

## Remarques paléoécologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France

José Antonio LÓPEZ-SÁEZ<sup>1,2</sup>, Bas VAN GEEL<sup>3</sup>, Solange FARBOS-TEXIER<sup>1</sup>  
& Marie Françoise DIOT<sup>4</sup>

### Résumé

L'étude de treize palynomorphes non-polliniques, observés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en France, permet de compléter les résultats apportés par les pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biologique par rapport à son trophisme, les notions d'humidité ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le milieu, l'hypothèse d'incendie, etc. sont en particulier possibles.

### Mots-clés

Palynomorphes non-polliniques, paléoécologie, archéologie, Quaternaire, France.

### Abstract

**The palaeoecological indicator value of some non-pollen palynomorphs from quaternary sediments in France.**- The study of 13 non-pollen palynomorphs from French Quaternary permitted the discussion about some palaeoecological questions such as trophic conditions, humidity and human impact on the environment.

### Key Words

Non-pollen palynomorphs, palaeoecology, archaeology, Quaternary, France.

### 1. INTRODUCTION

Au cours de la lecture de lames polliniques nous rencontrons souvent d'étranges formes non-polliniques. Ces microfossiles, méconnus pour la plupart, commencent à être décrits, identifiés et pris en compte (c.f. VAN GEEL, 1972, 1978; PALS *et al.*, 1980; VAN GEEL *et al.*, 1981, 1983, 1984, 1986, 1989, 1994, 1996; DIOT, 1991, 1992; KUHRY, 1997). Ce sont, en général, des spores d'algues, de cyanobactéries, de champignons, de mousses ou encore des kystes d'origine ontogénétique très variée. Un des auteurs (Dr. VAN GEEL) prépare un atlas avec descriptions et photos de toutes les formes non-polliniques publiés jusqu'à présent.

Aux pollens, *sensu stricto*, on associe déjà depuis toujours l'étude de quelques spores de fougères; celles des mousses sont souvent beaucoup plus difficiles à déterminer (BOROS & JARAI-KOMLÓDI, 1975). L'interprétation des diagrammes classiques, selon l'état de

conservation de ces pollens et spores, est parfois délicate et nous avons constaté de toute façon que le supplément d'informations apporté par ces palynomorphes non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est abondante et elle concerne surtout des sédiments du nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédiments expérimentaux plus méridionaux, en restant prudents: observer le mieux possible convergences ou divergences, pour noter si ces résultats précédents peuvent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pensons maintenant que cela est possible, mais avec certaines réserves quant à l'interprétation écologique.

Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont successivement: quatre spores de champignons (*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporotheca* sp.,

<sup>1</sup> Laboratoire de Palynologie, CRA, CNRS, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France

<sup>2</sup> Laboratorio de Arqueobotánica, CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne

<sup>3</sup> Faculty of Biology, University of Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande

<sup>4</sup> Centre National de Préhistoire et UMR 9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

*Coniochaeta cf. ligniaria*), trois kystes d'amibes (*Amphitrema flavum*, *Assulina seminulum*, *Arcella* sp.), deux microfossiles d'identité inconnue (Type 119, Type 181), trois spores d'algues (*Spirogyra* sp., *Mougeotia* sp., *Zygnema* type) et un représentant des Cyanobactéries (*Rivularia* type).

GRAHAM (1971), VAN GEEL & VAN DER HAMMEN (1978), VAN GEEL (1979a, 1979b) et VAN GEEL & GRENFELL (1996) ont travaillé sur les zygospores d'algues, car ils ont observé qu'elles sont de bons marqueurs paléoécologiques en paléobotanique. La connaissance de certains groupes est encore limitée, et c'est le cas de la famille des Zygnematacées (VAN GEEL, 1976a; VAN GEEL & GRENFELL, 1996), malgré l'existence de nombreux travaux morphologiques et systématiques sur cette famille (CZURDA, 1932; KOLKWITZ & KRIEGER, 1941; TRANSEAU, 1951; RANDHAWA, 1959; HOSHAW, 1968; FOTT, 1971; KADLUBOWSKA, 1984).

De même, pour les champignons, plusieurs types morphologiques ne sont pas encore bien interprétables sur le plan paléoécologique (VAN GEEL, 1978). Pourtant, VAN GEEL (1979b, 1986, 1992) utilise les champignons et autres fossiles non polliniques pour affiner la compréhension paléoécologique de sédiments holocènes.

BEYENS (1984) utilise les kystes d'amibes (rhizopodes) pour mettre en évidence des changements d'humidité en milieu marécageux.

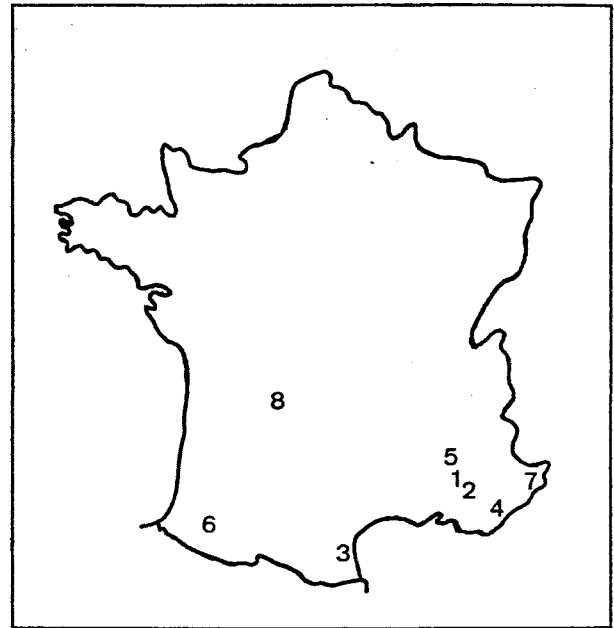
Il nous paraît donc important de noter toute information nouvelle sur l'identification, l'écologie, les associations de microfossiles non-polliniques, afin d'approfondir l'étude du paléoenvironnement. Les recherches en ce sens sont encore rares, surtout en région méditerranéenne (LÓPEZ-SÁEZ, 1997).

## 2. DEMARCHE

Huit sites très différents ont été étudiés (Fig. 1), avec une attention particulière portée aux microfossiles non-polliniques. Ce sont six sites archéologiques, une carotte géologique et une étude de pluie pollinique actuelle:

1. La Combette (Vaucluse): site archéologique du Paléolithique moyen (LÓPEZ-SÁEZ & TEXIER, en cours).
2. Les Petites Bâties (Vaucluse): site archéologique néolithique de plein-air (FARBOS-TEXIER, en cours).
3. Dolmen Creu de la Falibe (Pyrénées Orientales): tumulus mégalithique (en cours).
4. Roquebrune sur Argens (Var): site archéologique avec des niveaux datés de l'Age du Fer jusqu'à l'Antiquité tardive (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997a). Plusieurs échantillons de mousse y ont aussi été analysés pour comparer avec la pluie pollinique actuelle.
5. La Palud-Les Dêves (Vaucluse): fossé de drainage gallo-romain (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997b).

Fig. 1: Situation des sites étudiés (voir texte pour la numérotation)



6. Oloron (Pyrénées Atlantiques): site archéologique de l'Antiquité tardive (en cours).
7. Nice-aéroport (Alpes Maritimes): étude d'une remblaiement de l'estuaire du Var par une carotte couvrant tout l'Holocène.
8. En Limousin (Haute-Vienne): une étude systématique de la pluie pollinique pour étudier la dispersion des pollens d'aulne dans les vallons tourbeux de bas plateaux (DIOT & LÓPEZ-SÁEZ, 1997).

Pour décrire et définir les palynomorphes non-polliniques nous avons conservé la numérotation typologique déjà pratiquée par l'école de VAN GEEL au laboratoire Hugo de Vries d'Amsterdam. Nous donnons des précisions morphologiques lorsque nos observations diffèrent de celle de la bibliographie citée.

## 3. DESCRIPTION ET PALÉOÉCOLOGIE

### 3.1. *Gelasinospora* sp. (Type 1) (Planche I, Photo 1)

Il s'agit d'ascospores ellipsoïdales d'un champignon, d'une coloration marron à noire, ornés de fosses hyalines de presque 1 µm. VAN GEEL (1972) identifie ce type comme étant peut-être *Gelasinospora tetrasperma*, mais ainsi que le disent aussi MALLOCH & CAIN (1970), il pense plus tard (VAN GEEL, 1978) que cette spore de *Gelasinospora* n'est pas assez caractéristique pour pousser jusqu'à une détermination spécifique. Quoi qu'il en soit les différentes espèces de *Gelasinospora* sont essentiellement fimicoles (du latin *fimicus*, fumier), mais certaines sont aussi carbonicoles et

servés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en  
r les pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo-  
gité ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le  
r possibles.

écologie, Quaternaire, France.

on-pollen palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of  
nary permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro-  
e environment.

ology, Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica-  
te et nous avons constaté de toute façon que le supplé-  
ment d'informations apporté par ces palynomorphes  
non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ  
et al., 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés  
depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est  
abondante et elle concerne surtout des sédiments du  
nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous  
avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi-  
ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru-  
dents: observer le mieux possible convergences ou  
divergences, pour noter si ces résultats précédents peu-  
vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen-  
sons maintenant que cela est possible, mais avec  
certaines réserves quant à l'interprétation écologique.  
Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous  
avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont  
successivement: quatre spores de champignons  
(*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporothea* sp.,

<sup>1</sup> A, CNRS, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
<sup>2</sup>, CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
of Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
<sup>3</sup> et UMR 9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

lignicoles (LUNDQVIST, 1972). VAN GEEL (1978)  
constate la présence en grande quantité (jusqu'à 5%) de  
spores de *Gelasinospora* dans des couches contenant du  
charbon, ce qui prouve son caractère carbonicole mais  
aussi peut-être sa préférence pour des conditions de  
sécheresse (VAN GEEL, 1972).

