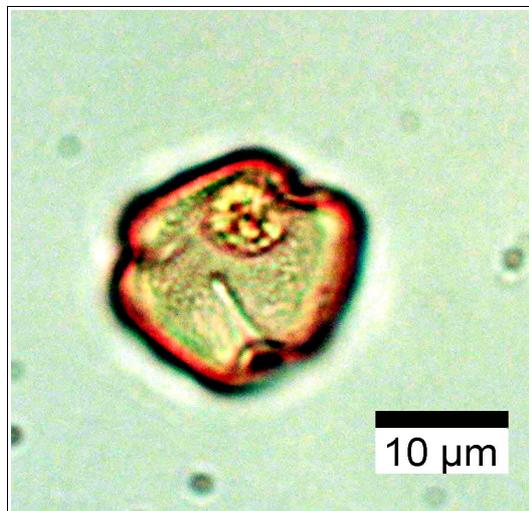




# ArkéoMap

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



**ANALYSES PALYNOLOGIQUES DE HUIT PRÉLÈVEMENTS RÉALISÉS  
EN STRATIGRAPHIE DANS LE COMPLEMENT D'UNE ANCIENNE  
ZONE HUMIDE, SUR LE SITE DE LA VILLA ANTIQUE DE « LA  
CAPELLE 2 » SUR LA COMMUNE DE LA FARLÈDE (83).**

**ARCHEODUNUM**

Rapport d'analyses palynologiques

**Janvier 2023**

## ARCHEODUNUM

---

**Opération archéologique « La Capelle 2 » sur la commune de La Farlède (83)**

---

### **Références des échantillons étudiés :**

**Prélèvements en stratigraphie dans le comblement d'une ancienne zone humide :**

PR12 et PR13 (US1020-3), PR14 et PR15 (US1020-4).

---

**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 de vigne (Vitis sp.). Grossissement x1000. L'échelle représente des micromètres. Prélèvement n°14, US 1020-4.*

## 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>8</b>
2.1 Le protocole d'extraction utilisé.....	8
2.2 Les comptages et déterminations.....	8
2.3 Le diagramme pollinique .....	10
<b>3. RESULTATS, INTERPRETATION.....</b>	<b>11</b>
3.1. Analyse critique des résultats.....	11
3.2. Interprétation des résultats.....	12
<b>4. SYNTHESE .....</b>	<b>15</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>16</b>
<b>6. FIGURES.....</b>	<b>18</b>
<b>7. ANNEXE.....</b>	<b>23</b>
7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	23
7.2. Description des échantillons et des traitements .....	26

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de huit tests palynologiques de prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique du site « La Capelle » sur la commune de La Farlède (83). Le site correspond à une villa oléicole et viticole antique.

Ces analyses font suite à la réalisation de tests sur huit prélèvements provenant à la fois de comblements de puits et d'une zone humide aménagée en mare lors de l'occupation antique. Les résultats des tests ayant conclu à la présence de pollens en quantité et qualité suffisante sur quatre des huit échantillons (Gaudin, 2022), nous avons donc poussé l'étude de manière à obtenir un diagramme pollinique sur la base de ces quatre prélèvements.

Cette analyse palynologique vient compléter les résultats d'autres études paléoenvironnementales (géomorphologie, carpologie, malacologie) visant à mieux comprendre l'environnement du site.

L'étude a été commandée Monsieur Jérôme Grasso, responsable de l'opération.

# 1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

De façon générale les couches sédimentaires mises au jour ne présentaient pas de conditions anaérobies permanentes, ce qui rend généralement la conservation des pollens très aléatoire.

Seuls des tests pouvaient permettre de juger véritablement du potentiel palynologique des prélèvements (Gaudin, 2022).

Sur les huit prélèvements retenus pour les tests (Fig. 1), deux provenaient de comblements de puits (PR 154 et PR 158). Ces deux échantillons ont été extraits de niveaux inférieurs encore humides. L'humidité constatée lors de la fouille des puits est un indice à priori favorable à la conservation pollinique. Toutefois, le maintien de conditions anaérobies de façon permanente depuis l'antiquité n'était pas du tout certaine.

Les six autres prélèvements ont été réalisés en stratigraphie, à l'intérieur du comblement d'une vaste zone humide aménagée en mare au cours de l'Antiquité (Fig. 2). Elle aurait servi de point de captage pour les eaux de ruissellement (site en pente) et de dépotoir au cours de l'occupation. Les couches archéologiques avaient un aspect grisâtre (voir rosé pour l'US 1020-4) ce qui tendrait à montrer le maintien de conditions réductrices, caractère plutôt favorable à la conservation pollinique.

