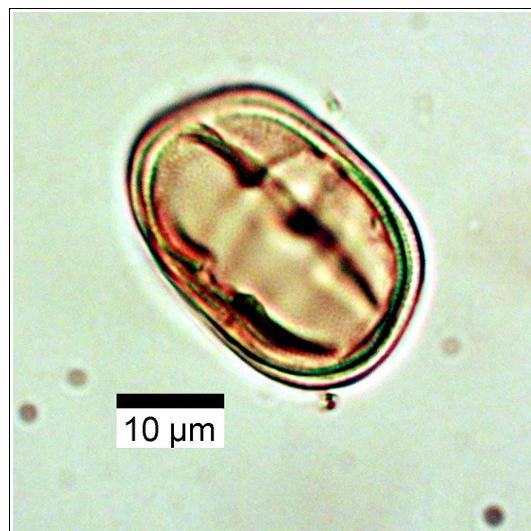




ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : TESTS PALYNOLOGIQUES



**TESTS PALYNOLOGIQUES RÉALISÉS SUR 13 PRÉLÈVEMENTS DES
SITES DE MERTERT (LUXEMBOURG), BETTEMBOURG
(LUXEMBOURG), MARLY (57).**

**CNRA
Service d'archéologie préhistorique**

Rapport de tests palynologiques

Août 2022

Centre National de Recherche Archéologique

Service d'archéologie préhistorique

Prélèvements des sites de Mertert(Lux), Bettembourg(Lux), Marly(57)

Références des échantillons étudiés :

Marly (57) – Le Sivré : (1 prélèvement)

Bettembourg : Fosse quadrangulaire (prélèvements « Haut : A » et « Bas : B ») - et
prélèvements : US08, US09 (12-14cm), US 09 (38-40cm) et US 07

Mertert : (prélèvements 3-5 cm, 23-25 cm, 37-39 cm, 45-47 cm, 53-55 cm, 77-79 cm).

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Août 2022

*Illustration de la page de couverture : site de Mertert, niveaux 45-47 cm. Pollen de Polygonum
(type aviculare ?) Grossissement x1000, l'échelle représente des micromètres.*

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.....	8
3. RESULTATS DES TESTS.....	10
4. PRECONISATIONS.....	13
5. BIBLIOGRAPHIE.....	17
6. ANNEXE.....	18
6.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	18
6.2. Description des échantillons et des traitements	21

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de 13 tests palynologiques réalisés sur des prélèvements des opérations de Mertert, Bettembourg (Luxembourg) et de Marly - Le Sivré (57).

Ce rapport vise à estimer le contenu palynologique des prélèvements dans l'optique de faire des analyses plus approfondies.

L'étude a été commandée Monsieur Laurent Brou archéologue du CNRA avec l'accord de son responsable Monsieur Foni Le Brun-Ricalens.

1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

13 prélèvements provenant de trois sites ont été testés.

Pour ce qui concerne les prélèvements **du site de Bettembourg**. Il s'agit de prélèvements provenant d'un talweg situé dans une grande zone humide. La fouille révéla à environ 1,5 m de profondeur une fosse comblée par un sédiment argileux organique de couleur grise (probablement anaérobie). Cette fosse a fait l'objet de 2 prélèvements dans la partie haute du comblement (Prélèvements A et B). A proximité, un log a été réalisé afin d'identifier le paléosol. Des prélèvements ont été effectués à l'aide de « rail plaquo » (4 échantillons de 2 cm d'épaisseur).



Figure 1. Photographie de la stratigraphie du comblement de la fosse quadrangulaire (ST2) de Bettembourg (Luxembourg). Le comblement est apparu grisâtre, lié potentiellement aux conditions « anaérobies » du comblement.

Le site de **Merttet** est situé à proximité de la Moselle. Il date probablement du Tardiglaciaire – Holocène. Des mollusques y ont été identifiés. Notons aussi que Couteaux a réalisé une étude palynologique située au lieu-dit « Port » (Couteaux, 1970).