*Gelasinospora* (Type 1) serait donc un marqueur de  
conditions de sécheresse locale (VAN GEEL, 1978).  
On trouve aussi ce type d'ascospore dans les couches  
les plus fortement décomposées d'une tourbière (VAN  
GEEL et al., 1981). Cette préférence pour des condi-  
tions sèches est aussi confirmée par le fait qu'on  
l'observe toujours dans des couches où ne se trouvent  
pas les algues *Botryococcus*, *Pediastrum*, *Rivularia*  
type ou *Characeae* par exemple, c'est-à-dire pendant  
une phase marécageuse et non pas aquatique (VAN  
GEEL et al., 1989). De la même façon, WITTE & VAN  
GEEL (1985) observent des ascospores de  
*Gelasinospora* dans une phase relativement sèche  
d'une tourbière hollandaise. KUHRY (1997) observe  
*Gelasinospora* en grande quantité (22%) dans une tour-  
bière à Beauval au Canada, dans une couche à char-  
bons; il conclut que *Gelasinospora* est lié aux niveaux  
de tourbières à sphaignes qui contiennent des charbons.  
GARNEAU (1996) a fait les mêmes constatations.  
Nous avons identifié *Gelasinospora* à Roquebrune sur  
Argens (Fig. 2) avec de faibles pourcentages (< 1%)  
dans le niveau attribué à l'Age du Fer (site 214, zone  
3): il y est associé à la présence constante de charbons  
dans la coupe ainsi qu'à des indices d'érosion (*Glomus*  
cf. *fasciculatum*), d'anthropisation (Cichorioideae,  
*Aster* t., Cardueae) et de sécheresse très marqués. À  
Nice-aéroport, nous l'avons aussi déterminé avec des  
pourcentages très faibles.

*Gelasinospora* (Type 1) apparaît donc typique de  
phases de sécheresse même en tourbière et il est aussi,  
souvent, associé à des sédiments contenant du charbon.

**3.2. *Chaetomium* sp. (Type 7A) (Planche I, Photos 2-3)**

Ce sont des ascospores de champignons; elles sont de  
petite taille (3,5 x 6-8 µm) et en forme de citron.  
D'après VAN GEEL (1978), ces champignons peuvent  
décomposer la cellulose d'une manière très active, et  
sont présents dans les plantes et fumiers décomposées  
avec parfois des proportions supérieures à 40%.  
LÓPEZ-SÁEZ et al. (1996) ont observé dans le Massif  
Central espagnol (Puerto de Casillas, Sierra de Gredos)  
des courbes de *Chaetomium* sp. inversement propor-  
tionnelles à celles du châtaignier (Fig. 3) et conclu qu'il  
s'agit d'un champignon probablement carbonicole; il y  
avait en effet de forts pourcentages de *Chaetomium*  
pendant la disparition du châtaignier et l'augmentation  
des charbons.

En France *Chaetomium* est fréquent à Roquebrune sur  
Argens (Fig. 2) dans des couches à microcharbons  
(LÓPEZ-SÁEZ et al., 1997a). Il est aussi abondant à

Oloron et à La Combette (Fig. 4) dans des niveaux  
anthropisés et riches en charbons. Aux Petites Bâties, il  
n'a que de faibles pourcentages mais il est présent très  
souvent. À Nice-aéroport, il présente de forts pourcen-  
tages quand diminuent les courbes du sapin et du chêne  
pubescent.

En conclusion il semble que ces spores de champignons  
soient abondantes dans des zones de forte accumulation  
de bois mort et/ou brûlé, ainsi que dans des sédiments  
anthropisés. VAN GEEL (1992) et BUURMAN et al.  
(1994) précisent, en plus, sa probable valeur indicatrice  
d'un impact humain indirect.

**3.3. *Diporothea* sp. (Type 143) (Planche I, Photo 4)**

Il s'agit d'une spore de champignons parasites  
(Meliolaceae), polyédrique, fusiforme, bicloisonnée  
dans sa longueur et aux extrémités tronquées. Sa surfa-  
ce est ornée de petits bâtonnets longitudinaux en relief.  
Elle a été décrite pour la première fois en 1982 (VAN  
DER WIEL, 1982) mais identifiée comme telle plus  
tard (VAN GEEL et al., 1986; VAN GEEL et al.,  
1989).

Cette spore apparaît régulièrement dans des dépôts  
holocènes formés sous des conditions eutrophiques à  
mésotrophiques (VAN GEEL et al., 1986; VAN DER  
WOUDE, 1983). Nous l'avons observée dans des  
niveaux de la carotte de Nice-aéroport, au moment où  
les pourcentages de pollen d'aulne diminuent.

Donc, pour l'instant il n'y a pas d'arguments suffisants  
pour préciser son écologie et les résultats actuels sont  
assez contradictoires, néanmoins on doit toujours consi-  
dérer une possible relation de parasitisme avec certains  
végétaux.

**3.4. *Coniochaeta* cf. *ligniaria* (Type 172) (Planche I, Photo 5)**

C'est une spore de champignon, ellipsoïdale, marron  
foncé, rétrécie et plus claire dans sa zone équatoriale.  
Elle a d'abord été décrite par VAN GEEL et al. (1983).  
Ce champignon est commun sur le bois et le fumier  
(MUNK, 1957). On la mentionne aussi dans une biozo-  
ne dominée par *Thelypteris palustris* (VAN GEEL et  
al., 1983) sans autre renseignement écologique.

Nous l'avons identifiée à Roquebrune sur Argens  
(LÓPEZ-SÁEZ et al., 1997a) et dans les sédiments néo-  
lithiques des Petites Bâties, avec de faibles valeurs dans  
les deux cas; néanmoins sa présence est liée à des  
niveaux charbonneux et à une diminution des pollens  
d'arbres. De la même façon, dans le dolmen Creu de la  
Falibe (Fig. 5), *Coniochaeta* cf. *ligniaria* atteint 160%  
au moment où diminue la couverture arborée.

En conclusion, on ne possède encore que peu de don-  
nées précises sur ce microfossile, mais il est lié aux  
niveaux à charbon et dans un milieu en cours de défo-  
restation.



observés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en  
tr les pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo-  
gité ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le  
r possibles.

écologie, Quaternaire, France.

**non-pollen palynomorphs from quaternary sediments in France.**- The study of  
nary permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro-  
e environment.

ecology, Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica-  
te et nous avons constaté de toute façon que le supplé-  
ment d'informations apporté par ces palynomorphes  
non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ  
*et al.*, 1991).  
Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés  
depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est  
abondante et elle concerne surtout des sédiments du  
nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous  
avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi-  
ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru-  
dents: observer le mieux possible convergences ou  
divergences, pour noter si ces résultats précédents peu-  
vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen-  
sons maintenant que cela est possible, mais avec  
certaines réserves quant à l'interprétation écologique.  
Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous  
avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont  
successivement: quatre spores de champignons  
(*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporothea* sp.,  
n  
er  
b-  
et  
ns  
eo-  
ans  
des  
ens  
e la  
0%  
don-  
aux  
défo-

RA, CNRS, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
a, CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
of Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
e et UMR 9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

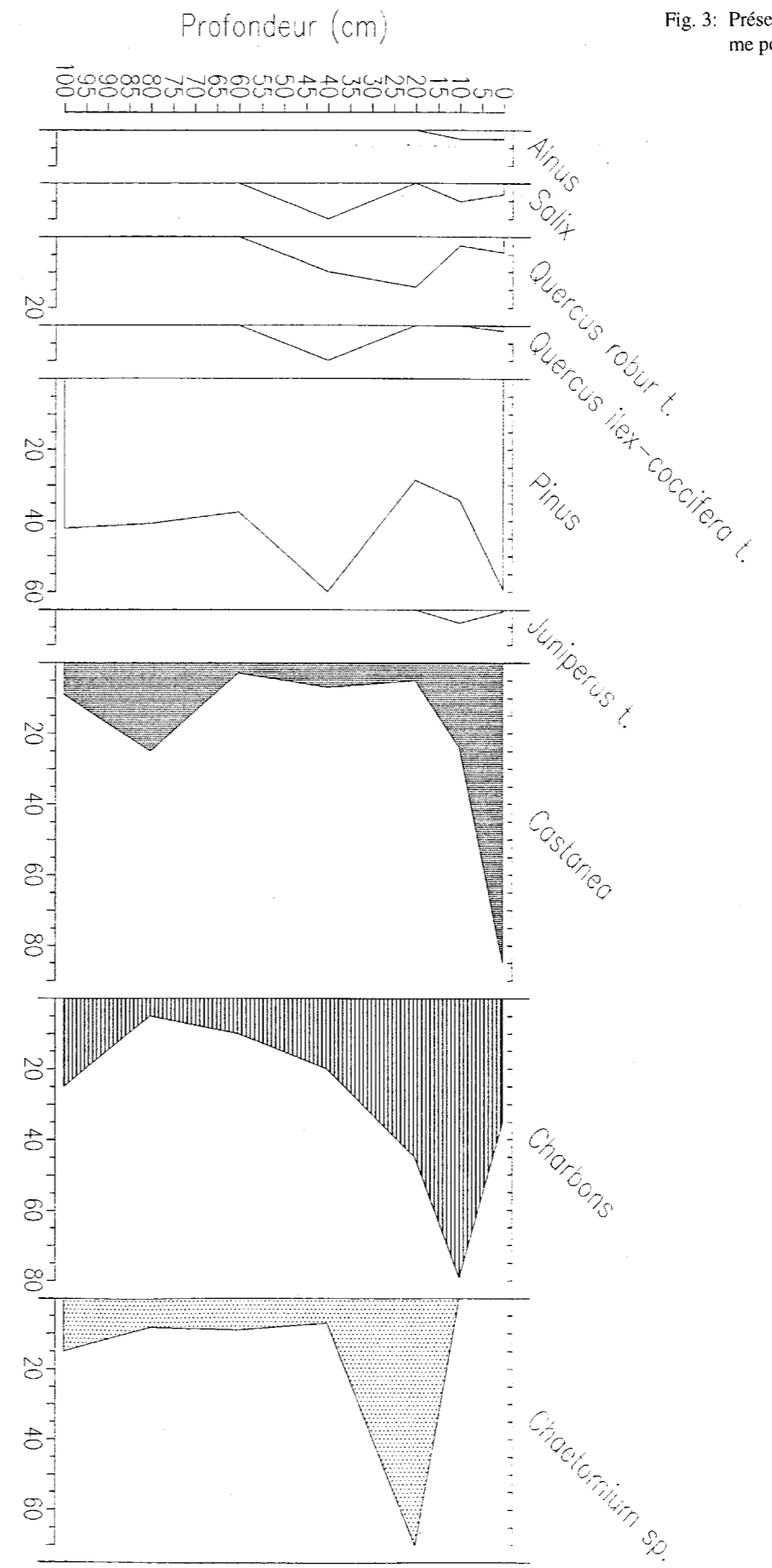


Fig. 3: Présence de *Chaetomium* sp. dans le diagramme pollinique du Puerto de Casillas, Espagne.

observés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en  
tr les pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo-  
gité ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le  
r possibles.

