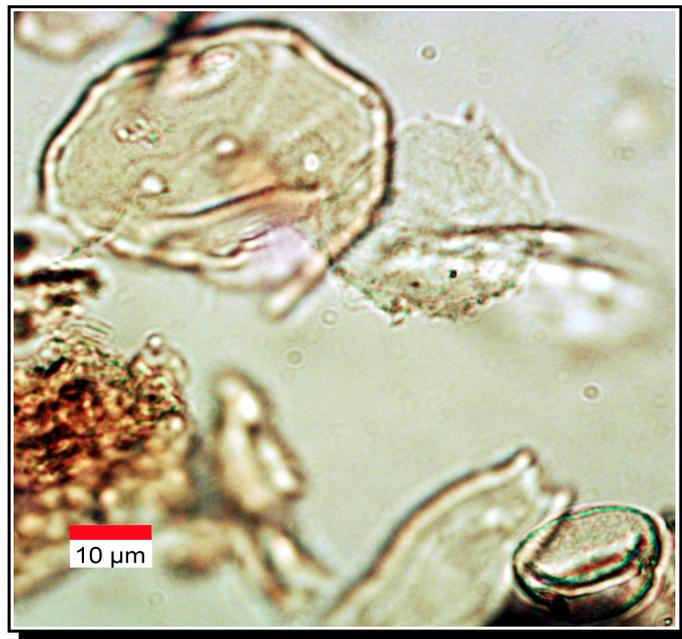




# ArkéoMap

## Analyses scientifiques des découvertes archéologiques : Etudes palynologique



**ANALYSES PALYNOLOGIQUES DE DIX PRÉLÈVEMENTS RÉALISÉS EN STRATIGRAPHIE SUR LA COUPE « GÉO1 », LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DU COMBLEMENT D'UN PALÉOCHENAL SITUÉ SUR LA COMMUNE DE BIESHEIM (68).**

**Société ANTEA Archéologique**

Rapport d'étude palynologique

**Décembre 2020**

## **Société ANTEA Archéologie**

Opérateur agréé en archéologie préventive

11 rue de Zurich  
68440 Habsheim

**Analyses palynologiques de dix prélèvements réalisés en stratigraphie sur la coupe « Géo1 », lors de l'opération archéologique du comblement d'un paléochenal situé sur la commune de Biesheim (68).**

**Références des échantillons étudiés :**

US 1014, US 1015, US 1008 et US 1005

---

### **Rapport d'étude palynologique**

---

**Loïc GAUDIN**

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

E-mail : [loic.gaudin@arkeomap.com](mailto:loic.gaudin@arkeomap.com)

Site web : [arkeomap.com](http://arkeomap.com)

---

**Décembre 2020**

*Illustration de la page de couverture : en haut à gauche de l'image, pollen de noyer (Juglans sp.), en bas à droite, pollen de Rumex sp. observés dans le prélèvement n°6. Grossissement x1000. L'échelle représente 10 micromètres.*

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1. OBJECTIFS ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....</b>	<b>5</b>
1.1. Litho-stratigraphie .....	5
1.2. Datations radiocarboniques.....	6
<b>2. METHODOLOGIE.....</b>	<b>8</b>
2.1 Le protocole d'extraction utilisé.....	8
2.2 Les comptages et déterminations.....	8
2.3 Les diagrammes sporo-polliniques .....	9
<b>3. RESULTATS PALYNOLOGIQUES.....</b>	<b>12</b>
3.1. Les diagrammes sporo-polliniques .....	12
3.2. Examen critique des résultats.....	14
3.3. Description des zones d'assemblages polliniques.....	15
3.4. Description des phases écologiques.....	20
3.5. Description de la courbe du flux pollinique (concentrations polliniques).....	21
<b>4. INTERPRETATION, SYNTHESE DES RESULTATS.....</b>	<b>22</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>26</b>
<b>6. FIGURES.....</b>	<b>28</b>
<b>7. ANNEXE.....</b>	<b>29</b>
7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....	29
7.2. Description des échantillons avant traitement.....	32
7.3. Tableau des comptages.....	33
7.4. Photographies.....	34

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses palynologiques de dix prélèvements, réalisés en stratigraphie lors d'une fouille préventive du comblement d'un paléochenal situé dans la plaine du Rhin, sur la commune de Biesheim (68). La fouille livra une série de pieux en bois, au sein d'un horizon tourbeux épais de 30-50 cm associée à des tessons antiques ainsi qu'à du mobilier plus récent. La séquence stratigraphique totale est épaisse d'1,50 mètre (Fig. 7).

Les prélèvements ont été réalisés dans des niveaux à dominance minérale (US 1014, US 1015 et US 1005) et tourbeux (US 1008), mais n'ont pas fait l'objet de tests polliniques au préalable.

Les datations radiocarbone réalisées sur les US associées aux prélèvements polliniques s'étendent de la Protohistoire à l'Époque moderne.

Cette étude s'inscrit dans une série d'analyses visant à décrire les dynamiques de comblement et le paléoenvironnement du paléochenal. Des analyses géomorphologiques et malacologiques ont aussi été réalisées.

Le site a été fouillé par la société ANTEA archéologie sous la responsabilité de Madame Pichot, archéologue, et l'analyse a été commandée sur des demandes de Messieurs Goudissard et Houssier, géomorphologues.

# 1. OBJECTIFS ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements ont été réalisés le long d'une colonne stratigraphique à l'ouest de la coupe « Geo1 » (Fig. 7), à l'un des endroits où le niveau tourbeux montrait le plus de puissance. Les dix échantillons ont été prélevés à l'aide d'un « rail plaquo », sur une hauteur d'un mètre.

L'objectif de cette étude vise à obtenir une description de l'évolution du paysage végétal environnant le site et plus largement la plaine du Rhin, au moment du comblement du paléochenal.

## 1.1. Litho-stratigraphie

La colonne a été positionnée de façon à recouper les US 1014, US 1015, US 1008 et US 1005, situés à des altitudes NGF allant de 186,4 mètres à 187,4 mètres (Fig. 1). Les prélèvements ont été effectués le long de cette colonne, espacés tous les 10 cm.

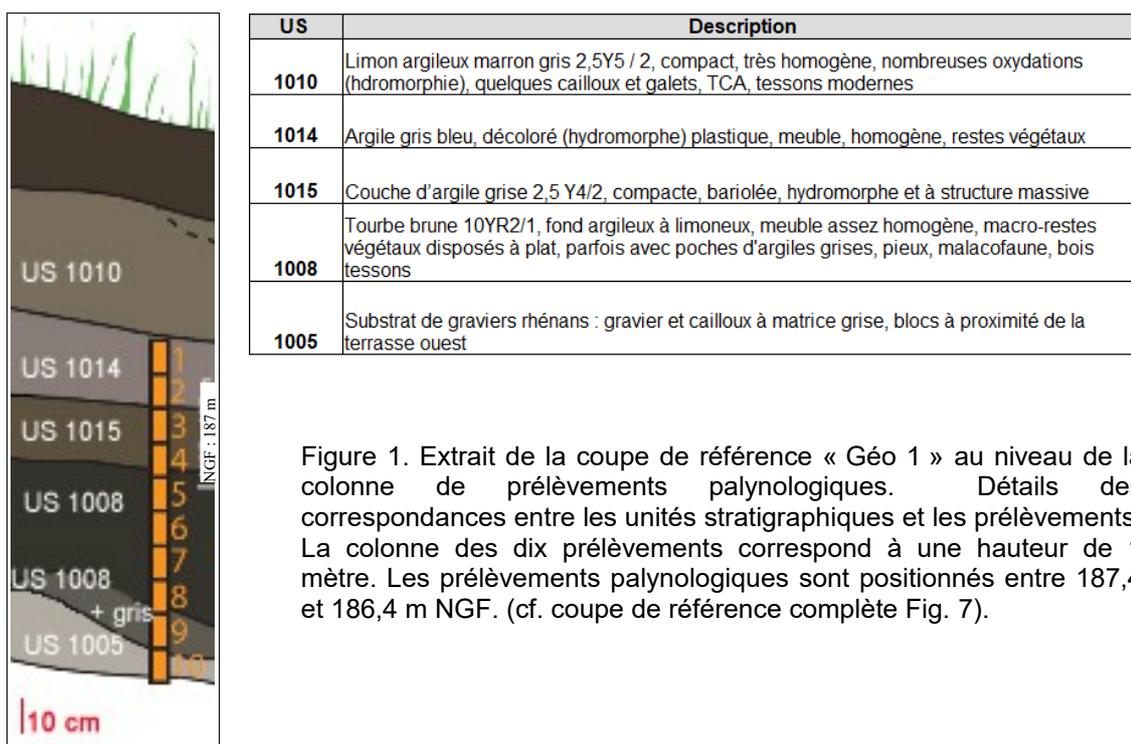


Figure 1. Extrait de la coupe de référence « Géo 1 » au niveau de la colonne de prélèvements palynologiques. Détails des correspondances entre les unités stratigraphiques et les prélèvements. La colonne des dix prélèvements correspond à une hauteur de 1 mètre. Les prélèvements palynologiques sont positionnés entre 187,4 et 186,4 m NGF. (cf. coupe de référence complète Fig. 7).

La succession sédimentaire des niveaux polliniques débute par un niveau constitué de graviers et cailloux à matrice grise (US 1005, prélèvement n°10). Le caractère anaérobie de ce niveau est un trait plutôt favorable à la conservation pollinique, en revanche la description de la couche indique une dominance minérale.

Ce niveau est surmonté par une couche tourbeuse (US 1008). Un niveau un peu plus gris (US 1008 + gris, prélèvement n°9), probablement plus minéral, fait la transition avec le niveau de tourbe (US 1008, prélèvements n°8, 7, 6, 5, voire 4). Cette couche est riche en macro-restes végétaux, mais aussi en malacofaunes, bois, tessons. Le contexte tourbeux et la présence de macro-restes végétaux sont des indices très favorables à la conservation pollinique. La présence de macro-restes disposés à plat indique une dynamique de dépôt calme.

Cette tourbe est ensuite recouverte par une couche d'argile grise hydromorphe (US 1015, prélèvements n°4 et 3). Cette US est à dominance minérale et vient scellée la couche tourbeuse sous-jacente. Le caractère argileux caractérise un dépôt probablement peu énergétique. La couleur grise est un trait plutôt favorable à la conservation pollinique (conditions réductrices?). Notons que le prélèvement n°4 apparaît « à cheval » entre les US 1008 et 1015.

Les derniers prélèvements (n°2 et 1) ont été effectués à l'intérieur d'une couche limono-argileuse hydromorphe (US 1014). Des restes végétaux y ont été observés, mais s'agit il de végétaux anciens ou de restes de racines plus récentes qui auraient pu perturber ces niveaux ?

