

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 79 (1988-1989)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Utilisation des horizons maximaux résiduels en biochronologie  
**Autor:** Guex, Jean  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-279230>

### **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:** 12.01.2026

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

---

BULLETIN N° 300 des Laboratoires de Géologie, Minéralogie, Géophysique  
et du musée géologique de l'Université de Lausanne

## Utilisation des horizons maximaux résiduels en biochronologie

PAR

JEAN GUEX<sup>1</sup>

*Résumé.*—GUEX J., 1988. Utilisation des horizons maximaux résiduels en biochronologie. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 79.2: 135-142.

Une nouvelle technique de construction des associations unitaires basée sur l'analyse des contradictions stratigraphiques entre les horizons maximaux résiduels est proposée ici.

*Abstract.*—GUEX J. 1988. Maximal residual horizons and Unitary Associations. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 79.2: 135-142.

A new procedure for constructing the Unitary Associations is describe here. The technique is based on the interpretation of the conflictual stratigraphic relationships between the maximal residual horizons.

### INTRODUCTION

Le biostratigraphe qui cherche à construire une échelle chronologique basée sur le contenu fossile des roches sédimentaires est systématiquement confronté au problème posé par l'interprétation des relations stratigraphiques apparemment contradictoires entre les espèces fossiles.

Ce problème a été abordé à plusieurs reprises dans le présent Bulletin (GUEX 1980, 1981, 1984, GUEX et DAVAUD 1982) et formulé en termes de théorie des graphes. La terminologie technique empruntée à cette théorie ainsi que les notations utilisées ci-dessous sont définis dans ces notes préliminaires et nous n'y reviendrons pas ici.

Les solutions que nous avons proposées pour résoudre ce problème ont en commun d'analyser individuellement chaque contradiction ( $S_3$ ,  $S_4$ ,  $Z''_4$ ) pour en déduire des coexistences virtuelles entre les espèces. L'introduction de ces coexistences virtuelles dans le graphe représentatif des relations stratigraphiques entre les espèces (graphe biostratigraphique) permet de transformer ce graphe en un graphe d'intervalles.

---

<sup>1</sup> Institut de Géologie, BFSH2-Université de Lausanne, CH-1015 Lausanne

Deux procédures d'optimisation ont été étudiées en détail dans les travaux sus-mentionnés. La première, due à Eric DAVAUD (*in* GUEX et DAVAUD 1982), cherche à préserver le plus grand nombre d'informations sur les superpositions stratigraphiques observées localement entre les espèces (minimisation du nombre d'arcs de G remplacés par des arêtes virtuelles). La deuxième (GUEX 1984) utilise uniquement la reproductibilité des arcs (*i.e.*: le nombre de profils stratigraphiques dans lesquels on observe une superposition entre deux espèces) comme critère d'optimisation.

La présente note a pour but de décrire une technique de construction des associations unitaires qui évite les difficultés d'optimisation inhérentes aux approches combinatoires suivies dans les travaux sus-mentionnés.

### CONVENTIONS ET DÉFINITIONS

—Si une espèce fossile montre une distribution verticale discontinue dans un profil stratigraphique, on la considère comme *virtuellement présente* dans tous les horizons qui sont encadrés par son apparition et sa disparition locales.

—Dans un profil stratigraphique donné, on considère uniquement les niveaux qui enregistrent les intersections maximales (par rapport à la relation d'inclusion) d'intervalles d'existence locaux des espèces. Ces niveaux sont appelés des *horizons maximaux*.

—Les horizons maximaux qui sont strictement distincts les uns des autres (par rapport à la relation d'inclusion) dans un ensemble de profils stratigraphiques sont appelés des *horizons maximaux résiduels* (en bref: *horizons résiduels*).

