

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 76 (1982-1983)  
**Heft:** 362

**Artikel:** Remarques sur l'origine de la dispersion biochronologique du nanoplancton calcaire paléogène de Californie et sur la détection des remaniements

**Autor:** Guex, Jean  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-278153>

### **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:** 11.01.2026

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

BULLETIN N° 267 des Laboratoires de Géologie, Minéralogie, Géophysique  
et du Musée géologique de l'Université de Lausanne

## **Remarques sur l'origine de la dispersion biochronologique du nannoplancton calcaire paléogène de Californie et sur la détection des remaniements<sup>1</sup>**

PAR

JEAN GUEx<sup>2</sup>

*Résumé* – Dans la première partie de cette note, on montre que la dispersion biochronologique observée chez les espèces de nannoplancton calcaire paléogène de Californie pourrait être due à des remaniements.

La deuxième partie du travail est consacrée à une analyse nouvelle des structures graphiques induites par les discontinuités dans la distribution biochronologique des espèces fossiles.

### **I. DISPERSION BIOCHRONOLOGIQUE DU NANNOPLANCTON CALCAIRE PALÉOGÈNE DE CALIFORNIE**

#### **INTRODUCTION**

Les micropaléontologistes ont remarqué depuis longtemps que l'ordre dans lequel les espèces de micro-organismes planctoniques apparaissent dans divers profils stratigraphiques est moins variable que l'ordre dans lequel elles disparaissent dans ces mêmes profils. Les hétérochronies dans les moments d'extinction locale que l'on constate chez les espèces de nannoplancton calcaire du Paléogène de Californie en sont un exemple frappant (GUEx, 1979, p. 196, fig. 9). L'objet de la première partie de cette note est de montrer que la dispersion biochronologique observable dans cette paléoflore pourrait être due à des remaniements induits par un paléocourant dont l'orientation apparente actuelle est SSE → NNW (cf. p. 201).

---

<sup>1</sup> Travail effectué dans le cadre du projet 2 685 080 du Fonds national pour la recherche scientifique.

<sup>2</sup> Institut de Géologie, Palais de Rumine, 1005 Lausanne.

Les remarques qui suivent sont basées sur les données biostratigraphiques établies par BRAMLETTE & SULLIVAN (1961) et SULLIVAN (1965). Une compilation de la majeure partie de ces données (i.e. distribution stratigraphique locale de 104 espèces dans 10 profils) a été publiée antérieurement par l'auteur dans un tableau synthétique auquel le lecteur est prié de se référer (*loc. cit.* p. 193, fig. 8).

On rappellera que si l'extinction apparente locale d'une espèce  $x$  survient dans la biochronozone  $B_1$  d'un profil  $p_i$  et dans la biochronozone  $B_2$  d'un profil  $p_j$  (avec  $B_1$  adjacente à  $B_2$ ), on dit que  $x$  montre une *dispersion biochronologique* de magnitude 1 dans ses moments de disparition (abrév.: «D. D.» = dispersion biochronologique dans les moments de disparition apparente locale d'une espèce). Le terme de dispersion s'oppose donc à celui de *distribution biochronologique discontinue* que l'on applique exclusivement aux cas où une espèce  $x$  existe dans des biochronozones  $B_i$  et  $B_k$  mais n'existe pas dans la (ou les) biochronozone(s)  $B_j$  intercalée(s) entre  $B_i$  et  $B_k$  (cf. p. 201).

#### INTERPRÉTATION DE LA DISPERSION

Remarquons pour commencer que le simple fait de parler de «dispersion biochronologique» implique que l'on dispose d'un référentiel biochronologique valable: dans le cadre du problème qui nous intéresse ici, ce référentiel est donné par la synthèse de SULLIVAN (1965) qui a reconnu 4 biochronozones ( $B_1$  à  $B_4$ ) dans les 10 profils de la chaîne côtière californienne qu'il a étudiés en détail (localisation: cf. fig. 1).