Le prélèvement de **Marly (57) - Le Sivré** a été réalisé dans la vallée de la Seille au sud de Metz. Le contournement de l'autoroute en construction a coupé une vallée dont les talus montraient une grosse couche organique d'environ 2 mètres d'épaisseur. Le prélèvement a été réalisé à l'aide d'un carottier. Une trentaine de centimètres d'épaisseur de sédiment ont été extraits. Des tests avaient été réalisés par P. Ruffaldi, livrant des résultats assez pauvres et l'image d'un paysage plutôt ouvert (?). Il n'y a pas de datations absolues pour le moment. Sur le talus nord, ont été observés des restes de Proboscidiens (éléphant?), sur le talus sud de l'auroch. Une étude de mollusques pourrait indiquer l'interglaciaire Eemien, voire le stade iso 7(?).

Notons que la plupart des couches sédimentaires prélevées ne présentaient pas de conditions anaérobies permanentes (ex. nappe d'eau), ce qui rend souvent la conservation des pollens très aléatoire.

L'objectif de ces tests vise à estimer la conservation et le contenu pollinique en vue d'analyses plus complètes si les résultats étaient positifs.

Site / Opération	Numéro d'US	Masse envoyée (g)	Datation	RQ
Marly (57) – Le Sivré	SD6 – US 09	15	Interglaciaire – Eemien ? Stade iso 7 ?	Très organique. Tourbeux ?
Bettembourg « Bei der Leht » - 2020 - 098	PAL / PR05 - US9 – (NUM1) ; 12 - 14cm	18	Holocène	Brun – beige. Légèrement organique.
Bettembourg « Bei der Leht » - 2020 - 098	PAL / PR03 - US7 – (NUM4) ; 20 - 22cm	12	Holocène	Brun – beige. Légèrement organique.
Bettembourg « Bei der Leht » - 2020 - 098	PAL / PR04 - US8 – (NUM3) ; 34 - 36cm	14	Holocène	Brun – beige. Légèrement organique.
Bettembourg « Bei der Leht » - 2020 - 098	PAL / PR05 - US9 – (NUM2) ; 38 - 40cm	17	Holocène	Brun – beige. Légèrement organique.
Bettembourg « Bei der Leht » - 2020 - 098	Fosse quadrangulaire ST.2 PAL Haut - A	32	Holocène	Brun – beige. Légèrement organique.
Bettembourg « Bei der Leht » - 2020 - 098	Fosse quadrangulaire ST.2 PAL Haut - B	21	Holocène	Brun – beige. Légèrement organique.
Mertert « Im Lein » - 2020 - 071	PLV NUM 1 ; 3-5cm (7.3)	18	Holocène - Tardiglaciaire	Beige – plutôt minéral
Mertert « Im Lein » - 2020 - 071	PLV NUM 2 ; 23-25cm (7.3)	14	Holocène - Tardiglaciaire	Beige – plutôt minéral
Mertert « Im Lein » - 2020 - 071	PLV NUM 3 ; 37-39cm (7.3)	15	Holocène - Tardiglaciaire	Beige – plutôt minéral
Mertert « Im Lein » - 2020 - 071	PLV NUM 6 ; 45-47cm (7.2b)	18	Holocène - Tardiglaciaire	Beige – plutôt minéral
Mertert « Im Lein » - 2020 - 071	PLV NUM 4 ; 53-55cm (7.3)	20	Holocène - Tardiglaciaire	Beige – plutôt minéral
Mertert « Im Lein » - 2020 - 071	PLV NUM 5 ; 77-79cm (7.3)	20	Holocène - Tardiglaciaire	Beige – plutôt minéral

Figure 2. 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 6.1.).

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 3. 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. L'objectif de cette pré-étude étant avant tout d'estimer le potentiel palynologique, nous n'avons pas cherché à atteindre le nombre de 300 pollens préconisé par M. Reille (1990).

Nous nous sommes néanmoins attachés à quelques règles et indices pour estimer le contenu palynologique :

- le balayage d'une dizaine « d'allers-retours » de la lamelle,
- un minimum d'une à deux heures a été consacré au balayage de chaque lamelle.

