

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES PALYNOLOGIQUES



ANALYSE PALYNOLOGIQUE DE DEUX PRÉLÈVEMENTS RÉALISÉS EN FOND DE PUITS LORS DE L'OPÉRATION DE SARZEAU (56).

OPÉRATION : SONDAGE DU PUITS F1125 – US 1125

ARCHEODUNUM Agence Nord-Ouest

Rapport d'étude palynologique

Août 2022

ARCHEODUNUM Agence Nord-Ouest

Analyse palynologique de prélèvements réalisés en fond de puits lors de l'opération de Sarzeau (56).

Opération : Fond de puits F1125

Références des échantillons étudiés :

Prélèvements provenant du fond du puits F1125 – US 1125.7 – PR 1181 et
F1125 – US 1125.8 – PR 1180

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

Août 2022

Illustration de la page de couverture : Pollen de Céréale (Cerealia type) à droite de l'image et de Rubiacée à gauche de l'image (Rubiaceae), prélèvement US 1125.7 l'échelle représente des micromètres. Grossissement x1000.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS.....	5
2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS.....	7
2.1 Le protocole d'extraction utilisé.....	7
2.2 Les comptages et déterminations.....	7
2.3 Le diagramme pollinique	9
3. RESULTATS, INTERPRETATION.....	10
3.1. Analyse critique des résultats.....	10
3.2. Interprétation des résultats.....	11
4. SYNTHESE.....	13
5. BIBLIOGRAPHIE.....	14
6. FIGURES.....	16
7. ANNEXE.....	20
7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	20
7.2. Description des échantillons et des traitements	23

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses palynologiques de deux prélèvements réalisés en fond de puits lors de l'opération archéologique de Sarzeau (56) en 2021.

Les deux premières US de comblement du fond de puits dateraient de l'Antiquité.

Ces analyses font suite à la réalisation de tests sur deux prélèvements palynologiques. Les résultats des tests ayant conclu à la présence de pollens en quantité et qualité suffisante (Gaudin, 2022), nous avons donc poussé l'étude de manière à obtenir un diagramme pollinique sur la base de ces deux prélèvements.

Ce rapport vise à détailler le contenu palynologique de ces prélèvements 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 antique. Le puits pourrait être plus ancien. Il a été fouillé à la pelle mécanique (Fig. 1).



Figure 1. Photographie de la fouille du puits F1125 à la pelle mécanique.

Les deux prélèvements ont été effectués dans les deux premières US de comblement de la structure. Les couches prélevées sont décrites comme étant plutôt argileuses hydromorphes avec des macro-restes organiques conservés (brindilles et bois indéterminés). Ce contexte hydromorphe et la présence de macro-restes sont des caractéristiques plutôt favorables à la conservation pollinique.

Les tests se révélèrent favorables (Gaudin, 2022) (Fig. 3). En effet, les premières analyses permirent d'estimer des concentrations polliniques de l'ordre de 50000 et 20000 grains / ml avec des diversités intéressantes. Les deux prélèvements ont donc été retenus pour des études plus approfondies.

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).

INVENTAIRE PALYNOLOGIQUE		
Commune :	SARZEAU (56)	
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		
Année :	2021	
N° OA :		
Resp. d'Op.	Rémy ROLLET	
Type d'opération :	fouille préventive	
Période d'analyse pressentie	Aout 2022	
Faits US SD Nature	Description sédimentaire	Période / date
F1125 - US 1125.7 - PR1181	Limono-argileux	antique
F1125 - US 1125.8 - PR1180	Limono-argileux	

Figure 2. Inventaire des prélèvements étudiés.

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	Ordre de priorité
F1125 - US 1125.7 - PR1181	68	82	62891	52153	Bon	18	Cerealia	2
F1125 - US 1125.8 - PR1180	82	95	23791	20536	Bon	14	Cerealia	2

Figure 3. Opération archéologique du site de Sarzeau (56) – 2021 – F1125 – US 1125. 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 (cm³ 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 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. 6).

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.

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 5 et 6).

3.1. Analyse critique des résultats

L'analyse a permis d'observer plus de 380 grains de pollens par échantillon (Fig. 5 et 8).