## 1.2. Datations radiocarboniques

ECHANTILLON	MATÉRIEL	STRATIGRAPHIE	LAB RÉF	R DATE	95.4% probability	MATRICE SÉDIMENTS
Geo 1-Palyno 1	Pollen	1014	Poz-126887	360 ± 40 BP	1455AD 1636AD	Argiles gris-bleus claires
Geo 1-Palyno 2	Pollen	1014	Poz-126889	2420 ± 80 BP	777BC 387BC	Argiles gris-bleus claires
Geo 1-Palyno 4	Pollen	1015	Poz-126938	2200 ± 270 BP	898BC 384AD	Argiles grises
Geo 1-Palyno 5	Pollen	1008	Poz-126939	990 ± 60 BP	899AD 1211AD	Tourbes
Geo 1 - Vrac 6	Bulk	1008	Poz-120587	1360 ± 30 BP	615AD 763AD	Tourbes
Geo 1 - Vrac 7	Bulk	1008	Poz-120588	1390 ± 30 BP	602AD 674AD	Tourbes
Geo 1 - Vrac 8	Bulk	1008	Poz-120589	1390 ± 30 BP	602AD 674AD	Tourbes
Geo 1 - Vrac 9	Bulk	1008	Poz-120590	1625 ± 30 BP	353AD 537AD	Tourbes
Geo 1 - Vrac 10	Bulk	1008	Poz-120591	1710 ± 30 BP	251AD 397AD	Tourbes
St. 2	2 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-126124	180 ± 30 BP	1655AD 1911AD	Sables
BLS 19 - 07	7 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-120568	1210 ± 30 BP	695AD 891AD	Sables
BLS 19 - 08	8 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-120569	1510 ± 30 BP	430AD 622AD	Sables
BLS 19 - 09	9 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-120570	1430 ± 30 BP	575AD 657AD	Sables
BLS 19 - 14	14 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-120571	155 ± 30 BP	1666AD 1910AD	Sables
St.15	15 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-126125	160 ± 30 BP	1663AD 1906AD	Sables
St.17	17 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-126126	155 ± 30 BP	1665AD 1905AD	Sables
BLS 19 - 23	23 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-120572	1570 ± 30 BP	416AD 557AD	Sables
St.24	24 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-126127	165 ± 30 BP	1661AD 1907AD	Sables
St.25	25 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-126128	185 ± 30 BP	1653AD 1915AD	Sables
BLS 19 - 26	26 Piquet	recoupe au-moins 1008 jusqu'à 1005	Poz-120573	180 ± 30 BP	1652AD 1917AD	Sables

Figure 2. Tableau résumant l'ensemble des datations radiocarboniques réalisées à l'intérieur des US 1005, 1008, 1015 et 1014.

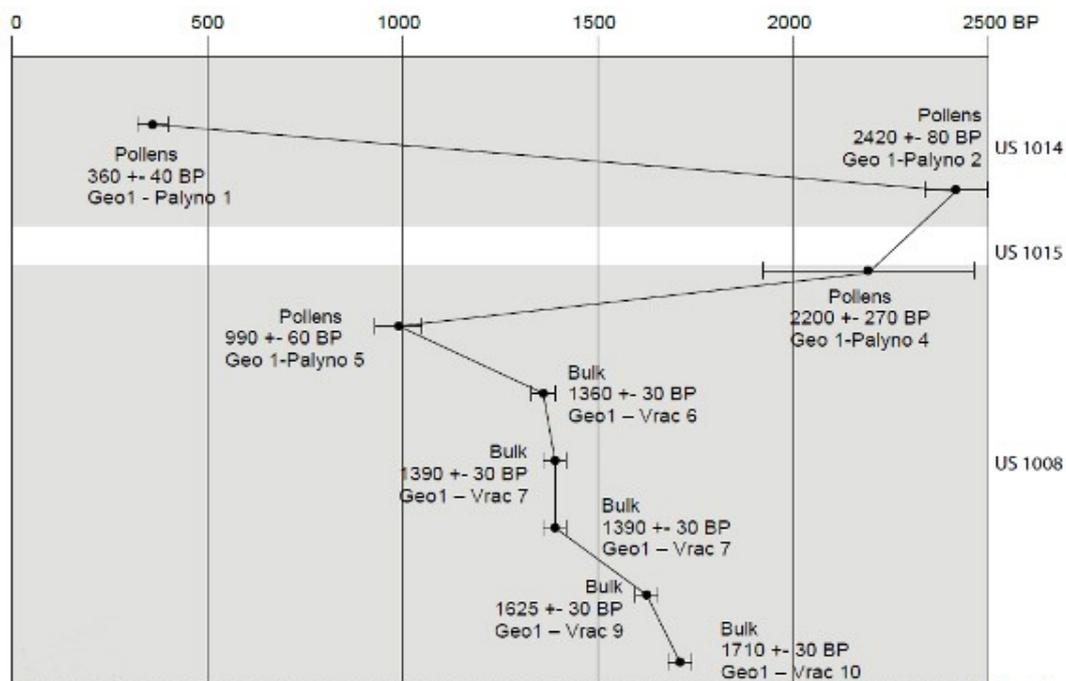


Figure 3 Courbe âge-profondeur établie d'après le service archéologique ANTEA. Les deux datations Geo 1-Palyno 2 et Geo 1-Palyno 4 montrent une double inversion.

Quatre datations ont été réalisées directement sur les prélèvements palynologiques (Palyno 1, Palyno 2, Palyno 4, Palyno 5) (Fig. 2). Mais le modèle d'âge est problématique avec une double inversion (Fig. 3).

Pour l'US 1008, les tessons identifiés dans ces niveaux correspondent à de la céramique antique, ainsi qu'à du mobilier plus récent (?). Les six datations radiocarbones réalisées sur « Bulk » et sur les niveaux polliniques (piquets exclus), indiquent des dates allant de la fin de la période antique pour les niveaux les plus profonds (« Géo1 - Vrac 10 » - Poz-120591) au plein Moyen Age (« Géo1 - Palyno5 » Poz-126939).

Pour l'US 1015, la datation radiocarbone obtenue (Poz-126938) semble particulièrement ancienne ( $2200 \pm 270$  BP) et se trouve « en inversion » par rapport aux datations du niveau sous-jacent (US 1008) (Fig. 3).

Le constat est identique pour l'une des deux datations de l'US 1014 (Poz-126889 :  $2420 \pm 80$  BP).

Il faut évoquer des contaminations, peut-être une remobilisation de sédiments plus anciens pour expliquer ces datations. Compte tenu de l'incohérence par rapport à la dynamique générale des autres datations et des faits archéologiques, nous mettrons de côté ces datations pour l'interprétation générale.

En revanche, l'autre datation de l'US 1014 semble être davantage cohérente. La datation ferait correspondre l'US 1014 au bas Moyen Age (Poz-126887 : 1455AD - 1636AD).

L'US 1010 serait quant à elle plus récente car des tessons de céramique moderne y ont été observés.

Remarque : Les dates réalisées sur « Piquet » sont à considérer avec précaution, car elles ne datent pas forcément la formation de la matrice sédimentaire de ces piquets.

## 2. METHODOLOGIE

### 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 ArkéoMap. L'observation des concentrés polliniques a été réalisée sous microscope optique à immersion au grossissement x1000 (microscope Olympus CX40).

Les outils utilisés pour les déterminations sont de plusieurs sortes :

- des lames de référence du Laboratoire de l'UMR 6566, 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).

Nous avons aussi calculé des fréquences polliniques absolues afin d'estimer le nombre de grains par volume (cm<sup>3</sup>) 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) (cf. Fig. 9 pour le détail des traitements effectués).

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 45 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, Plantaginacées) qui peuvent rendre cohérente ou non la détermination.

#### 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).

## **2.3 Les diagrammes sporo-polliniques**

Les diagrammes sporo-polliniques (spores et pollens) ont été réalisés à l'aide du logiciel Tilia version 2.6.1 (Grimm E. Tilia, Version 2.6.1, 2019) (Fig. 4 et Fig. 5).

Pour chaque niveau, les pourcentages de chaque taxon (pollens, spores et microfossiles non polliniques) sont calculés par rapport à une somme de base, correspondant dans cette étude exclusivement à la somme des pollens.

La question de la prise en compte, ou pas, 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 donc 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 :

- En ordonnée du diagramme apparaissent la liste des échantillons (désignés par les numéros des prélèvements de 1 à 10),
- la lithologie de la séquence sédimentaire correspondant 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 les taux de pollen d'arbres vis à vis des pollens de plantes herbacées et de plantes aquatiques. La courbe continue « Somme des pollens d'arbres » / « Somme des herbacées » permet d'estimer l'évolution des parts relatives des végétations boisées vis-à-vis des végétations herbacées dans le paysage environnant,

- les courbes individuelles continues en pourcentages relatifs des taxons polliniques de plantes herbacées puis des plantes aquatiques. Au sein des herbacées, les taxons sont ordonnés par leurs affinités écologiques,

- les courbes individuelles continues des spores de Ptéridophytes, de Bryophytes, dont les monolètes,

- la zonation : construite à partir des variations polliniques. Afin de faciliter l'interprétation d'une séquence pollinique, il est habituel de regrouper les échantillons en zones. On distingue les zones d'assemblages polliniques, les phases écologiques, les chronozones. Compte tenu de la faible résolution du diagramme, nous n'avons représenté que les zones polliniques locales.

*- Les zones d'assemblages polliniques (ou zonation locales) :*

Ce premier degré de zonation est établi en fonction de la variation du pourcentage d'au moins deux taxons locaux (Cushing, 1963). Elles sont désignées par les lettres de l'alphabet (a, b, c,...). Ces zonation locales permettent d'estimer l'évolution de la végétation locale autour du sondage pollinique.

*- Les phases écologiques :*

Ce niveau hiérarchique de la zonation est composé des zones d'assemblages polliniques. Il est établi en fonction de la variation significative des taxons dominants et permet ainsi d'appréhender l'évolution des formations végétales majeures. Leurs dénominations sont généralement exprimées par les trois premières lettres en majuscules du site considéré, suivies d'un chiffre. Dans la séquence étudiée, le nombre de niveaux est relativement faible (10 niveaux). Aussi, nous n'obtenons pas toujours d'évolution suffisamment détaillée pour définir ou au contraire regrouper de zones polliniques. Compte tenu du faible nombre de niveaux, les phases écologiques se confondent parfois avec les zones d'assemblages polliniques (parfois représentées par un seul niveau).

*- Les chronozones :*

Cette zonation repose sur les phases écologiques et les datations radiocarboniques absolues. Il s'agit donc d'une chronologie absolue (Puertas, 1997) permettant de resituer l'ensemble des séquences par rapport aux périodes climatiques régionales. La reconnaissance de ces chronozones nécessite une étude bibliographique régionale. Ces zones sont généralement représentées à l'aide de chiffres romains. Au regard des datations radiocarbones et des compositions polliniques observées (identification du charme, du noyer, de la chânaie-hêtraie), l'ensemble des niveaux correspondent à la période climatique du Subatlantique.

