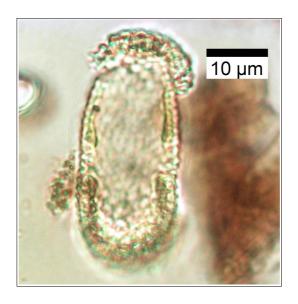


Analyses scientifiques des découvertes archéologiques : Etudes palynologiques



Analyse palynologique d'un prélèvement réalisé dans le comblement d'un fossé antique du site « Les Bas Vergers », sur la commune de Maisons (14). Site 1, Liaison douce Sully-Port-en-Bessin.

OPÉRATION: 164380

Service départemental d'archéologie du Calvados

Rapport d'étude palynologique

Janvier 2022

Service départemental d'archéologie du Calvados 36, rue Fred Scaramonie 14035 CAEN Cedex

Opération archéologique du site « Les Bas Vergers » sur la commune de Maisons (14). Site 1, Liaison douce de Sully-Port-en-Bessin.
Opération 164380
Références des échantillons étudiés :
Prélèvement réalisé à l'intérieur du comblement de la structure 127, correspondant à un fossé antique.
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: <u>arkeomap.com</u>
Y
Janvier 2022

Illustration de la page de couverture : Pollens de sarrasin (Fagopyrum type esculentum?), Grossissement x1000.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS	
2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS	
2.1 Le protocole d'extraction utilisé	6
2.2 Les comptages et déterminations	6
2.3 Le diagramme pollinique	8
3. RESULTATS, INTERPRETATION	9
3.1. Analyse critique des résultats	
3.2. Interprétation des résultats	10
4. SYNTHESE	12
5. BIBLIOGRAPHIE	13
6. FIGURES	15
7. ANNEXE	
7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :	19
7.2. Description des échantillons et des traitements	22

INTRODUCTION

La fouille du site « Les Bas-Vergers », sur la commune de Maisons (14), concerne des structures attribuées aux périodes néolithiques, de La Tène, de la période galloromaines, du Haut-Moyen Age et de l'époque moderne.

Ce document présente les résultats d'analyses palynologiques d'un prélèvement provenant du comblement d'un fossé antique (structure 127).

Ce rapport vise à détailler le contenu palynologique de ce prélèvement afin de décrire la mosaïque paysagère qui environnait le site durant l'époque gallo-romaine.

Cette opération a été menée par le service départemental d'archéologie du Calvados. La fouille ci-présente a été dirigée par Mme Audrey Leffet. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de son directeur, M. Vincent Hincker.

1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

De façon générale les couches sédimentaires du site ne présentaient pas de conditions anaérobies permanentes (ex. nappe d'eau), ce qui rend généralement la conservation des pollens très aléatoire.

Le prélèvement étudié provient du comblement d'un fossé antique (structure 127). Le prélèvement a été réalisé en fond de fossé. Le comblement est apparu argileux et hydromorphe. Le sédiment était à dominance minérale de couleur orangée. Seul un test pouvait permettre d'obtenir une information sur le potentiel palynologique du prélèvement.

Le résultat du test se révéla plutôt positif avec une concentration pollinique d'environ 10000 pollens / ml (Gaudin 2021). Ce résultat nous encouragea à mener une analyse « complète ».

L'objectif de cette étude vise à obtenir une description du paysage végétal mais aussi, compte tenu du contexte sédimentaire (comblement de fossé), obtenir des informations sur le fonctionnement du fossé (fonction de drainage? Eaux stagnantes?).

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

Site / Opération	Numéro d'US	Datation	RQ - aspect			
Maisons – Les bas Vergers (14)	ST 127	80	Antique	Couche à tendance minérale. Couleur orangée. Prélèvement en fond de fossé. Comblement argileux et hydromorphe.		

Figure 1. Inventaire des prélèvements étudiés

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 OLYMPUX CX21 et CX40).



Figure 2. Microscope d'observation (Olympus CX 21, ArkéoMap)

Les outils utilisés pour les déterminations sont de plusieurs sortes :

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

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

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

Nous avons aussi calculé des fréquences polliniques absolues afin d'estimer le nombre de grains par volume (cm3 ou mL) de sédiment. Nous nous sommes basés pour cela sur une méthode préconisant l'introduction de pastilles de spores de Lycopodes au nombre connu dans les préparations (Stockmarr, 1972).

