

Les croches de cervidés perforées et les traits rectilignes isolés ou parallèles gravés sur supports variés existent dans toutes les cultures du Paléolithique supérieur. La Belgique en possède plusieurs exemples retrouvés dans divers sites (Spy, Goyet,...)⁸⁸. La croche trouvée au Trou de Chaleux peut donc s'inscrire dans le contexte magdalénien de ce site.

Toutefois, si les croches de cervidés perforées et encochées sont nettement moins nombreuses (nous connaissons surtout celles de Saint-Germain-la-Rivière (Gironde, France), il est tout à fait exceptionnel d'avoir une croche de cervidé présentant des encoches et gravures sur trois faces.

IV. Datations et Paléoenvironnement

IV.1. Datations

IV.1.1. Datations C14 (E. GILOT)*

E. Gilot du Laboratoire de Chimie inorganique et nucléaire à l'Université catholique de Louvain, a effectué deux datations C14 à partir d'esquilles osseuses récoltées durant la campagne de fouille de 1985. Les échantillons ont été prélevés en deux endroits bien distincts de la surface fouillée. Le deuxième ensemble provient de la proximité immédiate du foyer.

$$\text{LV-1568} = 12.370 \pm 170 \text{ B.P}$$

$$\text{LV-1569} = 12.990 \pm 140 \text{ B.P}$$

Une datation avait précédemment été réalisée par le même laboratoire sur le matériel osseux recueilli par E. Dupont et avait livré le résultat suivant⁸⁹ :

$$\text{LV-1136} = 12.710 + 150 \text{ B.P}$$

IV.1.2. Accelerator mass spectrometry dates from the Trou de Chaleux (Ruth CHARLES et Donald BADEN-POWELL)**

It would be fair to say that the development of Accelerator Mass Spectrometry in radiocarbon dating has revolutionised approaches to archaeological dating. Since 1980, the Research Laboratory for Archaeology and the History of Art in Oxford has developed and maintained an AMS system. This facility has been made readily available to researchers, and is supported by the Science and Engineering Research Council in the U.K. Details of the preparation techniques used can be found in Law and Hedges (1989) and Hedges *et al.* (1989). The accelerator dates for Chaleux were measured on the CO₂ gas ion-source (Bronk and Hedges 1989).

⁸⁸ Lejeune M., 1987, *L'art mobilier paléolithique et mésolithique en Belgique*, coll. Artefacts, n° 4, Treignes-Viroinval.

⁸⁹ Gilot E., 1984.

* Chemin du Cyclotron 2, 1348 Louvain-la-Neuve.

** University of Oxford, 60 Banbury Road, Oxford OX26PN, Angleterre.

In 1990 I began work on a re-assessment of Belgian Lateglacial faunas. This work has focused primarily on museum collections accumulated over the past 128 years. Included amongst these is the assemblage recovered by Edouard Dupont during 1865 from the Trou de Chaleux.

Cautionary tales abound in archaeology about the problems of researching excavations from the last century. Contrary to these, the Dupont collection from Chaleux provides a superb faunal collection for study. Whilst lacking detailed spatial data, the standards of recovery during the 1865 excavation are testified by simple counts of the specimens present - 3181 specimens identified to species and anatomical element and a further 24,656 unidentified bone fragments. Indeed, it appears that the faunal collection held in the I.R.Sc.N.B. is non-selective and complete (see Charles in press for further details).

One major aspect of research on the Dupont collection from Chaleux was an attempt to pinpoint in finer detail the Lateglacial human use of the site. When research began, three dates were available (Table XIII; Gilot this volume).

LAB CODE	DATE	SAMPLE DETAILS
Lv-1568	12 370 ± 170 B.P.	Bone splinters (Otte excavation).
Lv-1569	12 990 ± 140 B.P.	Bone splinters (Otte excavation).
Lv-1136	12 710 ± 150 B.P.	Bone splinters (Dupont excavation).

Table XIII : Conventional radiocarbon dates from the Trou de Chaleux.

These clearly indicate that fauna was being accumulated at the site during the Bölling phase of the Lateglacial, and possibly Dryas I. The associated archaeology is characteristically late Magdalenian, and consequently there has been little problem linking these dates with the archaeological residues. Problems do, however, arise when one begins to look in detail at the conventional dates from Chaleux and compare them with other dates from the region, which were originally intended to date the Magdalenian. It is often, although not always, the case, that dates are obtained which do not tally with pre-conceived ideas of the spatio-temporal distribution of the Magdalenian. Extreme examples include the date of 7720 ± 110 B.P. (Lv-1137; Gilot 1984) from the Trou des Nutons at Furfooz. In such cases one is left with one of two options - either to consider the Belgian Lateglacial and early post-glacial record as significantly divergent from immediately adjacent regions, or to consider the possibility that the selection and integrity of radiocarbon samples has not been all that it could perhaps have been. Indeed, if one looks closely at the details (where recorded) of radiocarbon samples not only from Belgium but on a world-wide basis, it is often extremely difficult to ascertain precisely what material was dated, and quite what its relationship was with any archaeology present.

This is usually a side effect of the nature of conventional radiocarbon dating. Researchers have not wished to send archaeological and palaeontological samples to their certain destruction, and so instead bulk selections of bone fragments or charcoal as "the next best thing" have been submitted in their place. At best these can only give an average of the ages of the differing elements of the sample, and consequently at least one explanation as to why a

number of radiocarbon dates are at variance with expectations becomes apparent.

Thaking this line of argument one stage further, one is left in a position of distrusting not only conventional dates which are patently incongruous, but also those which do in fact agree well with preconceptions. This leads to a very uncertain state of affairs, where one cannot clearly differentiate "god" from "bad" dates.

This deconstructionist approach may not seem to be terribly useful at first sight; however, it is only by being ruthless with the interpretation of data that one can hope to progress in understanding. The next stage, reconstruction, is far more iportant. Having established that whilst agreeing broadly with the chronological indications of patterning given by conventional radiocarbon dates for the Belgian Lateglacial, there are some very specific problems about the relationships between radiocarbon samples and apparently associated archaeology, it is possible to build on this. AMS dating has given one very clear path as it only requires small sample sizes. Thus it is now possible to date individual faunal specimens, which can be clearly identified to species and anatomical element, avoiding major damage to them. In turn these may give far more precise chronological information if selected with specific questions in mind.

I hoped to ask such questions of a limited number of faunal assemblages from Belgium by accelerator dating individual faunal specimens which could clearly be identified to species, and which also showed clear traces of human modification in the form of butchery marks. Turning once more to the Trou de Chaleux, it was possible to extract two specimens of *Equus ferus* left 3rd cuneiforms the I.R.Sc.N.B. reserve collections, both of which were clearly cut. The results of these two dates are presentend in table XIV.

LAB CODE	DATE	SAMPLE DETAILS
OxA-3632	12 790 ± 100 B.P.	Cut 3rd left cuneiform of <i>Equus ferus</i>
OxA-3633	12 880 ± 100 B.P.	Cut 3rd left cuneiform of <i>Equus ferus</i>

Table XIV : AMS dates from the Trou de Chaleux.

It is interesting to note that the two new accelerator dates both fall at the earlier part of the Bölling phase, and are statistically indistinguishable from each other (Rupert Housley pers. comm.). These seem to be consistent with Lv-1569 and Lv-1136. However, they are significantly earlier than Lv-1568. As the new accelerator dates are the only ones which can be clearly linked with human presence, there is the possibility that human use of the Trou de Chaleux may be restricted to the earlier part of the Bölling.

It is interesting to note at this point that a date on a modified 1st phalanx of *Equus ferus* (OxA-3636 12 870 ± 95 B.P.) from the Grotte du Coléoptère falls very tightly within the range of the Chaleux dates. Taken together, this and the dates from Chaleux are the only three wich *directly* date human activity at Magdalenian sites in Belgium. Whilst it is tempting to suggest that this may indicate a far more restricted chronology for Magdalenian presence in Belgium

during the Lateglacial, three dates are hardly a firm base upon which to base a revised chronology. A subsequent application to the Oxford Accelerator Unit has been successful, and a further series of dates are planned to date Magdalenian presence. This project includes further dating of the Dupont collection from the Trou de Chaleux.

The assemblages from both ancient and modern excavations are dominated by horse (the nomenclature of *Equus ferus* rather than *Equus caballus* is preferred here). Within the Dupont collection this species shows clear and consistent butchery traces. It would have been interesting to attempt further dates on modified specimens of horse recovered by Otte as there is far greater stratigraphic control and contextual data associated with this material. Sadly, Patou (pers. comm.) had stated that there are not cut bones within the assemblage recovered by Otte, and so this aspect was not pursued.

IV.2. Paléoenvironnement

IV.2.1. La grande faune (M. PATOU-MATHIS)*

Ed. Dupont avait découvert dans ce site un matériel archéologique très riche qu'il attribua au Magdalénien Supérieur. Les ossements, extrêmement abondants, appartiennent pour plus de la moitié au Cheval. Les autres espèces, identifiées par Van Beneden et Ed. Lartet (*in* Ed. Dupont, 1872), sont par ordre décroissant d'importance : le Renard et l'*Isatis*, l'Aurochs, le Lièvre variable, le Blaireau, le Sanglier, le Chamois, le Renne, le Chevreuil, l'Ours brun, le Loup, le Chat sauvage, le Cerf élaphe, l'Antilope saïga, le Glouton, le Putois; parmi les Rongeurs : le Lemming, le Rat d'eau, le Castor, et de nombreux oiseaux dont le Lagopède des neiges. En 1910, A. Rutot effectue une révision de cette faune, *l'hydruntinus*, le Bouquetin (le *Capra* ? de la liste de Van Beneden), l'*Ovibos* (une partie du matériel considéré comme "boeuf de petite taille" par les précédents auteurs) et le Bison. On remarque immédiatement l'association d'animaux froids" (Glouton, Lièvre variable, Isatis, Antilope saïga, Renne) et "tempérés" (Chevreuil, Sanglier, Cerf). Le matériel que nous avons étudié se rapporte aux fouilles récentes (1985 à 1988) mais nous tenons compte dans nos conclusions de l'ensemble des données.

Ossements déterminés

Deux cent quatre-vingt-dix-huit restes ont été déterminés, soit 15,4 % de l'ensemble du matériel osseux (NRT) (Tableau XV). Les herbivores, représentent 62,4 % de la totalité des restes déterminés (NRDT) et 65,7% des individus, dont le nombre a été estimé par combinaison (NMIT). Les carnivores sont rares, 13,7% - 22,8%**. Les Lagomorphes, essentiellement du Lièvre (variable ?), ont laissé beaucoup d'éléments (23,8 %), mais ceux-ci appartiennent à peu d'individus (11,4%). Parmi les ongulés, le Cheval domine

* U.R.A. 184 CNRS, Institut de Paléontologie Humaine, 1 rue René Panhard, 75013, Paris, France.

** Le premier pourcentage est donné d'après le NR et le second d'après le NMI.

(66,1 % - 43,5 %**), le chamois est abondant (18,2% - 26%**). Chez les Carnivores ce sont les Renards , commun et polaire, qui sont les plus fréquents (56,1%-50%**) (Tableau XVI).

DÉNOMBREMENT OSSEMENTS	NOMBRE	% RELATIF	% NRT
Ossements déterminés totalement (NRDT)	298	/	15,4 %
Ossements déterminés anatomiquement (NRDA).			
- Frag. crâniens	1		
- Frag. de dents	47		
- Frag. d'hémi-mandibules	7	{ 55 = 39,6 %	
- Frag. de vertèbres	12		
- Frag. de côtes	51		
- Frag. de cartilages costaux	7	{ 70 = 50,3 %	
- Frag. d'os	9		
TOTAL	134	/	6,9 %
Esquilles indéterminées (NRI)			
- Classe I (≤ 2 cm)	879	58,6 %	
- Classe II ($> 2 \leq 5$ cm)	566	37,7 %	
- Classe III ($> 5 \leq 10$ cm)	50	3,3 %	
- Classe IV (> 10 cm)	4	0,3 %	
TOTAL	1499	/	77,4 %
Os travaillés			
- Frag. de sagaies	5		
- Frag. d'aiguilles	3		
TOTAL	8*		0,4 %
Nombre de restes total (NRT)	1936*		

Tableau XV : Dénombrement de tous les restes osseux de la grotte de Chaleux (Province de Namur, Belgique) (Fouilles de 1985 à 1988).

*3 des os travaillés ont pu être attribués à des bois de Cervidés, donc déjà comptés dans le NRDT.

DENOMBREMENT ESPECES	NOMBRE DE RESTES			NOMBRE MINIMAL D'INDIVIDUS		
	Crânier	Post- crânier	Total	Jeunes	Adultes	Total
Cheval <i>Equus caballus cf. gallicus</i>	86	37	123	4	6	10
<i>Equus hydruntinus</i>	0	2	2	0	1	1
Chamois <i>Rupicapra rupicapra</i>	12	22	34	1	5	6
Renne <i>Rangifer tarandus</i>	5	2	7	1	1	2
Cerf <i>Cervus elaphus</i>	0	5	5	0	1	1
Cervidés Renne ou Cerf	5	2	7	/	/	/
Bovinés <i>Bos</i> et / ou <i>Bison</i>	4	1	5	0	2	2
Bouquetin <i>Capra ibex</i>	3	0	3	0	1	1
SOUS-TOTAL HERBIVORES	115	71	186 (62,4%)	6	17	23 (65,7%)
Renard commun <i>Vulpes vulpes</i>	3	11	14	1	2	3
Renard polaire <i>Alopex lagopus</i>	8	1	9	0	1	1
Loup <i>Canis lupus</i>	2	4	6	0	1	1
Ours brun <i>Ursus arctos</i>	1	4	5	0	1	1
Hyène des Cavernes <i>Crocuta crocuta</i>	3	1	4	1	1	2
Ours ou Hyène	3	0	3	/	/	/
SOUS-TOTAL CARNIVORES	20	21	41 (13,7 %)	2	6	8 (22,8%)
Lagomorphe : Lièvre	19	52	71 (23,8%)	1	3	4 (11,4%)
TOTAL FAUNE DETERMINÉE	154	144	298	9	26	35

Tableau XVI : Dénombrement de la faune de la grotte de Chaleux (province de Namur, Belgique) (Fouilles de 1985 à 1988).

1. Les Ongulés

Le Cheval : *Equus caballus cf. gallicus*

Sur 123 ossements attribués au cheval, 86 se rapportent au squelette crânien s.l., principalement des dents, et 37 au post-crânien. D'après la reconstitution de séries dentaires et l'usure des dents nous estimons à 10 le nombre minimal de chevaux. Ils sont d'âge varié : 6 mois; 18 mois; 2-2 ans 1/2; 4-4 ans 1/2; 5 ans; 6-7 ans; 10 ans; 15 ans; 15-20 ans et un supérieur à 20 ans. Aucune canine ne signale la présence de mâles, mais elles sont présentent dans le matériel récolté par Ed. Dupont. Quelques jugales ont permis une étude morphométrique (Tableau XVII), elle nous permet de dire que les chevaux de Chaleux sont proches de la sous-espèce *gallicus*. L'échantillon restreint nous amène à la prudence car à la même époque deux autres sous-espèces sont représentées : le cheval de Przewalskii (mal connu) et *l'arcelini* déterminée à Solutré par J.-L. Guadelli (1986). De plus, l'environnement joue un rôle important dans la variation métrique protocône qui augmente lorsque le climat devient sec. Ce dernier favorisant le développement d'espaces ouverts à graminées, plantes fibreuses riches en silice, au détriment d'herbes plus tendres liées à un biotope plus humide. Signalons pour mémoire que les deux seuls indices protocôniques calculés sont inférieurs à ceux des chevaux des sous-espèces *gallicus* et *arcelini* du Dryas II de Solutréen, où régnait alors un climat froid et sec (Guadelli, 1987).

L'*hydruntinus* : *Equus hydruntinus*

Ce petit EQUIDÉ n'a livré que deux restes : un fragment de calcanéum (Q 6 n° 62) et une extrémité proximale de métacarpe II droit (Remanié), tous deux appartiennent à un individu adulte. A. Rutot (1910) signale la découverte dans le matériel de Dupont d'ossements d'Hémione ? Ils correspondent probablement à ceux d'*hydruntinus*. D'après J.-M. Cordy (1984) son existence en Belgique durant le tardiglaciaire n'est pas attestée. Cet EQUIDÉ aurait disparu à la fin du Weichsélien moyen. Il faut attendre la découverte d'ossements complets pour confirmer cette détermination, ces deux ossements ne pouvant être attribués à cette espèce avec la rigueur nécessaire.

Le Chamois : *Rupicapra rupicapra*

Après le Cheval, c'est le Chamois qui a laissé le plus de restes, 34 dont 12 appartiennent au squelette crânien s.l. (des dents, un fragment de cheville osseuse), et 22 au post-crânien. Ils proviennent d'au moins six individus : un jeune; deux adultes jeunes; deux adultes dans la force de l'âge, et un adulte âgé.

Le Renne : *Rangifer tarandus*

Quatre fragments d'andouiller, un morceau de diaphyse de métatarse, un grand sésamoïde interne gauche ou externe droit, et une D4 droite sans facette d'usure (mort en été) ont été attribués à au moins deux rennes, un jeune de 2-3 mois et un adulte. Il faut remarquer le peu d'ossements rapportés à ce Cervidé, exception faite des déchets de ramures (même constat dans le matériel d'Ed. Dupont), alors que l'industrie osseuse (sagaies, aiguilles à chas, poinçons...) est essentiellement en bois de Renne. Ce point sera discuté à la fin de cet article.

MESURES DENTS	DMD FO	DVL FO	DMD Ptp	DVL Ptp	LARGEUR DU PROTOCO- NE	INDICE PROTO- CONIQUE
M ¹ -M ²	28,9-29,2	24,5-27,5	26,9-27,6	26,2-27,7	11,5-14,5	39,38-50,17
P ²	30,8- 31,6-32,7	14,8- 16,1- 16,4-18,2	30,5	14,8		
P ³	28,9-29,8	18,1-18,9	27,6	16,6		
P ⁴	27,5- 28,5-29,4	18,5- 18,5-20,4	27	16,3		
P ³ -P ⁴	Mini. 27,5 Moy.28,8 (5) Max. 29,8	18,1 18,8 (5) 20,4	27-27,6	16,3-16,6		
M ¹	25,3	20,2				
M ²	26,8-27	17,4-19	21,1	15,5		
M ¹ -M ²	Mini. 25,3 Moy.26,2 (4) Max. 27	16,7 18,3 (4) 20,2	21,1	15,5		
M ³	28,4- 31,2-33,9	13,6- 14,9-17	30,3- 31,3-33,3	13,2- 13,7-15,7		

Tableau XVII : Métriques des Jugales des Chevaux de la grotte de Chaleux (Province de Namur, Belgique).

DMD : Diamètre mesio-distal

DVL : Diamètre vestibulo-lingual

FO : Face occlusale

Ptp. : Point p.

Le Cerf : *Cervus elaphus*

Cinq os appartiennent à au moins un cerf adulte : deux talus, un gauche et un droit, deux grands sésamoïdes et une phalangine.

Les Bovinés : *Bos* et/ou *Bison*

Quatre morceaux de jugales dont deux bourgeons, et une épiphyse distale (cassée) de métapode sont attribués à au moins deux grands Bovinés, un adulte très jeune et un adulte. La distinction *Bos-Bison* n'a pu être faite.

Le Bouquetin : *Capra ibex*

Un fragment d'hémi-maxillaire droit d'un bouquetin adulte (relativement âgé) a été reconstitué, d'après l'usure dentaire, à partir de trois jugales isolées : une p³, une M² et une M³.

2. Les Carnivores

Les Renards : le Renard commun (*Vulpes vulpes*) et l'Isatis (*Alopex lagopus*)

A partir des 23 ossements de renard nous avons reconnu la présence des deux genres *Vulpes* et *Alopex*. L'attribution de chacun de ces restes à l'un ou à l'autre n'est pas toujours aisée, c'est pourquoi si nous sommes sûre de la coexistence des deux leur proportion relative est plus incertaine. Il apparaît toutefois que le Renard commun est le plus abondant (Tableau XVI).

Le Loup : *Canis lupus*

Une p₃ droite et une I₃ droite appartiennent à un loup adulte (relativement jeune). Il faut ajouter à ces deux dents quatre vertèbres caudales.

L'Ours brun : *Ursus arctos*

L'Ours brun a laissé : une I₂ droites; un fragment d'extrémité proximale de radius droit; une extrémité distale de 1ère phalange et deux phalanges unguales. Cet ensemble se rapporte à au moins un adulte.

La Hyène : *Crocuta crocuta*

Une canine inférieure gauche et une phalangine entière ont été rapportées à une jeune hyène des cavernes. Un fragment de branche montante d'hémi-mandibule gauche peut également lui appartenir. A une hyène adulte (dans la force de l'âge) nous attribuons une I₃ droite. Trois labiales de lait, fragmentées, n'ont pu être déterminées avec certitude, elles proviennent d'une hyène ou d'un ours brun.

3. Les Lagomorphes

Les Lagomorphes sont représentés par 71 restes, ils appartiennent pour la plupart au lièvre (*Lepus sp*). Le NMI est estimé, pour les lièvres, à quatre, un jeune et trois adultes.

Hypothèses biostratigraphique et paléoclimatique

La dominance du Cheval, la présence de la Hyène des cavernes et de *l'hydruntinus*, la rareté du Renne et du Bouquetin, l'absence du Rhinocéros laineux et de l'Ours des cavernes nous permettent de placer l'ensemble faunique de Chaleux durant le Bölling. On peut imaginer le paysage d'alors comme suit : dans les boucles de la Lesse des espaces ouverts de type prairie ou steppe (Chevaux, Rennes, *hydruntinus*, Bovinés), en bordure de la rivière des forêts claires (Cerfs, Ours brun, Rats d'eau), et des pentes, recouvertes d'herbes et d'arbustes (Bouquetins, Chamois). Le climat devait être à hivers frais, sans permafrost à enneigement modéré, et à étés relativement tempérés.

IV.2.2. Analyse Paléoécologique des Micromammifères Tardiglaciaires de la grotte de Chaleux (Prov. de Namur, Belgique) (J.-M. CORDY)*

I. INTRODUCTION

A. Contexte des recherches

La grotte de Chaleux, dans la vallée de la Lesse (Hulsonniaux, prov. de Namur), est un des sites majeurs pour l'étude du Magdalénien en Belgique. Fouillée pour une grande part en 1865-66 par E. Dupont (Dupont, 1865 et 1872; Van Beneden, Hauzeur et Dupont, 1865), la grotte a été encore explorée par E. Rahir en 1900-02 (Rahir, 1921). Enfin récemment, au devant de la grotte, sur la terrasse pentue, une fouille-sondage a été menée de 1985 à 1988 par le Service de Préhistoire de l'Université de Liège (Dir. M. Otte). C'est à cette occasion que la stratigraphie a été revue et que diverses analyses pluridisciplinaires ont été menées à bien, parmi lesquelles, la récolte et l'analyse des micromammifères.

Dans cet article, l'objectif essentiel est de décrire les associations de micromammifères, de définir des biozones locales et de les interpréter d'un point de vue taphonomique et paléoclimatique. En complément, la réinterprétation des listes microfauniques et des descriptions taphonomiques des premiers fouilleurs a également été réalisée.

Notons encore que l'industrie a été attribuée clairement au Magdalénien supérieur (Dewez, 1987) et que les dates 14C obtenues sur des ossements ont été les suivantes : LV-1136 = 12.710 ± 150 BP, LV-1568 = 12.370 ± 170 BP et LV-1569 = 12.990 ± 140 BP (Gilot, 1993).

B. Méthodes d'étude

La récolte et l'analyse des microfaunes ont été entreprises en respectant trois critères principaux :

*Chercheur qualifié au F.N.R.S., Université de Liège, U.R. Evolution des Vertébrés et Evolution humaine, place du XX Août n° 7, B-4000 LIEGE.

1) Echantillonnage fin et continu

Afin de fonder une biostratigraphie détaillée d'un gisement, les prélèvements sédimentaires destinés à la récolte des micromammifères sont soit réalisés au cours de la fouille et correspondent à des unités de décapage, soit ils sont recueillis par échantillonnage généralement décimétrique et continu d'une colonne sédimentaire au sein d'un profil stratigraphique.

2) Détermination et décompte de toutes les molaires

En raison de la relative faiblesse des échantillons, le décompte traditionnel des espèces sur base de la première molaire inférieure (M/1) a été complété par la détermination de l'ensemble des molaires supérieures et inférieures.

Dans le cas précis du genre *Microtus*, chez lequel la détermination spécifique est délicate, voire impossible, sur les molaires autres que la M/1, le décompte de ces molaires indéterminées est ultérieurement réparti entre les différentes espèces de ce genre au prorata du dénombrement des M/1.