- un dendrogramme réalisé à l'aide du programme CONISS

En plus des zonation établies sur la lecture du contenu pollinique, il est intéressant de déterminer des zones polliniques de façon statistique en se basant sur les fluctuations significatives des courbes polliniques (spores et microfossiles non polliniques exclus). Pour cela, à titre informatif et en complément de la lecture pollinique, nous avons réalisé un dendrogramme à l'aide du programme CONISS du logiciel Tilia (Grimm E.C, 1987). Parmi les calculs disponibles pour construire ce dendrogramme, nous avons retenu la méthode « d'Edwards & Cavalli's chord distance » ou distance harmonique, jugée la plus pertinente selon Grimm E.C (1987).

En vue de simplifier l'interprétation des résultats polliniques, il est désormais courant d'avoir recours à des diagrammes synthétiques appelés aussi parfois « diagrammes d'anthropisation » (Fig. 4). Ce sont des diagrammes polliniques simplifiés dans lesquels apparaissent les courbes cumulant les pourcentages des principaux taxons liés aux activités agro-pastorales ou indices polliniques d'anthropisation (IPA). La fiabilité de ces indices est attestée par de nombreux

travaux (Behre, 1981 ; Faegri et Iversen, 1989 ; Richard, 1999 ; Gauthier, 2000 ; Barbier, 1999).

Les indices polliniques d'anthropisation (IPA) retenus pour cette étude sont :

- Les sommes des taux de pollens des céréales (dont seigle),
- les sommes des taux de pollens des autres cultures : pollens de chanvre / houblon (*Cannabis sp.* / *Humulus sp.*) et de noyer (*Juglans sp.*).
- les sommes des taux de pollen de plantes autochtones mais favorisées par les activités humaines. Il s'agit d'une part des plantes adventices ou messicoles correspondant aux végétaux associés aux cultures (*Centaurea sp.*, *Centaurea cyanus*, *Papaveraceae*, *Rumex sp.*).
- les sommes des taux de plantes rudérales correspondent aux autres plantes favorisées par les activités humaines : zones piétinées, espaces eutrophisés (*Plantago sp.*, *Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare*, *Polygonaceae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Chenopodium sp.*, *Caryophyllaceae*, *Artemisia sp.*, *Asteraceae*, *Cichorioideae*, *Apiaceae*, *Ranunculaceae*, *Potentilla sp.*, *Fabaceae* dont *Trifolium type*, *Urticaceae*).

A ces indices, nous avons ajouté :

- une courbe représentant la diversité du nombre de taxons polliniques et de spores identifiés pour chaque niveau. En effet, la diversité peut être un indicateur des « perturbations » des dynamiques végétales, perturbations potentiellement associées aux activités humaines (Gaudin, 2004),
- une courbe indiquant le nombre de pollens pris en compte comme somme de base (pollens d'arbres, herbacées et aquatiques) pour chaque spectre pollinique,
- les concentrations absolues de pollens et pollens + spores (en nombre de grains / mL de sédiment).

Dans ces graphiques simplifiés sont aussi représentés sur la gauche les courbes des principaux taxons d'arbres et le diagramme des taux de pollens d'arbres (AP) vis à vis des pollens d'herbacées et aquatiques (NAP) (Fig. 4).

#### Remarques :

- Lorsqu'un taxon n'est représenté que par une seule occurrence, il est matérialisé sur le diagramme par un point.
- Les datations radiocarbone réalisés sur certains prélèvements ont été positionnés sur le diagramme et représentés sous forme de datations BP. Ces datations sont détaillées dans le tableau de la figure 2.

### 3. RESULTATS PALYNOLOGIQUES

#### 3.1. Les diagrammes sporo-polliniques

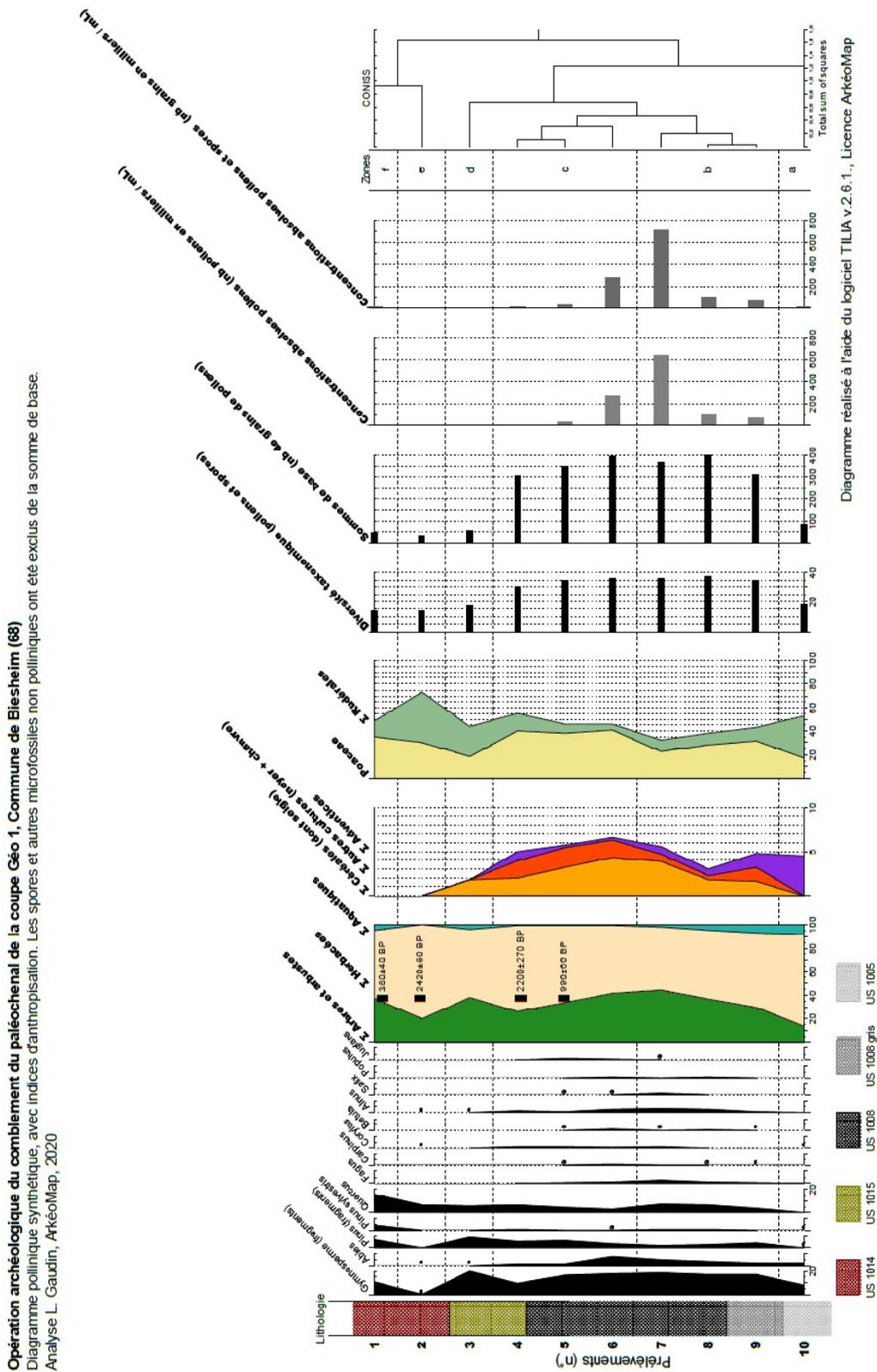


Figure 4.

Figure 4. Diagramme pollinique simplifié montrant les principaux taxons d'arbres, l'indice Pollinique d'Anthropisation et divers indicateurs (flux polliniques, sommes de base, diversité taxonomiques) de la colonne palynologique du comblement du paléochenal de Biesheim (68). Colonne de 10 prélèvements réalisée dans la partie ouest de la coupe Géo1, répartis entre 186,4 mètres à 187,4 mètres NGF.



### 3.2. Examen critique des résultats

Les analyses de six des dix prélèvements ont permis la détermination d'au moins 300 grains de pollens. Il s'agit des prélèvements n°3 à n°9 correspondant aux US 1008 et US 1015 inférieure. Pour ces prélèvements, les concentrations de pollens sont satisfaisantes. On constate pour les échantillons de l'US 1008, des concentrations polliniques allant de 30000 à 630000 pollens / mL de sédiment. L'échantillon n°4 montre une concentration plus faible (environ 7300 pollens / mL de sédiment), mais le montage et parcours de plusieurs lames polliniques permirent d'atteindre les 300 pollens. De plus, on constate pour ces niveaux une diversité taxonomique intéressante (31 à 38 taxons) même si l'on pouvait s'attendre à observer davantage de types polliniques pour des niveaux tourbeux (Fig. 6).

Les résultats sont en revanche moins bons pour les quatre échantillons provenant des niveaux plus minéraux : échantillons n°1, 2, 3 et 10. En effet les concentrations absolues pour ces prélèvements n'excèdent pas les 3700 pollens / mL. Les diversités sont aussi plus faibles, 19 taxons au maximum pour l'échantillon n°10 en prenant en compte les spores (Fig. 6).

La détection systématique et relativement importante des spores de Lycopodes exotiques, introduits dans les volumes extraits (de 107 à 147 Lycopodes comptés), témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique (Fig. 6). Ce constat montre aussi que la faiblesse du stock pollinique observée pour ces quatre échantillons 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, de la dynamique (vitesse) de sédimentation.

L'autre facteur important est le contexte de conservation pollinique. De nombreuses « enveloppes polliniques » et débris polliniques ont été constatés sans qu'il soit possible d'identifier les taxons. Certains grains sur-représentés correspondent à des taxons résistants à la corrosion comme par exemple les Cichorioïdées, les spores monolètes (Fig. 5). La nature des US 1005, US 1014 et US 1015, à dominance minérale, correspondent à des contextes où la conservation pollinique est souvent aléatoire. Le maintien d'une ambiance anaérobie est un facteur essentiel. Dans le cas ci-présent, les observations laissent penser que les pollens se sont trouvés à un moment donné dans des contextes aérobie propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique.

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de spores et Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue pollen et spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Ordre de priorité
1	45	128	8313	2923	Mauvais	14	4
2	30	74	3498	1418	Mauvais	14	4
3	55	107	4400	2262	Mauvais	17	4
4	304	349	8416	7331	Moyen	30	2
5	347	362	31446	30143	Bon	35	1
6	397	401	278668	275889	Bon	36	1
7	364	409	710569	632389	Bon	36	1
8	398	449	101197	89703	Bon	37	1
9	312	353	75095	66373	Bon	35	1
10	89	168	6998	3707	Mauvais	18	4

Figure 6. 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 indice de qualité de conservation pollinique est proposé (l'indice de 1 correspondant à une bonne conservation, l'indice 4 correspondant à un résultat défavorable).

