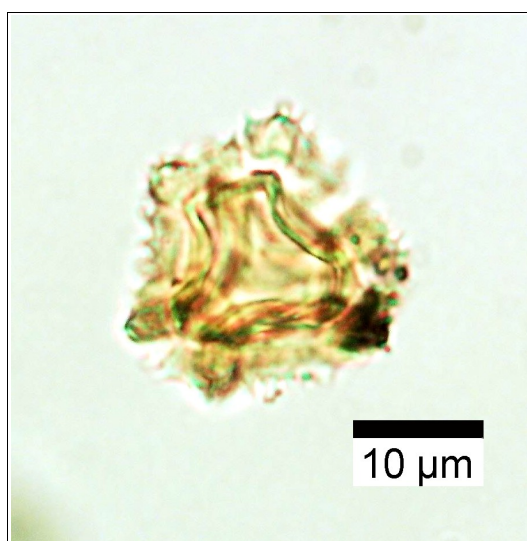


ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES PALYNOLOGIQUES



**ANALYSE PALYNOLOGIQUE D'UN PRÉLÈVEMENT RÉALISÉ EN
FOND DE PUITS LORS DE L'OPÉRATION DE
SAINT-BRÉVIN-LES-PINS (44).**

**OPÉRATION : GUERCHE - 2 2021 SD1012-F1421 –
US 1421.8**

ARCHEODUNUM Agence Nord-Ouest

Rapport d'étude palynologique

Juin 2022

ARCHEODUNUM Agence Nord-Ouest

Analyse palynologique d'un prélèvement réalisé en fond de puits lors de l'opération de Saint-Brévin-les-Pins (44).

Opération : Guerche - 2 2021 SD1012-F1421

Références des échantillons étudiés :

Prélèvements provenant du fond du puits SD1012-F1421 –

US 1421.8

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Juin 2022

Illustration de la page de couverture : Pollens de Cichorioïdée, Grossissement x1000.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS.....	5
2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS.....	6
2.1 Le protocole d'extraction utilisé.....	6
2.2 Les comptages et déterminations.....	6
2.3 Le diagramme pollinique	8
3. RESULTATS, INTERPRETATION.....	9
3.1. Analyse critique des résultats.....	9
3.2. Interprétation des résultats.....	10
4. SYNTHESE.....	12
5. BIBLIOGRAPHIE.....	13
6. FIGURES.....	14
7. ANNEXE.....	18
7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	18
7.2. Description des échantillons et des traitements	21

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses palynologiques d'un prélèvement réalisé en fond de puits lors de l'opération archéologique de Saint-Brévin-les-Pins (44) en 2021.

Le comblement du fond de puits, objet de cette analyse, daterait des périodes médiévales ou modernes.

Ce rapport vise à détailler le contenu palynologique de ce prélèvement afin de décrire la mosaïque paysagère qui environnait le site durant la période d'utilisation du puits.

Cette opération a été menée par la société ARCHEODUNUM agence nord-ouest. L'étude a été commandée par M. Rémy Rollet, responsable d'opération. L'étude a été commandée par la société avec l'accord de son directeur de projet, M. Fabien Briand.

1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

Le comblement du puits est attribué à la période du Moyen-Age ou époque moderne. Il a été fouillé à la pelle mécanique.

Un prélèvement a été effectué dans le fond de la structure. La couche prélevée a été décrite comme étant argileuse grise avec quelques charbons. La couleur grise du sédiment est un indicateur de conditions réductrices (anaérobies), caractéristiques plutôt favorables à la conservation pollinique.

L'objectif de cette étude vise à obtenir une description du paysage végétal mais aussi, compte tenu du contexte sédimentaire (puits), obtenir des informations sur le fonctionnement du puits (utilisation entraînant divers rejets).

Le prélèvement a été réalisé directement en stratigraphie (Fig. 1).

Site / Opération	Numéro d'US	Masse envoyée pour extraction (g)	Datation	RQ - aspect
Saint-Brévins-les-Pins (44)	Guerche-2 2021 SD1012 - F1421 – US 1421.8	98	médiéval - moderne	Comblement de puits. Fond de puits. Argile de couleur grise.

Figure 1. Description du prélèvement étudié

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 2. 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 (cm³ 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 et d'un diagramme représentant les effectifs des différents spores et pollens identifiés (Figures 3 et 4).

3.1. Analyse critique des résultats

L'analyse de l'échantillon a permis d'atteindre un peu plus de 350 grains de pollens et de spores (Fig. 3 et 6).

La concentration de pollens constatée à l'intérieur de l'échantillon est assez bonne puisque l'on atteint une concentration d'environ 14000 grains de pollen / cm³. C'est une concentration que l'on peut considérer assez « moyenne » mais qui reste comparable aux concentrations obtenues dans des dépôts organiques tels que dans les tourbières, souvent de l'ordre de 50000 pollens / mL.