Dans le tableau de décompte et de calcul des fréquences (Tabl. XVIII et XIX), il faut dès lors souligner que le dénombrement des genres *Dicrostonyx*, *Arvicola*, *Clethrionomys*, *Apodemus* et *Sorex* a été réalisé sur la base de l'ensemble des molaires. Par contre, le dénombrement de chacune des espèces du genre *Microtus* a été fait sur base uniquement de la M/1 et celui du genre *Microtus* sur base des autres molaires. Les fréquences elles-mêmes ont été calculées sur l'ensemble des molaires, en tenant compte pour les espèces du genre *Microtus* de la répartition proportionnelle des molaires indéterminées spécifiquement.

3) Présentation des résultats

Afin de faciliter l'interprétation des tableaux chiffrés, il a été adjoint un diagramme microfaunique visualisant les proportions relatives des différents grands groupes paléoécologiques de rongeurs et l'évolution de ces fréquences dans la série stratigraphique (Fig. 40). Le graphique présente pour chaque échantillon les pourcentages cumulés de cinq ensembles d'espèces définissant globalement :

- un climat tempéré à biotopes boisés (*Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus*);
- un climat tempéré à biotopes ouverts (*Microtus arvalis*, *Microtus agrestis*, *Arvicola terrestris*);
- un climat continental humide (*Microtus oeconomus*);
- un climat continental sec (*Microtus gregalis*);
- un climat subpolaire (*Dicrostonyx guilielmi*).

Dans ce diagramme, sont donc opposés les Rongeurs autochtones (A), à gauche, c'est à dire ceux qui vivent encore actuellement en Belgique, et les Rongeurs non autochtones (NA) ou allochtones, à droite.

Sont encore associés à ce tableau, les biozones reconnues localement, leur interprétation chronostratigraphique et la profondeur des échantillons microfauniques au sein des différentes couches.

Tableau XVIII : Décompte des dents de micromammifères et fréquences relatives en fonction de l'altitude relative des prélèvements effectués dans le carré Q8 (description technique dans le paragraphe consacré aux méthodes).

N° échantillon	Altitude moyenne	<i>Dicrostonyx guilielmi</i>	<i>Microtus gregalis</i>	<i>Microtus oeconomus</i>	<i>M. agrestis + M. arvalis</i>	<i>Microtus</i>	<i>Arvicola terrestris</i>	<i>Clethrionomys glareolus</i>	<i>Apodemus sylvaticus</i>	<i>Sorex araneus</i>	Total molaires
23	-320	-333				1	1				4
24	-329	-340									0
25	-331	-346	1								3
26	-333	-349									5
27	-336	-352	1								4
28	-343	-356	1	4							13
29	-350	-360	3	2							11
Totaux		6	6	0	1	23	1	3	0	+	40

Tableau XIX : Décompte des dents de micromammifères et fréquences relatives en fonction de l'altitude relative des prélèvements effectués dans le profil stratigraphique du carré Q8.

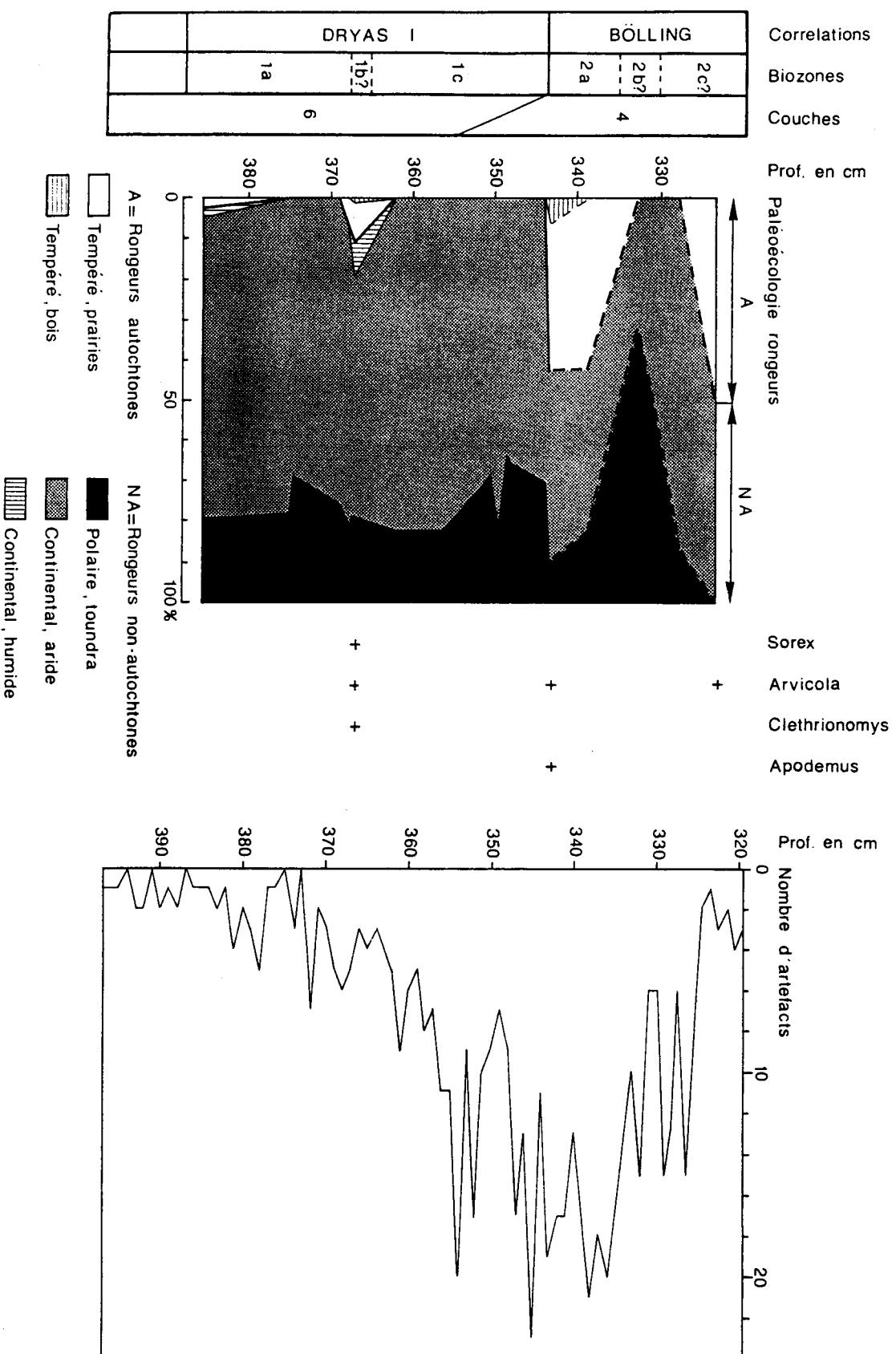


Fig. 40 : Diagramme des fréquences relatives des micromammifères et de leurs variations dans le carré Q8 (description technique dans le paragraphe consacré aux méthodes).

C. Matériaux d'analyses

En tenant compte des caractéristiques de prélèvement définies ci-avant, deux ensembles d'échantillons biostratigraphiques ont été récoltés en 1987, au cours de la fouille organisée par l'Université de Liège (Fig. 38). Ces prélèvements ont été faits sous la direction de J.-M. Léotard.

Un premier ensemble est constitué des décapsages successifs de la couche archéologique dans le carré Q8. En fait, les découpages stratigraphiques ont été définis par les fouilleurs en fonction de la fouille progressive des couches et sont donc variables et d'épaisseur irrégulière.

Un second ensemble a été réalisé plus classiquement dans la partie sud de la coupe stratigraphique de l'interface des carrés P8-Q8. Dans ce cas, une colonne stratigraphie de 40 cm de côté a été prélevée et découpée suivant l'inclinaison des couches, qui était assez accentuée à cet endroit.

Les échantillons sédimentaires ont été ultérieurement lavés et tamisés sous eau sur une colonne de tamis dont la maille minimale était de 0,5 mm. Par la suite, les refus de tamisage ont été triés pour en extraire les débris de petits mammifères et éventuellement d'autres éléments paléontologiques ou archéologiques.

Le lavage-tamisage des différents prélèvements sédimentaires, ainsi que le premier tri des refus de tamisage, ont été accomplis par l'équipe des fouilleurs sous la direction de J.-M. Léotard. Le dernier tri sélectif des fossiles déterminables a été, bien entendu, réalisé par nos soins.

II. LES PRELEVEMENTS BIOSTRATIGRAPHIQUES EN Q8

A. Richesse relative

Sur l'ensemble des 19 échantillons microfauniques récoltés, 722 molaires de Rongeurs et 1 molaire de Musaraigne ont été déterminées au moins génériquement, soit en moyenne environ 38 déterminations par échantillon (Tabl. XVIII). Ces chiffres, même s'ils sont suffisants, restent relativement faibles. Parmi ces molaires, seules 189 dents correspondent à des premières molaires inférieures, soit en moyenne environ 10 dents par échantillon. Ceci indique bien la nécessité de déterminer, dans le cas présent, l'ensemble des molaires, comme cela a été défini dans les méthodes.

La fréquence relative des dents de micromammifères en fonction de l'altitude varie significativement (Fig. 39). Le graphique montre bien que la richesse microfaunique diminue significativement de bas en haut. D'autre part, trois ensembles d'échantillons semblent plus riches et se situent aux altitudes locales de -385, -370 et -350 cm; ces trois niveaux pourraient correspondre à des occupations successives de la grotte par des oiseaux rapaces, dont l'accumulation des pelotes de régurgitation aurait produit ces niveaux d'enrichissement relatif. Il pourrait s'agir également de trois décrochements d'un même niveau sédimentaire dus à l'instabilité naturelle de la pente du bord de la terrasse.

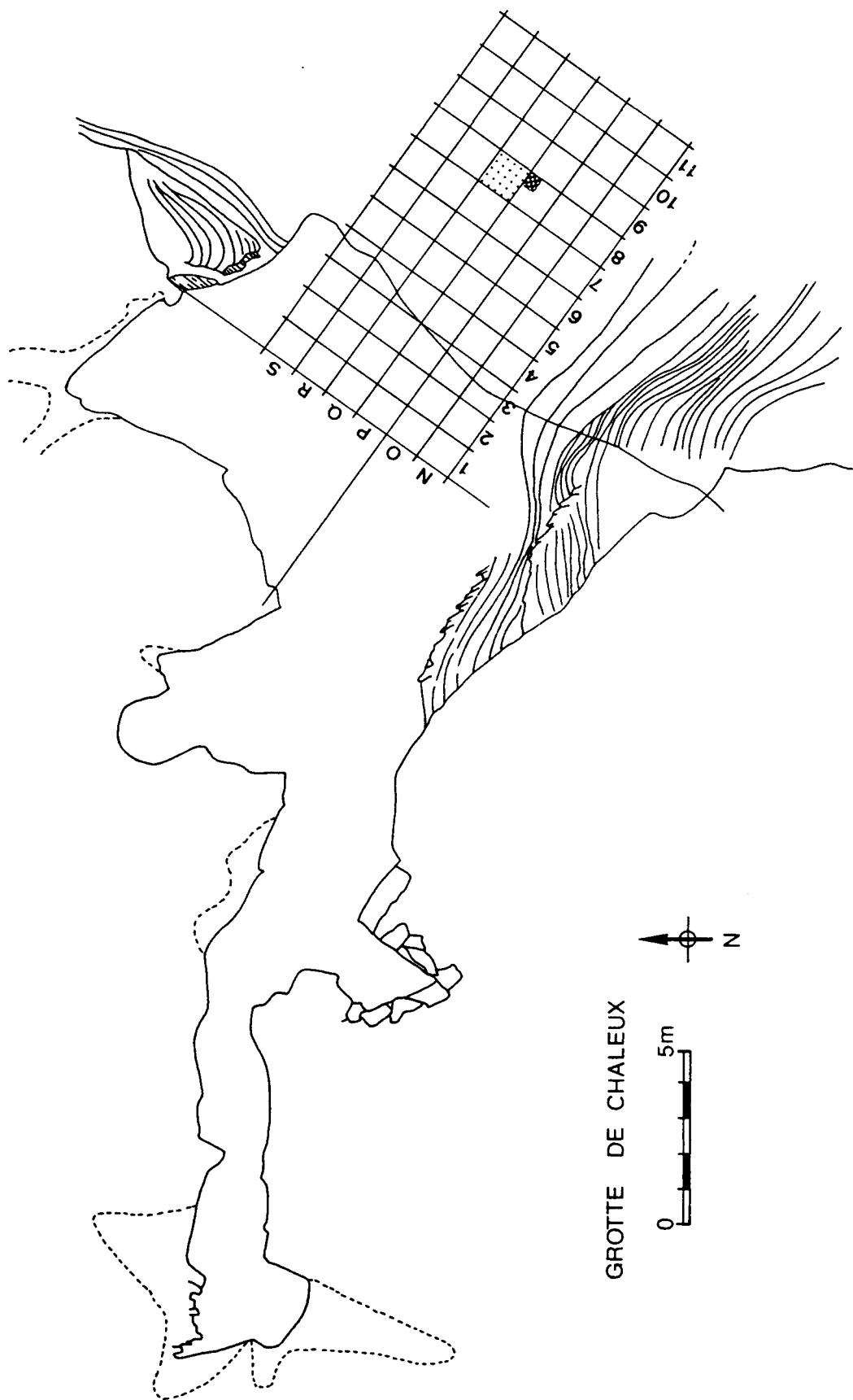


Fig. 38 : Topographie de la grotte de Chaleux (levé de A. Vivier) et emplacement des deux prélèvements pour la récolte des micromammifères.

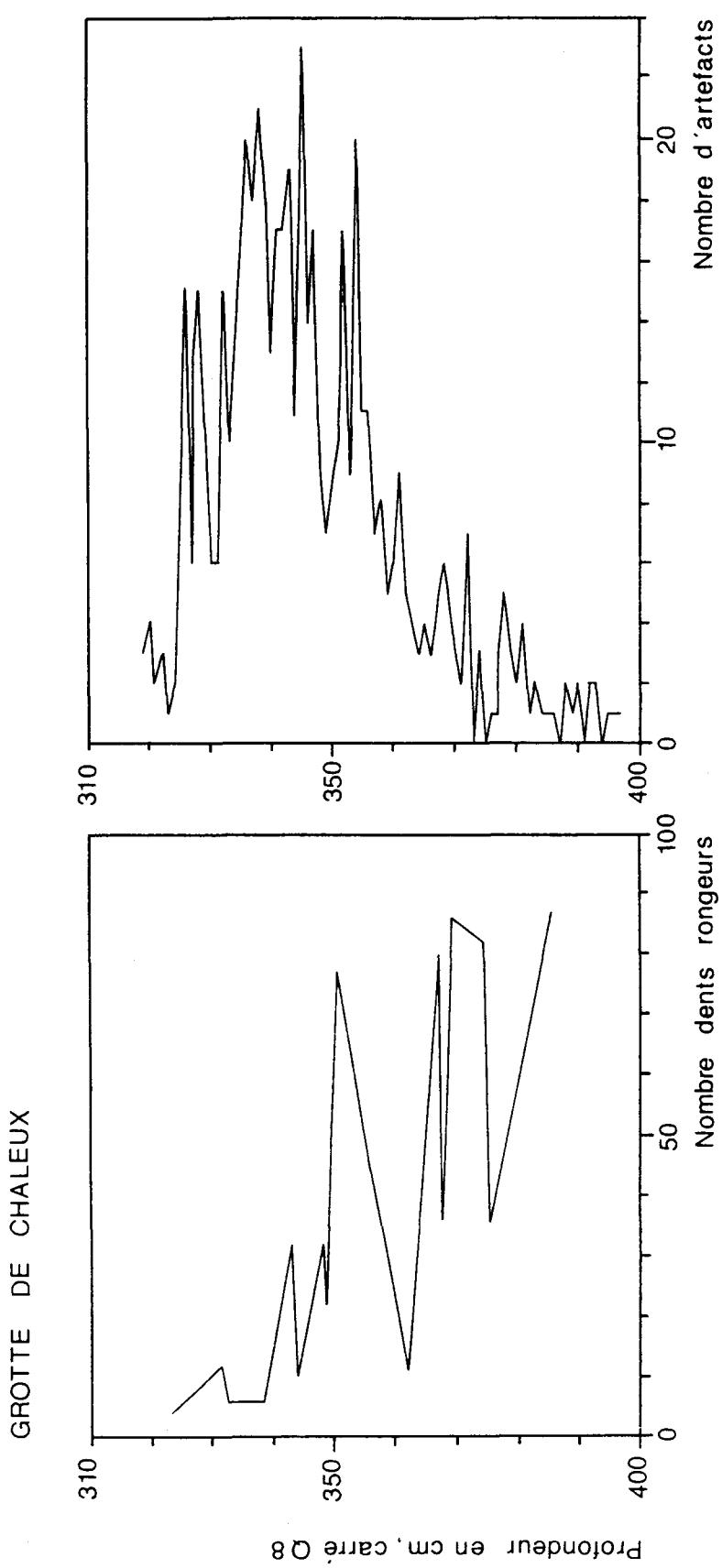


Fig. 39 : Fréquences des dents des micromammifères et des artefacts (données de L. Cabboi) en fonction de l'altitude relative dans le carré Q8.

La comparaison au sein d'un même carré de la répartition des dents de rongeurs et de celle des artefacts selon l'altitude relative (données archéologiques fournies par L. Cabboi) fait apparaître un contraste significatif (Fig. 39). En effet, les courbes de fréquences sont inverses, ce qui implique que la microfaune s'est mise en place, pour l'essentiel, antérieurement à l'occupation humaine. Seul le niveau à -350 cm pourrait être "contemporain" d'une occupation humaine précoce, encore qu'il faille considérer avec prudence l'étalement en profondeur des artefacts en fonction de la forte pente de la couche archéologique dans tout le carré Q8 et des décrochements sédimentaires probables. Les échantillons microfauniques correspondant à la couche archéologique franche (entre -315 et -350 cm à cet endroit) sont malheureusement très pauvres.

B. Caractéristiques globales glaciaires de la microfaune

Autant le tableau de dénombrement que le diagramme microfaunique (Tabl. XVIII et Fig. 40) font apparaître une homogénéité d'ensemble de la microfaune, si l'on veut bien écarter pour l'instant les variations estimées des fréquences au dessus de -345 cm. D'ailleurs, les petits échantillons du sommet de la colonne n'interviennent que faiblement sur l'ensemble des décomptes.

La microfaune est quasiment réduite à deux espèces : le Campagnol des hauteurs, *Microtus gregalis*, qui domine totalement l'ensemble avec plus de 70 % de fréquence, et le Lemming à collier, *Dicrostonyx guilielmi*, qui constitue à lui seul un quart de la microfaune (24,8 %). Ce dernier rongeur est une espèce typique des climats polaires ou subpolaires en toundra. Son importance relative permet d'assurer le caractère stadiaire du climat. Le fait qu'il soit accompagné quasi exclusivement par le Campagnol des hauteurs confirme que le climat était glaciaire, de type continental et nettement aride. L'extrême rareté du Campagnol nordique, *Microtus oeconomus*, et du grand Campagnol, *Arvicola terrestris*, qui tous deux affectionnent les milieux humides, ne fait que confirmer cette grande sécheresse du climat. La rareté du Campagnol agreste, *Microtus agrestis*, et probablement l'absence du Campagnol des champs, *Microtus arvalis*, renforcent l'idée d'un climat très rigoureux. Notons que certaines déterminations restent hypothétiques ("?" dans le Tabl. XVIII) et sont fonction de la grande variabilité intraspécifique de *Microtus gregalis*.

C. La discontinuité du Bölling

Dans les prélèvements biostratigraphiques supérieurs, à partir de -345 cm, la belle régularité des fréquences relatives est nettement altérée (Tabl. XVIII et Fig. 40). Toutefois, il est indispensable de considérer avec prudence ces résultats vu la petitesse des échantillons; c'est pourquoi les chiffres de pourcentage ont été mis entre parenthèses dans le tableau XVIII et le diagramme microfaunique est figurés en tiretés (Fig. 40).

Néanmoins, lorsque les décomptes correspondants aux échantillons supérieurs à -345 cm sont rassemblés, il apparaît que la fréquence des espèces autochtones atteint plus de 20 %, alors qu'elle est nulle pour les échantillons plus profonds.

D'autre part, la comparaison entre les échantillons n° 286 et 354, qui comportent plus d'une trentaine de déterminations chacun, semble clairement indiquer une discontinuité aux environs de -345 cm; en particulier, la diminution de la fréquence du Lemming à collier passe significativement de 34 à 9 %. Enfin, simultanément, la présence d'un Campagnol probablement agreste, *Microtus agrestis*, du grand Campagnol, *Arvicola terrestris* et surtout du Mulot, *Apodemus sylvaticus*, semble parfaitement confirmer la réalité d'un adoucissement climatique avec recolonisation locale de milieux boisés. Tenant compte des datations 14C obtenues pour la couche archéologique (Gilot, dans ce volume), cet épisode interstadiaire devrait logiquement correspondre au Bölling.

Après cette discontinuité climatique qui se situe localement vers -345 cm, le diagramme est beaucoup plus difficile à interpréter. En effet, il est évident qu'en raison de la pauvreté des échantillons, les variations aléatoires de l'échantillonnage peuvent jouer énormément et déformer grandement les fréquences réelles. Dès lors, on ne peut qu'évoquer la possible complexité de l'épisode interstadiaire, qui comporterait hypothétiquement trois phases, deux adoucissemens climatiques séparés par une phase de refroidissement. Toutefois, compte tenu de l'irrégularité de la couche archéologique et sa topographie complexe en fonction des pentes, il se pourrait également que les échantillons n°134 et 159 soient "pollués" par des pointements de la biozone stadiaire sous-jacente.

D. Indice d'un pré-Bölling ?

Dans la partie inférieure des prélèvements, sur une épaisseur de 40 cm, le diagramme microfaunique apparaît remarquablement homogène. Néanmoins, à côté de quelques variations tout à fait mineures, un petit événement climatique pourrait éventuellement être décelé vers -365 cm. En effet, alors que la présence de rongeurs autochtones semble quasi inexistante dans tout l'ensemble inférieur, ces mêmes rongeurs apparaissent à ce niveau et constituent un peu plus de 10 % de la microfaune. La présence du Campagnol roussâtre, *Clethrionomys glareolus*, sylvicole, et de la Musaraigne carrelet, *Sorex araneus*, indique encore plus sûrement une possible rémission glaciaire. En outre, le fléchissement du pourcentage du Lemming à collier est peut-être à mettre en rapport avec ce petit événement climatique hypothétique.

Sur cette base, il est possible d'évoquer un léger réchauffement, pré-Bölling dans un sens chronologique et non dans un sens palynologique sensu stricto. Le caractère peu marqué de cet événement est peut-être lié à la faible amplitude du phénomène climatique, soit en durée, soit en intensité. L'association microfaunique reste tout à fait dominée par le Campagnol des hauteurs, *Microtus gregalis*, et comporte encore presque 20 % de Lemming à collier. Ceci indiquerait que les conditions climatiques sont restées globalement stadiaires et arides.

Comme dans le cas de la biozone du Bölling, il n'est pas exclu cependant que cet apparent événement climatique ne soit qu'un "artefact" dû à la complexité de la couche et à des décrochements de pente. En l'occurrence, des éléments fauniques de la biozone interstadiaire sus-jacente ont pu "chuter" et "polluer" la biozone propre au Dryas I.

III. LA COLONNE BIOSTRATIGRAPHIQUE EN P8-Q8

Etant donné le volume relativement réduit des prélèvements, les échantillons microfauniques se sont avérés fort pauvres en P8-Q8 (Tabl. XIX) et, dès lors, le calcul des fréquences relatives a été omis.

Néanmoins, la présence ou l'absence d'espèces caractéristiques permet de partager la série des échantillons en deux lots. Dans les quatre échantillons les plus profonds, le Lemming à collier, *Dicrostonyx guilielmi*, et, en partie, le Campagnol des hauteurs, *Microtus gregalis*, semblent indiquer à nouveau l'existence d'un climat glaciaire; tout à la fois, les espèces tempérées semblent inexistantes. A l'inverse, les échantillons supérieurs se caractérisent par l'absence du Lemming à collier et du Campagnol des hauteurs; en revanche, plusieurs rongeurs autochtones apparaissent, dont le grand Campagnol, *Arvicola terrestris*, qui, comme dans les prélèvements précédents, attesterait probablement d'une humidité relative, et le Campagnol roussâtre, *Clethrionomys glareolus*, qui indiquerait un reboisement relatif et un adoucissement du climat.

En tenant compte de la forte pente des couches (environ 10 cm de dénivellation en 40 cm), l'altitude correspondant à cette modification microfaunique se situerait vers -346 cm à la limite sud du carré Q8, ce qui correspond à l'altitude déduite de l'analyse de la précédente colonne.

IV. INTERPRETATIONS GENERALES

A. Bio- et climatostratigraphie

La description des associations microfauniques et leur interprétation paléoécologique permet de distinguer deux biozones principales dans la couche 4 et le sommet de la couche 6 de la grotte de Chaleux (Fig. 40).

La biozone principale 1, la plus ancienne, correspond probablement à toute la couche 6 et s'étend jusqu'à la base de la couche archéologique 4. Elle est caractérisée par une microfaune subpolaire, de milieu aride et toundroïde, dominée par le *Microtus gregalis* et, secondairement, par le *Dicrostonyx guilielmi*.

