

# LES VILLAGES NÉOLITHIQUES DE CHARAVINES, ISÈRE

*sous la direction de Aimé Bocquet*



ANNEXES DU VOLUME 4

ENVIRONNEMENT

*par A. Bocquet, J.-L. Brochier, A. Ferhi, H. Richard  
et Archéolabs*

2010

### Copyright

Toute illustration, textes ou document sont reproductibles sans droit. Mais l'usage demande d'en préciser l'auteur.

Sauf indication contraire :

les textes et les photos sont de A. Bocquet

les plans et coupes sont de A. Bocquet, d'après les minutes de fouilles

les plans d'architecture sont de A. Bocquet d'après les données d'Archéolabs

les données informatiques ont été saisies en majorité par F. Vin

les illustrations ont été scannés par A. Bocquet et J. Wino

les histogrammes ont établis par A. Papet Lépine, d'après la base de données

Tous les dessins explicatifs des gestes, des matériels et des structures architecturales dus au talent de A. Houot, reposent sur les données précises fournies par l'archéologie : photos, plans au sol, environnement animal et végétal, topographie, etc. Ils sont le résultat des échanges amicaux entre l'artiste et moi-même.

En plus de leurs caractères didactique et illustratif, ce sont de véritables documents scientifiques.

**A. B.**

*Couverture : prélèvement pour l'analyse des pollens par Aline Emery-Barbier et Michel Girard*

## ANNEXES DU VOLUME 4

### ENVIRONNEMENT

#### Rapports

<b>Diagrammes palynologiques par Aline Emery-Barbier</b>	4
Analyse d'un coprolithe <i>par A. Emery-Barbier</i>	7
Analyse de coprolithes <i>par H. Richard</i>	8
Un coprolithe de carnivore <i>par H. Richard</i>	12

#### Article

Par J. L. Brochier et A. Bocquet. – 1991 - <i>Histoire d'une inondation. La couche de craie B2 du site néolithique de Charavines. 117e Congrès des Sociétés savantes, Chambéry. 1991. Pré et protohistoire.</i>	13
---	----

J.-L. Brochier – 1982 - <i>La sédimentologie lacustre spatiale : étude d'une surface d'habitat sur la station des Baigneurs, lac de Charavines</i>	30
--	----

#### Rapports

<i>Utilisation des teneurs en oxygène-18 de la matière organique d'origine végétale pour l'étude des paléoclimats : application au site archéologique de Charavines-les-Baigneurs.</i> par André FERHI	38
---	----

### EXPLOITATION DE LA FORÊT ET UTILISATION DU BOIS

#### Rapport

<i>Etude dendroclimatique des pieux de sapin de la première occupation du site néolithique de Charavines-les-Baigneurs</i> par le laboratoire Archéolabs	54
--	----

#### SÉDIMENTOLOGIE DES CAROTTES

##### MISE EN CORRÉLATION DES DEUX CAROTTES 1980

<i>Par Luc Chevallier et Philippe Rebillard</i>	83
---	----

##### RECHERCHES DES RETOMBÉES VOLCANIQUES 1978

<i>Par Luc Chevallier et Philippe Rebillard</i>	91
---	----

# DIAGRAMMES POLLINIQUES par Aline Emery-Barbier

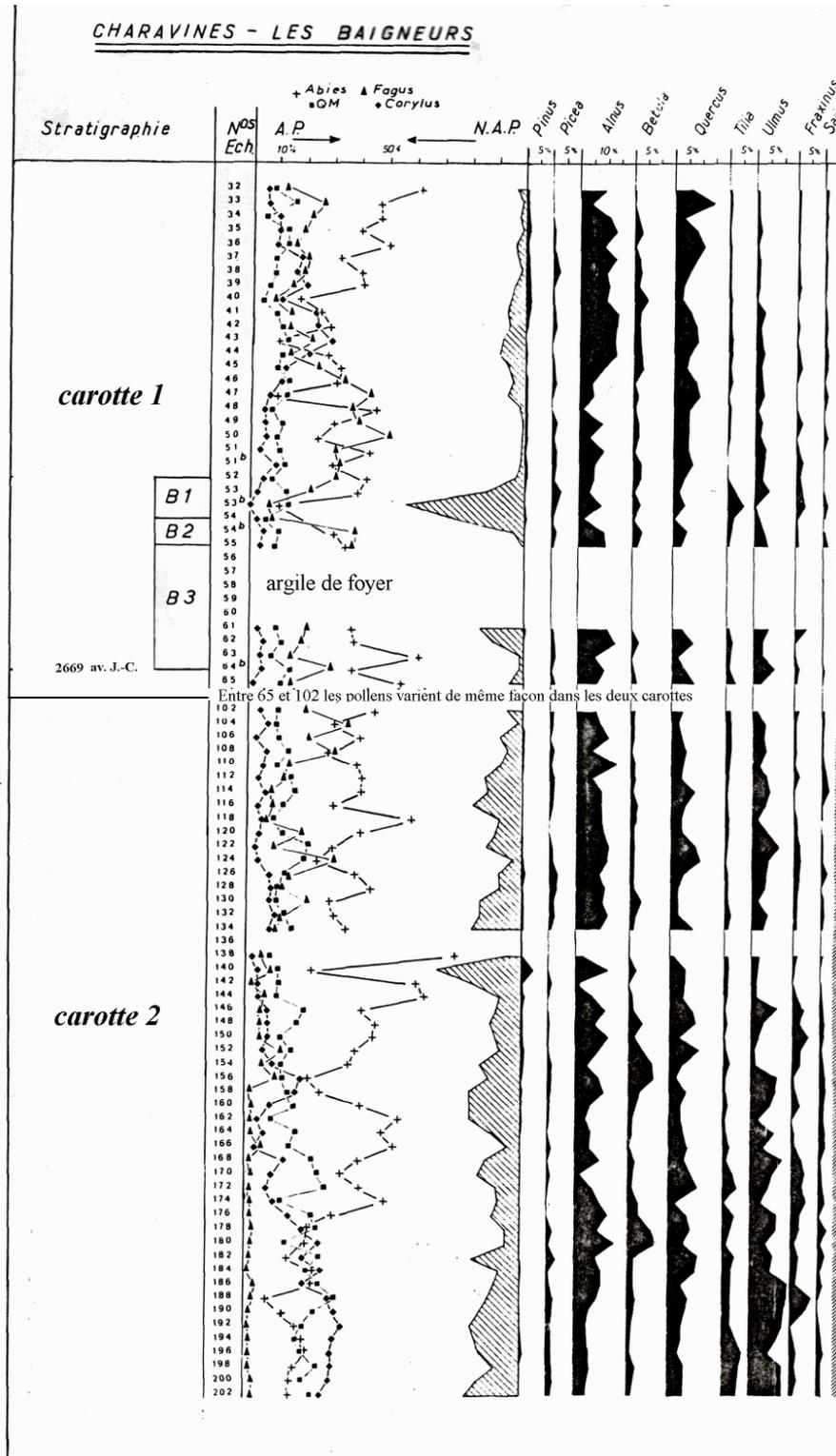
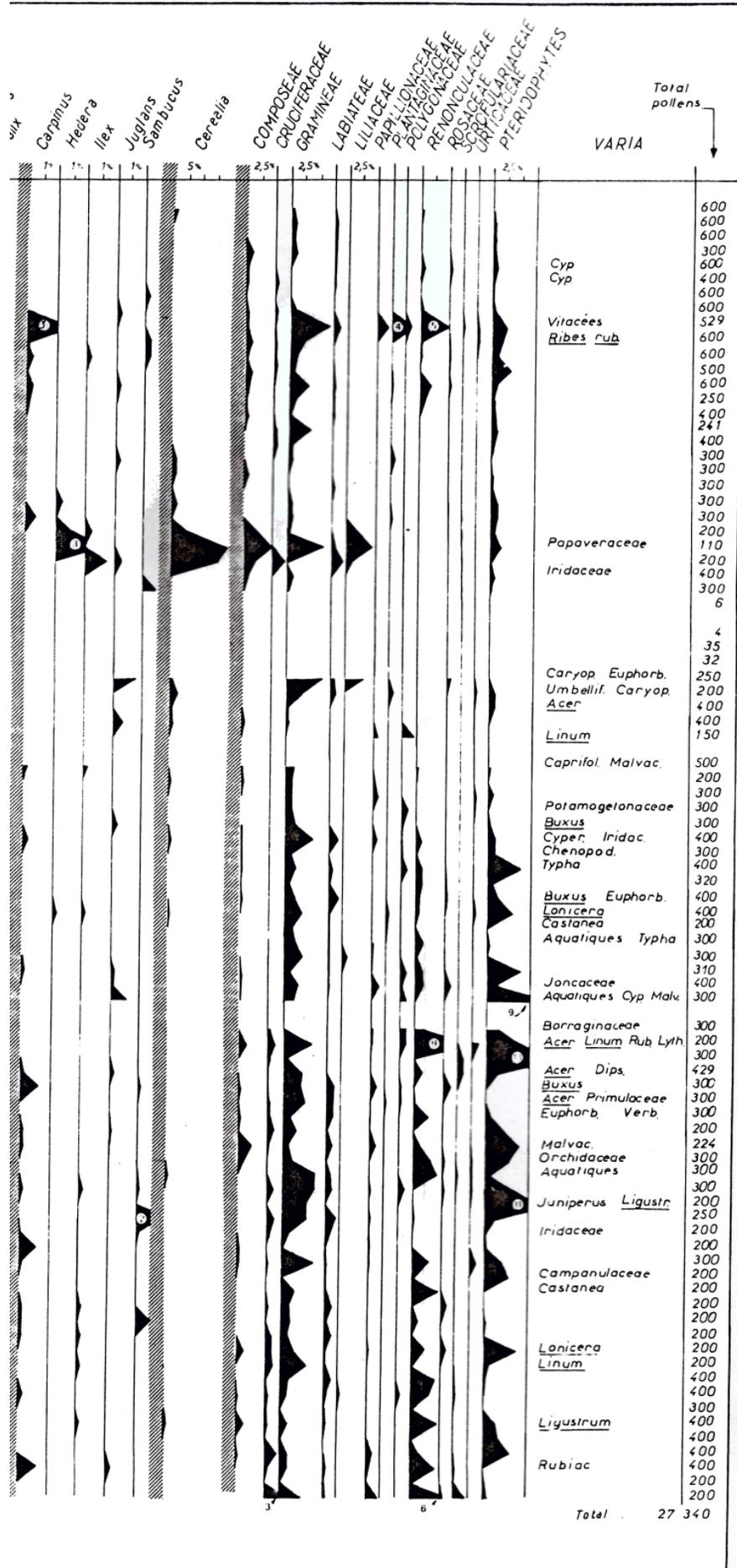


Figure 1. Diagramme pollinique des carottes 1 et 2.

Partie droite du diagramme des pollens établi par A. Emery-Barbier





## ANALYSE PALYNOLOGIQUE D'UN COPROLITHE

### L'alimentation du bétail

Aline EMERY-BARBIER  
Laboratoire de Palynologie du Musée de l'Homme

(Rapport de fouilles, 1984)

L'analyse palynologique comme celle des macrorestes végétaux sont marquées par le faible pourcentage des espèces fourragères, alors que l'élevage représente 35 à 43% de la faune domestique : bovidés (5 à 10%), chèvres (7 à 9%), moutons (3 à 5%) et porcs (15 à 25 %). Si on peut admettre un libre pâturage durant les saisons clémentes, on se posait la question sur la nature de l'alimentation du cheptel durant l'hiver, en l'absence de fourrage herbacé.

L'analyse palynologique d'un coprolithe, effectuée par A. Emery-Barbier, pourrait éclairer un peu ce problème. Sur 39 pollens, on décompte :

Hêtre : 18

Houx : 6

Graminées : 4

Aulne : 3

Sapin : 2 ;

Noisetier, tilleul, orme, crucifère, composée, fougère : 1.

On remarque, là aussi, le très faible pourcentage d'herbacées et l'abondance des pollens d'arbres, du frêne et du houx en particulier (qui représentent 60% du total).

Cette observation semble concordante à celle que l'on a pu faire sur branchettes : les feuilles (ou les faines pour le hêtre) serviraient de nourriture au bétail, les branches, coupées durant la période de végétation, seraient stockées avec leurs feuilles. Les animaux mangeraient les feuilles, les petites brindilles et l'écorce tendre, délaissant les branchettes et les branches. Celles-ci alors serviraient de combustible pour les foyers (baguettes calcinées de houx, de noisetier, de hêtre et prédominance du hêtre dans les petits charbons de bois).

Cette pratique est encore en vigueur dans certains pays à économie pauvre, comme la Yougoslavie ; les champs ouverts sont réservés à la culture des céréales pour les humains et non au fourrage pour le bétail.

Ces premiers résultats nous inciteront à pratiquer d'autres analyses sur divers coprolithes, dont on s'efforcera à connaître l'origine spécifique. Des échantillons seront pris dans diverses zones du village, en fonction de l'emplacement des structures architecturales (intérieur et extérieur des maisons, ruelles, cours, etc.).

## ANALYSE POLLINIQUE DES COPROLITHES DE CHARAVINES-LES BAIGNEURS

Hervé RICHARD

Laboratoire de Chrono-Écologie, URA 35 CNRS, Faculté des Sciences  
Besançon (Doubs, France)

(Rapport de fouilles, 1986)

Une analyse de coprolithes effectuée sur le site lacustre de Clairvaux (Lambert-Jauretche *et alii*, 1983) avait abouti à de nombreuses questions restées sans réponse ; nous pensions grâce aux coprolithes de Charavines, plus nombreux, en éluder quelques-unes. Malheureusement, de nouveaux problèmes se sont posés comme la mauvaise conservation et la pauvreté de ces échantillons qui rendent toute interprétation difficile voire aléatoire.

Les échantillons de Clairvaux, quand ils n'étaient pas carbonisés, étaient riches en matériel sporo-pollinique, nous avons donc préparé les 4 premiers échantillons de Charavines comme ceux de Clairvaux, c'est-à-dire avec la méthode dite NaOH. Un premier décompte au microscope a démontré l'extrême pauvreté de ces échantillons. Ils ont alors été préparés avec la méthode employant une liqueur lourde : la solution de Thoulet. Une nouvelle fois, malgré les performances de cette méthode de concentration, les échantillons se sont révélés très pauvres.

Les tableaux 1 et 2 rassemblent les résultats des 26 échantillons analysés à ce jour : 23 échantillons de l'ensemble B3 et 3 de l'ensemble B1. Avant préparation les échantillons étaient soigneusement lavés et lorsqu'ils étaient suffisamment gros la carapace extérieure était éliminée et seule la partie intérieure était analysée (indication "cœur" sur le tableau 1). Les résultats des sept échantillons les plus riches sont exprimés en pourcentages, les autres en nombre de pollens.

Ces analyses posent de nombreux problèmes interprétatifs. Il faut d'abord essayer de saisir la cause de la dégradation des pollens. En effet, les coprolithes de Clairvaux - à peu près contemporains et conservés dans le même milieu - sont riches, les excréments frais sont extrêmement riches : une crotte de mouton peut renfermer plus de 10.000 pollens parfaitement conservés.

Des analyses effectuées sur des coprolithes carbonisés montrent une suppression presque totale des spores et des pollens, on peut alors se demander si une grande partie des coprolithes de Charavines n'a pas été altérée par carbonisation, sans exclure d'autres interventions physico-chimiques. Ensuite, les résultats montrent de nombreuses incohérences : comment par exemple expliquer la sur-représentation du hêtre (41 pollens sur 54) dans l'échantillon 25. 0 B3, les 31 pollens de lierre sur 80 dans l'échantillon 27.30 B3, les 30,4% de céréales dans 29.28 B3.

L'analyse d'excréments frais actuels montre, ce qui est parfaitement logique, une écrasante majorité (plus de 99%) de pollens de plantes herbacées, or ici les pollens d'arbres ou d'arbustes représentent souvent plus de la moitié des pollens comptés. Seul l'échantillon 29.28 B3, et éventuellement le 29.32 B3 trop pauvre malheureusement, pourrait se rapprocher de l'image pollinique attendue dans ce genre d'échantillon, c'est-à-dire en majorité herbacée avec une dominance pour ce cas précis de céréales, de cichoriées et de rosacées. Mais là aussi ce régime alimentaire colle difficilement avec ce qu'on sait de l'environnement végétal de cette époque. Et même s'il est probable que les moutons paissaient dans des prairies largement envahies par des arbres et arbustes et également en forêt, il est inconcevable de retrouver des pollens de plantes fleurissant à la fin de l'hiver comme le noisetier et l'aulne dans le même coprolithe, donc normalement ingérés en même temps que des pollens de plantes de fin de printemps comme le sapin, le pin et le chêne (cf. échantillon 27.20 B3, 25.8 B1).

Lors de l'analyse des coprolithes de Clairvaux et face à ce problème identique avait été envisagée l'éventualité d'une pollution des excréments lorsqu'ils étaient encore frais par les niveaux encaissants. Une comparaison des résultats obtenus ici avec les analyses effectuées sur les niveaux d'où proviennent ces coprolithes apporterait peut-être quelques éléments de réponses supplémentaires.

## **Bibliographie**

LAMBERT-JAURETCHE G., PETREQUIN P et RICHARD H., 1983. Périodicité de l'habitat lacustre néolithique et rythmes agricoles. *L'Anthropologie*, t. 87, n° 3, p. 393-411, 11 fig.

TRIANGLE	21,29	23,1	25,0	25,05	27,12	27,20	27,23	27,30	29,8	29,28	29,32	31,11	31,15	33,12	35,10	35,16	35,22	35,24	35,28	37,9	37,12	37,28	39,27	
Abies-Sapin		1				16,2	1		10			1	1,6	11			36,0	2		2,3	9		2	
Acer-Erable						0,6				0,5			0,8						1					0,5
Alnus-Aulne	1	2	1	3	1	10,1	2	10	2	1,4	5		4,7	2				1	3		8,6	4	5,0	1
Betula-Bouleau						1,1		2		0,5									1			2	0,9	1
Corylus-Noisetier	2	1	6	5	2	25,1	7	5	15	1,8	2	2	25,2	16	3	1	2,5	4	2	32,2	12	8,1	10	
Fagus-Hêtre		3	41	5	1	2,2	15	1	22	0,9		1	32,3	18	14	1	10,9	4	14	19,0	5	28,0	4	
Fraxinus-Frêne								1																1
Hedera-Lierre	1		1			0,6			31			1			2			1	8	10,3	1			
Juniperus-Genévrier									1									1	1					
Pinus-Pin				2	1	12,3	3	2	3	0,5		2		2	3	2	0,4	1	3	1,1			0,5	
Quercus-Chêne		1			1	3,9		1			1		3,9	9	2	1	0,8		3	4,0	1	8,1	2	
Salix-Saule				1			1						1,6	1			0,4						0,5	
Tilia-Tilleul						1,1			3			1	1,6	1	1	5	2,5	1	1	1,7			4,5	2
A.P	4	8	49	16	6	73,2	29	53	56	5,6	8	8	71,7	59	25	11	55,2	15	35	79,3	34	56,1	22	
Graminées		1			1	2,2	8	2	5	1,8	1		3,9	3	1	2	2,1		12	10,3	6	1,8	4	
Cypracées								1					0,8			1							0,5	
Céréales										30,4		1	2,4				0,4	1					4	0,5
Artemisia									3			1	0,8	2		1	1,3		1				1	
Cicloriées	3	7	3	1		3,9	3	22	2	20,3	18	2	7,9	1	2			3					26,2	2
Centaurea									0,9															
Caryophyllacées	1			1		0,6		1		4,1		1	0,8	1				2		2,9	1	1,8		
Carduus type		1			1	0,6		1		3,2				2		0,4				0,6			1	
Anthémidées	1			1						3,2				1	3	1			1	0,6	1			
Ombellifères		1	1	2	1	0,6	1		2	4,6	5	2	2,4		2		0,8	1	1	2,9	1		2	
Renonculacées						0,6			2	1,4										1,1				
Rosacées							2		1	22,6	1		7,9	2	2					2,3	1		2	
Oenothéracées				1						1,8	6													
polypodium		5				18,4	2		1			1	1,6	2			1,7		2				13,1	
N.A.P.	5	15	5	7	3	26,8	16	27	16	94,4	31	8	28,3	14	9	7	44,8	8	17	20,7	24	43,9	13	
Total	9	23	54	23	9	179	45	80	72	217	39	16	127	73	34	18	239	23	52	174	58	221	35	
Monolés	18	58	3	21		48	32	10	3	41	10	31	108	4	18	108	18	28	117	178	98	12	28	
Indéterminés	2	8		2	7		6		6	29	3	6		1				6	1		3			

Tableau 1. Analyse pollinique des 23 échantillons de coprolithes de la couche inférieure (B3). Lorsque le total des pollens par niveau était insuffisant les résultats sont en % sinon en nombre absolus.

<b>TRIANGLE</b>	<b>21.02</b>	<b>25,8</b>	<b>37,24</b>
<b>Abies-Sapin</b>		<b>14,2</b>	<b>5</b>
<b>Acer-Erable</b>			<b>1</b>
<b>Alnus-Aulne</b>	<b>10</b>	<b>12,1</b>	<b>2</b>
<b>Betula-Bouleau</b>		<b>0,5</b>	<b>2</b>
<b>Corylus-Noisetier</b>	<b>13</b>	<b>27,9</b>	<b>18</b>
<b>Fagus-Hêtre</b>	<b>14</b>	<b>4,2</b>	<b>3</b>
<b>Frasinus-Frêne</b>		<b>0,5</b>	
<b>Hedera-Lierre</b>			
<b>Juniperus-Genévrier</b>			
<b>Pinus-Pin</b>	<b>5</b>	<b>5,8</b>	<b>2</b>
<b>Quercus-Chêne</b>	<b>2</b>	<b>5,8</b>	<b>4</b>
<b>Salix-Saule</b>			
<b>Tilia-Tilleul</b>	<b>3</b>	<b>3,2</b>	<b>2</b>
<b>A.P</b>	<b>47</b>	<b>74,2</b>	<b>39</b>
<b>Graminées</b>		<b>3,7</b>	<b>4</b>
<b>Cypéracées</b>			
<b>Céréales</b>			<b>1</b>
<b>Artemisia</b>	<b>1</b>		<b>1</b>
<b>Cichoriées</b>	<b>13</b>	<b>7,9</b>	
<b>Centaurea</b>			
<b>Caryophyllacées</b>	<b>2</b>	<b>1,1</b>	<b>1</b>
<b>Carduus type</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>	
<b>Anthémidées</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>	
<b>Ombellifères</b>			
<b>Renonculacées</b>			<b>1</b>
<b>Rosacées</b>			
<b>Oenothéracées</b>		<b>5,3</b>	<b>3</b>
<b>polypodium</b>	<b>5</b>	<b>6,8</b>	<b>11</b>
<b>N.A.P.</b>	<b>23</b>	<b>25,8</b>	<b>22</b>
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>190</b>	<b>61</b>
<b>Monolètes</b>	<b>111</b>	<b>41</b>	<b>31</b>
<b>Indéterminés</b>			<b>3</b>

Tableau 2. Analyse pollinique des 3 échantillons de coprolithes de la couche supérieure (B1). Lorsque le total des pollens par niveau était suffisant les résultats sont exprimés en pourcentages (caractères en gras), sinon ils sont exprimés en nombres absolus (caractères normaux).

## UN COPROLITHE DE CARNIVORE ( ? )

### ANALYSE PALYNOLOGIQUE

Hervé RICHARD

Laboratoire de Chrono-Écologie, URA 35 CNRS, Faculté des Sciences  
Besançon (Doubs, France)

(Rapport de fouilles, 1987)

La détermination de ce morceau de coprolithe (?) n'est pas facile. Il faut supposer, qu'étant fortement carbonisé, il a perdu une partie importante de son volume (trouvé en 2.34. couche B1).

A partir de là, sa forme pointue permet d'avancer qu'il s'agit d'un coprolithe de carnivore : renard (?) ou chien (?). Autre possibilité moins évidente, sa forme étant très légèrement vrillée, il peut s'agir du coprolithe d'un gros mustélidé : blaireau peut-être.

La carbonisation a également détruit presque entièrement le contenu sporo-pollinique. De plus, pour éviter sa destruction, quelques mm<sup>3</sup> seulement ont été prélevés.

La préparation chimique a fait appel à une liqueur lourde : la solution de Thoulet.

L'analyse totale du culot obtenu après cette préparation n'a donné que 20 pollens déterminables : deux *Betula*, cinq *Corylus*, un *Pinus*, six graminées, deux cichoriées, un *Artemisia*, un rubiacée, un céréale, un *Rumex* et un pollen indéterminable.

Un nombre aussi faible ne permet pas de proposer de conclusions sérieuses. Il faut noter simplement que les herbacées sont légèrement dominantes (12 pollens/20).

## HISTOIRE D'UNE INONDATION : LA COUCHE DE CRAIE B2 DU SITE NÉOLITHIQUE DES BAIGNEURS A CHARAVINES, LAC DE PALADRU, FRANCE

par Jacques-Léopold BROCHIER \*, Aimé BOCQUET \*\*

### Résumé

L'étude est focalisée sur la couche de craie B2 interstratifiée entre deux couches organiques d'occupation du site néolithique des Baigneurs. Le verrouillage de l'étude sur une seule couche ainsi que la mise en place de nouvelles méthodes d'investigation comme l'analyse d'image à l'ordinateur et la micromorphologie conduisent à mieux interpréter ce type de séquence stratigraphique en milieu lacustre. La couche de craie B2 est ici le fait d'une inondation exceptionnelle pluri-séculaire non d'une transgression à valeur climatologique.

### 1. LE SITE DES BAIGNEURS

Entre Lyon et Grenoble, au cœur des vallons du Bas-Dauphiné, le lac de Paladru, d'origine glaciaire, a conservé une station littorale du Néolithique récent dont la dendrochronologie situe l'installation entre 2750 et 2730 av. J.-C. S'étendant sur une superficie de 1 500 m<sup>2</sup> environ, 450 m<sup>2</sup> ont été fouillés par méthode subaquatique entre 1972 et 1986 (Bocquet *et alii*, 1987 ; Bocquet, 1990).

#### 1.1. La stratigraphie

Deux couches archéologiques (A-B1 en haut et B3 en bas) enserrant un niveau crayeux dépourvu d'artéfacts (B2) sur la plus grande partie de la surface du site (fig. 1 et 3). La couche supérieure a été subdivisée en partie haute (A) qui ne conserve que des éléments minéraux (silex, céramique, argile et pierres de chauffe) et en partie basse (B1) formée d'un fumier anthropique à dominante organique (bois, feuilles, graines, mousses, etc.). La couche A est le résidu minéral du fumier primitif débarrassé par lessivage de ses composants organiques. On ne la retrouve que dans les zones les plus élevées du site, où elle constitue parfois tout le niveau supérieur qui vient au contact direct du niveau intermédiaire stérile (B2). Ce niveau supérieur A-B1 a une épaisseur qui varie de 5 à 20 cm, en fonction de sa position altimétrique. La périphérie du site, plus basse, possède une couche B1 plus épaisse.

La couche inférieure B3 est, elle aussi, constituée d'un « fumier » organique assez semblable à B1. Sa plus grande épaisseur (15 à 20 cm) et son bon état de conservation se retrouvent également sur la périphérie vers le lac (du nord au sud-est), là où son altitude est la plus faible. Ailleurs elle est très altérée, et les matières périssables sont plus rares, souvent en mauvais état et elle n'est représentée, dans la zone sommitale, que par un fin liseré jaunâtre contenant un peu de céramique ou de charbon de bois. Tout se passe comme si les points

\* *Laboratorium für Urgeschichte der Universität, Altere und Naturwissenschaft Abteilung, Basel, CH.*

\*\* *Directeur du Centre National de Recherches Archéologiques Subaquatiques, membre de la Section de Pré et Protohistoire du CTHS.*

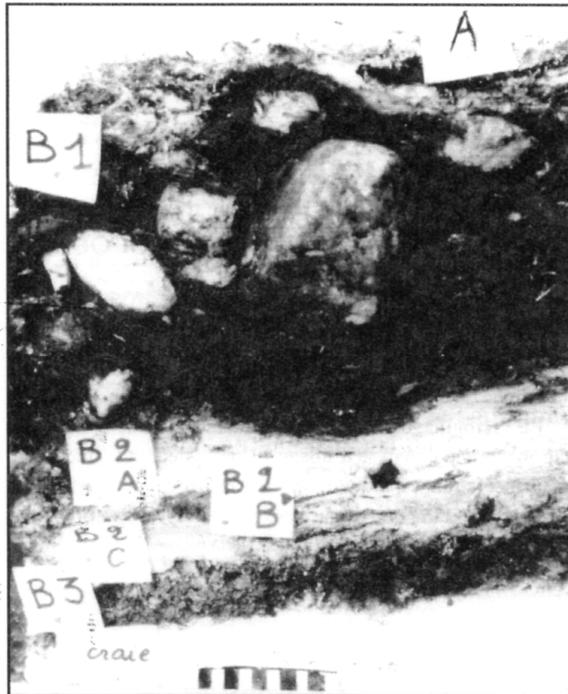


Fig. 1 — Charavines-les-Baigneurs.

Bloc de terrain montrant la texture et la nature des couches. Fumier très organique à la base (B3) au contact de la craie lacustre. Limon et craie stérile (B2) subdivisée en B2C en-dessous des lits d'écorces et un gros charbon de bois (B2B), et au-dessus en B2A. Dans ce témoin les divers composants de la couche B2 sont tout particulièrement nets. Fumier épais supérieur (B1) feutré et organique avec pierres de chauffe (quartzites éclatés) et sa partie sommitale lavée (A).

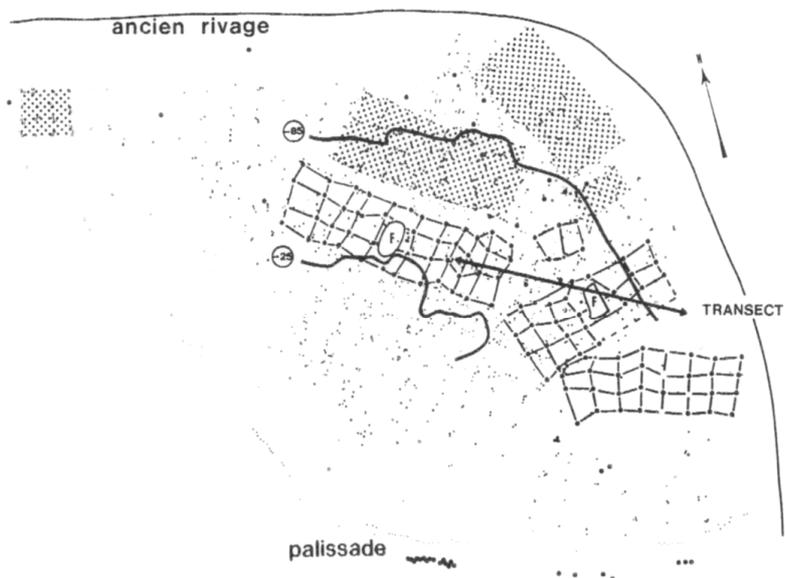


Fig. 2 — Charavines-les-Baigneurs.

Plan des structures lors de la 2<sup>e</sup> année de la première occupation (en tramé : structures construites la 1<sup>ère</sup> année). Courbes des niveaux relatifs - 25 et - 85 cm de la couche B3 et axe du transect suivant lequel se répartissent les carottes étudiées.