INVENTAIRE PALYNOLOGIQUE					
<b>Commune :</b>		La Farlède (83)			
<b>Nom de l'opération / Lieu-Dit :</b>		« Projet de centralité 2 », lieu-dit : « La Capelle »			
<b>Année :</b>		2022			
<b>N° OA Patriarche :</b>		10534			
<b>Resp. d'Op.</b>		Jérôme Grasso			
<b>Type d'opération :</b>		fouille préventive			
<b>Période d'analyse pressentie</b>		Janvier 2023			
Identifiants prélèvements	US	Masses envoyées (g)	Description sédimentaire	Structures archéologiques	Retenus pour analyse complète suite aux tests
PR12	1020 – 3 (inf.)	78	Limono-argileux, couleur : brun foncé : organique	US de comblement d'une ancienne zone humide, aménagée en mare au cours de l'Antiquité.	Retenu
PR13	1020 – 3 (sup.)	90	Limono-argileux, couleur : brun foncé : organique		Retenu
PR14	1020 – 4 (inf.)	111	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Retenu
PR15	1020 – 4 (sup.)	129	Limono-argileux, couleur : brun orangé		Retenu
PR16	1020 – 19	99	Limono-argileux, couleur : brun foncé		
PR17	1020 – 6	120	Limono-argileux, couleur : brun gris		
PR154	2014 - 7	118	Sablo-limoneux, couleur orangée	Us de comblement de puits	
PR158	2209-5	128	Sablo-limoneux, couleur orangée	Us de comblement de puits	

Figure 1. Inventaire des prélèvements sélectionnés pour les tests puis retenus pour des analyses « complètes ». Opération archéologique de l'opération de la villa antique de « La Capelle 2 » sur la commune de La Farlède (83).

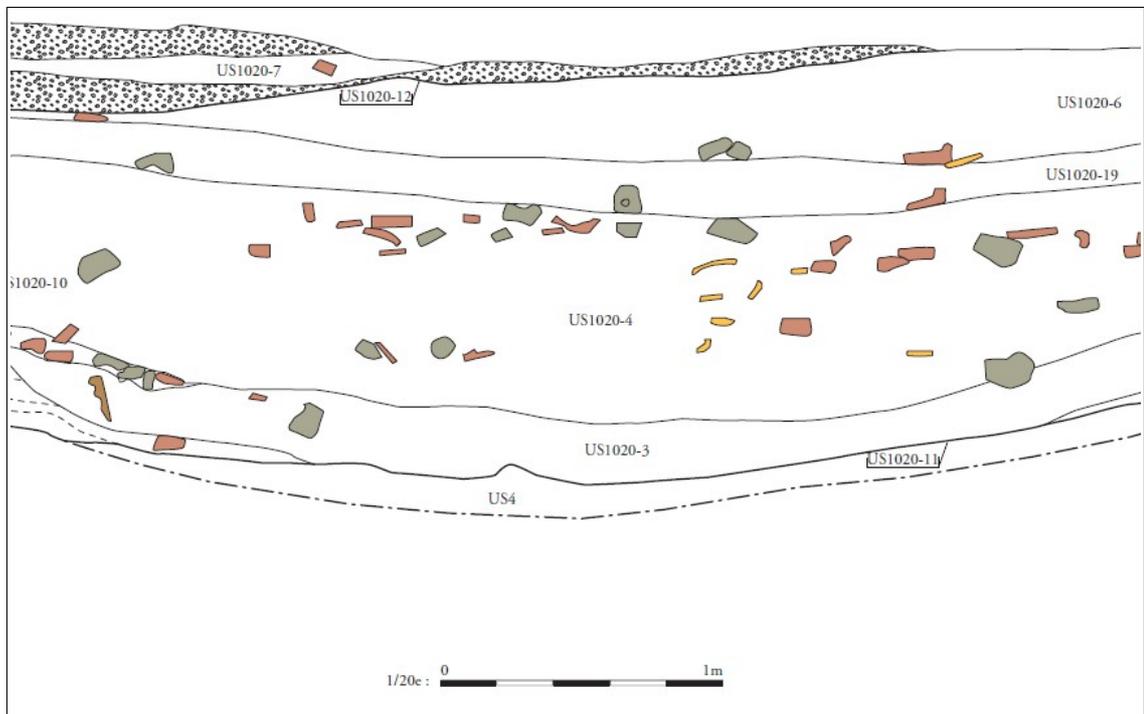


Figure 2. Photographie de la stratigraphie N-S et extrait du relevé stratigraphique correspondant au comblement de la zone humide. Sur la photographique, l'US 1020-3 (PR12 et PR13) correspond aux niveaux inférieurs plutôt « noirâtres », l'US 1020-4 (PR14 et PR15) correspond aux niveaux intermédiaires de couleur « rose », les US 1020-19 et US 1020-6 aux niveaux supérieurs de couleur gris clair et gris foncé.