Cette biozone 1 pourrait éventuellement être subdivisée en trois sous-biozones en raison de l'existence possible d'une légère rémission glaciaire, de faible durée, durant laquelle le climat est un peu moins aride et le milieu pourrait abriter de petits îlots de reboisement.

La biozone 2 correspond essentiellement à la portion principale de la couche archéologique 4. Bien que la microfaune soit assez pauvre, il semble que cette biozone soit caractérisée par une nette diminution du Lemming à collier et par la réapparition d'espèces autochtones de milieux humides, telle que *Arvicola terrestris*, ou de milieux boisés, telles que *Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus*. Le climat était de type interstadiaire, nettement moins rigoureux, mais semble être resté froid, dans un environnement globalement très ouvert.

Cette biozone 2 pourrait éventuellement être subdivisée en trois sous-biozones en raison de l'existence hypothétique d'une péjoration climatique séparant deux phases interstadiaires plus douces.

En fonction des datations 14C obtenues dans ce site archéologique, cette succession d'une biozone stadiaire et d'une biozone interstadiaire ne peut être interprétée que comme la succession du Dryas I et du Bölling.

Il est encore intéressant de noter que la microfaune stadiaire de Chaleux, bien que de type subpolaire, n'atteint pas les fréquences remarquablement élevées de lemmings telles qu'on peut les observer durant le Dryas I en Belgique, comme à Vaucelles (Cordy et Peuchot, 1983), ou dans le nord de la France, comme à St Mihiel (Meuse) (Chaline, 1972). Il est possible d'en déduire que les associations microfauniques étudiées à la base de la couche archéologique représentent bien la fin du Dryas I, dont l'extrême rigueur est déjà atténuée.

B. Comparaison avec les résultats palynologiques

Notons avant toutes choses qu'il faut examiner avec prudence les différences d'altitude relative des diverses coupes étudiées. Il existe parfois des différences appréciables qui s'expliquent cependant aisément par la forte inclinaison des couches stratigraphiques. Cela étant posé, il existe de bonnes correspondances entre les résultats de l'analyse microfaunique et ceux de l'analyse palynologique (Noirel-Schutz, dans ce volume).

En particulier, la succession d'un épisode stadiaire et d'un épisode interstadiaire en étroite relation avec l'occupation humaine préhistorique semble bien établie. Leur attribution à la séquence Dryas I/Bölling ne paraît faire aucun doute. D'autre part, la mise en évidence par la palynologie de deux phases optimales séparées par une péjoration climatique semble confirmer l'hypothèse des trois sous-biozones microfauniques et donc climatiques au sein du Bölling.

C. Réinterprétation des auteurs anciens

1) Rappels bibliographiques (Tabl. XX)

Dès le début, en 1865, E. Dupont avait observé l'existence de très nombreux restes de rongeurs et avait noté leur abondance dans et aux alentours du foyer préhistorique (Dupont, 1865a; Van Beneden, Hauzer et Dupont, 1865). Cette proximité l'avait conduit à croire que les "rats d'eau" étaient mangés par les hommes préhistoriques. En outre, dans un premier temps, tous les restes microfauniques ont été attribués indistinctement à "*Arvicola amphibius*", le "rat d'eau", dénommé actuellement *Arvicola terrestris*. En fait, la systématique des rongeurs était encore peu développée à cette époque et il est probable que les restes de rongeurs de grande taille étaient récoltés préférentiellement.

Un peu plus tard, E. Dupont distingua nettement le "Rat de Norvège (*Lemmus*)", c'est à dire le Lemming à collier, et signala sa prépondérance par rapport au "Rat d'eau (*Arvicola amphibius*)", c'est à dire au grand Campagnol (Dupont, 1872). Toutefois, les rongeurs de plus petite taille resteront toujours ignorés par ce brillant chercheur.

MICROMAMMIFÈRES		DUPONT 1865	VAN BENEDEN et al. 1865	DUPONT 1873	RUTOT 1910	CORDY 1993
Noms latins	Noms communs					
<i>Arvicola terrestris</i>	Grand Campagnol		Rat d'eau	<i>Arvicola amphibius</i>	Rat d'eau	+
<i>Dicrostonyx guilielmi</i>	Lemming à collier			<i>A. amphibius</i>	<i>Arvicola amphibius</i>	++
<i>Microtus gregalis</i>	Campagnol des hauteurs			<i>Rat de Norvège</i>	<i>Myodes torquatus</i>	+++
<i>Microtus oeconomus</i>	Campagnol nordique					+
<i>Microtus arvalis/</i> <i>Micromys agrestis</i>	Campagnol des champs/ Campagnol agreste				<i>Arvicola agrestis</i>	+
<i>Clethrionomys glareolus</i>	Campagnol rousâtre					
<i>Apodemus sylvaticus</i>	Mulot				<i>Mus Sylvaticus</i>	+
<i>Cricetus cricetus</i>	Hamster				<i>Cricetus frumentarius</i>	
<i>Sciurus vulgaris</i>	Ecureuil				<i>Sciurus vulgaris</i>	
<i>Gliroidae</i> indéf.	Loir ou Lérot				<i>Myoxus nitela</i>	
<i>Ochetotona pusilla</i>	Lièvre saïeur				<i>Lagomys spelaeus</i>	
<i>Erethizon europaeus</i>	Hérisson				<i>Erethizon europaeus</i>	
<i>Talpa europaea</i>	Taupé				<i>Talpa europaea</i>	
<i>Sorex araneus</i>	Musaraigne carrelet					+

Tableau XX : Liste des micromammifères de la grotte de Chaleux cités dans la littérature, avec leur dénomination originale.

Il faut attendre A. Rutot pour voir publier une liste beaucoup plus complète de la microfaune (Rutot, 1910). Cette liste a été produite à la suite d'une révision des matériaux récoltés par E. Dupont et conservés à l'Institut royal des Sciences Naturelles de Bruxelles.

Il n'est pas étonnant de constater tout d'abord que l'auteur signale l'abondance de débris de *Myodes torquatus*, c'est à dire de *Dicrostonyx guilielmi*. Comme je l'ai déjà envisagé, il est probable que ces restes avaient été récoltés préférentiellement en fonction de leur taille. D'autre part, il faut encore constater que la longue liste microfaunique et macrofaunique publiée par A. Rutot constitue un ensemble tout à fait hétérogène d'un point de vue écologique, où se côtoient des animaux tempérés sylvicoles, tels que le Chat sauvage, le Chevreuil et le Mulot, et des animaux subpolaires, tels que le Glouton, le Renard polaire et le Boeuf musqué. Il est clair que les techniques de fouilles de E. Dupont, qui étaient remarquables pour l'époque, ne permettaient pas cependant de discerner des biozones d'âges et de paléoécologies différentes, hormis la grossière distinction de la faune du Mammouth et de la faune du Renne.

Signalons encore que A. Rutot fait la distinction entre la "couche à rongeurs" et les restes véritables de l'alimentation des hommes préhistoriques.

Par la suite, les auteurs ultérieurs, y compris E. Rahir, qui refouilla la grotte en 1900-1902 (Rahir, 1921), ont repris, sans la changer, la liste publiée par A. Rutot.

2) Interprétations

L'abondance des petits ossements de rongeurs décrite par E. Dupont contraste avec la relative faiblesse des échantillons microfauniques récoltés en Q8. Il est très vraisemblable que le foyer préhistorique était établi sur la partie la plus riche d'une couche d'accumulation de pelotes de régurgitation d'oiseaux rapaces. Le carré Q8 occupe d'ailleurs une position assez extérieure (Fig. 38), en bordure de la "terrasse" de la grotte et probablement en position excentrique par rapport à la "couche à rongeurs" de la grotte proprement dite.

Sur un autre plan, la présence du Hamster, *Cricetus*, et du Lièvre siffleur, *Ochotona pusilla*, semble être une caractéristique du Bölling dans nos régions, comme nous avons pu le constater à Presles et à la grotte Walou (couche B4) (Cordy 1985, 1991 et 1992). La reconnaissance de ces micromammifères dans les collections d'E. Dupont par A. Rutot (1910) indique peut-être que la couche à rongeurs associée au foyer serait d'âge Bölling et distincte des débris microfauniques majoritairement stadiaires de Q8.

D'un autre côté, si l'on tient compte de la grande proximité des faunes stadiaires et interstadiaires à la base de la couche archéologique, de leur mélange éventuel en fonction des activités humaines et des fouilles relativement "grossières" à l'époque de E. Dupont, il est possible d'expliquer en bonne partie l'hétérogénéité de la liste faunique publiée par A. Rutot. Dans cet ordre d'idées, le Boeuf musqué, le Renard polaire et le Glouton, par exemple, devraient probablement provenir des dépôts du Dryas I. D'autre part, au Bölling, le développement de la steppe herbacée associée à la persistance d'un climat de type continental et encore relativement sec devait être favorable non

seulement aux chevaux, mais aussi à l'Antilope Saïga et au petit Lièvre siffleur (Cordy, 1991 et 1992).

Enfin, je ne peux que confirmer la nette distinction qu'il est indispensable de faire entre les dépôts de débris de rongeurs issus de l'activité des oiseaux rapaces nocturnes et les dépôts archéologiques proprement dits. L'hypothèse émise par E. Dupont sur l'utilisation alimentaire des rongeurs n'est plus à retenir.

D. Interprétation paléoécologique de l'occupation humaine

Comme cela vient d'être encore souligné, l'apparente contemporanéité des débris de rongeurs et de l'occupation humaine doit être relativisée. Le télescopage de restes d'activités animales et d'activités humaines distinctes peut se produire en fonction d'un faible écart de temps entre ces événements et d'une faible sédimentation. Le mélange peut encore être favorisé par les multiples phénomènes de remaniements taphonomiques et, en particulier, par tous les types de bioturbations, y compris anthropiques. En l'occurrence, il est possible que l'installation du foyer magdalénien et son éventuel creusement dans les dépôts de la grotte ait pu favoriser le contact avec une couche à rongeurs sous-jacente et provoquer le mélange intime entre une faune interstadiaire liée à l'occupation humaine et une faune stadiaire qui n'était que légèrement enterrée.

Le diagramme microfaunique mis en parallèle avec la répartition altitudinale des artefacts en Q8 indique clairement que l'occupation préhistorique correspond pour l'essentiel à la première moitié de l'interstade de Bölling (Fig. 40). Malgré l'adoucissement climatique, qui semble permettre le développement de biotopes boisés, le climat paraît être resté froid, comme l'indique la persistance non négligeable du Lemming à collier. Dans ses grandes caractéristiques, le climat était de type continental et plutôt sec, avec un hiver probablement rigoureux et un été bien marqué permettant le développement d'espaces herbeux.

La figure 40 semble encore indiquer qu'une concentration relative d'artefacts entre -355 et -350 cm correspondrait à une microfaune encore typiquement stadiaire. Il faut cependant rester prudent sur l'interprétation de la répartition altitudinale des artefacts en raison de l'inclinaison de la couche archéologique et des phénomènes de décrochements sédimentaires déjà évoqués précédemment. L'épaisseur de la couche archéologique et l'abondance des matériaux archéologiques pourrait néanmoins s'expliquer, non pas par une occupation continue du site, mais par une succession d'occupations peut-être saisonnières. Dans cette hypothèse, il n'est pas exclu que le début de l'occupation humaine s'est peut-être produite sporadiquement à la fin du Dryas I, lorsque l'environnement était encore de type toundroïde. Il n'en reste pas moins vrai que l'essentiel de l'occupation magdalénienne correspond bien à la première phase du Bölling.

Enfin, compte tenu de la persistance des rongeurs allochtones et d'un pourcentage significatif du Lemming à collier qui semblent indiquer l'existence d'hivers rigoureux, il paraît raisonnable de penser que l'occupation humaine du site était plutôt saisonnière et estivale. En outre, le développement des herbacées à la bonne saison devait favoriser la migration et le développement

saisonnier des troupeaux de chevaux, qui ont constitué l'essentiel du gibier des magdaléniens de Chaleux*.

IV.2.3. Malacofaune (J.-M. LEOTARD)**

Introduction

Deux prélèvements ayant pour but l'étude de la micro- et de la malacofaune ont été effectués à Chaleux en 1987.

Le premier est constitué des sédiments d'une colonne située dans la coupe P-Q. Ce prélèvement s'achemine de l'humus actuel au sommet de la couche archéologique. L'étude de cette colonne n'est pas encore terminée.

Le second prélèvement est constitué des sédiments issus des décapages de la couche paléolithique dans le carré Q8. Pour faciliter la lecture et éviter l'utilisation du long numéro d'inventaire, une numérotation simple et continue a été adoptée : elle s'achemine donc du sommet à la base du niveau d'occupation, c'est à dire dans une soixantaine de centimètres d'épaisseur.

Les découpages sont le fait des fouilleurs; ils sont donc aléatoires et variables.

Sédiments du carré Q8.

1.	CHA Q8	93 :	altitude moyenne	-323,0 cm
2.	CHA Q8	109 :	altitude moyenne	-327,5 cm
3.	CHA Q8	134 :	altitude moyenne	-331,5 cm
4	CHA Q8	159 :	altitude moyenne	-332,5 cm
5	CHA Q8	217 :	altitude moyenne	-338,5 cm
6./7.	CHA Q8	286 :	altitude moyenne	-343,5 cm
8./9.	CHA Q8	354 :	altitude moyenne	-348,0 cm
10.	CHA Q8	403 :	altitude moyenne	-349,5 cm
11.	CHA Q8	427 :	altitude moyenne	-350,5 cm
12.	CHA Q8	450 :	altitude moyenne	-356,0 cm

* Je remercie M. M. Otte de m'avoir confié les matériaux microfauniques pour étude et d'avoir pris en charge, par l'intermédiaire de son équipe de fouilleurs, le prélèvement, le lavage-tamisage et le premier tri des échantillons biostratigraphiques. En particulier, je suis très reconnaissant à M. J.-M. Léotard d'avoir dirigé ce travail de prélèvement et de tri en tenant compte de nos méthodes.

Je suis également reconnaissant au projet PRIME n° 10.527 d'avoir contribué à la réalisation technique de cette publication, Mme A. Taverna pour la dactylographie et Mme F. Giraldo pour le dessin.

** Ministère de la Région Wallonne, Service Régional des Fouilles.

12'.	CHA Q8	454	:	altitude moyenne	-360,0 cm
12.	CHA Q8	489	:	altitude moyenne	-362,0 cm
13-14-15	CHA Q8	506	:	altitude moyenne	-367,5 cm
16.	CHA Q8	545	:	altitude moyenne	-368,8 cm
17.	CHA Q8	567	:	altitude moyenne	-374,5 cm
18.	CHA Q8	584	:	altitude moyenne	-375,0 cm
19.	CHA Q8	606	:	altitude moyenne	-385,5 cm

Méthode

Les sédiments contenus pour le transport dans des sacs en plastique ont d'abord été séchés étendus sur du papier journal. De cette façon, le matériau perd sa compacité ce qui permet de moins fracturer les micro-restes. Ensuite, durant plus au moins 12 heures, les sédiments sont plongés dans un bac d'eau, afin de préparer une espèce de soupe propice au tamisage.

La colonne de tamis est composée de trois mailles différentes : 4,5 mm, 2,5 mm et 0,5 mm. Une fois lavé, l'ensemble des refus de tamis est, indépendamment par maille, séché. C'est alors que peut commencer le tri à l'oeil, pour le 4,5 mm, à la loupe pour le 2,5 mm et au binoculaire pour le 0,5 mm. Nous séparons par altitude le matériel lithique, la macrofaune, la microfaune, les gastéropodes. Nous avons conservé pour éventuels contrôles l'ensemble des sédiments triés.

La malacofaune du niveau paléolithique

Les résultats de l'analyse des prélèvements du carré Q8 sont encore lacunaires et imprécis. Nous commentons ici une première détermination que M. R. Peuchot précisera. Malgré cet écueil, les premiers résultats permettent la mise en évidence d'un environnement typé (Tableau XXI).

De manière générale, le climat est humide. L'association, apparue dans le niveau 3, de *Vallonia Pulchella* et de *Trichia Hispida* le démontre clairement. Cette impression est confirmée par la plupart des autres espèces présentes, à l'exception de *Succinea* et *Pupilla*. Si *Cochlicopa Lubrica*, *Euconulus Fulvus*, *Oxychilus Draparnaldi*, *Discus Roundatus* ou *Ruderatus* et *Vitrea Crystallina* soulignent l'humidité du climat, ils démontrent à souhait son aspect tempéré. *Helicodonta Obvoluta*, *Cepaea Nemoralis* et *Helicigona Lapicida* apparus dans le niveau 10 marquent sans doute le maximum du réchauffement, puisqu'ils témoignent de la présence d'arbres voire de forêt à cet endroit.

L'impression générale semble toutefois se modifier au sommet de la séquence où la plupart des espèces tempérées disparaissent et où le couple *Succina Oblonga* et *Puppilla* signalent un net refroidissement assimilable au développement de la steppe.

Niveaux des prélevements Espèces	1	2	3	4	5	6/7	8/9	10	11	12	12'	12'''	13 14 15	16	17	18	19
VALLONIA PULCHELLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	
COCHLICOPA LUBRICA	X			X	X		X						X				X
EUCONULUS FULVUS	X	X		X		X			X					X			
VITRINA Sp.	X		X											X?	X	X	X
SUCCINEA OBLONGA	X		X														
PUPILLA MUSCORUM	X	X			X	X						X	X			X	X
OXYCHILUS DRAPARNALDI	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
DISCUS ROTUNDATUS OU RUDERATUS		X	X		X	X		X	X		X				X	X	
TRICHIA HISPIDA			X	X	X				X		X				X	X	X
CEPaea MEMORALIS				X					X								
"HELICIDAE"			X	X									X	X			
VITREA CRYSTALLINA				X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
RETINELLA PURA					X		X	X									
LAURIA CYLINDRACEA						X							X				
HELICODONTA OBVOLUTA									X								
HELICIGONA LAPICIDA										X							

Tableau XXI : Malacofaune du carré Q8

IV.2.4. Anthracologie (W. SCHOCH)*

Deux échantillons de charbon de bois ont été soumis à l'analyse anthracologique par W. Schoch du laboratoire des bois quaternaire à Adliswil, les résultats sont les suivants :

Echantillon 1 :

<i>Viburnum sp.</i>	Viorne
<i>Prunus sp.</i>	Cerisier
Fragments avec bourgeons indéterminés	

* Labor für Quartaere Hoelzer, Laboratoire des Bois Quaternaires, Tobelhof 13, 8134 Adliswil, Suisse.

Echantillon 2 :

<i>Clematis vitalba</i> 1 x	clématite
<i>Carpinus betulus</i> 3 x	charme
<i>Viburnum sp.</i> 1 x	viorne
<i>Quercus sp</i> 1x	chêne
<i>Corylus avellana</i> 1 x	noisetier

Un tel assemblage de variétés de charbon dans ces échantillons rend toute attribution au Bölling et par là même au Paléolithique impossible. Il doit s'agir d'une contamination par du matériel beaucoup plus jeune qui s'est produite à une époque indiquant un climat plus chaud (du Boréal à l'époque récente).

IV.2.5. Palynologie (C. NOIREL-SCHUTZ)*

ASPECTS GENERAUX DE L'ENVIRONNEMENT ACTUEL PROCHE DU SITE**

Avant de développer l'analyse pollinique, nous présentons des résultats de différents chercheurs afin de mieux saisir l'originalité de la région du site de Chaleux.

Le substratum de la région est formé d'un socle primaire plissé et faillé, constitué de roches calcaires, schisteuses et gréseuses. La tectonique hercynienne a orienté les plis anticlinaux et synclinaux suivant une direction est-ouest.

Le Condroz appartient à la région schisto-calcaire, région la plus complexe, située entre la limite nord de l'Ardenne et une ligne passant légèrement au nord de la Sambre, puis de la Meuse entre Namur et Liège.

Le Condroz, comme l'Entre-Sambre-et-Meuse (Barry-Lenger *al.*, 1988), est caractérisé par un enchevêtrement de roches tendres (calcaire carbonifère) et dures (psammites famenniens, grès et poudingues carbonifères). Il en résulte une topographie particulière, avec alternance de rides (les tiges du Condroz) et de dépressions.

Le relief de cette région est de type condrusien. L'incision des vallées est importante et le plateau est profondément disséqué. L'altitude de ce plateau se tient entre 292 m à Dréhance et 260 m à Falmagne, mais elle passe brutalement à 240 m et même 220 m au fond des vallées à versants raides. A Chaleux, par exemple, la Lesse coule à 100 m d'altitude seulement.

Dans son ensemble, la région présente de profondes et larges entailles, celles de Meuse, de Lesse et de Fonds de Lesse. Mais les grands interfluves eux-mêmes sont découpés par quantité de ravins vifs ou secs.

* - Unité de Palynologie, Laboratoire de Préhistoire du M.N.H.N., Institut de Paléontologie Humaine, 1, rue René Panhard, 75013 Paris.

** - Synthèse d'un DEA soutenu en 1990 à Paris I.

Le réseau hydrographique de la région est abondant. La Meuse parcourt ce territoire de Waulsort jusqu'à Bouvignes. A Anseremme, la Meuse reçoit sur sa rive droite la Lesse venant du nord-est. La zone entre Meuse et Lesse est drainée par quelques ruisseaux, dont les plus importants sont la Vesse à Hulsonniaux et le Falmagne à Falmignoul. Le seul affluent droit de la Lesse est le ruisseau de Vèves qui se jette à Gendron, au sud-est de Chaleux.

Le réseau de drainage est constitué de quelques axes importants, le réseau hydrographique secondaire est insignifiant. Pays calcaire par excellence, la région présente un développement important des phénomènes karstiques ; une très grande circulation d'eau s'effectue en site souterrain avant d'atteindre les nappes aquifères souvent profondes. Chantoirs, vallons secs, ruisseaux souterrains, grottes et résurgences sont nombreux, les plus importants étant le Golèbi à Falmignoul, les grottes de la Lesse et de Dinant, les résurgences de Freyr, Moniat, Dinant.

Malgré quelques axes hydrographiques, c'est une région très sèche (Bourguignon, 1966). La nappe phréatique se situe souvent à grande profondeur, excepté dans les vallées. Ailleurs, elle a peu d'influence dans le drainage des sols à substrat calcaire et son action est nulle dans les vallons secs. Seuls les limons superficiels bénéficient d'une rétention d'eau.

Les matériaux constituant les sols de la région : les roches primaires et leurs produits d'altération (analyse de Bourguignon 1966).

* **Le calcaire carbonifère** est essentiellement formé de roches carbonatées se dissolvant sous l'action de l'eau atmosphérique. Les impuretés alumineuses du calcaire persistent et s'amassent en une croûte argileuse recouvrant souvent la roche. Cette argile est brun-rougeâtre ou jaune ; très lourde, elle est cependant très perméable.

* **La dolomie** fournit une argile plus sableuse et grisâtre, tachetée de noir, ou même parfois un sable gris magnésien.

* **Les schistes verts tournaisiens** donnent une argile verdâtre farcie de menus débris schisteux.

* **Les psammites du Famennien** s'altèrent en un sable grossier très micacé. Mais les surfaces planes peuvent être exemptes de cailloutis gréseux. Le sable est jaunâtre ou plus rarement orangé.

* **En certains endroits, le Famennien** fournit une terre voisine d'un limon ; quand il ne comporte pas de débris rocheux durs, il est difficile de le distinguer d'un loess.

* **Sur les pentes**, ces divers produits meubles se mêlent aux éboulis de roche dure qui subissent divers stades d'altération.

Les dépôts Quaternaires (analyse de Bourguignon, 1966). Lors de la glaciation würmienne, des sédiments loessiques d'origine nivéo-éolienne se sont déposés en un manteau plus ou moins continu, d'épaisseur variable ; ils se superposent à toutes les formations.

Les sols limoneux se sont développés presque exclusivement aux dépens du loess supérieur.

L'approfondissement récent des vallées a rajeuni le relief en déblayant le socle d'une partie de la couverture limoneuse mise en mouvement vers les points bas.

Le manteau limoneux est surtout épais sur les plateaux calcaires calmes

et sur le versant nord des tiges psammitiques. Il est tenu ou absent au bord des plateaux et sur les versants raides, surtout ceux exposés au sud et à l'ouest. Sur les pentes accusées, les limons colluviaux se mêlent aux éléments durs du sous-sol et aux produits d'altération plus ou moins mélangés aux loess par solifluxions et ruissellements.

En dehors des vallées de la Meuse et de la Lesse, les formations alluviales sont insignifiantes. De plus, il est difficile de distinguer les alluvions des petites vallées des colluvions récentes. Généralement, les colluvions sont purement limoneuses, mais certains éléments d'autres roches (schistes, grès, psammites, calcaires, cherts) ont été repris pour former les colluvions mixtes.

Il existe aussi des colluvions argileuses plus compactes que les colluvions limoneuses.

Les limons hétérogènes de solifluxion sont très étendus et se composent d'une "charge" caillouteuse formée d'éléments locaux originaires du substrat : débris de calcaires, schistes, grès, psammites.

