



ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES PALYNOLOGIQUES



**ANALYSES PALYNOLOGIQUES DE CINQ ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS
EN STRATIGRAPHIE À L'INTÉRIEUR DES COMBLEMENTS DE
STRUCTURES DE TYPE « FOSSÉ », « FOSSE-PUISARD » ET
COUCHES SÉDIMENTAIRES PROTOHISTORIQUES. OPÉRATION DU
SITE « LES RAYMONDS » SUR LA COMMUNE DE NEUVY (03).**

***OCCUPATIONS PROTOHISTORIQUES DE BERGE DE TERRASSE
ALLUVIALE.***

OPÉRATION : 2022 – 1

SERVICE D'ARCHÉOLOGIE PRÉVENTIVE DU DÉPARTEMENT DE L'ALLIER

Rapport d'analyses palynologiques

Août 2024

Service d'Archéologie Préventive du Département de l'Allier.

Analyses palynologiques de 5 prélèvements réalisés lors de l'opération du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03). Occupations protohistoriques de berge de terrasse alluviale.

Opération 2022 - 1

Rapport d'analyses palynologiques

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Août 2024

Illustration de la page de couverture : Pollens d'aulne (Alnus sp.) à gauche et de chêne (Quercus sp.). Grossissement x1000. L'échelle représente des micromètres. Prélèvement n° US 1003.3

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.....	12
3.2.1. Résultats d'analyses pour les prélèvements provenant des comblements du fossé F1001 (US 1001.2) et de la « fosse-puisard » (US1003.11 et US 1003.3).....	12
3.2.2. Résultats d'analyses pour les prélèvements provenant de couches argileuses associées à des zones brûlées (US 10026 et US 10032).....	14
4. SYNTHESE	16
5. BIBLIOGRAPHIE.....	19
6. FIGURES.....	21
7. ANNEXE.....	25
7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	25
7.2. Description des échantillons et des traitements	28

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses palynologiques de cinq prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03).

Les échantillons étudiés ont été prélevés directement en stratigraphie à l'intérieur des comblements d'un fossé (F1001), d'une « fosse-puisard » (F1003) et de couches argileuses (US 10026 et US 10032). L'ensemble de ces niveaux sont protohistoriques.

Ces analyses font suite à la réalisation de tests visant à mesurer la conservation pollinique à l'intérieur des échantillons. Ces premiers résultats montrèrent des conservations hétérogènes. Cinq des six prélèvements testés ont été jugés suffisamment intéressants (en terme de qualité et de quantité de pollens) pour mener des analyses complémentaires (Gaudin, 2024). Nous avons donc poussé l'étude de manière à obtenir un « diagramme pollinique » sur la base de ces cinq prélèvements (Fig. 7).

Cette opération a été menée par le Service d'Archéologie Préventive du Département de l'Allier (03). L'étude a été commandée par Monsieur Alexandre Michel, responsable de l'opération.

1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

Les cinq prélèvements proviennent des comblements d'un fossé (F1001), d'une structure de type « fosse-puisard » (F1003) et de couches argileuses argileuses en relation possible avec des pratiques d'écobuage (US 10026) et (US10032). Ils ont été directement réalisés en stratigraphie. L'ensemble des niveaux sont attribués à la Protohistoire (Fig. 1).

INVENTAIRE PALYNOLOGIQUE				
Commune :		Neuvy (03)		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Site « Les Raymonds »		
Année :				
N° OA :		2022 - 01		
Resp. d'Op. ; commanditaire		Alexandre Michel		
Type d'opération :		Préventif		
Période d'analyse pressentie		Fin août 2024		

Structures	N° de prélèvements	Description de la structure	Datations pressenties	Prélèvements retenus après les tests.
F1001	US 1001.2	Fossé linéaire et rectiligne, orienté nord-sud, à profil à bords évasés avec ressauts et fond quasi plat, légèrement concave.	La Tène finale	oui
F1003	US 1003.11	Fosse puisard ? Structure au plan ovale, à bords évasés en partie supérieure, bord est avec un ressaut bien marqué, bord ouest suit un évasement quasiment régulier, surcreusement central à bords peu évasés et fond plat.	La Tène moyenne	oui
	US 1003.3			oui
	US 10023			non
	US 10026	Matrice argileuse bleu-grise, massive, compacte et homogène. Il s'agit de l'argile encaissante des "zones brûlées" dont l'origine pourrait être liée à la pratique agricole de l'écobuage.	protohistoire ancienne	oui
	US 10032	Matrice argileuse plastique bleue, compacte et homogène, rares inclusions oxydées Il s'agit de l'argile encaissante des "zones brûlées" dont l'origine pourrait être liée à la pratique agricole de l'écobuage.	protohistoire	oui

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

Les contextes de fossés et de « fosses-puisards » sont potentiellement favorables à la conservation pollinique, car les conditions y sont souvent humides et plus anaérobies qu'en contexte de plein air. De façon générale, les prélèvements proviennent de couches argileuses, de couleur « bleue – grise ». Cet aspect est caractéristique de conditions réductrices (anaérobie), indice à priori plutôt favorable à la conservation pollinique.

Toutefois les couches sédimentaires ne présentaient pas de conditions anaérobies permanentes avérée (ex. nappe d'eau), ce qui rend généralement la conservation des pollens très aléatoire. L'absence de macrorestes (ex. fragments de bois) ainsi que la dominance minérale des prélèvements appuient l'hypothèse de l'existence de conditions aérobies, au moins ponctuelles. Ces conditions ont probablement permis des phénomènes de biodégradation (respiration microbienne) plus ou moins importants en fonction des couches sédimentaires.

Seuls des tests pouvaient permettre de juger véritablement du potentiel palynologique des prélèvements (Fig. 2) (Gaudin, 2024).

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores comptés	de Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque	Indice de potentiel d'étude
US 1001.2	104	126	5	108341	89424	Bon	24	Céréale	1
US 1003.3	89	104	5	119233	102036	Bon	23	Céréale	1
US 1003.11	112	146	6	119560	91717	Bon	23		2
US 10023	22	49	45	6242	2802	Mauvais	6		4
US 10026	93	128	10	88049	63973	Moyen	16	Nbreux indet. Cyperacée ? Céréales	3 à 2
US 10032	65	103	43	16477	10398	Moyen	13		3

Figure 2. Opération archéologique du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03). 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, 2024). 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).

