



# ArkéoMap

## **ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES PALYNOLOGIQUES**



**ANALYSES PALYNOLOGIQUES RÉALISÉES SUR HUIT  
ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS EN STRATIGRAPHIE À L'INTÉRIEUR  
DES COMPLEMENTS D'UN FOSSÉ D'ENCLOS PROTOHISTORIQUE ET  
D'UN SILO/PUISARD MÉDIÉVAL, SUR LA COMMUNE DE LIGUGÉ  
(86).**

**ANALYSE COMPLÈTE D'UN DES PRÉLÈVEMENTS DU  
SILO/PUISARD MÉDIÉVAL (PRÉLÈVEMENT FS2040 N°2034).**

**ARCHEODUNUM**

Rapport d'analyses palynologiques

**Janvier 2023**

**ARCHEODUNUM**

---

**Opération archéologique de Ligugé (86).**

**Analyse complète d'un des prélèvements du silo-puisard médiéval  
(Prélèvement FS2040 n°2034).**

---

**Rapport d'analyses palynologiques**

---

**Loïc GAUDIN**

membre associé à l'UMR 6566 CReAAH et chargé de cours l'Université de Rennes 1

E-mail : [loic.gaudin@arkeomap.com](mailto:loic.gaudin@arkeomap.com)

Site web : [arkeomap.com](http://arkeomap.com)

---

**Janvier 2023**

*Illustration de la page de couverture : Pollen d'Apiacée (famille des Ombellifères).  
Grossissement x1000. L'échelle représente des micromètres. Prélèvement n° 2034 – FS 2040.*

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS.....</b>	<b>7</b>
2.1 Le protocole d'extraction utilisé.....	7
2.2 Les comptages et déterminations.....	7
2.3 Le diagramme pollinique .....	9
<b>3. RESULTATS, INTERPRETATION.....</b>	<b>10</b>
3.1. Analyse critique des résultats.....	10
3.2. Interprétation des résultats.....	11
<b>4. SYNTHESE .....</b>	<b>12</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>13</b>
<b>6. FIGURES.....</b>	<b>15</b>
<b>7. ANNEXE.....</b>	<b>19</b>
7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	19
7.2. Description des échantillons et des traitements .....	22

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de huit tests palynologiques de prélèvements réalisés lors d'une opération archéologique sur la commune de Ligugé (86).

Il y a sur le site deux occupations chronologiques distinctes.

La première se caractérise par des enclos fossoyés circulaires datant de la protohistoire, plus précisément du premier Âge du fer (VIIe au IVe s. av. J.-C.).

La seconde date du Moyen Âge et correspond à une occupation rurale (bâtimens sur poteaux porteurs et silos) dont l'étude numismatique indique une occupation centrée sur le IXe s. L'étude céramique confirme cette datation avec un mobilier céramique datant des IXe s. - Xe s.

Les prélèvements ont été réalisés dans les comblements d'un enclos protohistorique et d'un puisard / silo médiéval.

Ces analyses font suite à la réalisation de tests sur huit prélèvements palynologiques, répartis à la fois dans le comblement d'un silo / puisard (FS 2040) et d'un fossé protohistorique (SDS1387 - FO1357). Les résultats des tests ont montré des résultats globalement pauvres en pollens. L'analyse du prélèvement n°2034 ayant conclu à la présence de pollens en quantité et qualité à priori suffisante (Gaudin, 2022), nous avons donc poussé l'étude de manière à obtenir un spectre pollinique sur la base de ce seul prélèvement.

Cette opération a été menée par la société ARCHEODUNUM. L'étude a été commandée par Monsieur Michaël GOURVENNEC, responsable de l'opération.

# 1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

Les huit prélèvements proviennent de comblement de deux structures : une fosse interprétée comme un silo ou puisard (FS 2040) attribuée au IXe s. - Xe s. Les prélèvements n° 2020, 2024, 2027, 2034, 2036 proviennent de ce comblement (Fig. 1). Les trois autres échantillons étudiés proviennent de niveaux de comblement d'un fossé protohistorique (SDS1387 - FO1357) (Fig. 2).

Les prélèvements avaient un aspect « brun orangé ». Toutefois, les couches sédimentaires ne présentaient pas de conditions anaérobies permanentes, ce qui rend la conservation des pollens très aléatoire.

De façon générale les tests se révélèrent plutôt décevants (Gaudin, 2022). En effet, la plupart des concentrations polliniques se trouvèrent inférieures à 1000 grains / ml avec de faibles diversités. Seul le prélèvement n°2034 provenant du comblement du « silo – puisard » médiéval a été retenu pour une analyse plus approfondie :

- l'échantillon n°2034 du silo-puisard (FS 2040) montra une concentration pollinique de l'ordre de 3000 pollens / mL avec une dizaine de taxons et quelques pollens de type céréale (Fig. 2).

INVENTAIRE PALYNOLOGIQUE			
Commune :	Ligugé (86)		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :			
Année :	2022		
N° OA :			
Resp. d'Op.	Michaël GOURVENNEC		
Type d'opération :	fouille préventive		
Période d'analyse pressentie	Décembre - 2022		