écologie, Quaternaire, France.

**Non-pollen palynomorphs from quaternary sediments in France.**- The study of  
nary permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro-  
e environment.

ecology, Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica-  
te et nous avons constaté de toute façon que le supplé-  
ment d'informations apporté par ces palynomorphes  
non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ  
*et al.*, 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés  
depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est  
abondante et elle concerne surtout des sédiments du  
nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous  
avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi-  
ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru-  
dents: observer le mieux possible convergences ou  
divergences, pour noter si ces résultats précédents peu-  
vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen-  
sons maintenant que cela est possible, mais avec  
certaines réserves quant à l'interprétation écologique.  
Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous  
avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont  
successivement: quatre spores de champignons  
(*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporothea* sp.,

RA, CNRS, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
a, CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
of Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
e et UMR 9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

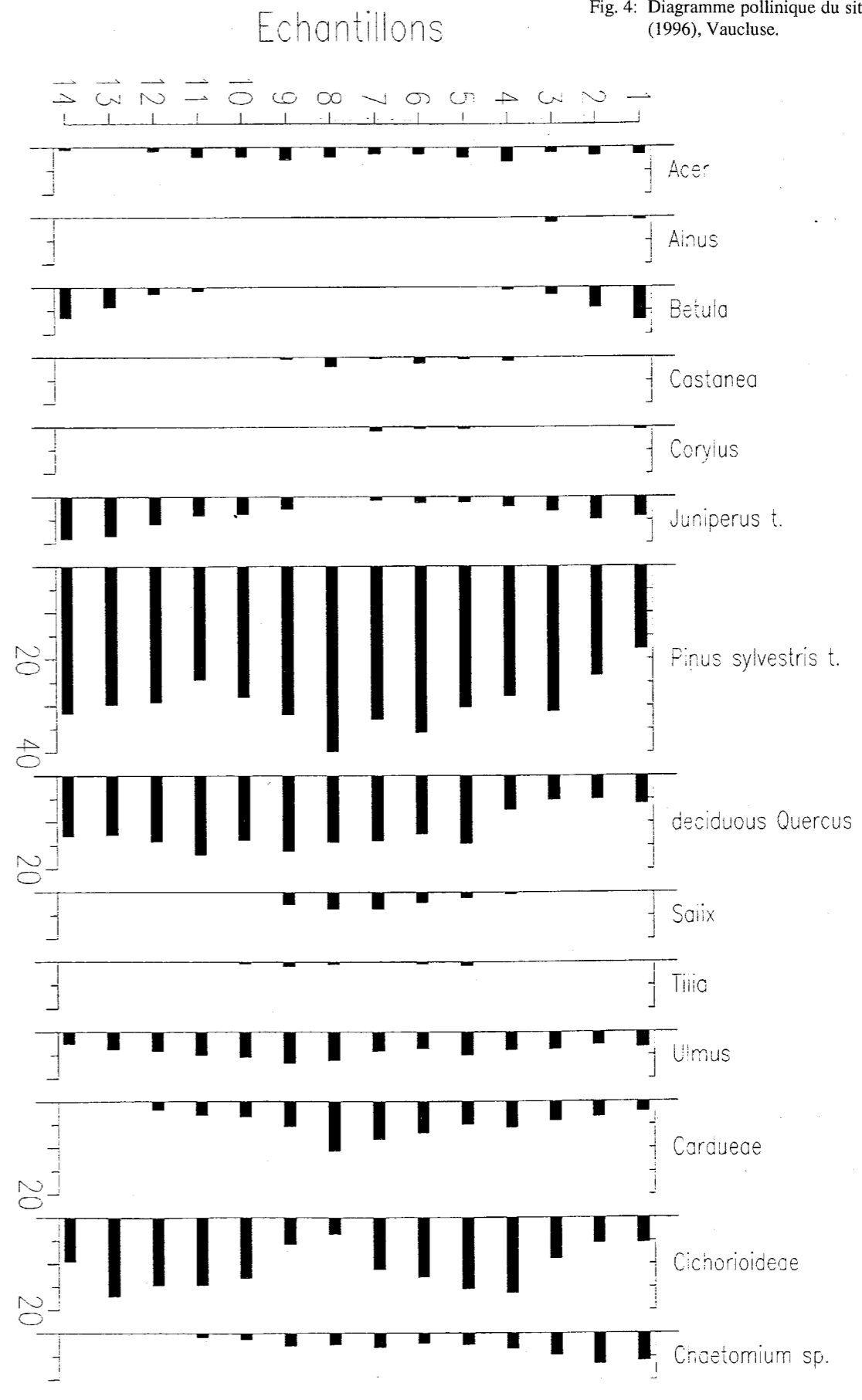


Fig. 4: Diagramme pollinique du site de La Combette (1996), Vaucluse.

servés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en r les pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo- dité ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le possibles.

éologie, Quaternaire, France.

n-pollen palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of ary permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro- environment.

ology, Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica- te et nous avons constaté de toute façon que le supplé- ment d'informations apporté par ces palynomorphes non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ et al., 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est abondante et elle concerne surtout des sédiments du nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi- ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru- dents: observer le mieux possible convergences ou divergences, pour noter si ces résultats précédents peu- vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen- sons maintenant que cela est possible, mais avec certaines réserves quant à l'interprétation écologique.

Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont successivement: quatre spores de champignons (*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporotheca* sp.,

CNRS, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
 CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
 Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
 UMR 9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

Fig. 5: *Coniochaeta* cf. *ligniaria* dans le Dolmen Creu de la Falibe, Pyrénées Orientales.

3.5. *Amphitrema flavum* (Type 31A) (Planche I, Photo 6)

Nous avons constaté comme VAN GEEL (1978) que la courbe de ce kyste d'amibe (*Thecamoeba*) apporte des indications quant à l'existence de conditions humides oligotrophiques: les pourcentages d'*Amphitrema flavum* augmentent en même temps que les autres indices d'humidité, mais sans aller jusqu'à l'interprétation d'un milieu aquatique (submergé) (CASPARIE, 1972).

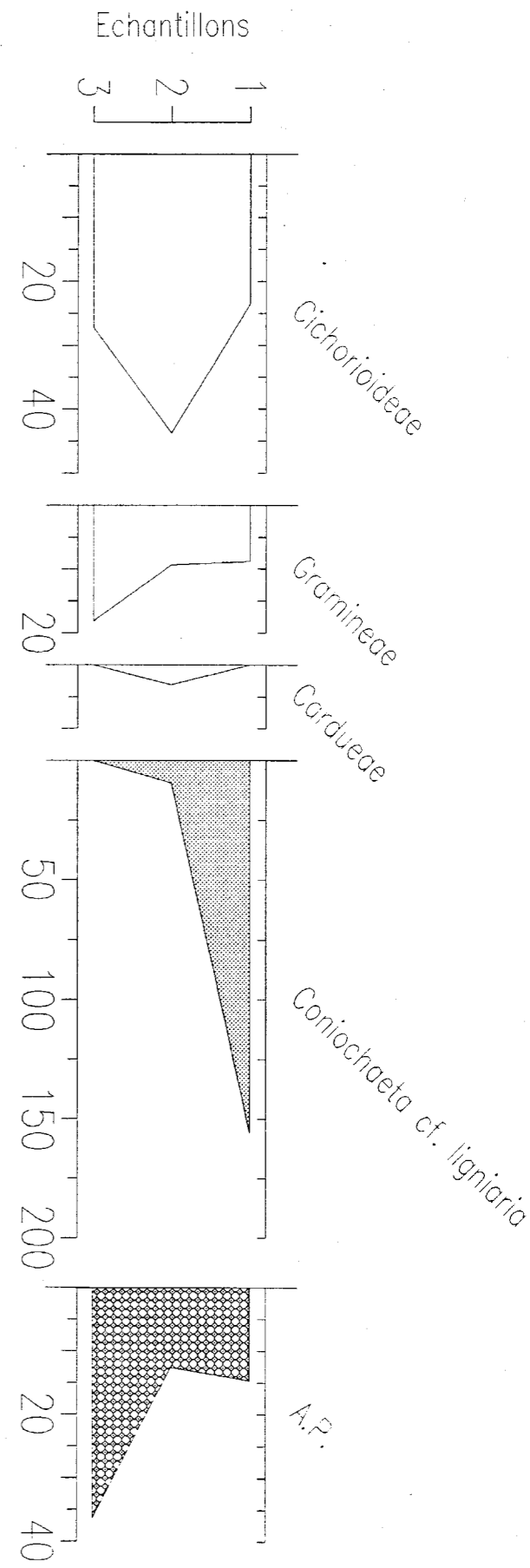
VAN GEEL (1978) montre le parallélisme des courbes d'*Amphitrema flavum* et de *Sphagnum* cf. *rubellum*, pendant le Subatlantique, dans des tourbières jeunes de Hollande. Il met aussi en évidence l'évolution du climat entre 700 BC et 300 AD à partir de ce microfossile: les pourcentages d'*Amphitrema flavum* et *Sphagnum* cf. *rubellum* sont très bas pendant les phases les plus océaniques; au contraire ils augmentent de façon importante durant les phases moins océaniques, jusqu'à 50% pour *Amphitrema flavum*.