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

3. RESULTATS DES TESTS

Les résultats des tests sont donnés sous la forme d'un tableau de comptages représentant les effectifs des différents pollens, spores et quelques microfossiles non polliniques (MNP) identifiés (Figure 4).

Taxons \ Code Prélèvements	MARLY (57) - Le Sivré	BETTEMBOURG - Fosse quadrangulaire - ST2	BETTEMBOURG - Fosse quadrangulaire - ST2	BETTEMBOURG - PLV 4 - US08	BETTEMBOURG - PLV 5 - US09 - 12 - 14 cm	BETTEMBOURG - PLV 5 - US09 - 38 - 40 cm	BETTEMBOURG - PLV 3 - US07	MERTERT - PLV 1 : 3-5 cm	MERTERT - PLV 2 : 23-25 cm	MERTERT - PLV 3 : 37-39 cm	MERTERT - PLV 6 : 45-47 cm	MERTERT - PLV 4 : 53-55 cm	MERTERT - PLV 5 : 77-79 cm
Fragments Gymnosperme	4	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Pinus	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Pinus type sylvestris	4	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Juniperus	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tilia	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Corylus	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POACEAE	4	10	14	1	0	2	0	0	0	1	3	0	0
CICHOARIOIDEAE	1	7	7	2	0	0	1	3	0	2	1	1	3
ASTERACEAE	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CARYOPHYLLACEAE	3	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
CHENOPODIACEAE	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRASSICACEAE	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polygonum	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
DIPSACACEAE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
LINACEAE	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cerealia type	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centaurea type nigra	0	0	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0
Trifolium	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CYPERACEAE	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrocharis	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asplenium	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1
Spore monolète	35	31	35	17	9	6	20	19	17	10	15	10	12
Polypodium	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Spore triète	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Concentricystes	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Ascospores gp coprophiles - HdV-205 - S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Améropores - TM-357	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Didymosporos - TM-4091	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Améropores - HdV-207	23	11	0	2	0	0	3	6	1	5	4	2	1
Améropores - HdV-27	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dictyosporos - TM-329	0	0	0	0	0	0	0	1	6	10	0	4	12
Phragmospore - HdV-729	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Microrestes colorés - TM-318	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spores algales et supposées - HdV-181	1	1	2	4	0	1	1	2	0	0	2	0	0
Phytolithes	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microcharbons	65	45	13	207	204	124	37	7	5	17	84	0	16
Indéterminés	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOM. pollen (somme de base)	17	30	35	11	3	8	7	3	2	5	5	1	3
SOM. Sporo-pollinique	52	62	70	28	12	14	29	22	19	17	20	11	16
CONC. ABS Pollen (nb / mL)	3129	13805	10391	2250	236	818	1171	205	120	209	260	53	175
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / mL)	9572	28531	20782	5727	944	1432	4853	1500	1143	710	1040	582	935

Figure 4. Opérations archéologiques des sites de Marly(57), Mertert, Bettembourg (Luxembourg). Comptages correspondant aux pollens et spores 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 volume (mL) de sédiment.

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores comptés	de Lycopodes introduits	Concentration absolue pollen spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque	Indice de potentiel d'étude
MARLY (57) - Le Sivré	17	52	50	9572	3129	Mauvais	7		4
BETTEMBOURG - Fosse quadrangulaire - ST2 - PAL Haut A	30	62	20	28531	13805	Moyen	11	Céréale	3
BETTEMBOURG - Fosse quadrangulaire - ST2 - PAL Haut B	35	70	31	20782	10391	Moyen	14	Céréale	3
BETTEMBOURG - PLV 4 - US08	11	28	45	5727	2250	Mauvais	9		4
BETTEMBOURG - PLV 5 - US09 - 12 - 14 cm	3	12	78	944	236	Très mauvais	4		5
BETTEMBOURG - PLV 5 - US09 - 38 - 40 cm	8	14	60	1432	818	Très mauvais	6		5
BETTEMBOURG - PLV 3 - US07	7	29	55	4853	1171	Mauvais	9		4
MERTERT : 3-5 cm	3	22	108	1500	205	Très mauvais	2		5
MERTERT : 23-25 cm	2	19	102	1143	120	Très mauvais	3		5
MERTERT : 37-39 cm	5	17	147	710	209	Très mauvais	6		5
MERTERT : 45-47 cm	5	20	118	1040	260	Très mauvais	4		5
MERTERT : 53-55 cm	1	11	116	582	53	Très mauvais	2	bcp argiles	5
MERTERT : 77-79 cm	3	16	105	935	175	Très mauvais	3		5