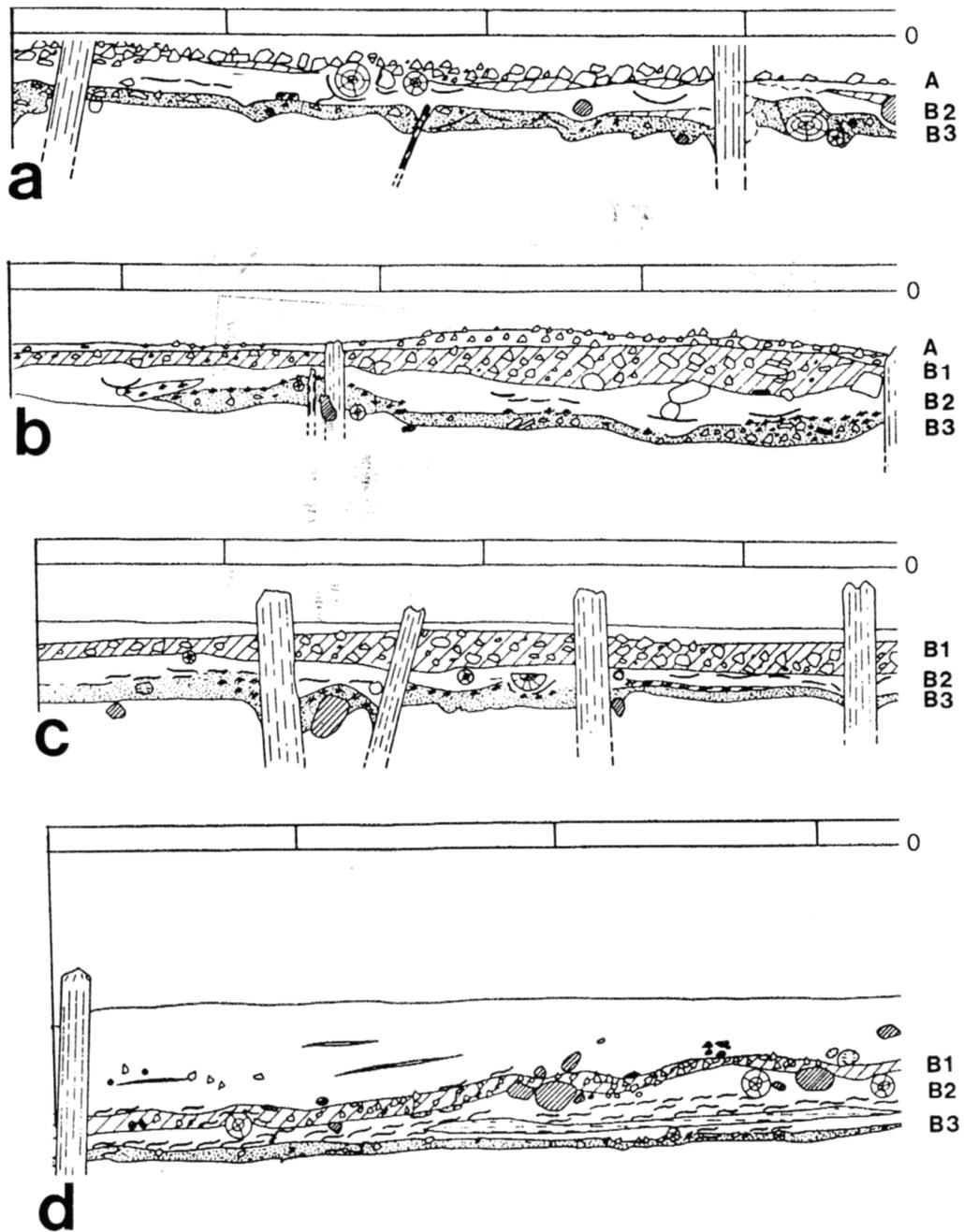


Fig. 3 — Stratigraphie.

- a. Pres du sommet de la station : la couche supérieure est réduite aux seuls éléments minéraux (couche A).
- b. La couche supérieure est composée d'éléments minéraux lavés (couche A) et en-dessous elle conserve ses composants organiques (couche B1). Une portion de la couche inférieure (couche B3) a été érodée ; la partie conservée était protégée par un madrier calciné et le voisinage de pieux.
- c. La couche supérieure épaisse a conservé tous ses composants organiques (couche B1). Ici la surface de la couche inférieure (couche B3) est couverte de charbons de bois, de bois calcinés issus de l'incendie du premier habitat, et du classement par l'eau.
- d. Partie profonde de la station, près du lac. La couche moyenne (B2) possède une grosse densité d'écorces. Au-dessus de la couche supérieure B1 existent des éléments issus de sa dislocation dans les parties hautes après l'abandon du site. En a, c et d dans la couche B2 stérile, les madriers horizontaux sont toujours disposés au-dessus du niveau à écorces.

hauts du village, (jusqu'à notre cote relative de - 25 cm de la fig. 2) avaient été lessivés à peu près complètement. Entre les altitudes relatives de - 25 cm et - 85 cm, le fumier est mieux conservé mais son épaisseur est faible, de l'ordre de 5 à 10 cm. Ce n'est qu'en-dessous de - 85 cm que B3 a dû conserver sa puissance d'origine, entre 15 et 25 cm. On peut donc imaginer des variations du niveau du lac qui auraient érodé complètement les points hauts de la station (environ - 5 cm) et partiellement les surfaces comprises entre - 25 et - 85 cm de notre planimétrie (fig. 2).

La couche intermédiaire B2 est constituée de limon crayeux où se remarque parfois un litage, fins niveaux sombres et plus clairs. Son épaisseur est à peu près constante sur tout le site (de 10 à 15 cm) et ne possède macroscopiquement d'autres artefacts que de longs madriers et un lit plus ou moins continu d'écorces généralement placé au centre de la couche (B2B sur figure 1). Les 45 madriers analysés par la dendrochronologie (Archéolabs) ont leur origine à la première occupation : ce sont les vestiges effondrés des premières structures abandonnées.

La couche B3 repose partout sur une craie lacustre stérile reconnue sur au moins 4 m 50 d'épaisseur. Dans les zones les plus élevées la couche A-B1 était recouverte de quelques centimètres de limon crayeux.

Un élément très important a pu être évalué ; c'est la durée de mise en place des couches. La dendrochronologie nous fixe les dates d'abattage des pieux pour les deux occupations (la durée de vie d'une maison ayant pu s'étendre un peu au-delà). En années relatives du site, 58 pour le début et 76 pour la fin du premier village, 116 pour le début du deuxième village, soit au maximum 40 ans d'abandon pendant lesquels s'est déposée la craie B2 plus spécialement étudiée ici.

### 1.2. Les structures

La dendrochronologie a permis de bien corréliser les pieux de sapin formant l'ossature des structures de la première occupation et leur évolution sur une vingtaine d'années. On y discerne des maisons rectangulaires d'environ 8 à 12 m de long sur 4 à 5 m de large avec chapes foyères centrales. D'autres bâtiments sont plus petits et de forme irrégulière (fig. 2).

### 1.3. Les carottages

Des tubes de PVC de 18 cm ont été systématiquement enfoncés dans les couches avant la fouille. Les carottes, chemisées de PVC, une fois extraites étaient soigneusement scellées afin d'en conserver l'humidité en attendant d'être exploitées pour diverses analyses spécialisées (botanique, sédimentologie). Certaines de ces carottes sélectionnées suivant un transect quasi linéaire (fig. 2) ont permis ici l'étude d'une couche qui n'avait pas fait l'objet d'une attention particulière au cours de la fouille parce que archéologiquement stérile.

## 2. UNE ÉTUDE FOCALISÉE SUR LA COUCHE DE CRAIE B2

L'étude des sédiments sur le site des Baigneurs a pris deux directions. L'une est spatiale et s'attache à suivre les variations de faciès sédimentaires à la surface d'une même couche d'habitat, liées à des activités humaines différentes (ethnofaciès sédimentaires). L'autre est focalisée sur la couche de craie B2. Cette couche est représentative de séquences, typiques en archéologie lacustre, de couches de craies interstratifiées dans des « fumiers » organiques d'habitat. Sur ces discontinuités sédimentaires, très contrastées (noir/blanc) reposent une bonne part des interprétations sur les phases de transgressions et régressions lacustres, ainsi que sur les cycles de l'habitat humain.

Plutôt que de travailler sur de longues séquences sédimentaires, nous avons ici choisi de resserrer l'observation sur une seule couche. La logique d'interprétation habituellement adaptée à une succession de couches différentes s'en trouve ainsi déplacée. Le temps est raccourci ;

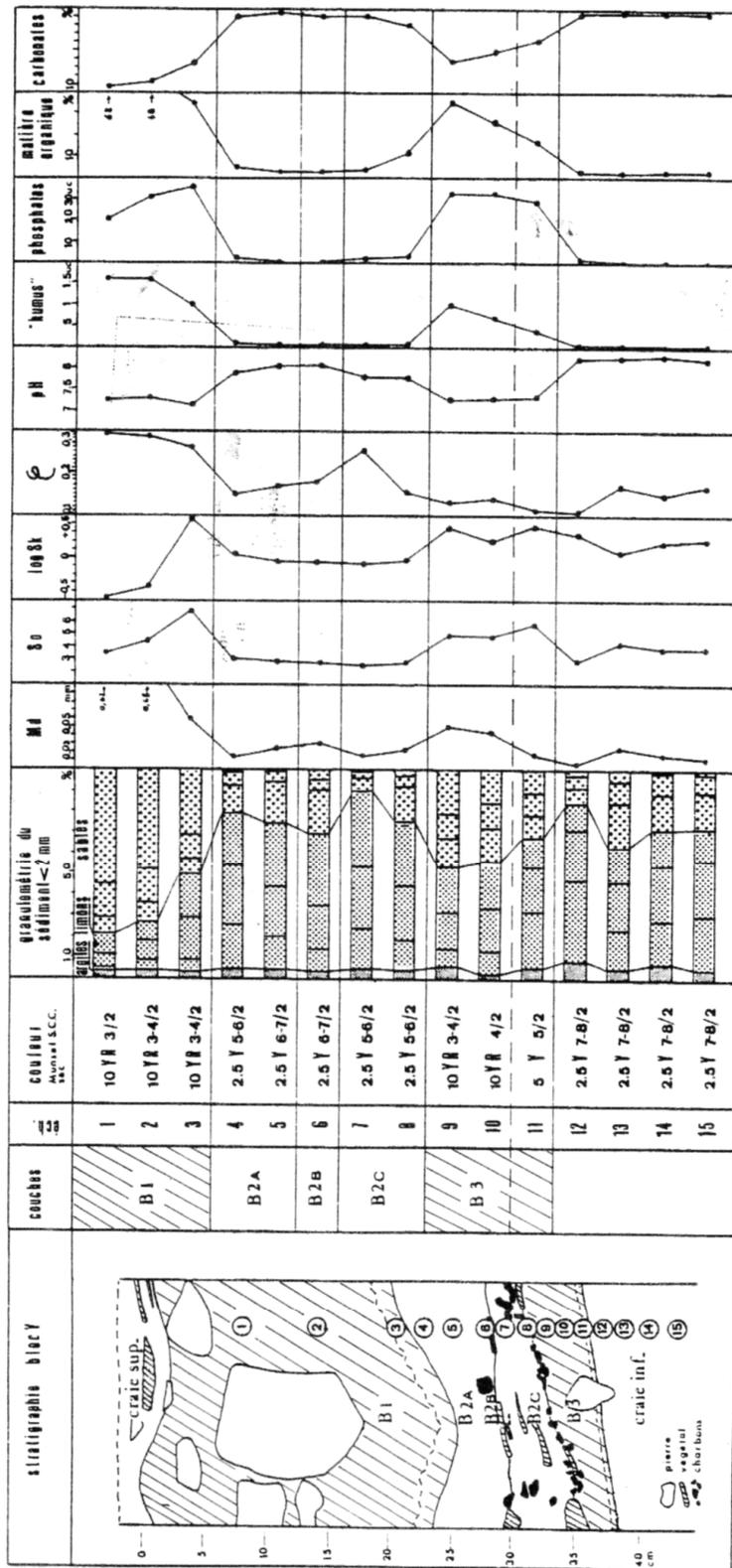


Fig. 4 — Stratigraphie de Charavines-Baigneurs, bloc Y : caractères granulométriques et géochimiques.

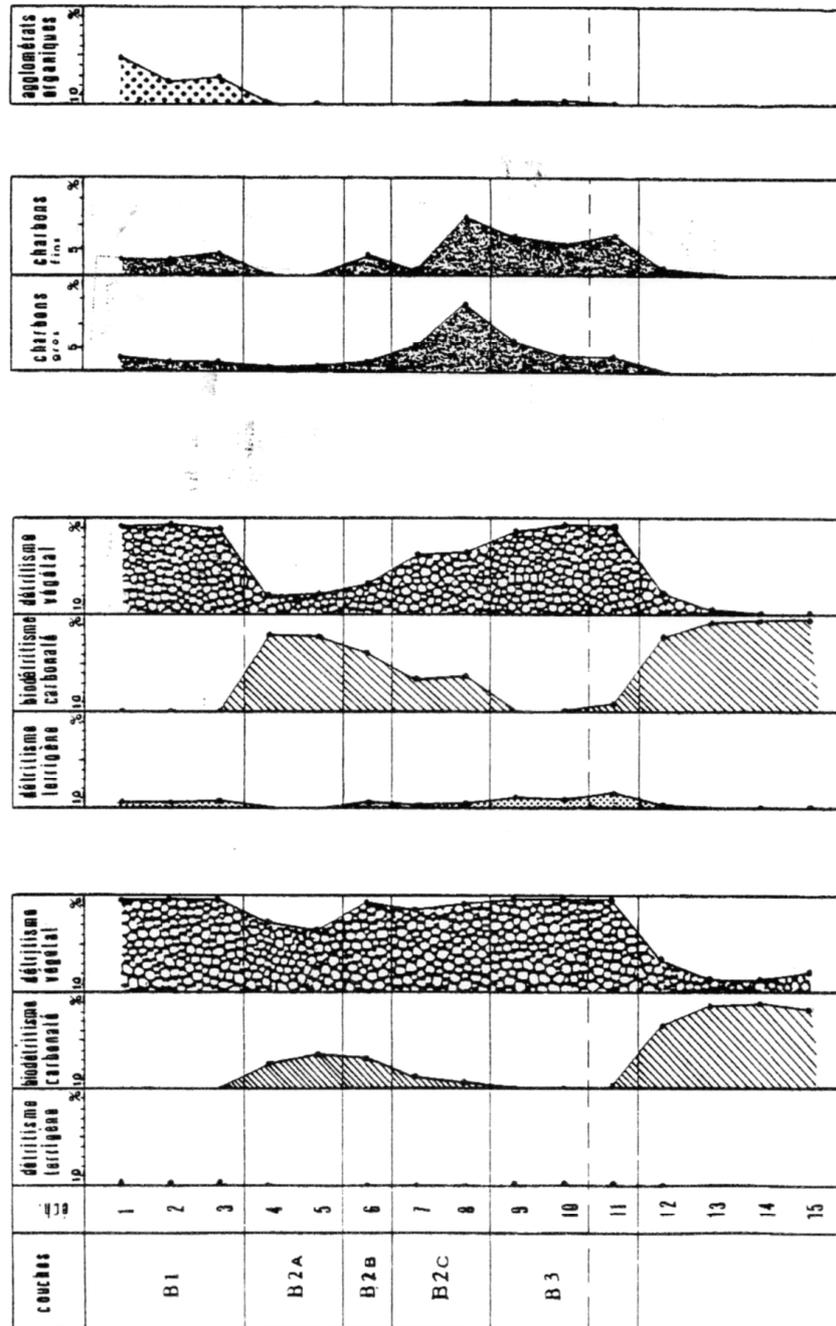


Fig. 5 — Stratigraphie de Charavines-Baigneurs, bloc Y : 5a composition de la fraction sableuse de 0,6 à 2 mm, détritisme terrigène, biocarbonaté, végétal ; 5b composition de la fraction sableuse de 0,2 à 0,6 mm ; 5c teneur en charbons de bois dans les fractions 0,6 à 2 mm et 0,2 à 0,6 mm ; 5d présence d'agglomérats organiques (granules de matières fécales indurées de 0,6 à 2 mm).

la compréhension des problèmes se pose de façon plus aigüe, voire incontournable. Pour cette approche stratigraphique, ciblée sur un seul niveau, des méthodes d'analyses spécifiques ont été mises en place pour « disséquer » cette couche. La sédimentologie classique (géochimie, granulométrie, comptages à la loupe binoculaire, etc.) a permis en un premier temps de caler les grands ensembles (Bocquet *et alii*, 1987) (fig. 4). Il s'agissait maintenant de suivre centimètre par centimètre la formation de cette couche B2 ce qui excluait les prélèvements de sédiments habituels. Afin d'obtenir une vision non perturbée des phénomènes successifs, la micromorphologie et l'analyse d'image à l'ordinateur se sont révélées être les méthodes analytiques les plus propices et non destructrices permettant d'aboutir à un schéma d'interprétation de la formation de cette couche.

### 3. LA MICROMORPHOLOGIE APPLIQUÉE AUX SÉDIMENTS LACUSTRES ET ANTHROPIQUES CONSERVÉS EN MILIEU LACUSTRE

Le sédiment prélevé sans perturbation en tubes carottés est induré par des résines, puis découpé en sections minces (« lames minces ») qui peuvent alors être observées sous le microscope en lumière naturelle ou polarisée. Cette approche est maintenant couramment utilisée sur les sites archéologiques en milieu terrestre (Courty, Fedoroff, Guilloché, 1987 ; Courty, Goldberg, Macphail, 1989). C'est à notre connaissance la première fois (avec le site médiéval voisin de Charavines-Colletière) qu'elle est appliquée sur un site archéologique en milieu humide. Elle est plus usuellement pratiquée dans le cas de l'étude géologique de carottages lacustres (Merkt, 1971 ; Clark, Merkt, Müller, 1989 ; Brochier-Moulin, sous presse).

Treize grandes lames minces (67 mm x 140 mm) ont été confectionnées à partir de carottes de 9 cm de diamètre extraites du site au cours de la fouille. Il est possible de suivre sur la même lame l'évolution des faciès sédimentaires de la couche d'habitat B3, de la craie interstratifiée B2, et de la base de la nouvelle couche d'occupation B1. Les chutes de fabrication (carottes indurées sectionnées par le milieu) ne sont pas jetées mais utilisées. Une fois polies elles constituent un document permettant une lecture microstratigraphique fine et qui doit être conservé sous forme de lithothèque.

L'étude au microscope permet d'isoler des figures sédimentaires propres au mode de dépôt.

#### 3.1. Des figures caractéristiques d'un dépôt en milieu atterri

— Des agrégats cendro-charbonneux qui, vu le pouvoir de dispersion de ces particules fines, nécessitent une phase asséchée pour se constituer.

— Une pâte organique sans présence minérale à débris végétaux plus ou moins grossiers, hétérogènes, non organisés, non triés par l'eau (fig. 6).

— La présence minérale, lorsqu'elle existe au sein de cette pâte organique est d'origine détritique terrigène (quartz, feldspath, calcaires, argiles) transportée par les activités humaines. Les carbonates d'origine lacustre sont totalement absents.

— Il existe dans la phase minérale des phytolites déshabillés, c'est à dire des grains siliceux appartenant à la structure des végétaux dont la matière organique qui les recouvrait a disparu. Tout le matériel organique ne serait donc pas conservé dans ces couches. Une partie s'est dégradée au cours de conditions d'aérobiose.

Toutes ces figures s'observent au sein des couches d'habitat B1 et B3.

#### 3.2. Des figures caractéristiques de l'intervention du lac sur le milieu atterri

— Dans la pâte organique précédemment décrite prend place un plasma micritique, précipitation carbonatée d'origine lacustre.

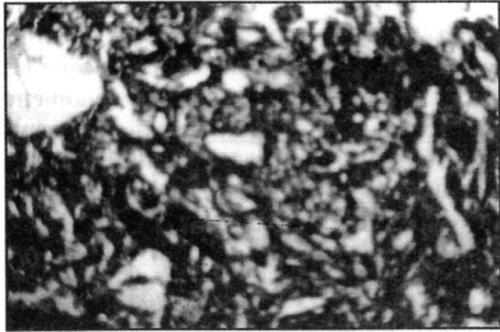


fig. 6

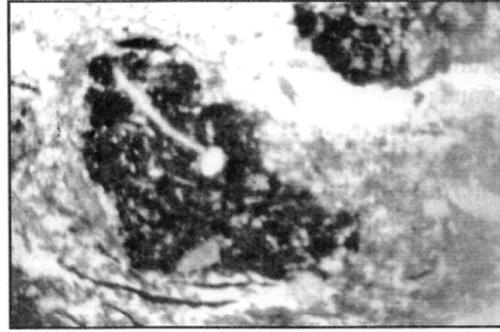


fig. 7



fig. 8

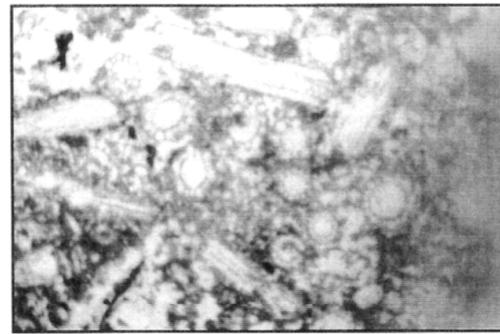


fig. 9

Fig. 6 — Microphotographie, couche B1, faciès terrestre : pâte organique, débris végétaux divers, grains minéraux cristallins et calcaires épars, d'origine anthropique, absence d'organisation, structure très hétérogène.

Fig. 7 — Microphotographie, couche B3, faciès terrestre repris par le lac : nodules organiques résultant du démantèlement de la couche archéologique, pris dans une pâte micritique d'origine lacustre.

Fig. 8 — Microphotographie, couche B2 au dessus de B3, figure de remaniement lacustre : lit de végétaux flottés pris dans une pâte micritique d'origine lacustre, matière organique fine, colloïdale, d'origine détritique (couche archéologique lessivée), microlits roses à bleu foncé en analyse d'image.

Fig. 9 — Microphotographie, couche B2, faciès lacustre : craie lacustre, faciès très biodétritique de B2 (tubes de Chara, microlits blancs en analyse d'image).

Microphotographies en lumière naturelle ; tailles des éléments quelques dizaines de microns.

— Des nodules portant des figures caractéristiques de dépôts en milieu atterri sont remaniés dans des formations carbonatées proprement lacustres. Il ne s'agit pas de bioturbations. Les couches d'habitat sont démantelées par le lac. La constitution de nodules démontre une induration préalable minimum qui n'a pu se réaliser qu'en milieu asséché (fig. 7).

— Des végétaux flottés organisés de façon litée dans une pâte organo-micritique (fig. 8).

Ces traits sédimentaires se rencontrent interstratifiés dans la couche B3 dans les secteurs les plus bas, et là où la couche d'inondation B2 remanie la couche d'habitat B3.

### 3.3. Les faciès sédimentaires lacustres propres à la craie B2

— Un faciès biodétritique à très nombreux tubes et oogones de characées qui constitue les lits les plus clairs (fig. 9).

— Un faciès carbonaté grossier à sparite avec plus ou moins de tubes et oogones de characées.

— Un faciès à lits de végétaux flottés, plus ou moins chargés en matière organique colloïdale fine, donc plus ou moins foncés.

De façon générale, on observe une bipartition de la couche B2 :

— Sur la moitié inférieure : des faciès carbonatés plus micritiques et plus chargés en matière organique colloïdale et en débris végétaux grossiers répartis en lits flottés.

— Sur la moitié supérieure : des faciès carbonatés plus sparitiques, très biodétritiques à très nombreux tubes et oogones de characées.

La craie sous jacente à la couche B3 ne présente pas les faciès sédimentaires de B2, elle est notamment plus micritique. On ne retrouve le faciès sparitique et biodétritique à débris de characées que 50 cm en dessous de B3 dans la carotte CHARA B 39-30.

## 4. L'ANALYSE D'IMAGE A L'ORDINATEUR

Les carottes reproduisant la séquence sédimentaire complète (craie inférieure — couche d'habitat B3 — craie B2 — couche d'occupation B1) sont digitalisées par bandes de 20 cm à partir d'une image vidéo obtenue par une caméra à plaque CCD. Des logiciels permettent un dosage et équilibrage par ordre, équivalence et contraste des fausses couleurs par rapport aux couleurs réelles. L'image en fausse couleur conduit à une lecture plus élaborée, plus pointue de la stratigraphie (Brochier, Estienne, 1988 ; Brochier, 1990). L'analyse d'image permet un calage des niveaux colorés sous forme de diagrammes (fig. 10). Chacune de ces fausses couleurs est rapportée par l'analyse géochimique et l'étude au microscope à des types précis de dépôts.

### 4.1. L'exemple de l'image en fausses couleurs de la carotte CHARA B 7-36 (fig. 10)

Nous la subdiviserons pour s'implifier en 5 valeurs de couleurs :

1. Brun noir : matériel très organique non remanié par l'eau, couches B1 et B3
2. Brun orangé : matériel toujours très organique mais possédant une fraction minérale plus développée qui peut être d'origine lacustre (remaniement de la couche par le lac), ou terrigène (apports humains, et dégradation en aérobiose)
3. Roses : limons carbonatés d'origine lacustre chargés de matériel détritique organique flotté provenant du lessivage des couches d'habitat
4. Bleu foncé : ce sont des limons carbonatés moins organiques que les précédents mais ayant une légère charge détritique, organique et minérale colloïdale

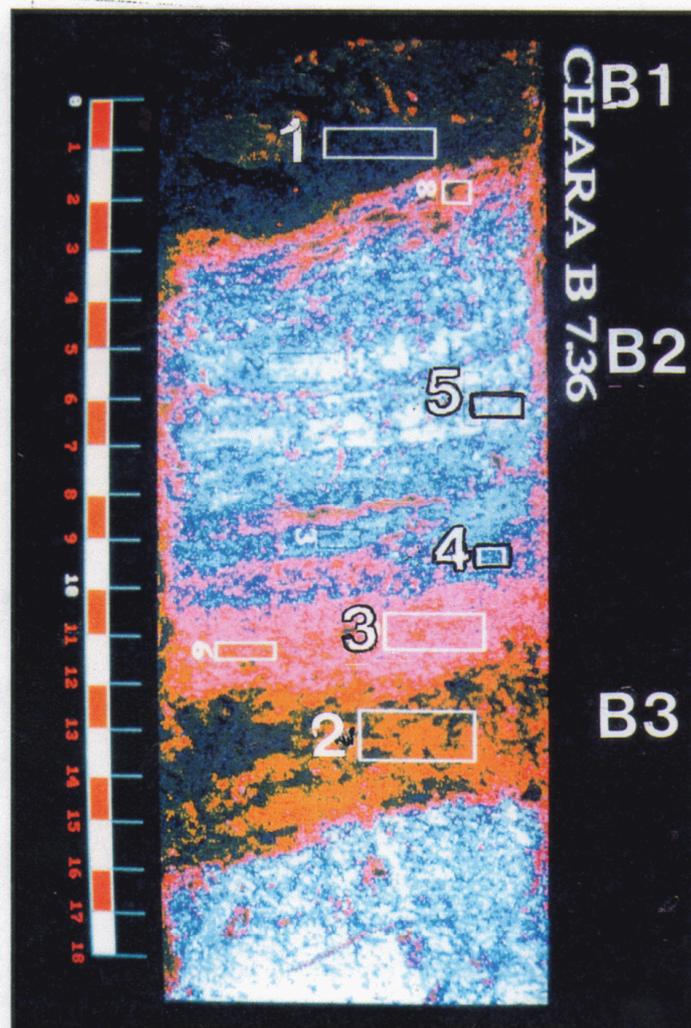


Fig. 10 — Analyse d'image à l'ordinateur en fausses couleurs sur la carotte CHARA B. 7-36, diagrammes de couleur par microniveaux (explications détaillées dans le texte) : 10-1, terrestre non touché par le lac ; 10-2, terrestre légèrement repris par le lac ; 10-3, largement remanié par l'eau ; 10-4, craie à légère charge détritique bio-minérale ; 10-5, craie très bio-détritique.

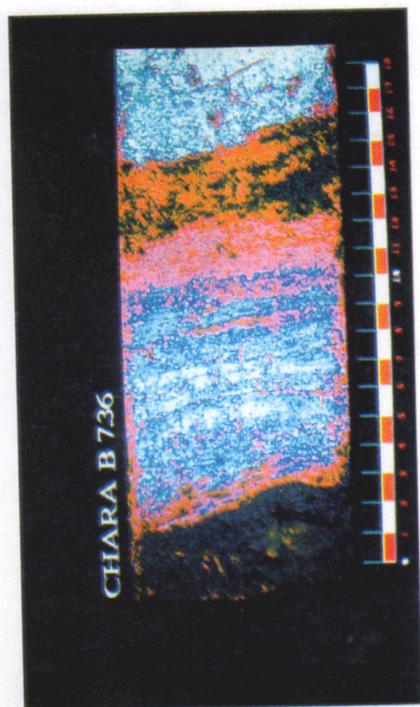
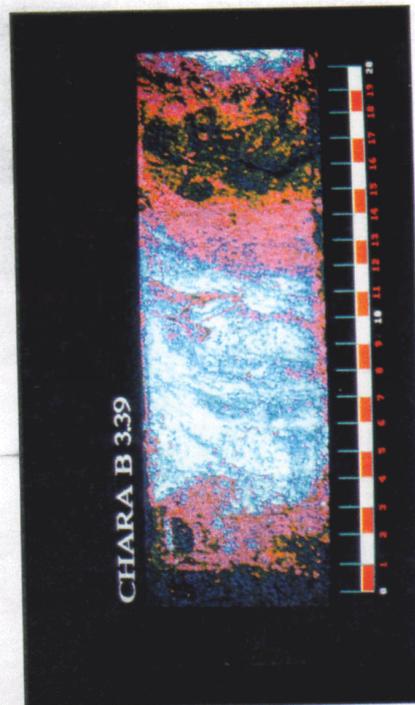
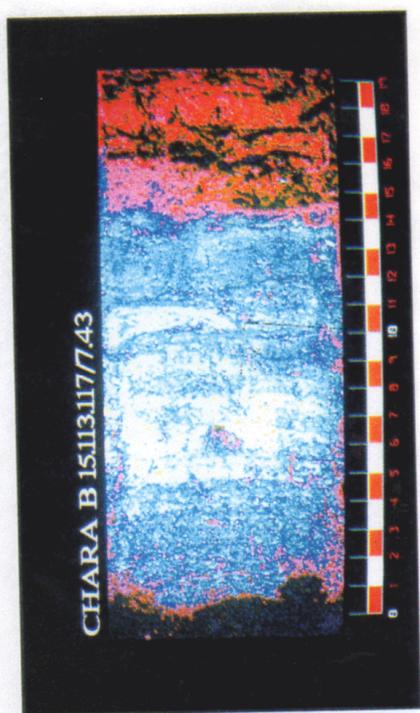


Fig. 11 — Charavines-Baigneurs, analyse d'image à l'ordinateur, profil stratigraphique en fausses couleurs, carottes CHARA B. 1-13, CHARA B. 7-36, CHARA B. 3-39, CHARA B. 7-43.

