est arbitraire. La valeur de 5.0 peut être considérée comme raisonnable. Souvent le résultat ne s'améliore guère si on dépasse cette limite. De plus, une valeur trop forte exagère l'importance des espèces pondérées par rapport aux autres.

4.3. *Ambiguïté et amélioration de l'échelle palyno-stratigraphique de référence*

Lorsque la datation d'un échantillon obtenue à l'aide du programme PALYZONE ne fait pas de doute, et qu'elle est confirmée par d'autres méthodes, on peut alors chercher à améliorer l'échelle de référence. En effet, si l'on attribue de façon certaine un âge à un échantillon, il en résulte logiquement que toutes les espèces palynologiques qu'il contient ont une extension stratigraphique qui couvre le tout ou au moins une partie de cet intervalle de temps.

Par exemple, l'âge Albien inférieur et moyen de l'échantillon « Villequier » apparaît comme certain (voir fig. 4B). L'âge Albien inférieur est confirmé d'autre part

par les Foraminifères et des critères de terrain. En conséquence, toutes les espèces énumérées dans la figure 4A doivent logiquement être présentes à l'Albien inférieur, considéré dans son ensemble puisque la précision de l'échelle de référence ne descend pas au-dessous du sous-étage. Or ce n'est pas le cas pour les espèces S 4060, S 3852, S 4054, S 3978, P 672, P 577, PL 545 et PL 731. Il faudrait donc modifier l'extension