La détection relativement importante des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (73 Lycopodes comptés, Fig. 6), 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 puits ce soit retrouvé régulièrement dans des contextes « aérobies » (ex. lors de périodes particulièrement sèches) propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique des pollens les moins résistants.

On constate une diversité intéressante puisque 20 types de pollens, 5 types de spores et quelques microfossiles non polliniques ont été identifiés (Fig. 3 et 4), même si cela reste inférieur aux diversités obtenues en contextes anaérobies naturels (ex. zones humides).

Les pollens et spores identifiés correspondent très largement à des végétations herbacées (environ 95% des pollens). Ce résultat tendrait donc à décrire un paysage ouvert. Toutefois, il est assez probable que cette image soit déformée à cause de la nature des sédiments analysés et du mode de dépôt à l'intérieur du puits. 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 rejets liés à l'utilisation du puits et aux ruissellements (infiltrations) des environs immédiats (apports polliniques plus locaux). Quelques micro-fossiles non polliniques : ascospores du groupe coprophile Sordariales (Type HdV205) et des thèques d'œufs de vers parasite de type *Trichuris sp.* témoignent d'apports par ruissellement depuis les environs du puits

Ce sont donc plutôt des cortèges polliniques associés à des rejets des activités humaines et des environs du puits et qui sont pressentis.

3.2. Interprétation des résultats

Le spectre est dominé par les pollens d'herbacées (environ 95% du spectre) ce qui correspondrait à un paysage ouvert.

Les boisements de feuillus sont perceptibles par l'intermédiaire de quelques pollens de chêne (*Quercus sp.*), une occurrence d'aulne (*Alnus sp.*) et de quelques pollens de lierre (*Hedera sp.*) et de viorne (*Viburnum sp.*).

On peut supposer que les pollens de chêne proviennent d'arbres isolés des environs voire de **chênaies** plus éloignées. L'aulne témoigne quant à lui de **boisements hygrophiles**, peut être depuis une zone alluviale ou des bord d'une zone humide. Les pollens de lierre et de viorne proviennent plus probablement de **boisements clairs**. Le lierre s'est peut être même développé sur des murs situés à proximité.

Des boisements de résineux sont détectés par l'intermédiaire de rares fragments polliniques (Gymnosperme), dont probablement le pin (*Pinus sp.*). Ces formations de résineux sont toutefois difficiles à cerner à cause de modes de diffusion et de production importantes. Il pourrait s'agir de formations d'origines lointaines.

De façon générale, au regard des faibles taux observés, les formations de boisements semblent très clairsemées ou éloignées.

En ce qui concerne les végétations herbacées, on détecte les **groupements de friches et de jachères** (Poaceae, Asteraceae dont Cichorioideae et Carduaceae, Chenopodiaceae, *Polygonum type aviculare*, Caryophyllaceae, Lamiaceae), **les groupements de communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins** (*Plantago sp.*, Urticaceae, Chenopodiaceae, Ranunculaceae, Asteraceae, *Polygonum aviculare*, Lamiaceae, Poaceae) et de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** (Poaceae, Cyperaceae, *Centaurea nigra*, Asteraceae, *Plantago sp.*, Lamiaceae, Ranunculaceae, *Polygonum type aviculare*).

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 (*Plantago sp.*, Chenopodiaceae, Cichorioideae, *Polygonum aviculare*, Urticaceae).

L'observation de plusieurs pollens de céréales dans ce contexte de puits pose question car ce sont des essences qui produisent et diffusent peu (Fig. 7 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 autour du puits. On peut supposer que ces pollens de céréales sont directement associés aux activités agro-alimentaires du site.

Un pollen de lentille d'eau (*Lemna sp.*) a aussi été identifié, il correspond à des **végétations d'eau profonde**.

Le nombre de spores monolètes est très important puisque plus de 130 grains ont été comptés. Les fréquences de ces spores (fougères et mousses) observées sont souvent aléatoires et difficilement interprétables (Figures 3 et 4). Ces spores pourraient provenir de mousses à l'intérieur du puits.

De nombreux microrestes non polliniques sont présents, notamment des « amérospores des types HdV-207 ». Ce sont pour la plupart des microrestes d'origine fongique (champignons) mais dont la signification écologique n'est pas toujours très claire. Quelques microfossiles non polliniques tels que les concentricystes ou bien les spores de Type HdV-181 proviendraient d'algues.

Deux cuticules d'œuf de vers parasite de type *Trichuris sp.* ont aussi été détectées (Fig. 3 et 5). Ce sont des vers parasites du tube digestif humain pouvant affecter aussi les chiens, le renard et le porc. On peut supposer un apport lié aux ruissellements et rejets des activités humaines à l'intérieur du puits. Ces observations sont à mettre en relation avec la détection d'un ascospore du groupe coprophile Sordariale (Type Hdv 205, Fig. 5) témoignant de la présence de matières fécales (ou fumier...).