### RELATIONS STRATIGRAPHIQUES

La relation stratigraphique entre deux horizons maximaux résiduels, *I* et *J*, situés dans deux profils distincts peut être déduite des relations stratigraphiques observées entre les espèces appartenant respectivement à *I* et à *J*. On distinguera quatre types de relations entre ces horizons:

—L'horizon *I* se situe au-dessus (ou au-dessous) de *J* s'il existe au moins une espèce de l'horizon *I* qui est située au-dessus (ou au-dessous) d'une espèce de l'horizon *J* (superposition univoque).

—Les horizons *I* et *J* doivent être réunis si toutes les espèces de *I* sont compatibles avec celles de *J* (la réunion des éléments de *I* et de *J* est alors une clique).

—La relation entre *I* et *J* est indéterminée si les espèces de *I* ne sont pas compatibles avec celles de *J* et si leurs relations superpositionnelles sont indéterminées.

—La relation entre *I* et *J* est contradictoire si certaines espèces de *I* sont situées au-dessus de certaines espèces de *J* et inversement.

### MÉTHODE

Lorsqu'on cherche à ordonner les horizons résiduels à l'aide des observations biostratigraphiques brutes, il est indispensable d'éliminer les superpositions contradictoires entre les espèces. Ceci peut être fait de deux façons. La

première consiste à remplacer certaines superpositions par des coexistences virtuelles (voir plus haut). La seconde consiste à ignorer certaines superpositions contradictoires et peu reproductibles.

L'idée de la méthode exposée ici est basée sur le principe suivant: étant données deux superpositions conflictuelles, nous sommes forcés (en l'absence d'arguments non biochronologiques) d'admettre que la superposition reproductible (i.e. observée sur une grande étendue géographique) a plus de "valeur" chronologique que celle qui ne l'est pas. Autrement dit, si deux horizons résiduels contiennent respectivement des espèces qui les situent à la fois au-dessus et au-dessous l'un de l'autre, on choisira dans chaque cas de considérer comme «vraie» la superposition reproductible et comme «fausse» (i.e.: induite par une documentation insuffisante ou par un remaniement) celle qui l'est moins.

En pratique on procédera donc ainsi. Pour chaque couple  $I, J$  d'horizons résiduels montrant une relation stratigraphique contradictoire on définit deux ensembles d'arcs,  $A$  et  $B$ , où  $A$  est l'ensemble des arcs qui relient des éléments de  $I$  à ceux de  $J$  (dans le sens  $I \rightarrow J$ ) et où  $B$  est l'ensemble des arcs (d'orientation inverse) qui relient des éléments de  $J$  à ceux de  $I$ . A chaque ensemble  $A$  et  $B$  on attribue une valeur  $V(A)$  (resp.  $V(B)$ ) égale à la somme des reproductibilités individuelles des arcs appartenant à  $A$  (resp.  $B$ ).

Si  $V(A) > V(B)$  on dira que l'horizon  $J$  est "situé au-dessus" de  $I$  (en notant bien qu'il s'agit là d'un abus de langage et que la superposition est conflictuelle).

Si  $V(A) = V(B)$  on dira que la relation stratigraphique entre  $I$  et  $J$  est indéterminée.

Une fois établies, les relations stratigraphiques entre les horizons résiduels sont compilées dans une matrice  $M$  "horizon - horizon". Partant de cette matrice, on construit ensuite le graphe orienté  $H$  qui lui est associé.

Les cycles éventuellement présents dans ce graphe doivent être éliminés. Pour cela on ignorera, dans chaque cycle, les arcs qui sont déduits de superpositions conflictuelles en les traitant comme des relations indéterminées.

Si le graphe  $H'$  obtenu au terme de ces opérations est constitué par plusieurs chemin maximaux, on le réduira à un chemin unique en utilisant la technique décrite dans une note antérieure (GUEx 1980, p.123-124) et améliorée récemment (GUEx 1987, p. 83-84).