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

Le parcours des lames polliniques permet souvent d'observer des microfossiles nonpolliniques. 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).

2.3 Le diagramme pollinique

Le diagramme sporo-pollinique (spores et pollens) a été réalisé à l'aide du logiciel « C2 data analysis version 1.7.6» (Fig. 4).

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

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

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

Sur ces diagrammes figurent de la gauche vers la droite :

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

Remarque:

- Lorsqu'un taxon n'est représenté que par une ou deux occurrences seulement (moins de 1%), il est matérialisé sur le diagramme par un point.
- les fréquences des spores et des microfossiles non polliniques sont calculées sur la base des sommes polliniques (d'où par exemple des fréquences supérieures à 100 pour les dinoflagellés de Type *Lingulodinium*).

3. RESULTATS, INTERPRETATION

Les résultats sont donnés sous la forme d'un tableau de comptages et d'un diagramme représentant les effectifs des différents spores et pollens identifiés (Figures 3 et 4).

3.1. Analyse critique des résultats

L'analyse de l'échantillon a permis d'observer 330 grains de pollens et de spores (Fig. 3 et 6).

La concentration de pollens constatée à l'intérieur de l'échantillon est plutôt intéressante puisque l'on atteint une concentration d'environ 14000 grains / mL. Le résultat est donc un peu meilleur que celui obtenu lors du test (Gaudin, 2021a).

La détection relativement importante des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (134 Lycopodes comptés, Fig. 6), <u>témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique.</u>

La conservation de l'ensemble apparaît assez bonne. Il n'apparaît pas de conservation différentielle majeure pour les pollens les plus résistants, par exemple pour les pollens de Cichorioïdées. Le contexte sédimentaire semble donc être resté suffisamment stable et à l'abri de l'oxygène pour maintenir des conditions anaérobies favorables à la conservation pollinique.

On constate une diversité intéressante puisqu'une trentaine de taxons a pu être discernée : 25 types de pollens, 3 types de spores et quelques microfossiles non polliniques ont été identifiés (Fig. 3 et 4), même si cela reste inférieur aux diversités obtenues en contextes anaérobies naturels (ex. zones humides).

Le contexte des sédiments analysés (fond de fossé) amène à s'interroger sur le mode de déposition des pollens. En effet, contrairement aux analyses polliniques réalisées dans des contextes de dépôts sédimentaires « naturels » où la pluie pollinique est avant tout associée à des apports aériens, la composition pollinique analysée dans ce comblement est vraisemblablement pour partie dépendante du ruissellement des versants alentours. L'observation de nombreux kystes de dinoflagellés de type *Spiniferite* et de type *Lingulodinum* (Fig. 5) semble vouloir indiquer des incursions d'eau saumâtres à l'intérieur du fossé. Cette connexion avec les eaux marines <u>étend potentiellement la provenance des pollens à toute la zone</u> littorale.

Les pollens et spores identifiés correspondent principalement à des végétations arborescentes (environ 80% des pollens, Fig. 4). Notons toutefois une importante sur-représentation des pollens de résineux (fragments polliniques de Gymnosperme), Pin de type sylvestre (*Pinus type sylvestris*), Pin de type maritime (*Pinus pinaster*) et sapin (*Abies sp.*), même s'il faut modérer l'abondance des résineux dans l'interprétation paléoenvironnementale à cause de leurs importantes productions polliniques (Fig. 7).

3.2. Interprétation des résultats

- Description paléo-paysagère

Le spectre est dominé par les pollens d'arbres (plus de 80% du spectre) ce qui correspondrait à un paysage fermé.

Les boisements de résineux représentent l'essentiel de la végétation arborescente. Ces boisements sont composés de pins (*Pinus sp.*) de type sylvestre (*Pinus sylvestris*) et probablement aussi de type maritime (*Pinus pinaster*). Des pollens de sapin (*Abies sp.*) sont aussi présents. Ces formations de résineux sont toutefois difficiles à cerner à cause de modes de diffusion et de productions polliniques importantes. Il s'agit vraisemblablement à la fois d'apports locaux mais aussi de formations plus ou moins lointaines. La sur-représentation de ces boisements de résineux est assez surprenante dans un contexte antique et normand. En effet, même si les pollens de résineux, y compris le sapin, sont très régulièrement enregistrés dans les diagrammes polliniques de cette période (ex. carottage C2 de la vallée du Dan à Blainville-sur-Orne réalisé par D. Barbier-Pain ; Germain-Vallée et al., 2011 ; ou diagramme de Fontaine-Henry, sondage réalisé par M. Clet ; Lespez et al., 2005), ils n'apparaissent pas dans de telles proportions mais plutôt sous forme d'occurrences voire de quelques pourcents. Il faut généralement attendre l'époque moderne pour avoir de telles valeurs (Gaudin, 2004).