Il faut insister sur la coïncidence entre la diminution des pourcentages d'*Amphitrema flavum* et l'eutrophisation du milieu. En effet, *A. flavum* est très abondant dans des tourbières oligotrophiques aussi bien que dans des niveaux oligotrophiques d'une coupe stratigraphique (KUHR, 1997; GÓMEZ FERRERAS et al., 1996; VAN GEEL, 1978; VAN GEEL et al., 1981).

Il caractérise bien aussi les phases plus humides à Assendelft (WITTE & VAN GEEL, 1985) d'un marécage à sphaignes. Dans les phases plus sèches à Assendelft, *Amphitrema flavum* et *Sphagnum cuspidatum* disparaissent tandis que les pollens d'Ericacées sont plus nombreux.

L'alternance des courbes de *Gelasinospora* et *Amphitrema flavum* illustre parfaitement les successions locales de phases sèches et humides: *Gelasinospora* dans les phases sèches, *Amphitrema* dans les phases humides.

Dans le diagramme interpléni-glaciaire de Tilligte (BRINKKEMPER et al., 1987), *A. flavum* est présent dans la transition entre une zone oligotrophique et une zone mésotrophique. En Belgique, l'étude détaillée de BEYENS (1985) sur les kystes d'amibes montre aussi la forte présence d'*Amphitrema flavum* dans des milieux oligotrophiques étant assez humides. En Colombie, dans la tourbière d'El Bosque (KUHR, 1988), *Amphitrema* et *Assulina* illustrent par de forts pourcentages les intervalles humides d'une phase globalement sèche. Par ailleurs, les travaux de BAKKER & VAN SMEERDIJK (1982) apportent des données précises sur l'écologie d'*Amphitrema flavum*: À Het Ilperveld, les zones C, D, E, F correspondent à des



servés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en r les pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo- dité ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le possibles.

écologie, Quaternaire, France.

n-pollen palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of ary permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro- environment.

ology, Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica- te et nous avons constaté de toute façon que le supplé- ment d'informations apporté par ces palynomorphes non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ et al., 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est abondante et elle concerne surtout des sédiments du nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi- ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru- dents: observer le mieux possible convergences ou divergences, pour noter si ces résultats précédents peu- vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen- sons maintenant que cela est possible, mais avec certaines réserves quant à l'interprétation écologique. Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont successivement: quatre spores de champignons (*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporothea* sp.,

CNRS, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
UMR 9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

couches anciennes de tourbe très décomposée, donc très organique; les zones G à K au contraire sont des niveaux de tourbe non décomposée. On constate que *Amphitrema flavum* a de forts pourcentages (jusqu'à 58%) dans les zones G à K de tourbe peu décomposée (oligotrophique), puisqu'elle disparaît dans les zones C à F de tourbe très décomposée et relativement eutro- phique. Dans les zones C-D-E de tourbe très décompo- sée, on observe aussi la présence de spores de Zygnématacées, algues typiques des milieux eutro- phiques et mésotrophiques (cf. infra).

À Beauval au Canada (KUHRy, 1997) *Amphitrema fla- vum* marque parfaitement par de forts pourcentages une phase oligotrophique, où elle est associée à des spores de sphaignes; au contraire, elle n'apparaît pas dans les phases eutrophiques inférieures où l'on trouve par contre des spores d'algues de Zygnématacées. Dans une phase postérieure oligotrophique, mais correspondant à une phase localement sèche, *A. flavum* manque. Des constatations similaires ont été lues dans les travaux de WARNER (1990) et GARNEAU (1996).

Pour résumer, *Amphitrema flavum* apparaît donc caracté- ristique de sédiments déposés dans des conditions oligo- trophiques et assez humides, c'est le cas dans les analyses faites dans les tourbières à sphaignes du Limousin (DIOT & LÓPEZ-SÁEZ, 1997). Elle est aussi un bon marqueur de phases de transition entre milieu mésotrophique et milieu oligotrophique, d'une baisse du pH et d'une montée du niveau des eaux (KUHRy, 1997). La comparaison des courbes d'*Amphitrema flavum* avec celles de *Gelasinospora* et celles des algues Zygnématacées permet de mettre en évidence des variations d'humidité et de sécheresse ainsi que du trophisme du milieu.

### 3.6. *Assulina seminulum* (Type 32B) (Planche I, Photo 7)

Il s'agit d'un rhizopode de grande taille: 70-77 x 65-70 µm. Il existe un sous-Type 32A -*Assulina muscorum*- qui ne s'en différencie que par des dimensions infé- rieures (35-60 µm) ainsi que l'a montré GROS- PIETSCH (1972).

Dans le nord de l'Europe on trouve *Assulina seminulum* dans des tourbières à sphaignes où elle accompagne *Amphitrema flavum* (Type 31A) pendant les phases plus humides (VAN GEEL, 1978; BAKKER & VAN SMEERDIJK, 1982; MIDDELDORP, 1982; BEYENS, 1985; WITTE & VAN GEEL, 1985) et en Colombie (KUHRy, 1988). Contrairement à l'*Amphitrema flavum*, *Assulina seminulum* se trouve dans des zones relativement sèches de la tourbière d'Assendelft, zones qui ont déjà été commentées à propos de *Gelasinospora* (WITTE & VAN GEEL, 1985).

On peut donc conclure que *Assulina seminulum* vit dans des conditions humides mais elle tolère des conditions moins humides que *Amphitrema flavum*.

Nous avons essayé de différencier l'écologie des sous- Types 32A (*A. muscorum*) et 32B (*A. seminulum*). WITTE & VAN GEEL (1985) décrivent seulement le Type 32. Nous n'avons constaté la présence du sous- Type 32A que dans les sédiments de Roquebrune sur Argens. Les sous-Types 32A et B ont été identifiés ensemble seulement dans les tourbières à sphaignes du Limousin (DIOT & LÓPEZ-SÁEZ, 1997). BEYENS (1985) écrit que les deux sous-Types exigent des condi- tions humides mais tolèrent et sont l'indice de l'assè- chement superficiel du marais pendant l'été. On peut donc avancer que le sous-Type 32B, *Assulina seminu- lum*, caractérise les phases humides où il accompagne normalement *Amphitrema flavum* en milieu oligotro- phique; par contre le sous-Type 32A ne vit que dans des tourbières à sphaignes puisque sur d'autres mousses on observe seulement le sous-Type 32 A.

### 3.7. *Arcella* sp. (Type 352) (Plate I, Photo 8)

Ce microfossile a été décrit par VAN GEEL et al. (1981) comme un kyste d'amibe discoïdale, hyalin, de 26 à 35 µm de diamètre; l'existence de stries radiaires est peut-être artificielle, du fait de l'acétolyse. La pré- sence de rhizopodes est ponctuelle et sous-représentée car normalement l'acétolyse les détruit. Les travaux de BEYENS (1985) identifient plusieurs espèces d'amibes enkystées (*Thecamoeba*) du genre *Arcella*.

*Arcella* a été identifiée à la tourbière d'Ilperveld (BAK- KER & VAN SMEERDIJK, 1982). Au Canada, KUHRy (1997) l'observe dans une couche très char- bonneuse, et aussi dans des tourbières à *Sphagnum fus- cum* pour les sites de Beauval et Gypsumville. Il décrit le même Type 352 mais avec des dimensions beaucoup plus grandes: 115 µm de diamètre. (cf. aussi GAR- NEAU, 1996 et WARNER, 1990).

Nous avons observé *Arcella* avec deux tailles diffé- rentes et correspondant peut-être à deux espèces. À Roquebrune sur Argens, leur diamètre est de 113 µm et elles sont associées à *Assulina* (Type 32); dans le Limousin, dans des tourbières à sphaignes, elles ont jusqu'à 200 µm de diamètre et elles sont associées à *Amphitrema flavum* et *Assulina* sp. Elles sont révéla- trices de conditions humides et généralement oligotro- phiques.