Les tests révélèrent des conservations polliniques hétérogènes (Fig. 2).

En effet, deux prélèvements montrèrent des concentrations polliniques plutôt « intéressantes » de l'ordre de 10000 à 60000 pollens / mL (prélèvements n°US 10026 et n° US10032), mais avec assez peu de diversité (13 à 16 taxons). Trois prélèvements se révélèrent très positifs avec des concentrations de l'ordre de 100000 pollens / mL et des diversités intéressantes (23 à 24 taxons). En revanche, le prélèvement n°US 10023 était très pauvre en pollens (moins de 3000 grains de pollens / mL).

Compte tenu de ces premiers résultats, en concertation avec les archéologues, nous avons retenu les trois échantillons très positifs (prélèvements n°US 1001.2, US1003.3, US 1003.11) en plus des deux échantillons de concentrations « intéressantes » (US 10026 et US 10032) pour des analyses complémentaires.

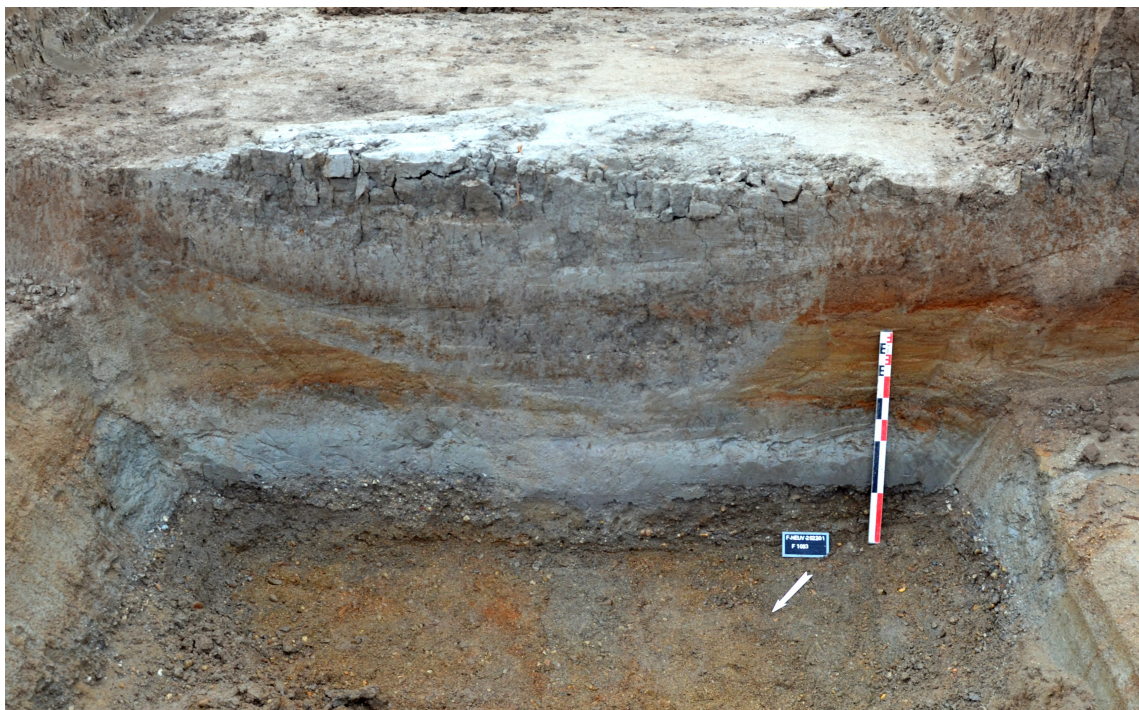


Figure 3. Photographie du fossé F1003, ayant fait l'objet de deux prélèvements dans sa partie supérieure (US 1003.3 et US 1003.11).

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 et 7).

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 pollens, spores et micro-fossiles non polliniques identifiés (Figures 6, 7 et 9).

3.1. Analyse critique des résultats

- Les analyses des trois échantillons n°US 1001.2, n°US 1003.11 et US 1003.3 provenant des comblements de la « fosse puisard » (F1003) et du fossé F1001 ont permis d'obtenir des compositions polliniques riches et variées

Respectivement 333, 388 et 414 pollens ont été observés pour chacun des trois prélèvements (Fig. 9).

La détection systématique des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (de 2 à 18 Lycopodes) témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique.

Les concentrations polliniques obtenues sont importantes car elles dépassent les 100000 pollens / mL pour les trois prélèvements. Ces concentrations importantes, sont comparables à celles obtenues dans les dépôts organiques (ex. tourbière).

De plus, une trentaine de taxons y ont été identifiés à chaque fois (Fig. 6). Cette diversité pollinique permet de raisonner sur les associations polliniques correspondant à des groupements végétaux.

Les pollens les plus résistants à la corrosion (ex. Asteracées, Cichorioïdées, résineux, spores monolètes) n'apparaissent pas particulièrement sur-représentés. Seule, une légère « sur-représentation » (13,5%) des Cichorioïdées est probable pour le prélèvement de l'US 1001.2 sans que cela n'affecte les fréquences du spectre dans leurs grands traits. Ces constats sont un indice d'une bonne conservation pollinique globale et l'absence de conservation différentielle (ou légère donc dans l'US 1001.2). Les compositions polliniques observées pour ces trois prélèvements sont donc probablement assez fidèles au dépôt pollinique initial.

Pour ces trois prélèvements, les pollens et spores identifiés correspondent surtout à des végétations herbacées (environ 60 à 70 % des pollens, Fig. 7). Ce résultat tendrait donc à décrire un paysage plutôt ouvert. Toutefois, il est probable que cette image soit assez largement influencée par la nature des sédiments analysés et du mode de dépôt à l'intérieur du fossé et de la « fosse - puisard ». En effet, contrairement aux analyses polliniques réalisées dans des contextes de dépôts sédimentaires « naturels et ouverts » (ex. types lacs ou tourbières), où la pluie pollinique a pour principale origine des apports aériens régionaux, dans les deux cas ci-présents, les comblements sont vraisemblablement avant tout associés aux ruissellements et infiltrations depuis les environs immédiats (apports polliniques plutôt locaux). Ce sont donc plutôt des cortèges polliniques locaux ou liés aux activités humaines autour du fossé et de la « fosse-puisard » qui sont pressentis.