Figure 5. Opérations archéologiques des sites de Marly(57), Mertert, Bettembourg (Luxembourg). Tableau synthétisant les sommes, les concentrations absolues en spores et pollens (en nb/mL de sédiment) ainsi que la diversité taxonomique de chaque prélèvement. 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).

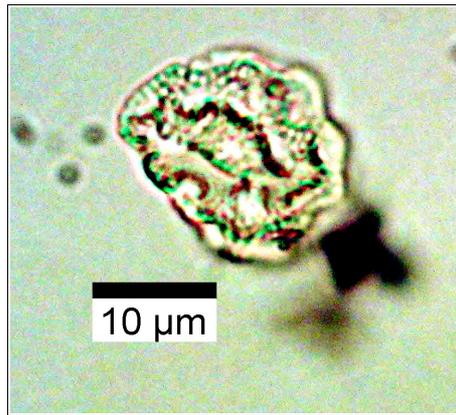


Figure 6. Opération archéologique du site de Bettembourg (Luxembourg). Prélèvement 3 - US 07. Photographie d'un pollen de Caryophyllacée grossissement x1000.

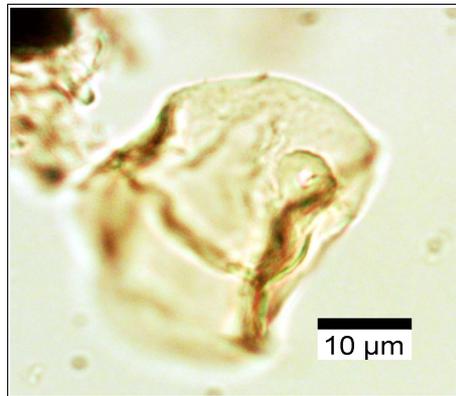


Figure 7. Opération archéologique du site de Bettembourg (Luxembourg), prélèvement B de la fosse St2. Photographie d'un pollen de type Céréale. grossissement x1000.



Figure 8. Opération archéologique du site de Bettembourg (Luxembourg). Prélèvement 3 - US 07. Photographie d'un pollen de résineux « type pin maritime » (*Pinus type pinaster ?*) grossissement x1000.

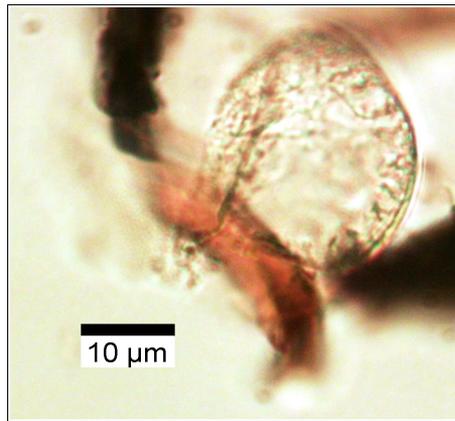


Figure 9. Opération archéologique du site de Marly(57). Photographie d'un fragment de pollen de pin (*Pinus*), grossissement x1000.

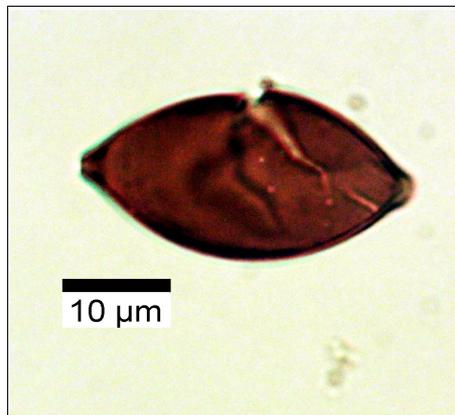


Figure 10. Opération archéologique du site de Marly(57). Photographie d'un ascospore du groupe coprophile Sordariales (Type HdV-205 ?), grossissement x1000.