De façon générale les tests montrèrent des résultats contrastés (Gaudin, 2022) (Fig. 3 et Fig. 8). En effet, les trois prélèvements provenant des niveaux inférieurs du comblement de la mare livrèrent des résultats prometteurs avec des compositions polliniques diversifiées (plus de 20 taxons) et des concentrations de l'ordre de 20000 à 40000 pollens / mL. Le prélèvement n°15 a aussi été retenu malgré une conservation pollinique de moins bonne qualité (environ 2000 pollens / mL). En revanche, les niveaux de comblements supérieurs de la mare (prélèvements n°16 et 17) mais aussi les échantillons en provenance des fonds de puits (Prélèvements n°154 et 158) livrèrent très peu de pollens avec des concentrations inférieures à 1000 pollens / mL de sédiment (Fig. 3).

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores et Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen et spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque	Indice de potentiel d'étude
PR12 - US 1020 – 3 (inf.)	41	61	9	62379	41927	Bon	15	1
PR13 - US 1020 – 3 (sup.)	48	76	14	49962	31555	Bon	19	1
PR14 - US 1020 – 4 (inf.)	87	142	44	29702	18198	Bon	20	2
PR15 - US 1020 – 4 (sup.)	25	85	84	9313	2739	Moyen	11	3
PR16 - US 1020-19	0	46	37	6538	0	Très mauvais	1	5
PR17 - US 1020-6	11	92	85	7969	953	Très mauvais	5	4
PR154 - US 2014 - 7	12	26	101	1579	729	Très mauvais	3	5
PR158 - US 2209-5	5	25	85	1353	271	Très mauvais	3	5

Figure 3. Opération archéologique du site « La Capelle 2 », commune de La Farlède (83). 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).

Compte tenu de ces premiers résultats, en concertation avec le responsable d'opération, nous avons retenu pour une analyse complète les trois échantillons provenant des niveaux de comblement inférieurs de la mare (Prélèvements n°12, 13 et 14), en plus du prélèvement n°15. Pour ce prélèvement n°15, compte tenu de la faible concentration en pollens, l'analyse complémentaire avait surtout pour objectif d'enrichir le nombre de taxons afin d'obtenir une « image qualitative » de l'ensemble pollinique.

## 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).

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 Lycopodes 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 adventices (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. 4).

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 (Fig. 4) et d'un diagramme représentant les fréquences des différents spores et pollens identifiés (Fig. 5). Les quatre spectres polliniques représentés dans ce diagramme correspondent aux niveaux inférieurs du comblement de la mare (Prélèvements n°12 à n°15, US 1020-3 et US 1020-4).

#### 3.1. Analyse critique des résultats

Pour les quatre prélèvements, la détection systématique des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (entre 30 et 252 grains) témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique. (Fig. 7).

- Les analyses des trois échantillons prélevés dans les niveaux stratigraphiques inférieurs du comblement (PR12, PR13, PR14, US 1020-3 et US1020-4, niveau inférieur) ont permis d'obtenir des résultats intéressants. Plus de 300 grains de pollens y ont été systématiquement observés (Fig. 4).

Les concentrations polliniques constatées pour ces trois échantillons sont importantes, de l'ordre de 40000 pollens/mL pour les prélèvements n°12 et n°14, et jusqu'à environ 100000 pollens / mL pour l'échantillon n°13 (US 1020-3). Ces valeurs sont comparables aux concentrations obtenues dans des dépôts organiques tels que dans les tourbières, souvent de l'ordre de 50000 pollens / mL. De plus, un peu plus d'une quarantaine de taxons y ont été identifiés.

- Pour le prélèvement n°15 (US 1020-4, niveau supérieur), la concentration pollinique constatée est plus faible. Elle est de l'ordre de 6000 pollens / mL. Cette valeur est plus faible mais reste « comparable » aux autres concentrations. En revanche, la qualité de la composition pollinique est beaucoup plus lacunaire avec seulement 14 taxons. On y observe une sur-représentation des pollens de Cichorioïdées, des fragments polliniques de Gymnosperme (résineux) et de spores monolètes, taxons particulièrement résistants. Il est possible qu'à partir du niveau supérieur de l'US 1020-4, les couches sédimentaires du comblement se soient retrouvées plus régulièrement en contextes « aérobies » propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique des pollens les moins résistants. Il sera donc nécessaire d'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.

Enfin, les contextes des prélèvements ont pu aussi influencer les compositions polliniques constatées. 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 de la mare a probablement été soumis aux ruissellements et infiltrations depuis les environs immédiats. Les quelques thèques d'œuf de vers parasites témoignent aussi de probables infiltrations d'eau usées. Ce sont donc plutôt des cortèges polliniques locaux, à proximité de la mare, qui sont pressentis.

## 3.2. Interprétation des résultats

Compte tenu de la différence de conservation entre les trois prélèvements des niveaux inférieurs et le prélèvement n°15, les résultats ont été interprétés séparément.

- Pour ce qui concerne les compositions polliniques des trois prélèvements n°12, n°13 (US 1020-3) et n°14 (US 1020-4), les associations végétales identifiées sont assez semblables.