Les concentrations de pollens constatées pour chaque échantillon sont favorables voire excellentes puisque l'on atteint une concentration d'environ 50000 grains de pollens /mL pour l'échantillon de l'US 1125.7 et environ 20000 pollens / mL pour l'US 1125.8. Ce sont des concentrations comparables aux concentrations obtenues dans des dépôts organiques tels que dans les tourbières.

La détection relativement importante des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (50 et 86 Lycopodes comptés, Fig. 8), 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. Cela pourrait s'expliquer par une dégradation des pollens les plus fragiles liée peut-être à des périodes aérobies (ex. lors de périodes particulièrement sèches) propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique des pollens les moins résistants. Malgré les fortes concentrations polliniques, la conservation de l'ensemble des pollen n'est donc pas parfaite.

On constate toutefois une diversité intéressante avec une quarantaine de types de pollens observés, trois types de spores et quelques microfossiles non polliniques (Fig. 5 et 6).

Les pollens et spores identifiés correspondent très largement à des végétations herbacées (environ 90% des pollens). Ce résultat tendrait donc à décrire un paysage ouvert. Toutefois, il est assez probable que cette image paysagère 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 de type tourbière, 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, notamment quelques thèques d'œufs de vers parasites de type *Trichuris sp.* témoignent d'apports par ruissellement (d'eau usées) depuis les environs du puits.

Ce sont donc plutôt des cortèges végétaux associés aux rejets des activités humaines et des environs immédiats du puits qui sont pressentis.

3.2. Interprétation des résultats

Les deux spectres polliniques sont assez semblables. On retrouve en effet les principales formations végétales dans les deux analyses. Seuls les présences / absences de quelques essences (ex. frêne, noyer, Rosacées arbustives) témoignent d'une différence, probablement chronologique entre les deux prélèvements.

Compte tenu des faibles différences, nous interpréterons les résultats des deux compositions polliniques dans leur ensemble.

Le spectre est dominé par les pollens d'herbacées (environ 90% du spectre) ce qui correspondrait à un paysage globalement ouvert. Toutefois, des boisements de feuillus sont perceptibles par l'intermédiaire de pollens de chêne (*Quercus sp.*), de frêne (*Fraxinus sp.*) et de rares grains de noisetier (*Corylus sp.*), bouleau (*Betula sp.*), d'aulne (*Alnus sp.*). Des pollens d'essences associées aux familles des Rosacées arbustifs : Maloïdées (ex. poirier sauvage, aubépine) et Prunoïdées (dont *Prunus sp.*, merisier) sont aussi observés, notamment dans le prélèvement US 1125.7.

Les quelques pollens de chêne proviennent potentiellement de bosquets voire de **chênaies** éloignées. En l'absence du hêtre, on peut évoquer le groupement apparenté à la **chênaie diversifiée** avec notamment le chêne, le frêne, le bouleau, le noisetier et les Rosacées arbustifs.

L'aulne et le frêne témoignent de **boisements hygrophiles**, peut-être depuis une zone alluviale ou des bords d'une zone humide.

Les pollens de noisetier et du bouleau, essences ubiquistes, pourraient provenir à la fois de boisements hygrophiles mais aussi de **boisements clairs**. Peut-être d'espaces en déprise agricole ou de **haies**.

Notons que la détection de plusieurs essences héliophiles comme le noisetier, le bouleau, le frêne mais aussi le prunellier, le merisier (Prunoïdée) ou le poirier sauvage (Maloïdée) s'accordent assez bien pour décrire des **formations de boisements clairs comme des fruticées ou des haies**, dont le chêne n'est probablement pas exclu.

Notons aussi la détection d'un probable pollen de **noyer** (*Juglans sp.*) dans le prélèvement de l'US 1125.8 (Fig. 7) (le fragment n'est pas très bien conservé). Cette essence a sans doute été introduite ou favorisée par les activités humaines. L'espèce serait subspontanée dans les forêts alluviales de climat assez doux, elle est notamment sensible aux gelées printanières de la moitié nord de la France (Rameau *et al.*, 1989). Il semble véritablement se développer à l'époque gallo-romaine dans le nord-ouest de la France (Gaudin, 2004) et dans le Bassin parisien (Leroyer *et al.*, 2006), où il est d'ailleurs utilisé comme marqueur pollinique de la phase récente du Subatlantique (à partir de la période gallo-romaine).