Figure 11. Opération archéologique du site de Bettembourg (Luxembourg). Prélèvement 5 - US 08 - 38-40cm. Photographie d'un pollen de *Centaurea type nigra* (?) grossissement x1000.

4. PRECONISATIONS

L'observation des échantillons a livré des résultats globalement pauvres en microrestes.

Seules les analyses des prélèvements provenant du comblement de la fosse St2 du site de Bettembourg ont permis d'observer une trentaine de pollens avec des concentrations intéressantes, de l'ordre de 10000 pollens / mL. Deux autres prélèvements de Bettembourg (Prélèvements n°3 et n°4) montrent des concentrations un peu supérieures à 1000 pollens/ mL avec une dizaine de taxons polliniques différents (Fig. 4 et 5).

Le prélèvement de Marly montre aussi une faible concentration pollinique de l'ordre de 3000 grains / mL avec seulement sept taxons polliniques différents.

Les échantillons du site de Mertert sont en revanche très pauvres en restes polliniques. Aucune analyse n'a permis d'atteindre 1000 pollens / mL.

Pour rappel, ces valeurs sont à comparer avec les concentrations polliniques observées dans les dépôts organiques tels que dans les bas-marais ou les tourbières, souvent supérieures à 50000 pollens / mL avec des diversités de l'ordre de 50 taxons.

La détection systématique de spores de Lycopodes exotiques introduits dans les volumes extraits (de 20 à 147 Lycopodes comptés, Figure 5), témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique. Ce constat montre aussi que la faiblesse du stock pollinique tient à la pauvreté des sédiments et non à la méthodologie employée pour l'extraction.

Le temps de contact entre la pluie pollinique et les couches archéologiques est un facteur qui a pu jouer pour expliquer ces résultats. Tout dépend de la durée de fonctionnement et de la dynamique (vitesse) de comblement sédimentaire des structures archéologiques.

L'autre facteur important est le contexte de conservation pollinique. De nombreux débris organiques ont été constatés sans qu'il soit possible d'en identifier la nature (ex. restes ligneux, fibres...). Pour la plupart des échantillons, les quelques grains observés correspondent à des taxons plutôt résistants à la corrosion comme par exemple les pollens de résineux, de Cichorioïdées, les ascospores et les spores monolètes (Fig. 4). Le contexte de prélèvement, sur site archéologique (à la différence d'une zone humide), laisse penser que les pollens se sont trouvés dans des contextes aérobies (ou dans une zone de battement de nappe) propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique.

En ce qui concerne les résultats obtenus (Fig. 4):

- Pour les échantillons provenant du site de Mertert, très peu de pollens ont pu être observés. Les concentrations polliniques obtenues ne dépassent pas 260 pollens / mL. Compte tenu de la pauvreté pollinique il n'est pas possible d'établir d'interprétation paysagère solide. Nous retiendrons l'observation de quelques pollens de Graminées (Poacées), Cichorioïdées, Caryophyllacées, *Polygonum sp.*, plutôt caractéristiques de **végétations de friches et jachères voire de végétations rudérales**, mais ce sont aussi des pollens résistants d'où une déformation possible de l'image paysagère. Les pollens d'arbres sont quasiment absents, seuls quelques pollens de résineux, probablement de type pin ont été observés. Les pins sont connus pour leurs fortes productions et importantes diffusions polliniques. Ces pollens sont donc peut-être d'origine lointaine.

Si les pollens sont rares, d'assez nombreux microfossiles non polliniques ont été observés. Quelques « spores algales et supposés (HdV 181) », « Dictyospores type TM-329 » et « amérospores du type HdV-207 », Didymoascospores – TM-4091, ont aussi été observés. Ce sont pour la plupart des microrestes d'origine fongique (champignons) dont la signification écologique n'est pas toujours très claire (Cugny, 2011).

