

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

José Antonio LÓPEZ-SÁEZ^{1,2}, Bas VAN GEEL³, Solange FARBOS-TEXIER¹
& Marie Françoise DIOT⁴

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.,

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

² Laboratorio de Arqueobotánica, CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne

³ Faculty of Biology, University of Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande

⁴ 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.

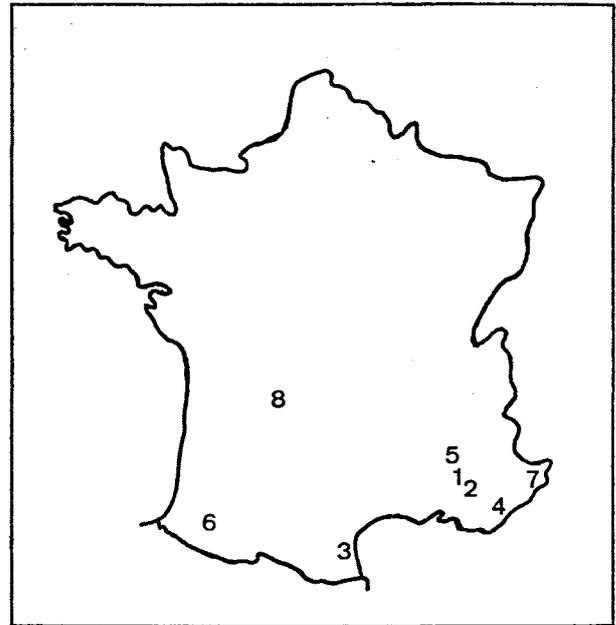
Il nous paraît donc important de noter toute information nouvelle sur l'identification, l'écologie, les associations de microfossiles non-polliniques, afin d'approfondir l'étude du paléoenvironnement. Les recherches en ce sens sont encore rares, surtout en région méditerranéenne (LÓPEZ-SÁEZ, 1997).

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 *fimius*, 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., *Diporotheca* sp.,
e déjà depuis tou-
ougères; celles des
s difficiles à déter-
DI, 1975). L'inter-
es, selon l'état de

1, CNRS, 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France
2, CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne
3, of Amsterdam, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande
4, 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. *Diporotheca* 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