4. SYNTHESE

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

Le prélèvement étudié permet d'obtenir une concentration pollinique assez « moyenne » (14000 grains de pollens / mL) mais avec une diversité intéressante (environ 25 taxons sporo-polliniques) (Figures 3, 4 et 6).

La conservation pollinique est cependant soumise à des conservations différentielle assez importantes. Les Cichorioïdées, Asteracées et spores monolètes, taxons particulièrement résistants, apparaissent sur-représentés, déformant ainsi l'image paléoenvironnementale.

Les pollens identifiés correspondent surtout aux 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 à la nature des sédiments analysés. Contrairement aux analyses polliniques réalisées dans des contextes de dépôts sédimentaires « naturels », où la pluie pollinique est avant tout associée à des apports aériens, la composition pollinique analysée dans le comblement du puits est probablement en partie liée aux ruissellements et infiltrations des eaux de pluies mais aussi aux activités humaines autour du puits (et peut-être aussi aux eaux usées, voire de rejets de divers déchets alimentaires et de fumier si l'on s'en tient aux observations de cuticules d'œuf de vers parasites et d'un reste d'ascomycète coprophile).

L'étude des associations polliniques a permis d'identifier des groupements végétaux de **cultures, de friches et de jachères**, de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** et de **communautés rudérales : lieux de pacage, chemins**.

En ce qui concerne les cultures, des attestations de céréales peuvent être directement rattachées aux activités agro-alimentaires.

Des formations de **chênaies diversifiées**, de **boisements clairs** et de **boisements humides** sont aussi perçues, mais elles devaient être assez éloignées ou clairsemées dans le paysage.

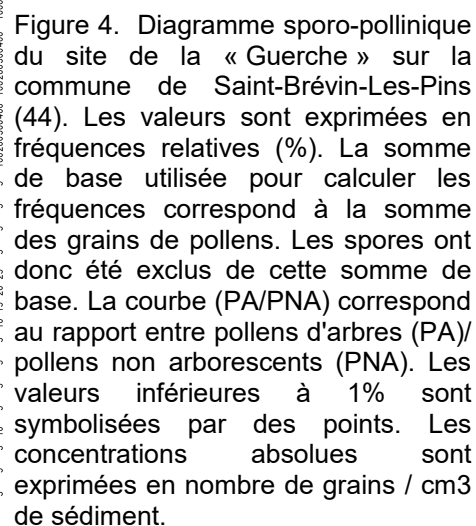
5. BIBLIOGRAPHIE

- 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, U.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.
- 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>.
- LOPEZ SAEZ J.-A., LOPEZ GARCIA P. et BURJACHS F., 2003 – Arqueopalinologia : síntesis crítica. *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.
- REILLE M., 1990 – Leçon de palynologie et d'analyse pollinique. CNRS, Paris, 206p.
- REILLE M., 1992 - *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord.*, Ed. 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	SD1012- F1421 – US 1421.8
Pollens	Frag. Gymnosperme	2
	Quercus	7
	Alnus	1
	Hedera	1
	Viburnum	1
	POACEAE	49
	CICHORIOIDEAE	88
	ASTERACEAE	14
	CARYOPHYLLACEAE	6
	CHENOPODIACEAE	19
	Polygonum aviculare	3
	Plantago	1
	URTICACEAE	1
	Cerealia type	3
	Centaurea type nigra	4
	Centaurea type jacea	1
	RANUNCULACEAE	2
	LAMIACEAE	1
	CYPERACEAE	11
	Lemna	1
Spores	Pteris	1
	Spore monolète	136
	Polypodium	4
	Spore trilète	7
Non polliniques	Concentricyste	12
	Ascospores gp coprophiles – HdV-205 – Sordaria	1
	Amérospores – HdV-207	8
	Phytolithes	11
	Micro-charbons	52
	Spores algales et supposées – HdV-181	1
	Thèque Oeuf type Trichuris	2
	Métazoaires (poils)	1
	Indéterminés	4
	SOM. pollen (somme de base)	216
	SOM. Sporo-pollinique	364
	CONC. ABS Pollens (nb / cm3)	13616
	CONC. ABS Pollens et Spores (nb / cm3)	22946

Figure 3. Opération archéologique du site de la « Guerche » sur la commune de Saint-Brévin-Les-Pins (44). 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 cm3 de sédiment.