- Pour les échantillons prélevés sur le site de Bettembourg, les résultats sont plus contrastés car les prélèvements de l'US09 (PLV5) sont très pauvres en pollens. Les pollens des prélèvements 3 et 4 (env. 1000 à 2000 pollens / mL) sont un peu meilleurs, mais ce sont les deux prélèvements du comblement de la fosse ST2 qui ont le mieux conservés les pollens (env. 10000 pollen /mL). Cette distorsion est vraisemblablement liée à la nature des sédiments analysés (comblement d'une fosse avec maintien de conditions anaérobies ?).

Les composition polliniques sont certes probablement lacunaires car les pollens résistants sont sur-représentés (Cichorioïdées), mais intéressantes avec plusieurs associations végétales identifiées. Les pollens observés correspondent essentiellement à des végétations herbacées, même si quelques arbres (pin, chêne, tilleul, noisetier) devaient aussi ponctuer le paysage.

On note quelques pollens de « type céréale » détectés à l'intérieur de la fosse ST2 (Fig. 7). Des pollens de plantes accompagnatrices des **cultures** (Asteracées, Cichorioïdées, *Polygonum*, *Centaurea*) sont aussi identifiées. On note aussi quelques attestations de Brassicacées (famille du chou).

Des attestations de chénopode (*Chenopodiacees*), de *Polygonum* accompagnées de pollens de Poacées, d'Asteracées et Caryophyllacées pourraient caractériser **des végétations de « friches et jachères » et/ ou des végétations rudérales (chemins)**.

L'association des prairies hygro- à mésophiles pâturées peut aussi être suggérée par l'intermédiaire des pollens de Poacées, Cyperacées, Centaurée noire (*Centaurea type nigra*), trèfle (*Trifolium sp.*).

De plus, on observe d'importantes concentrations en micro-charbons notamment dans les niveaux des US 09 (PLV5) et US 08 (PLV4). Il pourrait s'agir de restes d'incendies (?).

De nombreux « amérospores du type HdV-207 » ont aussi été observés, ce sont des microrestes d'origine fongique (champignons). De façon générale, les spores monolètes, trilètes et amérospores correspondent à des végétations de mousses, de fougères et de champignons difficilement interprétables.

- Enfin, pour le prélèvement en provenance du site de Marly – Le Sivré, ce sont surtout des pollens de résineux (pins) et de Poacées qui ont été observés. Quelques pollens de Cichorioïdées et de Caryophyllacées sont aussi détectés. Ils correspondent probablement avec les pollens de Poacées à des formations de « **friches / steppes** » ? Notons aussi la détection de fragments polliniques « indéterminés », qui pourraient s'apparenter à la famille du lin (Linacées) (Fig. 12)?

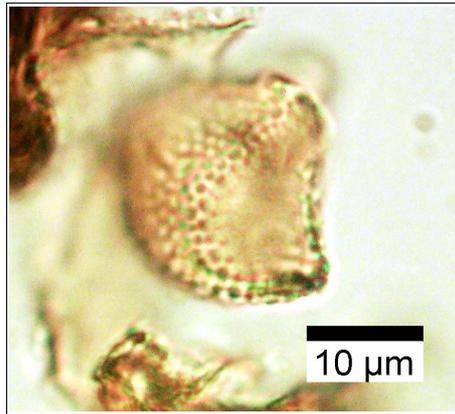


Figure 12. Opération archéologique du site de Marly (57). Photographie d'un fragment pollinique apparenté potentiellement à la famille des Linacea(?), grossissement x1000.

A noter enfin une attestation d'ascospore du groupe coprophile Sordariales (HdV-205 ?) qui serait significatif d'excréments en décomposition (Fig. 10).

Les effectifs observés dans le cadre de ces tests sont évidemment trop faibles pour pouvoir davantage affiner l'image des associations végétales environnantes. Compte tenu de la pauvreté pollinique, il faut interpréter ces résultats avec beaucoup de précaution.

Au regard de l'état de conservation global des pollens, des diversités et des quelques « taxons remarquables » observés, seuls les prélèvements de la fosse ST2 de Bettembourg livrent des résultats suffisamment intéressants pour une poursuite d'étude plus approfondie (indice de potentiel d'étude de 3, Fig. 13).