Les boisements de feuillus sont perceptibles par l'intermédiaire de pollens de chêne (*Quercus sp.*) qui représentent environ 5% du spectre, en plus de quelques occurrences de hêtre (*Fagus sylvatica*), orme (*Ulmus sp.*), noisetier (*Corylus sp.*) et aulne (*Alnus sp.*).

Les pollens de chêne, en plus du hêtre et de l'orme (*Ulmus sp.*) proviennent probablement de **chênaies-hêtraies** voire de **chênaies diversifiées**.

Quelques taxons arbustifs de noisetier (*Corylus avellana*) correspondent à des **boisements clairs**, tels que des haies ou des espaces en déprise agricole.

Les **boisements hygrophiles** sont représentés par l'aulne (*Alnus sp.*). Le noisetier pourrait aussi faire partie de ces boisements humides, situés près de berges ou à l'intérieur d'une zone alluviale.

Les végétations herbacées sont moins bien représentées. On détecte les groupements de friches et de jachères (Poaceae, Cichorioïdeae, Chenopodiaceae, Polygonum Brassicaceae), les groupements sp., communautés rudérales, de lieux de pacage, de chemins (Plantago sp. dont Plantago lanceolata, Chenopodiaceae, Polygonum sp., Brassicaceae, Poaceae) et de prairies hygro- à mésophiles pâturées (Poaceae, Cyperaceae, Plantago sp. dont Plantago lanceolata). Enfin, les végétations de côte sableuse (Poaceae, Chénopodiaceae, Crassulaceae, Plantago, Rosaceae) mais aussi de schorre et de slikke (Poaceae, Chénopodiaceae, Cyperaceae, kystes de dinoflagellés avec par exemple Lingulodinium machaerophorum et Spiniferites bentori) sont aussi perçues. Notons que ces « incursions d'eau saumâtre » sont aussi détectées pour des périodes similaires dans les diagrammes polliniques de ce secteur littoral ex. Diagramme de la vallée du Dan à Blainville-sur-Orne (D. Barbier-Pain, Germain-Vallée et al., 2011) de Rots ou de Fontaine-Henry (études de M. Clet, Lespez et al., 2005).

- Détection d'un pollen de sarrasin

L'association des cultures est mal représentée puisqu'aucun pollen de céréale ni d'adventice n'a pu être identifié. Seule une occurrence de sarrasin (Fagopyrum probablement de type Esculentum), pourrait suggérer l'existence de cultures (?). La détection de pollens de sarrasin durant l'Antiquité n'est pas totalement surprenante puisqu'environ 20% des études palynologiques enregistrent des grains de cette Polygonacée dès l'Age du Fer sur le Massif armoricain (Gaudin 2004, Fig. 8). Toutefois, la détection de ces pollens anciens pose question, car si l'on se base uniquement sur les datations radiocarbones d'ensembles de carporestes en nombre suffisamment représentatif, alors l'introduction du sarrasin en Europe se situerait autour des XIIe et XIIIe siècles (Chaussat, 2018). De plus, les plus anciennes mentions écrites européennes dateraient quant à elles du XIVe siècle (Chaussat, 2018). Toutefois, selon ce même auteur, si à court terme, la repousse du Fagopyrum esculentum est possible, sur le long terme cette espèce ne supporterait ni les gelées, ni les sécheresses et par conséquent la présence du Fagopyrum sur plusieurs siècles serait forcément dépendante des activités humaines. Afin d'expliquer la persistance du sarrasin dans les étude palynologiques avant le fort développement du Bas Moyen Age, on peut émettre des hypothèses de cultures assez marginales, peut-être sous forme de jardins, mais peut-être aussi sur le court terme de plants sauvages ayant coexister plus ou moins sous forme « d'adventices » avec d'autres cultures.