Les spectres polliniques montrent des paysages plutôt ouverts avec une proportion de pollens d'herbacées de l'ordre de 60%, mais avec une légère tendance à l'augmentation des taux de pollens d'arbres, associée notamment aux pollens de résineux, en augmentation assez nette dans le prélèvement n°14.

Les végétations arborescentes sont constituées de **boisements de résineux**, probablement de type pin mais aussi de **chênes sclérophylles**, dont le chêne vert (*Quercus ilex*). Les formations de résineux sont toutefois difficiles à cerner à cause de modes de diffusions et de productions importantes. Ce sont probablement à la fois des pollens d'origines lointaines et locales. Quelques pollens de chênes caducifoliés (*Quercus sp.*), accompagnés d'occurrences d'orme (*Ulmus sp.*), de noisetier (*Corylus avellana*), voire d'une attestation de hêtre (*Fagus sylvatica*) dans le prélèvement n°12, témoignent aussi de **chênaies diversifiées**, typiques de l'étage collinéen.

L'aulne (*Alnus sp.*), le noisetier (*Corylus avellana*), le saule (*Salix sp.*), voire l'orme (*Ulmus sp.*) caractérisent des **boisements hygrophiles**, peut-être depuis une zone alluviale ou des bords de la zone humide. Les quelques pollens de noisetier (*Corylus avellana*), essence ubiquiste, pourrait provenir de ce même type de boisement hygrophile mais aussi de **boisements clairs**. Peut-être d'espaces en déprise agricole ou de haies.

La composition des végétations arborescentes est aussi marquée par des taux assez importants de pollens d'**olivier (*Olea sp.*)**, entre 11 et 5%. Les oliviers devaient probablement occuper les paysages environnants. L'olivier semble toutefois occuper de moins en moins de place dans le paysage, puisque l'on passe d'un taux pollinique de 11% dans le prélèvement n°12, à 9 % dans le prélèvement n°13 et seulement 5% de pollens dans le prélèvement n°14.

Même s'il ne sont représentés que par quelques occurrences, le **noyer (*Juglans sp.*)** et la **vigne (*Vitis sp.*)** sont aussi systématiquement détectés. Tout comme l'olivier, ces essences ont très probablement été cultivées ou favorisées par les activités humaines. Ces observations paléoenvironnementales apparaissent cohérentes avec l'interprétation d'un vaste domaine agricole produisant à la fois de l'huile d'**olive**, probablement aussi de **noix** et du **vin**.

En ce qui concerne les végétations herbacées, les communautés végétales sont principalement composées de graminées (Poacées) dont les fréquences polliniques représentent entre 20 et 30 % des pollens observés.

Parmi ces végétations herbacées, on identifie les **groupements de friches et de jachères** (Poaceae, Asteraceae dont Cichorioïdeae, *Artemisia sp.*, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, *Polygonum aviculare*, *Rumex*

*sp.*, Geraniaceae, Malvaceae, Brassicaceae...), les groupements de **communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins** (Poacées, *Plantago sp.*, *Plantago lanceolata*, Urticaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Ranunculaceae, Caryophyllaceae, *Artemisia sp.*, *Polygonum type aviculare*, *Rumex sp.*, Ericaceae) et de **prairies hygro- à mésophiles** (Poaceae, Cyperaceae, *Alchemilla sp.*, Asteraceae, *Plantago sp.*, Ranunculaceae, Apiaceae, *Polygonum aviculare*). La détection régulière de pollens de bruyères (*Erica sp.*), de Fabaceae, de *Centaurea type nigra*, de Cistaceae, voire de fougères (Polypodiaceae, spores monolètes), pourrait aussi caractériser des végétations de **fruticées (landes – maquis – garrigues)** ou **des pelouses sèches** (Poacées, Cistaceae, Fabaceae).

L'association des cultures de **céréale** peut être interprétée par l'identification systématique d'occurrences de céréales (*Cerealia type*) accompagnées de pollens de plantes adventices (*Polygonum type aviculare*, *Mercurialis sp.*, *Rumex sp.*, *Centaurea cyanus*, *Artemisia sp.*) et de plantes rudérales (*Plantago sp.*, Chenopodiaceae, Cichorioideae, Urticaceae, Apiaceae...). Ces pollens de céréales sont toutefois détectés en très faible quantité (moins de 1% pour chaque prélèvement) ce qui confère un caractère probablement assez « secondaire » à ce type de culture au sein du domaine. Même s'ils sont en faible quantité, la détection de ces pollens de céréale dans le contexte de la mare pose question car ce sont des essences qui produisent et diffusent relativement peu (Fig.9 d'après Mazier *et al.*, 2012). Ce résultat est probablement à mettre en relation avec la proximité de cultures ou d'activités de traitement des céréales dans les environs.