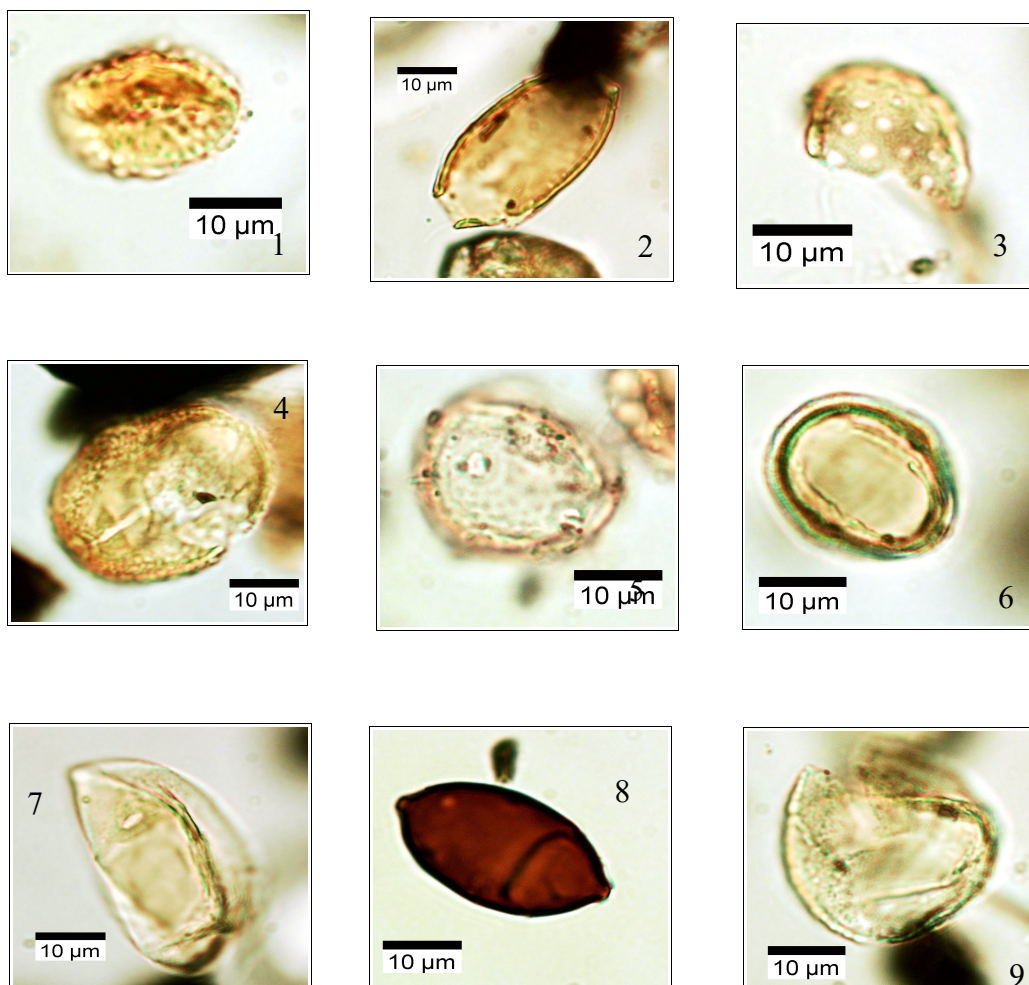


Figure 5. Photographies de pollens sous microscope optique à immersion, grossissement x1000. Les échelles représentent des micromètres. 1. Pollen de centaurée noire (*Centaurea type nigra*) ; 2. Thèque d'œuf de *Trichuris* ; 3. Pollen de la famille des Chénopodiacées ; 4. Pollen de lierre (*Hedera sp.*) ; 5. Pollen de plantain (*Plantago sp.*) ; 6. Pollen de la Renouée des oiseaux (*Polygonum type aviculare*) ; 7. Pollen de céréale (*Cerealia type*) ; 8. Ascospore du groupe coprophile du type HdV205 Sordariales ; 9. Pollen de chêne (*Quercus 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
SD1012-F1421 – US 1421.8	216	364	73	22946	13616	Bon	24	taxons remarquables (Cereale)

Figure 6. Nombre de pollens et de spores comptés, nombre de grains par cm³ de sédiment, diversité taxonomique, états de conservation estimés pour chaque prélèvement.

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 7. 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)

Elimination 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. Eliminer 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 HNO₃ : Séparation du culot en 2 puis sur une moitié, attaque HNO₃ 2mn, filtration 10µ, 20s Ultra son, 2mn HNO₃, 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°	Nom du demandeur	TECH	Date	Coul (N,B,R,V)	Sol Exotique (lycopodes...)	Nombre grains	Num (1-8)	NOM DE LA CAROTTE	TRONCON	Prof top	Prof base	VOL	Poids sec
2585	GAUDIN	MG	01/03/22	V	lycopodes	18407	C	St BREVIN				4	

Figure 8. Description des traitements réalisés pour l'extraction pollinique (UMR EPOC).