Sur les psammites, les limons hétérogènes sont plutôt légers, de texture sablo-limoneuse. Tandis que sur calcaire, la texture est nettement plus lourde.

Sur les argiles à silexites, la gamme des textures est très étendue et la proportion de débris siliceux est toujours très élevée.

Les sédiments nivéo-éoliens pléistocènes à l'état frais sont des limons jaunes, friables, pulvérulents et assez homogènes. C'est souvent sous cette forme qu'ils se rencontrent dans la région, surtout dans les sols secs sur sous-sol calcaire. L'installation d'une végétation forestière dans ces sédiments a développé un profil à horizons différenciés. Le limon est devenu plus lourd et possède souvent une structure polyédrique de "terre à brique".

La classification des sols des proches environs de la grotte de Chaleux (d'après Bourguignon 1966), (fig. 41), montre que la grotte de Chaleux se trouve dans la zone (J), à affleurements rocheux; leur superficie importante souligne les versants de la Lesse qui forment en certains endroits une vallée encaissée.

La grotte est essentiellement entourée de **sols bruns limono-caillouteux à charge et substrat calcaieux** (Gbbk). Ce type de sol, localisé dans les paysages accidentés en bordure des vallées, occupe une grande superficie du territoire. Ces terrains sont boisés ou mis sous pâtures ; ces derniers souffrent très fortement de la sécheresse. On rencontre quelques **sols bruns limono-caillouteux à charge argilo-calcaire** (GbBk) ; le limon de couverture plus argileux repose sur l'argile d'altération du calcaire qui enrobe les cailloux de la roche. Ceux-ci sont moins nombreux que dans le sol précédent. Ce type de sol est assez étendu sur les plateaux calcaires peu limoneux. Leur texture lourde n'engendre jamais d'engorgement car les argiles de dissolution des calcaires comportent une structure perméable; toutefois, certains d'entre eux souffrent de la sécheresse. Ce sont d'excellents sols supportant les cultures les plus exigeantes, les moins profonds étant sous pâture.

Dans ces deux types de sols, la charge de cailloux calcaires domine sur les pentes accusées où la roche calcaire se trouve à faible profondeur. Le calcaire s'altère en argile sur les surfaces à faible relief. Cette argile rougeâtre apparaît à une profondeur variable. Généralement, elle se situe à faible profondeur et affleure souvent en bordure des plateaux où ce manteau d'altération est fréquemment interrompu par la présence de têtes de roche.

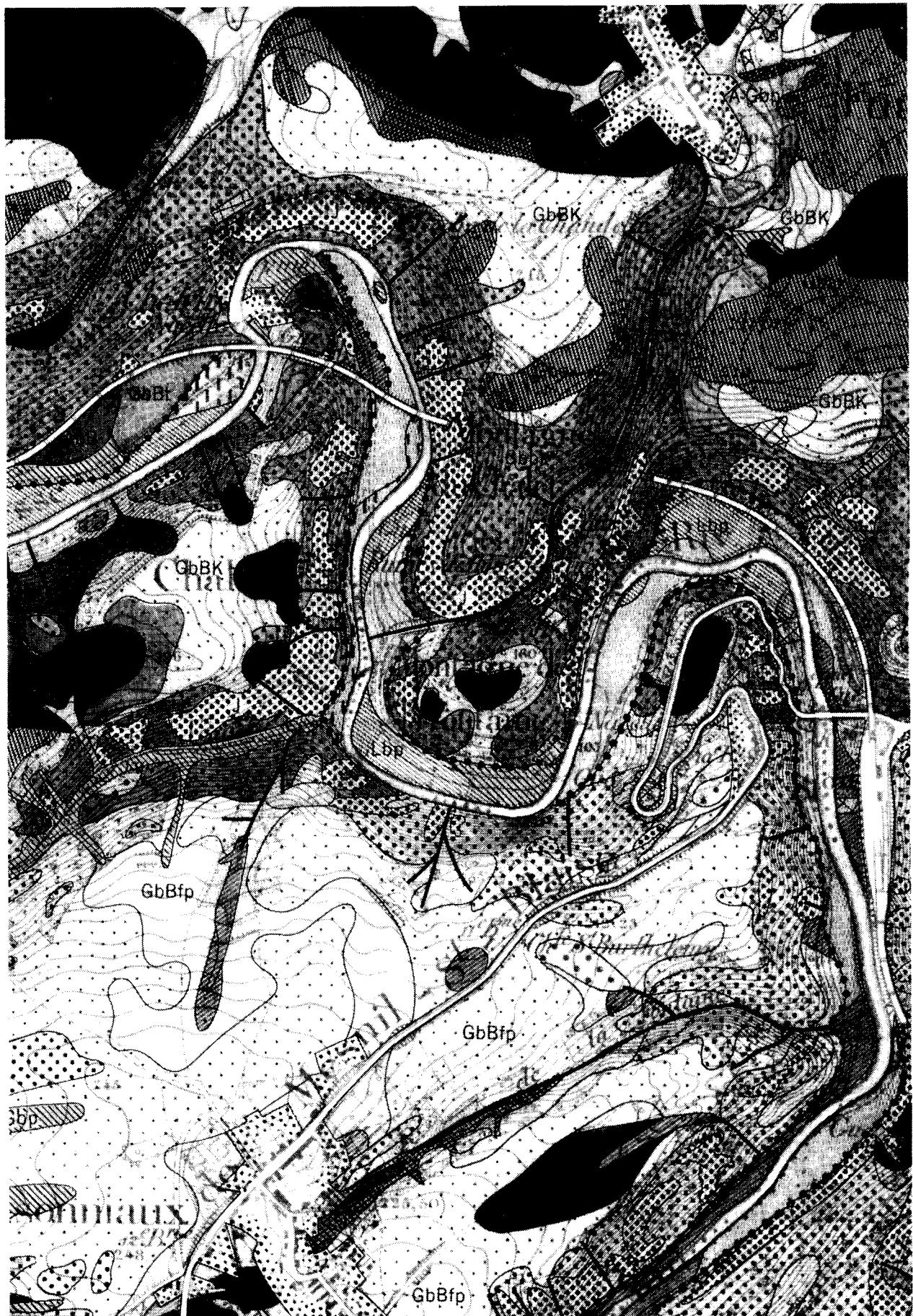


Fig. 41 : Planchette pédologique au 1/10.000, Dinant 175E, du Centre de Cartographie des Sols, I.R.S.I.A., texte explicatif de Bourguignon P. (1966).

Dans la région du dernier tige condrusien (Falmagne-Hulsonniaux) se trouvent des sols limoneux à charge schisto-psammitique (GbBfp), suite à l'accentuation du caractère schisteux des faciès famenniens. Ces sols médiocres, boisés mais d'extension très limitée, conviennent aux pâtures.

A droite de la grotte, sur la terrasse de la Lesse, s'observe une faible étendue de sol limoneux à charge graveleuse (GbBt) et galets de quartzite.

Sur les alluvions de la Lesse, au pied de la grotte, se rencontre un sol sur limon sableux (Lbp).

Le plateau est surtout recouvert de sols bruns lessivés, développés dans des dépôts limoneux quaternaires : (Aba), (Aca), (uAba).

Aba représente les sols appelés "terre-à-brique", qui possèdent une haute valeur agronomique.

Aca est comparable à *Aba*, mais le drainage naturel est quelque peu déficient car les substrats imperméables freinent la circulation de l'eau et engendrent une faible gleyification. Ce type de sol est peu étendu et forme des zones de transition entre *Aba* et les sols plus humides où se développent les sols limono-caillouteux à charge de silexite (Gbax) comme à Furfooz. *Aca* convient aux cultures exigeantes.

uAba est un sol limoneux peu profond. Le substrat argileux, issu de l'altération de la roche calcaire, apparaît à faible profondeur.

Le secteur de la grotte est traversé d'ouest en est par de nombreux ravins; certains d'entre eux peuvent drainer le plateau très localement et constituent d'étroites zones favorables aux bois.

Les données climatiques actuelles figurent sur la carte des territoires écologiques de la Wallonie (fig. 42), établie par Delvaux et Galoux (1962), dont l'extension a été réalisée par Onclinckx, Tanghe, Galoux et Weissen (1987). Ces auteurs montrent que la Wallonie appartient au "domaine atlantique" au Nord-Ouest, et au "domaine médio-européen" au nord-est et au sud. Au terme de nombreux travaux, ces auteurs ont mis en évidence un certain nombre de stations à tendance "chaude" et "sèche" opposant celles à tendance "froide" et "humide" et celles à pluvirosité plus élevée.

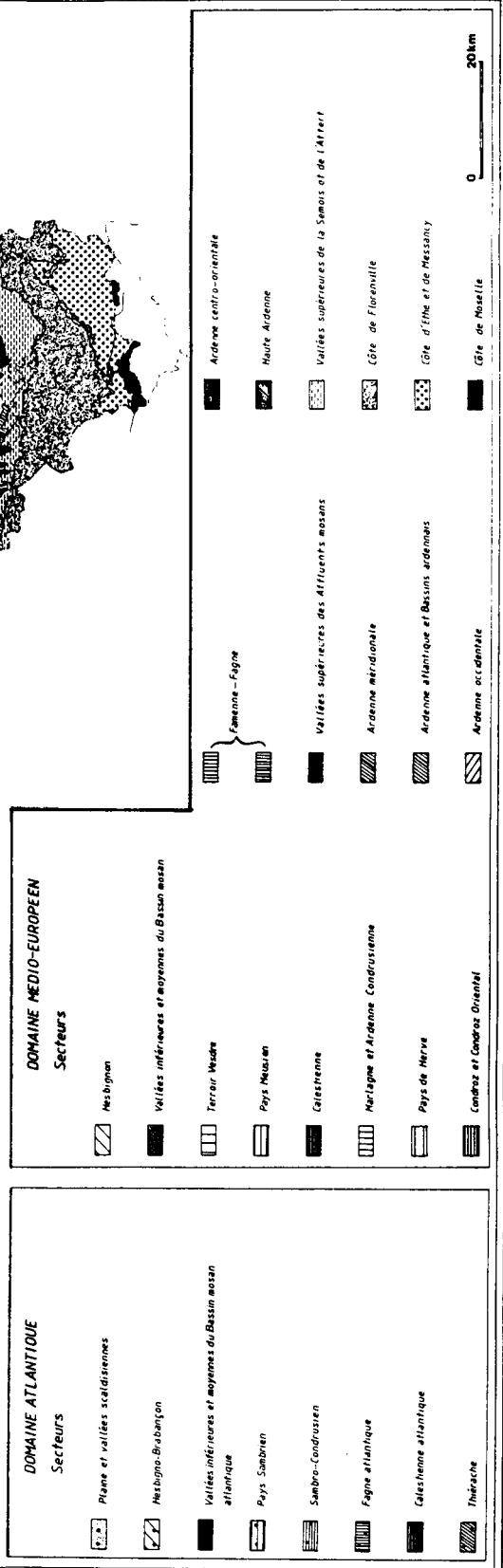
D'après cette carte des territoires écologiques de la Wallonie (fig. 42), et d'après les climatogrammes sectoriels (fig. 43), (*in* Onclinckx *et al.*, 1987), le site de Chaleux, bien qu'inclus dans le "territoire" Condroz, appartient au domaine médico-européen et au secteur "Vallées inférieures et moyennes du bassin mosan". Comparativement aux régions environnantes, c'est la région la plus chaude, la plus sèche et la moins pluvieuse. La moyenne annuelle des précipitations est de 740 mm. Elles sont importantes de mai à septembre, période durant laquelle la végétation est la plus exigeante. Les températures moyennes mensuelles sont alors les plus élevées.

Dans ce secteur, la somme des "jours de végétation" est la plus élevée : 181 j. ($T > 10^{\circ}\text{C}$) ; les températures moyennes annuelles sont aussi les plus élevées : $10,1^{\circ}\text{C}$ pour des altitudes comprises entre 55 et 100 m. Ce "secteur" connaît peu de jours d'enneigement : 18,1 j. d'après l'abaque de Sneyers (1967) (*in* Onclinckx *et al.*, 1987 : 58) ; il possède surtout le nombre le plus bas de jours d'hiver : 8,2 j. de moyenne ($T \text{ maxi.} < 0^{\circ}\text{C}$) ; il comporte le nombre de jours de gel le plus faible : 64,1 j. de moyenne ($T \text{ mini.} < 0^{\circ}\text{C}$) proposé par Sneyers et Vandiepsenbeck (1981) (*in* Onclinckx *et al.*, 1987 : 58).

*Territoires écologiques
de la Wallonie*



Légende



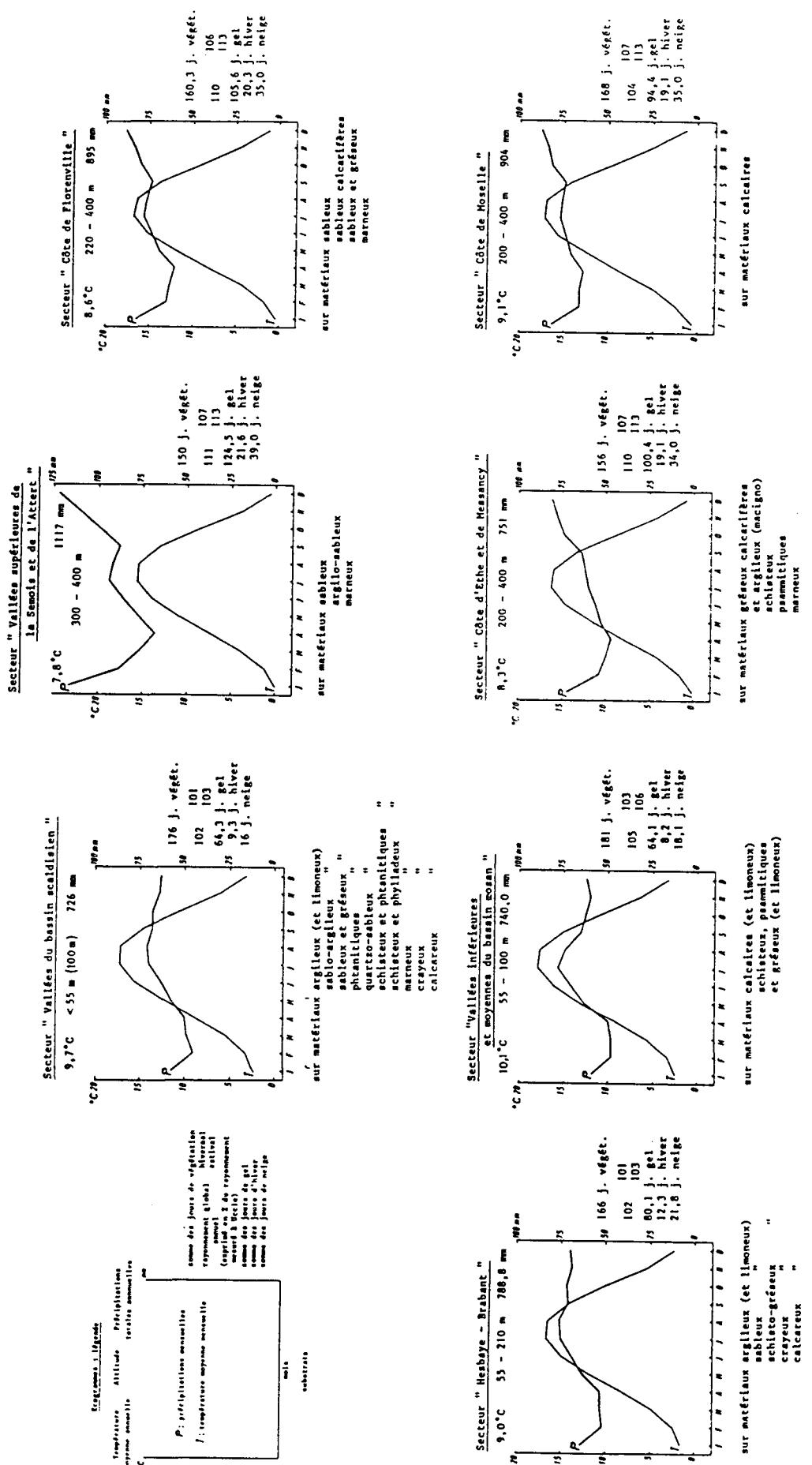


Fig. 43 : Climatogrammes sectoriels (in Oncinex F., Tanghe M., Galoux A. et Weissen F., 1987).

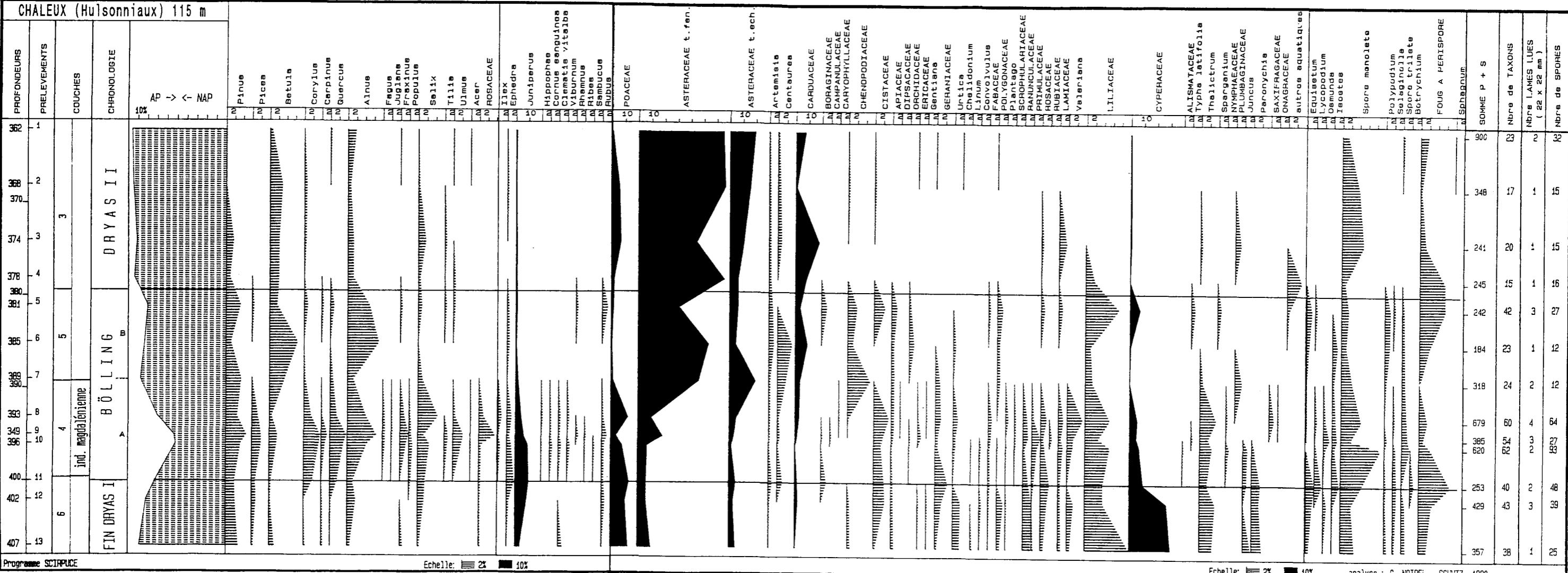


Fig. 44 : Grand diagramme

Les données phytogéographiques actuelles dans les environs de Chaleux

Entre Gendron-Celles et Anseremme, la Lesse a creusé sa vallée en faisant de nombreuses boucles dans les calcaires du Viséen et du Tournaisien du synclinal d'Anthée. La vallée est une tranchée profonde et les plateaux sont mollement ondulés. Toute cette région du Parc de Furfooz et de ses abords s'inscrit dans un environnement végétal contrasté qui a suscité l'attention de nombreux chercheurs, botanistes : Noirfalise (1948), Duvigneaud (1958), Vanseveren (1969), Van Schingen (1985)...

Van Schingen (1985) a dégagé les biotopes majeurs qui sont une aide indispensable à la compréhension des données paléobotaniques.

* **Les versants ensoleillés de la vallée depuis Gendron-Celles jusqu'à Anseremme** sont recouverts par la chênaie-charmaie calcicole à primevère officinale. L'auteur fait état de lambeaux de hêtre calcicole à orchidées près de Walzin. Ce type de forêt présente une grande diversité d'essences forestières où se mêlent *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Acer campestre*, *Tilia platyphyllos* subsp. *cordifolia*, *Ulmus glabra*, *Fraxinus excelsior*, *Prunus avium*, *Acer platanoides* et *Corylus avellana*.

- **Aux endroits clairiérés apparaît la fruticée calcicole**, avec *Viburnum lantana*, *Evonymus europaeus*, *Lonicera xylosteum*, *Clematis vitalba*, *Rhamnus catharticus* et *Cornus mas*.

La strate herbacée est tout aussi diversifiée avec un cortège d'espèces calcicoles et thermophiles : *Primula veris*, *Polygonatum odoratum*, *Carex flacca*, *C. digitata*, *Viola hirta*, *Mercurialis perennis*, *Orchis mascula* et *Helleborus foetidus*. Cette dynamique végétale s'accompagne d'un grand nombre de plantes d'humus doux : *Anemone nemorosa*, *Lamium galeobdolon* subsp. *montanum*, *Ranunculus auricomus*, *Sanicula europaea*, *Cardamine pratensis*, *Adoxa moschatellina* et *Hedera helix*.

* **Les affleurements calcaires émergeant des pentes boisées** sont le domaine des pelouses xérophiles. Sur les gradins de la roche, une mince pellicule de terre suffit pour que quelques espèces pionnières viennent s'accrocher dans les fissures des pitons rocheux : *Helleborus foetidus*, *Cardaminopsis arenosa* subsp. *borbasii*, *Biscutella laevigata* subsp. *varia* et *Festuca pallens*.

- **Sur les replats où s'accumule l'humus** apparaissent des peuplements d'orpins : *Sedum acre*, *S. album* et une petite Poacée *Catapodium rigidum* (Duvigneaud, 1958, in Van Schingen, 1985 : 26).

- **Là où la couche de terre est un peu plus épaisse**, la végétation est davantage fermée. C'est une pelouse sèche à Poacées, (*Xerobrometum*) dominée par *Sesleria albicans*; puis se succèdent *Globularia punctata*, *Hippocratea comosa*, *Anthyllis vulneraria*, *Dianthus carthusianorum*, *Anthericum liliago*, *Polygala comosa* etc... C'est un ensemble d'espèces "xérothermiques", d'origine méridionale ou subméditerranéenne.

- **Sur les substrats formés de terre plus profonde**, la pelouse à Seslerie fait place à une pelouse plus drue et plus vigoureuse (*Mesobrometum*) où dominent deux Poacées, *Bromus erectus* et *Brachypodium pinnatum*. Elle est interrompue par les plages d'*Helianthemum nummularium*. L'auteur constate que de la pelouse décrite par Noirfalise en 1948, il ne reste plus qu'une mince

bande en bordure du plateau surplombant le Puis des Vaux. Cette pelouse est recolonisée par *Cornus mas* et *Prunus spinosa*, précurseurs d'un lent reboisement spontané.

Van Schingen (1985) constate que contrairement aux pentes calcaires de la Meuse, celles de la Lesse ne comportent pas de fourrés de *Buxus sempervirens*. Cependant, il a découvert un îlot de buis à l'ouest des Aiguilles de Chaleux, au sein de la chênaie-charmaie à primevère.

* **La végétation des schistes et psammites famenniens.** En amont de la gare de Gendron, les pentes ensoleillées de la Lesse sont découpées dans les schistes et psammites famenniens. L'auteur constate que le taillis est d'un autre type : c'est une chênaie mixte à *Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Prunus avium* et *Corylus avellana*.

La flore herbacée est sensiblement plus pauvre en espèces : *Viola reichenbachiana*, *Polygonatum multiflorum*, *Anemone nemorosa*, *Lamium galeobdolon* subsp. *montanum*. *Carex sylvatica* et *Carex flacca* sont associés à des espèces silicicoles et acidiphiles : *Teucrium scorodonia*, *Deschampsia flexuosa* et *Lonicera periclymenum*. La myrtille, *Vaccinium myrtillus*, est extrêmement rare et n'apparaît que dans les taillis rabougris des crêtes rocheuses. Par contre, *Luzula luzuloides* est assez constant, mais en faibles quantités.

* **Les pentes ombrées de la vallée où affleurent les calcaires, les grès et les schistes** sont le domaine de la frênaie-érablière de ravins. Elle est particulièrement développée et dominée par *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos* subsp. *cordifolia*, *Ulmus glabra*, *Fraxinus excelsior* avec quelques *Quercus robur*. Dans le taillis se rencontrent : *Corylus avellana*, *Acer campestre* et *Cornus sanguinea*. Dans le sous-bois, la fraîcheur permet un développement important de Fougères : *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris dilatata* ; dans les anfractuosités croît *Polypodium vulgare* subsp. *prionodes*. Dans les coulées de terre fine entre les blocs de pierre se rencontrent : *Cardamine impatiens*, *Actaea spicata* et *Lunaria rediviva*. Selon l'auteur, la fréquence de *Dentaria bulbifera* est le fait le plus inattendu des frênaies-érablières de la vallée de la Lesse aux environs de Furfooz.