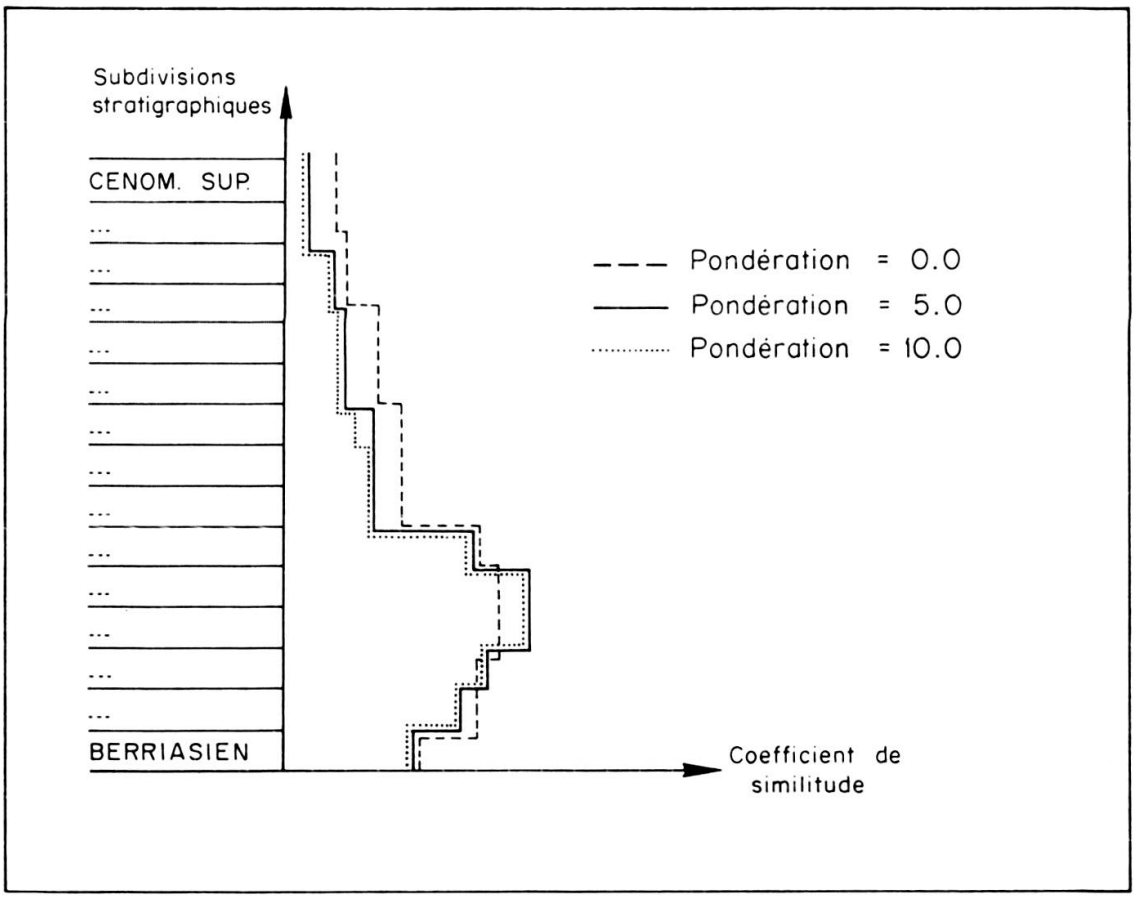


FIG. 5. — Comparaisons entre les graphiques obtenus pour l'échantillon « Sommières » avec trois valeurs de pondération différentes.

de ces huit espèces dans l'échelle stratigraphique de référence. La modification est simple à effectuer: il faut corriger, dans les données du référentiel, les huit cartes perforées correspondantes (voir appendice: programme PALYREF), puis mettre ce référentiel modifié sur bande magnétique à l'aide du programme PALYREF. En introduisant deux nouvelles cartes, on peut de la même manière placer dans le référentiel les espèces S 4132 et P 675 qui n'étaient jusqu'alors pas répertoriées.

Ainsi, par des modifications successives, on parvient à améliorer l'échelle palynostratigraphique de base. Mais il ne faut bien sûr opérer de telles modifications que si la datation des échantillons n'est pas équivoque.

5. CONCLUSIONS

Nous avons donc décrit une méthode simple pour placer un échantillon dans une échelle stratigraphique relative. Cette méthode est basée sur des données binaires. Les résultats obtenus ont un double intérêt: d'une part, ils permettent de dater les échantillons, d'autre part, si ces datations sont confirmées par d'autres méthodes, ils servent à améliorer l'échelle palyno-stratigraphique de référence. Cette échelle améliorée sera alors prise comme base pour de nouvelles datations, et ainsi de suite.

Nous avons utilisé des données binaires. Toutefois, le processus décrit serait applicable de la même manière à des données semi-quantitatives ou quantitatives. Il suffirait pour cela de modifier le calcul du cœfficient dans le programme PALYZONE, et d'adapter un programme PALYREF pour la lecture et l'écriture des données. De plus, cette méthode de datation peut s'appliquer à n'importe quel autre groupe de fossiles.

Remarquons enfin que nous n'avons envisagé dans ce programme que les étages du Crétacé. Il est évident que si l'on possède un référentiel stratigraphique plus étendu, la procédure doit être généralisée vers le haut et le bas de l'échelle, moyennant quelques modifications dans l'impression des tableaux (voir appendice: listage du programme PALYZONE).

6. APPENDICE

6.1. *Programme* PALYREF

Nous ne donnons pas le listage de ce programme qui doit s'adapter aux besoins de chaque utilisateur. Il faut néanmoins respecter les indications données ci-dessous.

Le programme PALYREF doit avoir une double fonction:

1) *Lecture des données de l'échelle stratigraphique de référence:*

La méthode la plus simple est d'utiliser une carte perforée par espèce. Ainsi il suffira de remplacer une carte pour modifier une donnée ou d'en introduire une supplémentaire si on désire ajouter une nouvelle espèce. Chaque carte contiendra:

— XESP = Numéro de l'espèce.
— XNOM = Nom de l'espèce.
— POND = Pondération: 1 pour une espèce à pondérer,
0 pour une espèce non pondérée.

— L'extension stratigraphique de l'espèce: par exemple sous forme de deux nombres qui correspondent aux subdivisions géologiques où apparaît et disparaît l'espèce.

Même si on ne désire pas définir XESP ou XNOM, il faut prévoir un champ sur la carte pour ces données et les faire lire. Dans notre cas, nous n'avons pas défini de XNOM et nous n'avons fait imprimer dans les tableaux du programme PALYZONE que les numéros d'espèces, soit XESP.

2) *Mise sur bande magnétique du référentiel :*

Pour être utilisé par le programme PALYZONE, le référentiel doit être mis sur bande magnétique en mode binaire sous forme des deux fichiers suivants (séparés par un ENDFILE):

Fichier 1: il contient pour chaque espèce trois variables, soit XESP, XNOM, et POND. Il y a autant d'enregistrements qu'il y a d'espèces.