Plusieurs attestations de plantes aquatiques telles que des lentilles d'eau (*Lemna sp.*), de potamot (*Potamogeton sp.*), de nénuphar (*Nuphar sp.*) mais aussi des spores d'algues et « supposées » (HdV-181) et des concentricystes suggèrent **l'existence d'une zone humide « assez profonde »**. La détection de pollens d'autres plantes aquatiques suggèrent l'existence de **zones inondées peu profondes** (Alismaceae, Primulaceae), voire de zones en **phase d'atterrissement** (Cyperaceae, *Lysimachia sp.*, Alismaceae).

Des microfossiles non polliniques ont été observés, notamment des « amérospores des types HdV-27 et HdV-207 » (genre *Glomus*, parasite de plantes herbacées), des Didymoascospores - HdV-18, des Dictyospores – HdV-126 (parasite de Cyperacées). Ce sont pour la plupart des microrestes d'origine fongique (champignons) mais dont la signification écologique n'est pas toujours très claire.

De façon générale, les spores monolètes, trilètes et amérospores correspondent à des végétations de mousses, de fougères et de champignons difficilement interprétables. Ces spores pourraient provenir de mousses et de fougères situées à proximité, voire à l'intérieur de la marre.

Enfin, notons l'observation régulière de cuticules ou thèques d'œuf de vers parasites de type *Trichuris sp.* (Fig. 6) et *Ascaris sp.* Ce sont des vers parasites du tube digestif humain pouvant affecter aussi les chiens, le renard et le porc. La détection de ces microfossiles caractérisent la présence de matières fécales ou d'apports de « fumures » dans les environs. On peut penser que des eaux usées sont venues « contaminées » les eaux de la zone humide par ruissellement.

- La composition pollinique du prélèvement n°15 (niveau supérieur de l'US 1020-4).

Tenant compte d'une concentration pollinique et d'une diversité plus faible, probablement liées à une importante conservation différentielle des pollens et spores les plus résistants, il a été nécessaire d'interpréter la composition pollinique de ce prélèvement de façon séparée.

Contrairement aux trois autres prélèvements, le nombre de 300 pollens habituellement recherché, n'a pas été atteint (186 pollens ont été comptés). De plus, seulement 14 types de pollens et spores ont été identifiés. Les interprétations paléoenvironnementales de ce niveau sont donc à considérer avec précaution.

La part des pollens d'arbres est de l'ordre de 60%, ce qui est plus important que pour les trois autres prélèvements. Il faut toutefois relativiser ce résultat, car ce taux est largement porté par les pollens de résineux (dont le pin), essences qui se caractérisent par une forte production pollinique (Fig. 9) et des pollens aux enveloppes résistantes.

Les autres pollens d'arbres correspondent au chêne (*Quercus sp.*) et une occurrence d'olivier (*Olea sp.*). La composition pollinique arborescente apparaît donc très lacunaire. Elle correspond probablement à la composition pollinique perçue dans le prélèvement n°14, mais de façon très dégradée. Les boisements de résineux et de chênaies ainsi que les cultures d'olivier sont toujours détectés, en revanche la vigne et le noyer ne sont plus perçus... Au regard de la mauvaise conservation pollinique globalement constatée dans ce niveau, la non détection des pollens de vigne et de noyer n'indique pas forcément qu'ils ne sont plus présents dans le paysage, mais plutôt que les pollens n'ont pas été conservés.

En ce qui concerne les végétations herbacées, là aussi seuls les pollens les plus résistants sont encore présents.

L'association des pollens de Poacées, Cichorioïdées, Aseracées et plantain (*Plantago sp.*) correspondrait à des formations de « **friches et jachères** ». La détection de pollens de plantain confère un caractère « rudéral » à cet ensemble végétal. De plus, de nombreux pollens de Cyperacées associés aux pollens de Poacées et d'*Alchemilla sp.* correspondent probablement à des groupements de **prairies humides**. Enfin, une attestation de lentille d'eau (*Lemna sp.*) mais aussi des spores algales de type HdV-181 montrent que **la mare est encore inondée**.

Le nombre de spores monolètes est là encore important. Ces spores pourraient provenir de mousses et de fougères situées à proximité de la zone humide.

On observe aussi d'importantes concentrations en micro-charbons dans les deux prélèvements n°15 mais aussi n°14. Il pourrait s'agir de rejets de combustion, voire de restes d'incendies (?).

Enfin de nombreux microrestes non polliniques de type « amérospores des types HdV-207 » (genre *Glomus*) indiquent l'existence de champignons parasites de plantes herbacées.

Retenons que la composition de ce prélèvement est très lacunaire, mais cela est surtout dû à des raisons taphonomiques (les pollens les plus résistants sont sur-représentés). L'identification des quelques formations végétales à partir des pollens conservés laisse supposer que la composition pollinique originelle devait s'inscrire dans la continuité des résultats précédents.

## 4. SYNTHÈSE

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

Le contexte des sédiments analysés amène tout d'abord à s'interroger sur le mode de déposition des pollens. En effet, la composition pollinique est largement dépendante du contexte 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 régionaux, les compositions polliniques analysées dans le comblement de la zone humide sont probablement en partie liée aux ruissellements et infiltrations des eaux des environs immédiats. Sur ce point, l'observation de quelques thèques d'œuf de vers parasites intestinaux atteste de probables infiltrations « d'eau usées ».