### 3.3. Description des zones d'assemblages polliniques

Six zones locales, chacune désignée par une lettre ont pu être mises en évidence :

- Zone a (US 1005 : Prélèvement n°10)

Cette zone n'est composée que par un seul spectre pollinique. Assez peu de taxons ont été identifiés (18) et la concentration pollinique est très faible (environ 3700 pollens / mL) (Fig. 6). De plus, la composition est à considérer avec précaution à cause de probables conservations différentielles (les grains plus résistants, tels que les pollens de Cichorioïdées et spores monolètes, sont sur-représentés) et à cause aussi de possibles effets de circulations d'eau à l'interface entre le substrat rocheux et l'US 1005, ayant pu introduire des pollens extérieurs.

Le spectre est marqué par des taux de pollens d'arbres faibles (environs de 15%), avec notamment des pollens de résineux (Gymnosperme) dont du sapin (*Abies sp.*) et du pin (*Pinus sp* et *Pinus type sylvestris*). Ce sont des taxons qui combinent des productions et dispersions polliniques importantes. Ils pourraient donc être d'origines lointaines. Ces valeurs décrivent un paysage très ouvert. Un seul pollen de noisetier (*Corylus avellana*) provient d'arbres feuillus (le chêne est absent). Essence pionnière par excellence, le noisetier pourrait témoigner de boisements ouverts, peut-être d'espaces en cours de reboisement.

Les taux de pollens d'herbacées sont en revanche très importants (environ 75%) avec des taux de Cichorioïdées à 20%, de Poacées et Cyperacées à plus de 15% chacun. Les taux de pollens de Brassicacées (la famille des choux) et de Juncacées à un peu plus de 10% sont à noter. Quelques pollens d'Asteracées, Centaurées, Chenopodiacées complètent l'ensemble. Cette association pollinique correspondrait plutôt à des végétations de prairies hygro- à mésophiles. L'absence de pollens de plantes cultivées est à signaler.

Les plantes aquatiques représentent environ 10% de la composition pollinique avec les pollens de *Lemna sp.* et de *Potamogeton sp.* Ces végétations appartiennent à des groupements de zones inondées profondes.

Les taux de spores de Monolètes et de Polypodiacées sont importants dans cette zone. Ils sont difficilement interprétables compte tenu des sporulations souvent aléatoires et de probables conservations différentielles.

- Zone b (US 1008 : Prélèvements n°9, 8, 7)

Trois spectres polliniques sont compris dans cette palynozone. L'ensemble se démarque de la précédente zone par des diversités (entre 35 et 37 taxons) et des flux polliniques meilleurs (entre 75000 et 710000 pollens / mL de sédiment) (Fig. 6 et Fig. 5).

Les taux de pollens d'arbres sont en hausse puisque l'on constate des valeurs comprises entre 30 et 50 %. Ces valeurs restent néanmoins faibles et correspondent à un paysage ouvert.

Les boisements de résineux sont toujours dominants avec plus de 20 % de pollens (dont fragments), dont le sapin (*Abies sp.*) et le pin (*Pinus sp.* et *Pinus type sylvestre*). Ces formations de résineux sont toutefois difficiles à cerner à cause de modes de diffusion et de production importantes.

On voit aussi les taux polliniques de boisements de feuillus se développer de façon nette. Les taux de chêne (environ 10%), de hêtre (*Fagus sylvatica*) et d'aulne (*Alnus sp.*) sont désormais identifiés en continu. Le chêne et le hêtre en plus d'occurrences d'orme (*Ulmus sp.*), tilleul (*Tilia sp.*), charme (*Carpinus sp.*), proviennent probablement de chênaies-hêtraies et de chênaies diversifiées localisées sur les versants. Quelques taxons arbustifs (Rosacées) et de boisements clairs sont aussi détectés avec le noisetier (*Corylus avellana*) et le bouleau (*Betula sp.*).

Les boisements hygrophiles sont représentés par l'aulne (*Alnus sp.*), le saule (*Salix sp.*) et le peuplier (*Populus sp.*). Le noisetier et le bouleau peuvent aussi faire partie de ces boisements humides, situés près des berges à l'intérieur de la zone alluviale. Au regard des faibles taux observés, ces formations humides semblent toutefois assez clairsemées.

On note une attestation de noyer (*Juglans sp.*) dans le prélèvement n° 7, essence qui pourrait avoir été introduite ou favorisée par les activités humaines.

La part des végétations herbacées reste importante avec des valeurs comprises entre 50 et 60%.

Un ensemble de taxons polliniques caractéristiques des prairies mésophiles à humides peut être identifié avec les pollens de Poacées, Cyperacées, Apiacées, Brassicacées, *Centaurea nigra*, *Plantago sp.* (dont *Plantago lanceolata*), Fabacées, Renonculacées...

La détection à la fois de *Thalictrum sp.*, *Filipendula sp.* (Prélèvement n°7), Juncacées caractérisent plus particulièrement les prairies hygrophiles.

Le cortège des aquatiques avec *Lemna* (environ 5%), *Potamogeton* (taux continu), *Nuphar*, *Nymphaea*, *Typha latifolia* est un trait marquant de cette zone. L'ensemble des pollens de plantes aquatiques représente environ 10% de la composition pollinique de cette palynozone b. On observe aussi des spores algales et des concentricystes typiques de secteurs en eau.

Les preuves d'exploitations agricoles des alentours existent avec la détermination de pollens de plantes cultivées (attestations de céréales dont le seigle (*Secale type*) et de chanvre / houblon (*Cannabis / Humulus*)) mais aussi des attestations de plantes accompagnatrices des cultures (taux continu de *Centaurea*) et de plantes rudérales (*Plantago sp.*, *Plantago lanceolata*, *Polygonum sp.*, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, *Artemisia*, Asteraceae, Cichorioideae, Apiaceae, Ranunculaceae). Sur ce point, l'association du plantain (*Plantago sp.*), Chénopodiacées, Asteracées dont *Cirsium sp.*, *Artemisia sp.* suggère l'existence de végétations de chemins, zones d'habitats, lieux de pacages. Enfin, les formations de friches et jachères sont probables avec les pollens de Poacées, Asteracées, Cichorioïdées, Caryophyllacées, Chénopodiacées, Brassicacées.

– Zone c (US 1008 et bas de l'US 1015 : Prélèvements n°6, 5, 4)

Cette zone est caractérisée par des taux de pollens d'arbres fluctuant entre 50 et 30%. Ces valeurs correspondent là encore à un paysage assez ouvert, ponctué de boisements sur les versants.

On constate une légère baisse du taux de pollens d'arbres au cours de cette zone, en relation notamment avec une baisse du nombre de fragments de pollens de résineux. Toutefois, les taux des pollens des principaux arbres restent globalement stables : *Abies sp.* (env. 5%), *Pinus sp.* (env. 10%), *Pinus type sylvestris* (env. 1%), *Quercus sp.* (env. 10%), *Alnus sp.* (env. 5%), *Corylus avellana* (env. 1%).

Cela traduit une stabilité des compositions forestières par rapport à la zone précédente, à savoir des boisements de résineux (*Abies sp.*, *Pinus sp.*, *Picea sp.*), difficilement localisables, peut-être associés à des chênaies diversifiées (*Quercus sp.*, *Carpinus sp.*, *Tilia sp.*, *Abies sp.*) et chênaies-hêtraies (*Quercus sp.*, *Fagus sylvatica*).

Les boisements clairs sont toujours présents avec le noisetier (*Corylus avellana*) et le bouleau (*Betula sp.*). Ils sont probablement associés aux boisements hygrophiles (*Alnus sp.*, *Salix sp.*, *Populus sp.*) localisés à l'intérieur de la zone alluviale. Ces boisements ne semblent cependant pas être très développés.

Notons aussi la présence du noyer (*Juglans sp.*), détecté en continu durant cette zone. Sa présence est potentiellement associée aux activités humaine.

Les végétations herbacées sont davantage perçues. On constate notamment une augmentation des pollens de Poacées (env. 40%) et de Cyperacées (env. 20%). Plusieurs associations végétales peuvent être suggérées : on détecte des pollens de Poacées accompagnées d'attestations typiques de formations de prairies hygro- à mésophiles pâturées (Cyperaceae, Rubiaceae, Asteraceae, dont *Centaurea type nigra*, Apiaceae, Scrophulariaceae, *Plantago sp.*, Ranunculaceae), mais aussi de formations de friches et jachères (Asteraceae, *Artemisia sp.*, Cichorioïdeae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae).

Les taux continus de pollen de Juncacées suggère la persistance de prairies hygrophiles, toutefois la zone est marquée par une baisse, voire une disparition des pollens d'aquatiques, trait indiquant probablement un atterrissement du secteur.

Les groupements de cultures sont perçus de façon assez nette. On observe à la fois des pollens de céréales (*Cerealia-type*) dont des occurrences de seigle (*Secale-type*), mais aussi des pollens de chanvre / houblon (*Cannabis sp.* / *Humulus sp.*) dans des taux continus (entre 3 et 5 %).

La somme des taux de pollens de plantes allochtones (dont *Juglans sp.*) atteint un peu plus de 5 %, ce qui marque aussi cette zone (Fig. 4). Quelques pollens de plantes adventices (*Rumex sp.*, *Centaurea sp.*) renforcent l'image d'un paysage agricole. Des attestations de plantes rudérales (*Plantago sp.*, *Polygonum sp.*, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Urticaceae, Cichorioïdeae, Asteraceae) caractérisent des végétations de chemins, habitats, lieux de pacages.

Remarque : Notons que l'augmentation des taux de Cichorioïdées n'est pas négligeable notamment à partir du prélèvement n°4, niveau plus minéral. C'est là probablement un effet davantage lié à des conservations différentielles (les pollens de Cichorioïdées sont plus résistants) plutôt qu'une réelle transformation paysagère.

#### – Zone d (US 1015 : Prélèvement n°3)

Cette zone correspond à un seul spectre pollinique. La composition pollinique est soumise à d'importantes conservations différentielles (pollen de Cichorioïdées et spores sur-représentés), liées à des niveaux sédimentaires plus minéraux. On note aussi des baisses importantes des flux polliniques (env. 2200 pollens / mL) et de la diversité taxonomique (17 taxons contre 30 dans le prélèvement n°4) entraînant une nette dégradation de la qualité de l'image paléoenvironnementale.

Malgré les conservations différentielles, le taux de pollens d'arbres semble resté stable avec un taux de l'ordre de 40%. On retrouve la dominance des résineux

(*Pinus sp.*, *Abies sp.*, représentant un total d'environ 30%) accompagné des pollens caractéristiques de l'association de la chênaie diversifiée (*Quercus sp.* : env. 10%) et des boisements hygrophiles représentés par quelques occurrences d'aulne (*Alnus sp.*).