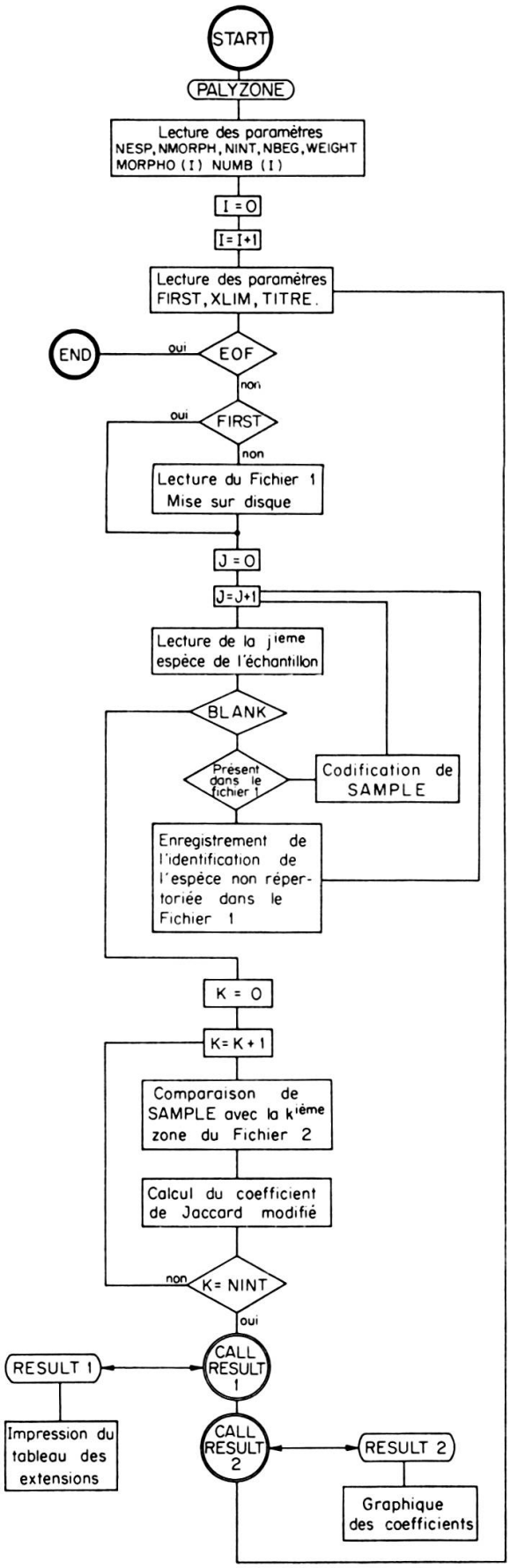
Fichier 2: il contient pour toutes les subdivisions stratigraphiques envisagées le code de chaque espèce, soit:

1 pour une espèce présente,
0 pour une espèce absente.

Les subdivisions stratigraphiques doivent être placées sur bande en commençant par le haut de l'échelle. Chacune de ces subdivisions contiendra autant d'enregistrements qu'il y a d'espèces. Ainsi le nombre total des enregistrements du fichier 2 sera égal au produit du nombre total d'espèces par le nombre de subdivisions stratigraphiques.

Une fois les deux fichiers mis sur bande magnétique, on ne réutilisera le programme PALYREF que dans les cas où, ayant modifié des cartes données, on désire placer sur bande le référentiel mis à jour.