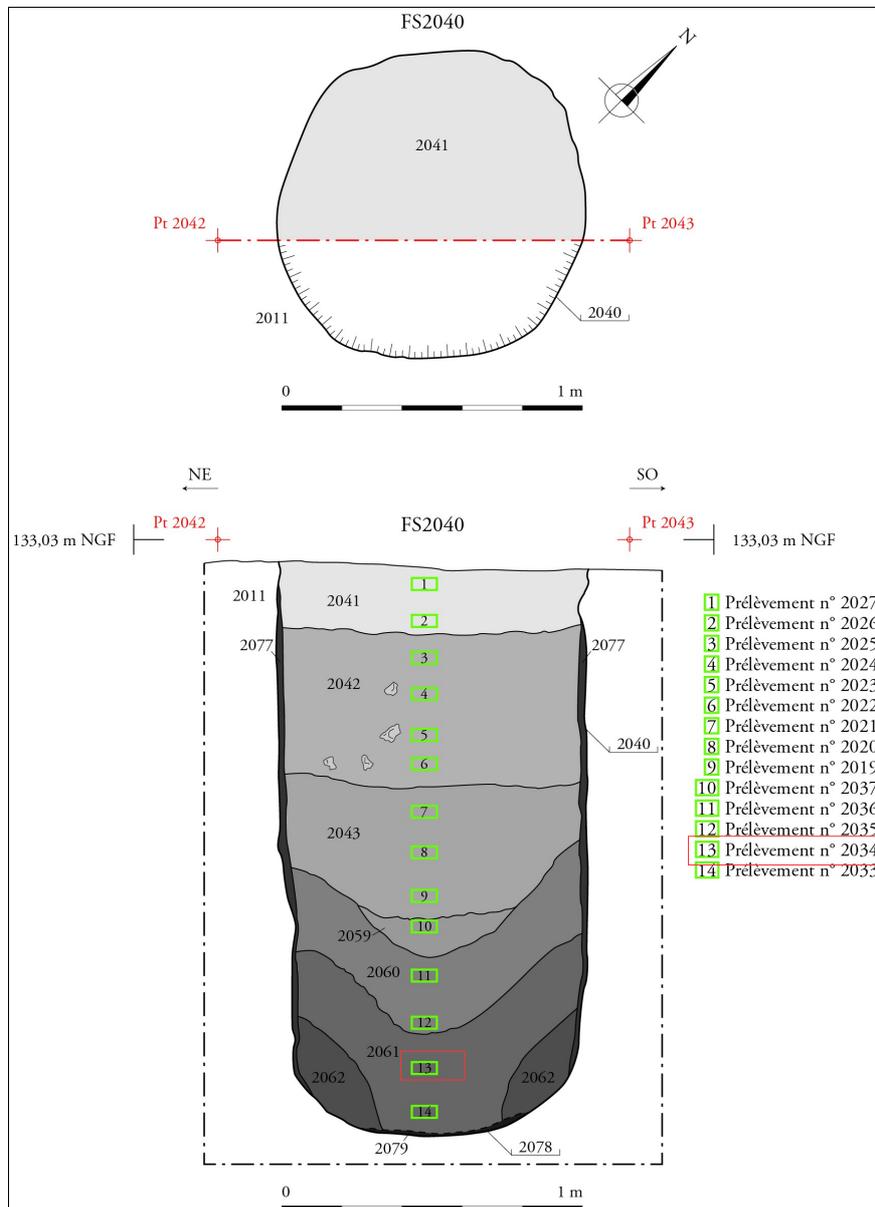
  

Faits US SD Nature	Description sédimentaire	Période / date	Retenu pour analyse
Plv n°1104 : SDS1387 - FO1357	Limono-argileux, couleur : brun orangé	Comblement de fossé d'enclos circulaires protohistorique. Du premier Âge du fer (VIIe au IVe s. av. J.-C.)	Non
Plv n°1107 : SDS1387 - FO1357	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Non
Plv n°1110 : SDS1387 - FO1357	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Non
Plv n°2020 : FS 2040	Limono-argileux, couleur : brun orangé	Comblement de puisard - silo médiéval : IXe s. - Xe s	Non
Plv n°2024 : FS 2040	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Non
Plv n°2027 : FS 2040	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Non
Plv n°2034 : FS 2040	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Retenu
Plv n°2036 : FS 2040	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Non

Figure 1. Inventaire des prélèvements sélectionnés pour les tests puis retenus pour des analyses « complètes ».

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores comptés	Nombre de Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque, taxons remarquables	Indice de potentiel d'étude
Plv n°1104 : SDS1387 - FO1357	3	30	123	1122	112	Mauvais	4		5
Plv n°1107 : SDS1387 - FO1357	3	20	154	683	102	Mauvais	4		5
Plv n°1110 : SDS1387 - FO1357	9	49	106	2431	447	Mauvais	4		5
Plv n°2020 : FS 2040	22	54	124	2004	816	Mauvais	6		5
Plv n°2024 : FS 2040	18	59	88	3526	1076	Mauvais	4		5
Plv n°2027 : FS 2040	2	10	130	472	94	Mauvais	3		5
Plv n°2034 : FS 2040	19	36	42	5259	2776	Moyen	11	Céréale	3
Plv n°2036 : FS 2040	4	34	33	5419	637	Mauvais	3		4

Figure 2. Opération archéologique du site de Ligugé (86). Tableau synthétisant les sommes, les concentrations absolues en spores et pollens (en nb/mL de sédiment) ainsi que la diversité taxonomique de chaque prélèvement suite aux résultats des tests palynologiques (extrait de Gaudin, 2022). Un ordre des « potentialités d'analyses » des échantillons est proposé en tenant compte des résultats des tests (l'indice de 1 correspondant à un test très favorable, l'indice 5 correspondant à un résultat très défavorable).



## 2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS

### 2.1 Le protocole d'extraction utilisé

L'extraction pollinique a été réalisée au sein du laboratoire de l'UMR CNRS 5805 EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux) à l'université de Bordeaux.

Le protocole utilisé est détaillé en annexe (chapitre 7.1. ).

### 2.2 Les comptages et déterminations

Les pollens ont été observés au sein du laboratoire ARKEOMAP. L'observation des extractions a été réalisée sous microscope optique à immersion aux grossissements x500 et x1000 (microscopes OLYMPUS CX21 et CX40).



Figure 4. Microscope d'observation (Olympus CX 21, ArkéoMap)

Les outils utilisés pour les déterminations sont de plusieurs sortes :

- des lames de référence du Laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH », de pollens actuels portant principalement sur la flore hygrophile des marais,
- des clichés photographiques pris au microscope optique et électronique,
- des atlas photographiques « pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord » (Reille, 1992) et « Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete » (Beug, 2004).

Le nombre de grains de pollens et de spores comptés par échantillon peut être variable en fonction des conditions de conservation et de la nature des sédiments. Nous avons cherché dans la mesure du possible à obtenir un nombre minimum de 300 grains par échantillon. En effet, ce nombre est préconisé dans de nombreux

travaux sur le sujet qui précisent qu' au « delà de 300 l'information ne s'accroît que dans des proportions infimes » (Reille, 1990). Dans le cadre de cette étude, ce nombre a pu être atteint.

Nous avons aussi calculé des fréquences polliniques absolues afin d'estimer le nombre de grains par volume (cm<sup>3</sup> ou mL) de sédiment. Nous nous sommes basés pour cela sur une méthode préconisant l'introduction de pastilles de spores de Lycopes au nombre connu dans les préparations (Stockmarr, 1972).