— Les lits plus organiques interstratifiés dans la craie B2, principalement dans sa première moitié inférieure trouvent leur origine dans un lessivage du matériel végétal des

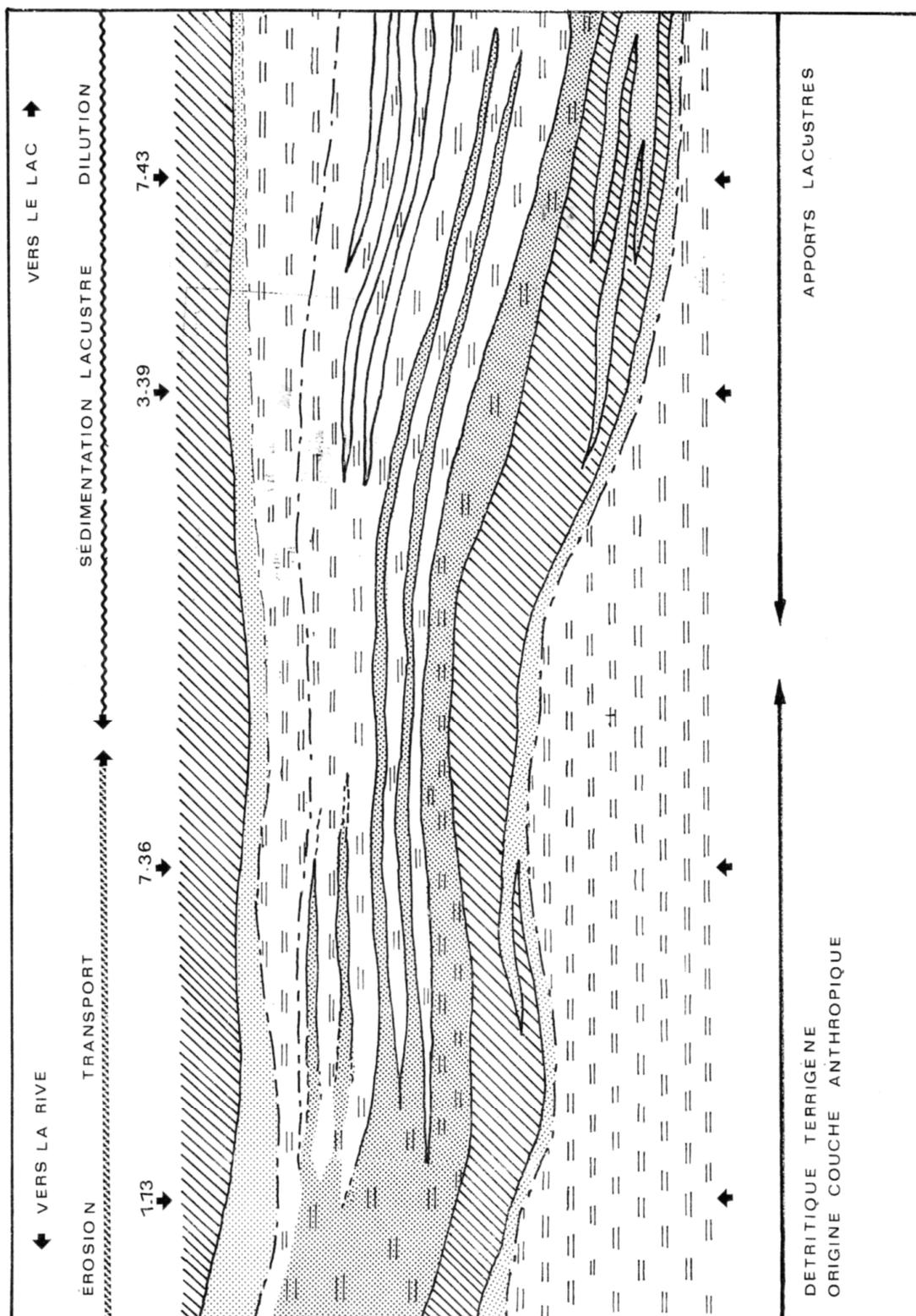


Fig. 12 — Charavines-Baignes, schéma interprétatif du profil stratigraphique CHARA B 1-13, CHARA B 7-36, CHARA B 3-39, CHARA B 7-43, en analyse d'image en fausses couleurs (fig. 11). Hachures = couches d'habitat, dépôt terrestre ; grisé = couches remaniées par le lac ; doubles tirets = craies lacustres.

secteurs les plus élevés de B3, puis d'un redépôt en lits centimétriques en phase carbonatée lacustre, plus en avant dans le lac (fig. 12, fig. 14).

— Ces variations latérales (entre milieux supralittoral, eulittoral, sublittoral cf fig. 12 et 13 à 15) importantes de la dynamique sédimentaire règlent la stratigraphie de la couche B2. D'une part sur les points les plus élevés, on assiste à l'érosion de la couche B3, puis à une sédimentation nulle à très faible. Le matériel érodé de B3 se redépote un peu en aval. La dilution du matériel organique est d'autant plus grande dans la phase carbonatée lacustre que l'on s'éloigne de la zone d'approvisionnement et que l'on arrive dans des secteurs à sédimentation de craie plus active (fig. 12, fig. 14).

— Dans ce sens la bipartition de la craie B2, moins organique, plus carbonatée dans sa moitié supérieure, s'explique aisément par un arrêt, ou une forte réduction de l'alimentation depuis la couche B3 désormais complètement érodée, et de façon corollaire à une dilution plus grande par la phase carbonatée lacustre. Les craies sous-jacentes à B3 peuvent même maintenant contribuer à alimenter B2 en débris divers lessivés (concrétions, tubes et oogones de Chara), les éléments les plus grossiers restant dans le secteur littoral, les fines étant exportées plus loin dans le lac.

— De ces deux derniers points, il résulte qu'au cours de l'inondation B2 le lac n'a pas stationné de façon durable et très élevée au dessus de B3, la zone de battement des vagues permettant un lessivage conséquent de B3.

— Nous interprétons alors les lits plus organiques de B2 (au nombre de 6 à 8) comme des moments de crues ponctuelles où le lac est plus actif dans sa dynamique érosive et la formation de B2 à un moment de stationnement moyen du lac plus élevé de 50 cm à 1 m.

— Les lits sombres organiques, au nombre de 6 à 8, ainsi que les lits clairs biodétritiques, au nombre de 6 à 7, s'ils sont le résultat (au cours de cet épisode global du lac de niveau plus haut) de crues annuelles (il peut y en avoir plusieurs par an) donnent un temps de formation de l'ordre de dix ans au maximum. Certains lits clairs et lits sombres pouvant correspondre à la même phase hydrodynamique du lac). Il reste néanmoins difficile de mesurer le temps de formation de B2. Il nous paraît en tout cas bien plus court que les 40 ans qui séparent les deux phases d'occupation B3 et B1. D'autre part l'épaisseur du dépôt sédimentaire B2 est accrue par les apports détritiques organiques dus à B3 (lits sombres) et par les apports grossiers biodétritiques carbonatés dans sa moitié supérieure.

— Ces dépôts biodétritiques carbonatés dus à des craies plus anciennes lessivées, marquent des phases érosives courtes du lac, de déstabilisation de l'équilibre des rives. L'étude micromorphologique de la craie antérieure à la première occupation (carotte CHARA. B39-30) situe le dernier épisode de ce type 50 cm sous la couche B3. Il semble que l'on soit là en présence d'un épisode, peu fréquent, d'ordre pluriséculaire de l'histoire du lac.

### 5.1.3. Sur la couche B1

On ne retrouve pas dans la couche B1 de remaniements lacustres interstratifiés comme dans B3. Les quelques décimètres de surélévation acquis par le dépôt de B2 seraient suffisants pour la mettre plus à l'abri des actions du lac. Cette couche a toutefois été moins étudiée que B3.

## 5.2. Histoire d'une inondation et schémas interprétatifs

### 5.2.1. Phase d'occupation B3, avant l'inondation (fig. 13)

Il n'y a pas abaissement antérieur du lac permettant la première occupation. Le dépôt de la couche B3 se fait sur une grande partie de sa surface en milieu exondé. Le niveau du lac est déjà bas de l'ordre de 2 m 1/2 sous le 0 actuel. Le battement des crues annuelles et décennales se fait sentir dans les zones les plus basses. Chaque inondation, qui peut alors recouvrir tout le site, sera marquée en amont par des érosions (quasiment invisibles

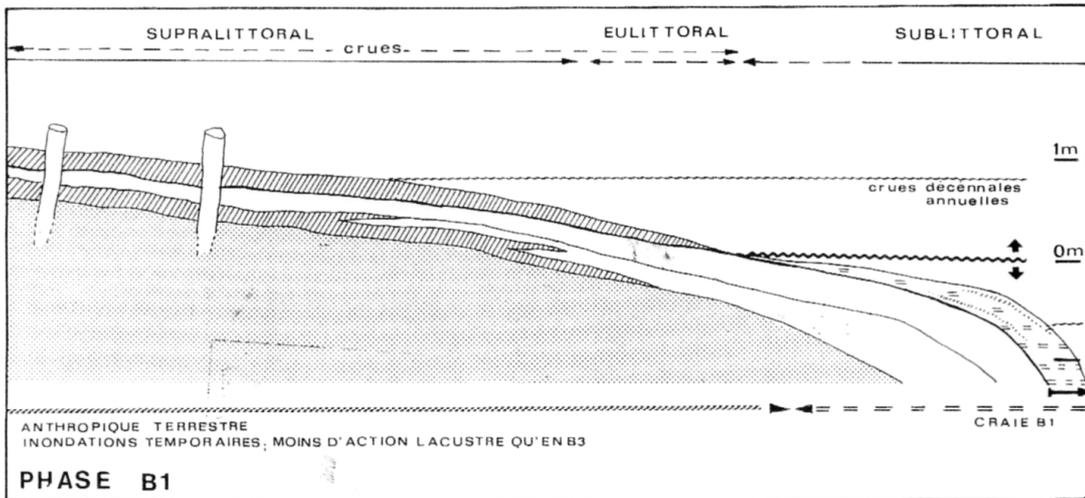


Fig. 15 — Charavines-Baigneurs, construction stratigraphique, phase B1.

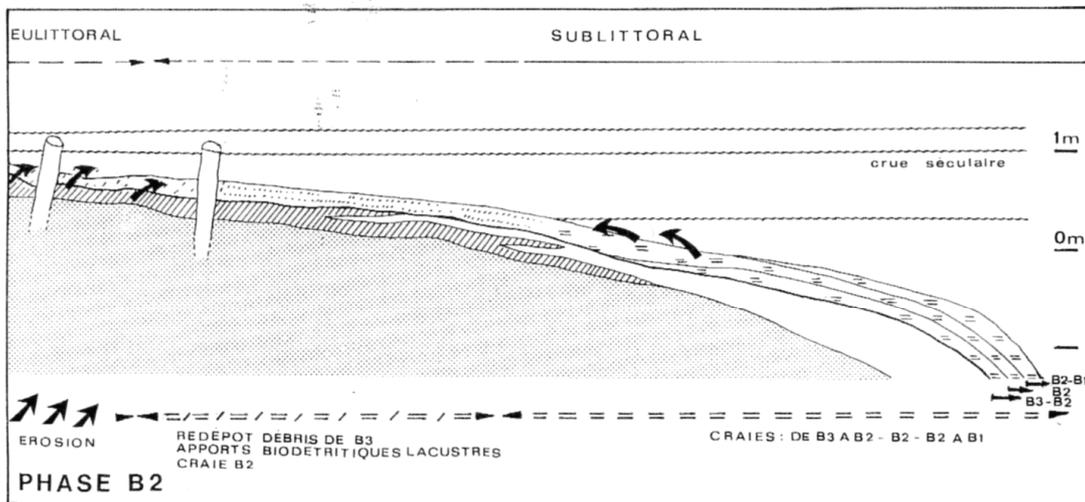


Fig. 14 — Charavines-Baigneurs, construction stratigraphique, phase B2.

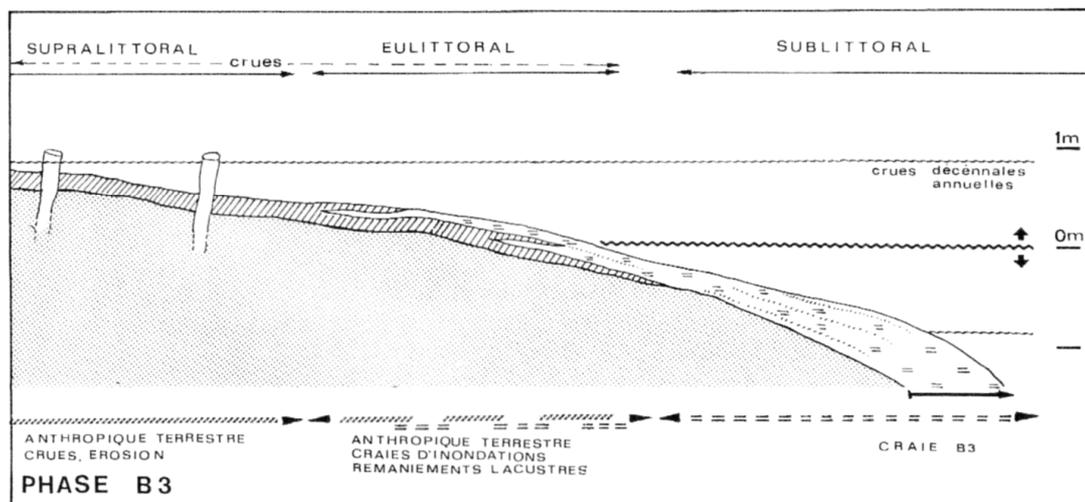


Fig. 13 — Charavines-Baigneurs, construction stratigraphique, phase B3.

aujourd'hui) et en aval par des petits lits carbonatés remaniant la couche organique terrestre. La sédimentation crayeuse contemporaine de B3 a lieu en aval sur la beine qui avance (progradation).

#### 5.2.2. Phase B2, pendant l'inondation (fig. 14)

Plusieurs années successives à bilan hydrique fortement positif conduisent à une montée du niveau du lac et à un stationnement 50 cm à 1 m au dessus de son niveau moyen : crue exceptionnelle qui n'arrive qu'une fois ou deux dans le siècle. Le bassin versant du lac de Charavignes, en entonnoir, et un exutoire à faible débit permettent tout à fait qu'une telle situation se réalise<sup>1</sup>.

On assiste alors pour un moment à un déplacement, à une translation des trois zones à dynamiques sédimentaires différentes. L'ancien supralittoral se trouve maintenant en milieu eulittoral, voire sublittoral. Ces conditions provoquent la formation d'un dépôt de craie qui vient sur 10 à 20 cm recouvrir la couche B3 dont des secteurs entiers ont été lessivés dans la première phase de l'inondation et se retrouvent maintenant fossilisés dans B2 sous la forme de lits organiques. Le niveau du lac reste peu élevé. Les figures sédimentaires indiquent des mouvements de forte énergie et l'action des vagues. Des écorces sont arrachées des troncs verticaux et flottés ; les rives cherchent leur équilibre et sont érodées.

#### 5.2.3. Phase d'occupation B1, après l'inondation (fig. 15)

A la suite de cet épisode de crue, le lac reprend son niveau antérieur. Les zones les plus élevées de B2 restent exondées mais peuvent aussi être érodées à ce moment. Les occupants de la phase B1 n'ont donc pas à attendre que le lac soit bas pour s'installer de nouveau. Ils reviennent parce que cela correspond à un rythme d'exploitation du territoire qui leur est propre et non selon un déterminisme environnemental fixé par les variations du lac. La couche B1 qui profite d'une légère surélévation due au dépôt de B2 est moins remaniée par l'eau que B3.

#### 5.2.4. Après l'abandon définitif

Les 50 à 60 cm de craie grise, polyphasée qui recouvrent B1 sont en fait un palimpseste de tous les épisodes de hautes eaux durables qui ont eu lieu depuis cinq millénaires. Sa hauteur ne pouvant pas s'exhausser indéfiniment, les dépôts sédimentaires correspondant aux périodes postérieures à B1 sont à rechercher en avant de B1 dans les systèmes progradants (fig. 13 à 16).

1. En 1845, Scipion Gras signale que durant l'hiver au cours de grosses pluies, le lac montait de plus d'un mètre, voire 1 m 20 au dessus de l'étiage (3 à 4 m<sup>3</sup>/sec) c'est à dire 70 à 90 cm au dessus du niveau normal d'équilibre. En février 1941, en 1952, 1955, deux fois plus de précipitations que la normale ont amené six fois plus d'eau dans le lac. Les tarages du déversoir mesurés entre 1859 et 1862 (95 cm pour 1/2 m<sup>3</sup>/sec, 50 cm pour 1 m<sup>3</sup>/sec, 70 cm pour 1,5 m<sup>3</sup>/sec, 1 m pour 2,2 m<sup>3</sup>/sec) confrontés au tarage de 1939 après aménagement du canal de la Fure (10 cm pour 1 m<sup>3</sup>/sec, 20 cm pour 2,5 m<sup>3</sup>/sec, 25 cm pour 3,5 m<sup>3</sup>/sec) montrent que la capacité d'évacuation était réduite et que les inondations devaient monter plus haut et durer plus longtemps. Il n'est pas possible de dire si la montée des eaux, qui a pu être rapide, a chassé les habitants de la phase B3 où si elle est survenue peu de temps après leur départ. La période de hautes eaux n'a pas duré plus de six à dix ans, et en tout cas pas tout le temps qui sépare les deux phases d'occupation (40 ans).

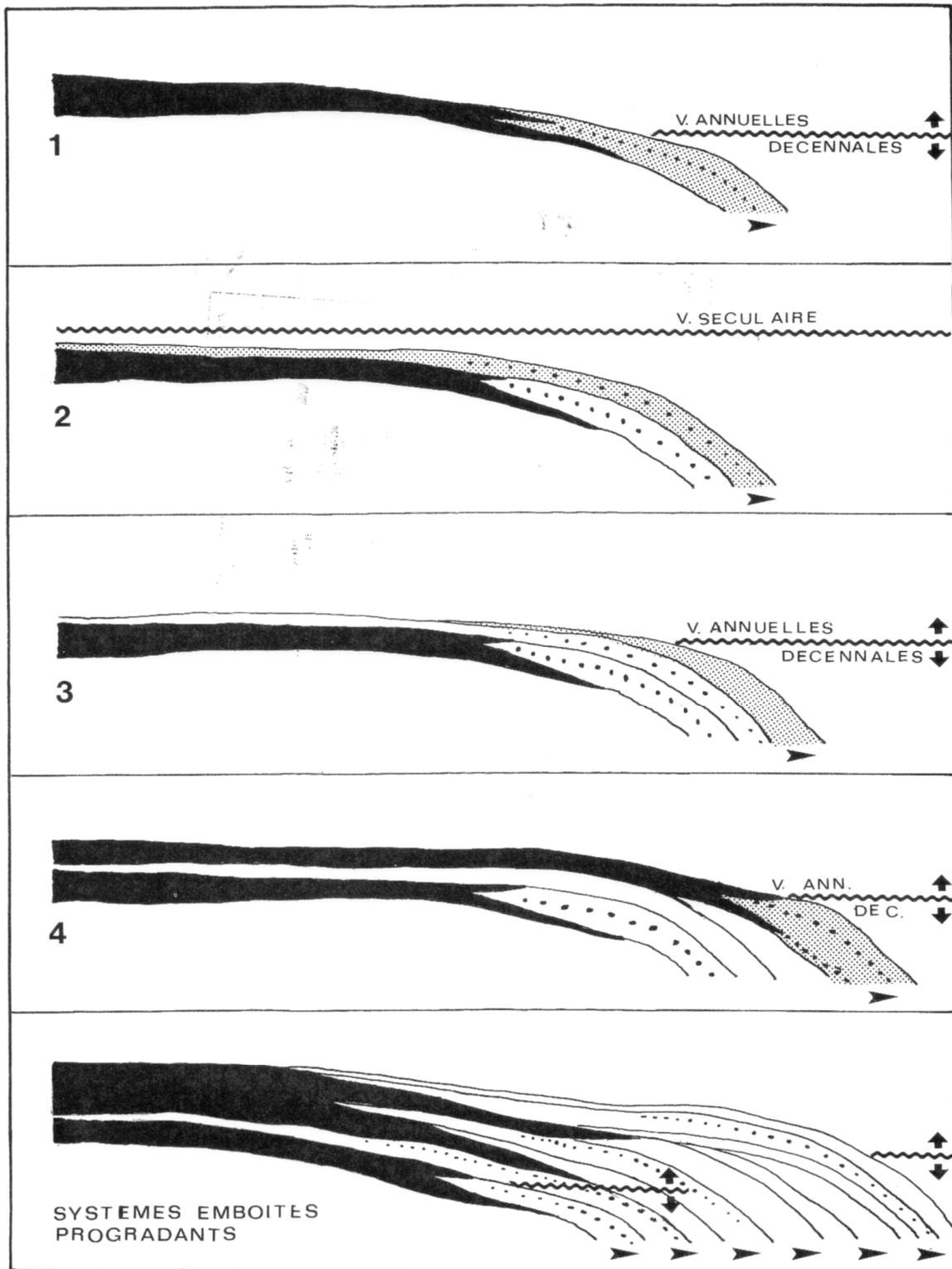


Fig. 16 — Schémas interprétatifs issus du modèle de Charavines-Baigneurs et intégrant : l'hétérogénéité latérale des phénomènes, les formations sédimentaires en système progradant, les crues annuelles-décennales de très courte durée, les crues séculaires de plusieurs années successives ; le schéma 5 intègre ces variations épisodiques et une variation de plus grande amplitude.

### 5.3. Schémas interprétatifs (fig. 16) et conclusions

Les raisonnements sur les séquences stratigraphiques en milieu lacustre ont probablement donné trop d'importance aux couches de craie interstratifiées entre des fumiers d'habitat, interprétées souvent comme relevant de véritables transgressions lacustres à valeur climatologique. Cela est dû au fait qu'on leur a attribué un temps de formation égal à celui qui sépare les deux couches d'habitat, or il est souvent plus court. On a encore trop tendance à voir les couches se superposer les unes aux autres de façon uniforme, or le schéma est plus complexe. De plus, le piégeage de ces épisodes ponctuels, aux sédiments clairs, entre deux couches noires de fumier a contribué à surévaluer leur importance.

L'étude de la couche B2 nous permet de proposer un schéma d'interprétation qui intègre à la fois (fig. 16) :

— La variabilité des milieux de sédimentation : dépôt nul en milieu supralittoral, faible en milieu eulittoral, fort en milieu sublittoral.

— Leur temporalité et le déplacement latéral momentané de ces zones de sédimentation au cours d'épisodes lacustres de plus hautes ou plus basses eaux de durée plus ou moins longue.

— L'existence à côté des crues annuelles et décénales de crues séculaires pendant lesquelles la rive recule. Une partie du système sédimentaire revient alors en arrière, constituant un dépôt de craie d'inondation. La durée de l'inondation plus que la hauteur atteinte par l'eau est dans ce cas primordiale. Plusieurs années de variations climato-météorologiques dans le même sens maintenant de hautes eaux pour quelques années sont un événement rare pouvant se produire sur le rythme d'un, ou plusieurs siècles.

— La progradation, l'avancement de tout le système sédimentaire avec le temps. Seuls quelques épisodes exceptionnels de hautes eaux permettent des dépôts de craie sur les points les plus élevés.

Sur le plan méthodologique on soulignera la possibilité ici démontrée, de reprises sédimentaires lors de variations bathymétriques en milieu littoral avec redéposition en aval. Ceci amène à prêter une attention particulière à la dynamique sédimentaire lors de l'interprétation de séquences palynologiques sur carottes isolées.

Ce schéma, même si parfois une craie durable peut chasser les habitants d'un village, est moins déterministe quant aux relations homme/lac. Il paraît relativement opérant pour interpréter d'autres stratigraphies d'habitats en milieu lacustre. Toutefois il n'est pas question de généraliser et de le transposer sans étude préalable. Le lac de Charavignes a un fonctionnement qui lui est propre, toutes les couches d'habitat des divers sites littoraux ne sont pas forcément terrestres, et une craie n'égale pas une craie, leurs modalités de dépôt peuvent être bien différentes.

## 6. UN ÉLÉMENT NOUVEAU DE MICROCLIMATOLOGIE PAR LA MESURE DU RAPPORT ISOTOPIQUE 016/018 (fig. 17)

Nous recevons (septembre 1991) les résultats de 30 mesures du rapport isotopique 016-018 d'un pieu de sapin abattu en l'an 127 de notre chronologie relative (Laboratoire de Géodynamique de Thonon, M. Fehri). En dehors des conclusions que l'on peut faire sur le climat existant à Charavignes lors des installations (an 58-59 et an 116), nous retiendrons ici ce qu'on constate de l'ambiance climatique qui a régné durant l'abandon du site et le dépôt de la couche B2. D'après l'analyste le climat était dans ses grandes lignes proche de l'actuel. Entre les années 76 et 106 on a une stabilité microclimatique exceptionnelle avec une tendance vers le chaud et/ou le sec, alors qu'après 106 le climat était plus humide et/ou plus frais.

*BROCHIER J.-L., 1982. La sédimentologie lacustre spatiale : étude d'une surface d'habitat sur la station des Baigneurs, lac de Charavines. Bulletin de la Société Préhistorique Française, 1982, t. 79, 2, p. 51-55, 7 fig.*

# La sédimentologie lacustre spatiale : étude d'une surface d'habitat sur la station des Baigneurs, lac de Charavines

par J.-L. Brochier

## I - PROBLÉMATIQUE

Alors que les géologues connaissent depuis longtemps les sédiments des zones profondes des lacs, ce n'est que très récemment que l'on s'est intéressé à ceux des stations préhistoriques littorales. L'attention s'est d'abord portée sur les séquences stratigraphiques et tout ce qu'elles contiennent comme informations sur l'histoire des variations des niveaux des lacs. Des analyses ont été mises sur pied au Laboratoire de Préhistoire de l'Université de Bâle (Joos M., 1976 ; Brochier J.-L. et Joos M., 1978) pour retrouver transgressions et régressions. Les processus de sédimentation des couches d'habitat interstratifiées dans ces séquences lacustres posent d'autres problèmes. Ces couches, lorsqu'elles ne sont pas trop dégradées, sont presque essentiellement composées de matériel végétal où s'intercalent sous forme de chapes lenticulaires des apports minéraux, limono-argileux, plus ou moins sableux ou graveleux. Cette sédimentation est d'abord anthropique, elle représente le matériel amené par l'homme sur le site au cours de ses activités de construction, d'élevage, d'agriculture ; le lac peut ensuite intervenir secondairement sur ces dépôts. Ces couches de « fumier », comme on les appelle généralement, sont apparemment homogènes et continues.

Il nous a paru important d'abandonner un moment le vertical, la chronostratigraphie, pour l'horizontal, l'ethnographie, et de voir comment variaient nos paramètres sédimentologiques à la surface d'une même couche d'occupation. Y a-t-il variation ou continuité des valeurs de ces paramètres ? Si variations il y a, correspondent-elles : à des activités différentes de l'homme, à des actions locales du lac ? Le sédiment s'est-il déposé, là sur la terre ferme, là dans l'eau ?

## II - MÉTHODE

La station des Baigneurs, lac de Charavines, fouillée par A. Bocquet, était particulièrement indiquée pour s'attaquer à cette problématique. Les deux couches d'habitat sont bien conservées, peu épaisses, 5 à 20 cm, peu complexes et bien individualisées, intercalées entre deux couches de craie lacustre. Les périodes d'occupation sont courtes, deux à trois décennies ; elles sont datées du Néolithique final, culture Saône-Rhône. Nous avons donc tenté un premier test d'analyse spatiale sur un grand triangle de 5 m de côtés, triangle 105/109/307, au niveau de la première installation sur le site (couche B3). Un échantillon est pris à toutes les intersections des bandes délimitant les petits triangles métriques, la surface se trouve ainsi quadrillée de 15 échantillons séparés de 1 m. Les prélèvements sont effectués par carottages au moyen de tubes de P.V.C. de 20 cm de diamètre, enfoncés sur 60 à 80 cm, recoupant les craies et les deux couches archéologiques. La dissection des colonnes ainsi obtenues permet de faire de multiples observations microstratigraphiques irréalisables sous l'eau et d'opérer au prélèvement de quelques centaines de grammes de sédiment.

Les analyses menées ensuite en laboratoire visent l'obtention de plusieurs paramètres (1) :

- paramètres granulométriques :
  - % en sables - % en limons - % en argiles.
  - médiane - sorting index - asymétrie - kurtosis.
- paramètres chimiques :
  - % en matière organique - % en carbonates - pH.
  - teneur en « humus » - teneur en phosphates.

(1) Signalons ici l'aide du Laboratoire de Préhistoire de l'Université de Bâle et remercions M. JOOS, K. RIVA et G. SCHELLER.

— paramètres obtenus par observation morphoscopique de la fraction sableuse au stéréomicroscope (0,2 à 0,6 mm et 0,6 à 2 mm) :

- % en débris minéraux (détritisme terrigène) - % en débris végétaux (détritisme organique).
- % en indices limniques (biodétritisme carbonaté)
- % en concrétions lacustres - % en tests de mollusques - % en tests d'ostracodes - % en oogones de characées.
- % en charbons de bois - % en tout élément apparaissant lors de l'observation avoir une signification paléolithographique (microéclats de silex, d'os, boulettes d'argile, agglomérats organiques, etc.) ou paléolimnologique (type spécial de concrétion, minéral particulier, etc.).

Tous ces paramètres sont reproduits graphiquement sur stéréogrammes où l'on observe leurs variations planimétriques (fig. 1). On distingue alors différentes zones, de valeurs plus ou moins élevées pour un paramètre ; l'association de plusieurs paramètres en covariation dans la même zone permet de délimiter plusieurs secteurs. Ces résultats sont ensuite corrélés, confrontés aux structures d'habitat déterminées par les données de la fouille et la dendrochronologie.

### III - PREMIERS RÉSULTATS

L'analyse spatiale du triangle 105/109/307 montre que des variations de faciès sédimentologiques, non discernables à l'œil nu sur le terrain, existent ; cer-

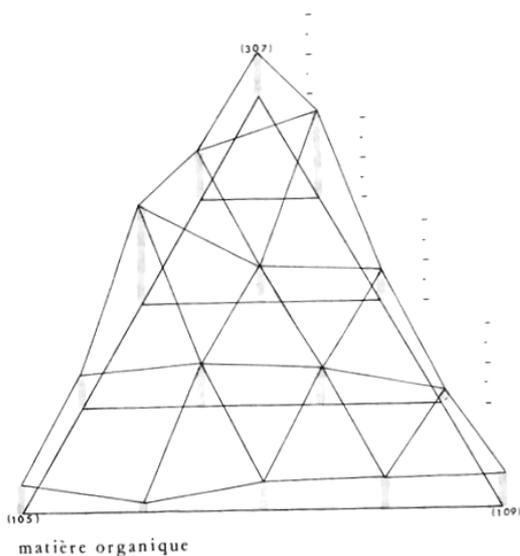


Fig. 1 - Les Baigneurs, Charavines, triangle 105-109-307. Stéréogramme des variations du paramètre matière organique.

tains paramètres varient de quelques %, à quelques dizaines de %. Le stéréogramme (figure 1) indique par exemple que les valeurs les plus élevées de matière organique, 20 à 30 %, sont obtenues en rapprochant de l'angle 307, elles sont, ailleurs, inférieures à 20 ou 15 %. Les plus fortes teneurs en phosphates se rencontrent dans l'angle 105 (fig. 4) où l'on trouve aussi des boulettes minérales argiles pratiquement absentes dans le reste du triangle (fig. 4). Ce n'est pas un paramètre, mais le jeu de plusieurs paramètres qui permet de définir les secteurs suivants ; les plans d'habitation auxquels sont comparés sont dus à l'étude dendrochronologique de C. Orcel (1975, 1980, 1981).

— Secteur 1 (fig. 5) :

- fortes teneurs en matière organique (> 20 %)
- fortes teneurs en « humus » (0,3 à 0,4 u.c.)

Ce secteur correspond à la ruelle séparant deux fossés. Il s'agit ici de matière organique fine, ces teneurs étant obtenues sur sédiment inférieur à 0,5 mm. Les débris végétaux de taille supérieure, de 0,6 à 2 mm, recouvrent en grand nombre toute la surface du triangle, excepté les trois points du secteur 2 où leur pourcentage est plus faible. Il est certain que l'homme a amené sur le site des quantités énormes de végétaux. Pourquoi se retrouvent-ils très nombreux dans les fossés, fait observé parallèlement à Zürich-Utoquai,

(1) La teneur en « humus » est donnée par colorimétrie après action de la solution NaF ; u.c. = unité couleur ; elle concerne surtout la matière organique très fine. La teneur en matière organique (%), obtenue par combustion à 1 000 °C, concerne, elle, tous les éléments inférieurs à 0,5 mm, y compris les charbons de bois.