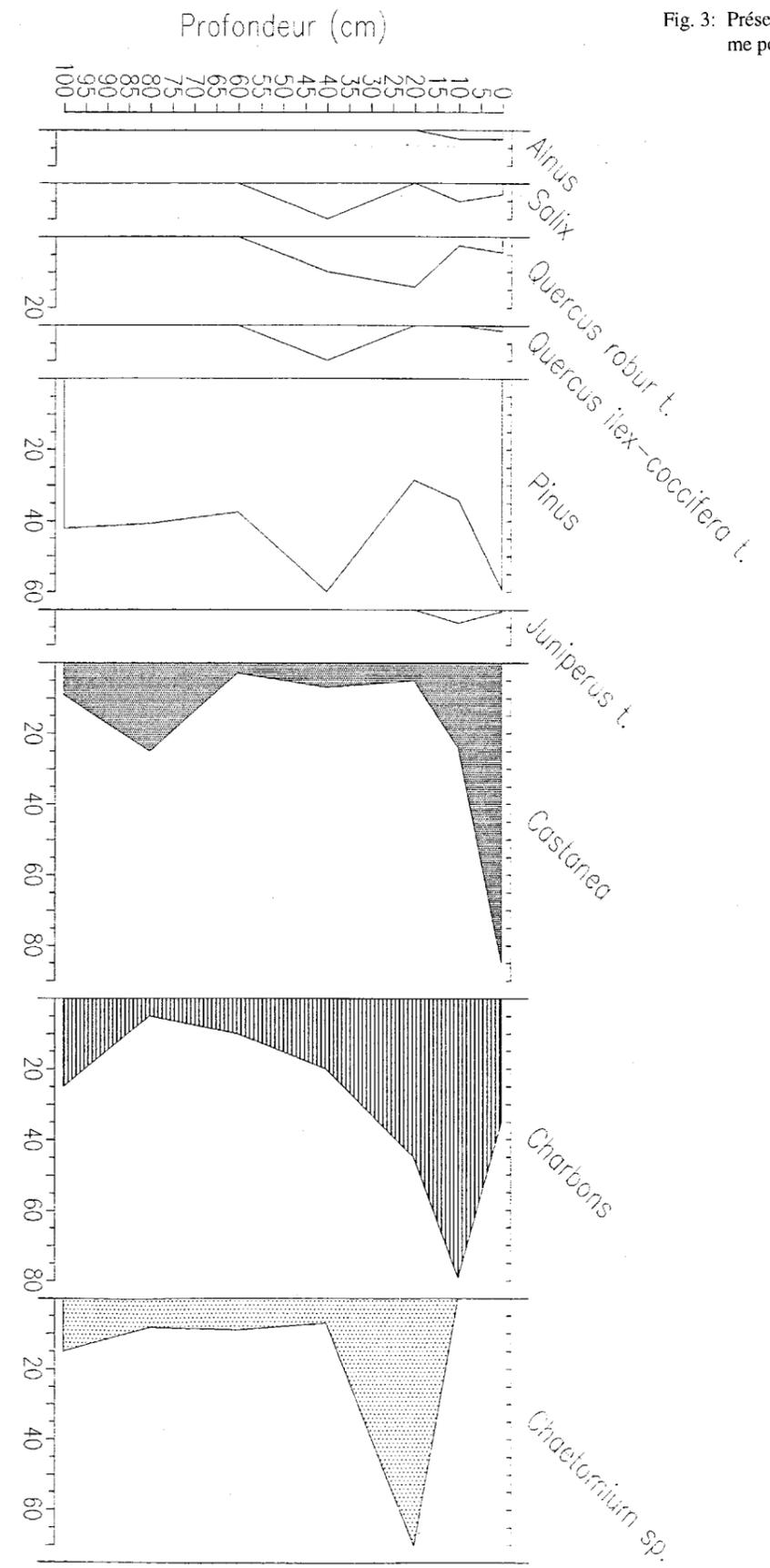


Fig. 3: Présence de *Chaetomium* sp. dans le diagramme pollinique du Puerto de Casillas, Espagne.

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.

ues nous ren-
on-polliniques.

part, commen-
n compte (c.f.