Au regard des concentrations et des diversités polliniques obtenues, les analyses des trois prélèvements provenant de la partie inférieure du comblement de la zone humide (n°12, 13, 14) livrèrent des résultats de qualité et de quantité satisfaisantes. En revanche, l'analyse du prélèvement n°15 montra des concentrations polliniques assez pauvres avec d'importantes conservations différentielles, donnant une image paléopaysagère très lacunaire.

Les compositions polliniques des trois premiers prélèvements décrivent un paysage plutôt ouvert mais avec des végétations arborescentes omniprésentes (environ 40% à 50% des pollens) dans les environs du site. Ces végétations arborescentes correspondent à des boisements de résineux, de chênaies sclérophylles et diversifiées, de boisement hygrophiles, probablement à la fois d'origines locales et régionales. Mais on constate aussi des pollens d'olivier, de vigne et de noyer.

L'observation de pollens de vigne, de noyer (quelques pourcents) et surtout d'olivier (de 11 à 5%) vient étayer l'interprétation d'un vaste domaine agricole produisant à la fois de l'huile d'**olive**, probablement aussi de **noix** et du **vin**.

L'étude des associations polliniques a aussi permis d'identifier des groupements végétaux **de friches et de jachères**, de **prairies méso à -hygrophiles** probablement à proximité de la zone humide, de **communautés rudérales** : lieux d'habitats, de chemins (?), **de fruticées** et de **cultures de céréales**. Notons toutefois que les pollens de céréales, tout comme la vigne et le noyer, ont été identifiés en très faibles quantités (quelques pollens) ce qui donne un caractère plutôt « secondaire » à ces cultures.

Le site ne paraît pas connaître de transformations paysagères majeures durant cette phase de comblement de la zone humide, puisque la plupart des formations végétales sont perçues dans les trois prélèvements. On constate tout de même une augmentation du taux de pollens d'arbres sous l'influence notamment des fréquences polliniques des résineux et une baisse régulière du taux de pollens d'olivier ce qui pourrait traduire une diminution de la culture de l'olivier.

## 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.
- GAUDIN L., 2022 – Tests palynologiques de huit prélèvements réalisés sur le site de la villa antique de « La Capelle 2 » sur la commune de La Farlède (83). Rapport sur les tests palynologiques. ARCHEODUNUM, 20 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.
- 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		PR15 – US 1020-4 (sup.)	PR14 – US 1020-4 (inf.)	PR13 - US 1020-3 (sup.)	PR12 - US 1020-3 (inf.)	
Pollens	Fragments de pollen Gymnosperme	102	125	56	54	
	Pinus (dont types pinea et nigra)	3	16	2	9	
	Pinus sylvestris	7	0	2	0	
	Quercus	2	13	14	15	
	Quercus ilex	0	10	9	3	
	Ulmus	0	0	0	2	
	Fagus	0	0	0	1	
	Corylus	0	0	0	1	
	Alnus	0	0	2	1	
	Salix	0	0	1	0	
	Juglans	0	1	2	4	
	Olea	1	19	32	37	
	Vitis	0	5	4	3	
	POACEAE	11	65	116	105	
	CICHORIOIDEAE	21	29	31	19	
	ASTERACEAE	1	3	13	7	
	Artemisia	0	0	1	0	
	AMBROSIAE	0	1	0	0	
	CARYOPHYLLACEAE	0	0	0	1	
	CHENOPODIACEAE	0	2	5	2	
	BORAGINACEAE	0	0	0	1	
	BRASSICACEAE	0	1	3	3	
	Polygonum type aviculare	0	0	4	0	
	Plantago	1	3	2	4	
	Plantago lanceolata	0	2	0	0	
	URTICACEAE	0	1	0	1	
	Erica	0	5	4	1	
	CISTACEAE	0	3	5	3	
	GENTIANACEAE	0	1	0	0	
	Cerealia type	0	2	1	1	
	Rumex	0	0	0	1	
	Centaurea	0	1	0	1	
	Centaurea type nigra	0	3	3	1	
	Centaurea type cyanus	0	0	0	1	
	RANUNCULACEAE	0	4	0	0	
	GERANIACEAE	0	0	1	0	
	MALVACEAE	0	1	0	0	
	PRIMULACEAE	0	0	2	1	
	Mercurialis	0	0	1	0	
	FABACEAE	0	0	1	0	
	ROSACEAE	1	1	0	0	
	Alchemilla	0	0	1	0	
	APIACEAE	0	0	0	2	
	Lysimachia	0	1	1	1	
	CYPERACEAE	35	37	23	10	
	Lemna	1	7	5	20	
	ALISMACEAE	0	1	1	2	
	Nuphar	0	1	1	1	
	Potamogeton	0	0	0	1	
	Spores	Spore monolète	185	99	59	86
		POLYPODIACEAE	0	0	1	0
		Spore trilète	2	0	1	1
	Microfossiles non polliniques	Concentricyste	2	0	1	0
		Cyanobacteries	1	0	0	0
		Didymoascospores - HdV-18	0	0	0	2
		Amérospores – HdV-207	31	17	7	28
		Amérospores – HdV-27	0	0	0	1
		Dictyospores – HdV-126	0	1	0	0
		HdV 353b : Cocoons of <i>Strongylostoma rad</i>	1	0	0	0
		Spores algales et supposées – HdV-181	10	1	3	2
Microcharbons (tracheïdes : résineux)		2	3	2	1	
Microcharbons (feuillus)		33	58	13	6	
Thèque œuf <i>Trichuris sp.</i>		0	3	1	9	
Thèque œuf <i>Ascaris sp.</i>		0	0	0	3	
Indéterminés		0	4	10	9	
SOM. pollen (somme de base)		186	364	349	320	
SOM. Sporo-pollinique		373	463	410	407	
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)		6793	44668	107067	43311	
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)		13623	56816	125781	55086	