#### Remarque par rapport à la détection des microfossiles non-polliniques (MNP) :

Le parcours des lames polliniques permet souvent d'observer des microfossiles non-polliniques. Ils peuvent être d'origines diverses : spores algales, ascospores fongiques, fructifications, restes de métazoaires, œufs ou kystes de parasites, ...

Il n'est pas toujours possible de déterminer ces microfossiles. Néanmoins, nous nous sommes basés sur les inventaires de Van Geel *et al.* (2006) et C. Cugny (2011) pour identifier certains microfossiles et ainsi compléter l'interprétation des résultats polliniques. La typologie adoptée est celle initiée par B. van Geel, réutilisée et complétée par C. Cugny (2011).

#### Remarque par rapport à la détection des pollens de « *Cerealia type* » :

La différenciation entre pollens issus de Poacées «sauvages » et Poacées « cultivées » (céréales) repose sur des critères biométriques (Heim, 1970 ; Visset, 1974 ; Chester P. I. et Ian Raine, 2001). Afin de limiter au maximum les erreurs de détermination, seuls les pollens de Poacées dont la taille est comprise entre 40 et 60µm, et dont le diamètre extérieur du pore aréolé est supérieur à 10µm peuvent être considérés comme étant des « céréales type » (Chester P. I. et Ian Raine, 2001). Le taxon « *Cerealia type* » indiqué dans les diagrammes du rapport correspond à ce type de pollen.

Ces critères anatomiques ont cependant été remis en cause par certains chercheurs (Planchais N., 1971 ; Heim J., 1970 ; Lopez Saez *et al.*, 2003) qui évoquent la ressemblance dimensionnelle entre les pollens de céréales et ceux de Poacées naturels (ex. genre *Glyceria sp.*, *Elymus sp.*, *Agropyrum sp.*).

Aussi, lorsque des grains de « type céréale » sont observés de manière sporadique il est prudent avant de les interpréter comme céréales, de s'intéresser à l'ensemble des indices anthropiques (ex. ouverture du paysage) ainsi que des cortèges floristiques de plantes adventives (ex. *Centaurea sp.*, *Rumex sp.*) ou de plantes rudérales (ex. Urticacées) qui peuvent rendre cohérente ou non la détermination.

## 2.3 Le diagramme pollinique

Le diagramme sporo-pollinique (spores et pollens) a été réalisé à l'aide du logiciel « C2 data analysis version 1.7.6 » (Fig. 5).

Le pourcentage de chaque taxon a été calculé par rapport à une somme de base correspondant au total des pollens observés.

La question de la prise en compte des spores dans la somme de base n'est pas sans poser quelques problèmes. L'exemple de *Sphagnum sp.* a été étudié par J. Heim (1970) qui a constaté que la production de spores de sphaigne pouvait varier sans concordance évidente avec le couvert végétal du site considéré. Plus généralement, les Ptéridophytes et les Bryophytes présentent une sporulation souvent difficile à interpréter. Aussi, les spores sont généralement exclues de la somme de base (Voetzel, 1987 ; Barbier, 1999 ; Ouguerram, 2002). Pour notre part, les caractéristiques de production et de dispersion des spores étant différentes des caractéristiques polliniques, nous avons aussi choisi d'exclure les spores de la somme de base.

Les diagrammes sont réalisés à partir de ces pourcentages et les échantillons analysés apparaissent en lignes.

Sur ces diagrammes figurent de la gauche vers la droite :

- l'identifiant du prélèvement correspondant dans notre cas aux unités stratigraphiques,
- l'ensemble des fréquences relatives de chaque taxons d'arbres puis des arbustes déterminés lors du comptage,
- un diagramme de type « Iversen », synthétisant la somme des pollens d'arbres vis à vis des pollens d'herbacées (AP / NAP : Pollens d'arbres / Pollens d'herbacées) et de plantes aquatiques. Ces courbes permettent d'estimer l'évolution des parts relatives des végétations boisées vis-à-vis des végétations herbacées et aquatiques dans le paysage environnant,
- les courbes individuelles continues en pourcentages relatifs des taxons polliniques de plantes herbacées et aquatiques. Au sein des herbacées, les taxons sont ordonnés par leurs affinités écologiques,
- les courbes individuelles continues des spores de Ptéridophytes, des Bryophytes puis des microfossiles non polliniques.

### Remarque :

- Lorsqu'un taxon n'est représenté que par une ou deux occurrences seulement (moins de 1%), il est matérialisé sur le diagramme par un point.
- les fréquences des spores et des microfossiles non polliniques sont calculées sur la base des sommes polliniques (d'où par exemple des fréquences de l'ordre de 65 pour les spores *monolètes*).

### 3. RESULTATS, INTERPRETATION

Les résultats sont donnés sous la forme d'un tableau de comptages et d'un diagramme représentant les effectifs des différents pollens, spores et micro-fossiles non polliniques identifiés (Figures 5 et 6).

#### 3.1. Analyse critique des résultats

L'analyse de l'échantillon FS 2040 Plv n°2034 a permis d'atteindre un peu plus de 300 grains de pollens et de spores, mais malgré les observations complémentaires, assez peu de diversité sporo-pollinique a été constatée. Seize taxons seulement ont été identifiés (Fig. 5).

La concentration de pollens constatée pour cet échantillon, de l'ordre de 2000 pollens / mL, est une concentration que l'on peut considérer comme « faible » en comparaison avec les concentrations obtenues dans des dépôts organiques (ex. tourbières), souvent de l'ordre de 50000 pollens / mL.

Il faut donc interpréter les résultats de cet échantillon avec précaution. Les valeurs quantitatives (fréquences relatives) notamment ne peuvent être considérées comme fiables. Nous nous baserons davantage sur les associations polliniques observées pour interpréter les résultats de ce prélèvement.

La détection très importante des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (356 Lycopodes comptés pour l'échantillon, Fig. 5), témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique.

Notons toutefois une sur-représentation des pollens de Cichorioïdées, d'Asteracées et de spores monolètes, taxons particulièrement résistants. Il est possible que le comblement du puisard/silo se soit retrouvé régulièrement dans des contextes « aérobies » propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique des pollens les moins résistants. En effet, le contexte plutôt « limoneux » du comblement n'est pas très favorable au maintien de conditions anaérobies en période sèche. La conservation pollinique assez moyenne constatée pour la plupart des échantillons testés est une conséquence de ces conditions, mais peut-être aussi à des dynamiques de comblement assez rapides, ne permettant pas un temps de contact suffisant pour accumuler beaucoup de pollens.