* **Les forêts des fonds de vallées.** Les colluvions de terre au pied des versants de la Lesse portent des chênaies-frênaies riches en géophytes : des plages d'*Allium ursinum*, des colonies de *Corydalis solida*, de *Ranunculus ficaria* et d'*Anemone ranunculoides* (*Primulo-Carpinetum* ; d'après Noirfalise 1948).

- **La forêt riveraine, envahie par les crues hivernales**, se trouve quelque peu modifiée par des plantations de peupliers, de mélèzes et d'épicéas le long de l'étroite terrasse alluviale. L'auteur a découvert des îlots résiduels de l'ormaie-frênaie alluviale à *Aegopodium*, alliance du *Stellario-Alnetum aegopodietosum*, où trouvent place *Gagea lutea*, *Allium rusinum*, *Aconitum lycoctonum*, *Ranunculus ficaria* et *Narcissus pseudonarcissus*. *Colchicum autumnale* et les transgressives de la Frênaie-érablière de pentes *Corydalis solida*, *Anemone ranunculoides* et *Actaea spicata* les accompagnent. L'auteur constate que c'est dans ce milieu que vivent des colonies de *Lathraea squamaria*.

sur les racines du noisetier, du charme, du groseillier rouge et sans doute d'autres espèces.

Sur les rives concaves, la forêt alluviale se réduit à une frange étroite où s'observe *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Euonymus europaeus*, *Viburnum opulus* et le rare *Ulmus laevis*.

- Dans la Lesse condrusienne, l'ormaie-frênaie à *Aegopodium alterne* avec des chênaies-frênaies à *Filipendula ulmaria* alliance (*Primulo elatioris-Carpinetum filipendulo-aretosum*).

Van Schingen (1985) apporte des observations sur la présence et la fréquence de certaines espèces végétales de la vallée de la Lesse et de ses versants :

* *Aconitum lycoctonum* se rencontre dans les frênaies-érablières et forêts alluviales.

* *Anemone ranunculoides* est présente sur les berges et dans les forêts alluviales.

* *Biscutella laevigata* subsp. *varia* se rencontre sur les rochers calcaires.

* *Buxus sempervirens* est présent dans la chênaie-charmaie calcicole.

* *Dentaria bulbifera*, Brassicacée médio-européenne déjà connue dans la localité d'Eprave, au pied du versant de la Naulette, atteint dans la vallée de la Lesse, en aval de Houyet, un développement sans pareil. Les premières stations apparaissent à mi-pente des grands versants, sur les sols chargés de débris schisteux. Les plus belles stations se localisent dans les colluvions schisto-psammitiques à nodules calcaires du Famennien et sur les éboulis calcaires du Tournaisien et du Viséen colonisés par la frênaie-érablière où elles forment des plages en alternance avec la lunaire.

* *Gagea lutea* est développée sur les berges limoneuses de la Lesse.

* *Helleborus viridis* subsp. *occidentalis* se trouve à la base des frênaies-érablières.

* *Lathraea squamaria* se rencontre dans les forêts alluviales et frênaies-érablières.

* *Lunaria rediviva* est généralement confinée sur les colluvions limoneuses au pied des frênaies-érablières. Toutefois, sa distribution est beaucoup plus large dans la vallée de la Lesse, en aval de Houyet, où elle forme de nombreux bouquets dans les fonds de vallée : dans l'ormaie-frênaie à *Aegopodium*, dans la chênaie-frênaie à *Filipendula ulmaria* et sous le couvert des plantations de mélèzes.

* *Ulmus laevis*, ou orme lisse, se rencontre dans la forêt alluviale.

Les vents dominants sur l'ensemble du territoire viennent du secteur ouest ; sud-ouest à nord-ouest. Les falaises de Chaleux disposées en arc de cercle forment un véritable écran de protection et la situation du site en contrebas met celui-ci complètement à l'abri.

Ce comparatisme écologique actuel demande prudence et méfiance avant d'être transposé dans le temps. Cependant, ces recherches écologiques actuelles n'en demeurent pas moins essentielles avant d'aborder le paléoenvironnement. Cela nous permettra de comprendre que 13 000 ans plus tôt, cette région du site de Chaleux, s'est comportée différemment de certaines tourbières et autres sites ne faisant pas partie de ce secteur "Vallées inférieures et moyennes du bassin mosan".

TECHNIQUE ET METHODE D'ETUDE

Prélèvements :

L'ordonnance de la fouille sur la terrasse de la grotte a conduit à choisir une colonne de prélèvements de 13 échantillons dans une zone témoin, à la verticale de la paroi Q8/Q9. Les échantillons ont été recueillis plus ou moins régulièrement sur une épaisseur de 45 cm (entre 362 et 407 cm) en fonction de la granulométrie du sédiment, des changements de couches, des plaquettes de psammite et de l'industrie.

Un échantillon a été prélevé dans l'industrie magdalénienne, carré R8 349 cm, sommet du niveau archéologique, à la limite d'un replat existant à l'époque magdalénienne.

Puis un échantillon a été prélevé en surface du sol actuel.

Préparation chimique des sédiments :

Les sédiments ont été traités par la méthode chimique classique suivie d'un enrichissement en liqueur dense de Thoulet, densité 2 (M. Girard et J. Renault-Miskovsky, 1969).

Dans l'ensemble, les préparations sont assez riches en matériel sporo-pollinique, la lecture d'une lame recouverte d'une lamelle 22 x 22 mm suffisait pour obtenir 125 grains dans les niveaux les moins riches.

Construction du diagramme (fig. 44) :

Le calcul des pourcentages a été établi sur la base de la totalité des pollens et spores identifiés y compris Cypéracées, aquatiques et spores de Ptéridophytes. AP/T ou T = AP + NAP = 100% = T.

Le diagramme a été établi de manière classique par le programme informatique Scirpuce mis au point par Walter et Marguerie (1984). Il porte en ordonnées les données culturelles et les échantillons selon leur position stratigraphique. En abscisses sont représentés les différents taxons.

Le diagramme de synthèse représente la courbe AP/NAP à l'échelle de 10%. A droite, les taxons sont divisés en 4 catégories : arbres, arbustes, herbacées et ptéridophytes. La trame en tirets indique des valeurs de 2% et la trame pleine représente une valeur d'échelle de 10%. Ce diagramme a le mérite de présenter tous les taxons sur le même axe d'égalité, quelle que soit leur représentativité, et de faire disparaître la colonne "varia" réservée aux taxons sporadiques qui peuvent être, du point de vue écologique, aussi importants que des taxons à forte représentativité.

Afin de développer le diagramme de synthèse, est joint un diagramme à plus grande échelle (fig. 45), représentant les courbes cumulatives des principaux arbres.

RESULTATS DE L'ANALYSE POLLINIQUE

DESCRIPTION DU DIAGRAMME (fig. 44 et 45) :

1er ensemble : 407 à 402 cm :

Depuis la base du diagramme, la flore montre une grande variété de taxons (38 à 43). Le taux d'AP est en augmentation : de 10,6% il passe à 17% à 402 cm. Dès la base du profil, des arbres de la chênaie mixte sont présents mais en faible pourcentage : *Fraxinus* (0,6%) et *Carpinus* (0,3%). Parmi les autres essences arboréennes figurent par ordre d'importance : *Pinus* (2,8%), *Betula* (1,1%), *Alnus* (0,6%), *Corylus*, *Picea*, *Salix* et des Rosacées indéterminées avec des pourcentages de 0,3%.

Le pourcentage atteint par la strate arbustive croît ; de 4,2% à la base, il passe à 9,8% à 402 cm, suite à l'extension rapide de *Juniperus* qui est l'essence dominante avec des pourcentages passant de 3,4% à 8,6%. Cette strate s'accompagne de *Clematis t. vitalba* (0,8%).

La flore herbacée atteint des pourcentages élevés, entre 89,4% et 83%. Cette mosaïque herbeuse très riche en taxons (32) est dominée par les Cyperaceae (30,8%) ; suivent les Poaceae (12,6%), Asteraceae t. fenestré et Liliaceae (9,8%). Le cortège des Ptéridophytes atteint 7 à 9,8% ; il se compose essentiellement de Fougères monolètes (3,1%) et trilètes (0,8%), de *Polypodium vulgare* (0,6%), d'*Equisetum* (0,6%) et d'une présence très discrète de *Selaginella t. selaginoides*. Se succèdent en pourcentage moindre : *Thalictrum* (2,8%), *Paronychia* (2,2%), Ranunculaceae et *Juncus* (1,7%), *Urtica* (1,4%) ; puis en très faible pourcentage : Chenopodiaceae, Apiaceae, Polygonaceae, Lamiaceae, *Valeriana*, Rosaceae (0,6%). Sont présents *Geranium*, *Primula*, *Linum* et des Cistaceae (0,3%).

L'échantillon 402 cm continue son enrichissement en taxons (43). Les espèces arboréennes sont dominées par *Juniperus* qui croît (8,6%). *Pinus*, présent en faible pourcentage (2,1%), reste relativement stable, tandis qu'*Alnus* (1,9%) et *Salix* (1,4%) se développent. *Carpinus* et *Quercus* marquent un petit recul (0,4%). *Rubus* (0,7%) et *Ephedra* (0,5%) apparaissent.

La pelouse s'enrichit d'*Helianthemum* (2,6%), de *Convolvulus* (0,5%) et d'une présence discrète d'Ericaceae, de *Gentiana* (0,2%), puis des Ptéridophytes *Osmonda* (0,7%) et *Isoëtes* (0,2%).

2ème ensemble : 400 à 393 cm :

A 400 cm :

La progression régulière d'AP, constatée depuis la base, se trouve confirmée avec 22,5%, dont 12,3% appartiennent à la formation arbustive. Dans ce niveau, *Juniperus* atteint ses plus hautes valeurs (10,3%) ; il domine toute la strate arborée qui voit l'arrivée de *Corylus* (2%) et de *Populus* (0,4%) à l'instant où *Quercus* (1,6%), *Betula* (0,4%), *Salix* (1,6%), *Picea* (0,9%) et les Rosaceae (0,4%) s'accroissent. *Pinus* reste faiblement représenté (2%).

La communauté herbacée reste importante (77,5%) mais elle montre un changement dans sa composition. Les Poaceae (13,4%) dominent ; suivent Cyperaceae (10,3%), Asteraceae t. fenestré (6,3%) et Asteraceae t. échinulé (5,1%). Ce tapis végétal s'enrichit de *Centaurea* (1,2%), Boraginaceae (1,2%),

GROTTTE DE CHALEUX diagramme principal

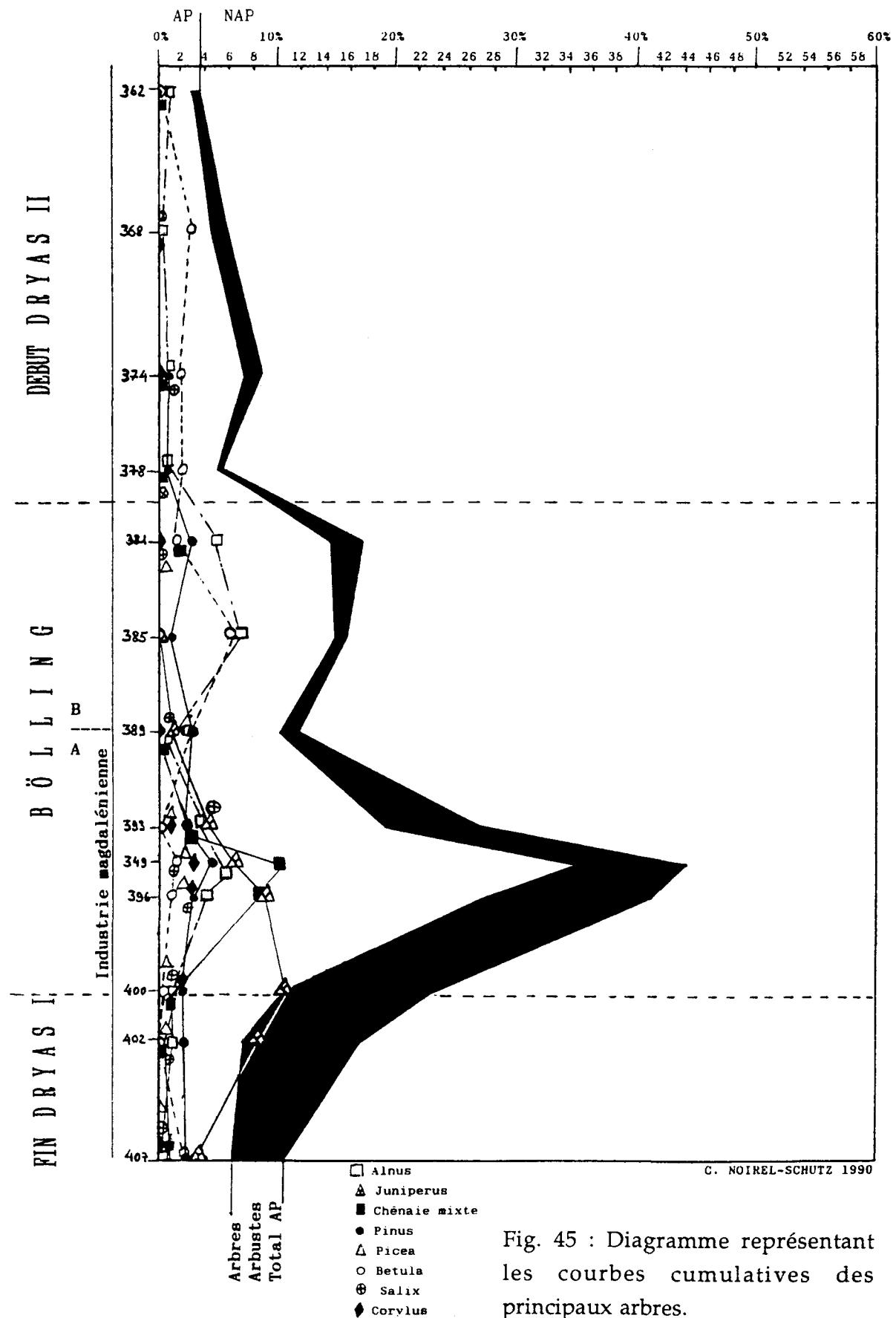


Fig. 45 : Diagramme représentant les courbes cumulatives des principaux arbres.

Primula (0,4%) et *Juncus* (0,8%). Se développent *Geranium t. sanguineum* (2,8%), *Paronychia*, Rosaceae (2%) et en très faible pourcentage *Artemisia* (0,8%) et Fabaceae (0,4%).

Le groupe des Ptéridophytes présente les pourcentages les plus élevés du diagramme (19%). Apparaissent *Lycopodium* (1,6%) et *Botrychium* (0,8%) au moment où les Fougères monolètes et les Fougères à périspore sont les plus importantes (11,8%). Se développent également *Equisetum* (2%), *Isoëtes* (1,6%) et plus faiblement *Selaginella t. selaginoides* (0,8%) et *Polypodium vulgare* (0,4%).

A 396 cm et R8/349 cm⁹⁰ :

Ces deux échantillons ont sensiblement la même composition végétale, c'est pourquoi R8 349 a été inclus dans la colonne pollinique. Ils sont très riches en taxons (62 à 54). Ils sont caractérisés par l'extension maximum d'AP et par le déclin de *Juniperus*.

A 396 cm :

Le taux de AP est en pleine extension, 41,3% dont 14% d'arbustes. Si *Juniperus* domine encore cette strate (9,5%), il amorce alors son recul définitif. La chênaie mixte se développe (8,8%) et s'enrichit en taxons : *Quercus* (3,1%), *Ulmus* (1,9%), *Fraxinus* (1,3%), *Carpinus* (0,8%), *Tilia* (0,6%), *Fagus* (0,5%) et *Acer* (0,2%). Toutes les autres essences arborescentes continuent leur ascension : *Alnus* (4,4%), *Pinus*, *Corylus* atteignent chacun 3,4%, *Salix* (2,6%), *Picea* (2,1%), *Betula* (1,6%), *Populus* (0,8%) et les Rosaceae (0,5%); *Juglans* apparaît.

La strate arbustive, très diversifiée, atteint les pourcentages les plus élevés (14%). Elle s'enrichit en espèces telles que : *Cornus t. sanguinea*, *Clematis t. vitalba*, *Viburnum* (0,6% chacun), *Ilex* (0,5%), *Sambucus t. nigra* (0,3%) et *Ribes* (0,2%) alors qu'*Ephedra* décline (1%).

La pelouse amorce son premier recul (58,7%). Elle est constituée par les Ptéridophytes qui atteignent encore des pourcentages importants (15%) dont 9% de Fougères monolètes, 1,8% de trilètes, 2,6% de Fougères à périspore, 0,5% de *Selaginella*, 0,3% de *Lycopodium* et 0,3% d'*Osmonda*. Puis se succèdent, les cortèges de Poaceae (8,1%), Cyperaceae, Asteraceae t. fenestré (7,1%), Liliaceae (5,5%) et en pourcentage moindre : *Thalictrum* (2,8%), Asteraceae t. échinulé (1,8%), *Helianthemum* (1,6%), Primulaceae, *Valeriana* (1,1%), *Juncus* et Lamiaceae (1%). Apparaissent plus sporadiquement : Rosaceae (0,8%), Nymphaeaceae (0,6%), *Paronychia*, *Geranium*, *Urtica* (0,5%), *Convolvulus*, Fabaceae, Ranunculaceae (0,3%), *Linum*, Polygonaceae, *Plantago*, Alismataceae, *Artemisia*, Centaureae, Orchidaceae, Scrophulariaceae et Apiaceae (0,2%).

Dans le carré R8 349 cm, le taux de boisement atteint les pourcentages les plus élevés (44%). Les arbres de la chênaie mixte composent l'essentiel des AP (10,4%) avec *Carpinus*, *Quercus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Tilia* et *Ulmus* pendant que *Juniperus* décroît (6,2%). Les autres essences arboréennes continuent leur extension : *Alnus* (6,5%), *Pinus* (4,7%), *Corylus* et les Rosaceae (3,7%). *Picea* atteint ses plus hautes valeurs (2,1%) à l'instant où apparaît *Juglans* (0,3%).

⁹⁰ Echantillon prélevé dans le carré R8 en dehors de la colonne mais au sommet du niveau archéologique.

La fruticée en régression reste dominée par *Juniperus* (6,2%), mais sont présents : *Rubus* (1%), *Ephedra*, *Rhamnus* (0,5%), *Cornus t. sanguinea* et *Clematis t. vitalba* (0,3%).

Ce spectre montre un repli important des herbacées (56,1%). Les Asteraceae t. fenestré dominant (18,4%), pendant que Ptéridophytes (7%), Cyperaceae (4,9%), Poaceae (3,4%), Liliaceae (2,9%) et *Thalictrum* (1,8%) accusent un recul par rapport à l'échantillon 396 cm, alors qu'augmentent légèrement Asteraceae t. échinulé (3,4%), *Helianthemum* (2,1%), Carduaceae (1,6%) et *Valeriana* (1,3%). On observe une extension de *Primula* (1,8%) et l'apparition de Ranunculaceae (1%), d'Ericaceae, de Rubiaceae (0,5%), d'Orchidaceae t. *listera*, d'une Scrophulariaceae t. *lathraea* et de *Typha* (0,3%). Sont présents en pourcentage infime : Fabaceae, Lamiaceae, *Geranium*, Apiaceae, Centaureae (0,5%) Boraginaceae et Orchidaceae (0,3%).

A 393 cm :

Cet échantillon comporte une grande variété de taxons (60), mais il est marqué par une baisse générale des AP, 27,2% dont 7,8% d'arbustes. *Salix* s'étend brutalement (4,4%) ; il devient l'arbre dominant aux côtés de *Juniperus* qui continue son déclin (4,3%). La chênaie mixte marque un très fort recul, 3,4% dont *Carpinus* (0,1%), *Quercus* (1,5%), *Fagus* (0,4%), *Fraxinus* (0,9%), *Ulmus* (0,4%) et *Acer* (0,1%). Subissent le même repli : *Alnus* (4,1%), *Pinus* (2,5%), *Corylus* (1,6%), *Picea* (1,3%), Rosaceae (1%) et *Betula* est à peine présent (0,3%). On observe encore la présence de *Juglans*.

Toute la végétation buissonnante régresse.

La strate herbacée, à nouveau en progression (72,8%), se diversifie (37 taxons). Les Poaceae dominent (12,4%). Se succèdent par ordre d'importance Asteraceae t. fenestré (9,9%), Cyperaceae (5,7%), Asteraceae t. échinulé, Liliaceae (5,4%), *Thalictrum* (3,7%), *Helianthemum*, *Valeriana* (3,4%), Rosaceae (1,3%), *Geranium* (1,2%), *Urtica*, Lamiaceae et Saxifragaceae (1% maximum), Ranunculaceae (0,9%), Fabaceae (0,7%), Apiaceae et *Plantago* (0,6%). Sont plus ou moins sporadiques : *Artemisia*, Centaureae, Scrophulariaceae et Nymphaeaceae (0,3%). Sont représentés à l'unité Dipsacaceae, Ericaceae, *Gentiana* et Onagraceae. Le groupe des Ptéridophytes régresse (9,4%), il comporte encore *Osmonda* (0,4%), *Isoëtes* (0,7%), Fougères monolètes (4,6%), trilètes (1%) et Fougères à périspore (1,8%) ; réapparaissent faiblement *Lycopodium* (0,4%), *Selaginella* 0,3%) et *Equisetum* (0,1%).

3ème ensemble : de 389 à 381 cm :

Dans cet ensemble, le nombre de taxons chute brutalement : il varie entre 24 et 42. La tendance à la régression d'AP mésothermes en 393 cm, se confirme.

A 389 cm :

Le taux d'AP tombe à 11,9%. Les arbustes ne sont plus représentés que par *Juniperus* qui continue sa chute (1,9%). Simultanément déclinent : *Alnus* (1,3%), *Salix* (0,9%). La chênaie mixte n'est plus représentée que par *Quercus* (0,6%). *Corylus* est à peine représenté (0,3%), tandis que *Pinus* et *Betula*, dans leur ascension, se retrouvent à égalité (3,5%).

Le tapis d'herbacées s'étend (88,1%) mais il s'est appauvri en taxons (17). Cette pelouse est le domaine des Asteraceae t. fenestré (46,2%), accompagnées

d'Asteraceae t. échinulé (20,1%). Les Chenopodiaceae atteignent leur plus fort pourcentage (5%). Sont en augmentation : Carduaceae (3,8%), Centaureae (1,9%), Plumbaginaceae (1,6%) et Polygonaceae (0,6%) alors que *Thalictrum* (0,6%) et les Liliaceae (1,6%) chutent. Les Ptéridophytes ne représentent plus que 3,8%, dont 2,5% de Fougères monolètes, 0,6% de trilètes, 0,3% *Polypodium vulgare* et *Isoëtes*.

De 385 à 381 cm :

Ces niveaux sont marqués par une légère réaugmentation d'AP, leur pourcentage oscille entre 15,8% et 17,8%.

A 385 cm, *Alnus* (7,1%) et *Betula* (6,5%) connaissent leur plus forte expression pollinique pendant que *Pinus* décline (1,1%). *Ephedra* est omniprésent (0,5%). *Juniperus* termine sa chute (0,5%). Les autres essences arboréennes ne réapparaissent pas.

La formation herbacée ne montre pas de changement majeur par rapport à l'échantillon précédent ; les Asteraceae t. fenestré dominent dans de fortes proportions (53,8%). Les Carduaceae (9,2%) se développent. Réapparaissent Orchidaceae (1,1%), Urtica (0,5%), et Cyperaceae. Le groupe des Ptéridophytes (6,5%) est à nouveau en progression, *polypodium vulgare* croît (1,1%) au moment du retour des Fougères à périspore (2,2%), d'*Equisetum* (0,5%) et d'*Isoëtes* (1,1%).

Jusqu'à 381 cm, *Alnus* (5%) continue à dominer la strate arboréenne, mais il décline en même temps que *Betula* (1,7%). Si cette communauté végétale connaît un nouvel essor, les pourcentages d'AP restent relativement faibles (17,8%). *Pinus* est en augmentation (3,3%) pendant que réapparaissent faiblement : *Picea* (0,4%), *Corylus* (0,8%) et la chênaie mixte (2,4%) avec *Carpinus* (0,4%), *Quercus* (0,8%), *Fraxinus* (0,4%), *Tilia* (0,4%) et *Ulmus* (0,4%).