6.2. *Organigramme du programme* PALYZONE



6.3. *Listage du programme* PALYZONE

```
C*********************************************************************
C
C
C     PROGRAM PALYZONE
C     ****************
C
C
C     PROGRAMME QUI POSITIONNE UN ECHANTILLON DANS UNE ECHELLE STRATIGRAPHIQUE
C     PREETABLIE, SUR LA BASE DE SON CONTENU PALYNOLOGIQUE.
C     IL Y A DEUX SORTIES SUR L IMPRIMANTE -
C         1) UN TABLEAU DONNANT L EXTENSION STRATIGR. , DANS L INTERVALLE DE
C            TEMPS ENVISAGE, DE TOUTES LES ESP. PRESENTES DANS L ECHANTILLON.
C         2) UN HISTOGRAMME DES COEFFICIENTS D ASSOCIATION ENTRE L ECH. ET LES
C            DIFFERENTES SUBDIVISIONS DE L INTERVALLE DE TEMPS ENVISAGE.
C
C     LA VERSION DONNEE CI-DESSOUS PREVOIT UN REFERENTIEL QUI RESTE CONSTAMMENT
C     SUR BANDE MAGNETIQUE (CAS OU L ON DISPOSE DE PEU DE MEMOIRE CENTRALE).
C     SI L ON VEUT METTRE CE REFERENTIEL EN MEM. CENTRALE, IL FAUT UTILISER LA
C     VARIABLE -REF- DIMENSIONNEE, SOIT REF(NESP,22). IL SUFFIT ALORS DE LIRE
C     SUR BANDE LE FICHIER 2, SOIT REF(I,J) EN UTILISANT UNE DOUBLE BOUCLE AVEC
C     LES INDICES  I = 1,NESP
C                  J = NBEG, (NBEG+NINT-1)
C     LE FICHIER 2 EZT ALORS MIS EN MEMOIRE.
C
C
C*********************************************************************
C
C     DIMENSIONS
C     **********
C
C     - S IL Y A PLUS DE 150 MORPHOGROUPES ET PLUS DE 800 ESPECES DANS LE
C       REFERENTIEL, IL FAUT MODIFIER LES NOMBRES 150 ET 800 PAR LES CHIFFRES
C       DESIRES.
C     - LE PROGRAMME EST CONCU POUR 22 SUBDIVISIONS STRATIGR.(CELLES DU CRETACE)
C       SI L ON VEUT AUGMENTER CE NOMBRE, IL FAUT FAIRE DES MODIFICATIONS,
C       SURTOUT DANS LES SOUSROUTINES RESULT1 ET RESULT2.
C
C*********************************************************************
C
C     DONNEES
C     *******
C
C     1) PREMIERE CARTE
C     -----------------
C        COLONNES 1-4     NESP =NOMBRE D ESP. DANS L ECHELLE STRATIGR. DE REFER.
C        COLONNES 5-8     NMORPH = NOMBRE DE MORPHOGROUPES
C        COLONNES 11-12   NINT  = NOMBRE DE SUBDIV. STRATIGR. ENVISAGEES.
C        COLONNES 14-15   NBEG  =NUMERO DE LA PLUS HAUTE SUBDIV. DU CRETACE
C                                ENVISAGEE (CALCULE DEPUIS LE SOMMET DU CRETACE,
C                                CF. PROGRAMME P A L Y R E F ).
C        COLONNES 17-20   WEIGHT = INTENSITE DE LA PONDERATION.
C
C     2) DEUXIEME CARTE
C     -----------------
C        MORPHO(I) =NUMEROS OU NOMS DES MORPHOGROUPES.
C
C     3) TROISIEME CARTE
C     ------------------
C        NUMB(I) = NOMBRE D ESPECES CONTENUES DANS CHAQUE MORPHOGROUPES.
C
C     4) QUATRIEME CARTE
C     ------------------
C        COLONNE 2        FIRST = 0 POUR LE PREMIER ECHANTILLON A TRAITER
C                                 1 POUR LES ECHANT. SUIVANTS
C        COLONNES 4-10    XLIM = VALEUR LIMITE D IMPRESSION DES COEFF.
C                                D ASSOCIATION. L IMPRESSION DE L HISTOGR. EST
C                                SUPPRIMEE EN-DESSOUS DE CETTE LIMITE (0.0 A 1.0)