- L'analyse des deux prélèvements n°US 10026 et US 10032 provenant de couches argileuses associées à des « zones brûlées » permet d'obtenir des compositions polliniques plutôt riches et diversifiées, mais sous l'influence d'un boisement hygrophile.

340 grains de pollens ont été observés pour le prélèvement de l'US 10026 et un peu plus de 300 pour le prélèvement de l'US 10032 (Fig. 6).

La détection assez importante des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (19 et 127 Lycopodes comptés, Fig. 9), témoigne là aussi de réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique.

Les concentrations de pollens constatées pour l'échantillon de l'US 10026 est de l'ordre de 100000 pollens / mL et de 17000 pollens / mL pour l'échantillon de l'US 10032. La concentration pollinique de l'US 10032 est donc plus faible. Toutefois, ces concentrations peuvent être considérées comme correctes à intéressantes en comparaison avec les concentrations obtenues dans des dépôts organiques (ex. tourbières), souvent de l'ordre de 50000 à 100000 pollens / mL.

En ce qui concerne la qualité des compositions polliniques, on constate des diversités de l'ordre de 24 à 25 taxons sporo-pollinique, ce qui est correcte sans plus. On note que les diversités sont moindres par rapport aux prélèvements de la « fosse-puisard » et du fossé. Ces résultats restent bien inférieurs aux diversités obtenues en contextes anaérobies naturels (ex. zones humides avec souvent plus de 50 types polliniques).

Les pollens de Cichorioïdées n'apparaissent pas sur-représentés. En revanche, les spores monolètes, taxons particulièrement résistants et de très nombreuses enveloppes polliniques restées indéterminées ont été observées en quantité. Il est possible que les matrices argileuses en contact avec les zones brûlées, se soient retrouvées en contextes « aérobies » propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique des pollens les moins résistants. La qualité des compositions polliniques assez moyennes constatées sont une conséquence de ces conditions, mais peut-être aussi à des dynamiques de comblement assez rapides, ne permettant pas un temps de contact suffisant pour accumuler des pollens dans toute leur diversité.

Les deux spectres polliniques semblent donc assez lacunaires (il manque probablement des taxons). Nous nous baserons davantage sur les associations polliniques observées pour interpréter les résultats de ces deux prélèvements.

3.2. Interprétation des résultats

Compte tenu des différences constatées notamment entre les deux contextes de prélèvement, comblements de fossé, fosse-puisard d'un côté et matrices argileuses associées à des zones brûlées de l'autre, les résultats ont été interprétés en deux parties (Fig. 6 et 7).

3.2.1. Résultats d'analyses pour les prélèvements provenant des comblements du fossé F1001 (US 1001.2) et de la « fosse-puisard » (US1003.11 et US 1003.3)

Pour ces trois prélèvements, les spectres polliniques sont dominés par les pollens d'herbacées (environ 60 à 70%) ce qui correspondrait à un paysage globalement ouvert. Les végétations arborescentes sont néanmoins bien présentes dans le paysage.

- Pour ce qui concerne le prélèvement du fossé F1001, on constate que les boisements sont essentiellement composés de feuillus, notamment par le chêne (environ 20%). Quelques pollens de résineux (pin et sapin), probablement d'origine lointaine, sont aussi perçus.

La chênaie hêtraie est détectée par l'intermédiaire de pollens de chêne (*Quercus sp.*), de hêtre (*Fagus sylvatica*), voire de noisetier (*Coryllus avellana*). Au regard du taux de pollen de chêne (environ 20%), ces boisements forestiers sont probablement assez proches.

Des boisements humides (hygrophiles) sont perçus par l'intermédiaire de quelques pollens d'aulne (*Alnus sp.*), de saule (*Salix sp.*), voire de noisetier (*Coryllus avellana*) et de bouleau (*Betula sp.*).

Ces boisements hygrophiles sont assez éloignés ou réduits car les pollens d'aulne ne représentent pas plus de 5% de la composition pollinique totale. Les pollens de noisetier (*Coryllus avellana*) et de bouleau (*Betula sp.*), essences ubiquistes, pourraient provenir de ce même type de boisement hygrophile mais aussi de **boisements clairs**, peut-être d'espaces en déprise agricole ou de haies.

Toujours pour cet échantillon de l'US 1001.2, les végétations herbacées sont principalement composées par des pollens de graminées (Poacées) (environ 20 %), de Cyperacées (environ 15%), de Cichorioïdées (env. 15%) et des spores monolètes.

On peut interpréter à la fois les **groupements de friches et de jachères** (Poaceae, Asteraceae dont Cichorioïdeae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae), **les groupements de communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins** (*Plantago sp.*, *Plantago lanceolata* (5%), Urticaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Poaceae, Ericaceae) et de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** (Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae, *Centaurea type nigra*, *Plantago sp.*, Juncaceae).

L'association des cultures peut aussi être suggérée avec l'identification d'un pollen de céréale (*Cerealia type*). Notons toutefois que l'hypothèse est assez

fragile car aucun pollen de plante adventice n'a été observé dans le même temps.

Quelques rares pollens de plantes aquatiques, lentilles d'eau (*Lemna sp.*) et microfossiles d'algues (Concentricystes) montrent l'existence de **zones inondées profondes**, probablement temporaires.

- Pour ce qui concerne les deux prélèvements de la « fosse-puisard » F1003 (US 1003.11 et US 1003.3) on constate des compositions polliniques assez semblables. Aucune modification paysagère majeure ne semble avoir eu lieu dans le laps de temps séparant les deux US :

On détecte à la fois la **chênaie-hêtraie** (chêne et hêtre) et la **chênaie mixte** avec le chêne (*Quercus sp.*), l'orme (*Ulmus sp.*), le tilleul (*Tilia sp.*), voire le charme (*Caprinus sp.*) dans l'US 1003.11. Ces boisements forestiers sont représentés par environ 15% des pollens. Les chênaies sont donc assez éloignées ou réduites à des lambeaux forestiers, voire des haies.

Les taux de pollens (ou fragments) de résineux sont assez importants. Ils sont de l'ordre de 10 à 15%. Le pin (*Pinus sp.*) et le sapin (*Abies sp.*) sont détectés. Les pollens de résineux sont connus pour leurs fortes productions et importantes diffusions polliniques (Fig. 10). Ces pollens sont donc probablement pour partie d'origine lointaine, mais **des boisements de résineux** voire quelques arbres locaux ne sont pas à exclure.