l., 1980; VAN

6, 1989, 1994,

97). Ce sont, en

anobactéries, de

es kystes d'origi-

uteurs (Dr. VAN

ions et photos de

bliés jusqu'à pré-

le déjà depuis tou-

ougères; celles des

s difficiles à déter-

DI, 1975). L'inter-

ies, selon l'état de

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

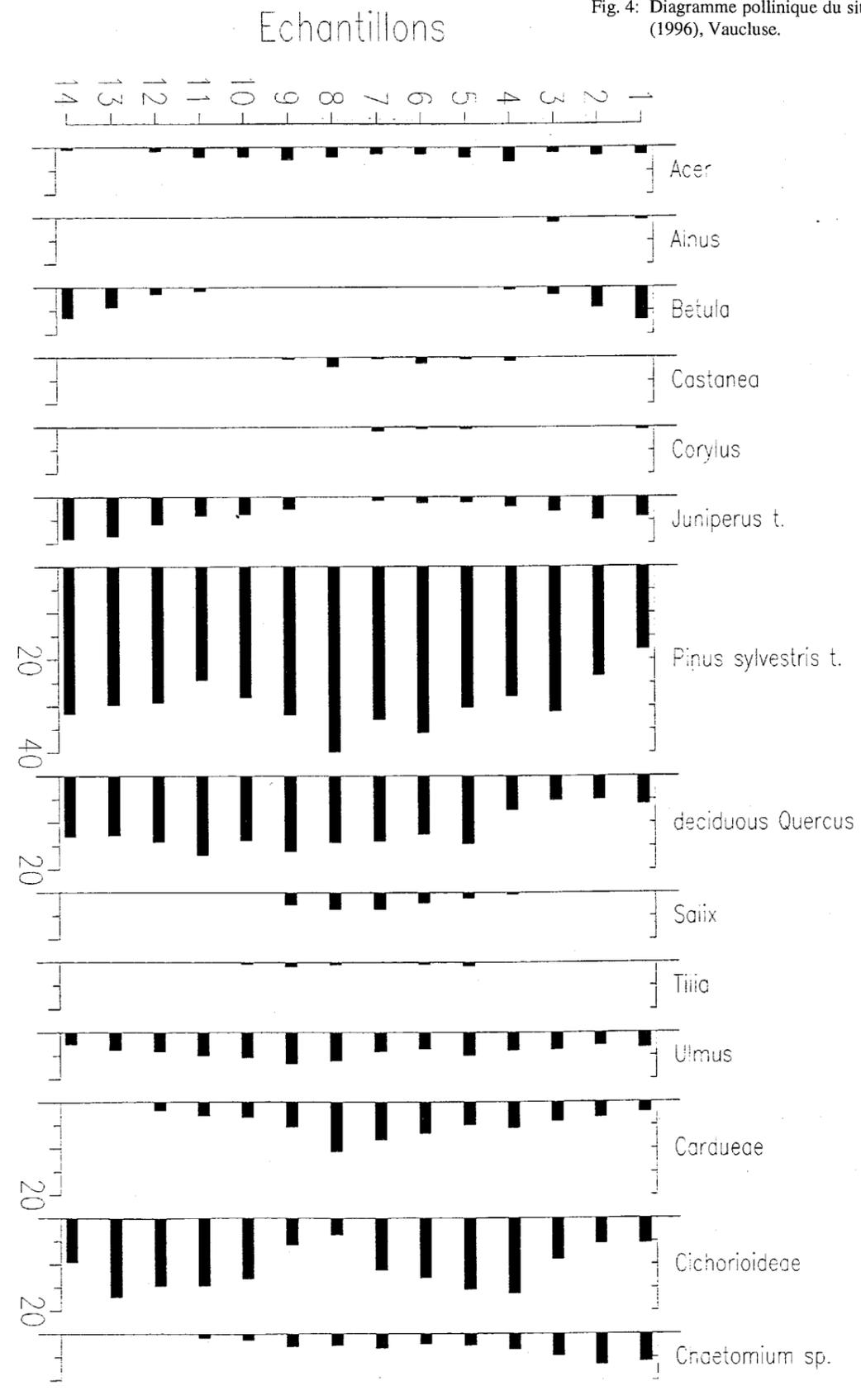


Fig. 4: Diagramme pollinique du site de La Combette (1996), Vaucluse.

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).

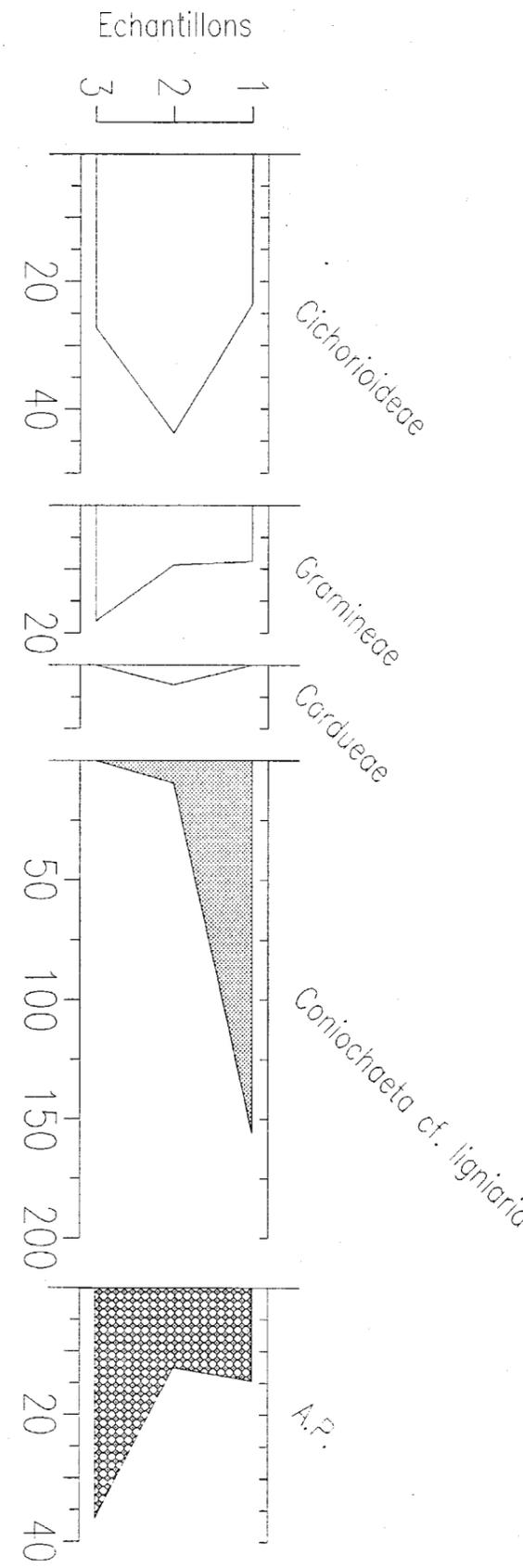
VAN GEEL (1978) montre le parallélisme des courbes d'*Amphitrema flavum* et de *Sphagnum* cf. *rubellum*, pendant le Subatlantique, dans des tourbières jeunes de Hollande. Il met aussi en évidence l'évolution du climat entre 700 BC et 300 AD à partir de ce microfossile: les pourcentages d'*Amphitrema 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 32B 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* dominant
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. gracillima* 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 palynomorphs from quaternary sediments in France. The study of palynomorphs permitted the discussion about some palaeoecological questions such as trophism, humidity-dryness, water level, etc.

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.,

¹ 250 rue Albert Einstein, 06560 Sophia Antipolis-Valbonne, France
² IC, Duque de Medinaceli 8, 28014 Madrid, Espagne
³ am, Kruislaan 318, NL 1098 SM Amsterdam, Hollande
⁴ 033 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 mlme 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) - Paleoécologie 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 trophism.

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
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) - Zygnemataceae, 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.

Accepté 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