C        COLONNES 12-59   TITRE = NOM DE L ECHANTILLON.
C
C     5) CINQUIEME(S) CARTE(S)
C     ------------------------
C        ID(I) = LISTE DES ESPECES PRESENTES DANS L ECHANTILLON. LA DERNIERE
C                ESP. DOIT ETRE SUIVIE DE LA RUBRIQUE -FINISHED-.
C
C     POUR CHAQUE ECHANTILLON A DATER, IL FAUT REPETER LA QUATRIEME ET
C     CINQUIEME(S) CARTE(S).
C
C*********************************************************************
C
C
C
```

```
      PROGRAM PALYZONE
      COMMON/ECR/CAR(5)
      COMMON/UN/NOT(500),JNOT
      COMMON/BLOC/MORPHO(150),NUMB(150),POW2(22),PRES(800)
      COMMON/TIT/TITRE(6)
      COMMON/LET/COEF(22),XLIM
      COMMON/SUBDIV/NINT,NBEG,NMORPH
      DIMENSION ID(8),SAMPLE(800),XNOM(800,2)
      LOGICAL FIRST,POND(800)
      INTEGER CAR
      INTEGER POW2,PRES,SAMPLE,REF,XREF,ESP,XESP,BLANC,XNOM
      DATA BLANC/8HFINISHED/
      DATA (CAR=1HI,1H*,1H=,1H.,1H )
C
C.....LECTURE DES DONNEES.
C
      READ 110,NESP,NMORPH,NINT,NBEG,WEIGHT
      READ 111,(MORPHO(I),I=1,NMORPH)
      READ 112,(NUMB(I),I=1,NMORPH)
   80 READ 100, FIRST,XLIM,TITRE
      IF(EOF,60)81,82
   82 IF(FIRST)GO TO 9
      DO 96 I=1,NESP
C
C.....LECTURE DU FICHIER 1 DU REFERENTIEL (SUR BANDE MAGNETIQUE).
C
      READ (11) XESP,(XNOM(I,J),J=1,2),POND(I)
      IF(EOF,11)97,98
   98 IF(IOCHECK,11)99,70
C
C.....MISE SUR DISQUE DES NUMEROS D ESPECES.
C
   70 WRITE (10) XESP
   96 CONTINUE
      CALL SKIPFILE (11)
      ENDFILE 10 $ REWIND 10
    9 DO 1 I=1,NESP
    1 SAMPLE(I)=0
      JNOT=0
C
C.....LECTURE DES ESPECES PRESENTES DANS L ECHANTILLON ET REMPLISSAGE DU
C.....VECTEUR - SAMPLE -.
C
    7 READ 200,(ID(I),I=1,8)
      JX=0
      DO 3 J=1,8
    4 JX=JX+1
      READ (10),ESP
      IF (EOF,10) 5,6
    6 IF(ID(J).NE.ESP)GO TO 4
      SAMPLE(JX)=1
      REWIND 10
    3 JX=0
      GO TO 7
    5 IF(ID(J).EQ.BLANC)GO TO 2
C
C.....CAS DES ESPECES ABSENTES DANS LE REFERENTIEL.
C
      JNOT=JNOT+1
      NOT(JNOT)=ID(J)
      REWIND 10
      GO TO 3
    2 REWIND 10
      DO 50 I=1,NESP
   50 PRES(I)=0.0
      NIN=(NBEG-1)+NINT
C
C.....LA BOUCLE 60 COMPARE L ECHANT. AVEC LE REFERENTIEL ET CALCULE LE
C.....COEFF. D ASSOCIATION.
C
      DO 60 J=NBEG,NIN
      ANUM=DENOM=0.0
      POW2(J)=2**J
      DO 10 I=1,NESP
C
C.....LECTURE DU FICHIER 2 (SUR BANDE MAGNETIQUE).
C
      READ (11)REF
      IF(EOF,11)20,21
   21 IF(IOCHECK,11)22,23
   23 IF(SAMPLE(I).EQ.0)GO TO 10
      K=REF*SAMPLE(I)+1
      GO TO (40,30),K
   30 ANUM=ANUM+1.0
      IF (POND(I))ANUM=ANUM+WEIGHT
      PRES(I)=PRES(I)+POW2(J)
   40 DENOM=DENOM+1.0
```

```
      IF (POND(I))DENOM=DENOM+WEIGHT
   10 CONTINUE
   60 COEF(J)=ANUM/DENOM
      REWIND 11
      CALL SKIPFILE (11)
      CALL RESULT1 (NESP)
      CALL RESULT2 (NESP)
      GO TO 80
   97 PRINT 300,I
      GO TO 81
   99 PRINT 301,I
      GO TO 81
   20 PRINT 302,I,J
      GO TO 81
   22 PRINT 303,I,J
   81 CALL EXIT
  100 FORMAT(1XL1,1XF7.4,1X,6A8)
  110 FORMAT(I4,1X,I3,2X,I2,1X,I2,1X,F4.1)
  111 FORMAT(16(A4,1X))
  112 FORMAT(26(I2,1X),2X)
  150 FORMAT(8(2XA8))
  160 FORMAT(80I1)