Les boisements de résineux sont détectés par l'intermédiaire de quelques fragments polliniques (Gymnosperme), et de rares pollens de pin (*Pinus sp.*). Ces boisements sont toutefois difficiles à cerner à cause de modes de diffusion et de productions importantes (Fig. 9). Il s'agit probablement de formations 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, les communautés végétales sont principalement composées de graminées (Poacées). En effet les pollens de Poacées représentent près de la moitié des pollens observés.

En ce qui concerne les végétations herbacées, on détecte par ordre d'importance les **groupements de friches et de jachères** (Poaceae, Asteraceae dont Cichorioïdeae et Carduaceae, Chenopodiaceae, *Artemisia sp.*, *Polygonum type aviculare*, Caryophyllaceae, Geraniaceae, Brassicaceae), **les groupements de communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins** (*Plantago sp.*, Chenopodiaceae, Ranunculaceae, Asteraceae, Poaceae, *Artemisia sp.*, *Polygonum aviculare.*, Ericaceae, Apiaceae) et de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** (Poaceae, Cyperaceae, Rubiaceae, *Centaurea nigra*, Asteraceae, *Plantago sp.*, Ranunculaceae, *Polygonum type aviculare*, Dipsacaceae, Juncaceae).

L'association des cultures est bien représentée avec l'identification de pollens de céréales (*Cerealia type*), dont le seigle (une attestation de type *Secale sp.*) accompagnés de pollens de plantes adventices (oseille : *Rumex sp.*) et de plantes rudérales (*Plantago sp.*, Chenopodiaceae, Cichorioïdeae, *Polygonum aviculare*, *Artemisia sp.*).

Les céréales sont des essences qui produisent et diffusent relativement peu (Fig. 9 d'après Mazier *et al.*, 2012). Or, le contexte du puits implique un transport des pollens par ruissellement depuis les espaces environnants mais aussi par les divers « rejets » liés à l'utilisation du puits. Afin d'expliquer la présence de ces pollens de céréale on peut donc supposer la présence de cultures dans un environnement assez proche (sur le bassin versant du puits), mais aussi peut-être des apports liés aux activités de traitements des céréales qui se déroulent à proximité du puits.

Quelques rares pollens de **plantes aquatiques** (*Potamogeton sp.*, *Sagittaria sp.*, *Sparganium sp.*) correspondent aux végétations de l'intérieur du puits ou des fossés et zones humides environnantes.

Le nombre de spores monolètes et trilètes est assez important puisque plus de 60 grains ont été comptés dans chaque échantillon. 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 à l'intérieur du puits.

Quelques microfossiles non polliniques ont régulièrement été observés, notamment des « amérospores des types HdV-207 ». Ce sont pour la plupart des microrestes d'origine fongique (champignons) dont la signification écologique n'est pas toujours très claire. Quelques microfossiles non polliniques tels que les concentricystes proviendraient d'algues.

Deux cuticules d'œuf de vers parasite de type *Trichuris sp.* ont aussi été détectées dans le prélèvement de l'US 1125.7 (Fig. 5 et 7). 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, notamment l'infiltration d'eaux usées...

4. SYNTHÈSE

Cette étude apporte des informations de compréhension du site sur le plan paléopaysager.

Les prélèvements étudiés permirent d'obtenir des concentrations polliniques (50000 et 20000 grains de pollens / mL) et diversités intéressantes (environ 40 taxons sporo-polliniques) (Figures 5, 6 et 8).

La conservation pollinique est cependant soumise à des conservations différentielles des taxons les plus résistants (Cichorioïdées et Asteracées notamment), entraînant une sur-représentation des plantes herbacées. Malgré ces quelques biais, la prépondérance des pollens d'herbacées montre un paysage qui devait être assez largement ouvert, ponctué de haies ou/et de boisements clairs assez distants.