Figure 4. Opération archéologique de l'opération du site « La Capelle 2 », commune de La Farlède (83). 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.



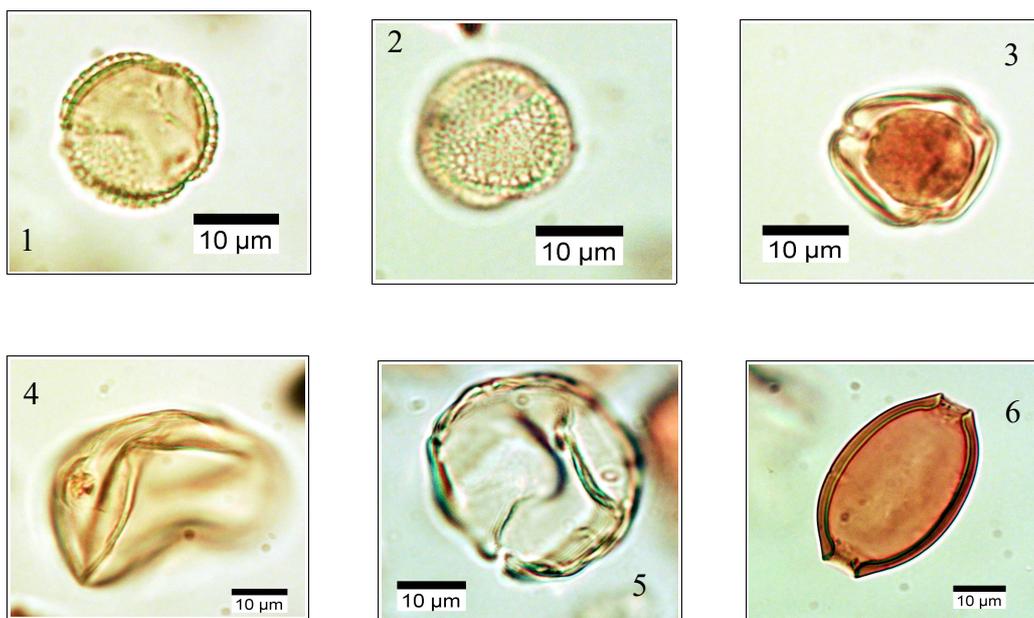


Figure 6. Photographies de pollens sous microscope optique à immersion, grossissement x1000. Les échelles représentent des micromètres. 1 et 2. Pollens d'olivier (*Olea sp.*) (P12 - US1020-3) ; 3. Pollen de vigne (*Vitis sp.*) (P14 - US1020-4) ; 4. Pollen de céréale (*Cerealia type*) (P13 – US 1020-3) ; 5. Pollen de noyer (*Juglans sp.*) (P12 - US1020-3) ; 6. Thèque d'œuf de vers parasites de type *Trichuris sp.*;

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de pollens spores comptés	de et Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque
PR15 – US 1020-4 (sup.)	186	373	252	13623	6793	Moyen	14	
PR14 – US 1020-4 (inf.)	364	463	75	56816	44668	Bon	31	Olivier, vigne, noyer, céréale
PR13 - US 1020-3 (sup.)	349	410	30	125781	107067	Bon	35	
PR12 - US 1020-3 (inf.)	320	407	68	55086	43311	Bon	37	

Figure 7. Nombre de pollens et de spores comptés, nombre de grains par cm<sup>3</sup> de sédiment, diversité taxonomique.