### 3.8. Type 119 (Planche I, Photo 9)

Ce palynomorphe sphérique à subsphérique, d'aspect brillant, a une taille variant de 22 à 37 µm et une paroi hyaline de 0,5 à 0,9 µm d'épaisseur. Il présente souvent une sorte de sillon médian très particulier. Depuis la première description de ce microfossile (PALS et al., 1980), son origine est encore inconnue et il vit dans des sédiments lacustres; sa courbe suivait celle d'une spore d'algue, *Spirogyra*, dont il sera question plus bas.



rvés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en  
es pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo-  
é ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le  
ssibles.

ogie, Quaternaire, France.

ollen palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of  
permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro-  
environment.

y, Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica-  
te et nous avons constaté de toute façon que le supplé-  
ment d'informations apporté par ces palynomorphes  
non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ  
*et al.*, 1991).  
Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés  
depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est  
abondante et elle concerne surtout des sédiments du  
nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous  
avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi-  
ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru-  
dents: observer le mieux possible convergences ou  
divergences, pour noter si ces résultats précédents peu-  
vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen-  
sons maintenant que cela est possible, mais avec  
certaines réserves quant à l'interprétation écologique.  
Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous  
avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont  
successivement: quatre spores de champignons  
(*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporotheca* sp.,  
ous ren-  
liniques.  
ommen-  
pte (c.f.  
30; VAN  
39, 1994,  
e sont, en  
téries, de  
es d'origi-  
(Dr. VAN  
photos de  
squ'à pré-  
depuis tou-  
; celles des  
les à déter-  
5). L'inter-  
n l'état de

3, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
rdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

Nous avons constaté sa présence dans des niveaux de  
Roquebrune sur Argens et aux Petites Bâties, mais en  
pourcentages trop faibles pour être interprétables. À La  
Palud-les Dèves par contre, ses valeurs sont beaucoup  
plus fortes et il est associé aux spores de  
Zygnématacées dans des niveaux aquatiques (LÓPEZ-  
SÁEZ *et al.*, 1997b). Nous l'avons aussi décompté en  
assez fortes proportions dans l'estuaire du Var à Nice.  
Ce microfossile semble donc bien lié à un milieu aqua-  
tique et très souvent, il est associé à *Spirogyra*. jusqu'à  
présent, son trophisme semble indifférent: à La Palud-  
les Dèves, on le trouve dans des niveaux méso-eutro-  
phiques aussi bien qu'oligotrophiques. Aux Petites  
Bâties il est associé à *Rivularia* type (Type 170) quand  
celui-ci présente de forts pourcentages (cf infra).

### 3.9. Type 181 (Planche I, Photos 10-11)

Ce microfossile d'origine inconnue est sphérique,  
brillant, petit (diamètre de 11 à 16,8 µm), et il présente  
une ornementation en relief avec de larges poils. Dans  
sa première description (VAN GEEL *et al.*, 1983), on le  
dit vivre dans des eaux stagnantes, peu profondes, dans  
des conditions eutrophiques et on le trouve souvent  
associé aux algues Zygnématacées.

Aux Petites Bâties, il est en pourcentages très faibles,  
en même temps que *Spirogyra* et *Rivularia* type. À La  
Palud-les Dèves (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997b), ce Type  
181 est très abondant, jusqu'à 600%, dans des niveaux  
eutrophiques, où les Zygnématacées sont aussi très bien  
représentées. Dans les niveaux postérieurs méso-oligo-  
trophiques, il disparaît presque.

Il s'agit donc probablement d'un organisme aquatique,  
vivant en milieu eutrophique, souvent prolifique et  
généralement associé aux Zygnématacées.

### 3.10. *Spirogyra* sp. (Type 130 ou 315) (Planche I, Photo 12)

Il s'agit d'une algue de la famille des Zygnématacées  
dont les microfossiles les plus communs sont des zyg-  
spores ou aplanospores. Elles ont une forme ellipsoïdale  
à ovoïde et leur longueur peut dépasser 100 µm (VAN  
GEEL, 1976a; VAN GEEL & VAN DER HAMMEN,  
1978); leur morphologie peut cependant varier en fonc-  
tion du degré d'ouverture de leur sillon médian, qui  
joue un rôle dans la germination des spores. Leur diffé-  
renciation spécifique reste très difficile (VAN GEEL,  
1976a). Le dernier auteur précise aussi que ces spores  
représentent probablement un groupe d'espèces et qu'il  
faut se méfier d'une confusion possible avec certaines  
spores monolètes psilates de fougères.

*Spirogyra* a été rencontrée dans des sédiments quater-  
naires au Canada (KUHRY, 1997), en Colombie (VAN  
GEEL & VAN DER HAMMEN, 1973, 1978), en  
Espagne (GÓMEZ FERRERAS *et al.*, 1996), en France

(LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997a, 1997b), et en Hollande  
(VAN GEEL, 1976a, 1976b, 1978; PALS *et al.*, 1980;  
VAN GEEL *et al.*, 1981, 1983, 1989; BAKKER &  
VAN SMEERDIJK, 1982; MIDDELDORP, 1982;  
VAN DER WIEL, 1982; WITTE & VAN GEEL, 1985;  
BRINKKEMPER *et al.*, 1987). VAN GEEL & GREN-  
FELL (1996) ont indiqué que l'histoire des spores de  
Zygnématacées (ressemblant leur formes récents) com-  
mence pendant la période du Carbonifère. Le Type  
dénommé 130 a été illustré la première fois par PALS  
*et al.* (1980) et il correspond au Type C de VAN GEEL  
(1976a). Ces auteurs pensent que ce microfossile repré-  
sente tout un groupe d'espèces du même genre, avec  
des variations importantes de taille. La *Spirogyra* du  
Type 315 de VAN GEEL *et al.* (1981) est identique au  
Type 130.

En général ces spores, comme celles de *Mougeotia* et  
de *Zygnema* sont typiques d'eaux douces (VAN GEEL,  
1976a) et d'eaux stagnantes, donc eutrophiques à méso-  
trophiques, c'est-à-dire riches en matière organique et  
propices à une forte activité biologique (VAN GEEL &  
VAN DER HAMMEN, 1978; VAN GEEL *et al.*,  
1981).

La présence des spores de *Spirogyra* du Type 315 est  
notée dans des phases eutrophiques de la période  
Tardiglaciaire et du Préboréal (VAN GEEL *et al.*, 1981;  
1989) ainsi que dans des eaux peu profondes pendant le  
Subatlantique. Des spores de *Spirogyra* sont aussi  
décomptées dans des eaux alcalines et eutrophiques  
entre 2850 et 2700 BP (VAN GEEL *et al.*, 1983). À  
l'Ilperveld (BAKKER & VAN SMEERDIJK, 1982),  
d'une manière générale, les Zygnématacées semblent  
caractériser les phases d'eaux stagnantes -permanent ou  
temporel- plus riches en matière organique et l'acidifi-  
cation du milieu les fait disparaître. À Beauval au  
Canada (KUHRY, 1997), *Spirogyra* et *Mougeotia* appa-  
raissent dans des zones plus profondes qui correspon-  
dent à des marais et à des eaux peu profondes et  
eutrophiques. Au contraire dans la zone suivante, on  
voit un groupe de spores de mousses indicatrices de  
tourbe et d'une rapide oligotrophisation et les  
Zygnématacées ont presque disparu. En Espagne, les  
Zygnématacées et en particulier *Spirogyra* dominent  
pendant les phases eutrophiques et aquatiques du lac de  
Ceripas (GÓMEZ FERRERAS *et al.*, 1996) et elles dis-  
paraissent avec l'installation d'une couverture herbacée  
et la réduction de la surface du lac. HOSHAW (1968)  
note que les conditions optimales de croissance chez  
*Spirogyra* exigent une température d'au moins 20° C et  
plus. En général les Zygnématacées sporulent au prin-  
temps dans des eaux stagnantes, peu profondes et relati-  
vement chaudes (VAN GEEL, 1978).

En France, nous avons identifié des spores de *Spirogyra*  
à Roquebrune sur Argens (Fig. 2) quoiqu'en pourcen-  
tages faibles mais dans les phases les plus chaudes  
(LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997a) et nettement anthropisées.

rvés dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en  
es pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo-  
é ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le  
ssibles.

ogie, Quaternaire, France.

ollen palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of  
permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro-  
environment.

y, Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica-  
te et nous avons constaté de toute façon que le supplé-  
ment d'informations apporté par ces palynomorphes  
non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ  
*et al.*, 1991).  
Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés  
depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est  
abondante et elle concerne surtout des sédiments du  
nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous  
avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi-  
ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru-  
dents: observer le mieux possible convergences ou  
divergences, pour noter si ces résultats précédents peu-  
vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen-  
sons maintenant que cela est possible, mais avec  
certaines réserves quant à l'interprétation écologique.  
Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous  
avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont  
successivement: quatre spores de champignons  
(*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporothea* sp.,  
depuis tou-  
; celles des  
les à déter-  
5). L'inter-  
n l'état de

3, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
SIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
dam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
9933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

Comme il n'y a pas de lacs dans ce site, les spores indi-  
quent la présence de petites surfaces d'eaux stagnantes  
pendant la sédimentation. *Spirogyra* apparaît ainsi très  
ponctuellement à Oloron et aux Petites Bâties en milieu  
anthropisé. On l'a vue aussi avec de faibles pourcen-  
tages dans l'estuaire du Var à Nice. À La Palud-les  
Dèves (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997a), *Spirogyra* et  
d'autres spores de Zygnématacées caractérisent parfai-  
tement les phases eutrophiques entre la Tène et la pério-  
de Républicaine, puis elles disparaissent jusqu'au Haut  
Moyen Age lorsque les sédiments trahissent des condi-  
tions méso-oligotrophiques.

VAN GEEL *et al.* (1989) mettent en évidence la pré-  
sence de *Spirogyra*, *Mougeotia* et *Zygnema* type pen-  
dant des phases aquatiques à Usselo, puis, dans des  
phases plus marécageuses et sèches auquel cas elles  
sont associées à *Gelasinospora*. Ceci pourrait supposer  
la persistance de spores de Zygnématacées en dehors de  
milieux purement aquatiques mais néanmoins toujours  
humides. L'étude des tourbières du Limousin semble  
confirmer cela car leur présence est très nette dans les  
sédiments marécageux (DIOT & LÓPEZ-SÁEZ, 1997).  
La présence de *Spirogyra* est donc très commune dans  
tous les sites étudiés et elle marque un milieu toujours  
humide, d'une humidité relative jusqu'à un milieu  
aquatique. Au commencement du printemps on trouve  
souvent des petites surfaces d'eaux dans les marais.  
Cela suffit pour le développement des Zygnématacées  
(la formation des spores incluse). En été la surface d'eau  
est souvent déjà sous la couverture des plantes. Les  
spores sont donc très fonctionnelles: résister à la séche-  
resse de l'été et aux températures basses de l'hiver.