La dernière étape de la méthode consiste à transcrire le contenu spécifique des horizons résiduels dans une matrice d'incidence «horizons résiduels - espèces». Cas triviaux mis à part, une telle matrice n'a pas la propriété des 1-consécutifs. Pour la lui donner il suffit de remplacer par des 1 les zéros qui sont intercalés entre des 1 dans les colonnes. Seules les lignes de la matrice résultante qui correspondent à des cliques maximales sont finalement conservées (les autres sont radiées): chaque ligne de cette dernière matrice compactée correspond à une association unitaire.

### EXEMPLE D'APPLICATION

A titre d'exemple d'application nous reprendrons l'analyse d'un problème standard (les alvéolines ilerdiennes de DROBNE 1977) dont les données de base sont compilées dans une note du présent Bulletin (GUEx 1981, fig. 1 et 2).

Seuls trois types d'informations nous seront utiles ici:

–La liste des horizons résiduels (notés  $k$ ) établis à partir de ces données est compilée dans le tableau 1. Les indices  $i$  et  $j$  des horizons  $k$  signifient "jème niveau du ième profil" (il y a 11 profils en tout).

–La liste des arcs du graphe biostratigraphique et leur reproductibilité est compilée dans le tableau 2 (exemple: l'arc (3,1) a une reproductibilité égale à 1).

–La liste des arêtes de ce graphe (tableau 3).

$k_{1,4} = \{3,8\}$   
 $k_{1,3} = \{4,7,12\}$   
 $k_{2,3} = \{1,6,7,9,11,12\}$   
 $k_{2,2} = \{6,7,13\}$   
 $k_{2,1} = \{3,5,7\}$   
 $k_{3,5} = \{11,15\}$   
 $k_{3,4} = \{12,15\}$   
 $k_{3,2} = \{3,6,7\}$   
 $k_{4,4} = \{9,10,14,15\}$   
 $k_{4,3} = \{4,9,10,14\}$   
 $k_{4,2} = \{1,8,9,11,12\}$   
 $k_{7,4} = \{7,13,15\}$   
 $k_{8,5} = \{8,14\}$   
 $k_{8,1} = \{2,5\}$   
 $k_{9,2} = \{6,10,12\}$

Tableau 1.– Liste des horizons résiduels (notés  $k$ ).

(3,1) 1; (5,1) 1; (13,1) 2; (2,3) 3; (4,3) 1; (1,4) 2; (2,4) 2; (5,4) 1;  
 (6,4) 1; (11,4) 1; (13,4) 1; (2,6) 3; (5,6) 2; (2,7) 4; (2,8) 2; (5,8)  
 1; (6,8) 3; (7,8) 3; (13,8) 1; (2,9) 1; (3,9) 2; (5,9) 1; (13,9) 3;  
 (1,10) 2; (2,10) 2; (3,10) 1; (5,10) 1; (7,10) 4; (11,10) 3; (13,10) 3;  
 (2,11) 1; (3,11) 2; (5,11) 1; (13,11) 2; (2,12) 2; (5,12) 1; (13,12) 2;  
 (2,13) 3; (3,13) 3; (5,13) 3; (1,14) 3; (2,14) 2; (3,14) 2; (5,14) 2;  
 (6,14) 3; (7,14) 5; (11,14) 3; (12,14) 3; (13,14) 4; (1,15) 1; (2,15) 2;  
 (3,15) 2; (4,15) 1; (5,15) 1; (8,15) 1

Tableau 2.–Liste des arcs du graphe biostratigraphique.

(1,6) (1,7) (1,8) (1,9) (1,11) (1,12) (2,5) (3,5) (3,6) (3,7) (3,8)  
 (3,12) (4,7) (4,8) (4,9) (4,10) (4,12) (4,14) (5,7) (6,7) (6,9) (6,10)  
 (6,11) (6,12) (6,13) (6,15) (7,9) (7,11) (7,12) (7,13) (7,15) (8,9)  
 (8,10) (8,11) (8,12) (8,14) (9,10) (9,11) (9,12) (9,14) (9,15) (10,12)  
 (10,14) (10,15) (11,12) (11,15) (12,15) (13,15) (14,15)

Tableau 3.–Liste des arêtes du graphe biostratigraphique.