Taxons \ Code Prélèvements	PR12 - US 1020 - 3 (inf.)	PR13 - US 1020 - 3 (sup.)	PR14 - US 1020 - 4 (inf.)	PR15 - US 1020 - 4 (sup.)	PR16 - US 1020-19	PR17 - US 1020-6	PR154 - US 2014 - 7	PR158 - US 2209-5
<b>Pollens</b>								
Frag. Gymnosperme	3	11	27	12	0	2	1	1
Pinus	3	1	3	2	0	1	0	0
Pinus sylvestris	0	0	0	1	0	2	0	0
Quercus	0	1	3	1	0	0	0	0
Quercus type ilex	0	1	0	0	0	0	0	0
ROSACEAE	0	0	1	0	0	0	0	0
Juglans	1	1	1	0	0	0	0	0
Olea	5	4	7	0	0	0	0	0
Vitis	0	1	3	0	0	0	0	0
POACEAE	18	14	15	1	0	0	0	0
CICHORIOIDEAE	2	5	8	1	0	6	11	4
ASTERACEAE	1	2	1	1	0	0	0	0
Artemisia	0	1	0	0	0	0	0	0
CHENOPODIACEAE	1	1	0	0	0	0	0	0
BRASSICACEAE	2	0	1	0	0	0	0	0
Plantago	0	0	0	1	0	0	0	0
URTICACEAE	1	0	0	0	0	0	0	0
Erica	0	0	2	0	0	0	0	0
GENTIANACEAE	0	0	1	0	0	0	0	0
Cerealia type	0	1	0	0	0	0	0	0
Centaurea	0	0	1	0	0	0	0	0
RANUNCULACEAE	0	0	2	0	0	0	0	0
GERANIACEAE	0	1	0	0	0	0	0	0
Mercurialis	0	1	0	0	0	0	0	0
ROSACEAE	0	0	1	1	0	0	0	0
PRIMULACEAE	0	1	0	0	0	0	0	0
CYPERACEAE	2	0	5	4	0	0	0	0
Lemna	1	0	4	0	0	0	0	0
Nuphar	1	1	1	0	0	0	0	0
<b>Spores</b>								
Spore monolète	19	27	55	60	46	81	14	20
POLYPODIACEAE	0	1	0	0	0	0	0	0
Spore trilète	1	0	0	0	0	0	0	0
Concentricystes	0	0	0	0	0	1	0	0
Cyanobacteries	0	0	0	1	0	0	0	0
Dictyosporés – HdV-126	0	0	1	0	0	1	0	0
HdV-353b	0	0	0	0	1	1	0	0
Amérosporés – HdV-207	0	3	5	13	2	12	0	5
Amérosporés – HdV-27	1	0	0	0	0	0	0	0
Dictyosporés – TM-329	0	0	0	0	0	1	0	0
Spores algales et supposées – TM-4021	1	0	0	0	0	0	0	0
Spores algales et supposées – HdV-181	1	1	1	5	2	3	0	1
Microcharbons (tracheides : résineux)	0	0	0	2	0	0	17	1
Microcharbons (feuillus)	4	3	39	28	0	24	235	33
Thèque œuf <i>Trichuris sp.</i>	3	1	3	0	0	0	0	0
Thèque œuf <i>Ascaris sp.</i>	3	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminés	1	5	3	0	0	0	0	0
SOM. pollen (somme de base)	41	48	87	25	0	11	12	5
SOM. Sporo-pollinique	61	76	142	85	46	92	26	25
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	41927	31555	18198	2739	0	953	729	271
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	62379	49962	29702	9313	6538	7969	1579	1353

Figure 8. Opération archéologique du site « La Capelle 2 », commune de La Farlède (83). Résultats des tests palynologiques. Comptages des pollens et spores déterminés (extrait de Gaudin, 2022)

Taxon	Production pollinique relative/Poaceae PPE (SE)	Vitesse de chute dans l'air des grains de pollen (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).

## 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 10μ, 20s Ultra son, 2mn HNO<sub>3</sub>, filtration 10μ

### 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 10μm

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

- Préparation de la gélatine glycinée

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°	Date	Sol Exotique (lycopode s...)	Nombre grains	Num (1-8)	NOM DE LA CAROTTE	TRONCON	VOL	Poids sec	HCL	HF 48%	HF 70%	filtration 5/10/15 microns	filtration Ultrason(s)	Date de montage	NB de lame	Résidu
																(L,M,F,N)
2601	06/09/22	oui	18407	1	La Farlède	PR 12	2	4,683	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M
2601	06/09/22	oui	18407	2	La Farlède	PR 13	2	4,425	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M
2601	06/09/22	oui	18407	3	La Farlède	PR 14	2	4,424	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M
2601	06/09/22	oui	18407	4	La Farlède	PR 15	2	5,09	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M
2601	06/09/22	oui	18407	5	La Farlède	PR 16	3,5	6,231	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M
2601	06/09/22	oui	18407	6	La Farlède	PR 17	2,5	5,109	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M
2601	06/09/22	oui	18407	7	La Farlède	PR 154	3	7,481	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M
2601	06/09/22	oui	18407	8	La Farlède	PR 158	4	8,279	X	X	X	10	20	16/9/22	1	M

Figure 10. Description des traitements réalisés pour l'extraction pollinique (UMR EPOC).