### 3.11. *Mougeotia* sp. (Type 313D) (Planche I, Photo 13)

VAN GEEL (1976a) a fait une première description de  
zygospores fossiles de *Mougeotia* cf. *punctata*. Elles  
étaient communes et abondantes dans des fossés de  
drainage d'un site de l'âge du Bronze en Hollande. Plus  
tard il a dessiné ce qu'il appelle le Type 61 (VAN  
GEEL, 1978) qu'il détermine comme *Mougeotia* cf.  
*gracillima* et qui vit dans des conditions plus oligo- et  
mésotrophiques que des autres Zygnématacées (Types  
58 et 62) dans la même tourbière. PALS *et al.* (1980)  
montrent quatre autres Types, 133, 134, 135 et 136 à la  
morphologie un peu différente. Enfin, des sous-types du  
Type 313 sont mis en évidence, qui pourraient corres-  
pondre à des espèces différentes (VAN GEEL *et al.*,  
1981).

Ces zygospores ont une forme carrée, avec deux côtés  
opposés concaves et des angles marqués chacun par une  
dépression centrale; elles sont hyalines et de taille  
variable: le plus souvent d'environ 30 µm de côté  
(VAN GEEL, 1978; PALS *et al.*, 1980; VAN GEEL *et al.*,  
1981). Le microfossile que nous avons identifié  
appartient sans ambiguïté au genre *Mougeotia* et au

sous-Type 313D de VAN GEEL *et al.* (1981). Il présen-  
te des concavités latérales très fortes et sa taille (30 µm  
de diamètre) correspond aux descriptions antérieures  
(29-35 x 27-30 µm). On peut donc le différencier du  
sous-Type 313C qui est plus grand. Les spores fossiles  
du *Mougeotia* apparaissent donc comme un groupe très  
hétérogène et qui mériterait une étude taxonomique  
ultérieure (KUHRY, comm. pers.).

Des spores fossiles du *Mougeotia* ont déjà été identi-  
fiées entre autres dans des sédiments holocènes au  
Canada (KUHRY, 1997), en Colombie (VAN GEEL &  
VAN DER HAMMEN, 1973, 1978), en Espagne  
(GÓMEZ FERRERAS *et al.*, 1996), en France  
(LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997b) et surtout en Hollande  
(VAN GEEL, 1976a, 1976b, 1978; PALS *et al.*, 1980;  
VAN GEEL *et al.*, 1981, 1983, 1989; BAKKER &  
VAN SMEERDIJK, 1982; MIDDELDORP, 1982;  
VAN DER WIEL, 1982; WITTE & VAN GEEL, 1985;  
BRINKKEMPER *et al.*, 1987). L'histoire de *Mougeotia*  
commence pendant la période du Carbonifère (VAN  
GEEL & GRENFELL, 1996).

HOSHAW (1968) note que les températures nécessaires  
pour sa croissance optimale se situent entre 10 et 15°C.  
VAN GEEL (1978) remarque que *M. cf. gracillina* pré-  
fère des eaux mésotrophiques, au moins pendant le  
printemps quand les filaments se développent et les  
spores sont formés, et que cette algue peut jouer le rôle  
de première colonisatrice après l'inondation d'une zone  
déterminée dans une tourbière. Il remarque aussi  
l'absence de cette espèce dans des eaux extrêmement  
oligotrophiques de la même tourbière.

On peut donc affirmer que *Mougeotia* demande des  
eaux eutrophiques à mésotrophiques (VAN GEEL,  
1978; VAN DER WIEL, 1982). Ceci est très net dans le  
diagramme de Tilligte (BRINKKEMPER *et al.*, 1987):  
*Rivularia* type est présente dans la zone I (sable humide  
oligotrophique) où ces cyanobactéries ont été actifs  
dans le processus de fixation du nitrogène. Plus tard  
(zone II) *Mougeotia* apparaît.

Pour notre part nous l'avons déterminée à La Palud-les  
Dèves, dans des phases eutrophiques à mésotrophiques,  
associée à *Spirogyra* et *Zygnema*-type (LÓPEZ-SÁEZ  
*et al.*, 1997b).

L'écologie de *Mougeotia* est donc presque identique à  
celle de *Spirogyra*, c'est-à-dire un milieu humide (plu-  
tôt aquatique) et eu- à mésotrophique, mais le chevau-  
chement entre les espèces de *Mougeotia* et *Spirogyra*  
n'est pas total. Nous avons l'impression qu'il y a des  
espèces de *Mougeotia* qui apparaissent dans des habi-  
tats qui sont trop acides et oligotrophiques pour des  
espèces de *Spirogyra*.

### 3.12. *Zygnema* type (Type 62 ou 314) (Planche I, Photo 14)

Ce type de spore a été identifié pour la première fois par

és dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en  
s pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biolo-  
ou de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur le  
sibles.

gie, Quaternaire, France.

lien palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of  
permitted the discussion about some palaeoecological questions such as tro-  
ronment.

Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délica-  
te et nous avons constaté de toute façon que le supplé-  
ment d'informations apporté par ces palynomorphes  
non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ  
*et al.*, 1991).  
Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés  
depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est  
abondante et elle concerne surtout des sédiments du  
nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous  
avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédi-  
ments expérimentaux plus méridionaux, en restant pru-  
dents: observer le mieux possible convergences ou  
divergences, pour noter si ces résultats précédents peu-  
vent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pen-  
sons maintenant que cela est possible, mais avec  
certaines réserves quant à l'interprétation écologique.  
Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous  
avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont  
successivement: quatre spores de champignons  
(*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporotheca* sp.,

250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
IC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
am, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
933 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

VAN DER HAMMEN *et al.* (1973) en Colombie  
comme "*Gr. insert. sed. 5*" et puis par VAN GEEL  
(1976a) en Hollande (Type E); elle est d'abord qualifiée  
de zygosporé ou aplanosporé d'une algue de la famille  
des Zygnématacées. VAN GEEL & VAN DER HAM-  
MEN (1978) la définissent plus tard comme le type  
*Zygnema*, de la famille des Zygnématacées ou/et  
Oedogoniacées.

Le palynomorphe que nous avons observé semble iden-  
tique au Type 62 de VAN GEEL (1978) et au Type 314  
de VAN GEEL *et al.* (1981) et qui est indicateur d'eaux  
stagnantes, peu profondes, mésotrophiques à eutro-  
phiques, existant au moins pendant le printemps.  
D'après HOSHAW (1968), les températures optimales  
de croissance oscillent de 15 à 20°C. L'écologie de  
*Zygnema* est aussi semblable à celle de *Spirogyra* et à  
celle de *Mougeotia*. Curieusement, la littérature des  
Zygnématacées récentes ou vivantes ne donne presque  
aucune différence écologique entre les espèces. L'ana-  
lyse des formes fossiles, en combinaison avec l'analyse  
de pollen et des macrofossiles, peut résulter en nous  
donnant plus d'informations -des nouveaux indicateurs  
paléocologiques- précises.

Dans le diagramme de Beauval au Canada (KUHRY,  
1997), on observe curieusement que *Zygnema* type  
abonde dans les zones inférieures en même temps que  
*Spirogyra* et *Mougeotia*, puis qu'elle reste seule dans  
une autre zone postérieure, ce qui suppose d'autres  
caractéristiques écologiques par rapport aux deux autres  
genres. KUHRY (1997) explique cela par l'hypothèse  
d'une dépression à la surface de la tourbière due à la  
chute d'un arbre, provoquant une accumulation d'eau,  
au moins pendant le printemps.

Nous avons constaté aussi à La Palud-les Dèves que  
*Zygnema* type accompagne *Spirogyra* et *Mougeotia*  
pendant une phase eutrophique, puis que les pourcen-  
tages de *Zygnema* augmentent dans une phase méso-oli-  
gotrophique en même temps que les pollens traduisent  
une hausse de la température, ceci favorisant probable-  
ment la sporulation. *Zygnema* est toujours absente dans  
les phases vraiment oligotrophiques. Aux Petites Bâties,  
elle accompagne toujours *Spirogyra* et le Type 181 pen-  
dant les phases non oligotrophiques; au contraire,  
*Rivularia* type (Type 170) domine pendant les phases  
oligotrophiques.

En résumé, *Zygnema* type indique des eaux stagnantes  
peu profondes, dans un milieu méso- à eutrophique.  
*Zygnema* type et quelques espèces de *Mougeotia* sont,  
peut-être, les Zygnématacées à bien tolérer des milieux  
intermédiaires entre méso- et oligotrophisme.

### 3.13. *Rivularia* type (Type 170) (Planche I, Photo 15)

Ce palynomorphe correspond aux hétérocystes d'un  
représentant des Cyanobacteria. Il est de petite taille  
(moins de 30 µm), de forme ovoïde avec à une extrémi-

té un petit appendice carré et hyalin (VAN GEEL *et al.*,  
1983, 1989).

Il a été mis en évidence que cette cyanobactérie a  
besoin d'eau un peu profonde car on la trouve dans les  
phases aquatiques de la période tardiglaciaire à Usselo  
(Hollande) mais pas dans les phases plus sèches ou sim-  
plement marécageuses (VAN GEEL *et al.*, 1989).  
L'examen du diagramme holocène d'Assendelft aboutit  
à la même constatation (WITTE & VAN GEEL, 1985).  
Ainsi, contrairement aux Zygnématacées (*Spirogyra*,  
*Mougeotia* et *Zygnema* type), caractéristiques d'eaux  
peu profondes et généralement stagnantes, *Rivularia*  
type peut vivre aussi dans l'eau plus profonde et non-  
dormante, avec un faible courant. *Rivularia* type se  
trouve donc dans des milieux eutrophiques à oligotro-  
phiques. Dans les conditions oligotrophiques (pauvres  
en nitrogène) elle peut fixer le nitrogène. Cette capacité  
lui permet d'être pionnière dans des sols humides et  
pauvres en humus (VAN GEEL *et al.*, 1984). La com-  
paraison des courbes de *Rivularia* type avec celles des  
Zygnématacées peut révéler des variations du niveau  
des eaux et du trophisme.