Notons que la plupart des taxons qui constituait le cortège forestier des chênaies (hêtre, charme, tilleul), mais aussi les boisements clairs (bouleau, noisetier) ne sont plus détectés.

La diversité des pollens de plantes herbacées est aussi en diminution.

On voit néanmoins un retour des pollens de plantes aquatiques. On constate ainsi un léger rebond de la somme des taux de plantes aquatiques, trait marquant de cette zone (Fig. 5). Ce rebond se traduit par la détection de formations de zones inondées (*Lemna sp.*, *Sparganium sp.*), de groupements de zones humides en voie d'atterrissement et de prairies hygrophiles (Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae, *Sparganium sp.*).

En revanche, les cortèges des autres formations de prairies sont très lacunaires (prairies mésophiles avec Poaceae, Cyperaceae ?). L'association des Poacées, Asteracées, Cichorioïdées, Brassicacées pourrait caractériser des formations de friches et de jachères.

Les indices d'activités humaines sont très ténus. On note une seule attestation pollinique de céréale (*Cerealia type*). Les plantes accompagnatrices ne sont pas détectées.

#### - Zone e (US 1014 : Prélèvement n°2)

Cette zone correspond au spectre pollinique du prélèvement n°2. La composition pollinique apparaît là aussi déformée par des conservations différentielles importantes (sur-représentation des pollens de Cichorioïdées et des spores). Seulement quatorze taxons ont été identifiés et la concentration absolue en pollens est très faible (1400 pollens / mL). Environ 75 grains de pollens et spores seulement ont pu être identifiés. L'image paléoenvironnementale apparaît donc là aussi très dégradée.

La zone pollinique se caractérise par des taux de pollens d'arbres faibles, de l'ordre de 20%, en léger retrait par rapport aux zones précédentes. Il faut bien sûr nuancer ce constat à cause de la sur-représentation des Cichorioïdées, néanmoins c'est la composition pollinique d'un paysage ouvert qui est perçu.

Cette baisse s'explique aussi par une diminution très nette de l'ensemble des pollens de résineux. Les résineux semblent quasiment absents du paysage, seules quelques pollens de sapin (*Abies sp.*) et fragments de Gymnosperme ont été observés.

Le chêne (*Quercus sp.*) est désormais le taxon arborescent dominant. Toutefois, il est difficile d'en obtenir une représentation paysagère, car les autres essences forestières (ex. hêtre, tilleul, orme) et de sous-bois (ex. houx) sont absentes. Aussi nous ne pouvons déduire si ces pollens de chêne proviennent de forêts relictuelles ou bien d'arbres isolés ou de haies.

Les autres formations arborescentes sont aussi très peu représentées. De rares pollens de noisetier (*Corylus avellana*) et d'aulne (*Alnus sp.*) laissent suggérer

l'existence de boisements clairs associés à des boisements humides très probablement à l'intérieur de la zone alluviale.

Les groupements d'herbacées sont eux aussi mal représentés. L'association des Poacées, Cyperacées, Asteracées, Apiacées et Ranunculacées serait assez caractéristique de prairies hygro- à mésophiles.

L'absence des attestations de plantes aquatiques et la disparition des pollens de Juncacées semblent caractériser une nouvelle phase d'assèchement ou d'atterrissement du secteur, cela malgré l'observation de microfossiles non polliniques de type « concentricystes » et de spores algales (type TM-4021).

L'impact des activités humaines sur le paysage n'est plus perçu. Les sommes des taux de pollens de plantes allochtones (cultures) et de plantes adventices diminuent complètement (Fig. 4).

- Zone f (US 1014 : Prélèvement n°1)

Cette zone correspond au spectre pollinique du prélèvement n°1.

De la même façon que pour les palynozones d et e, la composition pollinique de ce niveau semble déformée à cause de conservations différentielles, notamment des spores monolètes. La diversité taxonomique est très faible avec seulement quatorze taxons identifiés et une concentration pollinique très réduite (environ 3000 pollens / mL). De plus, malgré le montage et parcours de plusieurs lames, seulement 45 pollens ont été observés. Les résultats obtenus sont donc à considérer avec précaution. Toutefois, les pollens de Cichorioïdées semblent moins « sur-représentés » que pour les zones précédentes.

Le taux de pollens d'arbres est en augmentation par rapport à la zone précédente. Mais cette évolution est à nuancer car elle répond aussi à la forte baisse des taux de Cichorioïdées. Les taux de pollens d'arbres constatés révèlent donc plutôt une stabilité, voire une légère hausse des densités des boisements dans le paysage. Même si le taux de pollens d'arbres atteint environ 35% des pollens, ce résultat correspond à un paysage plutôt ouvert.

On retrouve la dominance du chêne (environ 20%), mais sans le cortège des autres essences caractéristiques des chênaies (hêtre, orme, tilleul, charme sont absents). Des pollens de résineux (Gymnosperme dont principalement le pin) sont de nouveau observés (environ 20% du total).

Au regard de ces résultats, il est difficile de proposer une reconstitution du paysage boisé. Les chênes correspondent peut-être à des boisements clairsemés, des haies, disposés sur les secteurs mieux drainés des versants. Quant aux pollens de résineux, leurs provenances sont difficilement localisables à cause des modes de productions et diffusions polliniques importantes qui leurs sont propres. Ils sont probablement eux aussi localisés sur les versants de la zone alluviale. Les boisements hygrophiles de la zone alluviale ne sont plus perçus.

Les attestations des plantes herbacées sont aussi très lacunaires. Seulement huit taxons herbacées et aquatiques ont été identifiés.

On peut suggérer l'existence de formations de prairies hygro- à mésophiles pâturées (Poacées, Cyperacées, Asteracées, Ranunculacées, *Plantago lanceolata*), et de friches et jachères (Poacées, Asteracées, Cichorioïdées, *Plantago lanceolata*).

L'identification de pollens de nénuphar (*Nuphar sp.*, Nymphaeae) indiquent l'existence de zones inondées profondes.

Les indices d'activités humaines, notamment de plantes allochtones (ex. céréales), sont absents.

### **3.4. Description des phases écologiques**

Quatre phases écologiques peuvent être définies :

BIE 1 (zone a) : phase à Poacées, Cichorioïdées, Cyperacées, Gymnosperme, Brassicacées, Chenopodiacées, *Lemna*, Juncacées.

BIE 2 (zone b, c) : phase à Poacées, Cyperacées, Gymnosperme, *Quercus*, *Abies sp.*, *Alnus*, Juncacées, *Cerealia type*, *Cannabis / Humulus*, Brassicacées (*Fagus*, Chenopodiacées, *Plantago*, *Juglans*)

BIE 3 (zone d) : phase à Poacées, Cichorioïdées, Gymnosperme, *Quercus*, *Pinus*, Cyperacées, Juncacées, (*Cerealia type*)

BIE 4 (zones e, f) : phase à Poacées, Cichorioïdées, *Quercus*, *Pinus*, Cyperacées

### **3.5. Description de la courbe du flux pollinique (concentrations polliniques)**

Les variations des concentrations polliniques absolues sont soumises à d'importantes variations liées à des taphonomies différentes en fonction des contextes sédimentaires (Fig. 4 et 5). En premier lieu, les US 1005, US 1015 et US 1014, à dominance minérale, sont des contextes peu favorables à la conservation des pollens et montrent des concentrations polliniques faibles comprises entre 1400 et 3700 pollens / mL de sédiment.

En ce qui concerne la vitesse de sédimentation, il n'a pas été possible d'utiliser le modèle d'âge-profondeur, car nous ne disposons que de deux dates cohérentes associées directement à la colonne palynologique.

Pour les prélèvements de l'US 1008 (n°9, 8, 7, 6 et 5), les variations des concentrations polliniques sont davantage soumises aux variations de la production pollinique environnante et à la vitesse de sédimentation.

On constate pour les prélèvements n°9 et 8, des concentrations comprises entre 65000 et 90000 pollens / mL. La différence constatée est peut être liée à une légère différence sédimentaire, le bas de l'US 1008 étant décrite de couleur « plus grise » (Fig. 1), il est probable qu'elle soit aussi plus minérale.

Des flux polliniques plus importants sont constatés pour les prélèvements n° 7 et n° 6. Ils pourraient correspondre à des densités de végétations plus denses (en relation avec les productions polliniques un peu plus importantes des arbres, les valeurs des taux de pollens d'arbres étant aussi les plus importantes pour ces deux prélèvements) ou bien à un ralentissement de la vitesse de sédimentation permettant ainsi une accumulation des pollens. Un modèle âge-profondeur précis aurait pu nous apporter des précisions sur ce point.

Le pic du flux pollinique observé au niveau du prélèvement n°7 (plus de 700000 pollens / mL) ne semble pas correspondre à un changement majeur de la composition pollinique. De légères augmentations du taux de chêne et d'aulne sont observés pour le prélèvement n°7. Pour le prélèvement n°6, seul le taux de sapin offre un léger rebond.

Pour le prélèvement n°5, on constate une baisse plus importante du flux pollinique (on passe de 270000 pollens / mL à 30000 pollens / mL) (Fig. 6). Cette évolution pourrait être associée à une diminution des essences arborescentes (bouleau) en particulier les essences de la chênaie diversifiée (orme, charme, tilleul) ou bien à une vitesse de sédimentation plus rapide.

## 4. INTERPRETATION, SYNTHÈSE DES RESULTATS

- Période antérieure à l'époque gallo-romaine (BIE1-a)

La palynozone « a » présente un mauvais état de conservation général rendant difficile la comparaison avec les compositions des zones polliniques postérieures. Les taxons d'arbres sont peu nombreux ce qui ne permet pas d'attribution chrono-climatique. Aucun pollen allochtone (ex. céréales, chanvre / houblon ...) n'est observé.

Au regard des faibles taux de pollens d'arbres, le paysage semble très ouvert avec des boisements constitués de formations de résineux difficilement localisables et par des chênaies réduites. Les formations herbacées sont représentées par des taux de Poacées importants (en plus des Cichorioïdées révélateurs de conservations différentielles). Quelques pollens de plantes aquatiques indiquent l'existence de zones inondées profondes. Mais d'une façon générale le nombre restreint des taxons herbacées et d'arbres ne permet pas de détailler le paysage de façon très fiable.

- Période allant de l'époque gallo-romaine au Moyen Âge central (BIE2-b, BIE2-c)

La phase écologique BIE2 comprend les deux zones polliniques « b » et « c », toutes deux issues de prélèvements de l'US 1008. Une datation radiocarbone a été réalisée directement sur la colonne palynologique au niveau du prélèvement n°5, c'est à dire dans la partie supérieure de l'US 1008. Cette date correspond au Moyen Âge central (990 ±60 BP). D'autres datations réalisées le long de cette couche s'accordent pour attribuer la formation de l'US 1008 à une période allant de l'époque gallo-romaine au plein Moyen Âge (cf. Fig. 2 et Fig. 3).