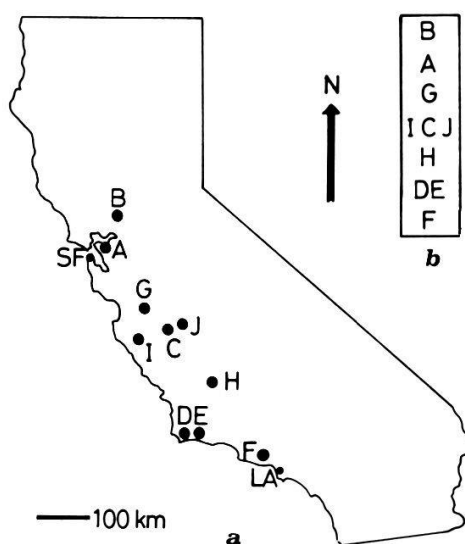


Fig. 1.

a) Localisation schématique des profils californiens A à J étudiés par SULLIVAN: A = Pacheco Syncline, B = Vaca Valley, C = New Idria, D = Upper Canada de Santa Anita, E = Las Cruces, F = Simi Valley, G = Tres Pinos, H = Media Agua Creek, I = Upper Reliz Creek, J = Lodo. Points de repères: SF = San Francisco et LA = Los Angeles.

b) Disposition géographique simplifiée (cf. p. 199).

Pour interpréter la dispersion «D. D.» des espèces décrites par cet auteur, on partira de l'idée simple qui consiste à chercher une relation entre la distribution biogéographique de ces espèces et l'hétérochronie dans leurs moments de disparition respectifs.

Soient  $P'(x) = \{p'_1, p'_2, \dots, p'_n\}$  l'ensemble des profils où l'espèce  $x$  disparaît dans une biochronozone  $B_i$  et  $P''(x) = \{p''_1, p''_2, \dots, p''_m\}$  l'ensemble de ceux où  $x$  disparaît dans une biochronozone  $B_j$  adjacente à  $B_i$ . Pour établir l'existence éventuelle d'une relation entre la distribution biogéographique des espèces et l'hétérochronie dans leurs moments de disparition respectifs, il suffit de voir si l'on peut mettre en évidence une relation constante entre la position géographique des profils appartenant à  $P'(x)$  et celle des profils qui appartiennent à  $P''(x)$  pour chaque espèce  $x$ . Pour cela on considérera la famille des couples de profils  $(p'_i, p''_j)$  dans chaque ensemble  $(P'(x)) \times (P''(x))$ : si un profil  $p'_i$  est situé au Nord de  $p''_j$ , on reliera  $p'_i$  à  $p''_j$  par une flèche orientée Nord-Sud; si  $p'_i$  est situé au Sud de  $p''_j$ , on reliera  $p'_i$  à  $p''_j$  par une flèche orientée Sud-Nord; lorsque deux profils se situent à la même latitude, on ne les reliera pas. Dans chaque ensemble  $(P'(x)) \times (P''(x))$ , on comptabilise ensuite le nombre  $n_1$  de flèches orientées  $N \rightarrow S$  et le nombre  $n_2$  de flèches orientées  $S \rightarrow N$ .

Exemple: l'espèce 9 (cf. fig. 2-c) qui disparaît dans la zone  $B_3$  des profils B et H et dans la zone  $B_4$  des profils A et J induit 2 flèches orientées  $N \rightarrow S$ . (= couples de profils BA et BJ) et 2 flèches orientées  $S \rightarrow N$  (= couples de profils HA et HJ): le profil B se situe au Nord de A et de J alors que le profil H se situe au Sud de ceux-ci (cf. fig. 1).

Si les profils de  $P'(x)$  sont systématiquement situés à une latitude plus haute (ou plus basse) que ceux de  $P''(x)$  pour toutes les espèces, cela peut être interprété de deux façons: soit ces espèces ont une longévité apparente plus grande à haute (resp. basse) latitude, soit elles sont remaniées de la zone  $B_i$  dans la zone  $B_j$  par des courants orientés dans le sens  $P'(x) \rightarrow P''(x)$  (ou l'inverse).