Les pollens et spores identifiés correspondent essentiellement à des végétations herbacées (environ 99% des pollens, Fig. 6). Ce résultat tendrait donc à décrire un paysage largement ouvert. Toutefois, il est probable que cette image soit déformée à cause de la nature des sédiments analysés et du mode de dépôt à l'intérieur du silo/puisard. En effet, contrairement aux analyses polliniques réalisées dans des contextes de dépôts sédimentaires « naturels et ouverts », où la pluie pollinique a pour principale origine des apports aériens (apports polliniques régionaux), dans notre cas le comblement est vraisemblablement avant tout associé aux ruissellements et infiltrations depuis les environs immédiats (apports polliniques plutôt locaux).

Notons l'observation d'un micro-fossiles non pollinique du type ascospores du groupe coprophile Sordariales (Type HdV 55 ou HdV 205 ?) témoignant probablement d'apports par ruissellement depuis les surfaces environnantes.

## 3.2. Interprétation des résultats

Le spectre est largement dominé par les pollens d'herbacées (environ 99% du spectre) ce qui correspondrait à un paysage local très ouvert.

Les boisements sont uniquement représentés par quelques pollens de chêne et un fragment de pollen de résineux. Ces formations de résineux sont toutefois difficiles à cerner à cause de modes de diffusion et de productions importantes. C'est probablement un pollen d'origine lointaine. Deux pollens de chêne (*Quercus sp.*) ont aussi été observés. Il pourrait s'agir de haies ou d'arbres isolés ponctuant le paysage local.

L'association des pollens de Poacées, Cichorioïdées, Asteracées, Caryophyllacées, Chenopodiacées, Apiacées, Urticacées correspondrait à des formations de « **friches et jachères** ». La détection d'un pollen d'Urticacée (ortie), confère un caractère « rudéral » à cet ensemble végétal. Notons toutefois l'absence de pollens de plantains habituellement caractéristiques d'espaces d'habitats, de lieux de pacages. Ce ne serait pas le cas ici.

On peut aussi suggérer l'existence de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** par l'intermédiaire de pollens de Poacées, Cyperacées, *Centaurea nigra*, Apiacées, Asteracées, *Alchemilla sp.*

**L'association des cultures** est bien représentée avec l'identification de pollens de céréales (*Cerealia type*) accompagnés de pollens de plantes adventices (*Centaurea type jacea*) et de plantes rudérales (Chenopodiaceae, Cichorioideae, Urticaceae).

L'observation de plusieurs pollens de céréale dans ce contexte de puisard/silo pose question car ce sont des essences qui produisent et diffusent relativement peu (Fig. 9, d'après Mazier *et al.*, 2012). La détection de ces pollens de céréales est donc, soit en relation avec la proximité de **cultures ou d'activités de traitement des céréales dans les environs**, soit à mettre directement en lien avec une fonctionnalité de la structure (**fonction de stockage ?**).

L'identification d'un ascospore du groupe coprophile « HdV-55 ou HdV-205 Sordariale » témoigne de la présence de matières fécales (fumier?). Cela vient renforcer l'image d'un environnement de prairies pâturées.

Le nombre de spores monolètes et de spores trilètes est important puisque plus de 200 grains ont été comptés. Les fréquences de ces spores (fougères et mousses) observées sont souvent aléatoires et difficilement interprétables (Figures 5 et 6). Ces spores pourraient provenir de mousses et de fougères situées à proximité, voire à l'intérieur de la structure.

Enfin de nombreux microrestes non polliniques sont présents, notamment des « Amérospores des types HdV-207 » et « Dictyospores de type HdV-126 ». Ce sont pour la plupart des microrestes d'origine fongique (champignons) mais dont la signification écologique n'est pas toujours très claire. L'Amérospore de « type HdV-207 » caractériserait le genre *Glomus* (Cugny, 2011), champignon parasite de plantes herbacées. Le Dictyospore de « type HdV-126 » serait caractéristique d'un parasite de Cyperacée. Quelques Concentricystes (d'origine algale) et des spores « algales et supposées de type HdV-181 » sont caractéristiques de conditions aquatiques.

On observe aussi une importante concentration en micro-charbons de feuillus. Il pourrait s'agir de rejets de foyers (?).

## 4. SYNTHÈSE

Cette étude apporte des informations de compréhension du site sous l'angle de la palynologie.

L'analyse complète du prélèvement FS 2040 - n°2034 permet d'obtenir une concentration pollinique assez faible (2000 grains de pollens / mL) avec une diversité correcte sans plus (environ 16 taxons sporo-polliniques) (Figures 5 et 6).

De façon générale, la composition pollinique a été soumise à une conservation différentielle. Les pollens de Cichorioïdées et spores monolètes, taxons particulièrement résistants, apparaissent sur-représentés, déformant ainsi l'image paléoenvironnementale.

Les pollens identifiés correspondent surtout à des végétations herbacées, ce qui pourrait être interprété comme la conséquence de paysages ouverts. Toutefois, le contexte des sédiments analysés amène à s'interroger sur le mode de déposition des pollens. En effet, la composition pollinique est vraisemblablement largement inféodée aux contextes de dépôt des sédiments analysés. Contrairement aux analyses polliniques réalisées dans des contextes de dépôts sédimentaires « naturels et calmes », où la pluie pollinique est avant tout associée à des apports aériens, la composition pollinique analysée dans le comblement du « puisard/silo » est probablement en partie liée aux ruissellements et infiltrations des eaux des environs immédiats.

L'analyse de la composition pollinique décrit un paysage largement ouvert. Les pollens d'arbres sont quasiment absents (99% des pollens sont des pollens de plantes herbacées). L'étude des associations polliniques a permis d'identifier des groupements végétaux de **cultures (céréales), de friches et de jachères, de prairies hygro- à mésophiles pâturées.**

En ce qui concerne les cultures, des attestations de céréales peuvent être directement rattachées aux activités agro-alimentaires du secteur, voire à une fonction de stockage de la structure (?).