La figure 1 donne le détail des comparaisons entre les horizons résiduels pour les quatre principaux types de relations stratigraphiques mentionnés plus haut.

Les deux cas non triviaux (réunion de certains horizons et relation contradictoire avec superposition déduite) sont illustrés dans les figures 1-b et 1-c:

–Dans le premier cas on constate que tous les éléments de  $k_{3,5}$  sont compatibles avec ceux de  $k_{3,4}$  ( $k_{3,5}$  et  $k_{3,4}$  sont donc réunis). La même situation se présente lorsqu'on compare  $k_{7,4}$  et  $k_{2,2}$  ainsi que  $k_{8,5}$  et  $k_{4,3}$ : les horizons dont le contenu est réuni sont précédés du signe \* dans les figures 2 et 4.

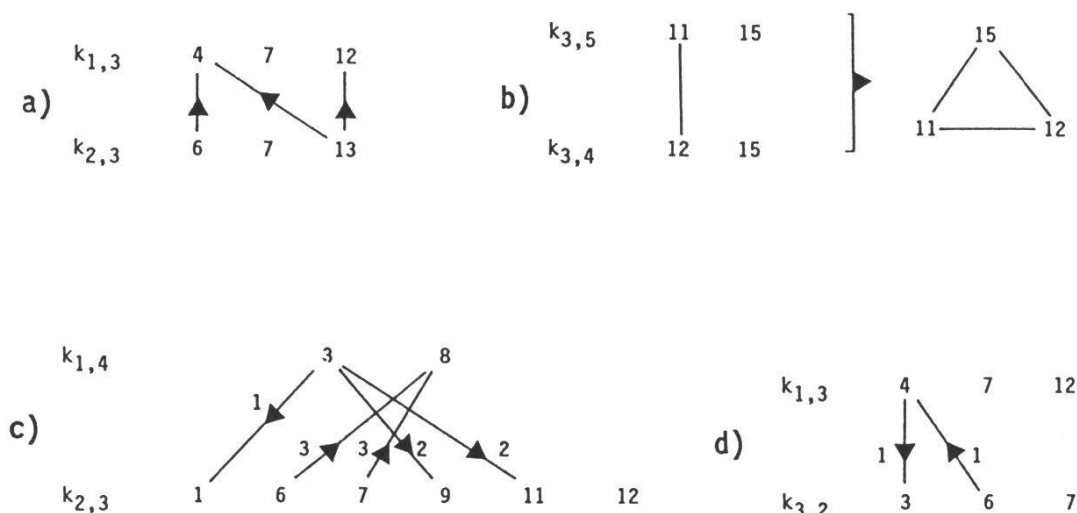


Figure 1.—Principaux types de relations stratigraphiques entre les horizons résiduels.

- a. superposition univoque;  
 b. clique;  
 c. relation contradictoire et superposition déduite;  
 d. relation contradictoire et indétermination.

1, 3	-	>	+	?	?	?	-	>	+	-	<
1, 4		+	>	+	-	-	-	>	+	<	>
2, 1			-	-	-	-	-		+	<	-
2, 3			+	-	-	-	>		+	-	-
3, 2				-	-	-	-		+	<	-
*3, 5				+	-	+	+		+	<	-
4, 2					-	>	+		+	-	<
4, 4						+	+		+	+	+
*7, 4							+		+	<	-
8, 1									-	-	-
*8, 5										+	+
9, 2											

Figure 2.—Matrice  $M$  des relations entre les horizons résiduels (symboles, voir le texte).