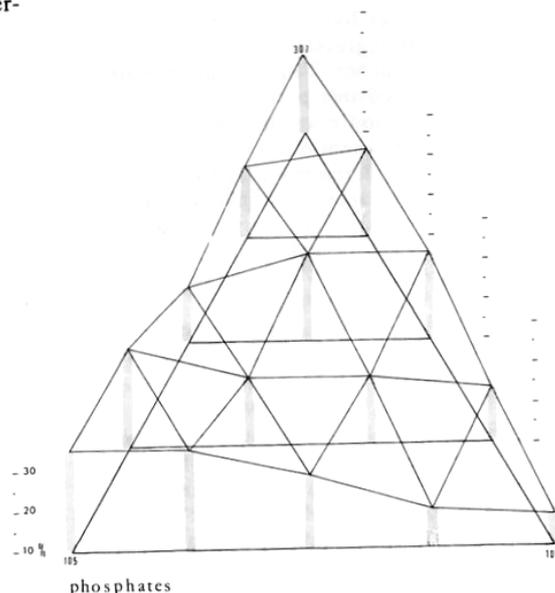
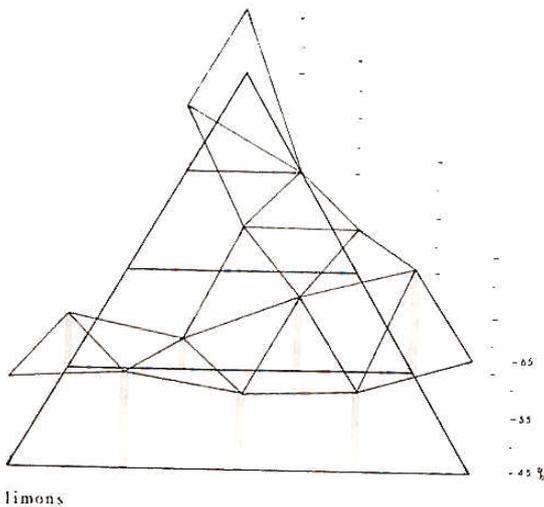


Fig. 2 - Les Baigneurs, Charavines, triangle 105-109-307. Stéréogramme des variations du paramètre phosphates. u.c. = unité couleur.



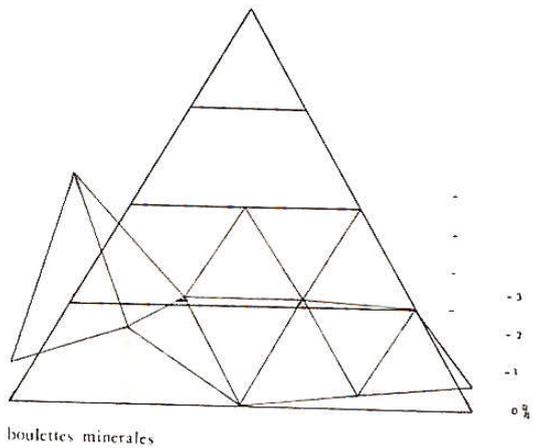
limons  
**Fig. 3 - Les Baigneurs, Charavines, triangle 105-109-307. Stéréogramme des variations du paramètre limons.**

(S. Jacomet-Engel, 1980, et communication personnelle) ? La matière organique fine et l'« humus » peuvent résulter d'un broyage des plantes dû aux passages dans la ruelle, ce qui implique un sol sec, dur (1). Mais on ne doit pas oublier que ces valeurs sont contrebalancées par l'existence d'un détritisme minéral plus important à l'intérieur de la maison (secteur 2) et, peut-être, par des actions lacustres semblant venir du sommet 109 (secteur 3).

— Secteur 2 (fig. 5) :

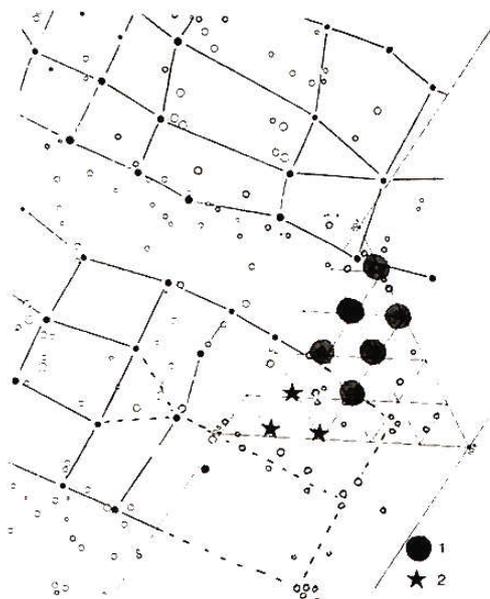
- teneurs plus élevées en phosphates (> 22 u.c.) ;
- détritisme terrigène minéral plus fort (0,6 à 2 mm > 3 % ; 0,2 à 0,6 mm > 10 %) ;
- agglomérats organiques nombreux (1 à 5 %) ;
- boulettes minérales plus nombreuses (> 1 %, pratiquement absentes ailleurs).

Ce secteur correspond à l'intérieur d'une habitation. Les teneurs plus élevées en phosphates peuvent être dues à des rejets de déchets, à une zone d'excréments. Les agglomérats organiques (matériel organique fin et aggloméré ne se dissociant pas à l'eau que nous rapportons en première hypothèse à des fumiers animaux durcis puis démantelés) sont plus nombreux ici et pourraient évoquer la présence d'une étable. Signalons que les teneurs en phosphates sont encore élevées dans la ruelle. Le détritisme terrigène minéral est le plus souvent sur les stations lacustres essentiellement anthropogène : apport par les pieds des hommes et des bêtes, constructions et démantèlement des chapes. Il est toujours très faible en dehors des zones de chapes ; le lac, lors d'inondations, peut ensuite éroder des chapes et former des nappes de sable. Il n'y a pas ici de chape proche. On aurait pu s'attendre à trouver plus de grains minéraux dans les zones de passages, mais ils sont bien



boulettes minérales  
**Fig. 4 - Les Baigneurs, Charavines, triangle 105-109-307. Stéréogramme des variations du paramètre boulettes minérales.**

moins abondants dans la ruelle, excepté un point. Ils ont pu cheminer par piétinement à l'intérieur de la maison depuis une chape plus éloignée. Le stationnement de bêtes peut-il provoquer ce dépôt ? Les boulettes



**Fig. 5 - Les Baigneurs, Charavines, triangle 105-109-307.**  
 Secteur 1 : fortes teneurs en matière organique - fortes teneurs en humus.  
 Secteur 2 : teneurs en phosphates plus élevées - détritisme terrigène minéral plus fort - agglomérats organiques nombreux - boulettes minérales nombreuses.

minérales que l'on rencontre dans ce secteur viendraient plutôt conforter la première hypothèse. Ce sont de petites boules de 0,6 à 2 mm, de couleur brune, plus ou moins sableuses ou limono-argileuses. Les premières (sable fin et liant limono-argileux) offrent peu de cohésion à l'écrasement, les secondes résistent même à une pression en milieu humide ; les deux types ont, de toutes façons, résisté à nos 8 h d'agitation, dont 4 avec dispersant. Leur couleur et leur résistance reflètent comme origine des zones argileuses plus ou moins cuites.

— Secteur 3 (fig. 6) :

- teneurs basses en « humus » (0,2 à 0,3 u.c.) ;
- teneurs basses en matière organique (12 à 19 %) ;
- teneurs fortes en carbonates (58 à 74 %) ;
- pourcentages élevés en limons (60 à 63 %) ;
- sorting index plus bas (3,1 à 4,3) ;
- charbons moins abondants (0,6 à 2 mm : 2 à 10 % ; 0,2 à 0,6 mm : 3 à 14 %).

L'abaissement du sorting (amélioration du tri des grains) lié à une chute des teneurs en « humus » et matière organique est souvent le reflet d'une dynamique lacustre de lessivage lors d'inondations. La droite de régression limons/carbonates montre bien que les limons sont d'origine lacustre. A-t-on ici les traces d'une inondation améliorant le classement des grains, lavant les particules fines organiques, les charbons, et déposant des limons ? Ou, pour des

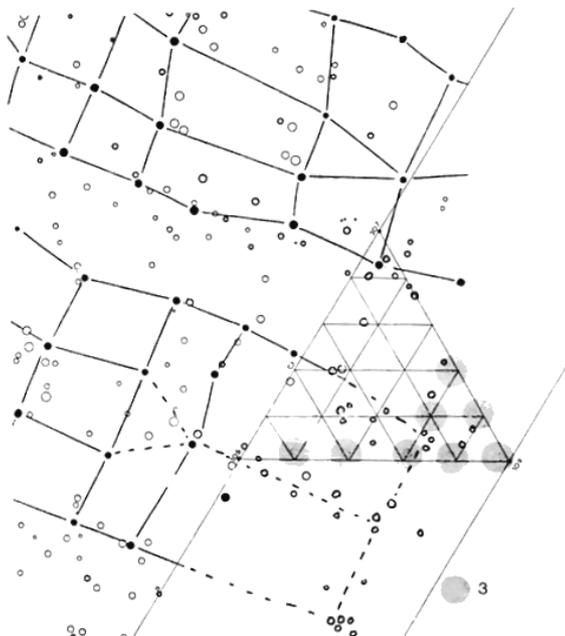


Fig. 6 - Les Baigneurs, Charavines, triangle 105-109-307.  
Secteur 3 : teneurs basses en humus - % élevés en limons - teneurs basses en matière organique - sorting plus bas - teneurs fortes en carbonates - charbons moins abondants.

raisons anthropiques à définir, le dépôt de organique se réduit-il dans ce secteur, la p se décomposant rapidement et le matériel : geant plus facilement à la craie sous-jacen alors contradiction avec l'amélioration du : A l'appui de la première hypothèse le lac effectivement du côté de l'angle 109, les s et 5, de granulométrie plus grossière, vien mer à l'avant de cette zone une sorte d littoral. Ce genre de données se révélera très sant pour suivre l'extension d'un village, les

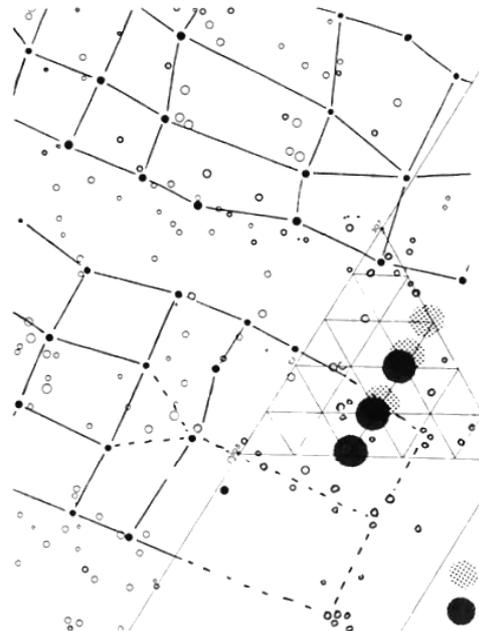


Fig. 7 - Les Baigneurs, Charavines, triangle 105-109-307.  
Secteur 4 : pourcentages plus forts en sables (0,06 à 2 mm) ;  
Secteur 5 : tests de mollusques de 0,6 à 2 mm plus nombreuses ;  
Mollusques de 0,6 à 2 mm plus nombreuses.

pouvant s'étendre depuis la terre ferme jusque dans le lac, sur pilotis (Petrequin P., 1981). Les données de la fouille montrent ici des habitats sur terre ferme, ce que confirme l'effet de paroi dans le secteur 1, ruelle, et les secteurs 2, maisonnette, etc. Il est difficile de préciser si l'inondation a eu lieu avant ou juste après l'occupation ; des indices liés à la répartition ailleurs dans le fumier prouvent que l'inondation s'est manifestée quelquefois au cours de l'habitation.

— Secteur 4 (fig. 7) :

- pourcentages en sables supérieurs à 40 %

Les points où la fraction sableuse est la plus élevée sont représentés par une ligne en travers de la figure. « Fraction sableuse » est employé au sens géographique, c'est-à-dire tous les éléments de la fraction > 2 mm ; il s'agit en grande partie de débris végétaux (jusqu'à 90 %). On remarque que cette ligne s'appuie sur le secteur 3 (figure 6). Si l'on reprend l'interprétation

du secteur 3 dans le sens de la dynamique lacustre, cette bande 4 pourrait être interprétée comme un cordon littoral (le sorting y est plutôt mauvais).

— Secteur 5 (fig. 7) :

- tests de mollusques de 0,6 à 2 mm plus nombreux (1 à 2 %) ;

- concrétions carbonatées de 0,6 à 2 mm plus nombreuses (2 à 3 %).

Les indices limniques de 0,2 à 2 mm, tests de mollusques, d'ostracodes, oogones de characées, concrétions, sont peu nombreux et se trouvent répartis sans préférence à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitation. Si on se limite aux plus grossiers de 0,6 à 2 mm, mollusques et concrétions, on retrouve la bande du secteur 4, prolongée vers le côté 105-109.

#### IV - CONCLUSIONS

Tout d'abord, il n'y a pas homogénéisation complète du sédiment par le lac et l'on constate bien des variations des paramètres sédimentologiques ; quelques végétaux ont pu être mis en suspension, mais des effets de parois subsistent (différences ruelle/maison, secteurs 1 et 2). Les inondations pendant la durée de l'habitat sont restées d'énergie très modérée, laissant toute sa valeur à la recherche paléthrographique.

Les variations observées déterminent des secteurs que l'on peut corrélater avec des structures d'habitat ; les activités de l'homme ont marqué le sédiment. Les interventions du lac semblent aussi pouvoir être définies, on remarque les traces possibles d'une inondation.

Les limites de cette méthode sont bien sûr un site qui a subi peu de perturbations dues au lac et dont les couches d'habitat sont bien individualisées et de courte durée. Nous ne savons pas encore interpréter toutes nos données et avons juste proposé quelques hypothèses de travail. On a ici la chance de retrouver sous l'eau le matériel apporté par l'homme, conservé dans sa presque totalité ; ces premiers résultats montrent qu'il ne faut pas laisser perdre, sous le prétexte, émis trop souvent rapidement, de remaniements lacustres, l'incalculable quantité de données inscrites dans ces sédiments. L'aspect continu de ces couches de « fumiers » n'est qu'apparent, il est rendu par l'abondance des débris végétaux qui uniformisent le tout ; mais ces débris sont-ils bien les mêmes à l'intérieur et à l'extérieur des maisons ? L'étude paléthrobotanique (K. Lundstrom-Baudais) de tous les restes végétaux qui constituent l'essentiel du sédiment doit être entreprise en analyse spatiale en même temps que la sédimentologie. Nous insistons sur l'intérêt qu'il y a à effectuer cette recherche ponctuellement (tubes de 20 cm de diamètre) ; un recueil des données sur 1 m<sup>2</sup> mélange déjà bien des

éléments. La centaine de paramètres caractérisés à chaque point, tous les mètres de la surface d'habitat, seront traités par l'informatique et permettront de préciser les activités diverses de l'homme sur le site.

J.-L. BROCHIER  
Laboratorium für Urgeschichte der Universität  
Bâle,

#### BIBLIOGRAPHIE

BOCQUET A. (1976) — La station littorale immergée de Charavines (Isère). U.I.S.P.P. Nice 1976, IX<sup>e</sup> Congrès International de Géologie, Excursion A 9, pp. 145-151, 4 pl.

BOCQUET A. et ORCEL C. (1975) — Premiers résultats chronologiques dans les structures de la station des Baigues (Charavines (Isère)). *Nouv. Arch. Museum Hist. Nat. Lyon* 13, pp. 15-20, 6 fig.

BROCHIER J.-L. (1979) — La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier-Brise-Lames : étude sédimentologique ; étude des processus de sédimentation des fumiers. I. Crit dactyl., Neuchâtel Musée Cantonal, 1979, 34 p., à paraître dans *Cahiers d'Archéologie Romande*.

BROCHIER J.-L. (1980) — Les couches d'occupation récente du matériel organique : spécification des « fumiers » par la sédimentologie dans l'ensemble Lüscherz du Brise-Lames (Neuchâtel). Colloque sur l'interprétation des structures d'habitat en milieu humide, Institut d'Anthropologie, Université de Genève, juin 1980, 2 p., 8 fig., 1 tabl.

BROCHIER J.-L. et JOOS M. (1978) — Un élément important du cadre de vie des Néolithiques d'Auvernier-Port : le lac. Étude sédimentologique. Dans BILLAMBOZ A. et al. : la sédimentologie néolithique d'Auvernier-Port. Cadre et évolution. Manuscrit dactyl., 1978, Neuchâtel Musée Cantonal, 40 p., à paraître dans *Cahiers d'Archéologie Romande*.

BROCHIER J.-L., ORCEL C. et BOCQUET A. (1981) — Variations spatiales des faciès sédimentologiques dans le village néolithique des Baigneurs à Charavines. 2<sup>e</sup> Congrès international d'étude archéologique des eaux intérieures, Zürich, 12-14 1981, sous presse.

JACOMET-ENGEL S. (1980) — Botanische Makroreste aus neolithischen Seeufersiedlungen des Areals « Pressehausgier » in Zürich (Schweiz). Stratigraphische und vegetationsökologische Auswertung. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 125/2, pp. 73-163, 1980.

JOOS M. (1976) — Die Sedimente der neolithischen Siedlung Feldmeilen-Vorderfeld dans WINIGER J., JOOS M. : Feldmeilen-Vorderfeld, Die Ausgrabung 1970/1971, *Antiqua*, 5, 1976, pp. 106-132.

MAGNY M. (1978) — La dynamique des dépôts lacustres des stations littorales du grand lac de Clairvaux (Jura). C. Notes et Monographies Techniques n° 11, Paris, 1978, C.N.R.S., 222 p., 85 fig., 8 pl.

MOINEREAU J. (1977) — L'environnement et l'homme d'aujourd'hui : l'étude pédologique des gisements archéologiques du quaternaire récent. Approche écologique de l'homme fossile, supplém. *AFEQ* n° 47, Paris 1977, pp. 243-249.

ORCEL A. (1978) — Analyse archéologique des sédiments des stations littorales néolithiques de Twan, vol. 4, Bern 1978, 200 p.

ORCEL C. (1980) — Application dendrochronologique à l'étude structurelle de sites archéologiques palustres de Suisse romande. *Congr. d'Archéométrie*, Paris 1980, 16 p., 7 fig.

PETREQUIN P. (1980) — Les cités lacustres. *La Recherche Archéologique*, 1980, vol. 11, pp. 778-785.

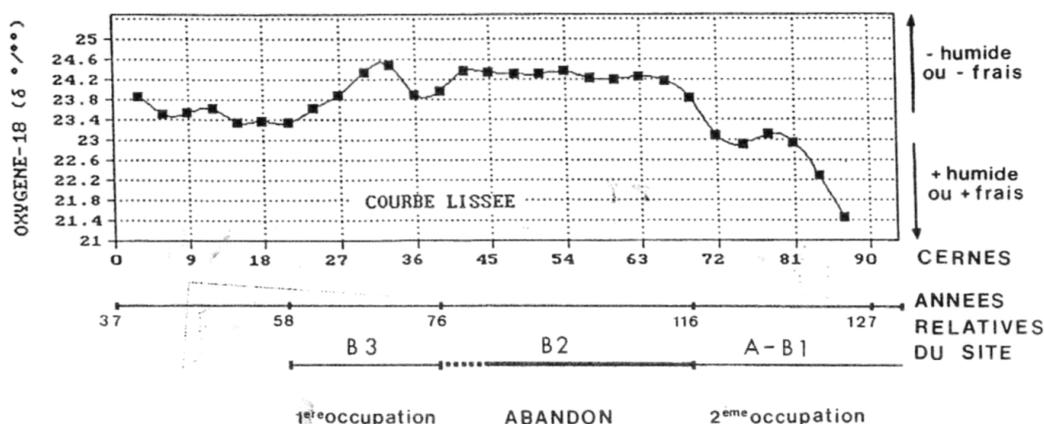


Fig. 17 — Rapports isotopiques  $^{18}\text{O}-^{16}\text{O}$  obtenus sur un sapin de 20 ans (Fehri, Laboratoire de Géodynamique, Thonon) replacés dans la séquence des occupations. On remarque l'extrême stabilité microclimatique dans une ambiance assez sèche et/ou chaude pendant la phase d'abandon du site, qui exclut une remontée permanente des eaux par péjoration climatique.

Première conclusion, l'abandon du site peu de temps après 76 ne trouve pas sa cause dans une remontée permanente des eaux en rapport avec une dégradation du climat.

Cela expliquerait aussi les analyses et les observations faites à la fouille, en microstratigraphie et microsédimentologie de la couche B2. La dégradation biologique de la couche d'occupation B3 serait intervenue sous un climat clémente, sans inondation notable ou importante pendant 30 ans puis entre l'an 106 et l'an 116 (début de la 2<sup>e</sup> occupation) la péjoration climatique a pu provoquer des variations plus fréquentes et plus importantes du niveau du lac. L'érosion et le démantèlement de la couche B3 ainsi que le dépôt de la couche B2 sont donc bien le fait d'inondations temporaires, ce qui confirme les études qui ont précédé.

## 7. CONCLUSIONS

Il n'est pas nécessaire d'invoquer systématiquement de grands bouleversements climatiques pour expliquer des dépôts lacustres recouvrant des couches d'habitat. Le « jeu » entre les événements de type plus météorologiques et les évolutions climatiques à plus long terme devient complexe à démêler sur notre document stratigraphique. La compréhension de ses limites conduira à une meilleure restitution de l'histoire du climat tant l'enregistrement sédimentaire peut aussi être fin. Les sédiments qui peuvent paraître homogènes et cohérents à l'œil se révèlent complexes et hétérogènes dans leur structure et leur mise en place. La dynamique d'érosion d'une part et de sédimentation en systèmes progradants d'autre part donnent aux sites lacustres sur beine des configurations stratigraphiques particulières dont il faut tenir compte. L'appréhension du temps avec sa variabilité, déterminée par celle de l'enregistrement sédimentaire, est des plus difficiles. Coupure, dilatation, compaction selon la rapidité de sédimentation, variabilité de cette dernière pour un même moment selon l'endroit du site où l'on se trouve créent autant de distorsions de temps essentielles à déjouer pour celui qui doit interpréter le document qui nous parvient. Le contexte stratigraphique demande donc une attention accrue. Il faut se garder de généraliser des variations observées localement. Les variations climatiques à long terme, et leur enregistrement sont toujours fonction, dans leur processus, de multiples paramètres locaux. On étudiera d'abord les sites puis chaque lac ; on tirera ensuite des constantes de proche en proche entre les lacs.

## DISCUSSIONS

**Question de J. RENAULT-MISKOVSKY (Paris) :** Une telle étude de détail de la sédimentation lacustre ne prouve-t-elle pas que toute recherche pollinique dans les mêmes sédiments devrait être précédée d'une étude micromorphologique ?

**Réponse de J.-L. Brochier :** *Les palynologues n'ont pas encore assez travaillé sur la taphonomie des pollens qu'ils observent sous le microscope, sur le fonctionnement de l'enregistrement sédimentaire, qui est trop généralement considéré comme régulier en milieu lacustre, alors qu'il existe des hétérogénéités dans les vitesses de sédimentation et si l'on est en bordure du système lacustre un déplacement horizontal et non vertical du temps. L'étude micromorphologique n'est qu'une méthode qui sera associée à d'autres approches. C'est la dynamique sédimentaire dans son ensemble qui doit être comprise avant l'interprétation des diagrammes palynologiques. Cela passe aussi par une vue large, de nombreux carottages et de multiples transects.*

**Question de M. Laurent (Angers) :** Histoire des Sciences : chaque discipline nouvelle crée ses concepts et son vocabulaire spécifiques. Votre discipline ne pourrait-elle créer un terme plus spécifique que le mot « fumier ».

**Réponse de A. Bocquet :** *Le terme de « fumier lacustre » est celui qui a été donné au siècle dernier aux couches archéologiques formées en grande partie d'éléments végétaux qui s'étaient conservés en milieu immergé ou humide, terme qui est particulièrement descriptif de l'aspect général du vestige. Bien sûr cette dénomination n'est pas très ragoûtante pour le non spécialiste et il serait bon d'en changer. Mais par quelle autre qui devrait être brève et descriptive ? L'inertie des habitudes acquises et la réalité de terrain qui se cache derrière le terme de « fumier lacustre » bien comprise par tous les chercheurs font que les choses resteront pour un moment en l'état.*

**Réponse de J.-L. Brochier :** *Si le terme de « fumier » consacré par l'usage peut être conservé comme raccourci pratique de « couche organique d'origine anthropique » que l'on pourrait lui préférer, le qualificatif de « lacustre » doit être abandonné car il laisse suggérer un rôle essentiel du lac dans sa formation. Si cette qualification doit seulement désigner ce qui est trouvé dans un lac, tout ce qui provient d'une fouille subaquatique, pilotis, céramiques, outillage, devrait être systématiquement qualifié de lacustre ce qui n'est justement pas le cas. Nous utilisons l'appellation « fumier d'habitat ». Les études en cours sur les ethnofaciès sédimentaires devraient mettre à mal cette terminologie insuffisante en permettant d'isoler au sein de ces couches d'apparence relativement homogènes : les dépôts primaires des dépôts secondaires, les fumiers de stabulation, les chaumes de toit, les dépôts de déchets organiques divers.*

## BIBLIOGRAPHIE

- BOCQUET (A.), BROCHIER (J.-L.), BARBIER (A.-E.), LUNDSTROM-BAUDAIS (K.), ORCEL (C.), VIN (F.), 1987, « A submerged Neolithic Village : Charavines "Les Baigneurs" in lake Paladru, France », in *European Wetlands in Prehistory*, COLES (J.-M.), LAWSON (A.-J.) ed., Oxford, pp. 33-54.
- BOCQUET (A.), 1990, « Le village néolithique des Baigneurs à Charavines, lac de Paladru (Isère) », *Die ersten Bauern*, Schweizerisches Landesmuseum, Zürich, vol. 2, pp. 205-209.
- BROCHIER (J.-L.), 1982, « La sédimentologie lacustre spatiale : étude d'une surface d'habitat sur la station des Baigneurs, lac de Charavines », *Bull. Société Préhistorique Française*, 79-2, pp. 51-55.
- BROCHIER (J.-L.), ESTIENNE (P.), 1988, L'analyse d'image par ordinateur pour une méthode d'analyse stratigraphique. Colloque international du CNRS : Méthodes et concepts en stratigraphie du Quaternaire européen, 1 p., préactes.
- BROCHIER (J.-L.) et alii, 1990, « Sédimentologie » encart analyse d'image à l'ordinateur, dans *Les Mystères de l'archéologie, les Sciences à la Recherche du passé*, Presse Universitaire de Lyon, pp. 51-73.
- BROCHIER (J.-L.), MOULIN (B.) (sous presse). « La sédimentation lacustre tardiglaciaire et postglaciaire au large du site de Champréveyres, lac de Neuchâtel », à paraître dans *Documents d'Archéologie neuchâteloise*, Neuchâtel, CH.
- CLARK (J.-S.), MERKT (J.), MULLER (H.), 1989, « Postglacial fire, vegetation, and human history on the nor-thern alpine forelands », south-western Germany, *Journal of Ecology*, 77, pp. 897-925.
- COURTY (M.-A.), FEDOROFF (N.), GUILLORE (P.), 1987, « Étude micromorphologique des sédiments archéologiques ». Techniques et applications, dans MISKOVSKY (J.-C.), *Géologie de la Préhistoire*, Géopre, Paris, pp. 439-478.
- COURTY (M.-A.), GOLDBERG (P.), MACPHAIL (R.), 1989, « *Soils and micromorphology* », Cambridge University Press, 344 p.
- MERKT (J.), 1971, « Zuverlässige Auszählungen von Jahresschichten in Seesedimenten mit Hilfe von, *Gross-Dunnschliffen* », *Archiv für Hydrobiologie*, 69, pp. 145-154.

# UTILISATION DES TENEURS EN OXYGENE 18 DE LA MATIERE ORGANIQUE D'ORIGINE VÉGÉTALE POUR L'ÉTUDE DES PALÉOCLIMATS : APPLICATION AU SITE ARCHÉOLOGIQUE DE CHARAVINES-LES BAIGNEURS

**André FERHI**

Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon-les-Bains  
(1991)

## INTRODUCTION

Le rôle essentiel du climat sur l'évolution du milieu physique et sur les activités humaines explique l'essor considérable que connaissent, actuellement, les recherches consacrées à l'étude des paléoclimats. Les méthodes d'investigation généralement utilisées sont très diverses : sédimentologie, palynologie, dendroclimatologie, malacofaune, ostracodes, diatomées, etc. Depuis quelques décennies on assiste à toute une floraison de nouvelles méthodes venant compléter cette panoplie. Il s'agit des méthodes isotopiques qui se sont rapidement développées en même temps que les progrès accomplis en matière de spectrométrie de masse. Les substances faisant l'objet de ces études sont essentiellement les carbonates (foraminifères, précipités de carbonates), la silice (diatomées), la matière organique d'origine végétale (cernes de troncs d'arbres, bois fossiles, tourbe).

Les méthodes isotopiques exploitent, de façon plus ou moins directe, la répartition sélective des éléments isotopiques entre les diverses phases en présence lors des transformations physico-chimiques aboutissant à l'élaboration de la substance étudiée. Cette répartition dépend de certaines variables du milieu comme la température, par exemple, et par conséquent la composition isotopique du produit final portera, d'une certaine façon, la marque des conditions de milieu dans lesquelles il s'est formé.

L'objet de la présente étude est double. Il s'agit tout d'abord de présenter succinctement quelques éléments essentiels sur la méthode de reconstitution des paléoclimats fondée sur l'analyse des teneurs en oxygène-18 de composés organiques d'origine végétale. Cette méthode étant relativement récente et encore peu divulguée en dehors des milieux spécialisés, il nous semble donc indispensable de faire le point sur ses principes et sur ses limites afin de fournir toutes les informations nécessaires pour une juste interprétation des données. Le second objectif est d'essayer d'apporter, à l'aide de cette méthode, quelques éléments de réponses à des problèmes d'ordre paléohydrologique et paléoclimatique concernant le site archéologique de Charavines-Les Baigneurs qui a fonctionné entre 2706 et 2600 av. J.C. L'existence de nombreux troncs d'arbres utilisés pour sa construction et leur bonne conservation en milieu immergé rendent cette approche isotopique tout à fait appropriée au problème posé.

## I. DÉFINITIONS UTILES

Ces quelques définitions s'adressent aux lecteurs peu familiarisés avec certaines notions spécifiques utilisées en géochimie isotopique. Il n'existe actuellement dans ce domaine que très peu d'ouvrages généraux à la portée des non-spécialistes. Pour cette raison, il nous a paru utile de définir,

dès le début de ce texte, les notions de base et les grandeurs caractéristiques que nous aurons à utiliser par la suite.

### 1.1. Éléments isotopiques

Rappelons, tout d'abord, que les éléments isotopiques ont des propriétés chimiques identiques et ne diffèrent que par leur masse. Ceci est lié à la constitution nucléaire de l'atome : même nombre de protons donc également d'électrons mais nombre variable de neutrons. Ainsi l'élément oxygène possède trois espèces isotopiques, toutes stables :  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ . Les exposants indiquent le nombre total de nucléons, donc la masse des différents isotopes.

Dans la nature, l'abondance relative des espèces isotopiques est souvent très inégale. Dans le cas de l'oxygène les abondances sont respectivement de 99,76 % pour  $^{16}\text{O}$ , 0,04 % pour  $^{17}\text{O}$  et 0,20 % pour  $^{18}\text{O}$ .

L'inégalité des masses se traduit, naturellement, par des comportements légèrement différents pour toutes les propriétés qui dépendent directement de la masse : densité, point de fusion et d'ébullition, pression de vapeur, vitesse de réaction, etc.

D'un point de vue pratique ceci aboutit à une répartition sélective des éléments isotopiques dans les situations suivantes : réaction chimique, diffusion, changement partiel d'état, échange isotopique sans réaction chimique apparente, etc.

### 1.2. Expression de la composition isotopique

Différentes unités permettent de représenter la composition isotopique pour un élément donné.