Avant d'analyser plus loin le problème qui nous intéresse ici, on insistera sur le fait que la position géographique actuelle des profils paléogènes de la Chaîne côtière californienne (fig. 1-a) est certainement très différente de celle que ces profils occupaient au début du Tertiaire (décrochements de grande amplitude, accrétions  $W \rightarrow E$ , subductions, etc.): lorsqu'on parlera ci-dessous d'orientations «Sud  $\rightarrow$  Nord» ou «Nord  $\rightarrow$  Sud», on se référera donc simplement (et sans précision superflue) à la latitude où ces différents profils se trouvent aujourd'hui, sans préjuger de leur position géographique réelle au Paléogène. Pour simplifier la discussion, on ordonnera arbitrairement les profils sur une ligne Sud-Nord conforme au schéma illustré dans la figure 1-b. Si l'on applique maintenant le test décrit plus haut aux espèces de SULLIVAN qui montrent une dispersion «D. D.» de magnitude 1 dans les intervalles  $B_1-B_2$ ,  $B_2-B_3$  et  $B_3-B_4$  on obtient les résultats suivants (fig. 2):

1. Intervalle  $B_1-B_2$ 

Sur les 104 espèces de SULLIVAN mentionnées plus haut, 13 disparaissent tantôt dans la zone  $B_1$ , tantôt dans la zone  $B_2$ : la liste de ces espèces et celle des profils qui appartiennent respectivement aux ensembles  $P'(x)$  et  $P''(x)$  déterminés par chacune d'entre elles sont données dans la figure 2-a. Le nombre  $n_1$  de couples  $(p'_i, p''_j)$  qui représentent des flèches orientées  $N \rightarrow S$  et le nombre  $n_2$  de couples qui représentent des flèches orientées  $S \rightarrow N$  sont donnés dans les colonnes  $n_1$  et  $n_2$  de cette figure. Dans ce premier cas, 85% des couples de profils  $(p'_i, p''_j)$  sont disposés géographiquement selon une orientation  $S \rightarrow N$ .

X	$P'(x)$	$P''(x)$	$n_1$	$n_2$
5	F	DG I	0	3
40	CF	J	0	1
55	CFG	J	1	1
56	F	J	0	1
58	F	J	0	1
61	F	J	0	1
63	F	J	0	1

X	$P'(x)$	$P''(x)$	$n_1$	$n_2$
77	CFG	J	1	1
81	F	GJ	0	2
84	F	GJ	0	2
99	F	J	0	1
102	F	J	0	1
104	CFG	J	1	1

TOTAL  $n_1 = 3 = 15\%$   
 "  $n_2 = 17 = 85\%$

X	$P'(x)$	$P''(x)$	$n_1$	$n_2$
3	IJ	ABDEGH	6	6
17	CG J	ABDH	6	6
28	FI	ABDJ	1	6
31	F	BHJ	0	3
33	I	ABDHJ	2	3
37	CF	DH	2	2
43	EF	ABGHIJ	0	12
44	EGIJ	ABDH	6	9
46	I	ABDHJ	2	2

X	$P'(x)$	$P''(x)$	$n_1$	$n_2$
47	C	ABDEJ	2	2
48	I	ABDHJ	2	2
53	IJ	BD	2	2
59	G	ADEH	3	1
73	F	ABDJ	0	4
79	J	ABDEGH	3	3
89	IJ	ABEGH	4	6
91	C	ABDHJ	2	2
94	CEI	ABDH	4	7

TOTAL  $n_1 = 47 = 37\%$   
 "  $n_2 = 80 = 63\%$

X	$P'(x)$	$P''(x)$	$n_1$	$n_2$
9	BH	AJ	2	2
11	E	ABHJ	0	4
12	A	BJ	1	1
20	A	B	0	1
24	AEGHI	B	0	5
26	BEHJ	A	1	3
27	DJ	AB	0	4
29	DH	ABJ	0	6
45	ADEHJ	B	0	5
51	ADEH	BJ	1	7

X	$P'(x)$	$P''(x)$	$n_1$	$n_2$
52	DH	ABEJ	1	7
54	D	J	0	1
65	ADEGHIJ	B	0	7
69	DHJ	AB	0	6
76	A	BEGHJ	4	1
85	EGH	ABJ	1	8
87	DEH	ABJ	0	9
88	DEGH	AB	0	8
93	B	HJ	2	0
101	DEGHJ	AB	0	10

TOTAL  $n_1 = 13 = 12\%$   
 "  $n_2 = 95 = 88\%$

Fig. 2.

X = ensemble des espèces qui montrent une dispersion «D. D.» de magnitude 1 dans les profils A à J (cf. GUEX 1979, p. 191 à 197).

$P'(x)$ ,  $P''(x)$ ,  $n_1$  et  $n_2$ : cf. texte.

a) Intervalle  $B_1-B_2$  b) Intervalle  $B_2-B_3$  c) Intervalle  $B_3-B_4$ .