La fruticée buissonnante s'enrichit également en taxons. *Juniperus* marque une petite extension (1,2%). *Ephedra* est présent (0,4%). *Rubus* (1,2%) et *Rhamnus t. frangula* (0,4%) réapparaissent

Le tapis herbeux demeure important 82,2%. Il est assez diversifié, malgré la suprématie des Asteraceae t. fenestré (31%). Se succèdent avec des pourcentages en hausse : Liliaceae, Cyperaceae (7,4%), Chenopodiaceae (2,1%), Apiaceae et Polygonaceae (1,2%). Réapparaissent simultanément : Orchidaceae t. *listera* (0,4%), *Helianthemum* (2,1%), Boraginaceae (1,2%), Rosaceae, Lamiaceae, *Typha* (0,8%), *Sparganium* (0,8%) et autres aquatiques (0,4%). Les Ptéridophytes se développent (11,2%) avec les Fougères à périspore (5,8%), *Polypodium vulgare* (1,2%), *Equisetum* (1,2%) et Fougères monolètes (1,7%). Réapparaissent *Lycopodium* et *Selaginella* (0,4%).

4ème ensemble : de 378 à 362 cm :

Cet ensemble homogène marque une coupure nette. La tendance au déboisement amorcée dans l'ensemble 3 se trouve pleinement confirmée ici.

Le taux d'AP connaît les plus faibles valeurs du diagramme et oscille entre 5,7%, 8,3%, 4,9% et 3,6%. Dans cette phase le nombre de taxons descend très bas (entre 15 et 23).

Betula est le seul représentant de la strate arborée à offrir des pourcentages plus conséquents mais ils sont très faibles ; ils varient entre 2% à 2,9% et 0,4%. La chênaie mixte disparaît, il ne reste que, de temps en temps, un taxon résiduel représenté à l'unité. *Corylus* et *Pinus* deviennent sporadiques. *Picea* a disparu. Se maintiennent en courbe continue mais en très faible pourcentage *Alnus* (1,2% à 0,8%) et *Salix* (1,7% à 0,3%).

La fruticée n'offre plus qu'un écho de *Juniperus* (0,3% à 0,7%) et une unique présence d'*Ephedra*.

La flore herbacée ne présente pas de différence majeure. Elle s'est considérablement appauvrie en taxons (9 à 15). Elle est essentiellement représentée par la famille des Asteraceae dont le type fenestré est largement dominant (entre 44 et 66%). On observe également des Poaceae (6,6% max.), quelques grains d'*Artemisia* (0,4% max.), puis sporadiquement, des aquatiques (3,3%), Rosaceae (0,4%), Lamiaceae (1,7%), Cyperaceae (0,9%), Plumbaginaceae (1,2%), *Thalictrum* (0,4%), Liliaceae (2%), Cistaceae (0,3%), et Chenopodiaceae (0,3%). *Chelidonium*, *Polygonum t. bistorta*, Geraniaceae et Ericaceae sont rencontrés dans l'échantillon 362.

Les Ptéridophytes (6,5% à 3,6%) se résument aux Fougères monolètes et Fougères à périspore. L'échantillon 362 est plus nuancé, il s'enrichit de Fougères trilètes et d'une mousse, *Sphagnum*.

INTERPRETATION CHRONOLOGIQUE, VEGETALE ET CLIMATIQUE DU DIAGRAMME

Les successions des végétaux, enregistrées sous forme de courbes, permettent de subdiviser le diagramme en quatre ensembles correspondant à trois épisodes climatiques classiques du Tardiglaciaire. Elles ont aussi permis de corrélérer la couche magdalénienne et les dates C14.

Dès la base du diagramme, on perçoit l'existence d'une végétation en mosaïque, ainsi qu'une tendance vers l'accroissement de la richesse spécifique des végétaux. Certaines herbacées, tout comme certains arbres et arbustes, ne sont pas forcément groupées mais peuvent former des associations diverses et dispersées. Dépendant d'une colonisation à divers stades de la succession, ces espèces sont conditionnées par la disponibilité des biotopes auxquels chacune est inféodée selon sa propre stratégie adaptative, sélective et compétitive.

Des plantes pionnières et héliophiles peuvent coloniser les plateaux environnants ou les versants bien exposés plus ou moins secs tels les falaises, les éboulis, et les rochers. Parallèlement, se rencontrent des plantes de fond de ravins, de fond de vallons alluvionnaires accompagnant une végétation ripicole.

La majeure partie des plantes rencontrées ont en commun une exigence plus ou moins prononcée pour la lumière et une préférence pour les sols calcaires, limoneux et riches en bases.

* 1ER ENSEMBLE - PHASE DE RECONQUETE DES PELOUSES XEROPHILES - NIVEAUX 407 ET 402 CM, SITUÉS DANS LA COUCHE 6, POUVANT ÊTRE RAPPORTÉS À LA FIN DU DRYAS I.

Outre la diversité taxonomique, la flore de cet ensemble est caractérisée par la présence de groupements pionniers de milieux ouverts. Ces

groupements ont dû jouer un rôle important dans la colonisation du sol car ils ont une exigence très grande en lumière. Ils possèdent une facilité à s'installer sur des sols maigres tels les affleurements rocheux à substrat calcaire du versant de la grotte. Certains devaient coloniser des limons caillouteux-calcaires pendant que d'autres avaient leurs biotopes sur les bords de la Lesse, dans les ravins, dans les vallées et sur les plateaux.

C'est un paysage d'herbacées (86% en moyenne) comportant des espèces liées aux pelouses sur sols secs et aux mégaphorbiées à substrat plus humide. C'est tant une flore héliophile que de demi-lumière, supportant temporairement l'ombre.

Les Cyperaceae (30,8 à 28%) forment la principale composante de cette strate à connotation "steppique" et jouent un rôle prépondérant sur les Poaceae et Asteraceae. Dans de nombreux diagrammes, c'est au cours des phases les plus froides que Cyperaceae ou Poaceae développent les pourcentages les plus élevés. Cependant, les espèces artico-alpines, si fréquemment observées durant les phases froides tardiglaciaires en Europe moyenne et du nord, sont rares à Chaleux. Seuls deux tétrades de *Selaginella t. selaginoides* et de rares grains de microspores ont été rencontrés. Elles peuvent résulter de conditions un peu plus humides ; le suintement de rochers ombragés, d'endroits frais à humides ou de la formation d'un petit sol pouvant être révélé par la présence de *Polypodium* et l'extension maximum des Liliaceae (jusqu'à 9,8%). *Artemisia*, espèce steppique des régions continentales, est peu représentée (0,2%).

Par contre, sont assez nombreuses les héliophiles strictes et xérophiles pouvant se rencontrer sur les sols squelettiques ou superficiels d'affleurements rocheux calcaires, d'éboulis de pentes, de versants secs et ensoleillés. Elles ont pu former une pelouse xérique avec des plages d'*Helianthemum* et d'autres Cistaceae, interrompues par des Chenopodiaceae, Polygonaceae, *Thalictrum*, *Gentiana*, certaines Poaceae et Cyperaceae *Carex t. humilis*, *Linum*. Ces plages herbeuses peuvent être accompagnées d'espèces thermoxérophiles à répartition plus méditerranéenne : *Geranium t. sanguineum* et *Paronychia*. A ce cortège d'espèces xérocalcicoles pionnières se joignent des plantes pouvant croître sur de l'humus doux : *Primula*, certaines Ranunculaceae, Lamiaceae *t. lamium*, des Apiaceae et des Fabaceae. Dans cette mosaïque d'herbacées se rencontrent des essences sciaphiles plus ou moins temporairement ; *Plantago*, ou d'autres, s'accommodant parfaitement d'ombre et d'humidité : *Valeriana*, *Chelidonium*, *Urtica t. dioica*, *Juncus*, *Convolvulus* et des Rosaceae, type de végétation ayant pu se développer non loin des berges de la Lesse.

L'extension de Cyperaceae, Renonculaceae, Rosaceae, Liliaceae, et *Thalictrum* semble liée à une certaine humidité. Simultanément, le développement d'*Equisetum* et des Fougères suggère un climat s'humidifiant de plus en plus. Ce qui corrobore la présence de *Polypodium vulgare*, mais surtout d'*Osmunda*, plante mésohygrophile à hygrophile, qui affectionne les régions à hivers doux, ce qui ajoute une note atlantique à ce climat "continental".

Dans ce paysage très ouvert, la participation pollinique de la formation arborée est faible (10,6 à 17%), bien qu'elle soit en évolution suite à l'essor rapide et considérable de *Juniperus* (3,4% à 8,6%) qui domine toute cette strate. *Juniperus* pourrait former une véritable fruticée calcicole dans les pelouses sèches, sur les pitons rocheux et versants calcaires de ce site collinéen où pouvaient se joindre des lianes ligneuses de *Clematis t. vitalba*, des ronces *Rubus* et des arbrisseaux steppiques d'*Ephedra*.

Outre la grande héliophilie de *Juniperus*, colonisateur pionnier peu exigeant, ici son extension semble liée à des conditions climatiques favorables à son installation : une amélioration climatique et des sols plus structurés. Il préparera l'arrivée des arbres de la forêt climacique collinéenne. Ses pourcentages polliniques élevés confirmeraient son installation sur les lieux du site ou à proximité (cf. Bottema, 1974, Van Zeist *et al.*, 1968-1970).

Quant aux autres essences forestières, elles ont une très faible représentativité. *Pinus* (2,4% en moyenne) semble indiquer un écho lointain, peut-être sur le plateau ; à moins d'une présence d'arbres isolés parmi les pelouses sèches des versants calcaires, au milieu des fourrés d'épineux et de *Juniperus*. *Betula* s'affirme plus ou moins sporadiquement. L'évolution d'*Alnus* (1,9%) et de *Salix* (1,4%) semble indiquer l'existence de conditions hygrophiles assez marquées pouvant résulter d'une élévation du niveau de la nappe phréatique ou d'une élévation du niveau de la Lesse. Cette tendance du climat, allant vers une plus grande humidité, semble se confirmer par la présence et l'extension de *Picea* (0,9%) dont la préférence est pour les climats humides ou pour des sols frais. La présence très discrète de pollens de la chênaie caducifoliée (*Quercetum mixtum*) : *Quercus*, *Carpinus* et *Fraxinus t. excelsior*, auxquels se joignent d'autres mésothermophiles : *Corylus* et *Alnus* reflètent des conditions climatiques intermédiaires allant vers un adoucissement et une humidification du climat. La présence de ces arbres révélerait aussi l'existence de refuges à proximité de la grotte, telles les zones abritées du Condroz, de la vallée de la Lesse ou encore des vallées inférieures et moyennes du bassin mosan.

Bien que la partie supérieure de cette phase comporte une majorité de plantes de pelouse xérique dominée par la fruticée à *Juniperus*, elle est déjà ponctuée par des espèces arborées à feuilles caduques. Cette flore va vers un enrichissement en taxons suite à des conditions climatiques et édaphiques plus favorables. Il semble que cette note de climat continental sec relève davantage de la nature du substrat, formé de roches calcaires qui accentue ce caractère, plutôt que d'un phénomène purement climatique ; suffisamment d'espèces végétales pionnières indiquent le déclin de conditions rudes et arides du Dryas I. C'est le passage vers un autre type de climat qui semble humide.

* 2EME ENSEMBLE - 1ERE PARTIE DU BÖLLING - DE 400 CM A 393 CM.

Ces niveaux correspondent à la partie supérieure de la couche 6 et à la couche 4. Ils sont rapportés à la 1ère partie de l'oscillation du Bölling ou phase A, correspondant au 1er réchauffement, le plus intense. Cet optimum climatique est assez bref mais de grande amplitude, contemporain de l'industrie magdalénienne (couche 4).

La différence par rapport à la période précédente est l'augmentation rapide du pourcentage des arbres, jusqu'à 44%. Cette phase voit tout d'abord l'extension maximum de *Juniperus* puis celle de la chênaie mixte et ensuite celle de *Salix*. Cette zone présente le plus grand nombre de taxons, jusqu'à 62.

- 400 CM - PHASE INITIALE DE RECONQUETE ARBOREENNE OU PHASE DE L'OPTIMUM DE JUNIPERUS DEFINISSANT LE DÉBUT DU BÖLLING.

Ce niveau est caractérisé par *Juniperus* qui atteint ses plus hautes valeurs (10,3%) et ce, tant qu'il n'est pas affecté par la concurrence des autres essences

arboréennes. Cet échantillon confirme l'amélioration climatique pressentie à 402 cm. Kolstrup (1980) indique qu'une température minimum au mois de juillet, supérieure à 10°C, est nécessaire pour une bonne floraison et le développement de *Juniperus communis*. Selon Berglund (1966), *Juniperus communis* est sensible au vent et au gel important. Il supporte des conditions extrêmes, mais alors ne fleurit que rarement.

L'abondance de *Juniperus*, très typique de certaines phases tardiglaciaires, a été très souvent discutée (Iversen, 1954, Bertsch, 1961, Berglund, 1966, Vanhoorne et Verbruggen, 1969, Birks, 1973, de Beaulieu, 1977 ...), ce point sera développé dans la chronostratigraphie.

La fruticée à *Juniperus* semble avoir envahi la pelouse surtout si l'on tient compte de sa forte sous-représentation pollinique. *Juniperus* devait constituer, dans ce site collinéen calcaire, d'importants fourrés arbustifs voire d'arbres ; le nombre de taxons, tout en étant élevé (40), décline.

Les herbacées n'en demeurent pas moins importantes (77,5%). Simultanément à leur premier recul, elles traduisent un changement dans leur composition. La forte expression pollinique des Poaceae (13,4%) et la chute brutale des Cyperaceae (10,3%) semblent confirmer un changement des facteurs édaphiques. Le maintien de Liliaceae (à 4%), l'apparition de Centaureae, de Boraginaceae, suivis des plus forts pourcentages de Ptéridophytes (19%) indiquent un biotope devenant plus humide. En même temps, une certaine instabilité du régime hydrique du sol pourrait s'annoncer par la présence de *Juncus*. L'extension d'*Isoetes* et d'*Equisetum* peut révéler l'existence de lieux périodiquement inondés ou d'une fluctuation de la nappe phréatique. Ce spectre renferme les plus hauts pourcentages de *Selaginella t. selaginoides* mais ils restent faibles (0,8%). Ce fait semble dû, non pas à la rigueur climatique, mais à une plus grande humidité du sol et à un substrat devenant plus acide. L'apparition de *Botrychium* et de *Lycopodium* semble conforter cette hypothèse. L'extension de *Polypodium vulgare* est l'indice d'une humidité atmosphérique et de températures douces en hiver. La signification de l'extension des autres Fougères est plus délicate (leur détermination est restée sous les vocables de Fougères monolètes, de F. trilètes et de F. à périspores). Parmi elles, il peut y en avoir de biotopes différents. Cependant, prise dans un contexte global, l'extension des Fougères est sans doute imbriquée aux facteurs lumière, humidité et chaleur ; la plupart des Fougères demandent une humidité importante, constante au niveau du sol et de l'atmosphère. Bien que les Fougères soient réputées comme étant des plantes de demi-ombre, leur émission de spores est très faible en sous-bois, la plupart d'entre elles sont stériles. Les Fougères ne dispersent leurs spores que dans un minimum de lumière (Bastin, 1964, Heim, 1970).

Il semble que l'extension massive de *Juniperus* ne leur nuisait pas trop, peut-être parce que *Juniperus* est plus apte à coloniser les rochers et versants calcaires collinéens bien exposés que les dépressions humides du fond de la vallée. En tout cas, elles révèlent que l'extension massive de *Juniperus* s'est faite sous des conditions très humides.

Si le cortège des herbacées héliophiles pionnières reste important, on remarque l'extension d'espèces nettement thermophiles : *Primula*, Rosaceae, Fabaceae, Lamiaceae t. *teucrium*, Boraginaceae t. *echium* et *cynoglossum*, et de plantes voire méditerranéennes : *Paronychia* (2%) et *Geranium t. sanguineum* (2,8%) impliquent une élévation importante des températures.

La végétation arboréenne confirme aussi cette amélioration climatique, les feuillus mésothermes continuent leur développement, *Corylus* apparaît. Ce

fait semblerait montrer que la migration de *Corylus* est plus rapide que *Quercus* (il arrive plus vite à maturité). Il est curieux de constater que cette humidité ne profite pas à des espèces comme *Alnus* et *Picea*. Est-ce dû à leur héliophilie ? Ce qui voudrait dire que l'extension de *Juniperus* est telle qu'ils ne peuvent s'étendre et il est possible que la faible progression de *Betula* ait la même cause. Toutes ces espèces sont des héliophiles ne supportant pas les espèces à fort pouvoir de concurrence tout comme *Juniperus*, mais *Juniperus*, les précédant, a eu suffisamment de temps pour coloniser l'espace et envahir la fruticée en ne leur laissant que peu de place, ainsi qu'aux autres colonisateurs : *Ephedra* et *Rubus*. L'apparition de pionnier tel *Populus* (0,4%) et la progression de *Salix* (1,6%) confirment une humidité climatique. Quant aux Rosaceae, il n'a pas été possible de définir avec certitude s'il s'agissait de *Prunus t. avium* ou *Prunus t. spinosa* ou d'autres Rosaceae ligneuses qui leur sont proches palynologiquement. Cependant leur écologie témoignerait de températures clémentes. *Pinus* reste peu représenté (2%).

Ce niveau, définissant le début du Bölling, confirme que l'extension rapide de *Juniperus* s'est faite suite à une amélioration climatique importante, marquée par des alternances d'humidité assez prononcées et par de fortes poussées de températures ayant favorisé à la fois des espèces xérophiles, hygrophiles, thermophiles voire méditerranéennes.

De même une telle conformité de dynamique végétale, passant du stade pionnier à une phase arbustive puis évoluant vers le début des arbres de la forêt, indique une amélioration climatique déjà bien affirmée.

- 396 CM ET R8 349 CM - EXTENSION MAXIMUM DES MESOTHERMOPHILES ET DECLIN DE JUNIPERUS - NIVEAUX CONTENANT L'INDUSTRIE MAGDALENIENNE.

Ces deux échantillons polliniques montrent une brusque extension des arbres mésothermophiles à feuillage caduc et sempervirens. C'est la phase la plus boisée (41,3% et 44%) et la plus diversifiée en AP. Cette dynamique forestière est proche du stade de la "forêt" climacique collinéenne et implique une amélioration climatique très importante. Tous les arbres de la chênaie mixte (*Quercetum mixtum*) sont présents et dominent (10,4% et 8,8%), *Quercus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Fagus*, *Tilia t. platyphylllos* et *Acer*. Leur développement témoigne d'un climat nettement tempéré. D'autres mésothermophiles les accompagnent en marquant une extension, *Alnus*, *Corylus*, des Rosaceae arboréennes (le t. *Prunus avium* semble avoir été reconnu deux fois) et *Picea*. Toutes ces essences confirment l'existence d'un climat très tempéré dans cette vallée. *Populus* est présent, *Betula* et *Salix* marquent une petite extension conférant à ce paysage une humidité certaine. *Fagus*, *Acer* et *Juglans*, si contestés dans les diagrammes du Würm, apparaissent à Chaleux au moment où les essences arboréennes et arbustives sont des plus diversifiées qu'il n'est pas possible de les considérer comme étant des "pollens remaniés". Leur présence est très ponctuelle et ce au moment de l'essor de la chênaie mixte marquant l'optimum climatique du Bölling. Il est curieux d'observer que *Pinus* ne soit pas l'essence principale. Si *Pinus* se développe, son extension reste discrète (3,4% et 4,7%) et ne permet pas de conclure à sa présence, même éparses à Chaleux, mais pourrait refléter un écho régional. Il n'est pas à écarter qu'il y a eu occupation de sols alluviaux et de limons calcaires par les essences de la chênaie mixte accompagnée de *Corylus*,

Alnus, *Salix*, *Populus*, *Betula*, *Picea* et par l'abondance des Liliaceae, en abondance. La présence d'une Scrophulariaceae, *lathraea* sp., confirmerait ce biotope, cette dernière étant connue pour parasiter les racines de nombreux feuillus. On note l'absence d'*Hedera* dans cette dynamique forestière collinéenne. S'agit-il d'un accident dans l'enregistrement pollinique ou n'a-t-il pas été reconnu ?

La flore arbustive est des plus diversifiées. Mise à part l'amorce du recul définitif de *Juniperus* et une présence d'*Hippophae t. rhamnoides*, elle comporte des espèces de fourrés associés aux arbres de forêt caducifoliée de milieux très tempérés, humides et doux. Même si leurs pourcentages sont faibles, *Ribes*, *Sambucus*, *Rhamnus*, *Rubus*, *Cornus sanguinea*, *Viburnum*, *Clematis t. vitalba* et *Ilex* confirment un climat de type subocéanique tempéré. Cette strate répond tout à fait à la présence de *Fagus*, *Fraxinus* et *Juglans* qui craignent les froids intenses hivernaux, les gelées tardives et les chaleurs estivales sèches. *Ephedra* décline dans ces niveaux.

Bien que dominante (58,7% et 56,1%), la végétation herbacée marque un repli tout en s'enrichissant en taxons. On constate de petites différences entre ces deux échantillons. A 396 cm, les Ptéridophytes (15%) dominent une partie de ce cortège que partage 10,8% de spores monolètes et trilètes puis suivent : Poaceae (8,1%), Cyperaceae (7,1%) et Asteraceae t. fenestré. Tandis qu'en R8 349 cm ce sont les Asteraceae t. fenestré qui dominent (18,4%) pendant que les Cyperaceae (4,9%) et les Ptéridophytes (7%) accusent une chute brutale qui pourrait être imputable à un couvert forestier s'épaississant, que confirmerait le recul des Poaceae dans ces deux prélevements. Ces deux échantillons semblent marquer un léger décalage dans le temps. *Osmunda* est plus abondante en R8 349 cm et traduirait des températures clémentes et douces en hiver ainsi qu'une humidité atmosphérique assez importante, confortés par *Polypodium*, les Orchidaceae t. *listera*, *Valeriana* et des plantes de milieux humides. Les aquatiques thermophiles, *Typha* en R8 349 et Nymphaeaceae en 396, traduirait une élévation assez importante des températures dont la moyenne est au-dessus de 16°C en juillet (Vasari, 1962). Ces pollens ont pu être transportés par les hommes et les animaux, lors d'allées et venues depuis les bords de la Lesse. A moins que ces lieux aient connu une certaine instabilité du régime hydrique que pourraient attester *Juncus* et *Isoetes*. *Helianthemum*, plus présent en R8 349, indiquerait davantage une thermophilie plutôt qu'une heliophilie stricte, à moins qu'il ait pu faire partie de la végétation saxicole colonisant les parois rocheuses. L'accompagnement des thermophiles *Primula*, Fabaceae, Rosaceae et d'espèces à tendance méditerranéenne *Paronychia*, *Geranium t. sanguineum* confirme bien cette élévation importante des températures. L'omniprésence de *Selaginella t. selaginoides* et de *Lycopodium* en 396 cm est sans doute imputable à l'humidité d'un endroit ombragé. Dans l'ensemble, les taxons heliophiles sont un peu plus nombreux en 396 cm. Cette opposition entre plantes xérophiles, hygrophiles et thermophiles reste présente et illustre une diversification des niches écologiques dans ce site collinéen.

Les flores herbacées, arboréennes et arbustives ne sont pas en contradiction et confirment bien une évolution climatique importante de type tempéré chaud et humide, ayant permis le développement d'une végétation proche du climax forestier.

L'extension aussi brutale des espèces mésothermophiles confirmerait qu'elles étaient déjà présentes à la fin du Dryas I dans cette vallée leur servant de refuge.

- 393 CM - PHASE A SALIX ET A HERBACEES - NIVEAU CONTENANT LA PARTIE SUPERIEURE DE LA COUCHE MAGDALENIENNE.

Cet échantillon témoigne d'une détérioration progressive dans cet optimum climatique, les AP chutent brutalement à 27,2%. Si on retrouve encore les mêmes essences forestières qu'en 396 et R8 349, y compris *Juglans* et *Acer*, tous les mésothermophiles décroissent. La chênaie mixte ne représente plus que 3,4%. Il en est de même pour la formation buissonnante arbustive qui n'est plus que faiblement représentée (7,8%), *Juniperus* continue son déclin (4,3%). Les seules espèces enregistrant une petite extension sont *Ephedra* (1%), espèce steppique, mais surtout *Salix* (4,4%), espèce mésohygrophile. Le déclin des mésothermophiles au moment de l'extension de *Salix* indique un changement climatique notable, sans doute dû à la possibilité d'une chute des températures dans un climat devenu beaucoup plus humide et plus frais. Comment comprendre que cette humidité, qu'elle soit d'origine climatique ou qu'elle soit induite par une élévation du niveau de la Lesse, ne profite pas à des arbres hygrophiles tels *Betula* et surtout *Alnus*? Tous deux diminuent très fortement à ce moment-là, alors qu'ils étaient plus présents en 396 et R8 349. Faut-il croire que le climat était si propice à *Salix* qu'il envahissait de grandes étendues, en concurrençant fortement *Betula* et *Alnus*? Welten (1950) considère que des pourcentages de pollens de *Salix* supérieurs à 5% représentent des bosquets étendus de *Salix*. Heim (1970) a montré que ce pollen était fortement sous-représenté, ainsi que *Populus*, deux grains ayant été déterminés. Il n'est pas improbable que *Populus* mais surtout *Salix* formaient d'importants peuplements sur ce sous-sol calcaire. De toute évidence, il se passe un changement climatique défavorable aux mésothermophiles, les stoppant dans leur progression ou dans leur pollinisation.