4. SYNTHESE

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

Le prélèvement étudié permit d'obtenir une concentration pollinique assez importante (environ 14000 grains de pollens / mL) avec une diversité intéressante (une trentaine de taxons sporo-polliniques) (Figures 3, 4 et 6). La conservation pollinique semble relativement bonne puisque les Cichorioïdées, taxons particulièrement résistants, n'apparaissent pas sur-représentés ce qui accrédite plutôt une conservation homogène de l'ensemble. Le contexte sédimentaire semble donc être resté globalement stable et à l'abri de l'oxygène, permettant le maintien de conditions anaérobies favorables à la conservation pollinique.

Le spectre pollinique montre un paysage assez fermé dominé par les boisements résineux (Pin de type sylvestre, Pin de type maritime et sapin), ce qui est peu commun pour cette période en Normandie. Des boisements de type chênaie-hêtraie, chênaie diversifiées, boisements clairs et humides sont aussi perçus.

Notons que l'analyse des charbons retrouvés dans le comblement du fossé de la palissade (structure 106, datée de La Tène ; Gaudin, 2021b) avait aussi permis de percevoir des collectes de bois à l'intérieur d'une chênaie, dans des boisements humides et dans des boisements clairs. <u>Les résultats anthracologiques et palynologiques apparaissent donc globalement cohérents en ce qui concerne les feuillus</u>. <u>Toutefois, l'absence totale de charbons de résineux est à noter et renforce le doute par rapport à l'abondance pollinique des résineux.</u>

Il faut évoquer plusieurs hypothèses pour expliquer ce contraste entre résultats polliniques et anthracologiques :

- des choix de collectes de combustible orientés uniquement vers du bois de feuillus. L'hypothèse est peu probable compte tenu de la nature des rejets de combustion (rejets de foyer ouvert probablement d'origine domestique et alimenté généralement par des collectes de « tout venant »),
- l'hypothèse de pollens d'origines lointaines n'est pas à exclure compte tenu de la forte capacité de diffusion de ces pollens. Toutefois, une telle abondance des résineux n'est jamais perçue dans les diagrammes polliniques du secteur pour cette période,
- une probable contamination, par percolation, depuis des niveaux supérieurs. L'hypothèse est renforcée compte tenu de la présence aussi de pollens de pin de type maritime, essence d'origine méditerranéenne et ayant été largement introduits lors des « récents » reboisements notamment littoraux, sur les côtes atlantiques mais aussi normandes.

En ce qui concerne les végétations herbacées, l'étude des associations polliniques a permis d'identifier des groupements végétaux de friches et de jachères, de prairies hygro- à mésophiles pâturées, de communautés rudérales : lieux de pacage, chemins, mais aussi de côte sableuse, de schorre et de slikke. Ces végétations littorales semblent vouloir indiquer de possibles incursions d'eau saumâtre à l'intérieur du fossé. Le phénomène d'incursions marines semble déjà avoir été identifié dans plusieurs diagrammes polliniques de ce secteur littoral normand (ex. Vallée-Germain, 2011 et Lespez et al., 2005).

Enfin, concernant les activités humaines, aucun pollen de céréale n'a été identifié. Une occurrence de pollen de sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) a été observée, sans que l'on puisse véritablement affirmer qu'il s'agisse de cultures.

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 fur Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Publisher Verlag Friedrich Pfeil, Munich, 542 p.

CHAUSSAT A.-G., 2018 - Les populations du massif armoricain au crible du sarrasin. Étude d'un marqueur culturel du Bocage normand (XVIe-XXe siècle), thèse de doctorat sous la direction de Jean-Marc Moriceau, Caen, Université de Caen, 2018.

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., 2021a – Test palynologique d'un prélèvement réalisé dans le comblement d'un fossé antique du site « Les Bas Vergers », sur la commune de Maisons (14). Site1, Liaison douce Sully-Port-en-Bessin. Opération 164380. 17p.

GAUDIN L., 2021b – Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique du site « Les Bas Vergers » sur la commune de Maisons (14). Site 1, Liaison douce Sully-Port-en-Bessin. Opération 164380. Rapport d'étude anthracologique, 31 p.

GERMAIN-VALLEE C., LESPEZ L., BAUDRY A., RIQUIER C., BEAUCHAMPS A., BARBIER-PAIN D., 2011 - Archéologie du paysage de la Plaine de Caen du Néolithique à l'époque mérovingienne. Programme Collectif de Recherches 2009-2011. 109p.

HEIM J., 1970 - Les relations entre les spectres polliniques récent s et la végétation actuelle en Europe occidentale. Thèse, Université de Louvain, Laboratoire de Palynologie et Phytosociologie, 181 p.