## 5. BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER D., 1999 – Histoire de la végétation du nord-mayennais de la fin du Weischelien à l'aube du XXIème siècle Mise en évidence d'un Tardiglaciaire armoricain Interactions Homme-Milieu. Thèse de doctorat, Université de Nantes, Editions Groupe d'Etude des Milieux Naturels, Nantes, tome I, texte : 284 p., tome II, illustration : 63 Figures.
- BEUG H.-J., 2004 - *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Publisher Verlag Friedrich Pfeil, Munich, 542 p.
- CHESTER P.I. & IAN RAINE J., 2001 – Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Grana, 40, Greece, p. 299-387.
- CUGNY C., 2011 – Apport des microfossiles non-polliniques à l'histoire du pastoralisme sur le versant nord pyrénéen. Entre référentiels actuels et reconstitution du passé. Thèse de doctorat, Université Toulouse 2 Le Mirail, 2 vol., 373 p.
- HEIM J., 1970 - Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Thèse, Université de Louvain, Laboratoire de Palynologie et Phytosociologie, 181 p.
- GAUDIN L., 2022 – Tests palynologiques de huit prélèvements réalisés en stratigraphie à l'intérieur des comblements d'un fossé d'enclos protohistorique et d'un puisard/silo médiéval, sur la commune de Ligugé (86). (Destinataire privé : ARCHEODUNUM, RO. M. M. Gourvenec)
- LOPEZ SAEZ J.-A., LOPEZ GARCIA P. et BURJACHS F., 2003 – Arqueopalinologia : sintesis critica. *Polen* 12, p. 5-35.
- OUGUERRAM A., 2002 – Histoire de la vallée de l'Erdre (affluent de la Loire, Massif armoricain, France) de la fin du Tardiglaciaire aux époques actuelles. Thèse de doctorat, Université de Moulay Ismaïl de Meknès (Maroc), Editions Groupe d'Etude des Milieux Naturels, 121 p., 24 Figures.
- MAZIER F., GAILLARD M. J., KUNEŠ P., SUGITA S., TRONDMAN A. K., BROSTRÖM A., 2012 - Testing the effect of site selection and parameter setting on REVEALS-model estimates of plant abundance using the Czech Quaternary Palynological Database." *Review of Palaeobotany and Palynology* no. 187 p. 38-49. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.07.017>.
- PLANCHAIS N., 1971 – *Histoire de la végétation post-würmienne des plaines du bassin de la Loire, d'après l'analyse pollinique*. Thèse d'Etat , Montpellier, 2 vol., 115 p.
- REILLE M., 1990 – Leçon de palynologie et d'analyse pollinique. CNRS, Paris, 206 pages.
- REILLE M., 1992 - *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord.*, Editions Louis-Jean, Gap, 520 p.
- STOCKMARR J., 1972 – Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollens et spores*, 13, p. 615-621.
- VAN GEEL B., APTROOT A., 2006 – Fossil Ascomycetes in Quaternary deposits. *Nov Hedw*, 82, p. 313-329.

VISSET L. 1974 – Le tumulus de Dissignac à Saint-Nazaire (Loire-Atlantique), étude palynologique. Bulletin de la Société scientifique de Bretagne , 48, p. 7-14.

VOELTZEL D., 1987 - Recherches pollenanalytiques sur la végétation holocène de la plaine alluviale de l'estuaire de la Loire et des coteaux environnants. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, Laboratoire d'Ecologie et de Phytogéographie Faculté des Sciences et des Techniques, Nantes, 178 p.

## 6. FIGURES

	Taxons \ Code Prélèvements	Prélèvement n°2034 : FS 2040
Pollens	Fragments de Gymnosperme	1
	Quercus	2
	POACEAE	47
	CICHORIOIDEAE	20
	ASTERACEAE	1
	CARYOPHYLACEAE	10
	CHENOPODIACEAE	6
	URTICACEAE	1
	Cerealia type	6
	Centaurea type nigra	5
	Centaurea type cyanus	3
	Alchemilla	1
	APIACEAE	6
	CYPERACEAE	14
Spores	Spore monolète	206
	Spore trilète	20
Microfossiles non polliniques	Concentricyste	2
	Ascospores gp coprophiles – HdV-55 – Sordariales	1
	Amérospores – HdV-207	40
	Dictyospores – HdV-126	2
	Spores algales et supposées – HdV-181	2
	Microcharbons (tracheïdes : résineux)	6
	Microcharbons (feuillus)	279
	Indéterminés	1
	SOM. pollen (somme de base)	123
	SOM. Sporo-pollinique	349
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	2120	
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	6015	

Figure 5. Opération archéologique du site de Ligugé (86). Comptages correspondant aux pollens, spores et quelques autres types de fossiles non polliniques déterminés. Les valeurs grisées correspondent à des sommes polliniques, sommes sporo-polliniques et pour les deux dernières lignes à des concentrations absolues de pollens et de spores + pollens. Les concentrations absolues sont exprimées en nombre de grains par mL de sédiment.