Des boisements hygrophiles sont identifiés par l'intermédiaire de pollens d'aulne (*Alnus sp.*), voire de noisetier. Il pourrait s'agir de boisements d'une zone alluviale ou des bords d'une zone humide. Là aussi, ces boisements hygrophiles sont probablement assez éloignés ou réduits car les pollens d'aulne et de noisetier ne représentent pas plus de 5 à 10 % de la composition pollinique totale.

En ce qui concerne les végétations herbacées, les communautés végétales sont principalement représentées par des pollens de graminées (Poacées : environ 30% des pollens), de Cyperacées (env. 5 à 10%) et des spores monolètes (fougères, mousses).

Le groupement de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** est bien représenté (Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae, Rubiaceae, Asteraceae, *Centaurea type nigra*, Ranunculaceae, Lamiaceae, *Plantago sp.*, *Alchemilla sp.*). On détecte aussi les **groupements de friches et de jachères** (Poaceae, Asteraceae dont Cichorioïdeae, Chenopodiaceae, *Polygonum sp.*, *Polygonum aviculare*, *Artemisia sp.*, Caryophyllaceae, *Plantago sp.*) et les **groupements de communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins** (*Plantago sp.*, *Plantago lanceolata* (env. 5%), Urticaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Poaceae, *Artemisia sp.*, *Polygonum sp.* dont *Polygonum aviculare*, l'oseille (*Rumex sp.*), Brassicaceae, Lamiaceae).

L'association des cultures est attestée avec l'identification de plusieurs pollens de céréale (*Cerealia type*) accompagnés de pollens de plantes adventices (*Rumex sp.*, voire de *Centaurea sp.*) et de plantes rudérales (*Plantago sp.*, *Polygonum sp.*, dont *Polygonum aviculare*, Chenopodiaceae, Cichorioïdeae, Urticaceae). Huit pollens de céréale ont été identifiés dans le prélèvement n° US 1003.3 et trois pollens dans le prélèvement de l'US 1003.11. L'observation de plusieurs pollens de céréale dans ce contexte de « fosse-puisard » pose question car ce sont des essences qui produisent et diffusent relativement peu (Fig. 10, d'après Mazier *et al.*, 2012). La détection de ces pollens de céréale est donc à mettre en relation soit avec la proximité

de cultures, soit d'activités de traitement (ex. battages) des céréales dans les environs de la « fosse ». L'hypothèse d'apports par ruissellement liés à des rejets alimentaires (eaux usées) n'est pas non plus à exclure.

Quelques rares pollens de rubanier d'eau (*Sparganium sp.*) identifiés dans le prélèvement de l'US 1003.3 montrent l'existence de **zones inondées peu profondes**.

Des microfossiles non polliniques, notamment des « amérospores des types HdV-207 » (genre *Glomus*, parasite de plantes herbacées) et des spores algales de type HdV-181 ont été observés.

Enfin, de nombreux spores monolètes et trilètes attestent de l'existence de fougères et de mousses, difficilement interprétables. Ces spores pourraient provenir de mousses et de fougères situées à proximité, voire à l'intérieur du fossé et de la fosse.

3.2.2. Résultats d'analyses pour les prélèvements provenant de couches argileuses associées à des zones brûlées (US 10026 et US 10032)

Les deux spectres polliniques montrent des compositions assez semblables.

Pour ces deux prélèvements, les ensembles polliniques sont dominés par les pollens d'arbres (environ 70 à 80%) ce qui correspondrait à un paysage très boisé. La part importante des pollen d'aulne (environ 30%) explique en partie ces résultats. Il est probable que les prélèvements se soient trouvés à proximité voire à l'intérieur d'un boisement humide correspondant à une zone alluviale ou des bords d'une zone humide. Les végétations extérieures à ce boisement humide sont de fait moins bien représentées, mais néanmoins perceptibles.

Ces boisements hygrophiles sont perçus par l'intermédiaire des pollens d'aulne, en quantités importantes, mais aussi de quelques occurrences de saule (*Salix sp.*) et de peuplier (*Populus sp.*). Notons que le noisetier (*Coryllus avellana*) et le bouleau (*Betula sp.*) ont probablement participé à ces boisements humides.

Au regard des quantités importantes de pollens d'aulne, ces boisements hygrophiles sont vraisemblablement assez étendus ou très proches. Les pollens de noisetier (*Coryllus avellana*) et de bouleau (*Betula sp.*) proviennent probablement aussi du boisement hygrophile ou bien de **boisements clairs**, peut-être d'espaces en déprise agricole ou de haies.

Les boisements forestiers sont aussi identifiés : **la chênaie mixte** est détectée par l'intermédiaire de pollens de chêne (*Quercus sp.*), tilleul (*Tilia sp.*), orme (*Ulmus sp.*), voire de noisetier (*Coryllus avellana*) et de bouleau (*Betula sp.*). Quelques pollens de hêtre (*Fagus sylvatica*) témoignent aussi de **la chênaie-hêtraie**. Ces boisements de chêne se développent sur des sols bien drainés, probablement situés en périphérie ou sur les coteaux de la zone humide. Tenant compte des taux de chêne observés (environ 10 à 15%), ces boisements forestiers sont assez éloignés ou correspondent à des boisements assez modestes, des lambeaux forestiers (?), voire de haies locales. On retrouve là une image assez semblable à celle perçue pour les analyses des US 1001.2, 1003.11 et 1003.3.

La détection des pollens de noisetier (environ 10 à 15%), de bouleau, tendrait d'ailleurs à renforcer l'image de **boisement forestiers, plutôt clairs ou de haies, d'arbres isolés** ponctuant le paysage local.

Les pollens (fragments) de **résineux** dont le pin (*Pinus sp.*) et le sapin (*Abies sp.*) sont bien représentés (environ 10 à 15%). Tenant compte de la forte productivité et diffusion de ces types de pollens (Fig. 10), il s'agit probablement pour partie de pollens lointains. Mais quelques arbres, voire des boisements plus ou moins locaux devaient certainement ponctuer le paysage environnant.