Le contexte des prélèvements analysés amène toutefois à s'interroger sur la provenance des pollens. En effet, les prélèvements réalisés en fond de puits impliquent des modes de déposition différents de ceux rencontrés en contexte ouvert (ex. tourbières, fonds de vallée) où la pluie pollinique est majoritairement aérienne. Dans le cadre de ce puits, les compositions polliniques seraient en partie dues aux ruissellements et infiltrations des eaux depuis les surfaces environnantes mais aussi probablement aux rejets liés aux activités humaines (ex. activités de traitements de céréales, mais aussi infiltration « d'eaux usées » si l'on s'en tient à la détection de cuticules d'œuf de vers parasites). L'image du paysage perçu est donc probablement très local.

L'étude a permis d'identifier des groupements végétaux de **cultures** (céréales, seigle, noyer), **de friches et de jachères**, de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** et de **communautés rudérales : lieux de pacage, zones d'habitats, chemins**.

En ce qui concerne les boisements, des formations de **chênaies diversifiées**, de **boisements clairs, notamment des haies, des fourrés (fruticées)** et de **boisements humides** sont perçus. Mais ces boisements devaient être assez éloignés ou clairsemés 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.
- GAUDIN L., 2004 – *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2 tomes, 768 p.
- GAUDIN L., 2022 – Tests palynologiques de deux prélèvements réalisés en fond de puits lors de l'opération de Sarzeau (56). Rapport de tests palynologiques. Archeodunum, Agence Nord-ouest, 16 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>.
- LEROYER C., ALLENET G., 2006 – L'anthropisation du paysage végétal d'après les données polliniques : l'exemple des fonds de vallées du Bassin parisien. In. ALLEE P., LESPEZ L. - L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement, Clermont-Ferrand, Presse Universitaires Blaise-Pascal Collection « Nature et Sociétés » n°3, p. 65-74.
- 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	F1125 – US 1125.7 – PR1181	F1125 – US 1125.8 – PR1180
Pollens	Gymnosperme (résineux)	1	0
	Pinus	0	1
	Pinus sylvestris	0	1
	Quercus	9	11
	Corylus	2	3
	Betula	2	2
	Alnus	1	2
	Fraxinus	20	0
	Rosaceae – type Maloideae – Prunoideae	7	0
	Prunus	1	0
	Juglans	0	1
	POACEAE	146	130
	CICHORIOIDEAE	64	110
	ASTERACEAE	19	34
	CARDUACEAE	4	5
	Artemisia	0	1
	CARYOPHYLACEAE	1	2
	CHENOPODIACEAE	5	4
	BRASSICACEAE	1	4
	Polygonum aviculare	6	2
	Polygonum type	5	3
	Plantago	33	20
	Plantago lanceolata	31	6
	DIPSACACEAE	1	0
	ERICACEAE	0	2
	Cerealia type	8	4
	Secale type	0	1
	Rumex	0	1
	Centaurea type nigra	1	4
	Centaurea type jacea	1	2
	RANUNCULACEAE	1	0
	GERANIACEAE	1	0
	APIACEAE	1	0
	RUBIACEAE	1	0
CYPERACEAE	7	22	
JUNCACEAE	1	1	
Sparganium	3	0	
Sagittaria	1	0	
Potamogeton	3	1	
Spores	Spore monolète	64	85
	Polypodium	0	1
	Spore trilète	7	4
Non polliniques	Concentricyste	1	1
	Amérospores – HdV-207	16	35
	Microcharbons	18	38
	Phytolithes	1	1
	Pontes	6	0
	Thèque type Trichuris sp.	2	0
	Indéterminés	4	5
	SOM. pollen (somme de base)	388	380
	SOM. Sporo-pollinique	459	470
	CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	47613	23238
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	56325	28742	

Figure 5. Opération archéologique du site de Sarzeau (56) – F1125 – US 1125. 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.