—Dans le deuxième cas on remarque que la somme des reproductibilités des arcs reliant les éléments de  $k_{1,4}$  à ceux de  $k_{2,3}$  est égale à 5 ( $V(A)=5$ ) alors que celle des arcs d'orientation inverse est égale à 6 ( $V(B)=6$ ): on considère donc comme "vraie" (mais contradictoire) la superposition  $k_{2,3} \rightarrow k_{1,4}$ .

Les relations stratigraphiques globales entre les horizons résiduels sont données dans la matrice  $M$  de la figure 2. Les symboles utilisés dans cette figure ont la signification suivante:

- + =  $I$  au-dessus de  $J$  sans contradiction;
- - =  $I$  au-dessous de  $J$  sans contradiction;
- > =  $I$  au-dessus de  $J$  avec contradiction;
- < =  $I$  au-dessous de  $J$  avec contradiction;
- ? = Indétermination.

Le graphe orienté  $H$  (fig.3-a), associé à cette matrice, contient deux cycles de longueur 3 (fig.3-b). Si l'on ignore les arcs déduits de superpositions contradictoires (en traitillé dans la fig.3-b), on obtient un graphe  $H'$  constitué par un chemin unique (fig.3-c).

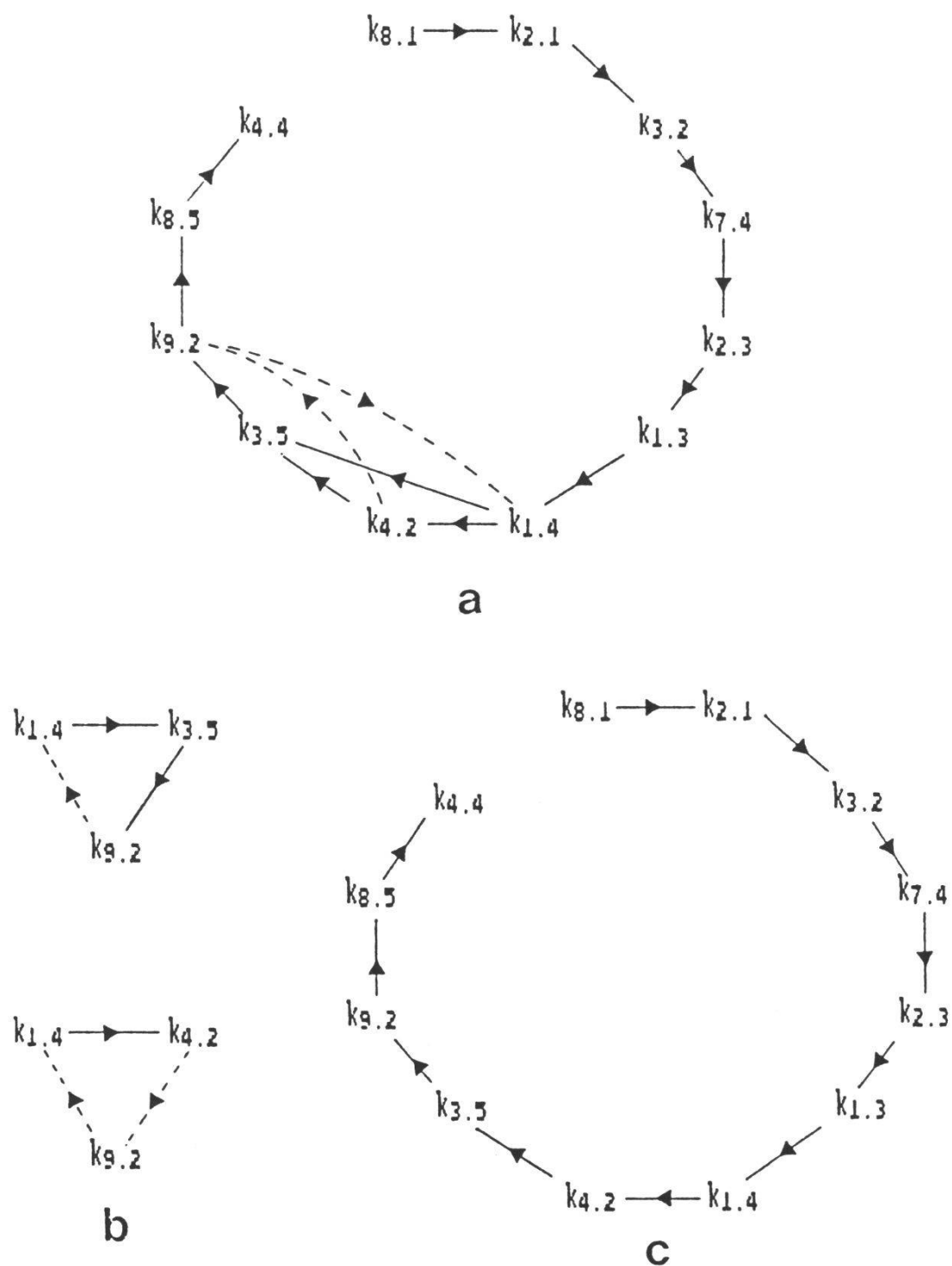


Figure 3.—a. graphe  $H$  associé à la matrice  $M$  de la figure 2;  
 b. cycles de  $H$ ;  
 c. graphe réduit  $H'$ .

		ESPECES														
HMR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a)	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	8,5*	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
	9,2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	3,5*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
	4,2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
	1,4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	1,3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2,3	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
	7,4*	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	3,2	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2,1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	8,1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ESPECES														
HMR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
b)	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	8,5*	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	9,2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1
	3,5*	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
	4,2	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
	1,4	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
	1,3	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1
	2,3	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1