A cause de l'importance des pollens provenant du boisement hygrophile, les compositions polliniques correspondant aux végétations herbacées sont moins bien perçues que pour les précédents prélèvements. Elles représentent environ 30 à 20% des pollens seulement. Les pollens de Cypéracées (*Carex*), probablement locaux à la zone humide, sont les mieux représentés avec environ 10% des pollens.

Les associations polliniques en présence permettent d'interpréter l'existence des groupements de **prairies hygro- à mésophiles pâturées** (Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae, Rubiaceae, Asteraceae, *Centaurea type nigra*, *Plantago sp.*), des groupements de **friches et de jachères** (Poaceae, Cichorioïdeae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, *Plantago sp.*), des **groupements de communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins** (*Plantago sp.*, Chenopodiaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae).

L'association des cultures peut être suggérée par l'intermédiaire de deux pollens de céréale (*Cerealia type*) identifiés dans le prélèvement de l'US 10026. Notons toutefois que l'hypothèse de véritables « cultures » reste fragile car il n'y a pas d'attestation de plantes adventices. Il pourrait s'agir d'apports isolés.

Quelques attestations de lentilles d'eau (*Lemna sp.*), potamots (*Potamogeton sp.*), rubanier (*Sparganium sp.*) et de massettes (*Typha latifolia*) témoignent de **zones inondées** plus ou moins profondes. L'association de Poaceae, Cyperaceae, *Sparganium sp.*, *Typha sp.*, *Filipendula sp.* correspond aux groupements de **zone humide en voie d'atterrissement, de roselières**.

L'observation de nombreux spores monolètes, de spores trilètes (fougères et mousses) mais aussi de quelques spores de *Polypodium sp.* (polypode) est difficilement interprétable.

Enfin, quelques microfossiles non polliniques sont à noter, notamment des « amérospores des types HdV-207 » (genre *Glomus*, parasite de plantes herbacées) et des « spores algales et supposées » de type HdV-181.

4. SYNTHÈSE

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

L'analyse complète des cinq prélèvements permet d'obtenir des concentrations polliniques importantes (de 17000 à plus de 100000 pollens / mL) avec des diversités intéressantes puisqu'une quarantaine de taxons sporo-polliniques a pu être observée (Fig 6).

En ce qui concerne la qualité des ensembles polliniques, pour les trois prélèvements provenant du fossé (F1001) et de la « fosse-puisard » (F1003), les pollens et spores les plus résistants n'apparaissent pas sur-représentés. Les compositions polliniques observées pour ces trois prélèvements sont donc probablement assez fidèles au dépôt pollinique initial.

En revanche, pour les prélèvements provenant des matrices argileuses associées à des « zones brûlées » (US 10026 et US 10032), des spores monolètes ainsi que de très nombreuses enveloppes polliniques indéterminées ont été observées. Ces observations tendraient à nous indiquer qu'une partie des pollens (les plus fragiles) de ces deux prélèvements a probablement disparu ou n'est plus identifiable, rendant de fait une image paléoenvironnementale lacunaire.

Identifiants prélèvements		US 1001.2	US 1003.11	US 1003.3	US 10026	US 10032
Type de structure		F1001 : comblement fossé linéaire	F1003 : comblement de « Fosse puisard »		Matrice argileuse zone brûlée	Matrice argileuse zone brûlée
Périodes		La Tène finale	La Tène moyenne		Protohistoire ancienne	Protohistoire
Taux de pollen d'arbres (AP)		36,00%	31,00%	40,00%	69,00%	78,00%
Boisements	Chênaie mixte (chêne, orme, tilleul, charme, noisetier)		++	+	+	++
	Chênaie-hêtraie	++	+	++	+	+
	Boisements clairs, haies	+	+	+	++	++
	Boisements hygrophiles (aulne, saule, noisetier)	+	+	+	+++	+++
	Résineux	+	++	++	+	++
	Taux de pollens de chêne	++	+	++	++	++
	Taux de pollens de noisetier	+	+	+	++	++
Végétations herbacées	Taux de pollens d'aulne	+	+	+	+++	+++
	Prairies hygro- à mésophiles pâturées	+++	+++	+++	+	+
	Communautés rudérales, chemins, pacages, habitats...	++	++	++	+	+
	Friches et jachères	++	++	+++	+	+
	Cultures (types)	+ (Céréale)	+ (Céréale)	++ (Céréale)	+ (Céréale)	
Zones Humides	Taux de pollens de Poacées (ou graminées)	++	+++	+++	+	+
	Zones humides en voie d'atterrissement			+	+	+
	Zones inondées peu profondes			+	+	+
	Zones inondées profondes	+			+	+

Figure 5. Tableau synthétisant les principales caractéristiques et principaux groupements végétaux identifiés dans les cinq prélèvements analysés.

- Les analyses des trois prélèvements provenant du fossé (F1001) et de la fosse-puisard (F1003) livrèrent des ensembles polliniques semblables (Fig. 5). Aucune évolution majeure de la mosaïque paysagère n'est perçue, y compris entre les deux échantillons prélevés en stratigraphie à l'intérieur de la « fosse-puisard » (US 1003.11 et US 1003.3). Les quelques différences observées entre le spectre de l'US 1001.2 et ceux de la fosse-puisard sont probablement davantage le fait d'effets locaux (ex. non détection de la chânaie mixte pour l'US 1001.2 par rapport aux prélèvements de F1003) (Fig. 5).

Pour ces trois prélèvements datés de la Tène moyenne à la Tène finale, les taux de pollens d'arbres représentent entre 30 à 40% des pollens. Ce sont donc des paysages plutôt ouverts qui sont perçus mais avec toutefois un caractère boisé assez marqué.

En ce qui concerne les boisements, les résultats polliniques laissent percevoir des forêts de types chânaies-hêtraies et chânaies mixtes mais aussi des boisements hygrophiles et de résineux (Fig. 5). Au regard des quantités de pollens de chêne (environ 20% pour l'US 1001.2 et entre 10 et 15% pour les US de la fosse-puisard) on peut supposer que ces chânaies étaient soit assez éloignées, soit réduites à de petits boisements, voire des haies locales. Les pollens de résineux détectés en assez grandes quantités (entre 10 et 15%) laissent supposer l'existence d'arbres, voire de boisements plus ou moins locaux.