L'ensemble de cette période montre des taux de pollens d'arbres compris entre 30 et 45 %, ce qui correspondrait à des paysages assez ouverts. Les pollens d'arbres sont probablement en partie d'origine régionale. Les pollens de résineux (sapin, pin dont le pin sylvestre) constituent environ la moitié des pollens d'arbres, à large diffusion. Les cortèges forestiers de la chênaie-hêtraie et de la chênaie diversifiée (chêne, charme, orme) sont aussi perçus. Des boisements clairs (noisetier, bouleau) sont aussi présents. L'ensemble de ces formations occupent probablement les versants de la zone alluviale du Rhin de façon clairsemée ou lointaine, car les taxons de sous-bois ne sont pas détectés.

Notons que la situation du point de sondage à l'intérieur de la zone alluviale, nous donne potentiellement une image des végétations sur un très large espace, potentiellement l'ensemble des bassins-versants du Rhin, car une partie des pollens a pu être apportée par ruissellement et par les cours d'eau drainant l'ensemble des versants du fleuve.

La détection du charme est un jalon chronologique souvent utilisé dans le Nord-Est de la France pour marquer la période du Subatlantique (Richard, 1999 ; Gauthier, 2004 ; Gaudin 2019). C'est un taxon mésophile à large amplitude, que l'on trouve sur les sols secs à frais de préférence sur les sols profonds. C'est une espèce nécessitant néanmoins des étés chauds pour la maturation des graines (Rameau et al., 1989).

La chênaie-hêtraie est un autre indicateur caractéristique du Subatlantique. Favorisé par les conditions climatiques plus fraîches et plus humides de cette période climatique, le hêtre colonise très souvent les surfaces forestières formant la chênaie-hêtraie au détriment de la chênaie mixte plus caractéristique de la période climatique précédente du Subboréal. Ici la chênaie-hêtraie et la chênaie diversifiée semblent coexister.

Des boisements hygrophiles (aulne, saule et peuplier) sont perceptibles durant l'ensemble de la période. Ces aulnaies - saulaies sont probablement localisés à l'intérieur de la zone alluviale peut-être en bordure du fleuve. Les taux polliniques de ces boisements restent toutefois assez faibles (environ 5%) et la zone alluviale devait apparaître très ouverte, couverte de prairies hygrophiles (Poacées, Cyperacées, *Thalictrum sp.*, *Filipendula sp.*, Joncacées).

Les zones BIE2-b et BIE2-c révèlent une évolution au niveau du degré d'humidité du secteur. En effet, le cortège des plantes aquatiques (lentilles d'eau, potamots, nénuphars, Typhacées) sont observées de façon continue dans la zone BIE2-b. Ces plantes attestent l'existence de zones inondées. La somme des aquatiques représentant alors environ 10% des pollens (Fig. 4). Ce taux est en net retrait dans la zone BIE2-c, indiquant un assèchement ou un atterrissement du secteur, peut-être en liaison avec le comblement du paléochenal.

Les versants semblent marqués par les activités agricoles. En effet, les cortèges de cultures (les céréales dont le seigle, chanvre / houblon en plus de plantes adventices : Centaurées, *Rumex sp.*) mais aussi de prairies hygro- à mésophiles pâturées (Poacées, Cyperacées, Apiacées, Brassicacées, Rubiacées, Plantaginacées, Renonculacées) sont détectées durant l'ensemble de la période (Fig. 4).

Les pollens de céréales sont identifiés en continu dans des taux relativement importants pour ce taxon (entre 2 et 5 %), car sont en effet des essences qui, naturellement, produisent et diffusent peu de pollens. On peut évoquer des activités de traitements des céréales à proximité de la zone alluviale en plus de possibles effets de ruissellement.

Les pollens de chanvre / houblon sont aussi observés en continu. On peut suggérer des pratiques de rouissage pour le chanvre.

On détecte aussi régulièrement quelques pollens de noyer (*Juglans sp.*), notamment en BIE2-c. La présence de ce taxon a pu être facilitée par les activités humaines. L'espèce serait subspontanée dans les forêts alluviales de climat assez doux, elle est notamment sensible aux gelées printanières de la moitié nord de la France (Rameau *et al.*, 1989). Il semble apparaître à l'époque romaine dans le Nord-Est de la France (Richard, 1999 ; Gauthier, 2000 ; Couteaux 1970 ; Gaudin 2019) et dans le Bassin parisien (Leroyer *et al.*, 2006), où il est d'ailleurs utilisé comme marqueur pollinique de la phase récente du Subatlantique.

Enfin, on détecte l'existence de groupements végétaux de friches et jachères (Poacées, Asteraceae, *Artemisia sp.*, Cichorioïdeae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae) mais aussi des communautés rudérales : chemins, zones d'habitats, lieux de pacages (*Plantago sp.*, *Polygonum sp.*, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Urticaceae, Cichorioïdeae, Asteraceae) sur l'ensemble de la période.

Ces résultats semblent assez comparables au paysages perçus dans la palynozone ZPL5 de l'étude palynologique réalisée dans un paléochenal du Rhin à proximité du site d'Oedenburg (H. Richard *in* Ollive, 2007). En effet, cette zone pollinique potentiellement contemporaine, voit aussi des taux de pollens d'arbres relativement bas (un peu plus de 20%) décrivant ainsi un paysage ouvert. On y constate des boisements hygrophiles un peu mieux représentés, mais aussi des groupements

forestiers semblables : chênaie-hêtraie, chênaie diversifiée (chêne, charme, orme) et résineux (*Abies*, *Pinus*).

En ce qui concerne les taxons allochtones, on constate des taux de céréales importants, accompagnés de quelques occurrences de chanvre / houblon. Selon H. Richard, « au cours de ZPL5 qui correspond à l'abandon de la plaine par les romains, le taux de *Cerealia* augmente très rapidement ». C'est donc un paysage très agricole qui est décrit. Le noyer n'est détecté que dans la zone précédente (ZPL4). Les végétations herbacées y sont dominées par les Poacées, Cyperacées, typiques des prairies hygro- à mésophiles. Ce sont là aussi des résultats assez similaires avec les paléo-paysages de Biesheim.

- Période allant du Moyen Âge central au bas Moyen Âge (BIE3-d, BIE4-e, BIE4-f)

Les trois prélèvements n°1, 2 et 3 ont livré des compositions polliniques de mauvaise qualité. On constate une conservation différentielle importante de certains taxons, des diversités taxonomiques réduites et des concentrations polliniques très faibles. La nature sédimentaire des US 1014 et US 1015, à dominance minérale, explique ces résultats et rend difficile la comparaison avec les résultats de la période précédente. Il est possible que les différences de compositions polliniques constatées soient davantage liées à des différences taphonomiques plutôt qu'à de véritables changements paysagers.

Les compositions polliniques observées permettent néanmoins de faire ressortir des grands traits paysagers, à considérer avec précaution compte tenu de la nature « lacunaire » des informations recueillies.

Les US 1014 et US 1015 ont fait l'objet de trois datations radiocarboniques, dont deux se sont révélées incohérentes. La datation réalisée sur le prélèvement n°1 (Poz-126887 : 360 ±40 BP soit 1455 cal. AD à 1636 cal. AD), apparemment cohérente sur le plan stratigraphique (Fig. 3), fait correspondre la fin de l'US 1014 (zone BIE4-f) avec la fin du Bas Moyen Âge voire au début de l'Époque moderne. Cette proposition semble être corroborée par des tessons modernes retrouvés dans l'US 1010 sus-jacente.

Les taux de pollens d'arbres oscillent entre 20 et 40% pour l'ensemble de la période. La proportion des végétations boisées semble donc s'inscrire dans la continuité avec la période précédente. Toutefois, compte tenu de la conservation différentielle des Cichorioïdées, il faudrait probablement légèrement réévaluer le taux des pollens d'arbres à la hausse.

En ce qui concerne les essences forestières, on retrouve une dominance des pollens de résineux (notamment le pin), le sapin semble en retrait. Le chêne est toujours détecté, en revanche la période se démarque par la disparition de l'ensemble du cortège de la chênaie (hêtre, charme, orme, tilleul sont absents).

Les boisements hygrophiles semblent en nette régression, seuls quelques occurrences d'aulne attestent encore de leurs présences, probablement dans la zone alluviale.

En ce qui concerne les végétations herbacées, contrairement à la palynozone « c », quelques plantes aquatiques sont de nouveau perçues notamment dans les zones « d » et « f ». Elles attestent d'apports polliniques en provenance de zones inondées (nénuphar, lentilles d'eau, rubanier). La période semblerait donc connaître un retour de conditions plus humides.

Les prairies hygrophiles (Poacées, Cyperacées, Joncacées, *Sparganium sp.*), présentent à l'intérieur de la zone alluviale, sont perceptibles dans la zone « d ». Elles disparaissent en revanche des zones « e » et « f ».

Les associations végétales des prairies hygro- à mésophiles sont en revanche un peu mieux identifiées (Poacées, Cyperacées, Asteracées, Ranunculacées, *Plantago lanceolata*).

L'impact des activités agricoles est peu perceptible. Quelques rares attestations de céréales sont observées en début de période (zone d). Nous n'observons plus de pollens de chanvre / houblon ni de noyer, ni de plantes adventices. Les végétations rudérales sont identifiées par l'intermédiaire des Poacées, des Cichorioïdées, des Asteracées et du plantain. Elles pourraient provenir de groupements végétaux de friches et jachères, ou bien de communautés rudérales (zones d'habitats, chemins, lieux de pacages), mais une fois de plus, l'information est très lacunaire pour cette période.

## 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.

BEHRE K.E., 1981 - *The interpretation of anthropogenic indicator in pollen diagrams*. Pollen et spores, vol. XXIII, n°2, p. 225-245.

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 - Etude 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, p. 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.

FAEGRI K. et IVERSEN J., 1989 - *Textbook of pollen analysis 4<sup>th</sup> ed*. John Wiley & Sons, Chichester, 328 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., 2019 - Bilan des études archéobotaniques luxembourgeoises holocènes publiées entre les années 1950 et 2018. *Bulletin du centre national de recherche archéologique*, 2019-5, 4-19.

GRIMM E.C., 1987 - CONISS : a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, Vol. 13, no.1, p 13-35.

GAUTHIER E., 2000 - *Analyse pollinique des remplissages sédimentaires des mardelles de Hellange et de Mersch (Luxembourg)*. Besançon. 19p.

GAUTHIER E., 2004. - *Forêts et agriculteurs du Jura. Les quatre derniers millénaires*. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté, 197 p. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 765, série "Environnement, sociétés et archéologie ; 6).

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.