LESPEZ L., CLET-PELLERIN M., LIMONDIN-LOZOUET N., PASTRE J.-F., FONTUGNE M., 2005 - Discontinuités longitudinales des dynamiques sédimentaires holocènes dans les petites vallées de l'Ouest du Bassin Parisien, l'exemple de la Mue (Basse Normandie), Quaternaire [En ligne], vol. 16/4, p. 273-298.

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.

OUGUERRAM A., 2002 – Histoire de la vallée de l'Erdre (affluent de la Loire, Massif armoricain, France) de la fin du Tardiglacaire 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.

6. FIGURES

	Taxons \ Code Prélèvements	St 127
	Gymnosperme (fragments)	135
	Abies	7
	Pinus	70
	Pinus sylvestris	7
	Pinus pinaster	6
	Quercus	14
	Ulmus	1
	Fagus	1
	Corylus	6
	Alnus	7
	POACEAE	20
SC	CICHORIOIDEAE	3
Pollens	BORAGINACEAE	1
0	CHENOPODIACEAE	4
<u> </u>	BRASSICACEAE	1
	Polygonum aviculare	3
	Plantago	3
	Plantago lanceolata	1
	Erica	1
	CRASSULACEAE	1
	Fagopyrum	1
	RANUNCULACEAE	1
	ROSACEAE	1
	Filipendula	4
	CYPERACEAE	3
σ ₀	Asplenium	1
Spores	Spore monolète	22
တ္ထ	Spore trilète	5
	Dinofl. Type Lingulodinium	367
Non pollinique	Dinofl. Type Spiniferite	34
1 1	Amérospores – Type HdV-207	53
	SOM. pollen (somme de base)	302
	SOM. Sporo-pollinique	330
	CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	13828
	CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	15110

Figure 3. Opération archéologique du site « Les Bas Vergers » sur la commune de Maisons (14). Comptages correspondant aux pollens, spores et quelques autres types de fossiles non polliniques déterminés. Les valeurs grisées correspondent à des sommes polliniques, sommes sporo-polliniques et pour les deux dernières lignes à des concentrations absolues de pollens et de spores + pollens. Les concentrations absolues sont exprimées en nombre de grains par cm3 de sédiment.

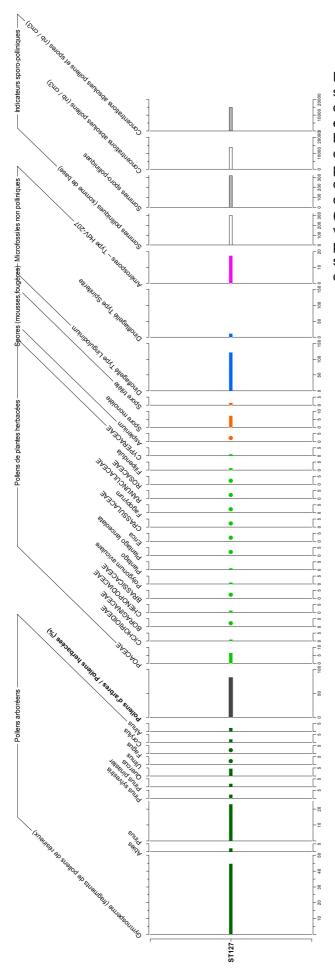


Figure 4. Diagramme sporo-pollinique du site « Les Bas Vergers » sur la commune de Maisons (14). Les valeurs sont exprimées en fréquences relatives (%). La somme de base utilisée pour calculer les fréquences correspond à la somme des grains de pollens. Les spores ont donc été exclus de cette somme de 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 / cm3 de sédiment.