Les végétations herbacées sont prépondérantes dans le paysage (les taux de Poacées ou graminées représentent entre 20 et 30 % des pollens) et correspondent surtout à des groupements de prairies plus ou moins humides, de friches et de jachères et de communautés rudérales (chemins, habitats, lieux de pacages) (Fig. 5).

Quelques pollens de céréales, notamment dans les prélèvements issus du comblement de la fosse-puisard attestent de l'existence de cultures dans les environs du site. Cette interprétation est néanmoins discutable pour le prélèvement du fossé F1001, puisqu'un seul pollen de céréale y a été détecté.

Quelques pollens de boisements humides (environ 5% de pollen d'aulne) et de plantes de milieux humides, voire de plantes aquatiques sont aussi identifiés. Leurs détections résultent de l'existence d'une zone humide et/ou d'une zone alluviale proche.

- Les compositions polliniques des deux prélèvements provenant de couches argileuses associées à une « zone brûlée » (US 10026 et US 10032) sont assez semblables (Fig. 5). Elles sont caractérisées par d'importants taux de pollens d'aulne (environ 30%) rendant moins perceptibles les autres végétations. Au regard des taux importants de pollens d'aulne et des végétations hygrophiles (ex. Cyperacées, Juncacées), on peut supposer que les prélèvements se situèrent à l'intérieur ou à proximité d'une zone humide.

Les taux de pollens d'arbres sont importants puisqu'ils représentent près de 70 à 80 % des pollens. Toutefois, au regard de la part importante des pollens d'aulne dont l'origine est probablement cantonnée à la zone humide locale, il faut relativiser l'importance du couvert forestier à l'échelle régionale.

En ce qui concerne les autres types de boisements, les résultats polliniques laissent percevoir des forêts de chênaies-hêtraies et/ou chênaies mixtes mais aussi des boisements résineux plus ou moins locaux. Les taux de pollens de chêne représentent environ 15% des pollens ce qui laisse entrevoir des chênaies relativement réduites ou éloignées dans des secteurs mieux drainés. Les pollens de noisetier, détectés en quantités assez importantes (environ 10 à 15%) ont peut-être aussi en partie une origine locale (boisement hygrophile), car le noisetier peut s'accommoder de conditions humides, mais une partie des pollens pourraient aussi provenir de boisements plutôt clairs, voire de haies, situés en périphérie de la zone humide.

Les végétations herbacées ne représentent que 20 à 30% des pollens. Ces végétations devaient toutefois recouvrir les espaces périphériques à la zone humide. Les associations polliniques en présence permettent d'identifier des groupements de prairies hygro- à mésophiles pâturées, des groupements de friches et de jachères ainsi que des groupements de communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins.

Notons enfin que la pratique de la céréaliculture est peu perçue dans ces deux échantillons. En effet, seulement deux pollens de céréale ont été identifiés dans le prélèvement de l'US 10026, mais sans aucune attestation de plante adventice.

5. BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER D., 1999 – Histoire de la végétation du nord-mayennais de la fin du Weischelien à l'aube du XXIème siècle Mise en évidence d'un Tardiglaciaire armoricain Interactions Homme-Milieu. Thèse de doctorat, Université de Nantes, Editions Groupe d'Etude des Milieux Naturels, Nantes, tome I, texte : 284 p., tome II, illustration : 63 Figures.
- BEUG H.-J., 2004 - *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Publisher Verlag Friedrich Pfeil, Munich, 542 p.
- CHESTER P.I. & IAN RAINE J., 2001 – Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Grana, 40, Greece, p. 299-387.
- CUGNY C., 2011 – Apport des microfossiles non-polliniques à l'histoire du pastoralisme sur le versant nord pyrénéen. Entre référentiels actuels et reconstitution du passé. Thèse de doctorat, Université Toulouse 2 Le Mirail, 2 vol., 373 p.
- HEIM J., 1970 - Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Thèse, Université de Louvain, Laboratoire de Palynologie et Phytosociologie, 181 p.
- GAUDIN L., 2024 – Tests palynologiques de 6 prélèvements réalisés lors de l'opération du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03). Opération : 2022-1. Mai 2024. 18p. (Destinataire public : Service d'Archéologie Préventive du Département de l'Allier. RO. M. A. Michel).
- 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	US 1001.2	US 1003.11	US 1003.3	US 10026	US 10032	
Pollens	Frag. Résineux	13	46	43	24	38	
	Abies	5	5	11	1	0	
	Pinus	6	9	12	4	7	
	Quercus	70	37	45	50	47	
	Ulmus	0	2	4	0	1	
	Tilia	0	1	3	10	13	
	Fagus	5	2	7	4	1	
	Carpinus	0	1	0	0	0	
	Corylus	4	11	12	30	42	
	Betula	2	0	0	0	1	
	Alnus	13	14	19	110	92	
	Salix	2	0	0	1	0	
	Populus	0	0	0	0	1	
	POACEAE	65	135	119	22	14	
	CICHORIOIDEAE	45	19	15	0	7	
	ASTERACEAE	8	12	13	1	2	
	Artemisia	0	0	2	0	0	
	CARYOPHYLACEAE	5	3	1	6	0	
	CHENOPODIACEAE	6	17	3	2	0	
	BRASSICACEAE	0	1	1	0	0	
	Polygonum sp.	0	4	5	0	0	
	Polygonum aviculare	0	3	7	0	0	
	Plantago	5	8	5	3	1	
	Plantago lanceolata	14	5	17	2	1	
	URTICACEAE	2	3	0	0	0	
	Erica	1	0	0	0	0	
	Cerealia type	1	3	8	2	0	
	Rumex	0	1	0	0	0	
	Centaurea type nigra	2	0	2	0	1	
	RANUNCULACEAE	0	5	1	0	0	
	LAMIACEAE	0	1	0	0	0	
	Alchemilla	3	7	3	0	0	
	VALERIANACEAE	0	3	0	0	0	
	RUBIACEAE	0	0	0	1	0	
	Filipendula	0	0	0	1	0	
	CYPERACEAE	45	50	25	36	34	
	JUNCACEAE	10	6	4	23	4	
	Typha latifolia	0	0	0	1	1	
	Sparganium	0	0	1	0	1	
	Lemna	1	0	0	5	3	
	Potamogeton	0	0	0	1	0	
	Spores	Spore monolète	61	85	66	58	142
		Polypodium	1	0	0	0	1
		Spore trilète	8	8	5	6	5
	Non polliniques	Concentricyste	2	0	0	0	0
		Phytolithes	0	15	6	0	2
		Amérospores – HdV-207	5	16	11	3	3
Spores algales et supposées – HdV-181		0	1	7	0	15	
Micro-charbons		8	6	0	0	10	
Indéterminés		18	9	8	59	85	
SOM. pollen (somme de base)		333	414	388	340	312	
SOM. Sporo-pollinique	403	507	459	404	460		
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	95443	113009	1112073	123094	16899		
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	115507	138395	1315571	146265	24915		

Figure 6. Opération archéologique du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03). 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.