VAN GEEL *et al.* (1983) trouvent *Rivularia* type dans  
une même couche stratigraphique (zone locale II) asso-  
cié à *Spirogyra*, *Mougeotia* et *Zygnema* type, puis tout  
seul dans la zone I plus ancienne mais avec le Type  
181. Dans cette zone I, représentant un sol humide,  
*Rivularia* type arrive à des pourcentages de 1250% par  
rapport au taux de pollens d'arbres. Dans la zone II, par  
contre, les courbes de *Rivularia* type et algues  
Zygnématacées sont presque opposées, sauf avec  
*Zygnema* type. Les auteurs précisent que dans cette  
zone II il y a une phase eutrophique et alcaline. Dans le  
diagramme de Tilligte (BRINKKEMPER *et al.*, 1987),  
*Rivularia* type apparaît seulement dans la zone I, qui est  
oligotrophique, et elle est associée à *Amphitrema flavum*;  
dans la zone II, *Rivularia* type disparaît, or la zone II est  
mésotrophique et des inondations temporaires y ont per-  
mis l'installation de *Mougeotia*.

Dans le fossé de drainage de La Palud-les Dèves  
(LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1997b), la dynamique entre les  
phases eutrophiques, riches en algues Zygnématacées et  
les biozones méso-oligotrophiques dominées par  
*Rivularia* type est significative: *Rivularia* type corres-  
pond aux périodes de montée de la nappe phréatique  
dans des eaux oligotrophiques. Aux Petites Bâties,  
*Rivularia* type atteint des pourcentages de plus de 74%  
par rapport à la somme de base, alors que *Spirogyra*,  
*Zygnema* type et le Type 181 ne dépassent pas 1%. À la  
Combette dans des sédiments archéologiques paléoli-  
thiques, la présence de *Rivularia* type dans certaines  
couches révèle un milieu oligotrophique, non ou peu  
anthropisé et la présence d'eaux profondes et limpides.  
En résumé, *Rivularia* type indique des milieux meso- à  
oligotrophiques, plutôt oligotrophiques, une eau un peu  
profonde et pas nécessairement stagnante où elle peut

és dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biologique de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur les sites.

ie, Quaternaire, France.

**Les palynomorphes from quaternary sediments in France.** - The study of quaternary sediments has permitted the discussion about some palaeoecological questions such as trophism and environment.

Quaternary, France.

La conservation de ces pollens et spores, est parfois délicate et nous avons constaté de toute façon que le supplément d'informations apporté par ces palynomorphes non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est abondante et elle concerne surtout des sédiments du nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédiments expérimentaux plus méridionaux, en restant prudents: observer le mieux possible convergences ou divergences, pour noter si ces résultats précédents peuvent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pensons maintenant que cela est possible, mais avec certaines réserves quant à l'interprétation écologique.

Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont successivement: quatre spores de champignons (*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporothea* sp.,

<sup>1</sup> 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France

<sup>2</sup> I.C. Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne

<sup>3</sup> I.C. Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande

<sup>4</sup> U.M.R. 1033 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

fixer le nitrogène. Il s'agit donc d'un palynomorphe avec la possibilité d'être pionnier en conditions oligotrophiques (nitrogen limité).

#### 4. CONCLUSION GENERALE

Ce travail préliminaire sur la description de quelques palynomorphes non-polliniques se veut seulement une étape dans un travail qui nous apparaît de plus en plus prometteur et que nous poursuivrons.

En effet, les multiples renseignements qu'ils peuvent nous fournir représentent un complément précieux aux diagrammes polliniques. Ainsi, les notions de trophisme (oligo-, méso-, eutrophisme), d'humidité-sécheresse, de sol inondé-sec, de niveau et de circulation d'eau (eau dormante, faible courant, fort courant), de variation de battement de nappe, de degré d'érosion et de niveau du niveau d'anthropisation et occupation d'un site archéologique, de l'hypothèse d'incendie, etc, enrichissent considérablement la connaissance des milieux que nous étudions, qu'ils soient archéologiques ou non.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions Madame M. BUI-THI-MAI et Monsieur Michel GIRARD pour leur amical soutien et leurs suggestions, ainsi que Madame R. GARZO pour sa dynamique collaboration et son amitié. Nos remerciements également à Monsieur L. BEYENS pour son aide et ses commentaires par rapport au *Thecamoeba*, ainsi qu'à Monsieur P. KUHRY.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAKKER, M. & D.G. VAN SMEERDIJK (1982) - A palaeoecological study of a Late Holocene section from "Het IJperveld", Western Netherlands. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 36: 95-163.
- BEYENS, L. (1984) - A concise survey of testate amoebae analysis. *Bull. Belg. Ver. Geol.*, 93: 261-266.
- BEYENS, L. (1985) - On the Subboreal climate of the Belgian Campine as deduced from diatom and testate amoebae analysis. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 46: 9-31.
- BOROS, A. & M. JARAI-KOMLODI (1975) - *An atlas of recent European Moss Spores*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BRINKKEMPER, O., B. VAN GEEL & J. WIEGERS (1987) - Palaeoecological study of a middle-pleni-glacial deposit from Tilligte, The Netherlands. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 51: 235-269.
- BUURMAN, J., B. VAN GEEL & G.B.A. VAN REENEN (1994) - Palaeoecological investigations of a Late Bronze Age watering-place at Bovenkarspel, the Netherlands. *Meded. Rijks. Geol. Dienst*, 52: 249-270.

CASPARIE, W.A. (1972) - Bog development in Southeastern Drenthe (The Netherlands). Thèse doctorat, Univ. Groningen.

CZURDA, V. (1932) - *Zygnemales (Zweite Auflage)*. Heft 9, Die Süßwasser, Flora Mitteleuropas, Herausgegeben von Prof. Dr. A. Pascher, Jena.

DIOT, M.F. (1991) - Le palynofacies en archéologie: intérêt de son étude. *Revue d'Archéométrie*, 15: 54-62.

DIOT, M.F. (1992) - Les microcharbons, éléments du palynofacies. *Bull. Soc. bot. France*, 139: 265-272.

DIOT, M.F. & J.A. LÓPEZ-SÁEZ (1997) - Etude expérimentale sur la dispersion de l'aulne (*Alnus*): réflexion sur les vallons tourbeux holocènes des bas plateaux du Limousin (Massif Central, France). XVème Symposium de l'Association des Palynologues de Langue Française (A.P.L.F.), Lyon.

FOTT, B. (1971) - *Algenkunde*. Fischer Verlag, Stuttgart, 581 pp.

GARNEAU, M. (1996) - Paléocologie d'une tourbière littorale de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Isle-Verte, province de Québec. *Mem. Geol. Surv. Can.*, in press.

GÓMEZ FERRERAS, C., P. LÓPEZ GARCÍA & J.A. LÓPEZ-SÁEZ (1996) - Dinámica de la vegetación de las lagunas de Villafáfila (Zamora) durante el Holoceno reciente. In: B. B. Zapata *et al.* (Eds.), *Estudios Palinológicos*, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, 57-61.

GRAHAM, A. (1971) - The role of Myxomyceta spores in palynology (with a brief note on the morphology of certain algal zygospores). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 11: 89-99.

GROSPIETSCH, Th. (1972) - Wechseltierchen (Rhizopoden). Einführung in die Kleinlebewelt, Kosmos, Stuttgart.

HOSHAW, R.W. (1968) - Biology of the filamentous conjugating Algae. In: D.F. Jackson (Ed.), *Algae, Man and the Environment*, Syracuse Univ. Press, New York, 554 p.

KOLKWITZ, R. & H. KRIEGER (1941) - *Zygnematales*. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora XIII Band, 2. Abteilung, Johnson Repr. Corp., New York, London, 499 p.

KADLUBOWSKA, J.Z. (1984) - Conjugatophyceae I, Chlorophyta VIII, Zygnemales. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 16, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

KUHRY, P. (1988) - A palaeobotanical and palynological study of Holocene peat from the El Bosque mire, located in a volcanic area of the Cordillera Central of Colombia. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 55: 19-72.

KUHRY, P. (1997) - The palaeoecology of a treed bog in western boreal Canada: a study based on micro-

és dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biologique de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur les sites.

ie, Quaternaire, France.

en palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of permitted the discussion about some palaeoecological questions such as trophic environment.

Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délicate et nous avons constaté de toute façon que le supplément d'informations apporté par ces palynomorphes non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est abondante et elle concerne surtout des sédiments du nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédiments expérimentaux plus méridionaux, en restant prudents: observer le mieux possible convergences ou divergences, pour noter si ces résultats précédents peuvent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pensons maintenant que cela est possible, mais avec certaines réserves quant à l'interprétation écologique.

Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont successivement: quatre spores de champignons (*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporotheca* sp.,

250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
IC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
am, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
33 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

- fossils, macrofossils and physico-chemical properties. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 96: 183-224.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A. (1997) - Palynomorphes non-polliniques dans des sédiments holocènes de la région méditerranéenne: Espagne et France. XVème. Symposium de l'Association des Palynologues de Langue Française (A.P.L.F.), Lyon.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A., F. BERTONCELLO, M. BUI-THI-MAI & M. GIRARD (1997a) - Evolution de la végétation sur le rocher de Roquebrune-sur-Argens (Var) de la fin du deuxième Age du Fer à la fin de l'Antiquité. XVème. Symposium de l'Association des Palynologues de Langue Française (A.P.L.F.), Lyon.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A., J.F. BERGER, S. FARBOS & C. JUNG (1997b) - Agrosystèmes et paléoenvironnement antiques dans la moyenne vallée du Rhône: étude pluridisciplinaire d'un fossé de drainage du cadastre B d'Orange à La Palud-les-Dèves (Vaucluse). XVème. Symposium de l'Association des Palynologues de Langue Française (A.P.L.F.), Lyon.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A., P. DIAZ FERNANDEZ & J.J. SANCHEZ VILLAPADIERNA (1991) - La Criptogamia: ciencia complemento de la Arqueología. *Trabajos de Prehistoria*, 48: 389-393.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A., P. LÓPEZ GARCÍA, C. GÓMEZ FERRERAS & P. GIL HERNÁNDEZ (1996) - Acerca del origen del castaño (*Castanea sativa*) en el Valle del Tiétar (Sierra de Gredos, Avila). In: B. B. Zapata *et al.* (Eds.), *Estudios Palinológicos*, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, 79-82.
- LUNDQVIST, N. (1972) - Nordic *Sordariaceae* s. lat. *Symb. bot. Ups.*, 20: 1-374.
- MALLOCH, D. & R.F. CAIN (1970) - New cleistothecial *Sordariaceae* and a new family, *Coniochaetaceae*. *Can. J. Bot.*, 49: 869-880.
- MIDDELDORP, A.A. (1982) - Pollen concentration as a basis for indirect dating and quantifying net organic and fungal production in a peat bog ecosystem. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 37: 225-282.
- MUNK, A. (1957) - Danis Pyrenomycetes. *Dan. Bot. Ark.*, 17: 1-491.
- PALS, J.P., B. VAN GEEL & A. DELFOS (1980) - Palaeoecological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (Prov. of Noord-Holland). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 30: 371-418.
- RANDHAWA, M.S. (1959) - Zygnemaceae, Indian Council Agric. Res., New Delhi, 478 p.
- TRANSEAU, E.N. (1951) - The Zygnemataceae. *Columbus Graduate School Monogr., Contrib. Bot.*, 1: 1-327.
- VAN DER HAMMEN, T., J.H. WERNER & H. VAN DOMMELEN (1973) - Palynological record of the upheaval of the Northern Andes: a study of the Pliocene and Lower Quaternary of the Colombian Eastern Cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 16: 1-122.
- VAN DER WIEL, A.M. (1982) - A palaeoecological study of a section from the foot of the Hazendonk (Zuid-Holland, The Netherlands), based on the analysis of pollen, spores and macroscopic plant remains. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 38: 35-90.
- VAN DER WOUDE, J.D. (1983) - Holocene palaeoenvironmental evolution of a perimarine fluvial area. Geology and paleobotany of the area surrounding the archaeological excavation at the Hazendonk river dune (Western Netherlands). Hazendonk Paper 1. *Analecta Praehistorica Leidensia*, 16: 1-124.
- VAN GEEL, B. (1972) - Palynology of a section from the raised peat bog "Wietmarscher Moor", with special reference to fungal remains. *Acta bot. Neerl.*, 21: 261-284.
- VAN GEEL, B. (1976a) - Fossil spores of Zygnemataceae in ditches of a prehistoric settlement in Hoogkarspel (The Netherlands). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 22: 337-374.
- VAN GEEL, B. (1976b) - A palaeoecological study of Holocene peat bog sections, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. Thèse doctorat, Univ. Amsterdam.
- VAN GEEL, B. (1978) - A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 25: 1-120.
- VAN GEEL, B. (1979a) - Preliminary report on the history of Zygnemataceae and the use of their spores as ecological markers. *Int. Palynol. Conf. IV, Lucknow, 1976-1977*, 1: 467-469.
- VAN GEEL, B. (1979b) - The application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analyses. In: B.E. Berglund (Ed.), *Palaeohydrological changes in the temperate zone in the last 15000 years*, 169-176.
- VAN GEEL, B. (1986) - Application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analyses. In: B.E. Berglund (Ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, Wiley, Chichester, 497-505.
- VAN GEEL, B. (1992) - Fungal spores as extra indicators for human impact in the past? *Abstracts 8th. International Palynological Congress, Aix-en-Provence*, 152.
- VAN GEEL, B., BOHNCKE, S.J.P. & H. DEE (1981) - A palaeoecological study of an Upper Late Glacial and Holocene sequence from "De Borchert", The Netherlands. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 31: 367-448.
- VAN GEEL, B., COOPE, G.R. & T. VAN DER HAMMEN (1989) - Palaeoecology and stratigraphy of

és dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biologique de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur les sédiments.

ie, Quaternaire, France.

len palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of pollen permitted the discussion about some palaeoecological questions such as trophic environment.

Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délicate et nous avons constaté de toute façon que le supplément d'informations apporté par ces palynomorphes non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1991). Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est abondante et elle concerne surtout des sédiments du nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédiments expérimentaux plus méridionaux, en restant prudents: observer le mieux possible convergences ou divergences, pour noter si ces résultats précédents peuvent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pensons maintenant que cela est possible, mais avec certaines réserves quant à l'interprétation écologique. Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont successivement: quatre spores de champignons (*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporothea* sp.,

250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
IC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
m, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
33 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

- the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 60: 25-129.
- VAN GEEL, B., DE LANGE, L. & J. WIEGERS (1984) - Reconstruction and interpretation of the local vegetational succession of a Lateglacial deposit from Usselo (The Netherlands), based on the analysis of micro- and macrofossil. *Acta Bot. Neerl.*, 33: 535-546.
- VAN GEEL, B. & H.R. GRENFELL (1996) - Spores of Zygnemataceae. In: J. Jansonius & D.C. McGregor (Eds.), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1: 173-179.
- VAN GEEL, B., D.P. HALLEWAS & J.P. PALS (1983) - A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): Palaeoecological and archaeological aspects. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 38: 269-335.
- VAN GEEL, B., A.G. KLINK, J.P. PALS & J. WIEGERS (1986) - An Upper Eemian lake deposit from Twente, eastern Netherlands. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 47: 31-61.
- VAN GEEL, B., L.R. MUR, M. RALSKA-JASIEWICZOWA & T. GOSLAR (1994) - Fossil akinetes of *Aphanizomenon* and *Anabaena* as indicators for medieval phosphate-eutrophication of Lake Gosciak (Central Poland). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 83: 97-105.
- VAN GEEL, B., V. ODGAARD & M. RALSKA-JASIEWICZOWA (1996) - Cyanobacteria as indicators of phosphate-eutrophication of lakes and pools in the past. *Pact.*, 50: 399-415.
- VAN GEEL, B. & T. VAN DER HAMMEN (1973) - Upper Quaternary vegetational and climatic sequence of the Fuquene area (Eastern Cordillera, Colombia). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 14: 9-92.
- VAN GEEL, B. & T. VAN DER HAMMEN (1978) - Zygnemataceae in Quaternary Colombian sediments. *Rev. Paleobot. Palynol.*, 25: 377-392.
- WARNER, B.G. (1990) - Testate amoebae (Protozoa). In: B.G. Warner (Ed.), *Methods in Quaternary Ecology. Geosci. Can., Repr. Ser.*, 5: 65-74.
- WITTE, H.B.L. & B. VAN GEEL (1985) - Vegetational and environmental succession and net organic production between 4500 and 800 B.P. reconstructed from a peat deposit in the western dutch coastal area (Assendelver polder). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 45: 239-300.

Accepted octobre 1998

Planche I

- Photo 1 : *Gelasinospora* ascospores (Type 1) (x 1000)  
Photo 2 : *Chaetomium* ascospores (Type 7A) (x 250)  
Photo 3 : *Chaetomium* ascospores (Type 7A) (x 1000)  
Photo 4 : *Diporothea* spores (Type 143) (x 750)  
Photo 5 : *Coniochaeta* cf. *lignaria* ascospores (Type 172) (x 500)  
Photo 6 : *Amphitrema flavum* (Type 31A) (x 1000)  
Photo 7 : *Assulina seminulum* (Type 32B) (x 1000)  
Photo 8 : *Arcella* (Type 352) (x 400)  
Photo 9 : Type 119 (x 1000)  
Photos 10-11 : Type 181 (x 500)  
Photo 12 : *Spirogyra* spores (x 500)  
Photo 13 : *Mougeotia* zygospores (x 1000)  
Photo 14 : *Zygnema* type spores (x 1000)  
Photo 15 : *Rivularia* type (Type 170) (x 500)

és dans des sédiments très variés au cours d'analyses palynologiques en pollens. Des informations sur l'origine du sédiment, son évolution biologique de sécheresse, d'inondation, de bathymétrie, d'action anthropique sur les écosystèmes sont obtenues.

ie, Quaternaire, France.

len palynomorphs from quaternary sediments in France.- The study of pollen and spores has permitted the discussion about some palaeoecological questions such as trophic changes and environment.

Quaternary, France.

conservation de ces pollens et spores, est parfois délicate et nous avons constaté de toute façon que le supplément d'informations apporté par ces palynomorphes non-polliniques ne peut être que positif (LÓPEZ-SÁEZ *et al.*, 1991).

Nous avons utilisé les résultats de travaux déjà réalisés depuis une cinquantaine d'années: la bibliographie est abondante et elle concerne surtout des sédiments du nord de l'Europe, de Colombie et du Canada. Nous avons donc essayé d'appliquer ces résultats à des sédiments expérimentaux plus méridionaux, en restant prudents: observer le mieux possible convergences ou divergences, pour noter si ces résultats précédents peuvent s'appliquer ailleurs dans d'autres cas. Nous pensons maintenant que cela est possible, mais avec certaines réserves quant à l'interprétation écologique.

Treize palynomorphes sont étudiés ici: ceux que nous avons rencontrés le plus fréquemment à ce jour. Ce sont successivement: quatre spores de champignons (*Gelasinospora* sp., *Chaetomium* sp., *Diporotheca* sp.,

250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France  
 IC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne  
 m, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande  
 33 du CNRS, 38 rue du 26e. R.I., 24000 Périgueux, France