LEROYER C., ALLENET G., 2006 – L'anthropisation du paysage végétal d'après les données polliniques : l'exemple des fonds de vallées du Bassin parisien. In. ALLEE P., LESPEZ L. - L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement, Clermont-Ferrand, Presse Universitaires Blaise-Pascal Collection « Nature et Sociétés » n°3, p. 65-74.

OLLIVE 2007 — Dynamique d'occupation anthropique et dynamique alluviale du Rhin au cours de l'Holocène. Géoarchéologie du site d'Oedenburg (Haut-Rhin, France)., Thèse de doctorat, Dijon, France : Université de Bourgogne.

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.

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., 115p.

PUERTAS O., 1997 – *Évolution de la végétation depuis le Dryas récent dans la plaine littorale de Montpellier (Hérault, France) à partir de l'analyse pollinique. Dynamique naturelle et anthropisation du milieu.* Thèse de doctorat, université de Franche-Comté, 337p.

RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME G., 1989 - *Flore forestière française, guide écologique illustré.* T.1, plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.

RICHARD H., 1999 – *La palynologie.* In BROCHIER J.E., BOURQUIN-MIGNOT C., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F., THERY I. (éds.), Errance (Collection "Archéologiques"). La Botanique, Paris, 207 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. FIGURES

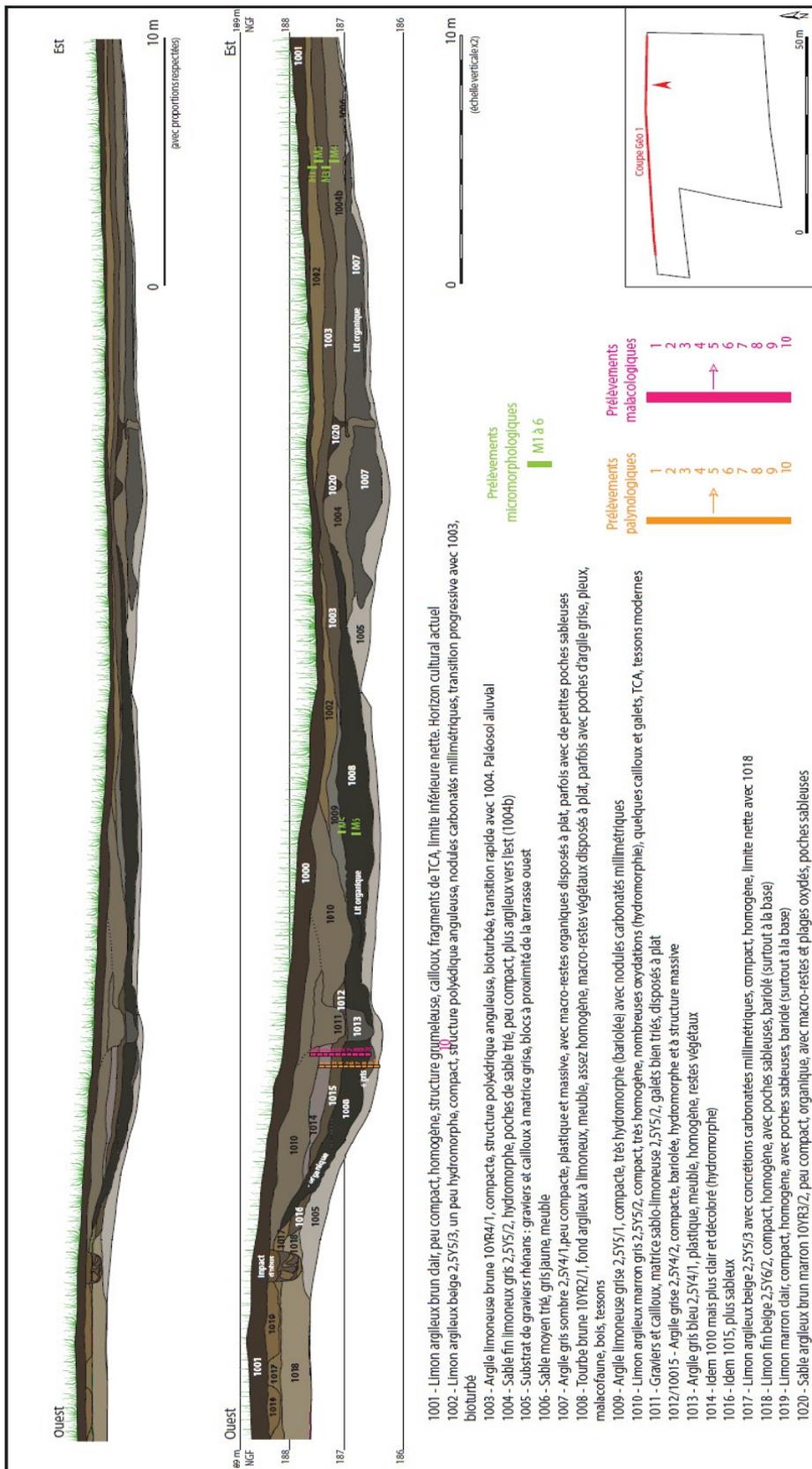


Figure 7. Coupe de référence Géo 1, comblement du paléochenal situé sur la commune de Biesheim (68). Les prélèvements palynologiques sont positionnés entre 186,4 et 187,4 m NGF.

## 7. ANNEXE

### 7.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :

Afin d'isoler et de concentrer les grains de pollen, le protocole utilisé au sein de l'UMR EPOC comporte les étapes suivantes :

#### Préparation du sédiment

**1-** Le sédiment (environ 5g) est séché à l'étuve à 40°C pendant une nuit ou plus, suivant la teneur en eau.

#### Estimation du volume de sédiment

**2-** Dans une éprouvette de 25cc en polypropylène, mettre 15cc d'eau distillée. Poser celle-ci sur une balance, faire la tare, puis ajouter le sédiment. La colonne d'eau augmente, enregistrer le poids ainsi que le volume.

#### Lavage du sédiment

Ce lavage permet de travailler sur deux proxies. La fraction supérieure est récupérée pour, en particulier, l'étude des foraminifères, et la fraction inférieure pour l'étude des pollens et dinoflagellés.

**3-** Prendre un tamis de maille 150µm et de diamètre 10cm, le poser sur un bécher de 1000ml. Vider le contenu de l'éprouvette sur le tamis, et laver délicatement à l'eau du robinet. Lorsque le résidu > à 150µm est propre, bien le rincer à l'eau distillée et le récupérer dans une coupelle toujours avec de l'eau distillée. La fraction inférieure récupérée dans le bécher est mise à décanter pendant 48h minimum. Ne pas oublier de couvrir les bécher pour éviter toute pollution.

#### Attaque à l'acide chlorhydrique (HCl)

**Cette attaque permet d'éliminer tous les organismes et particules calcaires.**

**4-** Aspirer l'eau à l'aide d'une trompe à vide. Celle-ci est équipée, à l'extrémité du tuyau, d'un embout en plastique présentant un angle de 90° par rapport à la paroi du bécher. Cet embout permet d'éviter toute aspiration accidentelle du résidu décanté au fond du bécher. Récupérer le résidu dans un tube de 100ml à fond rond en polypropylène.

**5-** Centrifuger 7mn à 2500tr/mn. Eliminer l'eau, remettre en suspension avec l'agitateur. Mettre une ou deux pastilles de Lycopodes dans le tube, le nombre de pastilles étant défini en fonction de la concentration supposée en pollen ou en dinoflagellés. Elles permettent d'estimer les concentrations en palynomorphes.

**6-** L'attaque à l'HCl à **froid** se fait en trois étapes. Une première attaque à **10%**, remuer à l'aide d'une baguette d'agitation en verre, laisser agir quelques minutes, si le sédiment est riche en carbonates il est important de commencer par l'HCl à faible concentration afin d'éviter une importante effervescence et également un débordement des tubes. Continuer par de l'HCl à **25%** attendre quelques minutes et terminer par de l'HCl à **50%**. Cette dernière attaque est essentielle pour la suite de la manipulation. Bien s'assurer que la réaction est terminée en ajoutant de l'HCl à 50%. Lorsqu'il n'y a plus d'effervescence dans le tube, la réaction est terminée.

#### Attaque à l'acide fluorhydrique (HF)

**Cette attaque permet d'éliminer la silice et les silicates.**

**7-** Centrifuger les tubes de 100ml pendant 7mn à 2500tr/mn et éliminer le surnageant. Remettre le culot en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HF à **45% à froid**. Fermer les tubes avec le bouchon approprié et les poser sur le secoueur, laisser agiter pendant 4 à 5h. Bien respecter la concentration de l'HF, car une concentration supérieure peut entraîner une forte effervescence, avec risque de perte de sédiment.

**8-** Centrifuger à nouveau les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HF à **70% à froid**. Poser les tubes sur le secoueur, laisser agiter pendant **28 à 30h**.

**Note :** Attention pour faire cette manipulation il est impératif de respecter les mesures de sécurité, mettre des longs gants, ainsi que des lunettes. Travailler toujours sous hotte aspirante bien fermée. Travailler également les tubes toujours fermés.

## **Deuxième attaque à l'acide chlorhydrique (HCl)**

### **Elimination des fluorosilicates.**

**9-** Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension avec l'agitateur, puis mettre environ 40 à 50cc d'HCl à **25% à froid**. Poser les tubes sur le secoueur, laisser agiter pendant 15mn.

**Note :** Il est très important de faire cette attaque à l'HCl avant de rincer à l'eau distillée. Des risques de formation de fluorures peuvent avoir lieu et donc gêner le reste de la manipulation.

### **Rinçage**

**10-** Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant. Remettre en suspension le culot avec l'agitateur, remplir les tubes d'eau distillée. Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn. Eliminer l'eau, les résidus sont prêts pour la filtration.

### **Filtration**

**Cette opération nécessite la mise en œuvre d'un système de filtration. Ce matériel est posé sur une fiole à vide de 2l reliée à une trompe à vide.**

**11-** Remettre en suspension le culot avec l'agitateur et verser une partie ou la totalité du résidu, suivant la concentration, sur le filtre en nylon de maille 10µm. Rincer à l'eau distillée avec une pissette de 50ml. La contenance de la pissette est essentielle car elle permet de l'avoir bien en main et donc de presser suffisamment fort pour avoir un jet assez puissant pour la filtration. Lorsque cela colmate, mettre 20 à 40s d'ultrasons et rincer abondamment, en même temps, avec la pissette. Le succès de cette opération est basé sur la coordination entre les ultrasons et la pissette. Il est important de bien gérer le temps des ultrasons, car l'abus peut casser les microorganismes.

**12-** Récupérer le résidu, une fois bien lavé, avec la pissette dans un tube à fond conique de 50ml en polypropylène. Bien froisser le filtre entre les doigts pour décoller éventuellement les micro-organismes qui pourraient rester sur le filtre.