Pour trois autres prélèvements (deux de Bettembourg plv 3 et plv 4 et celui de Marly), nous avons attribué un indice de potentiel d'étude de 4. Pour ces prélèvements les conservations polliniques et les diversités constatées sont assez médiocres. Toutefois, en fonction de l'importance portée à la problématique paléoenvironnementale, ces échantillons pourraient faire l'objet d'observations supplémentaires pour enrichir quelque peu les premiers résultats. L'image paléoenvironnementale devrait toutefois rester très lacunaire, car seuls les pollens les plus résistants semblent encore présents.

Les huit autres prélèvements montrent des concentrations polliniques et des diversités trop insuffisantes pour pouvoir espérer obtenir des résultats interprétables. Les indices de priorités d'analyses ont été estimés à « très mauvais » pour ces prélèvements (Fig. 5 et 13). La poursuite d'analyse pour ces prélèvements paraît peu pertinente.

Code des prélèvements	Indice de potentiel d'étude
MARLY (57) – Le Sivré	4
BETTEMBOURG – Fosse quadrangulaire – ST2 – PAL Haut A	3
BETTEMBOURG – Fosse quadrangulaire – ST2 – PAL Haut B	3
BETTEMBOURG – PLV 4 – US08	4
BETTEMBOURG – PLV 5– US09 – 12 – 14 cm	5
BETTEMBOURG – PLV 5– US09 – 38 – 40 cm	5
BETTEMBOURG – PLV3 – US07	4
MERTERT : 3-5 cm	5
MERTERT : 23-25 cm	5
MERTERT : 37-39 cm	5
MERTERT : 45-47 cm	5
MERTERT : 53-55 cm	5
MERTERT : 77-79 cm	5

Figure 13. Opérations archéologiques des sites de Marly(57), Mertert, Bettembourg (Luxembourg). Tableau récapitulant l'ordre de priorité des analyses palynologiques. Un ordre de « potentiel d'analyse » 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).

5. BIBLIOGRAPHIE

- 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.
- COUTEAUX M. 1970. Étude palynologique des dépôts quaternaires de la Vallée de la Sûre à Echternach et à Berdorf et de la Moselle à Metert. Archeological Institute of Grand-Duchy of Luxembourg, 34, 297-336.
- 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.
- LOPEZ SAEZ J.-A., LOPEZ GARCIA P. et BURJACHS F., 2003 - Arqueopalinologia : sintesis critica. *Polen* 12, p. 5-35.
- 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.

6. ANNEXE

6.1. 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.

6.2. Description des échantillons et des traitements

SERIE N°	TECH	Date	Coul (N,B,R,V)	Sol Exotique (lycopodes...)	Nombre grains	Num (1-8)	NOM DE LA CAROTTE	TRONCON	Prof top	Prof base	VOL	Poids sec
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	1	Marly				2	4,248
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	2	BETTEMBOURG	PR05-US09	12	14	2	4,634
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	3	BETTEMBOURG	PR03-US07	20	22	2	4,744
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	4	BETTEMBOURG	PR04-US08	34	36	2	4,162
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	5	BETTEMBOURG	PR05-US09	38	40	3	6,26
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	6	BETTEMBOURG	FOS QUAD	ST2	Ht A	2	4,985
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	7	BETTEMBOURG	FOS QUAD	ST2	Ht B	2	4,585
2594	MG	09/05/22	R	lycopodes	18407	8	MERTERT	PLV NUM1	3	5	2,5	5,544
2596	MG	01/06/22	V	lycopodes	18407	A	MERTERT		23	25	3	6,43
2596	MG	01/06/22	V	lycopodes	18407	B	MERTERT		37	39	3	5,555
2596	MG	01/06/22	V	lycopodes	18407	C	MERTERT		45	47	3	5,515
2596	MG	01/06/22	V	lycopodes	18407	D	MERTERT		53	55	3	6,905
2596	MG	01/06/22	V	lycopodes	18407	E	MERTERT		77	79	3	6,037

Figure 14. Description des traitements réalisés pour l'extraction pollinique (UMR EPOC).