Ce spectre demande la plus grande prudence quant à l'interprétation relative de son "faible" taux de boisement par rapport aux échantillons 396 et R8 349. D'après les calculs établis par Heim (1970), *Salix* pourrait ici correspondre à près de 25% de la surface de recouvrement. La forte sous-représentation pollinique de *Populus* et la difficulté à le déterminer palynologiquement sont des facteurs à prendre en considération. Cette représentation forestière serait aussi conséquente, voire plus importante que dans les deux échantillons précédents, et pourrait être une des raisons de la baisse de l'émission des spores des Fougères. La différence dans cet échantillon réside avant tout en un changement dans la composition arboréenne.

Cette humidité se ressent également dans la composition du tapis végétal par l'expression des Poaceae (12,4%). Cette humidité profite aux Asteraceae t. échinulé, Liliaceae, Cyperaceae, *Valeriana*, *Plantago*, Dipsacaceae, *Urtica*, Carduaceae, *Gentiana*, *Thalictrum* et Lamiaceae. Dans l'ensemble, toutes les héliophiles ubiquistes connaissent une extension. *Helianthemum* en compagnie d'autres essences pourraient coloniser des endroits rocailleux plus défavorables à l'extension de *Salix*.

La présence d'espèces plus thermophiles, *Geranium* t. *sanguineum*, *Primula*, Fabaceae, Rosaceae et Nymphaeaceae, implique encore une certaine élévation des températures, mais *Osmunda* décline et annoncerait des conditions climatiques plus instables. Toutefois, l'extension et le retour des Apiaceae, Scrophulariaceae, Saxifragaceae, Onagraceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae et d'une faible présence d'*Artemisia*, d'*Equisetum*, de

Lycopodium et de *Selaginella* pourraient être l'indice de surfaces remuées, parcourues par les eaux de ruissellement ou de zones fréquemment inondées.

Cet échantillon traduit encore un climat tempéré par la présence d'espèces mésothermophiles, mais il semble s'être rafraîchi en même temps qu'apparaît une humidité de plus en plus grande ayant favorisé l'extension de *Salix*. Ce spectre indiquerait une phase d'instabilité surtout très humide .

* 3EME ENSEMBLE - 2EME PARTIE DE BÖLLING - DE 389 CM A 381 CM.

Cet ensemble, correspondant à la couche 5, est attribué à la 2ème partie de Bölling ou phase B, ne comportant pas d'industrie

- 389 CM - PHASE D'UNE PEJORATION CLIMATIQUE IMPORTANTE

Ce niveau montre qu'une péjoration climatique sépare le Bölling en 2 parties. Le paysage change radicalement, puisque d'une formation boisée à chênaie mixte, il passe à une formation herbeuse (88,1%).

C'est le premier grand recul de la couverture forestière (11,9%). Les arbres de la chênaie mixte ont disparu, *Quercus* ne reste que faiblement représenté ainsi que son compagnon *Corylus*. Des mésothermes ne sont plus que sporadiquement représentés : *Quercus*, *Corylus* et *Alnus*. *Betula* et *Pinus* marquent une petite extension (3,5%). La strate arbustive disparaît complètement. Comment expliquer le recul d'*Alnus*, mais surtout celui de *Salix*, coloniseurs des bords de cours d'eau, de fonds alluvionnaires, alors qu'ils ont la faculté de supporter des conditions rudes ? Le climat aurait-il connu une très grande aridité ayant entraîné une baisse importante du niveau de la Lesse ? C'est aussi la première fois qu'il y a rupture de la courbe de *Picea*, ce qui conforte l'hypothèse d'un assèchement du climat. Que signifierait l'extension de *Pinus* et *Betula* à ce moment-là, alors qu'en principe elle se fait généralement lors d'une plus grande humidité faisant suite à une amélioration climatique. Serait-ce parce que *Betula* et *Pinus*, occupateurs d'espaces vides, se comporteraient en pionniers dans une forêt dégradée ? Le taux de *Pinus* ne permet toujours pas d'affirmer qu'il était présent sur le site, ce qui signifierait que ce phénomène est ressenti à plus grande échelle (le lieu étant déboisé, il serait meilleur récepteur pour les pollens de *Pinus*). *Betula* est surtout connu pour sa capacité à s'installer dans des milieux différents secs ou engorgés, acides ou basiques. Il semble qu'il se développe ici à la suite d'un assèchement généralisé du climat. *Pinus* et *Betula* se comporteraient en temps que nomades dans un cas de reconquête forestière suite à une rupture du climax (par des causes édaphiques et climatiques) ayant pu se produire entre 393 et 389 cm. La chute spectaculaire de *Salix*, le déclin et la rupture momentanée des arbres mésothermophiles apparaissent comme la conséquence d'une sécheresse prolongée, combinée à des températures basses.

C'est le retour de la pelouse (88,1%), mais elle s'appauvrit considérablement en taxons. Elle indique des conditions climatiques perturbées par une nette récurrence des "steppiques". C'est la suprématie des Asteraceae t. fenestré (46,2%). Le genre *Hieracium*, abondamment déterminé, a dû occuper une place importante du tapis végétal à l'assaut des rochers, des éboulis et des versants où pouvaient se joindre Carduaceae (3,8%), Plumbaginaceae t. armeria et *Artemisia*. Les Asteraceae t. échinulé, dont l'écologie est des plus nuancées,

développent les pourcentages les plus élevés du diagramme (20,1%) tandis que les Poaceae sont insignifiantes (0,9%). Cet échantillon, en développant un maximum de Chenopodiaceae (5%), exprime cette tendance vers une grande aridité, confirmée par le plus faible pourcentage de Ptéridophytes (3,8%) et par la chute brutale des Liliaceae (1,6%). Toutes ces plantes indiquent de manière convergente un assèchement important du climat. La présence infime d'Apiaceae, de Centaureae, d'Isoetes et de *Thalictrum* et la réapparition de Polygonaceae, de *Polypodium*, pourraient être l'indice d'une petite arrivée d'humidité. Dans ce diagramme, *Thalictrum* n'abonde pas dans le sens d'espèce steppique et reste très discret. Sa présence est surtout remarquée à chaque extension d'AP. Les thermophiles ont disparu de la flore herbacée ; il ne reste plus qu'une présence relictuelle de *Geranium t. sanguineum*.

Le peuplement arboré et la pelouse indiquent une détérioration du climat suivi d'un assèchement bref, mais brutal, survenant probablement lors de conditions climatiques rudes non favorables à *Juniperus* qui ne repart pas malgré le faible taux d'AP. Cette "sécheresse" est peut-être plus accentuée sur ce versant bien orienté ; la pente, en favorisant le ruissellement, aggrave la sécheresse du sol à substrat calcaire qui a pu être amplifiée par ailleurs par une baisse considérable du niveau de la Lesse.

- 385 CM A 381 CM - PHASE DE RECONQUETE DE LA PELOUSE PAR ALNUS ET BETULA - PUIS REAPPARITION DES MESOTHERMOPHILES CONFIRMANT L'OPTIMUM CLIMATIQUE DE LA 2EME PARTIE DU BÖLLING (PHASE B).

Ces échantillons correspondent à la partie supérieure de la couche 5. Ils caractérisent une nouvelle oscillation climatique attribuée au deuxième réchauffement du Bölling.

Cependant cette amélioration climatique n'a pas l'ampleur de celle attribuée à la première partie du Bölling. C'est plutôt un réchauffement de faible amplitude. Durant cet optimum, le taux d'AP, relativement discret, évolue entre 15,8% à 17,8%. Le nombre de taxons reconnus, s'il augmente, ne dépasse pas 42. Cet ensemble connaît l'extension maximum de *Betula*, accompagné d'*Alnus*.

A 385 CM, se remarque une diffusion pollinique importante et subite de *Betula* (6,5%) et d'*Alnus* (7,1%). Ceux-ci connaissent leurs plus hautes valeurs au moment où *Juniperus* n'est plus qu'un écho (0,5%). Le climat revêt ici un caractère à tendance subatlantique ; *Alnus* est le seul feuillu mésothermophile à être présent et à se développer en même temps que *Betula*, impliquant une élévation des températures et une très grande humidité. *Pinus* décroît (1,1%). Cet échantillon donne l'impression qu'il s'agit de peuplements ripicoles dépendant d'une activité importante du cours d'eau.

Le climat semble tempéré, plutôt frais, mais très humide comme en témoigne la composition de la flore herbacée, dominée par une large majorité d'Asteraceae t. fenestré (53,8%) face aux Carduaceae et autres Asteraceae t. échinulé. L'extension des Centaureae et des Ptéridophytes, ainsi que l'apparition de *Polygonum t. hydropiper* et d'*Orchis t. listera* confirment une augmentation d'humidité ; mais, le climat semble rester assez frais par l'absence d'*Osmunda*. L'altération importante des minéraux pourrait aller dans le sens d'un climat frais et très humide.

A 381 CM, même si le taux d'AP (17,8%) est proche de l'échantillon situé à 385 cm, il reflète davantage l'amélioration climatique suite à une faible tentative de reconquête du sol par des essences arboréennes postpionnières. Les arbres de la chênaie mixte, *Quercus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Ulmus* et *Tilia*, réapparaissent (2,8%), mais leur fréquence est faible. D'autres mésothermophiles les rejoignent, *Corylus*, *Picea* et *Alnus*. *Alnus* reste l'essence prépondérante (5%) au moment où *Salix* réapparaît, indiquant une certaine hygrométrie. *Betula* décline alors que *Pinus* marque une petite extension (3,3%). Toutefois, cette amélioration reste de faible amplitude car les arbres de la chênaie mixte sont discrets. *Juglans*, *Fagus* et *Acer* n'apparaissent pas ici. La flore arbustive marque un soubresaut (3,3%) suite à une petite extension des mésoxérophiles à mésohygrophiles (*Rubus*, *Rhamnus t. frangula*) et des xérocalcicoles (*Juniperus*, *Ephedra*).

La flore herbacée s'enrichit et confirme cette amélioration plus marquée qu'en 385 cm. Les Asteraceae t. fenestré (31%) restent largement en tête du cortège, suivies par une poussée de taxons indiquant une certaine humidité : Ptéridophytes, Liliaceae et Cyperaceae. S'expriment plus faiblement : Apiaceae, Polygonaceae et Boraginaceae. Les aquatiques *Typha* et *Sparganium* réapparaissent. Une certaine élévation des températures serait confirmée par *Typha* et par les mésothermophiles : Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae et Orchidaceae. *Geranium* et *Paronychia*, bien représentés lors du premier grand réchauffement, ne réapparaissent pas ici. La réapparition d'*Helianthemum* (2,1%) et d'autres Cistaceae semble indiquer un caractère thermophile. Certaines héliophiles, Chenopodiaceae, Carduaceae et *Artemisia*, apportent un caractère xérique dépendant plus d'une colonisation d'éboulis et de rochers que d'un phénomène purement climatique. L'extension des Ptéridophytes (11,2%, moins considérable qu'au maximum du 1er réchauffement) confirme un biotope humide, mais moins clément car *Osmunda* ne réapparaît pas.

Strates herbacée et arboréenne montrent une harmonie. Elles confirment une amélioration climatique de type tempéré, mais de plus faible amplitude que celle enregistrée dans la première partie du Bölling. Cette amélioration se montre beaucoup plus humide et plus froide. Il n'y a pas une véritable phase de reconquête du sol par les essences arboréennes mésothermophiles. Cet ensemble reflète une amélioration climatique très légère.

*** 4EME ENSEMBLE - OU "DRYAS II" - DE 378 CM JUSQU'EN HAUT DU SPECTRE POLLINIQUE A 362 CM.**

- 378 CM JUSQU'EN HAUT DU SPECTRE POLLINIQUE A 362 CM - PHASE DE RECONQUETE PAR LA PELOUSE.

Ces échantillons correspondent à la couche 3. Le faible pourcentage des arbres témoigne de l'étendue de la pelouse en même temps que d'une rigueur climatique dans cette localité. C'est la phase la plus déboisée et sans doute la plus rigoureuse enregistrée dans le diagramme. Le recul des AP s'accentue de la base vers le haut (5% à 2,9%). Le nombre de taxons connaît la plus faible représentativité (entre 15 et 23). Bien que le taux d'AP descende très bas, on note encore dans chaque échantillon la présence à l'unité de 2 à 3 taxons mésothermes. On s'aperçoit que la rigueur climatique ne les élimine pas complètement. Ils restent sporadiques et en pourcentage infime : *Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Quercus* et *Alnus*; *Acer* est observé dans le dernier

échantillon. Ceci tend à confirmer la proximité de zones de refuge plutôt qu'une contamination. Une certaine humidité permet à *Salix*, faiblement représenté, de se maintenir en courbe continue. Parmi le faible écho des représentants arborés, seul *Betula* présente des pourcentages ascensionnels mais faibles entre 2 et 2,9%, puis ils chutent dans le dernier échantillon. *Juniperus* reste à l'état résiduel. *Ephedra* est très sporadique.

Le tapis herbeux enregistre les mêmes phénomènes climatiques. Il s'est appauvri considérablement en taxons. Cette pelouse est le domaine des héliophiles plus ou moins ubiquistes. C'est l'épisode de prospérité pour les Asteraceae t. fenestré, leur courbe ascendante oscille en moyenne de 66,4% à 44,4% (elles pourraient indiquer ici une certaine humidité du substrat). Elles sont suivies par les Asteraceae t. échinulé et Carduaceae. *Artemisia* et *Thalictrum* sont toujours aussi peu représentés. Les autres héliophiles xérophiles apparaissent sporadiquement : Chenopodiaceae, Cistaceae et Plumbaginaceae t. *Armeria* ainsi que des espèces plus mésophiles, *Chelidonium*, Lamiaceae, *Geranium* et Cyperaceae. Le groupe des Ptéridophytes se réduit à l'expression de Fougères monolètes et à de rares trilètes, semblant donner un ton quelque peu humide. *Polygonum* t. *bistorta* et la présence d'une Rosaceae t. *sanguisorba* confirmeraient une certaine humidité.

Ce début du "Dryas II" montre un froid suffisamment ample ayant réduit considérablement la diversité taxonomique et entravé la dynamique florale. Cependant, cette phase rigoureuse, tout au moins la partie figurant dans le diagramme, n'élimine pas complètement les espèces mésophiles et thermophiles. Il semble que la raison soit liée à des facteurs topographiques et édaphiques privilégiés, dans lesquels l'apport d'humidité constante aurait permis la survie ou le maintien d'arbres à l'état végétatif durant certaines phases froides car la sécheresse, sans doute beaucoup plus que le froid, est néfaste à ces essences arborées. On observerait à Chaleux l'évolution de la végétation propre au domaine médio-européen ainsi que la persistance d'une végétation liée à des refuges.

Cet ensemble soulève des réflexions quant à la conservation différentielle des Asteraceae t. fenestré. Celles-ci atteignent des taux très élevés dans les niveaux présentant le moins de pollens corrodés. Toutefois, les niveaux inférieurs du diagramme comportant plus de pollens corrodés, ne présentent jamais de tels pourcentages d'Asteraceae t. fenestré. Ce fait plaiderait plus en faveur de conditions climatiques et sédimentologiques différentes dans ces échantillons. Bastin (1971) constatait que les Asteraceae t. fenestré sont mieux représentées dans les sédiments limoneux. Cet événement écologique pourrait trouver une explication liée à une plus grande humidité du substrat limoneux. C'est peut-être un des facteurs pouvant expliquer la maintenance d'arbres mésophiles et thermophiles. L'autre réflexion que suscite cet ensemble est qu'il est dépourvu de l'extension spectaculaire des steppiques classiques. Le fait de cette pauvreté taxonomique relève peut-être plus d'une persistance de mauvaises conditions climatiques, récurrence de gelées ou autres phénomènes néfastes survenant dans la phase de pollinisation, que d'un climat interprété peut-être trop vite comme très rigoureux. Cette partie de séquence étant incomplète, il est difficile d'aller plus loin dans l'interprétation.

COMMENTAIRES

Le diagramme pollinique de Chaleux permet de réfuter l'éventualité d'une contamination par d'autres pollens. Il présente une certaine logique dans l'évolution des peuplements floristiques au cours des rythmes des successions. Ceux-ci subissent une transformation et un renouvellement depuis le stade pionnier jusqu'au climax forestier. C'est-à-dire : espèces pionnières, postpionnières, extension des thermophiles, puis rupture climacique, et réapparition d'espèces nomades (postpionnières ou dryades pouvant jouer un rôle de pionnières). Les essences mésothermophiles et thermophiles se développent après les pionnières attribuées à la fin Dryas I, pour connaître une extension maximum dans les échantillons 396 cm, R8 349 et 393 cm, correspondant à la première partie de Bölling. Une telle flore nécessite de bonnes conditions thermiques et une humidité assez importante propice à sa mise en place.

Actuellement, ce site se trouve dans un massif forestier descendant jusqu'en bordure de la Lesse. Si une comparaison est permise entre spectre récent et ancien, l'expression pollinique du spectre actuel révèle un taux d'AP de 57,72%, à peine plus boisé que les spectres polliniques de l'occupation magdalénienne (44%). C'est la composition forestière qui change. Cette augmentation d'AP est le fait d'une élévation des pollens de *Pinus* (19,08%) et de divers résineux, conséquence d'enrésinements des environs. Ils sont d'un apport régional car il n'y en avait pas, tout au moins autour de la grotte. Par contre, *Carpinus* abondait dans le taillis de ce massif forestier et n'est représenté que par 15,94%, son taux semblant sous-représenté. D'après Heim (1970), dans les massifs forestiers, les valeurs AP/T sont généralement supérieures à 60% et les taux de boisement inférieurs à 50% sont exceptionnels dans les peuplements denses. Comparativement aux travaux de Heim (1970), le pourcentage d'AP (57,72%) s'intègre dans l'amplitude des variations de AP/T et se rapproche de celui des massifs forestiers, avec une tendance à rester en limite, voire en dessous des taux. Ceux de l'occupation magdalénienne pourraient s'intégrer entre les valeurs des massifs forestiers et des lisières, mais toute proportion gardée, il faut prendre en compte n inconnues : la production pollinique déficiente de certaines essences arboréennes (pouvant expliquer ici les faibles valeurs du taux de boisement), les effets de filtration, la destruction des pollens avant leur enfouissement, l'âge des peuplements...

Ce spectre pollinique autorise à dire qu'il n'y a pas glissement de pollens actuels dans la couche magdalénienne. Les pollens de *Pinus*, mais surtout ceux de *Carpinus*, en plus de leur modernité, sont différents de ceux de l'occupation magdalénienne.

Le diagramme pollinique de Chaleux montre une originalité dans la richesse spécifique conditionnée par un biotope exceptionnel, se divisant en microbiotope, auxquels les espèces leur sont inféodées selon leur propre stratégie, sélective et compétitive. Cette végétation, si diversifiée soit-elle, semble réagir très vite selon les fluctuations climatiques et les événements écologiques.

Pour cet épisode du Tardiglaciaire, il est possible d'envisager des zones de refuges non loin du site pour *Quercus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Picea*, *Acer* et *Juglans*. Le Dryas I, tout comme le début "Dryas II", n'a pas éliminé complètement les essences arboréennes mésophiles. Quelques-uns de

ces arbres pourraient être présents en léthargie dans une niche écologique proche mais ne produiraient plus de pollens ou n'en produiraient que sporadiquement et très faiblement (ils ne seraient pas nécessairement absents) et dès qu'une amélioration se ferait sentir, ils repolliniseraient. Il serait important de connaître l'état de résistance de ces végétaux, la plupart d'entre eux ayant une longévité élevée. Leur survie semble possible dans les zones abritées du Condroz et des vallées inférieures et moyennes du bassin mosan, avant de les considérer, trop souvent, comme étant des "pollens intrusifs" ou "remaniés" quand ils apparaissent trop "précocement" dans les diagrammes ou lorsqu'ils sont encore faiblement représentés dans des stades froids. Si le climat ou les intempéries ont eu raison d'eux, il leur faut le temps pour rejeter, se propager, arriver à maturité et polliniser, raisons pour lesquelles un décalage dans le temps peut se produire entre la végétation herbacée et arboréenne. De plus, il est impossible de dire, pour les feuillus, s'il s'agit d'arbres de rejets de souche ou de semis naturels. Dans ces cas, les arbres d'une même espèce ne produisent pas la même quantité de pollens.

Le Condroz, à topographie particulièrement complexe et variée, et les "Vallées inférieures et moyennes du bassin mosan" ont pu jouer un rôle d'abri, conservateur des espèces subsistant à côté de la pelouse.

Ce site, à 115 m d'altitude, est protégé par les plateaux, où, dans un rayon de 4 km, ils s'élèvent entre 190 et 290 m. La grotte fait partie d'un ensemble de falaises de calcaires carbonifères ou "Aiguilles de Chaleux", de 80 m de haut, disposées en hémicycle orienté ouest-est, bordant la partie concave d'une grande boucle de la Lesse. Cet ensemble ou "Cirque de Chaleux" constitue une barrière-écran de calcaire, mettant le site à l'abri des vents violents du secteur ouest et froids du secteur nord. Le substrat, pour la majorité calcaire, combiné à ces reliefs calcaires, assure au site un microclimat sec et chaud. Par sa perméabilité, le calcaire se réchauffe rapidement et confère à la roche le pouvoir d'emmager la chaleur qu'il restitue progressivement. Il peut donc corriger partiellement le déficit thermique de la station par des températures plus régulières. L'exposition du site sur ce versant sud-est est une orientation idéale, qui atténue les écarts de températures en évitant leurs alternances brutales. En recevant les rayons matinaux du soleil hivernal, ce site procure à ses occupants mais aussi aux plantes, une chaleur d'autant plus appréciable que l'air est encore frais. Ce fait a son importance en hiver et au printemps lors des cycles fréquents de gel-dégel. Les rayonnements solaires matinaux, en venant réchauffer progressivement ce versant, évitent les brûlures aux plantes permettant une meilleure survie aux espèces. Enfin la Lesse, par sa boucle très prononcée à cet endroit, peut jouer un rôle de régulateur de température en humidifiant l'air environnant du versant sec et en ralentissant son refroidissement et son échauffement.

D'une manière générale, ce versant a tendance à être chaud et sec, mais la partie exposée à l'ouest est traversée par des ravins dont certains drainent le plateau. La végétation peut ainsi disposer très localement d'un approvisionnement en eau favorable à son développement. Ces zones auraient pu abriter des essences mésophiles comme l'érythrine sycomore et le frêne, essences se développant de préférence dans d'autres situations, plateaux frais, versants ombragés et vallées (cf. Weissen, *com. écrite*).

Beaucoup de paramètres sont réunis pour conférer à ce site et au secteur auquel il appartient un microclimat voire même un macroclimat

particulièrement chaud pouvant être localement fort différent du climat général des plateaux.

COMPARAISON DU DIAGRAMME AVEC LE SYSTEME INFORMATIQUE (fig. 46)

Le principe de zonation automatique, appliqué à Chaleux par le programme informatique Scirpuce de Walter et Marguerie (1986), selon Birks et Cordon (1985), méthode statistique hiérarchique basée sur la "single link method of cluster analysis", présente un arbre hiérarchique à 4 zones différentes :

zone 1 = échantillons 407 - 402 - 400
zone 2 = échantillons 396 - R8 349 - 393
zone 3 = échantillons 389 - 385 - 381
zone 4 = échantillons 378 - 374 - 368 - 362

Cet arbre hiérarchique montre une discontinuité très nette entre les spectres 393 et 389, correspondant à la détérioration climatique entre les deux réchauffements du Bölling.

L'intérêt est de voir l'excellente convergence des résultats, exception faite pour l'échantillon 400, quoique discutable. Cet échantillon pose un problème, qui peut s'expliquer par les conditions difficiles de prélèvement : une gêne occasionnée par de gros blocs. Il n'est pas improbable que le maximum de la courbe de *Juniperus* puisse se trouver 1 cm au-dessus, à 399 cm, niveau du point de contact de la couche magdalénienne. Dans le diagramme, le maximum de *Juniperus* est à 400 cm, calant la base du Bölling, en sachant toutefois qu'elle pourrait être supposée un cm plus haut, au point de télescopage de la base de la couche magdalénienne (couche 4) avec la partie supérieure de la couche fin Dryas I (couche 6).

Ce système de zonation met l'accent sur ce léger différent, en incluant dans la zone 1 l'échantillon 400 cm, mais en montrant qu'il s'en éloigne puisqu'il est très près de l'échantillon 396 cm. Quoi qu'il en soit, le début de l'occupation magdalénienne se situe dès la base du Bölling.

D'APRES LES OBSERVATIONS STRATIGRAPHIQUES

Au moment de la rédaction de ce travail, l'analyse sédimentologique de Gullentops F. étant en cours d'étude, il n'a pas été possible d'établir une corrélation climatologique.