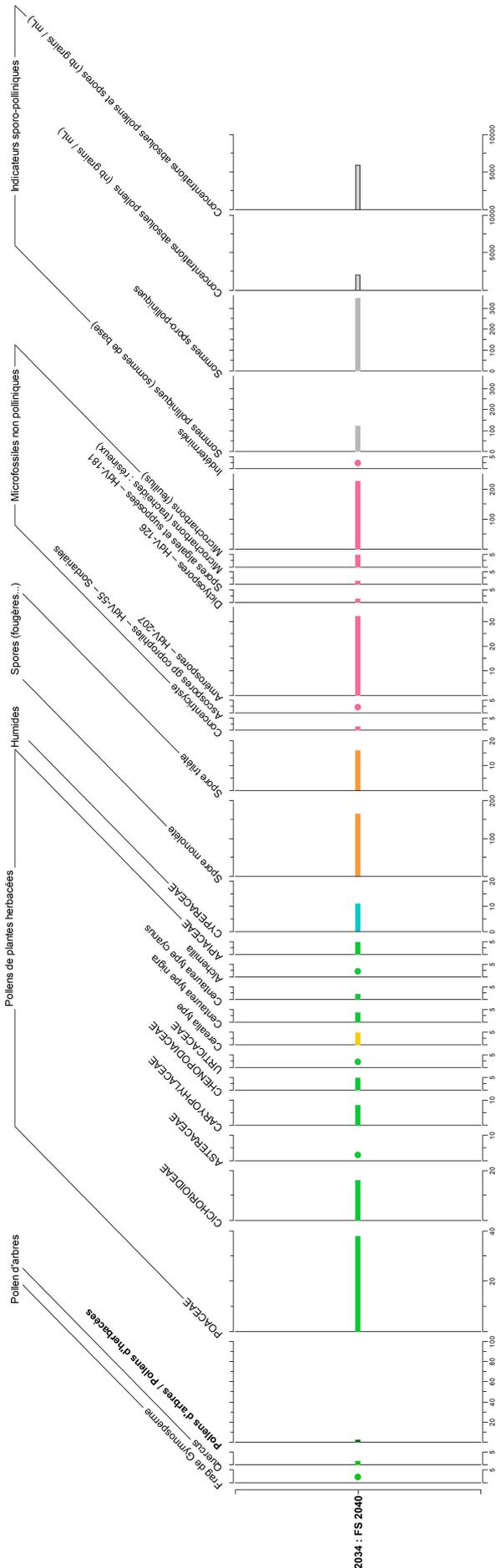


Figure 6. Diagramme sporo-pollinique du site de Ligugé (86). Les valeurs sont exprimées en fréquences relatives (%). La somme de base utilisée pour calculer les fréquences correspond à la somme des grains de pollens. Les spores ont donc été exclus de cette somme de base. La courbe (PA/PNA) correspond au rapport entre pollens d'arbres (PA) / pollens non arborescents (PNA). Les valeurs inférieures à 1% sont symbolisées par des points. Les concentrations absolues sont exprimées en nombre de grains / mL de sédiment.

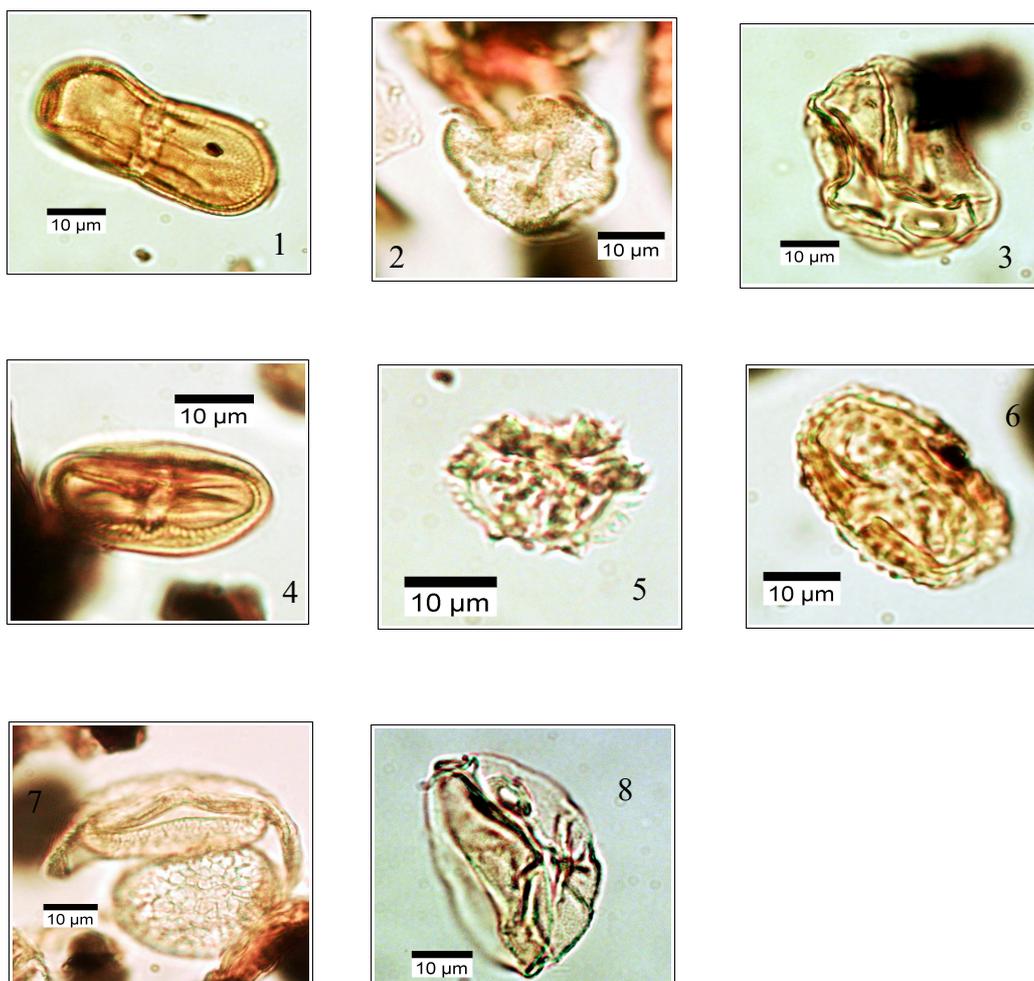


Figure 7. Photographies de pollens sous microscope optique à immersion, grossissement x1000. Les échelles représentent des micromètres. 1. Pollen d'Apiacée (famille de la carotte) ; 2. Pollen de Caryophyllacée (Plv 2034) ; 3. Pollen de céréale (*Cerealia type*), (Plv 2034) ; 4. Pollen de *Centaurea cyanus* (Plv 2034) ; 5. Pollen de Cichorioïdées (Plv 2020) ; 6. Pollen de *Centaurea type nigra* (Plv 2034) ; 7. Pollen de pin type sylvestre (*Pinus type sylvestris*), Plv 2027 ; 8. Pollen de type céréale (*Cerealia type*) (Plv 2034) ;

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores comptés	Nombre de Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen et spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque
Prélèvement n°2034 : FS 2040	123	349	356	6015	2120	Moyen	16	Cereale

Figure 8. Nombre de pollens et de spores comptés, nombre de grains par cm<sup>3</sup> de sédiment, diversité taxonomique.