	7,4*	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	3,2	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2,1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	8,1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ESPECES														
A.U.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
c)	7	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	6	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1
	5	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
	4	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1
	3	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 4.—Construction des associations unitaires:

a. matrice d'incidence «horizons individuels–espèces» associée à  $H'$ ;

b. même matrice avec les 1 consécutifs;

c. associations unitaires.



La matrice d'incidence "*horizons résiduels - espèces*" associée à ce graphe est donnée dans la figure 4-a. La figure 4-b montre cette même matrice avec les 1-consécutifs dans les colonnes et la figure 4-c montre les associations unitaires résultant de l'élimination des cliques non maximales de la matrice précédente.

### CONCLUSION

La méthode décrite ici est aisément applicable aux problèmes biochronologiques simples. Elle apporte en outre une simplification algorithmique qui facilite grandement la construction des associations unitaires sur micro-ordinateur. On notera toutefois que cette technique a pour effet de détruire un plus grand nombre d'arcs que celle de DAVAUD (*in* GUEx et DAVAUD 1982): 12 contre 13 dans le cas présent.

### REMERCIEMENTS

Mon ami Henri Masson a bien voulu relire et critiquer la présente note et je l'en remercie cordialement.

Travail publié dans le cadre du projet 2.685.080 du Fonds national suisse pour la Recherche scientifique.

### TRAVAUX CITÉS

- DROBNE K., 1977. Alevéolines paléogènes de la Slovénie et de l'Istrie. *Mém. suisses Pal.* 99: 1-175
- GUEx J., 1980. Calcul, caractérisation et identification des associations unitaires en biochronologie. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne* 249 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 358:: 111-126.
- GUEx J., 1981. Associations virtuelles et discontinuités dans la distribution des espèces fossiles. *Ibid.* 255 et 359: 179-197.
- GUEx J., 1984. Recherche des associations unitaires: une nouvelle technique d'optimisation. *Ibid.* 279 et 368: 63-66.
- GUEx J., 1987. Corrélations biochronologiques et Associations unitaires. *Presses Polytechniques Romandes*: 246p.
- GUEx J. et DAVAUD E. 1982.- Recherche automatique des associations unitaires en biochronologie. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne* 261 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 361: 53-69.

*Manuscrit reçu le 31 octobre 1988*