D'après les observations stratigraphiques faites par Dupont (1872), et celles recueillies lors des nouvelles fouilles, il est possible d'interpréter les niveaux du diagramme pollinique de la façon suivante :

Les échantillons 407, 402 et (400) correspondent à la fin Dryas I et appartiennent à la couche 6 correspondant au premier éboulement de la voûte

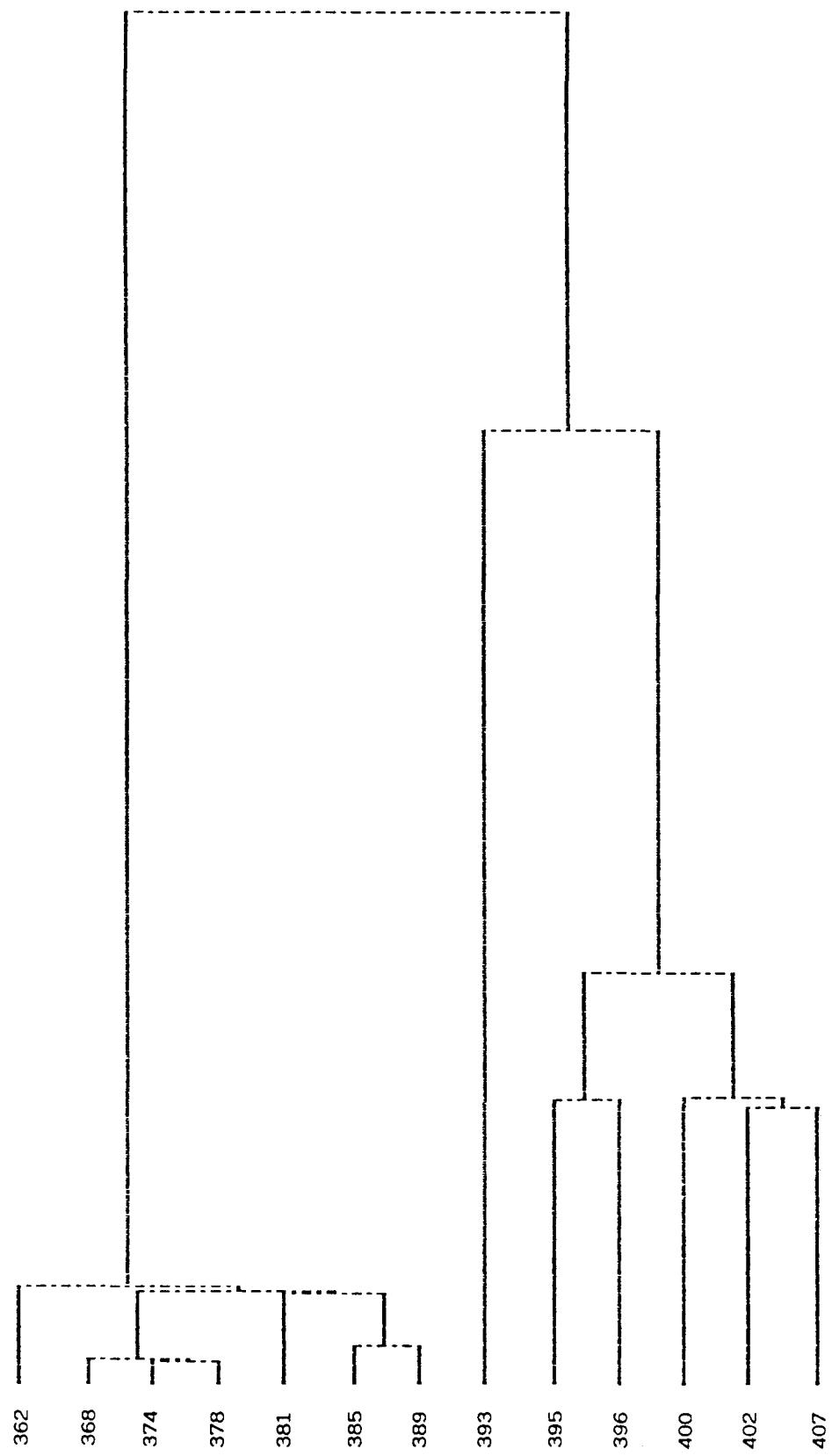


Fig. 46 : Zonation automatique du site de Chaleux réalisé par le logiciel Scirpuce
(Walter Ph. et Marguerie D.).

de la grotte ou "éboulis inférieur". Celui-ci a pu se produire à la fin des conditions climatiques rigoureuses, marquées par des alternances gel-dégel répétées ayant fragilisé la roche et provoqué son effondrement juste avant l'occupation.

L'échantillon 400 cm, suite à l'extension maximum de *Juniperus*, marque le début du Bölling.

Les échantillons 396, R8 349 et 393 cm appartiennent à la couche magdalénienne, couche 4, (couche 5 de Dupont). Ils correspondent au maximum d'AP du diagramme. Ils sont attribués à la 1ère partie du Bölling (phase A).

Les échantillons 389, 385 et 381 cm, ne comportent pas d'industrie. Ils sont attribués à la 2ème partie de Bölling (phase B), correspondant à la couche 5 (couche 4 de Dupont). Cette couche comporte à la base le 2ème gros éboulement de la voûte de la grotte ou "éboulis supérieur".

L'échantillon 389 cm marque qu'une péjoration climatique importante mais brève sépare et oppose la 1ère partie à la 2ème partie de Bölling.

Les échantillons 385 et 381 cm correspondent à la 2ème amélioration climatique du Bölling (ou phase B), mais d'après le diagramme pollinique, celle-ci est nettement moins marquée.

Les échantillons 378, 374, 368 et 362 cm, correspondant à la couche 3, représentent le plus faible taux d'AP du diagramme et sont attribués au début "Dryas II".

Hypothèse plausible du 2ème éboulement de la voûte de la grotte :

Le diagramme pollinique montre qu'une grande humidité règne au niveau de l'échantillon 393 cm. Vers la fin de la 1ère partie de Bölling, la roche devait être gorgée d'eau quand survint la vague de froid brutale au niveau de l'échantillon 389 cm, correspondant à un froid très sec mais bref qui a pu retenir prisonnière l'eau en glace dans la roche. Puis vers la fin de cette péjoration, l'élévation des températures et l'augmentation de l'humidité conditionnent à nouveau le mécanisme des gels et dégels fréquents, fragilisant de plus en plus la roche de la voûte. Les grands chocs thermiques ont pu provoquer son effondrement en masse et brutalement tout de suite après 389 cm. Ceci semblerait être l'explication la plus plausible de l'arrêt de l'occupation de la grotte. Dupont (1867) constatait que l'état d'abandon des objets dans la grotte pouvait témoigner d'une chute subite et en masse de la voûte.

Remarques :

Cette bonne préservation pollinique semble due au substratum calcaire qui donne des sols riches en bases, et qui, à faible profondeur, est un frein efficace à l'acidification. Cette action s'est trouvée renforcée par les couches des éboulements calcaires inférieures et supérieures provenant de l'effondrement de la voûte de la grotte qui ont scellé et préservé la couche magdalénienne.

La grotte magdalénienne de Roffat, située dans la Loire (analyse sédimentologique de Kervazo, 1989), présente un Bölling ayant une courbe climatique proche de celle de Chaleux ; c'est-à-dire qu'il est formé par la succession de deux réchauffements séparés par une péjoration climatique. Le premier réchauffement est nettement plus marqué que le second. Ce qu'il se passe à Chaleux, dans un environnement climatique normalement plus sévère qu'en Loire, est donc tout à fait comparable. Ce phénomène climatique dépasserait donc le cadre local.

INTERPRETATION CHRONOSTRATIGRAPHIQUE

La comparaison de certains événements botaniques majeurs du site de Chaleux avec ceux rencontrés dans d'autres sites, permet l'attribution de l'occupation magdalénienne à l'oscillation climatique du Bölling.

On constate dans le diagramme que l'extension maximum et subite de *Juniperus* s'est faite sur un temps très court suite à une amélioration climatique importante, juste avant l'installation des arbres de la "forêt" (concrétisée dans les spectres à partir de 396 cm). Ce fait a toute son importance car les synthèses des travaux de Bertsch (1961) et de Beaulieu (1977) montrent que, de la Suède aux Alpes méridionales françaises, *Juniperus* se développe juste avant l'installation de la forêt, c'est-à-dire, surtout au Préboréal en Europe du Nord et au Bölling en Europe moyenne. Cette observation à Chaleux permet de caler la base de Bölling à 400 cm et confirme tout à fait les conclusions de Beaulieu (1977), à savoir qu'en Europe moyenne, le début du Bölling est défini par l'optimum de *Juniperus*, mais celui-ci est parfois plus ou moins bien perçu. A Chaleux, compte tenu des caractéristiques édaphiques actuelles, *Juniperus* aurait pu s'installer plus précocelement qu'ailleurs. En Suisse, à Muriefield, à 500 m d'altitude (Welten, 1972), l'optimum de *Juniperus* est daté de $13\ 350 \pm 180$ BP à $12\ 400 \pm 130$ BP. Dans les Alpes du Sud, à Siguret, à 1 066 m d'altitude (de Beaulieu, 1970), l'optimum de *Juniperus* est daté $13\ 190 \pm 260$ BP. Sur le Plateau Romand (Gaillard, 1984), *Juniperus* se développe toujours avant l'extension maximale de *Betula*. L'auteur remarque que cette évolution est caractéristique pour tous les sites de basse altitude, inférieurs à 1000 m, du Moyen-Pays Romand Suisse et des régions limitrophes. Ce même phénomène se remarque à Chaleux qui n'est qu'à 115 m.

L'extension subite et maximum de *Betula* (dans le spectre 385 cm), après la phase à *Juniperus*, est l'autre caractéristique de Chaleux permettant de confirmer la continuité du Bölling. D'autre part, Verbruggen (1979), à St Andries-Beisbroek en Flandre, a noté que l'immigration de *Betula* suit souvent celles de *Juniperus* et d'*Hippophae* (à Chaleux, *Hippophae* est très peu représenté) et les pourcentages élevés de ces taxons s'étendent sur un temps très court. Cette observation se constate à Chaleux à propos de *Juniperus* et *Betula*. De Beaulieu (1977) a remarqué que l'extension de *Betula* dans les sites de moyenne altitude se produit seulement au Bölling, postérieurement à la phase de *Juniperus*. Clerc (1988) a observé qu'à St Julien de Ratz, à 650 m d'altitude, au pied de la Chartreuse, le maximum de *Betula* est daté de $12\ 470 \pm 320$ BP à $12\ 100 \pm 360$ BP. En Suisse, à Muriefield (Welten, 1972), l'extension de *Betula* est datée de 12 700 à 12 000 BP. Il est du plus grand intérêt de voir que ce même phénomène se produit à Chaleux dans la phase attribuée à la deuxième partie

du Bölling, ou phase B, qui est stérile en industrie.

Par l'observation de ces événements - *Juniperus* à la base du Bölling et *Betula* dans la partie supérieure du Bölling lors du 2ème réchauffement -, le site de Chaleux montre qu'il a beaucoup plus d'affinités avec les sites d'Europe moyenne et jusqu'aux Alpes méridionales que ceux d'Europe du Nord ou même des régions belges citées ci-dessous.

Il serait souhaitable que des analyses palynologiques puissent être réalisées sur certains sites du Bassin Parisien et des Ardennes présentant des analogies artistiques et lithiques avec le site de Chaleux, dans le but d'une comparaison.

Quant aux analyses de tourbières, de pingos et de sols fossiles de Belgique, elles se montrent souvent plus homogènes et présentent beaucoup plus d'arbres qu'à Chaleux où, selon les régions, dominent tour à tour durant le Bölling, *Pinus*, *Betula* et parfois *Salix*. Dans l'ensemble du territoire belge, jusqu'à présent, la majeure partie des analyses connues (in Schutz, 1989) plaide en faveur d'un réchauffement moins prononcé qu'à Chaleux, mais surtout assez humide, et ce, depuis la Flandre Occidentale en passant par la Moyenne Belgique, la Campine, le Limbourg belge et hollandais et le Plateau des Hautes Fagnes. Par contre, certains sites comme celui à Heverlee (Moyenne Belgique), situé dans la plaine alluviale de la Dyle à la limite du manteau loessique continu et des sols sableux (Mullenders et Cornil, 1956), celui de Lommel (Campine), abrité dans les sables dunaires du Limbourg belge (Mullenders et Cornil, 1958) ou de St Andries-Beisbroek en Flandre Occidentale (Verbruggen, 1979), laissent une note plus tempérée que ceux dans les régions précédemment énumérées.

Aussi, le site de Chaleux concrétiserait ce que laissait entrevoir Verbruggen (1979) dans le cordon dunaire à St Andries-Beisbroek en Flandre Occidentale, "où le climat du début du Tardiglaciaire, antérieur à Alleröd, atteignait des températures optimales d'après les thermophiles aquatiques". Le diagramme pollinique de Chaleux confirme un maximum tempéré, voire chaud, dans la 1ère partie du Bölling. Il pourrait rejoindre aussi les observations faites par Coope (1985), sur l'étude paléoécologique d'une lentille tourbeuse ensevelie dans le rempart d'une *palse* de la Konnerzvenn, dans les Hautes Fagnes, (in Damblon et Bastin, 1986), où il conclut : "L'échantillon inférieur contient des coléoptères qui suggèrent le climat le plus chaud (parlant du Bölling) et les échantillons supérieurs suggèrent des conditions plus froides. Ce résultat est tout à fait en accord avec les données obtenues en beaucoup d'endroits, en Angleterre, par l'étude de ces insectes, le Bölling est toujours plus chaud que l'Alleröd". A Chaleux, Alleröd n'est pas représenté, mais la 1ère partie du Bölling traduit une période très tempérée voire chaude sur une durée assez courte, pouvant s'étendre sur 4 à 5 siècles environ.

Quant à l'industrie de Chaleux contenue dans la couche 4, la palynologie l'attribue à la 1ère partie du Bölling correspondant à l'optimum climatique. Elle est caractéristique du Magdalénien Supérieur (Dewez, 1984, 1987; Otte, 1984; Lejeune, 1984, 1987; Cabboi 1991). Les dates C14 (Gilot) donnent Bölling.

Si l'on s'accorde à faire débuter le Bölling vers 13 300 BP, la date C14 de 12 990 ± 140 BP Lv. 1569 ne refléterait pas tout à fait la base du Bölling, à moins qu'elle ne se situe pas à la base de l'industrie et pourrait alors être un peu vieillie. Dupont (1872), dans ses fouilles, n'avait remarqué qu'une seule couche magdalénienne. Ce fait plaide en faveur d'une occupation sur une assez longue durée. A l'endroit du prélèvement pollinique, cette unique et même couche fut confirmée par Cabboi (1987). Vu ces constatations, au regard du diagramme pollinique, la date de 12 710 ± 150 BP Lv. 1136 peut être retenue pour la partie supérieure de l'occupation magdalénienne.

Quant à la date de 12 370 ± 170 BP Lv. 1568, qui est proche de la fin du Bölling, elle serait trop jeune compte tenu de l'absence d'industrie dans la 2ème partie de Bölling. Ceci confirmerait qu'il n'y a pas contemporanéité avec les sites rhénans de Gönnersdorf et d'Andernach où l'occupation magdalénienne est située à l'extrême-fin Bölling. Tandis qu'à Chaleux, le diagramme situe incontestablement l'occupation magdalénienne dans la 1ère partie du Bölling et ce, depuis sa base, vers 13 300 BP jusqu'à la fin de l'optimum climatique.

A partir du niveau situé à 393 cm, vers la fin de l'occupation humaine, on perçoit un changement dans les conditions hydrologiques, hygrologiques et climatiques. Les arbres mésothermophiles et thermophiles reculent définitivement et à partir de là, *Salix* marque une forte extension sous une très grande humidité. Simultanément, certains indices floristiques indiquent une amorce d'une détérioration progressive du climat. Puis après 393 cm, le climat s'assèche brutalement avec des conditions rudes ; c'est la péjoration climatique de grande amplitude mais brève correspondant au niveau 389 cm. Ensuite l'effondrement de la voûte de la grotte a scellé la couche magdalénienne.

Si on vieillit les dates C14 de la valeur positive du sigma (compte tenu de l'imprécision statistique entre les 2 sigmas), on obtient : 12 860 BP à Chaleux pour la fin de l'optimum climatique et/ou 12 710 pour la fin de l'occupation magdalénienne.

Compte tenu de l'ensemble des résultats, des interprétations paléoclimatiques, des datations et de leur intervalle de confiance, il est de plus en plus probable que la date de 12 860 BP soit à retenir pour la fin du 1er réchauffement du Bölling, celui-ci pouvant s'étendre sur 440 ans environ (13 300 jusque vers 12 860 BP). Peu après cette date prend fin l'occupation magdalénienne suite au 2ème et très gros éboulement de la voûte de la grotte.

L'appartenance au Bölling du 2ème réchauffement marqué par l'extension subite de *Betula* ne fait aucun doute, ceci en accord avec les observations faites dans d'autres sites (*supra*). Les dates connues de l'extension de *Betula* s'intègrent parfaitement dans la partie supérieure du Bölling ou phase B, après 12 710 BP.

D'après toutes ces données, il semble que la durée d'occupation de la couche magdalénienne de la grotte de Chaleux se précise de plus en plus. Elle se situerait dans un intervalle de temps allant de 13 300 BP jusqu'aux environs de 12 710 ± 150 BP. Selon la date exprimée entre les 2 sigmas et au regard du diagramme cette durée d'occupation serait comprise entre 440 ans et 590 ans (jusqu'à 12 860-12 710), (12 560 est déjà trop tardive).

Une des caractéristiques essentielles du matériel archéologique de la couche magdalénienne de la grotte de Chaleux est d'être homogène. Son attribution au Magdalénien Supérieur ne fait plus aucun doute et écarte l'hypothèse d'un rattachement des interstades plus anciens de Lascaux ou

d'Angles. En outre, disposant de trois dates C14 recueillies sur le matériel archéologique, il ne semble pas possible de toutes les mettre en doute, deux d'entre elles concordent parfaitement avec les hypothèses émises plus haut. D'autre part, il n'est pas possible d'attribuer cette occupation à Alleröd puisque l'industrie n'est pas tjongérienne. De plus, Gullentops (*com. orale*) n'a pas retrouvé à Chaleux les poussières volcaniques du Laacher See, donc l'hypothèse d'Alleröd est à écarter définitivement.

Selon les informations écologiques de cette région, la nature du substrat en majorité calcaire, les recherches pédologiques de Bourguignon (1966), les travaux de Delvaux et Galoux (1962) et de Onclinckx, Tanghe, Galoux et Weissen (1987) : "la carte des territoires écologiques de la Wallonie" et "les données stationnelles regroupées par secteurs dans les diagrammes sectoriels", indiquent que le site se range parmi les stations à tendance "chaude et sèche". Les recherches sur la flore du Parc National de Furfooz et de la vallée de la Lesse de Noirfalice (1948), de Duvigneaud (1958), de Vanseveren 1969) et de Van Schingen (1985), montrent que le biotope général de cette région est des plus diversifiés, qu'il se divise en biotopes et microbiotopes très variés. Tous ces événements écologiques expliquent la difficulté de ne pas trouver des points de comparaison avec des sites d'écologie différente.

L'analyse pollinique de Chaleux montre que le site enregistre les phénomènes locaux d'un biotope privilégié. Il révèle en outre l'existence de taxons guides reconnus par ailleurs en Europe moyenne et jusque dans les Alpes méridionales. L'apport des datations aux extensions des taxons guides, est un auxiliaire tout aussi précieux permettant de tester leur valeur chronostratigraphique dans le diagramme de Chaleux.

Conclusion

L'analyse pollinique de Chaleux constitue un point de départ pour les recherches de la vallée de la Lesse.

Elle a permis de révéler l'existence des taxons guides, de mettre en évidence un milieu privilégié dans ce secteur "vallées inférieures et moyennes du bassin mosan", et la persistance d'une végétation liée à des zones de refuges à proximité du site durant les périodes rigoureuses du Würm. Cette végétation est constituée de la chênaie mixte ainsi que d'*Alnus*, *Corylus*, *Picea* dont les pourcentages s'accroissent rapidement et simultanément aux cours d'oscillations plus tempérées.

La palynologie a permis de décrire l'évolution de la végétation depuis la fin du Dryas I jusqu'au début "Dryas II". L'occupation magdalénienne se situe dans un interstade du Tardiglaciaire, celui de Bölling. La couche magdalénienne débute avec cet interstade, et se prolonge jusqu'à la fin de l'optimum climatique relatif à la première partie du Bölling (ou phase A), correspondant à une amélioration climatique de grande ampleur mais de courte durée.

C'est le premier site archéologique où une analyse palynologique date aussi finement une occupation magdalénienne et permet de proposer une nouvelle interprétation paléoclimatique du Bölling.

En effet le "Bölling de Chaleux" est caractérisé par la succession de deux réchauffements de type tempéré, séparés par une péjoration climatique importante mais brève.

Le premier réchauffement (ou phase A) est nettement plus marqué que le second. Il est ressenti comme une amélioration climatique de grande amplitude, correspondant à des élévations de températures importantes ayant favorisé l'installation de massifs forestiers assez conséquents, voire de "forêts" diversifiées entrecoupées de clairières. Cet optimum climatique est contemporain de l'occupation magdalénienne.

Les conditions climatiques de la première partie du Bölling semblent proches de celles actuelles et ont permis une dynamique forestière proche du stade de la forêt climatique collinéenne.

Le deuxième réchauffement (ou phase B) est nettement moins marqué. Il n'est pas improbable que sa faible intensité résulte d'une plus grande humidité locale ou régionale. Le dépôt contemporain ne contient pas d'industrie.

C'est en multipliant ce type d'analyse, si possible confortée par des recherches pluridisciplinaires, qu'il sera possible de compléter cette observation qui déjà dépasse le cadre local par les exemples exposés dans ce travail.

L'analyse pollinique du site de Chaleux, tout comme son matériel lithique, osseux et ses témoins artistiques, apporte une contribution importante, voire de référence, dans la chronologie des sites archéologiques contemporains de l'interstade de Bölling.

IV.3 Conclusions sur le paléoenvironnement

Les conditions climatiques lors de l'occupation du site de Chaleux apparaissent tout à fait exceptionnelles. La douceur des températures a très bien été démontrée par les données palynologiques et confirmée par les analyses fauniques. Les premiers résultats fournis en malacologie par J.-M. Léotard, viennent conforter les observations sur le caractère tempéré et humide du climat à l'époque magdalénienne (en Belgique).

Ces résultats ne nous permettent plus de douter de la fiabilité des charbons de bois récoltés dans le foyer que l'on peut sans aucun doute attribuer à l'occupation préhistorique. La flore reconnue dans les assemblages de charbons de bois est en parfait accord avec celle identifiée par l'analyse des pollens. Elle correspond tout à fait au maximum du réchauffement de la première partie du Bölling.

Nous observons à travers ces données que le climat a évolué durant la période d'installation humaine. Au début de l'occupation, c'est la mise en place du caractère tempéré avec déjà de très nets indices sur la clémence des températures et une humidité accrue. Un maximum du réchauffement apparaît au centre de l'occupation (prélèvements palynologiques aux altitudes 349 cm en R8 et à 396cm dans la colonne de prélèvement malacologique : échantillon 10). Des températures optimales accompagnent un épaisissement du couvert forestier dominé par les espèces de la chênaie mixte. L'humidité est également bien marquée par l'apparition de plantes de milieu humide (dont certaines nécessitent des conditions climatiques très douces, comparables aux actuelles). Au sommet de la couche archéologique, les prémices de la

dégradation climatique se font sentir annonçant le refroidissement séparant les deux phases tempérées du Bölling et la fin de l'occupation à Chaleux.

Ces conditions climatiques de type tempéré (voire même chaud) a favorisé l'extension d'espèces végétales très diversifiées d'autant plus que le paysage aux alentours de Chaleux offre de nombreuses zones refuges qui peuvent protéger des espèces mésothermes : *Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Acer*, *Alnus*..., durant le Tardiglaciaire.

La diversité des paysages de cette vallée ouverte a créé des biotopes extrêmement variés, enrichissant l'éventail de la flore. Aujourd'hui encore, cette région présente des microbiotopes très différents et un microclimat particulièrement doux. L'alternance d'escarpements rocheux, de coteaux en pente douce à exposition variée, de vallées ouvertes ou encaissées, de plateaux et de berges de rivières, forme autant de niches écologiques où se sont développées les espèces végétales inféodées à chacun de ces milieux.

Cette richesse écologique a profité également à la faune. Ce qui explique vraisemblablement la grande variété d'espèces à Chaleux, chacune pouvant trouver un refuge dans les différentes niches écologiques des vallées de la Lesse et de la Meuse.

Le Cheval qui domine dans cet échantillonnage et les Bovinés indiqueraient la présence de clairières et des prairies-steppes. Les Bouquetins et les Chamois semblent correspondre à un peuplement des escarpements rocheux, nombreux dans la région. Les Cerfs ont pu s'accommoder des clairières de la chênaie mixte attestée par l'analyse des pollens. Le Renne par contre, provient de régions plus froides, peut-être avaient-ils été chassés sur les plateaux ardennais qui pouvaient présenter à cette époque un milieu adéquat pour le développement de cette espèce.