## 2. Intervalles $B_2-B_3$ et $B_3-B_4$

Sur ces 104 espèces, 18 disparaissent tantôt dans la zone  $B_2$ , tantôt dans la zone  $B_3$  et 20 disparaissent tantôt dans la zone  $B_3$ , tantôt dans la zone  $B_4$ : les figures 2-b et 2-c montrent que 63% des couples de profils représentent une orientation  $S \rightarrow N$  dans l'intervalle  $B_2-B_3$  alors que 88% des couples de profils représentent une telle orientation dans l'intervalle  $B_3-B_4$ .

Ces constatations peuvent s'expliquer de deux manières:

- a) contrôle latitudinal (climatique) de la longévité des espèces,
- b) courants orientés SSE  $\rightarrow$  NNW avec remaniements n'induisant pas de discontinuités dans la distribution biochronologique des espèces.

Deux raisons nous conduisent à exclure la première explication:

- 1) les distances qui séparent les différents profils sont relativement courtes et 2) il est notoire que le nannoplancton peut aisément être resédi-menté.

Cette interprétation est satisfaisante pour expliquer les hétérochronies observées dans les intervalles  $B_1-B_2$  et  $B_3-B_4$  où plus de 80% des profils  $p'_i$  sont actuellement situés au Sud des profils  $p''_j$ . Elle explique en revanche de manière moins « idéale » la dispersion constatée dans l'intervalle  $B_2-B_3$  où seuls 63% des couples de profils occupent une telle position géographique relative. En examinant le détail des informations fournies par la figure 2-b, on remarque toutefois que, dans cet intervalle, toutes les orientations  $N \rightarrow S$  (colonne  $n_1$  de la figure) correspondent exclusivement à des flèches qui relient les profils C. I. G. J. (Nord) aux profils D, E et H (au Sud: cf. carte, fig. 1). Cette anomalie dans la répartition des orientations  $p'_i \rightarrow p''_j$  pourrait être attribuée soit à un déplacement horizontal  $N \rightarrow S$  du bloc où se trouvent les profils D, E et H au cours de l'intervalle  $B_3$ , soit à un changement dans le régime des courants au cours de cet intervalle.

## II. DISCONTINUITÉS BIOCHRONOLOGIQUES ET CIRCUITS DANS LE GRAPHE $G_K$

### INTRODUCTION

Dans la deuxième partie de cette note, on montrera que si certains sous-graphes induits du graphe biostratigraphique  $G$  sont détectés et détruits avant de déterminer les associations unitaires, le graphe  $G_K$  qui représente les relations de superposition entre les associations unitaires identifiées dans les profils stratigraphiques sera sans circuits. La technique décrite ci-dessous simplifie d'une manière non négligeable la procédure de transformation du graphe biostratigraphique en un graphe d'intervalles et elle peut d'autre part aboutir à une détection immédiate des espèces dont la distribution biochronologique est discontinue.

Les termes techniques employés ici sont en partie ceux qui ont été utilisés *in* GUEX 1980, mais d'autres sont nouveaux: on commencera donc par donner les définitions nécessaires à la compréhension des lignes qui suivent.



## DÉFINITIONS

1) Soit  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  un ensemble d'espèces fossiles et soit  $A = (a_{ij})$  la matrice qui exprime les relations stratigraphiques observées localement entre les espèces de  $X$ . On pose:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i \text{ se trouve dans un niveau inférieur à } x_j \text{ ou dans le même niveau} \\ & \text{que } x_j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Les entrées  $a_{ij}=a_{ji}=1$  de la matrice  $A$  associée au graphe  $G = (X, E + U)$  (appelé « graphe biostratigraphique ») sont les *arêtes*  $(ij)$  de  $G$ ; les entrées  $a_{ij} = 1$  et  $a_{ji} = 0$  de cette matrice sont les *arcs*  $(ij)$  de  $G$ . Le graphe orienté  $\vec{G}=(X,U)$  est le sous-graphe de  $G$  dans lequel seuls les arcs de  $G$  sont considérés.

2) Si la matrice  $A$ , associée à  $G$ , n'admet aucune entrée  $a_{ij} = a_{ji}=0$ , on dira que le graphe  $G$  est *complet*. Si cette matrice admet une (ou plusieurs) entrées  $a_{ij} = a_{ji} = 0$  mais que l'indétermination sur la relation stratigraphique entre les espèces  $x_i$  et  $x_j$  peut être levée (par transitivité) à l'aide d'une espèce  $x_k$  intercalée entre  $x_i$  et  $x_j$  et pour laquelle les relations  $(ik)$  et  $(kj)$  sont connues, on dira également que  $G$  est complet.