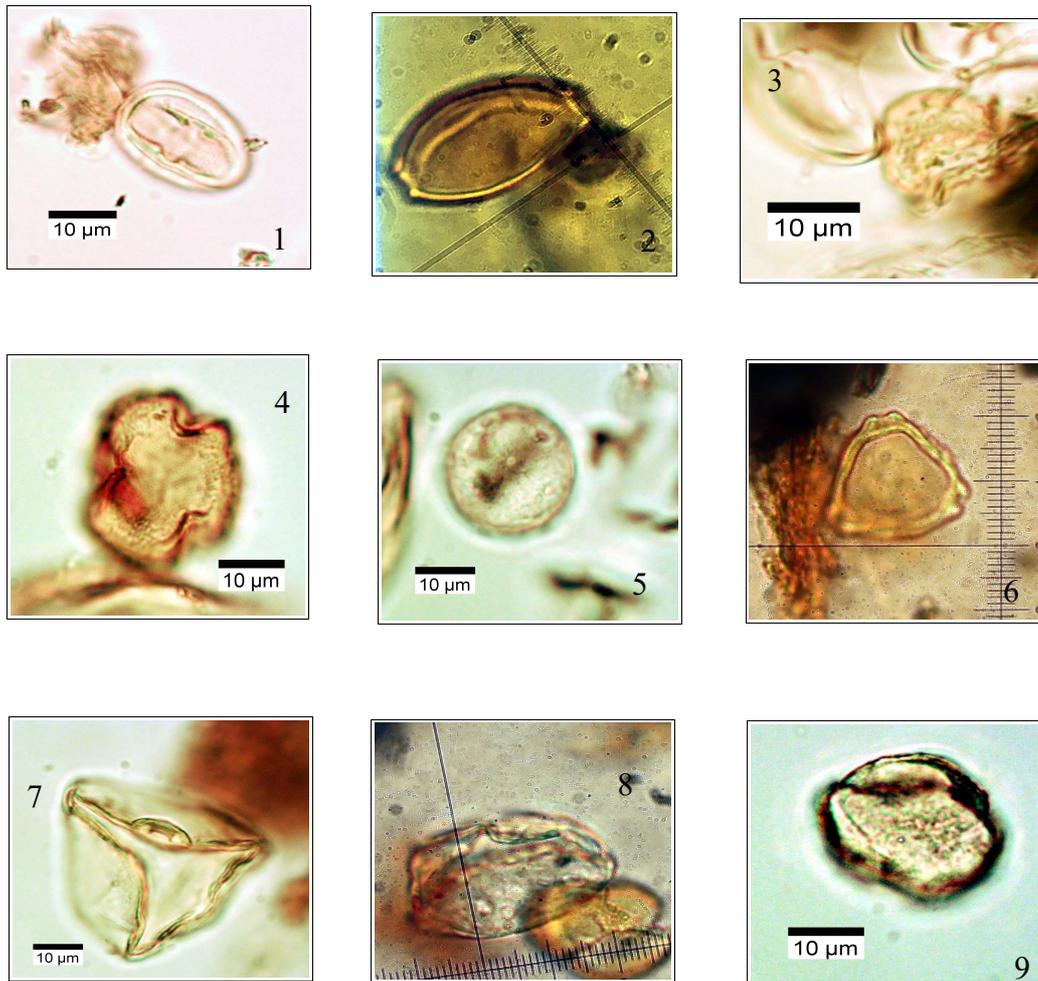


Figure 7. Photographies de pollens sous microscope optique à immersion, grossissement x1000. Les échelles représentent des micromètres. 1. Pollen de la Renouée des oiseaux (*Polygonum type aviculare*) ; 2. Thèque d'œuf de *Trichuris* ; 3. Pollen de la famille des Chénopodiacées ; 4. Pollen de prunellier (*Prunus type*) ; 5. Pollen de plantain (*Plantago sp.*) ; 6. Pollen de bouleau (*Betula sp.*) ; 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 spores comptés	de Lycopes introduits comptés	Concentration absolue pollen et spores	Concentration absolue et pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque
F1125 - US 1125.7 - PR1181	388	459	50	56325	47613	Bon	34	Céréales
F1125 - US 1125.8 - PR1180	380	470	86	28742	23238	Bon	31	Céréales

Figure 8. 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 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)

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	A	SARZEAU	US 1125,8			3,5	
2585	GAUDIN	MG	01/03/22	V	lycopodes	18407	B	SARZEAU	US 1125,7			3	

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