- Le rapport d'abondance isotopique, R, est le plus simple. Il représente le quotient entre la concentration de l'un des isotopes (généralement le plus lourd) et la concentration de l'autre. Par exemple :

$$R = [^{18}\text{O}] / [^{16}\text{O}]$$

- Les variations de ce rapport restent, cependant, très faibles et leur utilisation pratique comme unité de mesure s'avère, de ce fait, peu commode. Comme en géochimie on s'intéresse davantage aux variations plutôt qu'aux valeurs absolues, on peut prendre en compte, non pas les valeurs absolues du rapport isotopique mais leurs déviations par rapport à une valeur fixe prise comme référence. On introduit ainsi une nouvelle unité définie par la relation :

$$\square = \frac{(R_e - R_s)}{R_s} \cdot 10^3$$

dans laquelle  $R_e$  et  $R_s$  représentent respectivement les rapports d'abondance isotopique de l'échantillon et du standard.

La valeur de  $\square$  peut fluctuer, ainsi, autour de zéro.  $\square = 0$  signifie que l'échantillon a la même composition isotopique que le standard. Plus grand ou plus petit que 0 signifie que le rapport isotopique de l'échantillon est supérieur ou inférieur à celui du standard.

### 1.3. Notion et expression du fractionnement isotopique

Le fractionnement isotopique caractérise la répartition sélective des différents isotopes en présence lors d'une transformation d'origine thermodynamique. Prenons un exemple simple pour illustrer cette notion (fig. 1).

Soit une enceinte close contenant de l'eau pure maintenue à une température constante de 25°C. A l'équilibre, la pression de vapeur au-dessus de l'eau se stabilise à une valeur constante (pression de vapeur saturante). Si l'on détermine le rapport isotopique de l'oxygène des molécules d'eau dans la phase liquide (Rl) et dans la phase gazeuse (Rv) on n'obtiendra pas des valeurs identiques. Le rapport caractérisant la vapeur sera un peu plus petit. Le rapport Rl/Rv sera donc légèrement différent de 1 et c'est cette différence que l'on appelle fractionnement isotopique. Dans les conditions expérimentales décrites ci-dessus, on obtient la valeur caractéristique suivante :

$$\alpha = Rl/Rv \approx 1,009$$

$\alpha$  est le facteur de fractionnement isotopique à l'équilibre. La différence par rapport à 1, exprimée en parts pour mille, donne le coefficient d'enrichissement isotopique soit :

$$\epsilon = (\alpha - 1) 10^3$$

Dans cet exemple on a donc  $\epsilon = 9 \text{ ‰}$ .

Nous n'avons considéré ici qu'un cas simple pour illustrer cette notion de fractionnement isotopique. Les choses se compliquent, cependant, dès lors que l'on a affaire à des systèmes plus complexes en milieu ouvert et dans lesquels interviennent de multiples processus, généralement non à l'équilibre. Les compositions isotopiques initiales des différentes composantes du système et les effets cinétiques deviennent alors prépondérants pour la compréhension du résultat final.

## II. TENEURS EN OXYGÈNE-18 DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DE PLANTES ACTUELLES

Si la matière organique fossile, d'origine végétale, doit porter, au niveau de sa composition isotopique, l'empreinte du climat, cette information est forcément acquise du vivant de la plante. Il est donc naturel d'examiner, en premier lieu, les variations de teneurs en oxygène-18 des plantes actuelles en fonction du climat. De nombreuses études ont été effectuées dans ce sens (BURK, GRAY, FERHI, GEGOUT, GOUZE). La figure 2 montre, à titre d'exemple, la répartition des teneurs en oxygène-18 de diverses plantes en fonction de la latitude (FERHI). Ces plantes ont été récoltées le long d'un transect nord-sud, allant de Kiruna en Suède à Abidjan en Côte-d'Ivoire. Toute une variété de climats est ainsi traversée.

Les résultats montrent, tout d'abord, une relation de dépendance manifeste entre le climat et la composition isotopique de l'oxygène organique. Cette relation ne semble, cependant, pas très simple. En allant du nord au sud, donc des climats plus froids aux climats plus chauds, on observe, dans un premier temps, une augmentation progressive des valeurs qui passent de 18-19 ‰ dans les régions circumpolaires à 31-32 ‰ dans les milieux arides du Sahara. Puis, curieusement, les valeurs se mettent à diminuer en abordant les climats tropicaux pour atteindre des valeurs de l'ordre de 24 ‰ au niveau d'Abidjan.

Cette double variation par rapport à un point charnière correspondant au domaine le plus chaud et le plus sec des climats traversés (régions sahariennes) suggère l'influence de facteurs climatiques multiples sur la composition isotopique de la matière organique des plantes.

De fait, on observe une bonne corrélation des teneurs en oxygène-18 avec la température dans les régions septentrionales (fig. 3) et une autre corrélation, cette fois avec la pluviométrie, dans les régions tropicales, à saison sèche plus ou moins marquée (fig. 4).

Des mesures similaires effectuées suivant un gradient altimétrique dans les Andes de Bolivie, montrent également une excellente corrélation entre l'altitude et l'oxygène-18 des plantes (fig. 5).

Il ressort de ces différentes investigations, données en exemple, qu'il existe une relation étroite entre la composition isotopique de la matière organique des plantes et les conditions climatiques. Apparem-

ment deux paramètres, au moins, jouent un rôle prépondérant, la température et la pluviométrie. Pour comprendre le rôle et l'importance de chacun de ces paramètres, il convient d'examiner maintenant les processus qui sont à l'origine de ce phénomène.

### **III. ORIGINE DES VARIATIONS DE TENEURS EN OXYGÈNE-18 DANS LES PLANTES**

L'oxygène incorporé dans les substances organiques peut avoir, comme origine, deux sources principales : l'eau et le gaz carbonique. La photorespiration peut également en introduire une petite quantité en provenance directe de l'oxygène de l'air.

Des mesures (KELLING) montrent que les compositions isotopiques de l'oxygène de CO<sup>2</sup> dans l'atmosphère sont très peu variables sur l'ensemble de la planète en raison des brassages continus de l'atmosphère. Cette valeur reste de l'ordre de 41 ‰ environ.

L'eau des précipitations, par contre, varie considérablement en fonction de certains paramètres géographiques et climatiques. Les mesures disponibles (IAEA) montrent, toutes régions du globe confondues, des valeurs moyennes allant de -23 à -3 ‰ environ.

On voit que la composition isotopique de l'oxygène organique ne correspond, en fait, ni à la valeur du CO<sup>2</sup> ni à celle de l'eau mais à une valeur plutôt intermédiaire qui laisse supposer des effets de fractionnement isotopique importants au cours des processus photosynthétiques.

Pour essayer de démêler un peu les problèmes, des expériences en enceinte contrôlée où l'on peut faire varier les différents paramètres du milieu indépendamment les uns des autres, ont été mises en oeuvre.

#### **3.1. Influence de la température**

Il y a quelques années, il était admis que les variations de teneurs en oxygène-18 chez les plantes étaient liées à la température moyenne de l'air pendant la saison végétative et ceci par le simple fait du fractionnement isotopique qui se produit à l'occasion des réactions métaboliques dont la plante est le siège.

Les résultats expérimentaux n'ont pas confirmé cette idée. On constate, en effet, que la composition isotopique des plantes ne varie pratiquement pas pour des différences de température allant de 15 à 32 °C, lorsque tous les autres paramètres du milieu sont maintenus constants (fig. 6).

Si la température joue un rôle, il est donc probable que ce rôle s'exerce indirectement en agissant notamment, sur d'autres paramètres du milieu qui, eux, exercent une influence directe sur la composition isotopique des produits photosynthétiques.

#### **3.2. Influence de la composition isotopique de l'eau du sol**

Lorsqu'on arrose des plantes avec des eaux ayant des teneurs en oxygène-18 différentes, tout en maintenant des conditions de milieu identiques pour toutes les plantes, on observe une nette corrélation entre les compositions isotopiques de l'eau et celles de la matière organique (fig. 7). Compte tenu de la diversité des  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau des sols, diversité qui reste fonction des conditions de milieu et en particulier des conditions climatiques, cette dépendance constitue l'un des éléments importants pour l'interprétation des faits observés en milieu naturel.

#### **3.3. Influence de la pression de vapeur d'eau dans l'air**

Des plantes croissant sous des humidités relatives différentes font apparaître l'existence d'une relation linéaire décroissante entre l'humidité relative de l'air ambiant et les teneurs en oxygène-18 de

la matière organique (fig. 8). Cette nouvelle donnée expérimentale vient compléter la précédente pour l'interprétation climatique de la distribution des compositions isotopiques de la matière organique des plantes.

#### IV. INTERPRÉTATION DES DONNÉES EXPÉRIMENTALES

Les résultats expérimentaux montrent, à l'évidence, que c'est la composition isotopique de l'eau utilisée au cours de la photosynthèse qui pilote, en priorité, les variations de teneur en oxygène-18 de la matière organique des plantes. Il faut tenir compte naturellement, des caractéristiques isotopiques de l'eau qui se trouve au niveau des feuilles et non au niveau du sol. Des considérations théoriques et expérimentales (BARIAC, FERHI, FÖRSTEL) montrent que dans la feuille, la composition isotopique de l'eau tend vers une valeur d'équilibre en relation avec un certain nombre de facteurs du milieu ambiant dont les principaux sont : la concentration en oxygène-18 de la source d'eau (eau du sol) et celle de la vapeur atmosphérique, la température, l'humidité relative de l'air. Ceci est naturellement lié au phénomène de transpiration qui entraîne des effets isotopiques importants par évaporation de l'eau à travers les orifices stomatiques (fig. 9).

Ainsi, à l'équilibre, la composition isotopique de l'eau au niveau des tissus mésophylliens peut être calculée par la relation :

$$\delta f = (1 - h) \delta s + \delta e + \delta k + h (\delta A - \delta k)$$

dans laquelle  $\delta f$ ,  $\delta s$ ,  $\delta A$  représentent respectivement les compositions isotopiques de l'eau dans la feuille, de l'eau dans le sol et de la vapeur d'eau atmosphérique,  $\delta k$  et  $\delta e$  sont les constantes cinétiques et à l'équilibre du fractionnement isotopique,  $h$  est l'humidité relative au-dessus du couvert végétal.

Tous ces paramètres sont, à quelques nuances près, liés à la nature du climat. La matière organique élaborée à partir de cette eau par les processus photosynthétiques conservera donc, d'une certaine manière, la « mémoire » des conditions de milieu dans lesquelles elle s'est formée. On observe en effet que la teneur en oxygène-18 de la matière organique des plantes est liée à celle de l'eau des tissus mésophylliens par la relation :

$$\delta mo = a \cdot \delta f + b$$

Pour les plantes non aquatiques, les paramètres  $a$  et  $b$ , déterminés expérimentalement, ont respectivement pour valeur : 0.39 et 21.6.

D'une façon générale, dans un contexte géographique donné, les conditions d'évapotranspiration apparaissent donc comme le facteur déterminant de l'état de la composition isotopique de l'eau au niveau des feuilles et par suite de la matière organique élaborée à partir de cette eau. Cette notion d'évapotranspiration, bien que primordiale en climatologie reste, cependant, difficile à appréhender dans la pratique. Ceci vient du fait que les conditions d'évapotranspiration résultent de la combinaison de plusieurs facteurs climatiques distincts : la température, la pluviométrie, le vent, etc. C'est la raison pour laquelle de nombreux auteurs ont tenté une approche de cette notion par diverses méthodes plus ou moins empiriques : indice pluvio-thermique de De MARTONNE et d'EMBERGER, diagrammes ombro-thermiques de De HAUSSEN, climatogrammes de PEGUY, formules de calcul de l'évapotranspiration potentielle de TURC, de THORNTON, de PENMAN, etc.

En définitive, les variations de composition isotopique enregistrées au niveau de la matière organique des plantes essentiellement rendent compte de la disponibilité ou du stress en eau ressenti au niveau du couvert végétal sans que l'on puisse attribuer ceci, avec certitude, à un effet d'origine purement thermique ou purement pluviométrique ou des deux à la fois.

## **V. PALÉOCLIMATOLOGIE DE LA RÉGION DU LAC DE PALADRU ENTRE 2706 et 2600 av. J.-C.**

Le site archéologique des Baigneurs correspond à un ensemble de bâtiments en bois construits entre 2706 et 2600 av. J.C. sur une plage crayeuse, en bordure du lac de Paladru. Ce site est actuellement immergé sous une tranche d'eau d'environ deux à trois mètres.

Ce niveau connaît des fluctuations saisonnières assez considérables et une partie au moins du site émerge au cours de l'hiver. Le problème qui se pose dès lors est de savoir dans quel contexte de milieu l'installation des hommes s'est faite. S'agit-il d'une construction sur terre ferme en bordure du plan d'eau dont le niveau aurait remonté par la suite, submergeant le site?

En fait, plusieurs preuves d'ordre archéologique et sédimentologique démontrent que l'installation humaine s'est faite sur une plage émergée, en bordure du lac dont le niveau était donc plus bas qu'actuellement. Si tel est le cas, deux questions se posent alors au sujet de ces variations :

1) s'il y avait eu abaissement de l'eau par rapport au niveau actuel, à quel moment cet abaissement s'était-il produit ; à partir de quand la remontée vers le niveau actuel a-t-elle eu lieu ?

2) quelles sont les causes de ces fluctuations ? Sont-elles d'origine climatique ou d'origine mécanique (engorgement de l'exutoire) ? Ou encore d'origine anthropique, avec l'intensification des défrichements qui auraient permis la remontée des eaux à leur niveau actuel?

Il est bien difficile de répondre à ces questions, a priori. En tout cas pour exonder complètement cette plate-forme il faudrait un abaissement du niveau actuel du lac de l'ordre de 3 m environ.

Ce qu'il faut savoir par ailleurs, c'est que ce lac fonctionne comme un vrai « pluviomètre », avec un bassin versant peu étendu et sans affluent important. Il est donc très sensible aux variations des conditions climatiques. C'est ainsi que la sécheresse assez exceptionnelle de 1989 s'est traduite par une émergence presque totale du site archéologique.

Dans ces conditions il n'est pas aberrant de penser que des fluctuations de nature climatique puissent être à l'origine des variations du niveau du lac.

Afin d'apporter quelques éléments d'information à ce sujet, des investigations fondées sur l'analyse des teneurs en oxygène-18 dans la cellulose des bois utilisés pour la construction des bâtiments, ont été entreprises.

### **5.1. Matériel et méthode**

Le bois étudié est une rondelle découpée sur un tronc de sapin (pieu n°7122) comportant au total 110 cernes. La largeur de ces cernes étant relativement étroite, nous n'avons pas pu les prélever un par un. Nous nous sommes contentés de prélèvements correspondant à peu près à la largeur de deux cernes consécutifs.

Parallèlement à cette analyse et pour une étude comparative, nous avons échantillonné des rondelles de bois actuel le long du versant bordant le lac de Paladru entre 500 et 800 m d'altitude, à raison d'un échantillon tous les 50 m.

Pour s'assurer de la bonne homogénéité des composants organiques analysés, nous avons préféré extraire la cellulose de chaque échantillon plutôt que de prendre le bois dans son ensemble. Ceci a pour effet d'éliminer la lignine et éventuellement les produits de réserve stockés dans le bois.

L'oxygène organique a été obtenu suivant la méthode d'extraction par pyrolyse en présence d'un excès de carbone pur apporté sous forme de poudre de diamant (Hardcastle, Fehri). L'analyse des con-

centrations en oxygène-18 proprement dite est obtenue par spectrométrie de masse à l'aide d'un appareil de type CH7 de FINNIGAN-MAT.

Tous les résultats sont exprimés en unité définie précédemment. La valeur de référence (ou standard) prise en considération est le SMOW (Standard Mean Ocean Water) qui est le standard international généralement utilisé pour les mesures d'oxygène-18 dans l'eau et dans la matière organique.

## 5.2. Résultats

La valeur moyenne des 55 échantillons analysés s'établit à + 23.4 ‰ avec une erreur type sur les analyses s'élevant à +/- 0.2. Cette valeur reste très semblable aux valeurs que l'on observe actuellement dans les Alpes du Nord et à cette altitude (vers 500m). Donc, en considérant l'ensemble de la période, les résultats n'indiquent pas un bouleversement spectaculaire des conditions climatiques. Si l'on regarde, cependant, ces résultats de plus près (fig. 10), on peut noter trois faits importants.

Tout d'abord on ne note pratiquement aucune tendance générale précise dans un sens ascendant ou descendant. En lissant la courbe, cependant, (fig. 11) une vague tendance vers un abaissement des valeurs à partir des cernes 30-31 se dessine. On remarque ensuite que les variations interannuelles restent relativement faibles. La figure 12 montre la distribution des écarts entre deux valeurs successives par rapport à leur moyenne :

$$Y_1 = (X_1 - X_{1+1}) / 2$$

par contre, si l'on considère la distribution des écarts de l'ensemble des valeurs par rapport à la moyenne générale (fig. 12) suivant la relation :

$$Y_1 = X_1 - X$$

on note des variations beaucoup plus importantes. Ces variations semblent s'ordonner dans le temps suivant un mouvement grossièrement cyclique. On peut observer ainsi deux maximum culminant au niveau des cernes 12 et 39 et trois minimum au niveau des cernes 3, 29 et 53.

En définitive, le signal isotopique montre des variations pseudo-cycliques d'une assez grande amplitude qui viennent se superposer à des variations interannuelles beaucoup plus faibles et tout à fait aléatoires. Le cycle moyen de ces variations est, pour la période étudiée, de l'ordre de quelques dizaines d'années. Il est difficile, enfin, de voir à l'intérieur de cette série se dessiner une tendance générale dans un sens croissant ou décroissant.

En ce qui concerne les échantillons de bois actuel, on note, comme on a pu le constater partout, une diminution des valeurs avec l'altitude. Au niveau du lac la valeur obtenue est de 23.25 ‰.

Il reste à établir la signification climatique précise de ce signal isotopique.

## 5.3. Discussion

En fonction des précisions précédemment données une augmentation des teneurs en oxygène-18 traduit un abaissement du degré hygrométrique moyen de l'air entraînant un accroissement de l'ETP (évapotranspiration potentielle) et un fractionnement isotopique intense de l'eau au niveau du sol et au niveau du couvert végétal.

Un tel changement de l'état hygrométrique moyen de l'atmosphère peut être lié à deux variables climatiques importantes : soit à une augmentation des températures moyennes annuelles sans variation des précipitations moyennes, soit l'inverse, soit enfin, à une variation simultanée des deux paramètres : augmentation des températures et diminution des précipitations. Dans tous les cas, cette situation se traduit dans le couvert végétal par un certain stress en eau et le résultat apparaît comme un phénomène de sécheresse. D'une façon générale, les mesures isotopiques permettent donc de dire s'il y a ou non

un déficit en eau, mais pas si ce déficit est dû à une augmentation des phénomènes d'évapotranspiration ou à une diminution des précipitations moyennes.

A la lumière de ces indications on peut donc constater que les conditions climatiques, dans les environs du site de Charavines-Les Baigneurs, ont connu dans la période précédant l'abattage de l'arbre étudié des fluctuations sensibles, avec une alternance de phases relativement sèches suivies de phases plus humides. La périodicité de ces phases reste de l'ordre d'une quarantaine d'années.

Deux maximum de sécheresse apparaissent ainsi vers les 30-31ème cernes et vers les 78-79ème cernes. Les périodes les plus humides se repèrent au niveau des cernes de rang : 6-7, 58-59, 92-93. Peut-on chiffrer ces variations en termes de déficit moyen en eau ? Ceci est évidemment un exercice périlleux dans la mesure où l'on ne sait pas faire le partage entre l'effet éventuellement lié à la température et celui lié à la pluviométrie. Si l'on considère, toutefois, que les variations isotopiques observées s'expliquent complètement par l'effet unique d'une variation des précipitations, on peut indiquer un ordre de grandeur. On constate, en effet, que le  $\delta^{18}\text{O}$  de la cellulose diminue d'environ  $0,49 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$  pour une augmentation d'altitude de 100 m. Si l'on estime le gradient pluviométrique dans une fourchette de 50 à 100 mm pour 100 m de dénivelé, en se référant pour cette évaluation aux études menées dans la région de Thonon on peut calculer le gradient isotopique en fonction de la pluviométrie. Ce calcul donne une valeur de 93 mm d'eau pour 1  $\text{ }^{\circ}$  ( $P = -93,3 \text{ }^{\circ}\text{mo} + 3280$ ) dans l'hypothèse d'un gradient pluviométrique de 50 mm / 100 m et une valeur de 186 mm par  $\text{ }^{\circ}$  ( $P = 186,5 \text{ }^{\circ}\text{mo} + 5461$ ) dans l'hypothèse d'un gradient pluviométrique de 100 mm / 100 m. Etant donné la différence moyenne entre le bois actuel et le bois ancien, soit  $0,9 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ , le déficit pluviométrique moyen par rapport à l'actuel serait de l'ordre de 130 mm d'eau. Si on considère maintenant les maximum et les minimum on observe évidemment des écarts beaucoup plus importants allant jusqu'à + 360 mm par rapport à la valeur moyenne. Ces valeurs apparaissent énormes et sont certainement surestimées du fait qu'on a retenu l'hypothèse non vérifiée d'une température moyenne constante.

## CONCLUSION

L'étude paléoclimatique met en évidence l'existence, entre 2706 et 2600 av. J.-C., de conditions climatiques qui ne diffèrent pas radicalement de celles que nous connaissons aujourd'hui mais plutôt de pulsations climatiques à plus ou moins long terme. On remarque ainsi des périodes de quelques dizaines d'années marquées par une sécheresse assez considérable suivies de périodes beaucoup plus humides, alternance toujours constatée de nos jours.

Ce déficit en eau qui se reflète au niveau de la composition isotopique de la matière organique d'origine végétale, peut découler soit d'une diminution généralisée des précipitations moyennes annuelles, soit d'une augmentation des températures, soit d'une variation conjuguée des deux paramètres. Dans les cycles les plus secs, ce déficit apparaît comme particulièrement marqué par rapport à la moyenne générale de la période considérée et par rapport à l'actuel.

Ainsi, il est probable que le niveau du lac a dû baisser de quelques mètres au cours d'un de ces cycles de sécheresse relative et que les hommes ont pu coloniser la berge dégagée à la faveur de ce retrait des eaux, mais de façon tout à fait temporaire.



Figure 1. Dans une enceinte close, à une température constante de 25°C, à l'équilibre, la pression de vapeur se stabilise à une valeur constante.

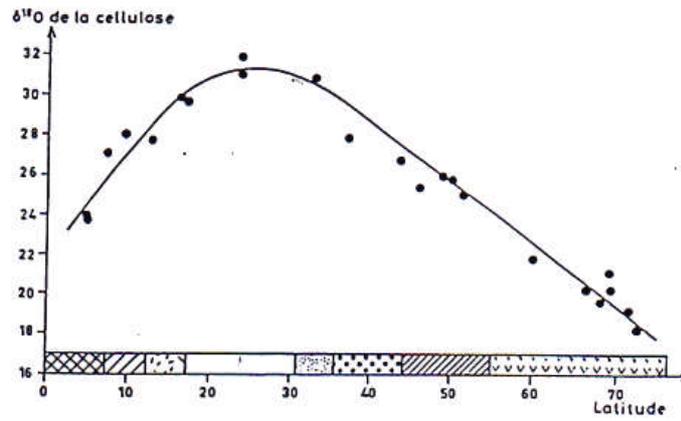


Figure 2. Répartition des teneurs en oxygène-18, en fonction de la latitude, pour divers végétaux.

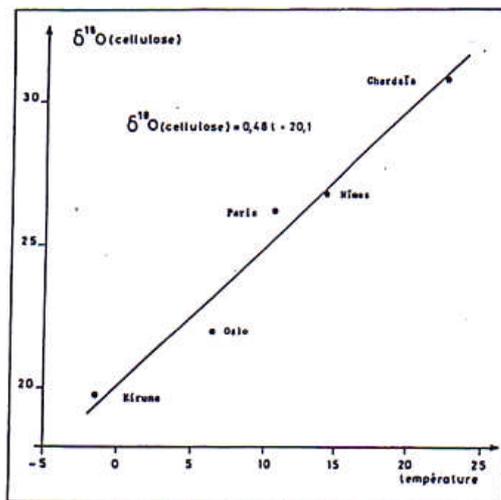


Figure 3. Teneurs en oxygène-18 en fonction des températures.

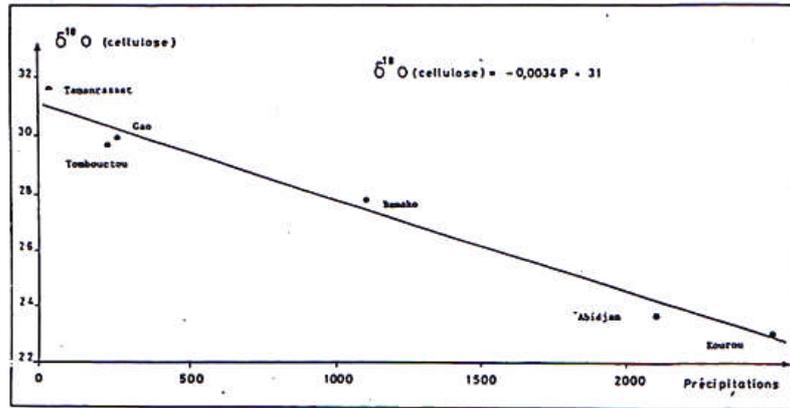


Figure 4. Variation des  $\delta^{18}\text{O}$  de la cellulose en fonction des précipitations moyennes annuelles dans les régions tropicales.

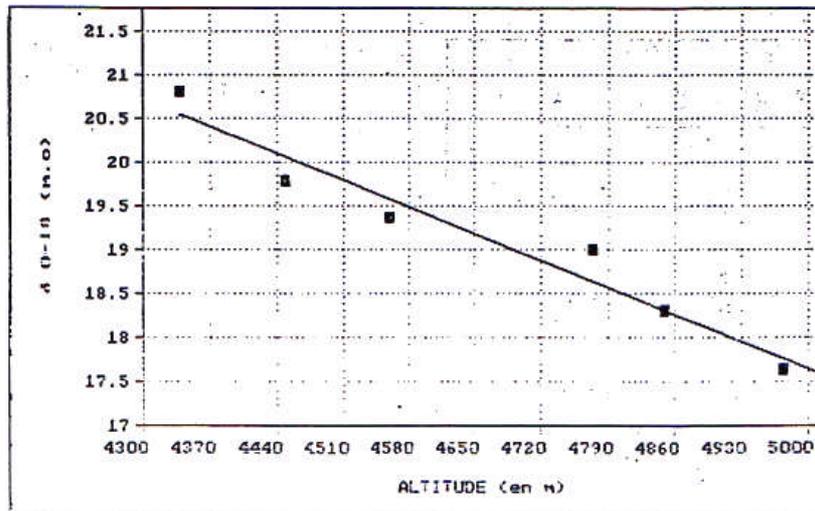


Figure 5.  $\delta^{18}\text{O}$  de la matière organique en fonction de l'altitude dans les Andes de Bolivie.

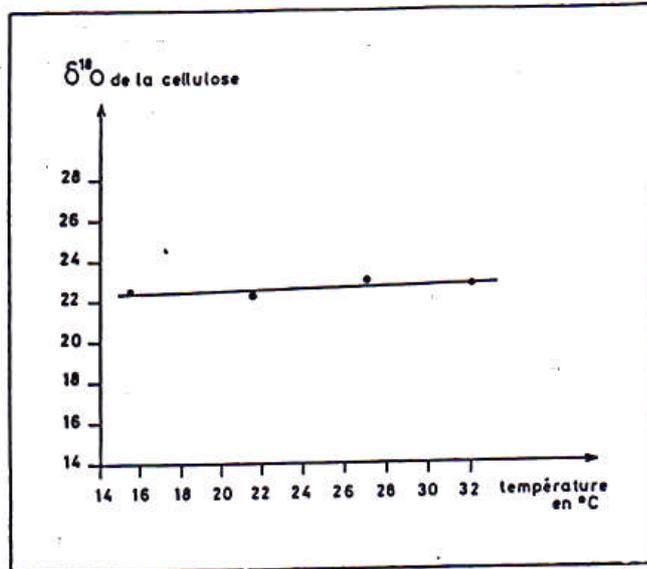


Figure 6. Pour des températures comprises entre 15 et 32 °C, la teneur en oxygène-18 ne varie pas (tous autres paramètres constants).

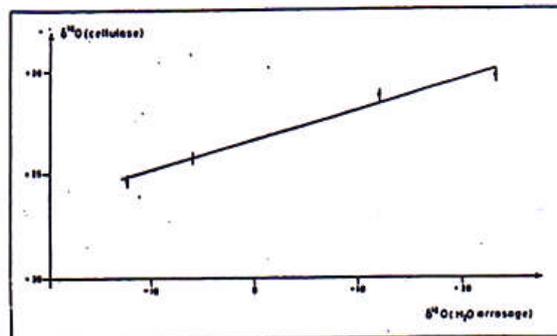


Figure 7. Relation entre les teneurs en oxygène-18 de l'eau d'arrosage et celles des végétaux arrosés (à conditions de milieux identiques).

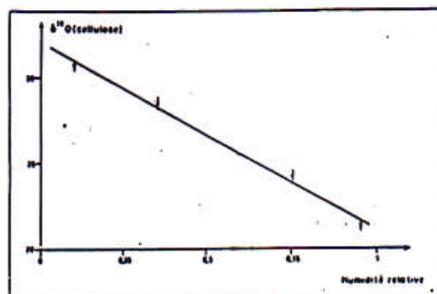


Figure 8. Relation entre l'humidité relative ambiante et les teneurs en oxygène-18 de la matière organique.

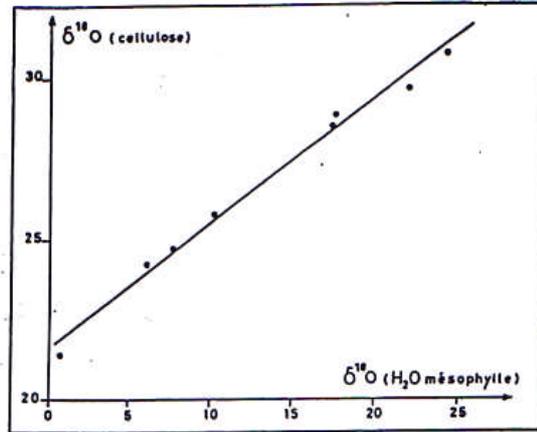


Figure 9. Relation entre la teneur en oxygène-18 de la matière organique et celle de l'eau des tissus mésophylliens.

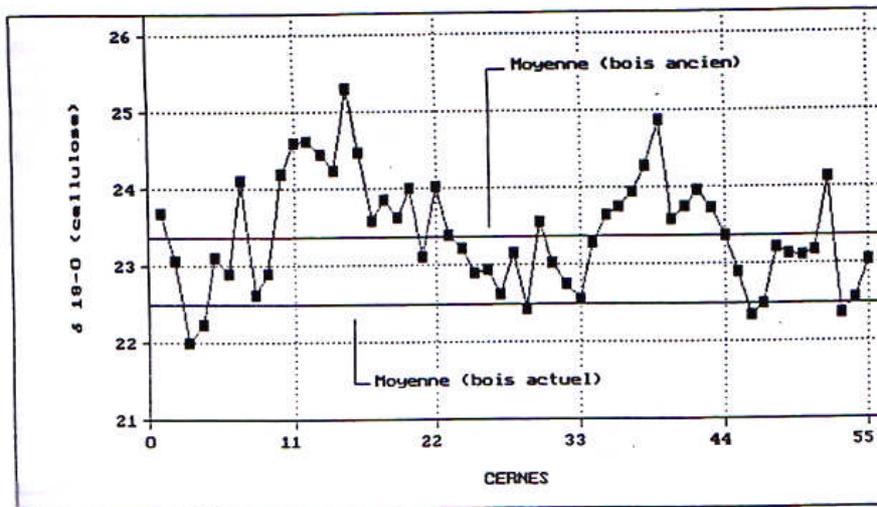


Figure 10. Teneurs en oxygène-18 de la cellulose des cernes pris deux par deux.