3)  $G_K = (K, V)$  est un graphe orienté dans lequel  $K$  est un ensemble de sommets qui représentent des associations unitaires (= cliques maximales qui admettent des arêtes virtuelles) et  $V$  est l'ensemble des arcs qui représentent les relations stratigraphiques entre les associations unitaires identifiées dans les profils stratigraphiques à l'aide des espèces/couples d'espèces qui les caractérisent (procédure d'identification de ces associations dans les profils: cf. GUEx, 1980, p. 121-122.)

4) Soit  $H = (X, F)$  un graphe quelconque. Le graphe  $H' = (X', F')$  est un *sous-graphe* de  $H$  si  $X'$  est un sous-ensemble de  $X$  et si  $F'$  est un sous-ensemble de  $F$ . Si  $H'$  contient tous les arcs (resp. arêtes) de  $F$  qui relient les sommets de  $X'$ , on dit que  $H'$  est un *sous-graphe induit* de  $H$ .

5) Une *chaîne* est une séquence d'arcs  $(u_1, u_2, \dots, u_n)$  telle que chaque arc de la séquence a son extrémité initiale en commun avec l'extrémité terminale de l'arc qui le précède dans la séquence et son extrémité terminale en commun avec l'extrémité initiale de l'arc qui le suit dans la séquence.

6) Un *circuit*  $C_n$  est une chaîne fermée dans laquelle  $u_{n+1}=u_1$ .

7) Un circuit  $C_n$  sans corde (=arête qui relie 2 sommets non consécutifs du circuit) dans lequel certains arcs  $u_i$  ( $i-1 < i < i+1$ ) ont été remplacés par une arête et dans lequel les arcs  $u_{i-1}$  et  $u_{i+1}$  sont laissés intacts sera qualifié de *circuit semi-orienté*  $S_n$  ( $S_n$  n'admet pas 2 arêtes consécutives).

8) Un graphe orienté  $\vec{G}$  est *fortement connexe* si, pour chaque paire de sommets  $x$  et  $y$  dans  $\vec{G}$ ,  $x$  est relié à  $y$  par une chaîne et  $y$  est relié à  $x$  par une chaîne.

9) Un sous-graphe induit de  $\vec{G}$  est une *composante fortement connexe* (= *composante forte*) de  $\vec{G}$  si ce sous-graphe induit est fortement connexe et maximal (i.e.: si l'on ajoute un sommet, le sous-graphe induit de  $\vec{G}$  qui en résulte n'est pas fortement connexe).

CIRCUITS DE  $G_K$ 

On commencera par remarquer 2 choses: 1°) les seuls sous-graphes induits de  $G$  qui peuvent être à l'origine de circuits dans  $G_K$  sont les

circuits  $C_n$  et les circuits semi-orientés  $S_n$ ; 2°) si le graphe  $G$  est complet, il n'admet ni  $S_n$  ( $n > 3$ ) ni  $C_n$  ( $n > 3$ ) pour sous-graphes induits.

Ceci revient à dire que la destruction des sous-graphes induits  $C_3$  (par retrait d'arcs) et  $S_3$  (par adjonction d'arêtes) d'un graphe biostratigraphique complet garantit que le graphe  $G_K$  sera sans circuits.

En revanche la destruction des  $C_n$  et  $S_3$  d'un graphe biostratigraphique incomplet ne garantit théoriquement pas que  $G_K$  sera sans circuits ( $G$  peut encore contenir des sous-graphes induits  $S_n$  de longueur  $> 3$ ). Il est toutefois difficile de concevoir une situation biostratigraphique réelle dans laquelle  $G_K$  admette des circuits lorsque les  $C_n$  et  $S_3$  de  $G$  ont été préalablement détruits: si un tel problème devait surgir en pratique, on le résoudra simplement en retirant les associations unitaires les moins reproductibles qui sont des éléments des circuits de  $G_K$ .

Rappelons finalement que les espèces mutuellement exclusives dont les relations stratigraphiques sont représentées par un  $S_3$  dans  $G$  peuvent raisonnablement être considérées comme virtuellement associées: ces structures faciles à détecter ne seront donc pas discutées ici.