  200 FORMAT(8(A8,2X))
  300 FORMAT(1X,* EOF APPARAIT SUR L UNITE 11 A LA *I4* EME ESPECE*)
  301 FORMAT(2X,*ERREUR DE PARITE SUR L UNITE 11 A LA *I4* EME ESPECE*)
  302 FORMAT(1X*EOF APPARAIT SUR UNITE 11 DANS REF A LA *I4*EME ESP OU *
     1I2*EME ETAGE*)
  303 FORMAT(1X*ERREUR DE PARITE SUR UNITE 11 DANS REF A LA *I4*EME ESP
     1OU *I2*EME ETAGE*)
      END

      SUBROUTINE PRNT
C     ***************
C
C.....ROUTINE UTILISEE PAR LE SOUS-PROGRAMME D IMPRESSION R E S U L T  2
C
      COMMON/INT/NIN(90)
      COMMON/ECR/CAR(5)
      INTEGER CAR
      DO 1 I=1,16
    1 NIN(I)=CAR(4)
      NIN(17)=CAR(1)
      DO 2 I=18,90
    2 NIN(I)=CAR(4)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE CALC(COEFF)
C     ***************
C
C.....ROUTINE UTILISEE PAR LE SOUS-PROGRAMME D IMPRESSION R E S U L T  2
C
      COMMON/INT/NIN(90)
      DATA NB/1HB/
      K=((COEFF*10.0)+0.5)
      J=17+K
      DO 1 I=18,J
    1 NIN(I)=NB
      RETURN
      END

      SUBROUTINE STANDARD
C     *******************
C
C.....ROUTINE UTILISEE PAR LE SOUS-PROGRAMME D IMPRESSION R E S U L T  1
C
      COMMON/ECR/CAR(5)
      COMMON/STAN/LIN(114),CX
      COMMON/SUBDIV/NINT,NBEG,NMORPH
      LOGICAL CX
      INTEGER CAR
      LIM=26+(NINT*4)
      DO 1 I=1,LIM
    1 LIN(I)=CAR(5)
      LIN(6)=CAR(1)
      LIN(26)=CAR(1)
      DO 2 I=30,LIM,4
      LIN(I)=CAR(4)
    2 IF(CX)LIN(I)=CAR(5)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE RESULT1(NESP)
C     ****************
C
C.....IMPRESSION DU TABLEAU PRESENTANT LES EXTENSIONS STRATIGR. DES
C.....ESPECES PRESENTES DANS L ECHANTILLON A DATER.
C.....LE -DATA (ZONE=...)- EST DEFINI POUR LE CRETACE.
C
```

```
      COMMON/ECR/CAR(5)
      COMMON/STAN/LIN(114),CX
      COMMON/UN/NOT(500),JNOT
      COMMON/BLOC/MORPHO(150),NUMB(150),POW2(22),PRES(800)
      COMMON/TIT/TITRE(6)
      COMMON/SUBDIV/NINT,NBEG,NMORPH
      DIMENSION ZONE(66),MORPH(5),ESP(7)
      LOGICAL CX
      INTEGER MORPHO,POW2,PRES,ESP
      INTEGER CAR,ZONE
      DATA(ESP=1HE,1HS,1HP,1HE,1HC,1HE,1HS)
      DATA(MORPH=1HM,1HO,1HR,1HP,1HH)
      DATA(ZONE=1H3,1HE,1H ,1HV,1HA,1H1,1HV,1HA,1H2,1HH,1HA,1H1,1HH,1HA,
     11H2,1HB,1HA,1H1,1HB,1HA,1H2,1HA,1HP,1H1,1HA,1HP,1H2,1HA,1HL,1H1,1H
     2A,1HL.1H2,1HA,1HL,1H3,1HC,1HE,1H1,1HC,1HE,1H2,1HC,1HE,1H3,1HT,1HU,
     31H1,1HT,1HU,1H2,1HT,1HU,1H3,1HC,1HO,1H ,1HS,1HA,1H ,1HC,1HA,1H ,1H
     4M,1HA,1H )
      PRINT 400,(TITRE(I),I=1,6)
      PRINT 401
      CX=0
      CALL STANDARD
      LIM=26+(NINT*4)
      PRINT 100,(LIN(J),J=1,LIM)
      MM=27
    6 M=0
      CALL STANDARD
      LIM2=LIM-2
      DO 5 J=28,LIM2,4
      JX=J-MM-M
      LIN(J)=ZONE(JX)
    5 M=M+1
      IF(MM.NE.26) GO TO 9
      DO 11 JZ=1,5
   11 LIN(JZ)=MORPH(JZ)
      DO 12 JZ=10,16
   12 LIN(JZ)=ESP(JZ-9)
    9 PRINT 100,(LIN(J),J=1,LIM)
      MM=MM-1
      IF(MM.LT.25) GO TO 10
      GO TO 6
   10 CALL STANDARD
      PRINT 100,(LIN(J),J=1,LIM)
      DO 15 J=1,LIM
   15 LIN(J)=CAR(3)
      PRINT 100,(LIN(J),J=1,LIM)
      LAST=0 $ CX=1
      CALL STANDARD
      DO 1 I=1,NESP