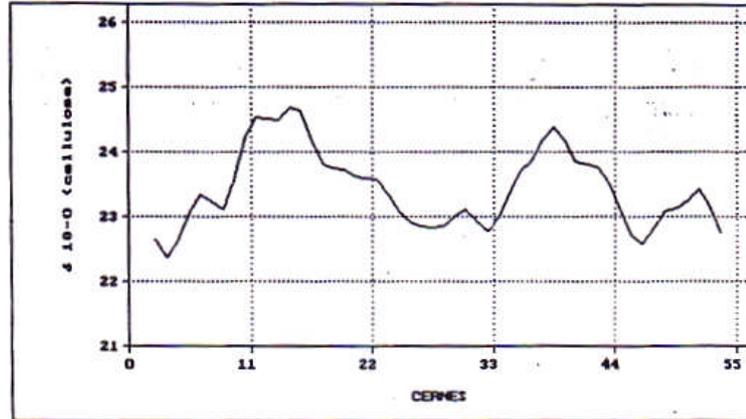


Figure 11. Evolution des teneurs en oxygène-18 avec le temps (courbe lissée).

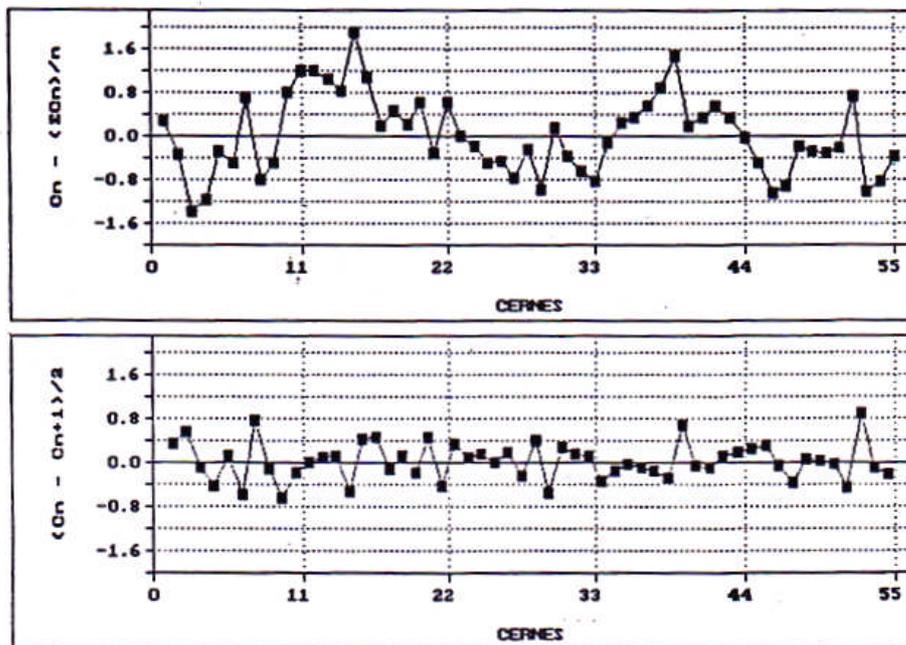


Figure 12. Variations interannuelles des teneurs en isotope 18 de l'oxygène.

Chaque échantillon fut ensuite traité pour éliminer les résines et la lignine et ne conserver que la fraction cellulosique. Les teneurs en  $^{18}\text{O}$  ont été déterminées sur cette fraction, ce qui garantit l'homogénéité et la pureté des échantillons. Les valeurs sont exprimées suivant la notation internationale, en unité ‰ définie par la relation :

$$\delta = \frac{R_e - R_s}{R_s} \cdot 10^3$$

$R_e$  et  $R_s$  représentent respectivement les rapports des concentrations [ $^{18}\text{O}$ ]/[ $^{16}\text{O}$ ] de l'échantillon et du standard international SMOW (Standard Mean Ocean Water).

Les résultats obtenus (tableau 1) couvrent une gamme de valeurs allant de 21.03 ‰ à 24.86 ‰. La moyenne générale s'élève à 23.63 ‰. Cette valeur est du même ordre de grandeur que les valeurs que l'on obtient actuellement sur les arbres de la partie nord du piémont alpin. On peut donc dire d'emblée que le climat général sous lequel cet arbre a vécu n'est pas fondamentalement différent du climat actuel, du moins dans ses grandes lignes.

Cependant, au niveau des fluctuations climatiques à plus ou moins long terme, on peut observer, au cours de cette période, deux coupures majeures marquant un changement des conditions climatiques significatif (fig. 1).

Une première coupure apparaît au niveau du 24ème cerne environ. La période antérieure à ce cerne apparaît comme relativement plus humide et/ou plus fraîche. La valeur moyenne des  $\delta^{18}\text{O}$  se situe, durant cette période, autour de 23.4 ‰. La période postérieure qui s'étend jusqu'au cerne 69 environ, apparaît, au contraire, comme relativement plus sèche et/ou plus chaude. Les  $\delta^{18}\text{O}$  sont toujours supérieurs à 23.8 ‰ et la valeur moyenne passe à 24.2 ‰.

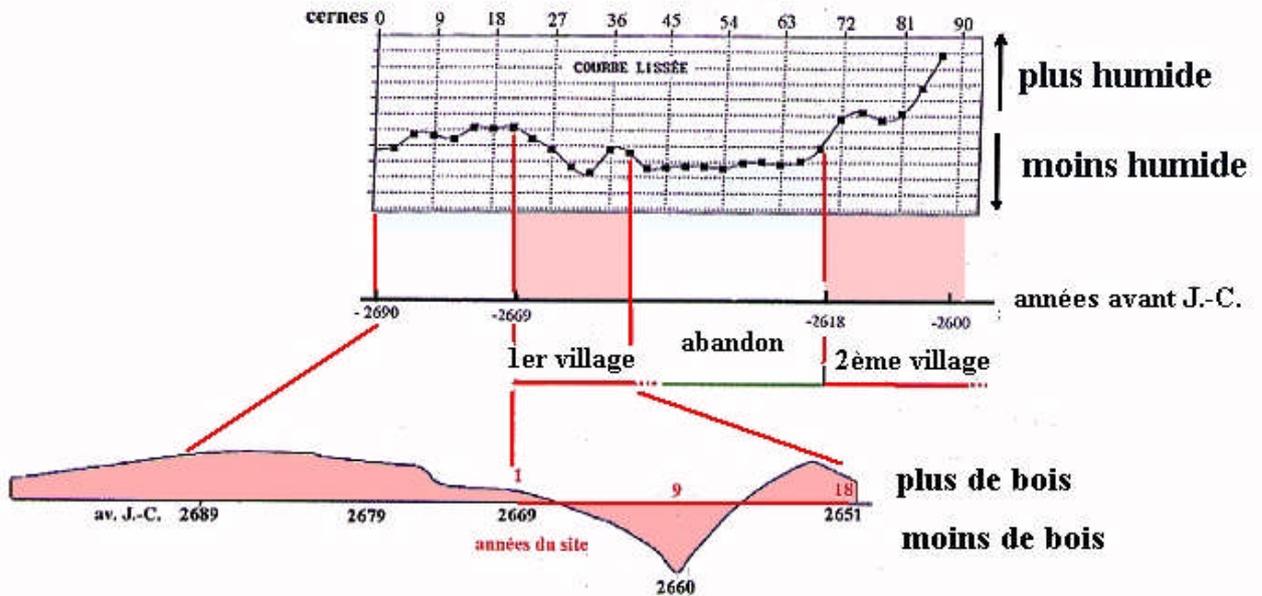
La courbe de variation des  $\delta^{18}\text{O}$  fait apparaître un second changement des conditions climatiques à partir du cerne 72. Les résultats indiquent un retour à des conditions plus humides. Durant une dizaine d'années, du cerne 72 au cerne 81, les valeurs tombent autour de 23.0 ‰. Puis, dans les dernières années avant l'abattage de l'arbre, on assiste à une décroissance très rapide des valeurs qui atteignent un minimum de 21 ‰. Dans la mesure où la série s'arrête là, on ne peut pas savoir s'il s'agit d'un changement durable des conditions climatiques ou d'un simple épisode exceptionnel et de courte durée.

<i>N° Ech.</i>	<i>N° Cerne</i>	<i>18-0</i>	<i>Lissage</i>
1.00	3.00	23.81	23.84
2.00	6.00	23.87	23.50
3.00	9.00	23.13	23.52
4.00	12.00	23.91	23.61
5.00	15.00	23.30	23.33
6.00	18.00	23.35	23.35
7.00	21.00	23.35	23.32
8.00	24.00	23.28	23.61
9.00	27.00	23.93	23.88
10.00	30.00	23.82	24.34
11.00	33.00	24.86	24.48
12.00	36.00	24.10	23.87
13.00	39.00	23.64	23.96
14.00	42.00	24.28	24.34
15.00	45.00	24.41	24.33
16.00	48.00	24.25	24.30
17.00	51.00	24.35	24.29
18.00	54.00	24.23	24.34
19.00	57.00	24.46	24.20
20.00	60.00	23.95	24.19
21.00	63.00	24.43	24.24
22.00	66.00	24.05	24.17
23.00	69.00	24.29	23.82
24.00	72.00	23.36	23.06
25.00	75.00	22.77	22.89
26.00	78.00	23.01	23.09
27.00	81.00	23.18	22.94
28.00	84.00	22.70	22.29
29.00	87.00	21.87	21.45
30.00	90.00	21.03	

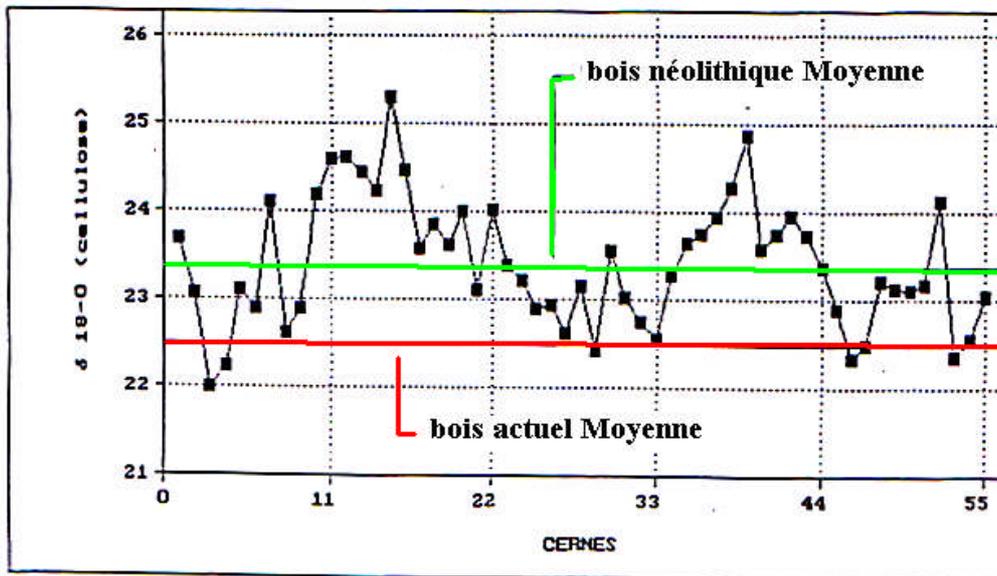
Moyenne : 23.63

**Tableau 1.** Résultats oxygène-18.

Variation de l'oxygène 18 d'un sapin entre 2690 et 2600 av. J.-C.



variation de la production annuelle de bois des sapins



*D'après la moyenne des rapports isotopiques, le climat aurait été légèrement plus chaud dans les années 80 que durant la période d'occupation du site. Ceci explique le siècle plus clément qui a permis l'installation sur la rive.*

## RAPPORT ARCHÉOLABS 2003

# ETUDE DENDROCLIMATIQUE PRÉLIMINAIRE DES PIEUX DE SAPIN DE LA PREMIÈRE PHASE D'OCCUPATION DU SITE NÉOLITHIQUE IMMERGÉ DES BAIGNEURS À CHARAVINES (38850)

(VERSION AOÛT 2003)

Le corpus étudié correspond aux 367 pieux de sapin datés (datation absolue) de la première phase d'occupation du site néolithique immergé des Baigneurs à Charavines (Isère - lac de Paladru).

Lors de la fouille et du prélèvement des échantillons, tous les pieux possédaient l'écorce. A l'analyse, il n'a été observé aucune trace d'attaques de larves d'insectes entre l'écorce et le dernier cerne de croissance, ce qui exclut un stockage éventuel. En effet, l'observation de bois de sapin stockés une année en plein air permet de constater la présence de ces attaques, et la tendance naturelle au détachement de l'écorce.

### année 1 du site

L'année -2668 (année relative 58) a été attribuée arbitrairement à la première phase d'abattage. On note toutefois qu'un premier arbre a été abattu en -2669 (année relative 57).

Les variations relatives de l'épaisseur des cernes de croissance des bois sont directement liées au climat local. Elles sont la base de la dendrochronologie. Par contre la **valeur absolue de cette épaisseur est la résultante des effets d'un milieu écologique, anthropisé ou non** (forêt dense, lisière de forêt, secteur éclairci, ...).

Notre première approche sera de distinguer, pour chaque année d'abattage déterminée par la dendrochronologie, des critères écologiques communs à plusieurs bois et de rattacher ces groupes de pieux aux différentes structures identifiées. Les deux premiers chiffres des numéros de groupe correspondent à l'année relative d'abattage des pieux.

Cette approche ne tient pas compte des données autres que dendrochronologiques et dendrologiques.

Elle permettra un essai de restitution de l'évolution du village ainsi que l'identification d'actions anthropiques antérieures à l'année -2668 (année relative 58).

La seconde approche tentera de caractériser les provenances écologiques de la première phase d'occupation et de les interpréter.

De plus, deux campagnes de prélèvements ont été effectués sur des arbres actuels. Une première série d'échantillons a été prélevée aux abords du lac de Paladru (cf. rapport ARC93/R1289D/2). Les sapins ayant pratiquement disparus, les arbres retenus étaient des épicéas. Cette première série n'a pas apporté d'élément significatif.

Une autre série d'échantillons, essentiellement de sapin, a été prélevée dans une zone proche du lac de Nantua (cf. rapport ARC93/R1496D).

## **I – CLASSEMENT ÉCOLOGIQUE DES BOIS DE SAPIN PAR ANNÉE D'ABATTAGE ET RÉPARTITION PAR STRUCTURE ARCHITECTURALE D'APRÈS LES ANALYSES DENDROCHRONOLOGIQUES**

### **-2669 (année relative 57)**

Cette année ne compte qu'un seul pieu (n° 421) et ne fera pas l'objet de commentaires (tableau 3).

### **-2668 (année relative 58)      année 1 du site**

#### **1 - Regroupements écologiques**

Sur 20 pieux, 16 pieux se répartissent en 3 groupes écologiques :  
(plan : figure 25 ; tableau 4)

- **5801** (figures 34 et 35)  
9 pieux n° 173, 207, 275, 470, 863, 881, 897, 904 et 908.
- **5802** (figures 36 et 37)  
3 pieux n° 822, 883 et 899.
- **5803** (figures 38 et 39)  
4 pieux n° 210, 267, 680 et 896.

Les 4 pieux n° 90, 94, 461 et 762 sont atypiques et ne seront pas commentés.

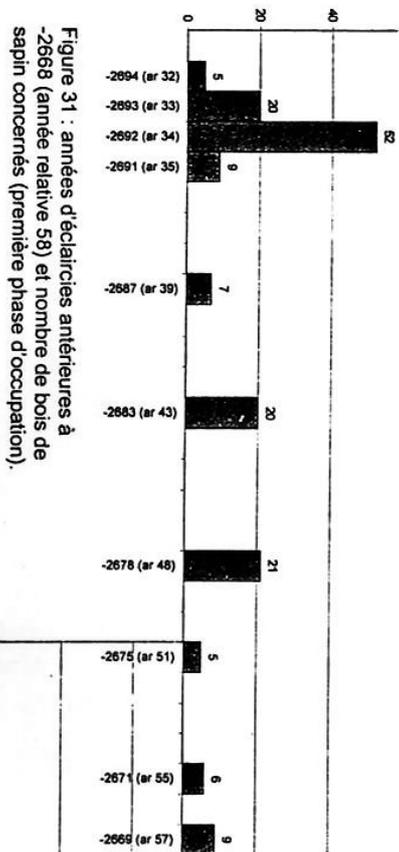


Figure 31 : années d'éclaircies antérieures à -2668 (année relative 58) et nombre de bois de sapin concernés (première phase d'occupation).

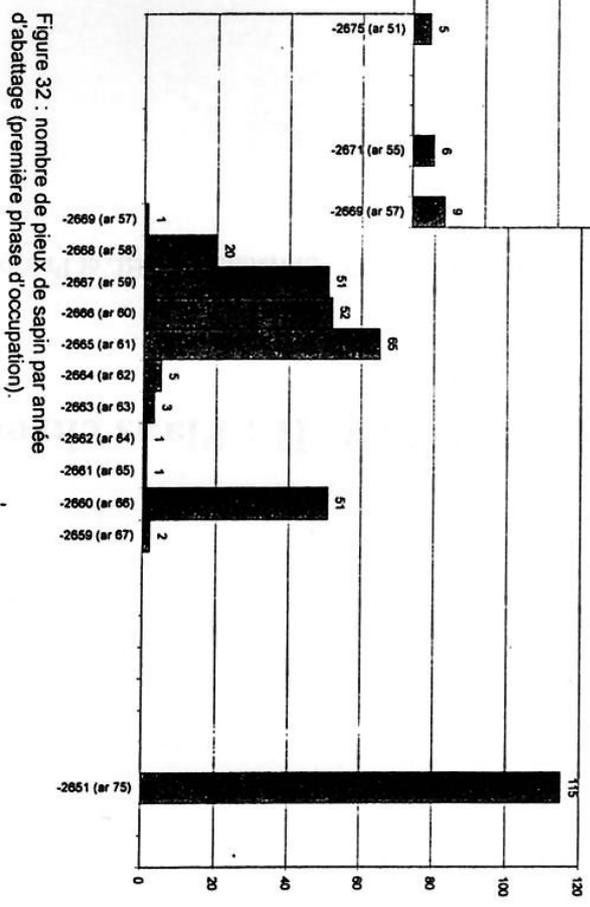


Figure 32 : nombre de pieux de sapin par année d'abatage (première phase d'occupation).

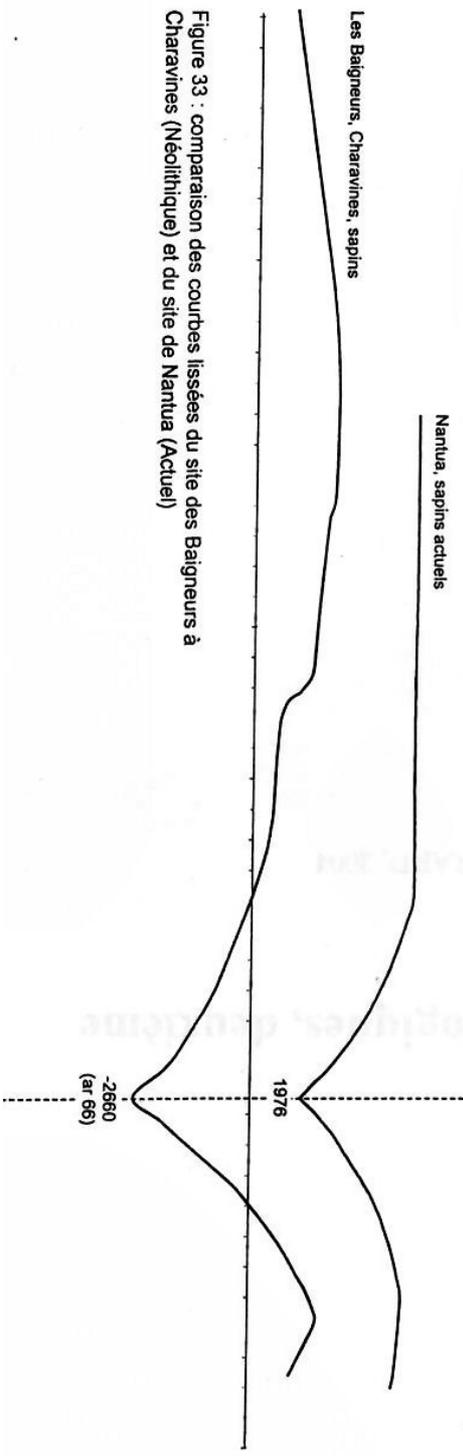


Figure 33 : comparaison des courbes lissées du site des Baigneurs à Charavines (Néolithique) et du site de Nantua (Actuel)

## 2 - Répartition architecturale des groupes

On remarque que le groupe 5801 est commun aux structures **M2** et **S1**.  
Par contre le groupe 5802 est propre à la structure **S1** et 5803 à **M2**.

## 3 - Commentaires

Il apparaît au vu de ces répartitions que l'installation des deux ensembles **M2** et **S1** a été menée séparément.

En effet, on peut penser que le groupe 5801, commun à **M2** et **S1**, reflète le caractère général de la forêt, alors que les groupes 5802 et 5803 caractérisent des secteurs particuliers différents l'un de l'autre.

La répartition des arbres abattus en -2668 (année relative 58) permet d'identifier deux organisations architecturales : **M2(-2668)** et **S1**.

## 4 - Remarques

La zone géographique dont sont issus ces bois a probablement déjà été exploitée dans les années -2694 à -2691 (années relatives 32 à 35).

**-2667 (année relative 59)** année 2 du site

## 1 - Regroupements écologiques

L'origine des bois abattus en -2667 (année relative 59) est très hétérogène.

Sur 51 pieux, 43 pieux se répartissent en 10 groupes écologiques :

(plan : figure 26 ; tableau 5)

- **5901** (figures 40 et 41)  
5 pieux n° 412, 428, 630, 643 et 907.
- **5902** (figures 42 et 43)  
3 pieux n° 646, 653 et 682.
- **5903** (figures 44 et 45)  
5 pieux n° 436, 473, 675, 679 et 773 (dernier cerne de printemps).
- **5904** (figures 46 et 47)  
5 pieux n° 178, 271, 407, 488 et 576.
- **5905** (figures 48 et 49)  
3 pieux n° 405, 531 et 540.
- **5906** (figures 50 et 51)  
2 pieux n° 87 et 88.

- **5908** (figures 52 et 53)  
2 pieux n° 416 et 538.
- **5909** (figures 54 et 55)  
4 pieux n° 355, 833, 855 et 879.
- **5910** (figures 56 et 57)  
7 pieux n° 447, 468, 804, 805, 823, 921 et 923.
- **5911** (figures 58 et 59)  
7 pieux n° 332, 806, 829, 837, 847, 922 et 3603.

Les 8 pieux n° 213, 219, 232, 323, 403, 620, 644, et 775 sont atypiques et ne seront pas commentés.

## 2 - Répartition architecturale des groupes

Les groupes communs à **M2** sont :

5901, 5902, 5903, 5904, 5906 et 5908.

Ils se répartissent dans la structure comme suit :

- les bois des groupes 5901, 5903 et 5904, sont placés à l'est et à l'ouest de la structure **M2(-2668)** ;
- les bois des groupes 5902 et 5906 appartiennent à l'extension est de **M2(-2668)** ;
- les bois du groupe 5908 se situent dans l'extension ouest de **M2(-2668)**.

Les groupes communs à **M1** sont :

5909, 5910 et 5911.

Le bois 773 du groupe 5903 peut appartenir à **S2** ou prépare **S3**.

Le groupe 5905 appartient à **S2**.

## 3 - Commentaires

D'après la répartition des bois abattus en -2667 (année relative 59) et s'articulant avec **M2(-2668)**, il semble que nous soyons en présence d'une évolution d'un même ensemble architectural que nous appellerons **M2(-2667)**.

Les bois du groupe 5905 se situent à l'est de **M2(-2667)** et pourraient être une organisation architecturale **S2**, annexe de celle-ci.

Les bois des groupes 5909, 5910 et 5911 constituent une organisation architecturale se développant au nord-ouest de **S1**. Nous l'appellerons **M1**.

#### 4 - Remarques

Globalement, les bois de **M1** sont homogènes et proviennent d'un secteur restreint, relativement dense et déjà exploité dans les années -2694 à -2691 (années relatives 32 à 35).

Ceux de **M2** forment un ensemble hétérogène d'arbres plus jeunes, dispersés probablement le long de la lisière de la forêt, dans un secteur déjà exploité de -2694 à -2691 (années relatives 32 à 35).

**-2666 (année relative 60)** année 3 du site

#### 1 - Regroupements écologiques

L'origine des bois abattus en -2666 (année relative 60) est hétérogène.

Sur 52 pieux, 41 pieux se répartissent en 6 groupes écologiques :  
(plan : figure 27 ; tableau 6)

- **6001** (figures 60 et 61)  
11 pieux n° 21, 40, 147, 152, 156, 249, 254, 521, 611, 876 et 7025.
- **6002** (figures 62 et 63)  
6 pieux n° 30, 126, 171, 244, 523 et 678.
- **6003** (figures 64 et 65)  
7 pieux n° 1, 4, 42, 149, 288 (dernier cerne de printemps), 337 et 445.
- **6004** (figures 66 et 67)  
7 pieux n° 8, 14, 25, 131, 252, 528 et 608.
- **6005** (figures 68 et 69)  
7 pieux n° 95, 164, 250, 310, 517, 558 (dernier cerne de printemps) et 753.
- **6006** (figures 70 et 71)  
3 pieux n° 360, 763 et 781.

Les 11 pieux n° 110, 117, 368, 532, 751, 761, 772, 877, 3706, 7332 et 7333 sont atypiques et ne seront pas commentés.

#### 2 - Répartition architecturale des groupes

Les pieux de l'année -2666 (année relative 60), par leur répartition, forment deux organisations architecturales distinctes **M3** et (**S3+pM4**) qui se situent au sud des structures précédentes.

Un petit nombre de bois vient compléter **M2** et **M1**.

ARC03/R1183D2

Pour la majorité des bois composant chaque groupe :

- 6001, 6002 et 6003 sont propres à **M3** ;
- 6004 et 6005 sont communs à **M3** et **(S3+pM4)** ;
- 6006 est propre à **(S3+pM4)**.

### 3 - Commentaires

La répartition des bois ne permet pas d'envisager une affectation spatiale particulière aux différents groupes écologiques.

### 4 - Remarques

Globalement, les bois de **M3** proviennent d'un même secteur déjà exploité de -2694 à -2691 (années relatives 32 à 35.)

Le groupe 6004 proviendrait d'un secteur proche mais vierge.

Les bois de **(S3+pM4)** se différencient peu des bois de **M3** mais ont une provenance dispersée. L'installation de **(S3+pM4)** est probablement postérieure à **M3**.

## -2665 (année relative 61) année 4 du site

### 1 - Regroupements écologiques

L'origine des bois abattus en -2665 (année relative 61) est très hétérogène.

Sur 65 pieux, 52 pieux se répartissent en 13 groupes écologiques :  
(plan : figure 28 ; tableau 7)

- **6101** (figures 72 et 73)  
5 pieux n° 713, 7315, 7316, 7363 et 7368.
- **6102** (figures 74 et 75)  
8 pieux n° 603, 957, 972, 1325, 1369, 7307, 7309 et 7310.
- **6103** (figures 76 et 77)  
7 pieux n° 1372, 1375, 1377, 7313, 7317, 7366 et 7384.
- **6104** (figures 78 et 79)  
8 pieux n° 533, 895, 935, 945, 971, 1366, 7311 et 7312.
- **6105** (figures 80 et 81)  
4 pieux n° 292, 294, 1308 et 1343.
- **6106** (figures 82 et 83)  
3 pieux n° 715, 1328 et 7308.

- 6107 (figures 84 et 85)  
2 pieux n° 524 et 560.
- 6108 (figures 86 et 87)  
2 pieux n° 1360 et 7035.
- 6109 (figures 88 et 89)  
2 pieux n° 1306 et 7367.
- 6110 (figures 90 et 91)  
3 pieux n° 625, 1300 et 1361.
- 6111 (figures 92 et 93)  
3 pieux n° 480, 504 et 519.
- 6112 (figures 94 et 95)  
3 pieux n° 735, 892 et 982.
- 6113 (figures 96 et 97)  
2 pieux n° 7314 et 7365.

Les 13 pieux n° 256, 401, 511, 703, 712, 741, 940, 958, 975, 1364, 1374, 7016 et 7371 sont atypiques et ne seront pas commentés.

## 2 - Répartition architecturale des groupes

La majorité des pieux de -2665 (année relative 61), par leur répartition, forme deux organisations architecturales distinctes **M4** et **M5** situées au sud-est de (**S3+pM4**), et complète **M3** à l'est et à l'ouest.

Les différents groupes se répartissent comme suit :

- 6101 et 6113 sont propres à **M5** ;
- 6102 et 6104 sont communs à **M3**, **M4** et **M5** ;
- 6103, 6106 et 6109 sont communs à **M4** et **M5** ;
- 6105, 6108 et 6110 sont communs à **M3** et **M4** ;
- 6107 et 6111 (sauf le bois 480) sont propres à **M3** ;
- 6112 est propre à **M4**.

## 3 - Commentaires

Comme en -2666 (année relative 60), la répartition des bois ne permet pas d'envisager une affectation spatiale flagrante aux différents groupes écologiques.

## 4 - Remarques

Des bois de **M3** proviennent d'un secteur déjà exploité en -2692 (année relative 34) et -2683 (année relative 43, groupe 6107), accompagnés d'arbres de lisière (groupe 6111).

Majoritairement, les bois de **M4** et **M5** proviennent d'un secteur de forêt non exploitée (groupe 6102, 6103, 6104 et 6109).

Un groupe de bois de **M4** (6105) est issu d'un secteur exploité en -2683 (année relative 43).

Les secteurs dont proviennent les bois des groupes 6106 et 6113 de **M5** ont été respectivement exploités en -2675 (année relative 51) et -2687 (année relative 39).

### **-2664, -2663, -2662 et -2661 (années relatives 62, 63, 64 et 65)**

Le nombre de bois présents (10 pieux) pour ces phases d'abattage est insuffisant pour discerner des critères écologiques représentatifs (tableau 8).

### **-2660 (année relative 66)      année 9 du site**

#### **1 - Regroupements écologiques**

Sur 51 pieux, 41 pieux se répartissent en 9 groupes écologiques :  
(plan : figure 29 ; tableau 9)

- **6601** (figures 98 et 99)  
5 pieux n° 329, 333, 1317, 1511 et 1516.
- **6602** (figures 100 et 101)  
10 pieux n° 7005, 7006, 7011, 7055, 7064, 7067, 7070, 7071, 7072 et 7089.
- **6603** (figures 102 et 103)  
7 pieux n° 188, 276, 424, 431, 458, 481 et 784.
- **6604** (figures 104 et 105)  
2 pieux n° 183 et 670.
- **6605** (figures 106 et 107)  
4 pieux n° 7002, 7007, 7058 et 7389.
- **6606** (figures 108 et 109)  
2 pieux n° 279 et 351.
- **6607** (figures 110 et 111)  
2 pieux n° 7008 et 7010.
- **6608** (figures 112 et 113)  
2 pieux n° 469 et 575.

**-2651 (année relative 75) année 18 du site**

Les 115 pieux de -2651 (année relative 75 ; plan : figure 30 ; tableau 11), par leur répartition, forment deux organisations architecturales distinctes (M8+M9+sVIIIe) et (M7+M10) qui oblitèrent respectivement M2 et M3. Les groupements écologiques seront traités indépendamment pour (M8+M9+sVIIIe) et (M7+M10).

Les 30 pieux n° 10, 26, 111, 168, 199, 203, 209, 214, 264, 266, 369, 404, 409, 413, 512, 568, 626, 702, 709, 720, 769, 778, 824, 861, 862, 874, 931, 7028, 7063 et 7065 sont atypiques et ne seront pas commentés.