### DÉTECTION DES CIRCUITS DE $\vec{G}$

#### a) Recherche des $C_3$

Notons  $\Gamma^+(x_i)$  l'ensemble des espèces *observées* au-dessus de  $x_i$  dans les profils stratigraphiques et  $\Gamma^-(x_i)$  l'ensemble des espèces qui ont été *observées* au-dessous de  $x_i$  dans les profils.

Pour chaque arc  $(ij)$  et  $(ki)$  on cherche d'abord  $\Gamma^-(x_i) \cap \Gamma^+(x_j) = A$  et ensuite  $\Gamma^+(x_j) \cap \Gamma^-(x_k) = B$  si l'arc  $(ki)$  n'a pas encore été examiné.

Si  $A \neq \emptyset$ , on a un (ou plusieurs)  $C_3$  ( $x_i, x_j, x_m$ )

Si  $B \neq \emptyset$ , on a un (ou plusieurs)  $C_3$  ( $x_i, x_m, x_k$ )

Lorsque tous les  $C_3$  de  $\vec{G}$  ont été détectés, on attribue à chaque arc  $(xy)$  un coefficient

$$s = \frac{c}{r}$$

où  $c$  = le nombre de fois que l'arc  $(xy)$  apparaît dans un  $C_3$  et où  $r$  = le nombre de fois que la relation stratigraphique entre  $x$  et  $y$  a été observée dans les profils (=reproductibilité de l'arc  $(xy)$ ).

Ce coefficient sera utilisé plus loin dans la destruction des composantes fortes de  $\vec{G}$ .

#### b) Retrait d'un arc de $\vec{G}$

Chaque arc d'un circuit est suspect de représenter une relation stratigraphique « anormale » (par exemple remaniement); on dira donc que plus la valeur du coefficient  $s$  d'un arc  $(xy)$  est grande, plus cet arc est *suspect* d'être dénué de signification biochronologique.



Le retrait d'un arc suspect ( $xy$ ) de  $\vec{G}$  sera effectué de la manière suivante: on retirera l'espèce  $y$  des niveaux fossilifères où elle a été observée en séquence avec l'espèce  $x$  et on déterminera l'ensemble des associations unitaires sans tenir compte de la présence de  $y$  dans ces niveaux.

c) Détection de  $C_n$  ( $n \geq 3$ )

Plusieurs algorithmes permettant de déterminer les composantes fortes (et par conséquent les circuits) d'un graphe orienté ont été publiés dans la littérature. On mentionnera ceux qui ont été décrits en détail par CARRE (1979, p. 43-48) et par BAASE (1978, p. 157-162) en rappelant aux lecteurs intéressés que les auteurs anglo-saxons emploient en général le terme de «cycle» là où la majorité des auteurs français parlent de «circuit» et inversement.

Notons  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  l'ensemble des composantes fortes de  $\vec{G}$ .

Les  $f_i$  à 1 élément sont ignorées et celles à 2 éléments n'existent pas dans notre problème ( $\vec{G}$  n'admet pas d'arcs orientés simultanément dans le sens  $xy$  et  $yx$ ).

On commence par traiter les  $f_i$  à 3 éléments: ce sont des  $C_3$  que l'on peut détruire directement par retrait de l'arc le moins reproductible (point b ci-dessus).

On examine ensuite les  $f_i$  à plus de 3 éléments:

1) Dans chacune d'elle on détecte l'ensemble des  $C_3$  selon la procédure a ci-dessus, puis on retire l'arc dont le coefficient  $s$  est le plus grand (procédure b). Si la composante est détruite on arrête, sinon on en retire l'arc le plus suspect suivant, etc.

2) Si la destruction des  $C_3$  n'aboutit pas à celle de la composante forte  $f_i$ , on achève de la détruire en retirant successivement les arcs les moins reproductibles (= en commençant par retirer l'arc dont le coefficient « $c$ » est le plus petit).

#### EXEMPLE: LES ALVÉOLINES ILERDIENNES DE YOUGOSLAVIE

Dans une note récente (GUEX, 1981) nous avons étudié une partie des données établies par DROBNE (1977) sur la distribution stratigraphique des alvéolines ilerdiennes de Yougoslavie. L'un des buts de ce travail était de montrer que l'on peut détecter un remaniement sur la seule base de critères biochronologiques.