      READ(10)XESP
      IF(PRES(I).EQ.0) GO TO 1
      II=I
      DO 18 KX=1,NMORPH
      IF(NUMB(KX).GE.II) GO TO 17
   18 II=II-NUMB(KX)
   17 IF(LAST.EQ.KX) GO TO 20
      PRINT 301,MORPHO(KX),XESP
      LAST=KX
      GO TO 3
   20 PRINT 300 ,XESP
    3 NIN=(NBEG-1)+NINT
      L=0
      DO 2 J=NBEG,NIN
      L=L+1
      JJ=(NBEG+NINT)-L
      IF(POW2(JJ).GT.PRES(I)) GO TO 2
      REST=PRES(I)-POW2(JJ)
      IX=26+((L-1)*4)
      IY=IX+4
      IF(L.EQ.1) IX=27
      DO 13 K=IX,IY
   13 LIN(K)=CAR(2)
      PRES(I)=REST
    2 CONTINUE
      PRINT 200,(LIN(J),J=1,LIM)
      DO 16 J=27,LIM
   16 LIN(J)=CAR(5)
      PRINT 100,(LIN(J),J=1,LIM)
      LIN(26)=CAR(1)
    1 CONTINUE
      REWIND 10
      DO 19 I=1,LIM
   19 LIN(I)=CAR(3)
      PRINT 100,(LIN(J),J=1,LIM)
      IF(JNOT.EQ.0) RETURN
      PRINT 500,(NOT(I),I=1,JNOT)
      RETURN
  100 FORMAT(1HS114A1)
  200 FORMAT(1H+,114A1)
  300 FORMAT(1HS,7X,2A8)
  301 FORMAT(1HS,A4,3X,2A8)
  400 FORMAT(1H1,10X,6A8/////)
  500 FORMAT(1HS,30X*L ESPECE NO *A8,1X*N EST PAS REPERTORIEE*)
  401 FORMAT(40X*1.-EXTENSION STRATIGRAPHIQUE DES ESPECES PRESENTES DANS
     1L ECHANTILLON*/40X69(1H=)/////)
      END
```

```
      SUBROUTINE RESULT2(NESP)
C     ******************
C
C.....IMPRESSION DE L HISTOGRAMME DES COEFF. D ASSOCIATION ENTRE
C.....L ECHANTILLON ET LES SUBDIVISIONS STRATIGR. DU REFERENTIEL.
C.....LE -DATA (STRAT=...)- EST DEFINI POUR LE CRETACE.
C
      COMMON/LET/COEF(22),XLIM
      COMMON/INT/NIN(90)
      COMMON/ECR/CAR(5)
      COMMON/SUBDIV/NINT,NBEG,NMORPH
      COMMON/TIT/TITRE(6)
      DIMENSION STRAT(44)
      INTEGER CAR
      LOGICAL OPT
      DATA(STRAT=8HMAESTRIC,8HHTIEN    ,8HCAMPANIE,8HN        ,8HSANTONIE,
     18HN        ,8HCONIACIE,8HN        ,8HTURONIEN,8H SUP     ,8HTURONIEN,
     28H MOY     ,8HTURONIEN,8H INF     ,8HCENOMANI,8HEN SUP   ,8HCENOMANI,
     38HEN MOY   ,8HCENOMANI,8HEN INF   ,8HALBIEN S,8HUP       ,8HALBIEN M,
     48HOY       ,8HALBIEN I,8HNF       ,8HAPTIEN S,8HUP       ,8HAPTIEN I,
     58HNF       ,8HBARREMIE,8HN SUP    ,8HBARREMIE,8HN INF    ,8HHAUTERIV,
     68HIEN SUP  ,8HHAUTERIV,8HIEN INF  ,8HVALANGIN,8HIEN SUP  ,8HVALANGIN,
     78HIEN INF  ,8HBERRIASI,8HEN       )
      PRINT 400,(TITRE(I),I=1,6)
      PRINT 600
      PRINT 501
      K=NBEG-1
      K1=(2*K)+1
      K2=(K+NINT)*2
      DO 1 J=K1,K2,2
      L=J-K $ JJ=J+1
      DO 2 I=1,2
      DO 3 M=1,90
    3 NIN(M)=CAR(5)
      OPT=1
      IF(I.EQ.2) OPT=0
      IF(OPT) CALL PRNT
      COEFF=2.0 *COEF(L)
      IF(J.EQ.K1)GO TO 7
      IF(OPT) COEFF=COEF(L)+COEF(L-1)
    7 IF(COEF(L).GE.XLIM) CALL CALC(COEFF)
      PRINT 100,(NIN(IJ),IJ=1,90)
      IF(OPT) GO TO 2
      PRINT 200,STRAT (J),STRAT (JJ),COEF(L)
    2 CONTINUE
    1 K=K+1
  100 FORMAT(10X90A1)
  200 FORMAT(1H+,9X2A8,1HI66XF7.4)
  400 FORMAT(1H1,10X,6A8/////)
  501 FORMAT(89X,14HCOEFFICIENT DE/92X,*SIMILITUDE*)
  600 FORMAT (30X*2.-CORRELATION ENTRE L ECHANTILLON ET LES DIFFERENTES
     1SUBDIVISIONS DU CRETACE*/30X76(1H=)////)
      RETURN
      END
```