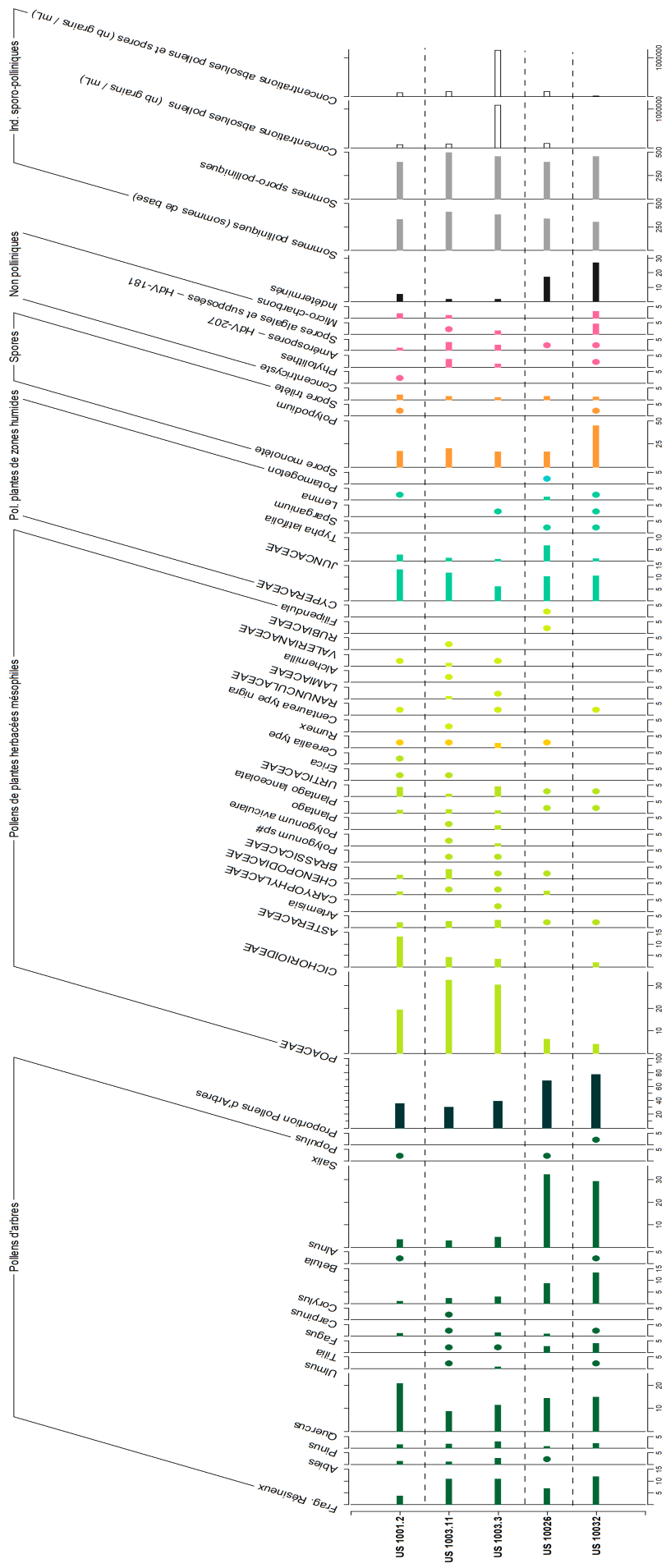


Figure 7. Diagramme sporo-pollinique du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03). Les valeurs sont exprimées en fréquences relatives (%). La somme de base utilisée pour calculer les fréquences correspond à la somme des grains de pollens. Les spores ont donc été exclus de cette somme de base. La courbe (PA/PNA) correspond au rapport entre pollens d'arbres (PA)/pollens non arborescents (PNA). Les valeurs inférieures à 1% sont symbolisées par des points. Les concentrations absolues sont exprimées en nombre de grains / mL de sédiment.