Si l'on traite les mêmes données (compilation *in* GUEX, 1981, fig. 1 et 2) en commençant par chercher les composantes fortement connexes du graphe  $\vec{G}$  représentatif des relations superpositionnelles entre ces alvéolines, on trouve que ce graphe admet une composante forte à 5 éléments (fig. 3-a). Cette composante contient 3  $C_3$  dans lesquels sont impliqués 7 arcs (fig. 3-b). L'un de ces arcs ((4, 3)) montre une valeur de  $s$  particulièrement élevée: sa destruction (par retrait de l'espèce 3 dans le profil de Fatji hrib, niv. 5) entraîne celle de la composante forte (= de tous les circuits de  $\vec{G}$ ).

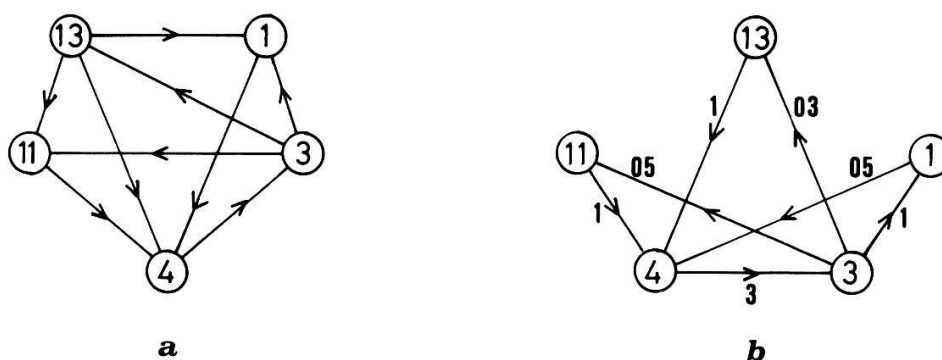


Fig. 3.

a) Composante forte du graphe  $\vec{G}$  représentant les relations de superposition observées entre les alvéolines ilerdiennes de Yougoslavie étudiées par DROBNE 1977 (compilation in GUEx 1981, p. 181).

b) Circuits  $C_3$  présents dans cette composante forte. Les valeurs 0.3, 0.5, et 3 sont celles des coefficients  $s$  respectivement associés à chacun des arcs.

Dans ce problème biochronologique particulier, les conséquences de la destruction préalable des circuits de  $\vec{G}$  sont les suivantes:

1) Le niveau 5 de Fatji hrib (= profil I in GUEx 1981) contient uniquement les espèces 3 et 8: le retrait de l'espèce 3 de ce niveau entraîne donc la destruction «anticipée» de tous les circuits semi-orientés  $S_3$  et de tous les cycles  $Z_4$  dans lesquels le couple (3, 8) est impliqué.

2) La *range-chart* que l'on obtient après avoir détruit l'arc (4, 3) est directement optimale (loc. cit. fig. 6-h); le fait que l'espèce 3 a une distribution biochronologique discontinue apparaît donc immédiatement lorsqu'on examine le contenu spécifique des niveaux sédimentaires attribuables aux «zones» qui sont identifiables de manière reproductible dans la région étudiée.

## TRAVAUX CITÉS

- BAASE, S. 1978.— Computer Algorithms. Addison-Wesley éd.
- BRAMLETTE, M.N. & SULLIVAN, F.R. 1961.— Coccolithophorids and related nannoplankton of the early Tertiary in California. *Micropaleontology* 7/2.
- CARRE, B. 1979.— Graphs and networks. Clarendon Press, Oxford.
- DROBNE, 77.— Alvéolines paléogènes de la Slovénie et de l'Istrie. *Mém. suisses Pal.* 99.
- GUEx, J. 1979.— Terminologie et méthodes de la biostratigraphie moderne. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, 234 et *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* 73, 351.
- , 1980.— Calcul, caractérisation et identification des associations unitaires en biochronologie. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, 249 et *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 358.
- , 1981.— Associations virtuelles et discontinuités dans la distribution des espèces fossiles: un exemple intéressant. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, 255 et *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 359.
- SULLIVAN, F.R. 1965.— Lower Tertiary Nannoplankton from the California Coast Ranges. II. Eocene. *Univ. Calif. Publ. geol. Sci.* 53.