Taxon	Production pollinique relative/Poaceae	Vitesse de chute dans l'air des grains de pollen
	PPE (SE)	(m/s)
Abies	6.88 (1.44)	0.120
Alnus	9.07 (0.10)	0.021
Artemisia	3.48 (0.20)	0.025
Betula	3.09 (0.27)	0.024
Calluna vulgaris	0.82 (0.02)	0.038
Carpinus	3.55 (0.43)	0.042
Ceralia-t	1.85 (0.38)	0.060
Corylus	1.99 (0.20)	0.025
Fagus	2.35 (0.11)	0.057
Filipendula	2.81 (0.43)	0.006
Fraxinus	1.03 (0.11)	0.022
Juniperus	2.07 (0.04)	0.016
Picea	2.62 (0.12)	0.056
Pinus	6.38 (0.45)	0.031
Plantago lanceolata	1.04 (0.09)	0.029
Plantago media	1.27 (0.18)	0.024
Plantago montana	0.74 (0.13)	0.030
Poaceae	1.00 (0.00)	0.035
Quercus	5.83 (0.15)	0.035
Rumex acetosa-t	2.14 (0.28)	0.018
Salix	1.22 (0.11)	0.022
Secale	3.02 (0.05)	0.060
Tilia	0.80 (0.03)	0.032
Ulmus	1.27 (0.05)	0.032

Figure 9. Tableau récapitulatif des valeurs moyennes des productions polliniques européens et des vitesses de chute dans l'air des grains de pollen des taxons étudiés (d'après Mazier *et al.*, 2012).

Taxons \ Code Prélèvements	Plv n°1104 : SDS1387 - FO1357	Plv n°1107 : SDS1387 - FO1357	Plv n°1110 : SDS1387 - FO1357	Plv n°2020 : FS 2040	Plv n°2024 : FS 2040	Plv n°2027 : FS 2040	Plv n°2034 : FS 2040	Plv n°2036 : FS 2040
<b>Pollens</b>								
Gymnosperme	0	1	0	0	0	0	0	0
Pinus	0	1	0	0	0	0	0	0
Pinus sylvestris	0	0	0	0	0	1	0	0
Corylus	1	0	0	0	1	0	0	0
POACEAE	0	0	1	0	0	0	6	0
CICHORIOIDAE	2	0	8	17	17	1	3	4
ASTERACEAE	0	0	0	0	0	0	1	0
CARYOPHYLACEAE	0	0	0	0	0	0	2	0
CHENOPODIACEAE	0	0	0	3	0	0	1	0
Cerealía type	0	0	0	0	0	0	1	0
Centaurea type nigra	0	0	0	0	0	0	2	0
Centaurea type cyanus	0	0	0	0	0	0	2	0
Alchemilla	0	0	0	0	0	0	1	0
CYPERACEAE	0	1	0	1	0	0	0	0
Potamogeton	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Spores</b>								
Spore monolète	26	17	38	25	28	8	13	20
Spore trilète	1	0	2	7	13	0	4	10
<b>Non pollinique</b>								
Concentricyste	0	0	0	1	0	0	1	0
Dictyosporés – HdV-126	0	0	0	0	0	0	1	0
Amérosporés – TM-505	0	0	0	0	0	0	0	1
Amérosporés – HdV-27	0	0	0	0	2	0	0	0
Phragmosporés – HdV-729	0	0	1	1	1	0	0	0
Amérosporés – HdV-207	0	4	3	2	1	2	5	7
Dictyosporés – TM-329	13	3	1	0	0	0	0	0
Microrestes colorés – TM-318	1	5	0	0	0	0	0	0
Spores algales et supposées – HdV-181 ou	0	0	1	0	2	2	0	0
Microcharbons (tracheides : résineux)	0	0	0	0	0	0	4	0
Microcharbons (feuillus)	14	22	38	24	58	61	45	11
Thèque œuf <i>Ascaris</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
SOM. pollen (somme de base)	3	3	9	22	18	2	19	4
SOM. Sporo-pollinique	30	20	49	54	59	10	36	34
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	112	102	447	816	1076	94	2776	637
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	1122	683	2431	2004	3526	472	5259	5419

Figure 10. Opération archéologique du site de Ligugé (86). Résultats des tests palynologiques. Comptages des pollens et spores déterminés (extrait de Gaudin, 2022)

## 7. ANNEXE

### 7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :

Afin d'isoler et de concentrer les grains de pollen, le protocole utilisé au sein de l'UMR EPOC comporte les étapes suivantes :

#### Préparation du sédiment

**1-** Le sédiment (environ 5g) est séché à l'étuve à 40°C pendant une nuit ou plus, suivant la teneur en eau.

#### Estimation du volume de sédiment

**2-** Dans une éprouvette de 25cc en polypropylène, mettre 15cc d'eau distillée. Poser celle-ci sur une balance, faire la tare, puis ajouter le sédiment. La colonne d'eau augmente, enregistrer le poids ainsi que le volume.

#### Lavage du sédiment

Ce lavage permet de travailler sur deux proxies. La fraction supérieure est récupérée pour, en particulier, l'étude des foraminifères, et la fraction inférieure pour l'étude des pollens et dinoflagellés.

**3-** Prendre un tamis de maille 150µm et de diamètre 10cm, le poser sur un bécher de 1000ml. Vider le contenu de l'éprouvette sur le tamis, et laver délicatement à l'eau du robinet. Lorsque le résidu > à 150µm est propre, bien le rincer à l'eau distillée et le récupérer dans une coupelle toujours avec de l'eau distillée. La fraction inférieure récupérée dans le bécher est mise à décanter pendant 48h minimum. Ne pas oublier de couvrir les bécher pour éviter toute pollution.

#### Attaque à l'acide chlorhydrique (HCl)

Cette attaque permet d'éliminer tous les organismes et particules calcaires.

**4-** Aspirer l'eau à l'aide d'une trompe à vide. Celle-ci est équipée, à l'extrémité du tuyau, d'un embout en plastique présentant un angle de 90° par rapport à la paroi du bécher. Cet embout permet d'éviter toute aspiration accidentelle du résidu décanté au fond du bécher. Récupérer le résidu dans un tube de 100ml à fond rond en polypropylène.

**5-** Centrifuger 7mn à 2500tr/mn. Eliminer l'eau, remettre en suspension avec l'agitateur. Mettre une ou deux pastilles de Lycopodes dans le tube, le nombre de pastilles étant défini en fonction de la concentration supposée en pollen ou en dinoflagellés. Elles permettent d'estimer les concentrations en palynomorphes.

**6-** L'attaque à l'HCl à **froid** se fait en trois étapes. Une première attaque à **10%**, remuer à l'aide d'une baguette d'agitation en verre, laisser agir quelques minutes, si le sédiment est riche en carbonates il est important de commencer par l'HCl à faible concentration afin d'éviter une importante effervescence et également un débordement des tubes. Continuer par de l'HCl à **25%** attendre quelques minutes et terminer par de l'HCl à **50%**. Cette dernière attaque est essentielle pour la suite de la manipulation. Bien s'assurer que la réaction est terminée en ajoutant de l'HCl à 50%. Lorsqu'il n'y a plus d'effervescence dans le tube, la réaction est terminée.