6.4. *Fiche technique du programme* PALYZONE

Auteurs : Georges GORIN et Roland FROIDEVAUX.

Adresse : Département de géologie-paléontologie, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4.

Demande de renseignements : S'adresser aux auteurs ci-dessus.

But du programme : Impression des extensions stratigraphiques des espèces palynologiques contenues dans un échantillon et datation de cet échantillon par rapport à une échelle palynostratigraphique de base.

Méthode statistique : Cœfficients de similitude.

Restrictions : 22 intervalles stratigraphiques.

Ordinateur utilisé : Control Data Corporation, type 3800.

Langage de programmation : FORTRAN IV.

Mémoire nécessaire : 10 K pour un référentiel de 800 espèces.

Temps d'exécution : Environ 5 mn. par échantillon.

Equipement périphérique nécessaire : Un disque et une bande magnétique.

Remarques : Si on dispose d'une mémoire centrale de 28 K, il faut mettre le référentiel dans cette mémoire. Le temps d'exécution est alors rabaissé à 2 mn. par échantillon.

BIBLIOGRAPHIE

HARBAUGH, J et D. MERRIAM (1968). Computer applications in stratigraphic analysis. *John Wiley & Sons, Inc.*, New York-London-Sydney.

LAFITTE, P. (1972). Traité d'informatique géologique. *Masson & Cie*, Paris.

SOKAL, R. et P. SNEATH (1963). Principles of numerical taxonomy. *W. H. Freeman Co.*, San Francisco.

Manuscrit reçu le 5 octobre 1973