**13-** Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant à l'aide de la trompe à vide munie de l'embout à 90°. Transvaser le résidu avec de l'eau distillée dans un tube à fond conique de 8cc en plastique. Centrifuger les tubes, 7mn à 2500tr/mn, éliminer le surnageant toujours avec la trompe à vide. Le résidu est prêt pour le montage.

### **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 glycérol bidistillé phénolé pour la conservation

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

## 7.2. Description des échantillons avant traitement

Site / Opération	Numéro d'US	Masse totale envoyée (g)	RQ
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 1	141	Couche organo - minérale.
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 2	130	Couche tendance argileuse
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 3	139	Couche organo - minérale.
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 4	113	Couche organo - minérale.
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 5	134	Couche organo - minérale.
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 6	117	Couche à dominance organique
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 7	115	Couche à dominance organique
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 8	116	Couche à dominance organique, qlqs racines...
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 9	118	Couche à dominance organique
<u>Biesheim (68)</u>	Géo 1 – Palyno 10	106	Couche à dominance organique

Figure 8. Description des prélèvements avant extraction pollinique

SERIE N°	Nom du demandeur	TECH	Date	Sol Exotique (lycopodes...)	Nombre grains	Num (1-8)	NOM DE LA CAROTTE	TRONCO N°	VOL	HCL	HF 48%	HF 70%	Filtration 8 postes	KOH froid	filtration 5/10/15 microns	filtration Ultrason (s)	Type de montage (G,L)	NB de lame
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	A	Palyno 1	6,083 g	3	x	x	x			10		L	1
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	B	palyno 2	6,357 g	3	x	x	x			10		L	1
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	C	Palyno 3	6,062 g	3	x	x	x			10		L	1
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	D	Palyno 4	6,799 g	3,5	x	x	x			10		L	1
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	E	Palyno 5	6,239 g	3	x	x	x			10		L	1
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	F	Palyno 6	5,401 g	3	x	x	x			10		L	1
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	G	Palyno 7	2,429 g	1,5	x	x	x	x	x	10	x	L	1
2438	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	H	Palyno 8	3,949 g	2,5	x	x	x	x	x	10	x	L	1
2439	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	A	Palyno 9	2,655 g	2	x	x	x	x		10		L	1
2439	GAUDIN	MG	08/09/20	lycopodes	20848	B	Palyno 10	7,414 g	3,5	x	x	x	x		10		L	1

Figure 9. Description des traitements réalisés (UMR EPOC)

### 7.3. Tableau des comptages

Taxons \ Code Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gymnosperme (fragments)	5	1	11	29	57	71	67	70	54	7
Abies	0	1	1	5	5	30	19	15	6	2
Picea	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Pinus (fragments)	3	0	5	16	22	12	6	9	13	1
Pinus sylvestris	2	0	0	2	2	1	4	3	0	1
Quercus	7	2	3	19	14	12	26	25	11	0
Ulmus	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Tilia	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Fagus	0	0	0	0	2	4	10	5	2	0
Carpinus	0	0	0	0	1	5	2	1	1	0
Corylus	0	1	0	4	5	4	5	0	0	1
Betula	0	0	0	0	1	5	1	2	1	0
Alnus	0	1	1	6	3	13	15	13	4	0
Salix	0	0	0	0	1	1	6	0	0	0
Populus	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0
Juglans	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0
Rosaceae subf. Maloideae	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Poaceae	16	9	10	123	132	163	83	112	99	15
Asteraceae subf. Cichorioideae	3	11	12	36	8	3	4	7	6	18
Asteraceae	1	0	1	0	5	8	2	2	4	2
Cirsium	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Artemisia	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0
Caryophyllaceae	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0
Chenopodiaceae sensu stricto	0	0	0	1	1	2	4	2	6	2
Brassicaceae	0	0	1	1	6	4	9	21	13	10
Polygonum-type (tricolporate)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Plantago	0	0	0	1	2	0	2	3	1	0
Plantago lanceolata	1	0	0	0	1	0	3	0	1	0
Solanaceae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Urticaceae	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0
Cistaceae	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0
Cerealia-type	0	0	1	5	11	16	14	6	4	0
Secale-type	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
Cannabis / Humulus	0	0	0	6	5	6	2	2	5	0
Centaurea cf. C. cyanus-type	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rumex	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Centaurea	0	0	0	2	1	1	1	3	4	4
Centaurea cf. C. nigra-type	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0
Centaurea jacea-type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ranunculaceae	1	1	0	1	0	0	5	2	1	0
Lamiaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Trifolium	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Valerianaceae undiff.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Apiaceae	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
Rubiaceae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Scrophulariaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Polygonaceae	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Thalictrum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Filipendula	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Cyperaceae	4	2	5	32	40	16	44	57	34	14
Juncaceae	0	0	2	5	11	2	12	8	12	4
Butomus	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sparganium	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Typha latifolia	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Callitriche	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lemna	0	0	1	1	0	1	3	12	15	6
Nymphaea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Nuphar	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Potamogeton	0	0	0	0	1	0	2	3	4	1
Asplenium	0	5	4	4	1	0	0	0	0	0
Lycopodium	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Equisetum	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Monolètes	80	36	43	29	10	4	45	49	38	74
Polyodiaceae	0	0	0	5	3	0	0	2	2	5
Pteridium	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Trilètes	3	0	5	5	1	0	0	0	1	0
Concentricystes	1	2	2	3	1	1	1	0	2	1
Spores algales – Type TM-4021	0	1	0	0	3	2	6	10	20	5
Microrestes hyalins – Type HdV-182	22	7	9	4	3	1	0	2	4	1
Champignons lignicoles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Améropores – Type HdV-207	35	40	13	33	36	7	5	9	5	4
Améropores – Type HdV-27	0	0	0	0	0	0	2	2	2	5
Dictyosporés – Type HdV-200	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0
Indéterminés	7	1	0	0	1	2	5	2	3	2
SOM. pollen (somme de base)	45	30	55	304	347	397	364	398	312	89
SOM. Sporo-pollinique	128	74	107	349	362	401	409	449	353	168
CONC. ABS Pollen (nb / cm3)	2923	1418	2262	7331	30143	275889	632389	89703	66373	3707
CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)	8313	3498	4400	8416	31446	278668	710569	101197	75095	6998

Figure 10. Comptages correspondant aux pollens et spores déterminés dans chacun des 10 prélèvements. 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.

## 7.4. Photographies

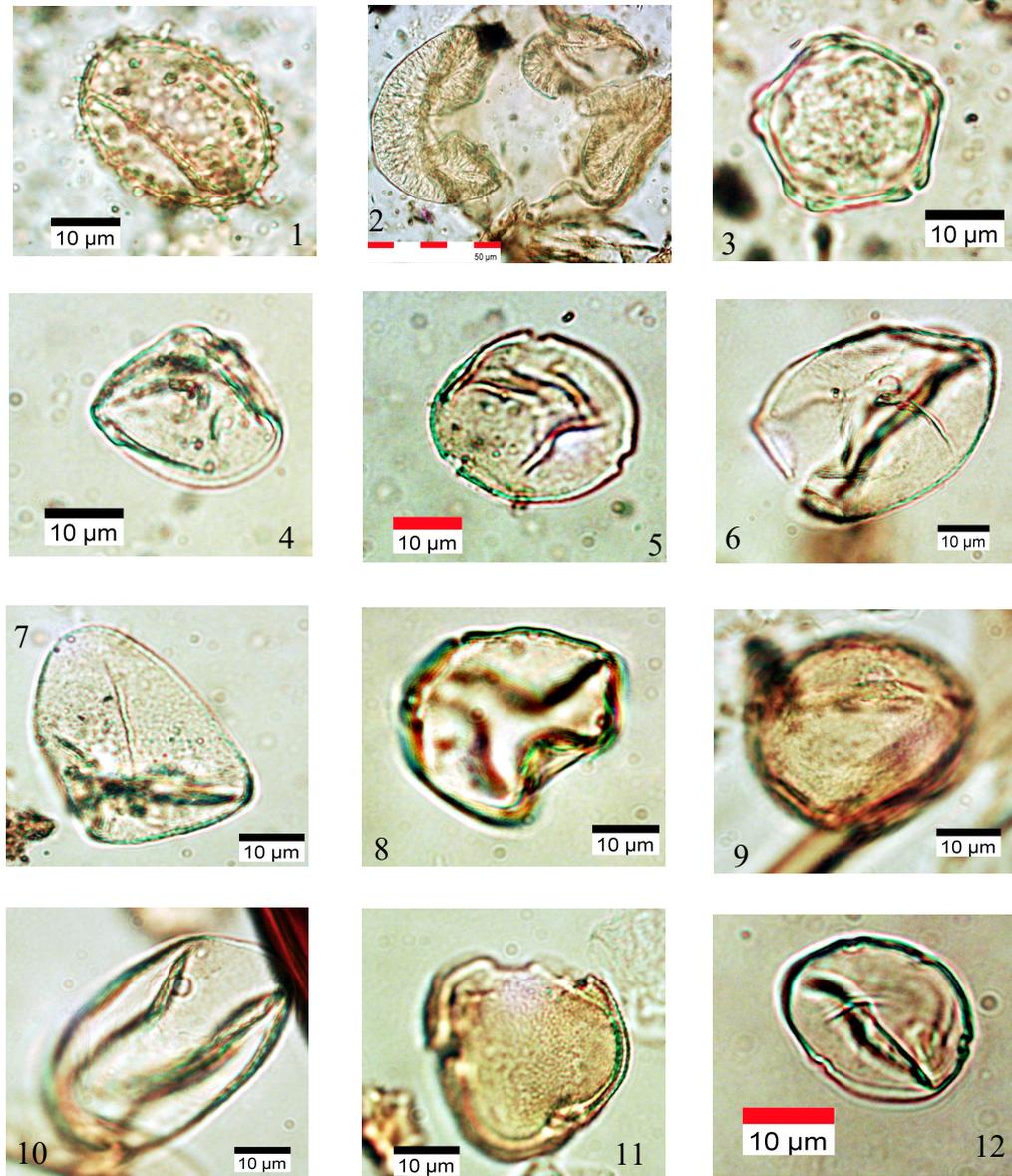


Figure 11. Photographies sous microscope optique à immersion, grossissement x1000. Les échelles représentent des micromètres. 1. Plv n°1 – *Nymphaea sp.* ; 2. Plv n°2 – *Abies sp.* ; 3. – Plv n°3 – *Alnus sp.* ; 4. Plv n°4 – *Cannabis sp. / humulus sp.* ; 5. Plv n° 4 – *Cannabis sp. / humulus sp.* ; 6. Plv n°4 - *Cerealia type* ; 7. Plv n°4 - *Cyperaceae* ; 8. Plv n°5 – *Juglans sp.* ; 9. Plv n°6 – *Fagus sylvatica* ; 10. Plv n°6 – *Secale type* ; 11. Plv n° 6 – *Tilia sp.* ; 12. Plv n° 9 – *Cannabis sp. / Humulus sp.*