## Attaque à l'acide fluorhydrique (HF)

Cette attaque permet d'éliminer la silice et les silicates.

**7-** Centrifuger les tubes de 100ml pendant 7mn à 2500tr/mn et éliminer le surnageant. Remettre le culot en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HF à **45% à froid**. Fermer les tubes avec le bouchon approprié et les poser sur le secoueur, laisser agiter pendant 4 à 5h. Bien respecter la concentration de l'HF, car une concentration supérieure peut entraîner une forte effervescence, avec risque de perte de sédiment.

**8-** Centrifuger à nouveau les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HF à **70% à froid**. Poser les tubes sur le secoueur, laisser agiter pendant **28 à 30h**.

**Note :** Attention pour faire cette manipulation il est impératif de respecter les mesures de sécurité, mettre des longs gants, ainsi que des lunettes. Travailler toujours sous hotte aspirante bien fermée. Travailler également les tubes toujours fermés.

## Deuxième attaque à l'acide chlorhydrique (HCl)

Élimination des fluorosilicates.

**9-** Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HCL à **25% à froid**. Poser les tubes sur le secoueur, laisser agiter pendant 15mn.

**Note :** Il est très important de faire cette attaque à l'HCl avant de rincer à l'eau distillée. Des risques de formation de fluorures peuvent avoir lieu et donc gêner le reste de la manipulation.

## Rinçage

**10-** Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension le culot avec l'agitateur, remplir les tubes d'eau distillée. Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn. Éliminer l'eau, les résidus sont prêts pour la filtration.

## Filtration

Cette opération nécessite la mise en œuvre d'un système de filtration. Ce matériel est posé sur une fiole à vide de 2l reliée à une trompe à vide.

**11-** Remettre en suspension le culot avec l'agitateur et verser une partie ou la totalité du résidu, suivant la concentration, sur le filtre en nylon de maille 10µm. Rincer à l'eau distillée avec une pissette de 50ml. La contenance de la pissette est essentielle car elle permet de l'avoir bien en main et donc de presser suffisamment fort pour avoir un jet assez puissant pour la filtration. Lorsque cela colmate, mettre 20 à 40s d'ultrasons et rincer abondamment, en même temps, avec la pissette. Le succès de cette opération est basé sur la coordination entre les ultrasons et la pissette. Il est important de bien gérer le temps des ultrasons, car l'abus peut casser les microorganismes.

**12-** Récupérer le résidu, une fois bien lavé, avec la pissette dans un tube à fond conique de 50ml en polypropylène. Bien froisser le filtre entre les doigts pour décoller éventuellement les micro-organismes qui pourraient rester sur le filtre.

**13-** Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant à l'aide de la trompe à vide munie de l'embout à 90°. Transvaser le résidu avec de l'eau distillée dans un tube

à fond conique de 8cc en plastique. Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant toujours avec la trompe à vide. Le résidu est prêt pour le montage.

**14 – En fonction du caractère organique du résidu il est parfois nécessaire d'effectuer un traitement supplémentaire au HNO<sub>3</sub> :** Séparation du culot en 2 puis sur une moitié, attaque HNO<sub>3</sub> 2mn, filtration 10 $\mu$ , 20s Ultra son, 2mn HNO<sub>3</sub>, filtration 10 $\mu$

### Montage

#### Montage à la glycérine bidistillée phénolée (lames mobiles)

Cette technique de montage est utilisée pour l'étude des grains de pollen.

**14b-** Poser une lame sur la plaque chauffante (T° 200°C-250°C), mettre sur celle-ci une goutte de glycérol (*voir annexes*), ajouter quelques gouttes de résidus, doser suivant la concentration voulue. Laisser évaporer l'eau. Pendant ce temps préparer la lamelle en posant sur les longueurs de la lamelle de l'histolaque. Une fois l'évaporation terminée poser la lamelle sur la lame. Retirer la lame de la plaque chauffante et luter les deux côtés restants.

### Conservation

**15-** Pour la conservation remplir les tubes de 8cc d'eau distillée, puis ajouter quelques gouttes de glycérine bidistillée phénolée

### Annexes

- Fournisseur des pastilles de lycopodes

Lund University  
Department of Geology  
Quaternary Sciences  
Sölvegatan 12  
SE-223 62 Lund  
Sweden  
Fax : 46-46-2224830

- Fournisseur des filtres de 10 $\mu$ m

Saulas et Cie  
5, rue des epinettes  
BP 20  
10160 Paisy cosdon  
fax : 03 25 40 74 87

- Préparation de la gélatine glycérinée

Mettre dans un bécher 10g de gélatine plus 34,2cc d'eau distillée. Laisser reposer pendant 2h à froid sans agitation. Ensuite, ajouter 51cc de glycérol à 98% plus 1g de phénol. Chauffer jusqu'à complète dissolution. La solution se solidifie à froid. Lors du montage mettre le bécher sur la plaque chauffante.

- Préparation du glycérine bidistillée phénolée pour la conservation

Mettre dans 1l de glycérol à 98% 1% de phénol.

## 7.2. Description des échantillons et des traitements

SERIE N°	TECH	Date	Coul (N,B,R,V)	Sol Exotique (lycopodes..)	Nombre grains	Num (1-8)	TRONCON	VOL	Poids sec	HCL	HF 48%	HF 70%
2619	MG	22/11/22	RG	lycopodes	18407	D	PLV 1104	4	10,173	X	X	X
2619	MG	22/11/22	RG	lycopodes	18407	E	PLV 1107	3,5	7,146	X	X	X
2619	MG	22/11/22	RG	lycopodes	18407	F	PLV 1110	3,5	8,571	X	X	X
2619	MG	22/11/22	RG	lycopodes	18407	G	PLV 2020	4	9,505	X	X	X
2619	MG	22/11/22	RG	lycopodes	18407	H	PLV 2024	3,5	7,16	X	X	X
2620	MG	22/11/22	B	lycopodes	18407	A	PLV 2027	3	7,06	X	X	X
2620	MG	22/11/22	B	lycopodes	18407	B	PLV 2034	3	7,392	X	X	X
2620	MG	22/11/22	B	lycopodes	18407	C	PLV 2036	3,5	7,828	X	X	X

Figure 11. Description des traitements réalisés pour l'extraction pollinique (UMR EPOC).