**Structure (M8+M9+sVIIIe)**

**1 - Regroupements écologiques**

Les 42 pieux retenus se répartissent en 9 groupes écologiques :

- 7501 (figures 116 et 117)  
12 pieux n° 93, 174, 196, 240, 273, 423, 432, 443, 669, 779, 864 et 929.
- 7502 (figures 118 et 119)  
10 pieux n° 103, 184, 186, 189, 208, 218, 425, 534, 666 et 816.
- 7503 (figures 120 et 121)  
2 pieux n° 430 et 771.
- 7504 (figures 122 et 123)  
2 pieux n° 270 et 439.
- 7505 (figures 124 et 125)  
2 pieux n° 898 et 951.
- 7506 (figures 126 et 127)  
2 pieux n° 274 et 539.
- 7507 (figures 128 et 129)  
7 pieux n° 537, 633, 642, 676, 681, 683 et 928.
- 7508 (figures 130 et 131)  
3 pieux n° 647, 651 et 830.
- 7509 (figures 132 et 133)  
2 pieux n° 780 et 869.

## 2 - Répartition architecturale des groupes

Les différents groupes de la structure (**M8+M9+sVIIIe**) se répartissent comme suit :

- 7501 (sauf le bois 929), 7502, 7503, 7504, 7506 sont propres à la partie centrale ;
- 7505 et 7509 sont propres au premier quart est ;
- 7507 (sauf le bois 537) et 7508 (sauf le bois 830) sont propres au premier quart ouest.

## 3 - Commentaires

La répartition spatiale des groupes écologiques permet de différencier trois implantations dans (**M8+M9+sVIIIe**) :

- à l'ouest, **M8** limitée intérieurement à l'est par les pieux 633, 642, 676 et 683 ;
- à l'est, **sVIIIe**, limitée intérieurement à l'ouest par les pieux 780 et 879 ;
- au centre, **M9** comprise entre les deux limites précédentes.

## 4 - Remarques

Les bois des groupes 7501 et 7502 proviennent d'un secteur vierge.

Les bois du groupe 7507 sont issus d'un secteur exploité en -2692 (année relative 34) et -2675 (année relative 51).

## Structure (M7+M10)

### 1 - Regroupements écologiques

Les 43 pieux retenus se répartissent en 8 groupes écologiques :

- 7511 (figures 134 et 135)  
14 pieux n° 2, 5, 15, 24, 27, 49, 97, 162, 516, 525, 744, 936, 7037 et 7061.
- 7512 (figures 136 et 137)  
3 pieux n° 153, 259 et 614.
- 7513 (figures 138 et 139)  
3 pieux n° 116, 291 et 527.
- 7514 (figures 140 et 141)  
4 pieux n° 170, 228, 287 et 602.
- 7515 (figures 142 et 143)  
4 pieux n° 39, 157, 165 et 236.

- 7516 (figures 144 et 145)  
4 pieux n° 28, 112, 711 et 714 (dernier cerne de printemps).
- 7517 (figures 146 et 147)  
5 pieux n° 133, 148, 229, 290 et 513.
- 7518 (figures 148 et 149)  
6 pieux n° 238, 344, 505, 520, 522 et 559.

## **2 - Répartition architecturale des groupes**

Le groupe 7511 est dominant et se répartit sur l'ensemble de la structure (M7+M10).

Les groupes 7517 et 7518 sont écologiquement très différents.

Le groupe 7517 se répartit dans la structure alors que le groupe 7518 représente un ensemble groupé dans la moitié est.

## **3 - Commentaires**

Les répartitions écologiques ne permettent pas de définir des limites intérieures dans cette structure.

## **4 - Remarques**

Les bois des groupes 7511 à 7515 proviennent d'un secteur vierge.

Les bois du groupe 7517 sont issus d'un secteur exploité en -2692 (année relative 34) et -2669 (année relative 57).

## II – IDENTIFICATION GLOBALE DES ORIGINES ÉCOLOGIQUES DES BOIS DE SAPIN DANS LES STRUCTURES ARCHITECTURALES DE LA PREMIÈRE PHASE D'OCCUPATION

Dans cette approche, les rythmes de croissance et leurs "accidents" seront les critères permettant de caractériser une origine écologique commune pour les bois issus des groupes précédemment déterminés.

### -2668 à -2660 (années relatives 58 à 66) et structures M2 à M6

Pour cette période, on a pu distinguer 5 caractères bien différenciés, nommés A, B, C, D et E.

#### 1 - Caractère A

couverture chronologique : -2715 à -2665 (années relatives 11 à 61)  
valeur minimum des cernes : 1 mm  
valeur maximum des cernes : 2,8 mm  
valeur moyenne des cernes : 1,52 mm

La croissance reste constante entre -2715 et -2692 (années relatives 11 à 34 : 1,2 mm par an en moyenne). Ces arbres se développent en milieu relativement fermé.

Un éclaircissement en -2692 (année relative 34), visible en -2691 (année relative 35), provoque une augmentation remarquable de la croissance qui passe à 2,1 mm par an environ sur les 20 années suivantes. Ce qui implique la persistance du milieu forestier et une exploitation sélective.

Ce caractère est commun aux structures M2, M1, M3, (S3+pM4) et M4 et disparaît après -2665 (année relative 61) jusqu'en -2660 (année relative 66) compris.

Il concerne 59 bois qui forment la référence 9001CBF (figures 150 et 151) et composent les groupes suivants :

- 5803 et 5902	M2
- 5802, 5911 et 5909	M1
- 5801	M2 et M1
- 6001, 6002, 6003 et 6107	M3
- 6112	M4

18 autres bois de M2 et de S2 se rapprochent de la tendance du caractère A. Ils forment la référence 9002CBF (figures 152 et 153) et composent les groupes :

- 5901
- 5903
- 5904
- 5905

## 2 - Caractère B

couverture chronologique : -2722 à -2660 (années relatives 4 à 66)  
valeur minimum des cernes : 0,7 mm  
valeur maximum des cernes : 1,8 mm  
valeur moyenne des cernes : 1,27 mm

Les valeurs moyennes de croissance sont constante de -2722 à -2667 (années relatives 4 à 59) avec une légère péjoration de -2666 à -2660 (années relatives 60 à 66).

Ces arbres se développent dans un milieu relativement peu dense (probablement une forêt mixte).

Ce caractère, absent en -2668 et -2667 (années relatives 58 et 59), se retrouve dans les structures **M3**, (**S3+pM4**), **M4**, **M5** et **M6**.

Il concerne 48 bois qui forment la référence 9003CBF (figures 154 et 155) et composent les groupes :

- 6004	<b>M3 et (S3+pM4)</b>
- 6006	<b>(S3+pM4)</b>
- 6102 et 6104	<b>M3, M4 et M5</b>
- 6103, 6106 et 6109	<b>M4 et M5</b>
- 6602	<b>M6</b>

16 autres bois de **M2** et **M1** se rapprochent de la tendance du caractère **B**. Ils forment la référence 9004CBF (figures 156 et 157) et composent les groupes :

- 5908	<b>M2</b>
- 5910	<b>M1</b>
- 6603	<b>M2</b> (sauf les bois 458 et 784)

## 3 - Caractère C

couverture chronologique : -2716 à -2660 (années relatives 10 à 66)  
valeur minimum des cernes : 0,5 mm  
valeur maximum des cernes : 2,20 mm  
valeur moyenne des cernes : 1,11 mm

On observe une péjoration naturelle de la croissance de -2716 à -2678 (années relatives 10 à 48), avec un phénomène de régénération (éclaircissement ?) entre -2677 et -2667 (années relatives 49 à 59). Ces bois ont un rythme de croissance de forêt dense.

Ce caractère apparaît en -2660 (année relative 66) et se retrouve dans les structures **M2**, **M6** et hors structure. Il concerne 16 bois qui forment la référence 9005CBF (figures 158 et 159) et composent les groupes :

- 6601	hors structure
- 6605	<b>M6</b> (sauf 7389)
- 6609	<b>M2</b>

Les 2 bois du groupe 6604 (**M2**) se rapprochent du caractère **C** et semblent provenir d'une zone encore plus dense.

#### 4 - Caractère **D**

couverture chronologique : -2720 à -2665 (années relatives 6 à 61)  
valeur minimum des cernes : 0,9 mm  
valeur maximum des cernes : 2,4 mm  
valeur moyenne des cernes : 1,37 mm

On observe une péjoration naturelle de -2720 à -2683 (années relatives 6 à 43), suivie d'une augmentation brutale de la production de bois à partir de -2682 (année relative 44), très probablement due à une action anthropique (éclaircissement par abattage sélectif).

Ce phénomène caractérise les 7 bois qui forment la référence 9006CBF (figures 160 et 161) et composent les groupes suivants :

- 6105	<b>M3 et M4</b>
- 6110	<b>M3 et M4</b>

#### 5 - Caractère **E**

couverture chronologique : -2693 à -2665 (années relatives 33 à 61)  
valeur minimum des cernes : 1 mm  
valeur maximum des cernes : 3,64 mm  
valeur moyenne des cernes : 2,87 mm

Ce caractère est d'un rythme de croissance élevé d'arbres de milieu ouvert qui ont probablement subi une action anthropique (éclaircissement) à partir de -2691 (année relative 35), comme les bois du caractère **A**.

Il se retrouve dans les 10 bois qui forment la référence 9007CBF (figures 162 et 163) et composent les groupes suivants :

- 6005	<b>M3 et (S3+pM4)</b>
- 6111	<b>M3 (sauf le bois 480)</b>

#### 6 - Caractère **annexe**

Certains pieux de la structure **M5** se différencient des caractères précédents par un caractère commun particulier, malgré la différence d'âge des bois.

Il concerne les 7 bois qui forment la référence 9008CBF (figures 164 et 165) et composent les groupes 6101 et 6113.

## 7 - Groupes sans caractère commun

Les groupes suivants ne se rapprochent d'aucun autre groupe :

- 5906	2 bois	<b>M2</b>
- 6108	2 bois	<b>M3 et (S3+pM4)</b>
- 6604	2 bois	<b>M2</b>
- 6606	2 bois	<b>M2</b>
- 6607	2 bois	<b>M6</b>
- 6608	2 bois	<b>M1 et M3</b>

Le groupe 6607 (**M6**) se définit par le caractère jeune et de forte croissance des arbres, probablement de lisière.

## -2651 (année relative 75) et structures (**M8+M9+sVIIIe**) et (**M7+M10**)

Pour cette année, on a pu distinguer 2 caractères bien différenciés, nommés **F** et **G**.

### 1 - Caractère **F**

- pour 9009CBF (figures 166 et 167)  
couverture chronologique : -2715 à -2651 (années relatives 11 à 75)  
valeur minimum des cernes : 0,45 mm  
valeur maximum des cernes : 1,70 mm  
valeur moyenne des cernes : 1,21 mm

- pour 9010CBF (figures 168 et 169)  
couverture chronologique : -2718 à -2651 (années relatives 8 à 75)  
valeur minimum des cernes : 0,45 mm  
valeur maximum des cernes : 1,95 mm  
valeur moyenne des cernes : 1,3 mm

On retrouve les caractéristiques du caractère **B** entre -2718 et -2660 (années relatives 8 à 66), en particulier la péjoration entre -2666 et -2660 (années relatives 60 à 66), avec, de plus, une très nette amélioration de la production de bois de -2659 à -2651 (années relatives 67 à 75).

Il concerne un total de 62 bois qui forment les références 9009CBF et 9010CBF :

- pour 9009CBF, 32 bois de (**M7+M10**) composent les groupes 7511 à 7516 ;  
- les 30 bois de 9010CBF se répartissent dans (**M8+M9+sVIIIe**) :

<b>M8</b>	pieu 929
<b>M9</b>	7501 (sauf le pieu 929), 7502, 7503, 7504, 7506
<b>sVIIIe</b>	7509

Les deux groupes 9009CBF et 9010CBF se différencient par une péjoration légèrement plus marquée entre -2697 et -2687 (années relatives 29 à 39) et une amélioration sensible entre -2686 et -2676 (années relatives 40 à 50) dans 9010. Il semblerait que les bois ayant ce même caractère **F** dans (**M8+M9+sVIIIe**) et (**M7+M10**) n'aient pas la même provenance. Les bois de (**M7+M10**) pourraient provenir d'un fond de vallon où l'humidité est plus constante et donc la croissance des bois plus régulière.

## 2 - Caractère G

couverture chronologique : -2702 à -2651 (années relatives 24 à 75)  
valeur minimum des cernes : 0,35 mm  
valeur maximum des cernes : 2,85 mm  
valeur moyenne des cernes : 1,32 mm

On retrouve le même phénomène que dans le caractère **A**, entre -2691 et -2671 (années relatives 35 à 55).

Il concerne 11 bois de la structure (**M7+M10**), qui forment la référence 9011CBF (figures 170 et 171) et composent les groupes 7517 et 7518.

On remarque de plus un éclaircissement sur le groupe 7518 à partir de -2668 (année relative 58).

## 3 - Groupes sans caractère commun

Les groupes suivants ne se rapprochent d'aucun autre groupe :

- |        |                              |
|--------|------------------------------|
| - 7505 | <b>sVIIIe</b>                |
| - 7507 | <b>M8</b> (sauf le bois 537) |
| - 7508 | <b>M8</b> (sauf le bois 830) |

### **III – ESSAI D'INTERPRÉTATION DE L'ÉVOLUTION ARCHITECTURALE DU VILLAGE D'APRÈS LES DONNÉES DENDROCHRONOÉCOLOGIQUES ET CHRONOLOGIE DES ACTIONS ANTHROPIQUES ANTÉRIEURES À -2668 (ANNÉE RELATIVE 58)**

#### **Proposition d'évolution architecturale du village**

D'après l'implantation des pieux de chaque année d'abattage et compte tenu des critères écologiques remarquables, nous pouvons proposer l'évolution suivante, résumée sous forme de plans dans les figures 2 à 24 (troisième partie) :

#### **-2669 (année relative 57 ; figure 2)**

Un seul bois est abattu et mis en place cette année.

#### **-2668 (année relative 58 ; figures 3 et 14)**

On constate l'abattage de 20 bois qui se répartissent dans deux organisations architecturales distinctes **M2** et **S1**, qui forment les éléments primaires de l'installation du village.

Ces deux ensembles, d'après les caractères écologiques des bois, pourraient avoir été implantés par des individus différents.

#### **-2667 (année relative 59 ; figures 4 et 15)**

Une partie des bois complète et étend la structure **M2** à l'est et à l'ouest. Une autre partie constitue une structure **M1** au nord-ouest de **S1**. Les trois pieux du groupe 5905, associés au pieu 403, semblent constituer une organisation annexe de **M2**, à l'est.

Pour cette année, nous serions donc en présence de deux structures principales, **M2** au sud et **M1** au nord, accompagnées d'une annexe à l'est, respectivement **S2** et **S1**.

#### **-2666 (année relative 60 ; figures 5 et 16)**

On observe l'installation de deux structures distinctes **M3** et (**S3+pM4**) se situant au sud des structures précédentes.

La structure (**S3+pM4**) pourrait être une annexe à **M3**.

**-2665 (année relative 61 ; figures 6 et 17)**

Deux organisations architecturales importantes **M4** et **M5** s'installent au sud-est de **(S3+pM4)**.

Quelques pieux complètent **M3** à l'est et à l'ouest.

**-2664 (année relative 62 ; figures 7 et 18)**

Deux pieux complètent la structure **M5** à l'ouest.

**-2663 (année relative 63 ; figures 8 et 19)**

Seuls 3 pieux regroupés sont implantés au sud-ouest de **M5**.

**-2662 (année relative 64 ; figures 9 et 20)**

Un seul pieu est implanté (renfort de la structure **S1** ?).

**-2661 (année relative 65 ; figures 10 et 21)**

Un seul pieu est installé (nord-ouest de la structure **M1**).

**-2660 (année relative 66 ; figures 11 et 22)**

On observe la création à l'ouest de **M3** de la structure **M6**, et les consolidations ou les reconstructions de :

- la structure **M2** dans ses deux tiers est ;
- la structure **M1** à l'ouest ;
- la structure **(S3+pM4)**.

Une autre structure est implantée en bordure sud-est de **M3**.

**-2659 (année relative 67 ; figures 12 et 23)**

Seuls deux pieux sont implantés.

**Remarques**

A ce stade, le village se compose alors de cinq structures principales **M2**, **M1**, **M3**, **M4** et **M5**, de trois structures annexes **M1(58)**, **S2** et **(S3+pM4)**, accompagnées de la structure **M6** qui peut être le prolongement de **M3** ou une structure annexe.

**-2651 (année relative 75 ; figures 13 et 24)**

Deux structures (**M8+M9+sVIIIe**) et (**M7+M10**) remplacent les structures **M2**, **M3**, (**S3+pM4**) et **S2**.

La structure (**M8+M9+sVIIIe**) pourrait être composée de trois sous-ensembles **M8**, **M9** et **sVIIIe**. Par contre, aucun élément ne permet de distinguer de sous-ensemble dans (**M7+M10**).

L'aménagement de (**M8+M9+sVIIIe**) et (**M7+M10**) respecte les structures **M1**, **M4**, **M5** et **M6**.

### **Remarques**

Après recherches d'éléments de comparaison dans le couvert forestier actuel (cf. rapport ARC93/R1496D), nous constatons qu'il n'est pas possible de différencier, pour telle ou telle structure, une origine écologique spécifique des bois.

Par contre, à l'examen des courbes obtenues, on observe une évolution dans la provenance des bois, dont les prélèvements vont progressivement de la lisière vers l'intérieur de la forêt, ceci tout au long de la période d'occupation.

Ce phénomène est particulièrement sensible dans les abattages de -2660 (année relative 66 ; figure 29) et concerne les structures **M6** et **M2**.

On observe, dans ces structures, trois caractères de croissance des bois, permettant de définir de provenance différentes :

- bois de lisière (6607 : pieux 7008 et 7010) ;
- bois de forêt dense (6605 : pieux 7002, 7007 et 7389 ; 6609 : pieux 102, 185, 192, 204, 262, 426 et 536) ;
- bois de forêt très dense (6604 : pieux 183 et 670).

Les groupes 6604 et 6609 appartiennent à la structure **M2**, les groupes 6605 et 6607 à la structure **M6**.

Les arbres de forêt dense sont communs aux deux structures **M2** et **M6**, alors que les bois de lisière concernent exclusivement la structure **M6** et les bois de forêt très dense la structure **M2**.

On pourrait donc en conclure que dans la même année -2660 (année relative 66), la structure **M6** a été construite avant le réaménagement de la structure **M2**.

## Chronologie des abattages antérieurs à -2668 (année relative 58)

L'enregistrement par les arbres des éclaircissements forestiers permet de situer chronologiquement des années d'abattage (éclaircies) antérieures à -2668 (année relative 58 ; figure 31).

Cette recherche a été effectuée sur les groupes écologiques définis précédemment et sur les courbes individuelles des bois.

Pour comparaison, nous avons visualisé, à la même échelle, le nombre de sapins abattus annuellement destinés aux pieux de la première période d'occupation (figure 32).

Nous présentons ci-dessous les années d'abattage identifiées et le nombre de pieux concernés par ces enregistrements :

-2694 (année relative 32)	5 pieux
-2693 (année relative 33)	20 pieux
-2692 (année relative 34)	52 pieux
-2691 (année relative 35)	9 pieux
-2687 (année relative 39)	7 pieux
-2683 (année relative 43)	20 pieux
-2678 (année relative 48)	21 pieux
-2675 (année relative 51)	5 pieux
-2671 (année relative 55)	6 pieux
-2669 (année relative 57)	9 pieux

L'étude des bois de la deuxième période d'occupation et des bois couchés devraient permettre de confirmer et de préciser ces observations.

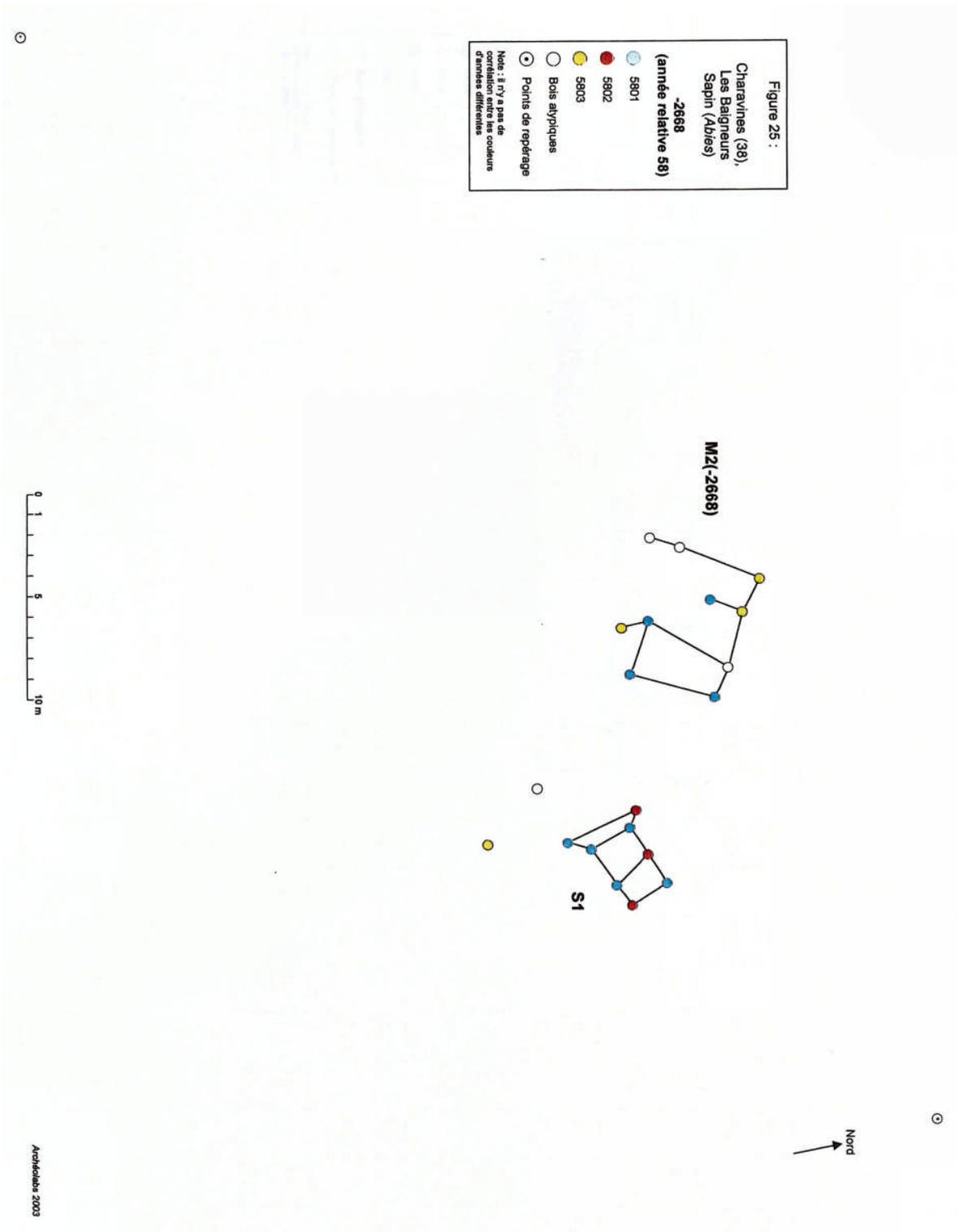
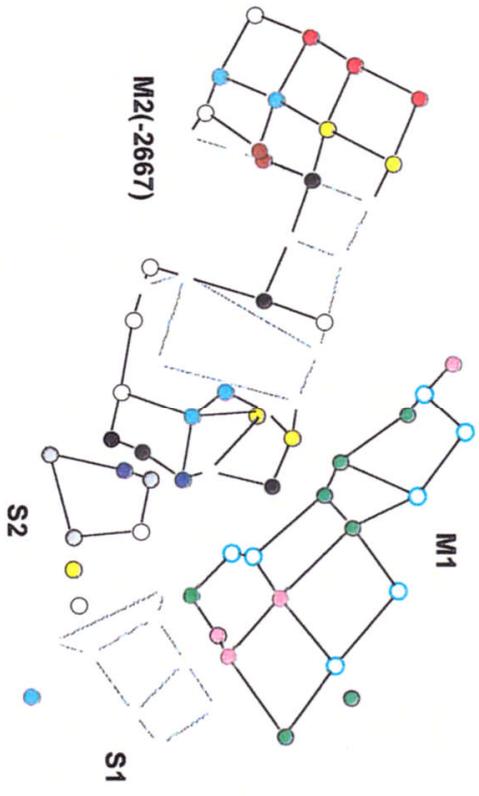
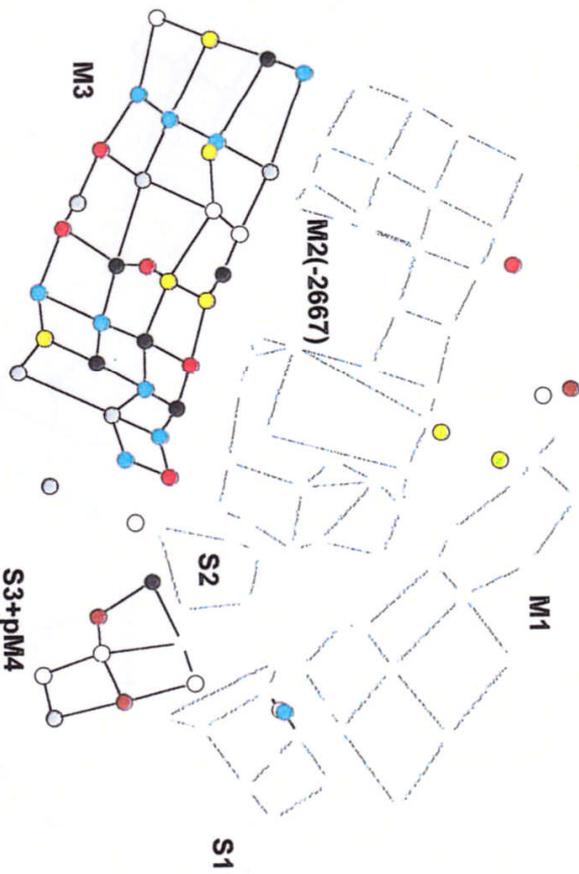


Figure 26 :  
 Charavines (38),  
 Les Baigneurs  
 Sapin (*Abies*)  
 -2667  
 (année relative 59)



Note : il n'y a pas de corrélation entre les couleurs d'années différentes

Figure 27 :  
 Charavines (38),  
 Les Baigneurs  
 Sapin (Abies)  
 -2666  
 (année relative 60)



Note : Il n'y a pas de  
 corrélation entre les couleurs  
 d'années différentes

Figure 28 :  
 Charavines (38),  
 Les Baigneurs  
 Sapin (Abies)  
 -2665  
 (année relative 61)

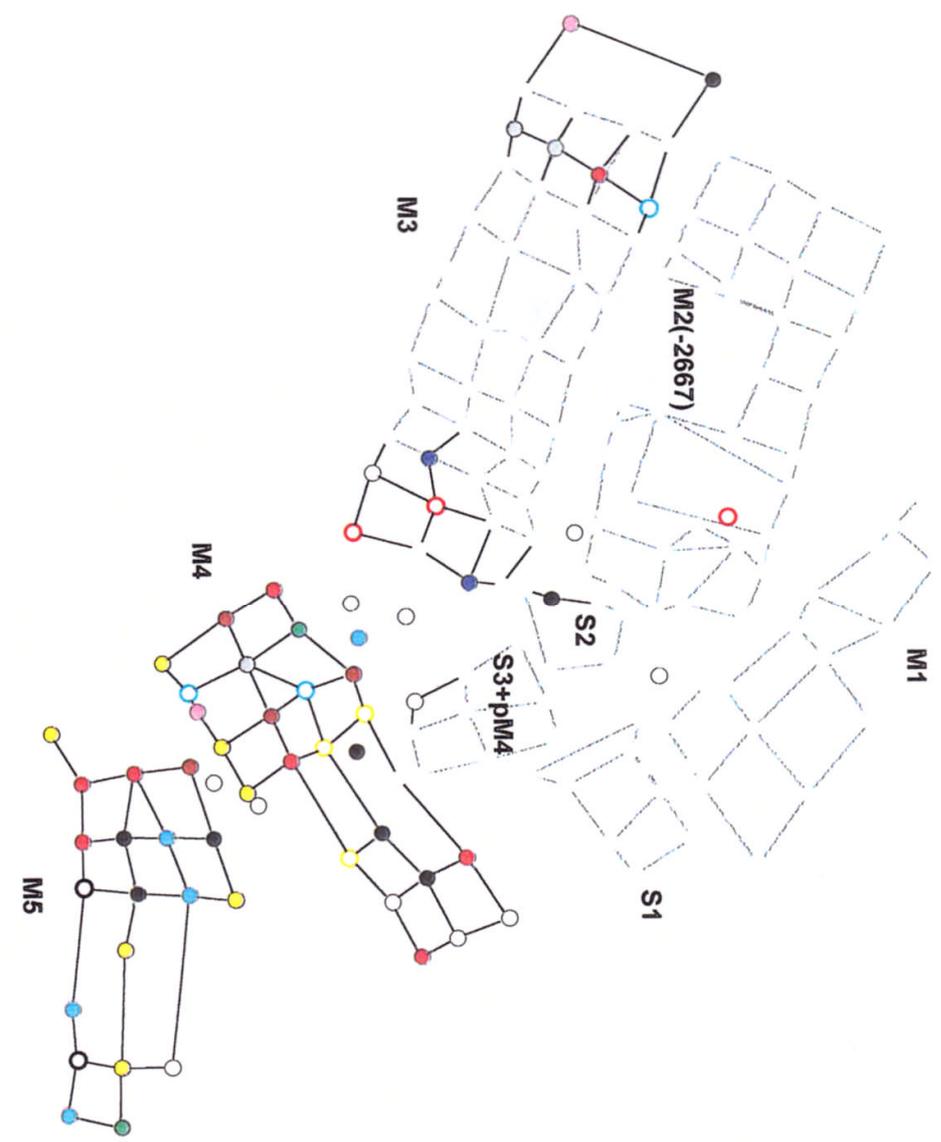
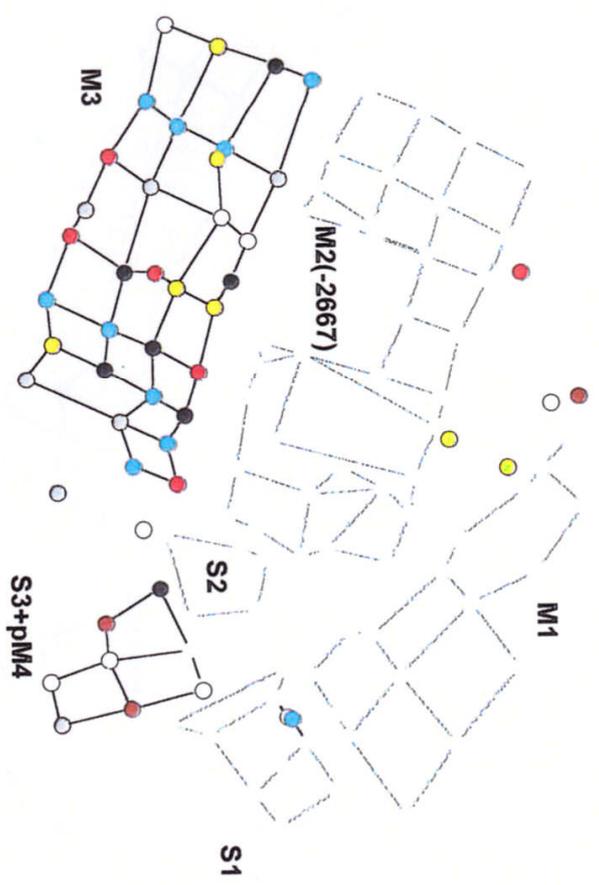


Figure 27 :  
 Charavines (38),  
 Les Baigneurs  
 Sapin (Abies)  
 -2666  
 (année relative 60)



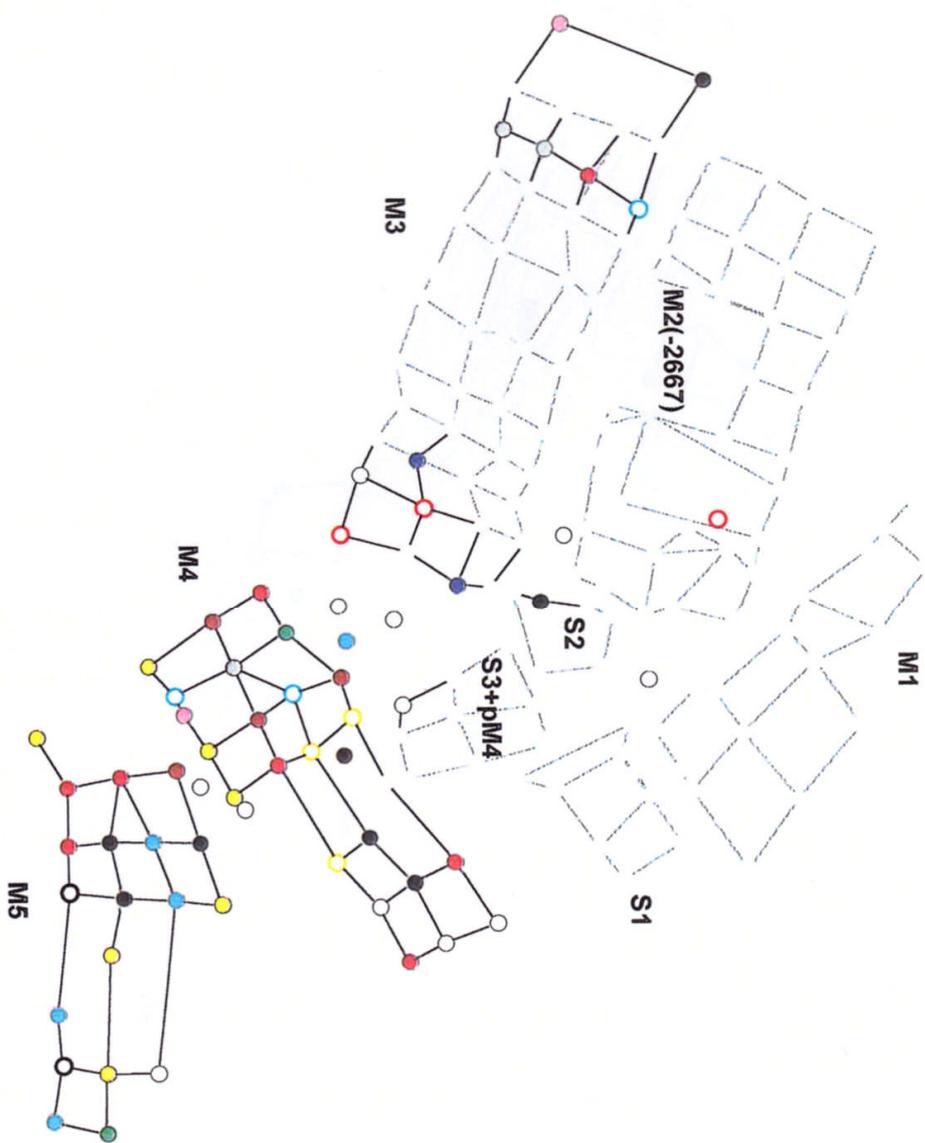
Note : Il n'y a pas de  
 corrélation entre les couleurs  
 d'années différentes

Figure 28 :  
Charavines (38),  
Les Baigneurs  
Sapin (Abies)

-2665  
(année relative 61)

- 6101
- 6102
- 6103
- 6104
- 6105
- 6106
- 6107
- 6108
- 6109
- 6110
- 6111
- 6112
- 6113
- Bois atypiques
- Points de repérage

Note : il n'y a pas de  
corrélation entre les couleurs  
d'années différentes



# ÉTUDES SÉDIMENTOLOGIQUES DES DEUX CAROTTES

## MISE EN ÉVIDENCE DES CORRÉLATIONS DES NIVEAUX COMMUNS ENTRE LES DEUX

Par Luc Chevallier et Philippe Rebillard  
Institut Dolomieu  
Rapport de 1980

### INTRODUCTION

Au cours de la campagne estivale de fouilles sublacustres (voir rapport 1977), deux carottes de sédiments ont été extraites pour des études de palynologie, de malacologie et de paléotempératures. Il nous paraissait opportun d'effectuer aussi une recherche systématique de minéraux lourds afin de déceler d'éventuelles retombées volcaniques du Tardi-Würm ou du Post-Würm, telles qu'on en a retrouvé dans les sédiments lacustres de l'Est de la France (Lac de Chalain) ou en Suisse Occidentale, sans oublier les tourbières plus voisines, comme celle de Chirens (Wegmüller, 1977).