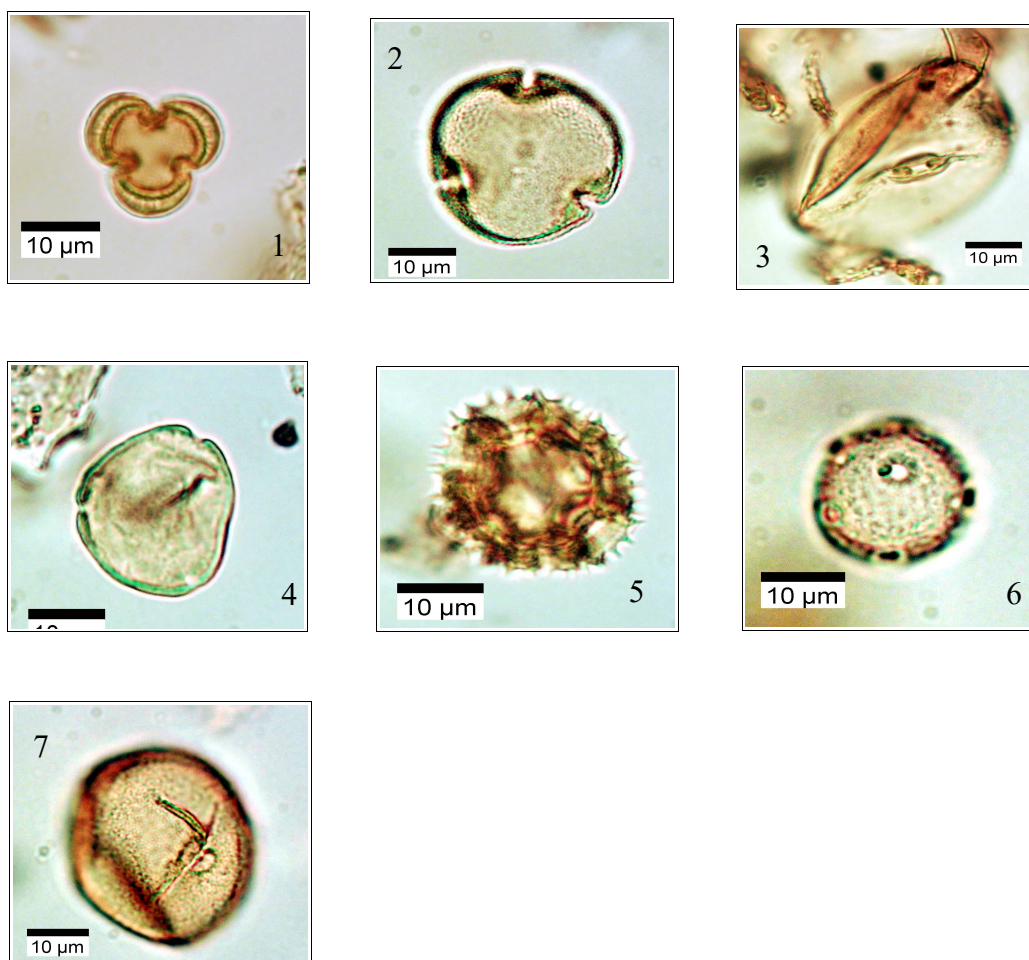


Figure 8. Photographies de pollens sous microscope optique à immersion, grossissement x1000. Les échelles représentent des micromètres. 1. Pollen d'armoise (*Artemisia sp.*) (US1003.3) ; 2. Pollen de tilleul (*Tilia sp.*) (US1003.3) ; 3. Pollen de céréale (*Cerealia type*), (US1003.3) ; 4. Pollen de noisetier (*Corylus sp.*) (US1003.3) ; 5. Pollen de Cichorioïdées (US1003.3) ; 6. Pollen de plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*) (US1003.3) ; 7. Pollen de hêtre (*Fagus sylvatica*) (US1003.3) ;

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores comptés	de et Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique
US 1001.2	333	403	15	115507	95443	Bon	27
US 1003.11	414	507	18	138395	113009	Bon	31
US 1003.3	388	459	2	1315571	1112073	Bon	29
US 10026	340	404	19	146265	123094	Moyen	25
US 10032	312	460	127	24915	16899	Moyen	24

Figure 9. Nombre de pollens et de spores comptés, nombre de grains par mL sédiment, diversité taxonomique.

Taxon	Production pollinique	Vitesse de chute dans l'air
	relative/Poaceae PPE (SE)	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
Cereal-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 10. Tableau récapitulatif des valeurs moyennes des productions polliniques européens et des vitesses de chute dans l'air des grains de pollen des taxons étudiés (d'après Mazier *et al.*, 2012).

Taxons \ Code Prélèvements		US 1001.2	US 1003.3	US 1003.11	US 10023	US 10026	US 10032	
Poliens	Frag. Résineux	3	12	14	14	7	10	
	Abies	1	1	1	0	0	0	
	Pinus	3	1	0	2	0	2	
	Pinus sylvestris	0	0	1	0	0	0	
	Quercus	11	10	9	0	10	0	
	Tilia	0	1	1	0	3	2	
	Fagus	5	3	1	0	0	0	
	Carpinus	0	0	1	0	0	0	
	Corylus	3	3	4	2	7	10	
	Betula	1	0	0	0	0	0	
	Alnus	4	5	5	0	32	25	
	Salix	1	0	0	0	0	0	
	POACEAE	25	32	39	3	13	6	
	CICHOARIOIDEAE	18	5	5	1	0	2	
	ASTERACEAE	5	4	2	0	1	1	
	Artemisia	0	1	0	0	0	0	
	CARYOPHYLLACEAE	1	1	1	0	1	0	
	CHENOPODIACEAE	2	1	8	0	1	0	
	BRASSICACEAE	0	1	0	0	0	0	
	Polygonum aviculare	0	1	0	0	0	0	
	Plantago	1	1	3	0	1	0	
	Plantago lanceolata	1	2	1	0	0	0	
	URTICACEAE	1	0	1	0	0	0	
	Erica	1	0	0	0	0	0	
	Cerealia type	1	1	0	0	2	0	
	Centaurea type nigra	1	0	0	0	0	0	
	RANUNCULACEAE	0	0	1	0	0	0	
	Alchemilla	1	1	3	0	0	0	
	VALERIANACEAE	0	0	1	0	0	0	
	CYPERACEAE	14	2	10	0	12	4	
	Typha latifolia	0	0	0	0	1	1	
	Lemna	0	0	0	0	2	2	
	Spores	Spore monolète	18	14	31	27	33	37
		Spore trilète	4	1	3	0	2	1
	Non pollinique	Concentricyste	1	0	0	0	0	0
Amérospores – HdV-207		4	0	1	5	0	1	
Spores algales et supposées – HdV-181		0	0	0	0	0	3	
Microrestes colorés – TM-318		0	0	0	2	0	0	
Micro-charbons		8	0	6	17	0	10	
Indéterminés		18	3	5	2	50	55	
SOM. pollen (somme de base)		104	89	112	22	93	65	
SOM. Sporo-pollinique		126	104	146	49	128	103	
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	89424	102036	91717	2802	63973	10398		
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	108341	119233	119560	6242	88049	16477		

Figure 11. Opération archéologique du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03). **Résultats des tests palynologiques.** Comptages des pollens et spores déterminés (extrait de Gaudin, 2024)

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 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

Nombre grains	Num (1-8)	NOM DE LA CAROTTE	TRONCON	VOL	Poids sec	HCL	HF 48%	HF 70%
17197	A1	NEUVY	10026	2,5	5,48	X	X	X
17197	A2	NEUVY	10032	2,5	5,14	X	X	X
17197	A3	NEUVY	1003,11	3,5	7,92	X	X	X
17197	A4	NEUVY	10023	3	6,75	X	X	X
17197	A5	NEUVY	1003	3	6,72	X	X	X
17197	A6	NEUVY	1001,2	4	8,44	X	X	X

Figure 12. Description des traitements réalisés pour l'extraction pollinique (UMR EPOC).