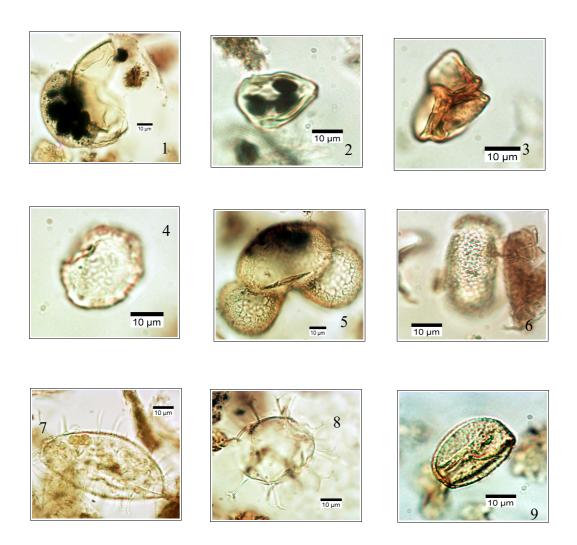


Figure 5. Photographies de pollens sous microscope optique à immersion, grossissement x1000. Les échelles représentent des micromètres. 1. Pollen de sapin (*Abies sp.*); 2. Pollen de noisetier (*Corylus sp.*); 3. Pollen de la famille des Ericaées (Famile des bruyères); 4. Pollen d'orme (*Ulmus sp.*); 5. Pollen du genre pin probablement type pin maritime (*Pinus pinea*); 6. Pollen de sarrasin (*Fagopyrum* probablement de *type Esculentum*, voir aussi page de couverture); 7. Kistes de dinoflagellé (type *Lingulodinium* probable); 8. Kistes de dinoflagellé de type *Spiniferite*; 9. Pollen de chêne (*Quercus sp.*);

Code des	Nombre de pollens	spores	Lycopodes introduits	absolue pollen et		Etat de	Diversité taxonomique	Taxons remarquables
ST 127	302	330	134	15110	13828	Favorable		Fagopyrum, Dinoflagellés marins

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

Taxon	Production pollinique relative/Poaceae PPE (SE)	Vitesse de chute dans l'air des grains de pollen (m/s)				
Abies	6.88 (1.44)	0.120				
Alnus	9.07 (0.10)	0.021				
Artemisia	3.48 (0.20)	0.025				
Betula	3.09 (0.27)	0.024				
Calluna vulgaris	0.82 (0.02)	0.038				
Carpinus	3.55 (0.43)	0.042				
Ceralia-t	1.85 (0.38)	0.060				
Corylus	1.99 (0.20)	0.025				
Fagus	2.35 (0.11)	0.057				
Filipendula	2.81 (0.43)	0.006				
Fraxinus	1.03 (0.11)	0.022				
Juniperus	2.07 (0.04)	0.016				
Picea	2.62 (012)	0.056				
Pinus	6.38 (0.45)	0.031				
Plantago lanceolata	1.04 (0.09)	0.029				
Plantago media	1.27 (0.18)	0.024				
Plantago montana	0.74 (0.13)	0.030				
Poaceae	1.00 (0.00)	0.035				
Quercus	5.83 (0.15)	0.035				
Rumex acetosa-t	2.14 (0.28)	0.018				
Salix	1.22 (0.11)	0.022				
Secale	3.02 (0.05)	0.060				
Tilia	0.80 (0.03)	0.032				
Ulmus	1.27 (0.05)	0.032				

Figure 7. Tableau récapitulatif des valeurs moyennes des productions polliniques européens et des vitesses de chute dans l'air des grains de pollen des taxons étudiés (d'après Mazier *et al.*, 2012).

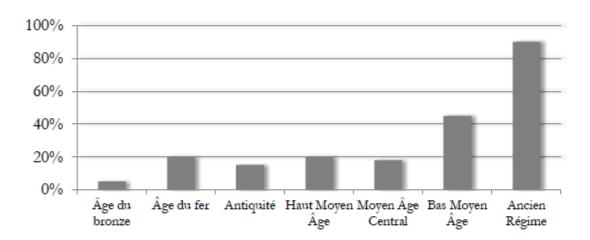


Figure 8. Fréquences des occurrences de sarrasin retrouvées dans les études palynologiques et carpologiques du Massif armoricain (Gaudin, 2004).

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 (HCI)

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 (HCI)

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.

<u>Rinçage</u>

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 glycérinée

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

Préparation du glycérine bidistillée phénolée pour la conservation

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

7.2. Description des échantillons et des traitements

SERIE N°	Nom du demandeur	TECH	Date		Sol Exotique (lycopodes)	Nombre grains	Num (1-8)	NOM DE LA CAROTTE	TRONCON	VOL	HCL	HF 48%	HF 70%	filtration 5/10/15 microns	filtration Ultrason(s)	Type de montage (G,L)	Date de montage
								St Sulpice									
2494	GAUDIN	MG	02/03/21	RG	lycopodes	18407	F	de Royan	PUITS	3,5	X	X	X	10	20	L	18/3/21

Figure 9. Description des traitements réalisés pour l'extraction pollinique (UMR EPOC).