En général, on retrouve le plus souvent les restes de l'éruption du Laacher en Eiffel dans les niveaux de l'Allerod, vers 9000 BC. Mais d'autres explosions dans la chaîne des puys en Auvergne se sont produites bien postérieurement, dont il serait intéressant de retrouver la trace dans les Alpes.

A la suite de cette étude, il ressort qu'aucune trace de retombées volcaniques n'a été mise en évidence sur les 3,5 mètres de sédiments forés ; par contre, deux événements sédimentologiques particuliers ont été décelés : ils permettent d'établir une corrélation entre les deux carottes prélevées à 2 m l'une de l'autre, sur le même front, situé à 100 m du rivage.

### PRESENTATION des CAROTTES et du MATERIEL ETUDIE

Les sédiments lacustres ont été prélevés sous forme de deux carottes de 350 et 335 cm chacune. Les caractéristiques des coupures et les coordonnées des points de forages sont donnés en annexe.

Sitôt prélevée, chaque carotte a été placée dans un container en P.V.C., le tout logé dans un manchon en plastique ce qui a assuré une parfaite conservation des sédiments, une année et demi après le prélèvement.

Les carottes ont été séparées en tronçons de 3 cm, numérotés de 001 à 202. Notre étude n'a concerné que la moitié longitudinale de chaque échantillon, l'autre moitié étant réservée aux études malacologiques et palynologiques.

Le matériel étudié se compose essentiellement de craies lacustres blanches, riches en matière organique, dans lesquelles tranchent des niveaux morainiques grossiers, des couches archéologiques et un niveau plus sombre correspondant à l'échantillon 136.

## ANALYSE et RESULTATS

La composition globale du matériau a été étudiée sur deux échantillons : une craie blanche et la passée grise (échantillon 136), qui ont subi une diffractométrie X et une manocalcimétrie. Une étude détaillée a ensuite été entreprise sur chaque tronçon de carotte, afin de déceler des événements sédimentaires particuliers.

### 1/ Diffraction X

Les échantillons séchés à l'étuve pendant 24 heures ont été soumis aux rayons

- l'échantillon 136 présente les pics de la calcite et du quartz dans une proportion de 50 % pour les deux minéraux.
- l'échantillon de craie ne présente que les pics de la calcite.

### 2/ Calcimétrie

Le passage au calcimètre Bernard et au mano-calcimètre Géoservice M.C.A. a confirmé ces résultats, avec toutefois des difficultés d'interprétation pour la craie blanche, ce qui laisse supposer la présence de dolomie (ces difficultés peuvent aussi provenir du fait que cette craie lacustre est trop fine, il se produit alors une émulsion lors de la calcimétrie qui fausse les résultats).

### 3/ Analyse séquentielle des carottes : les minéraux autres que la calcite et le quartz

#### 3.1. traitement des échantillons

Chaque échantillon a été traité selon la méthodologie mise au point par Martini (Martini, 1970), avec une modification en ce qui concerne la fin des opérations : nous n'avons pas fait de centrifugation avec liqueurs denses.

- Mélange du sédiment dans de l'eau, désagrégation du matériau qui permet le débouage et l'élimination du bois. Décantation.
- Attaque par acide acétique à chaud (élimination des carbonates et conservation d'éventuelles apathites).
- lavage, décantation.
- Attaque à l'eau oxygénée à chaud (élimination de la matière organique).
- Lavage, décantation.

Ces manipulations peuvent être répétées jusqu'à trois fois en cas de matériau réticent.

- Le résidu final est battu dans de petites coupelles, puis déposé sur lamines minces et séchés à l'étuve. Enfin, il est recouvert par frottis d'une lamelle couvre objet avec, à froid, un film de baume du Canada.

Le batage des sédiments et la pose sur baume étaient spécialement bien adaptés au type de matériel que nous avons à traiter.

En effet, à la différence de Martini, la grande pauvreté des échantillons en minéraux lourds ne nous permettaient pas de les récupérer par centrifugation avec une liqueur dense (bromoforme  $d = 2,9$ ).

### 3.2. Résultats

À la suite de ce traitement, la presque totalité de la calcite et des produits organiques furent éliminés ; ne devaient donc rester que le quartz et autres minéraux lourds.

Nous n'avons pas trouvé au cours des examens macroscopiques et microscopiques, de niveaux riches en fragments ou minéraux d'origine volcanique comme ont pu en décrire Martini ou Wegmüller (Martini, 1970 et Wegmüller 1973). Toutefois, les échantillons 82, 91 de la carotte 1 et 136, 143 de la carotte 2 renferment certains fragments indicateurs d'événements sédimentologiques particuliers et sur lesquels nous avons dirigé nos recherches.

#### 4/ Description des lames minces

##### Lames 91 et 143

Nous retrouvons dans ces deux lames des fragments à faciès similaire. C'est dans la fraction 91 que l'observation de ces éléments est la plus instructive. Il s'agit de plage de calcédoine (silice) sphérolithique et fibroradiée, emprisonnée dans les pores du sédiment crayeux. Nous sommes en présence de meulrières, qui selon la définition qu'en donne Cayeux (C. 1929), sont des accidents siliceux en milieu calcaire lacustre, cf. fig. 1. ✓

Dans la lame 143, ces fragments sont très petits, peu nombreux et extrêmement difficiles à trouver.

##### Lames 82 et 136 (fig 2) 3

Elles contiennent des plages arrondies, demi-millimétriques, constituées d'une substance colloïdale, isotrope et incolore en lumière naturelle. Cette substance renferme de nombreux minéraux, parmi lesquels on peut reconnaître de la biotite et du feldspath provenant des blocs morainiques cristallins, du quartz et de la calcédoine sphérolithique. La présence d'argiles colloïdale au sein des calcaires lacustres, caractérise des dépôts de type limon ; ce sont d'ailleurs ces derniers qui donnent une couleur grise à l'échantillon 136

#### 5/ Corrélations

Dans l'hypothèse où ces événements sont les seuls au sein des carottes, on peut raisonnablement faire une corrélation entre les deux prélèvements, cf. fig. 3. ✓

Ainsi deux passées sont reconnues, l'une correspond à un niveau de meulrières (échantillons 91 et 143), l'autre à un niveau de limons (échantillons 82 et 136).

## 6/ Interprétation des événements sédimentologiques

La meulièrementisation, si l'on se reporte à des travaux récents (Prévot, 1975) serait essentiellement due à la précipitation de silice libérée lors de l'altération d'argiles dans des zones aérées à fortes circulation d'eaux agressives.

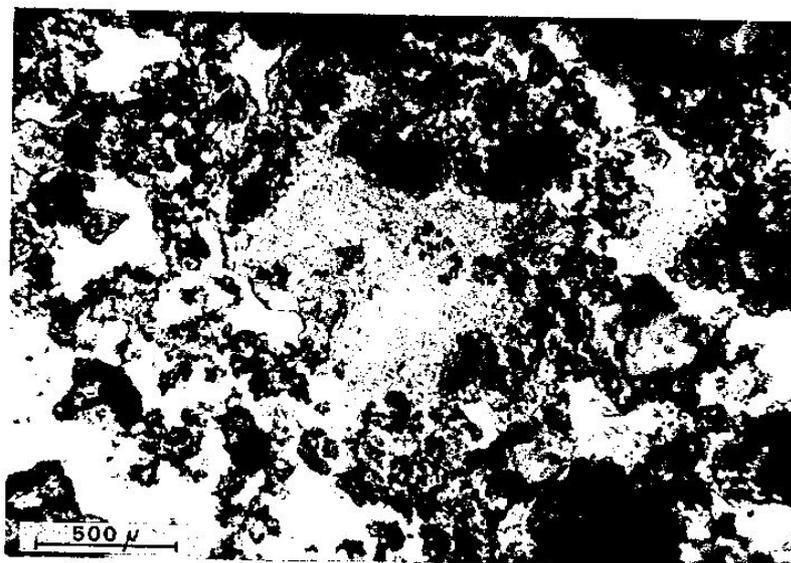
Les limons, matériel à calcaire et argile, et riches en minéraux lourds, correspondent à des apports d'origines différentes : alluviale par ruissellement diffus ou canalisé, solifluxion, éolienne, mais qui supposent tous, là encore, un milieu aérien.

En conclusion, cette interprétation nous amène à penser que la période de sédimentation calme de type lacustre du site des baigneurs et correspondant aux dépôts de craie, a été perturbée par deux épisodes de baisse du niveau de l'eau. Ces épisodes seront datés par ailleurs grâce aux études palynologiques.

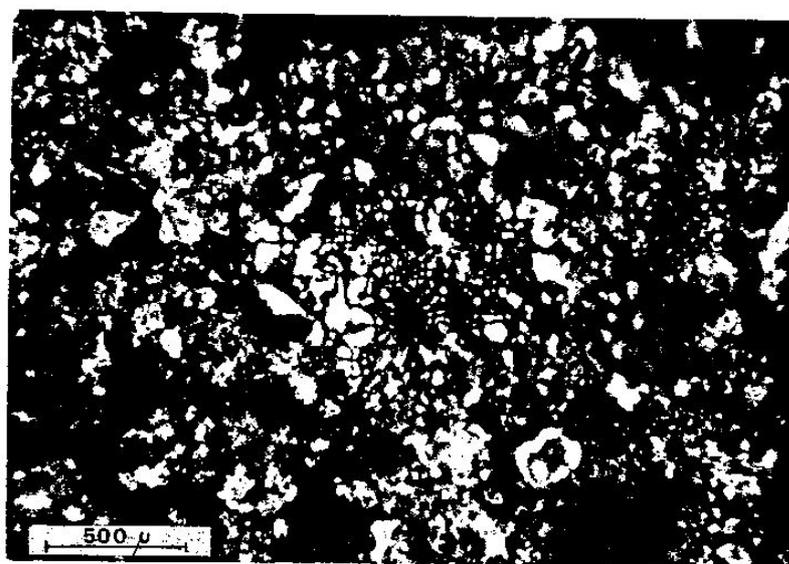
*Cette étude a eu lieu, pour le C.D.P.A., dans le cadre des installations techniques du laboratoire de sédimentologie de l'Institut Dolomieu (Grenoble).*

### REFERENCES

- CAYEUX L. (1929) - Roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. Paris, Imprimerie Nationale.
- DURET J.J., MARTINI J. - Un niveau de cendres volcaniques dans la craie lacustre du Lac du Châlain (Jura Français). Archives des Sciences, Genève, Vol.18, Fasc.3, 1965, pp. 679-686.
- MARTINI J., DURET J.J. - Etude du niveau de cendres volcaniques des sédiments post-glaciaires récents des environs de Genève. Archives des Sciences, Genève, Vol.18, Fasc.3, 1965, pp. 563-575.
- MARTINI J. - Recherches de retombées volcaniques quaternaires dans le Sud-Est de la France et la Suisse Occidentale. Archives des Sciences, Genève, Vol.23, Fasc.3, 1970, pp. 642-674.
- PREVOT J. (1975) - Les meulières du Sud de la région parisienne. Min. Equipement, Lab. des Ponts et Chaussées. Rapport de recherche n° 5.
- WEGMÜLLER S., WELTEN M. - Spätglaziale Bimstufungen des Laacher Vulkanismus im Gebiet der westlichen Schweiz und der Dauphiné (Fr). Eclogae Geol. Helv., Vol.66/3, 1973, pp. 533-541.



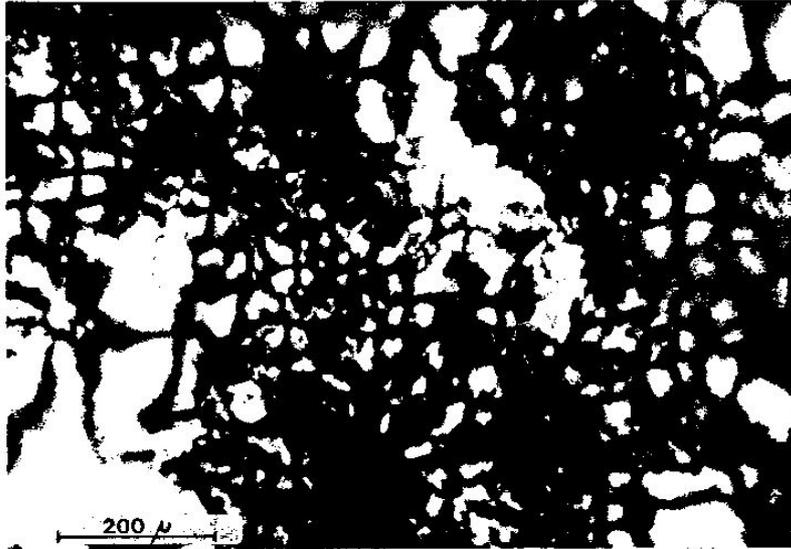
*Lumière polarisée G 6,3*



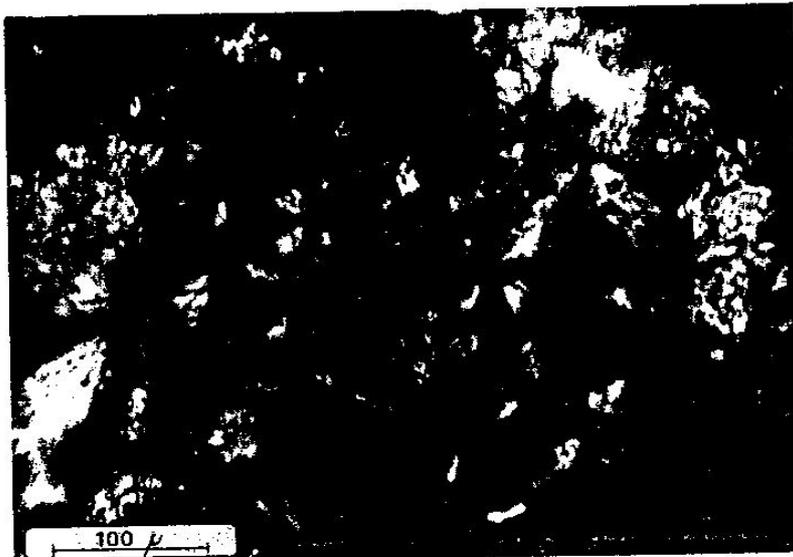
*Lumière polarisée analysée G 6,3*

115. 10

LAME 91

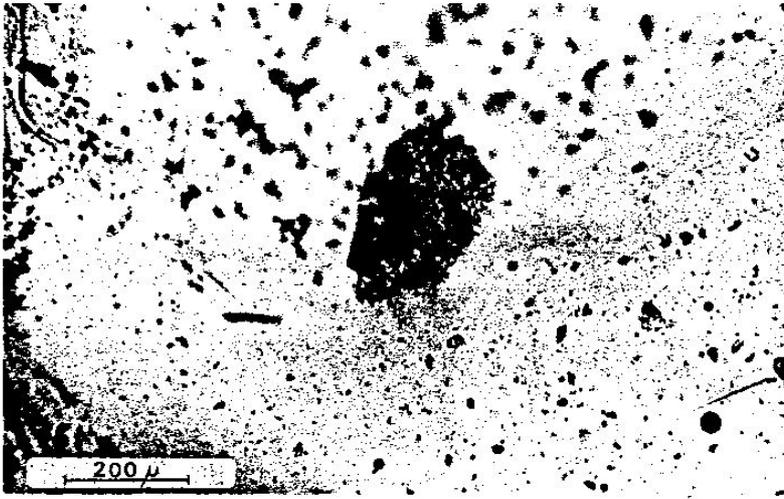


*Lumière polarisée analysée G 25*

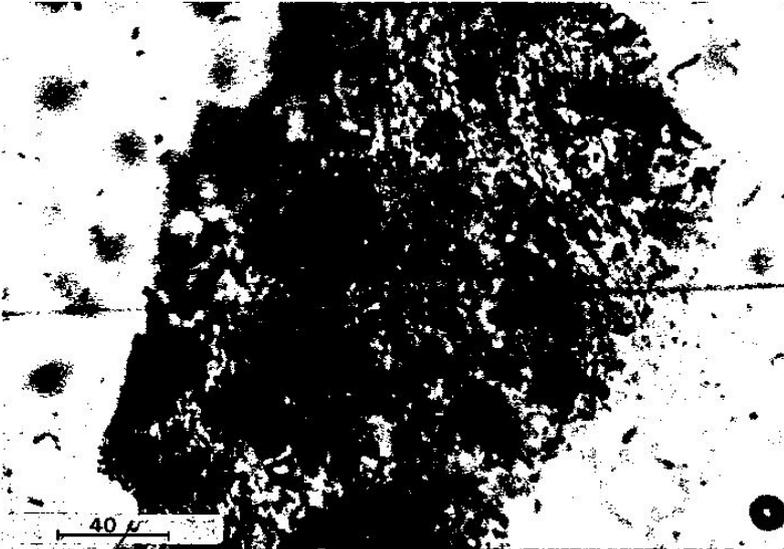


*Lumière polarisée analysée G 40*

LAME 130

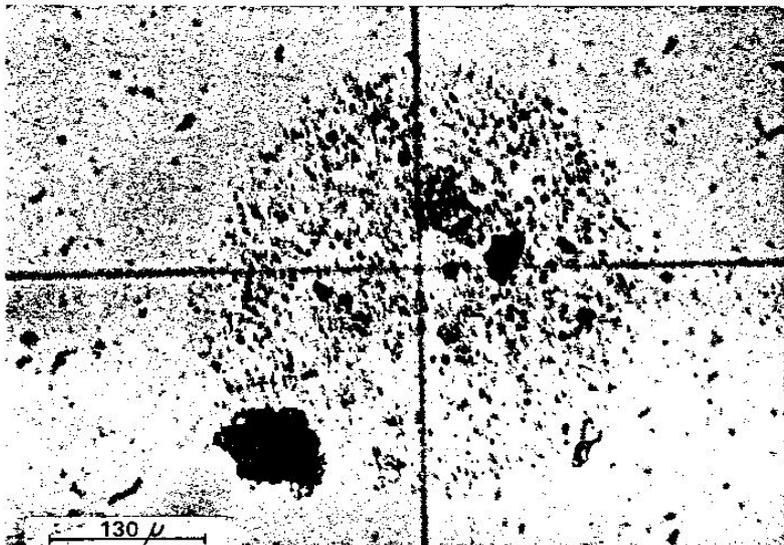


Lumière polarisée G 6,3

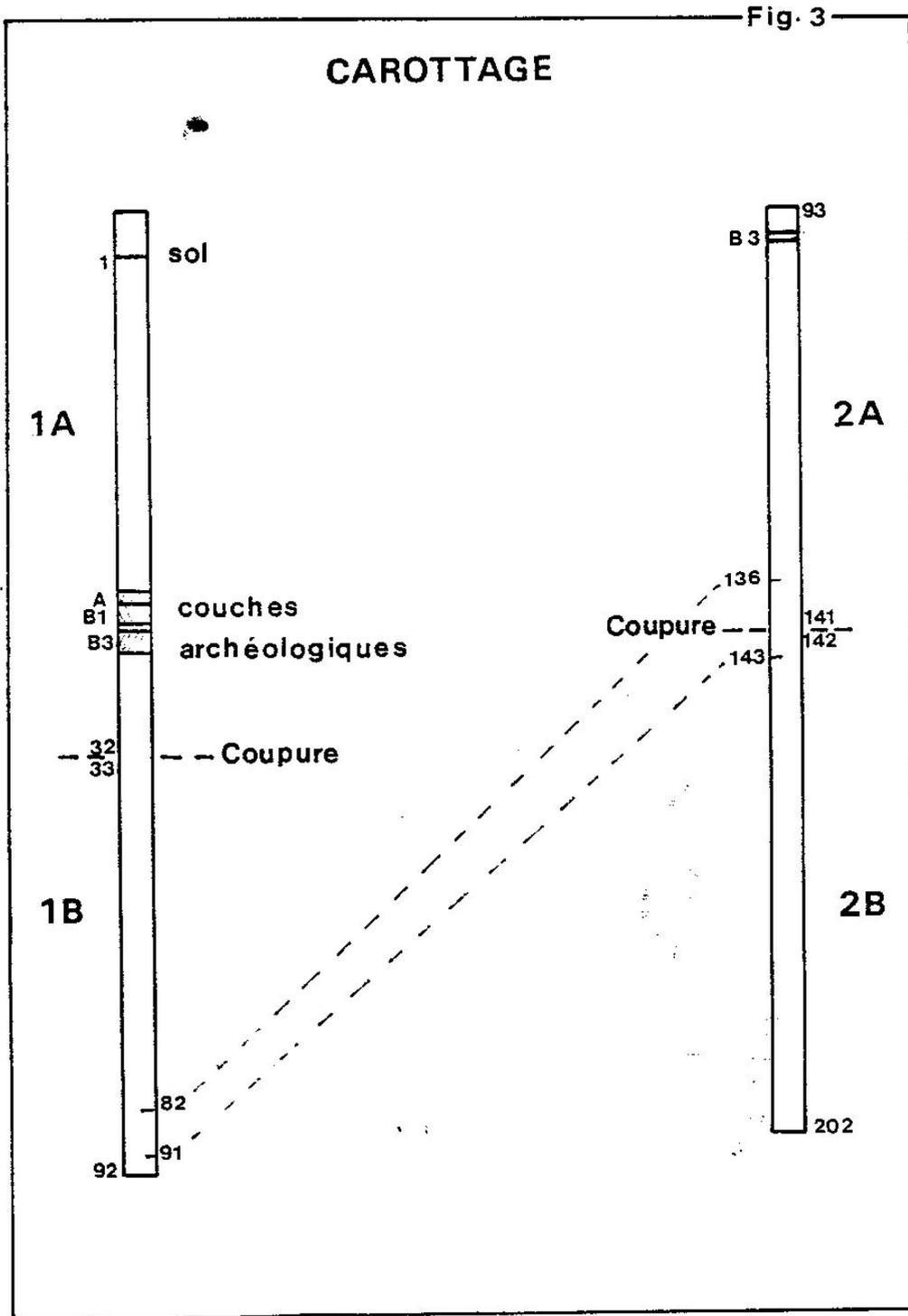


Lumière polarisée G 25

LAME 82



Lumière polarisée G 25



## RECHERCHES DES RETOMBÉES VOLCANIQUES

Luc CHEVALIER et Philippe REBILLARD  
Institut Dolomieu, Grenoble

(Rapport de fouilles, 1978)

A partir des carottes de sédiments extraites en 1977 pour la palynologie, la malacologie et les paléotempératures, il nous a paru opportun de faire une recherche systématique des retombées volcaniques du Tardi-Würm ou Post-Würm, telles qu'on en a retrouvées dans les sédiments lacustres dans l'est de la France (lac de Chalain) ou en Suisse occidentale, sans oublier les tourbières plus voisines comme celle de Chirens (Wegmüller, 1977).

En général on retrouve le plus souvent les restes de l'éruption du Laacher, Eiffel dans les niveaux de l'Alleröd, vers 9000 B.C. Mais d'autres explosions dans la chaîne des puys en Auvergne se sont produites bien postérieurement, dont il serait intéressant de retrouver la trace dans les Alpes. Bien que ces problèmes soient assez éloignés de nos préoccupations purement archéologiques ou de l'environnement du Néolithique final, il nous paraît fondamental d'en tirer le maximum d'enseignements des récoltes de Charavines.

En 1978 seulement deux échantillons ont été soumis à l'analyse par L. Chevallier et Ph. Rebillard de l'Institut Dolomieu à Grenoble. Il fallait en effet régler et rendre opérationnelle une méthode d'extraction et de détermination déjà utilisée par J. Martini (Martini, 1970, Martini et Duret, 1966) en particulier.

Actuellement plus de 100 échantillons sont en cours d'étude, dont les résultats seront connus l'an prochain. Nous ne donnerons ici que la méthode employée avec les prélèvements 136 et 156, le 136 étant un niveau plus sombre, nettement individualisé sur la colonne claire de craie lacustre.

### 1. ANALYSE ET RÉSULTATS

#### 1. 1. Diffractométrie X

- Les échantillons séchés à l'étuve pendant 24 heures ont été soumis aux rayons X.
- L'échantillon 136 présente les pics de la calcite et du quartz dans une proportion de 50 % pour les deux minéraux.
- L'échantillon 156 ne possède que de la calcite.

#### 1. 2. Calcimétrie

Le passage au calcimètre Bernard et au mano-calcimètre Géoservice M.C.A. a confirmé ces résultats, avec toutefois des difficultés d'interprétation pour le n°156, ce qui laisse supposer la présence de dolomie (ces difficultés peuvent aussi provenir du fait que cette craie lacustre est trop fine, il se produit alors une émulsion lors de la calcimétrie qui fausse les résultats).

### 1. 3. Recherche des éléments éruptifs

L'étude a ensuite porté, exclusivement, sur l'échantillon 136 qui a retenu l'attention par sa couleur noire :

- Passage à l'acide acétique (10mn) : élimination de la calcite, en conservant l'apatite.
- Lavage et rinçage à l'acétone.
- Passage à l'eau oxygénée et chauffage (20mn) : destruction de la matière organique.
- Défloculation des phyllites par adjonction d'une solution de phosphate de sodium et passage aux ultra-sons (30mn).
- Le résidu est centrifugé (10mn) dans une solution de tétrabromoéthane ( $d = 2.9$ )
- La fraction légère et la fraction lourde sont ensuite noyées dans du baume du Canada monté sur lame mince.

### 2. RÉSULTATS

Les publications de J. Martini font état :

- Pour les minéraux légers : de schistes ardoisiers, de quartz et de débris volcaniques de verre, de sanidine et de plagioclase.
- Pour les minéraux lourds : de hornblende, d'augite, d'apatite et de sphène.

A Charavines, vu la petitesse et la faible quantité de minéraux récoltés et comme de plus les lames minces n'ont pas l'épaisseur standard de 25, il n'a pas été possible d'effectuer une étude quantitative et qualitative aussi précise que celle de J. Martini.

Toutefois un premier examen au microscope a montré un grand pourcentage de calcite et d'autres minéraux blancs non encore déterminés pour la fraction légère et un grand pourcentage d'apatite pour la fraction lourde. Dans cette fraction, on a pu trouver deux fragments de verre volcanique altéré dont l'un emprisonne un pyroxène. On ne peut expliquer la présence de ces verres dans la fraction lourde que par leur union avec le pyroxène.

### 3. CONCLUSION

Il est intéressant d'avoir retrouvé la trace de verres volcaniques dans un échantillon, ce qui nous a incité à entreprendre l'étude totale de la colonne, avec ce qui nous restait de sédiments. Les calages chronologiques auront lieu par la suite avec les résultats palynologiques, malacologiques et du radiocarbone (Thonon). Le sondage n'a pas atteint les niveaux correspondant à l'Alleröd, car il manque environ un mètre de carotte pour toucher la moraine ou les argiles de base. Un nouveau prélèvement pourra être envisagé si cela se révélait nécessaire pour obtenir une colonne couvrant tout le Post-Würm, qui soit comparable à celle de Chirens.

### BIBLIOGRAPHIE

DURET J.J. et MARTINI J., 1965. Un niveau de cendres volcaniques dans la craie lacustre du lac de Chalain (Jura français). Archives des Sciences, Genève, vol. 18, fasc. 3, 1965, p. 679-686.

MARTINI J., 1970. Recherches de retombées volcaniques quaternaires dans le sud-est de la France et la Suisse occidentale. Archives des Sciences, Genève, vol. 23, fasc. 3, 1970, p. 641-674.

MARTINI J. et DURET J.J., 1966. Etude du niveau de cendres volcaniques des sédiments post-glaciaires récents des environs de Genève. Archives des Sciences, Genève, vol. 18. fasc. 3, 1966, p. 563 -575.

WEGMÜLLER S., 1977. Pollenanalytische Untersuchungen zur spät-und postglazialen Vegetationgeschichte du französischen Alpen (Dauphiné). Verlag Paul Haupt, Bern. 158 p., 8 diagr., 4 cartes.