

## **ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : TESTS PALYNOLOGIQUES**



**TESTS PALYNOLOGIQUES RÉALISÉS SUR CINQ PRÉLÈVEMENTS  
RÉALISÉS DANS LA GROTTÉ DIACLASE DE LA « KARELSLÉ » À  
WALDBILLIG (LUXEMBOURG).**

**CNRA**  
**Service d'archéologie préhistorique**  
Rapport sur les tests palynologiques

**mai 2020**

Centre National de Recherche Archéologique

## **Service d'archéologie préhistorique**

**Prélèvements réalisés dans la grotte diacase de la « Karelsé » à Waldbillig (Luxembourg).**

---

### **Rapport des tests palynologiques de cinq prélèvements**

---

#### **Références des échantillons étudiés :**

PLV9, PLV15, PLV18, PLV21, PLV26

---

**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)

---

**mai 2020**

*Illustration de la page de couverture : Pollen de tilleul (Tilia sp.) observé dans le prélèvement n°26. Grossissement x1000.*

## SOMMAIRE

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION.....</b>                                                | <b>4</b>  |
| <b>1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS.....</b> | <b>5</b>  |
| <b>2. TRAITEMENT CHIMIQUE et OBSERVATION DES ECHANTILLONS.....</b>      | <b>7</b>  |
| 2.1 Le protocole d'extraction utilisé.....                              | 7         |
| 2.2 Les comptages et déterminations.....                                | 8         |
| <b>3. RESULTATS DES TESTS.....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>4. PRECONISATIONS.....</b>                                           | <b>13</b> |
| <b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>                                            | <b>14</b> |
| <b>6. ANNEXE.....</b>                                                   | <b>15</b> |
| 6.1. Détail du protocole d'extraction utilisé :.....                    | 15        |
| 6.2. Description des échantillons et des traitements .....              | 19        |
| 6.3. Etude pollinique réalisée par J. Heim en 1998.....                 | 19        |

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats des tests palynologiques de cinq prélèvements réalisés en stratigraphie dans la grotte diacrise de la « Karelslé » à Waldbillig (Luxembourg) .

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

Le site a été fouillé de 1991 à 1997 par le Musée d'Histoire et d'art du Grand-Duché de Luxembourg sous la direction de F. Le Brun-Ricalens, actuel chargé de direction du Centre national de recherche archéologique (CNRA) du Grand-Duché de Luxembourg depuis 2011.

En 2017, un programme de reprise des d'études paléobotaniques sur la grotte Karelslé a été engagé par le CNRA, sous la direction de L. Brou et F. Le Brun-Ricalens avec la collaboration de L. Gaudin (Arkéomap) et de H.-G. Naton (Géoarchéon). Il a consisté dans un premier temps à l'exploitation et à la publication par L. Gaudin (Gaudin, 2019) des analyses palynologiques inédites effectuées sur la séquence de la Karelslé par J. Heim (ancien Laboratoire de palynologie et dendrochronologie de Louvain-la-Neuve) pendant les fouilles en y intégrant les études anthracologiques de J.-M. Pernaud (en partie publiées).

Au cours de l'été 2019, une campagne de prélèvements palynologiques et sédimentaires été entreprise par l'équipe sur la coupe témoin, en parallèle d'anciens prélèvements réalisés par Jean Heim (série A à H).

Ce rapport fait état des résultats de tests sur cinq prélèvements palynologiques, sur un total de vingt-sept, afin de déterminer la densité et la qualité de l'enregistrement polliniques dans cette séquence limono-sableuse de la grotte Karelslé.

# 1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS, STRATIGRAPHIE et OBJECTIFS

Vingt-sept prélèvements ont été réalisés afin de percevoir l'évolution de la composition pollinique de façon plus détaillée par rapport à l'étude faite par J Heim en 1998 (Fig. 10).

D'une façon générale le contexte de conservation n'était pas très favorable. Le sédiment ne présentait pas de conditions anaérobies permanentes (ex. nappe d'eau), ce qui rend la conservation des pollens aléatoire. Cependant les études réalisées par J. Heim avaient permis d'obtenir des compositions polliniques intéressantes.

| Site / Opération     | Numéro d'US      | Masse totale (g) | RQ                                                      |
|----------------------|------------------|------------------|---------------------------------------------------------|
| Karelslé, Luxembourg | Prélèvement n°9  | 56               | Couche à dominance minérale                             |
| Karelslé, Luxembourg | Prélèvement n°15 | 62               | Couche à dominance minérale                             |
| Karelslé, Luxembourg | Prélèvement n°18 | 67               | Couche à dominance minérale                             |
| Karelslé, Luxembourg | Prélèvement n°21 | 75               | Couche à dominance minérale. Présence d'un caillou ?... |
| Karelslé, Luxembourg | Prélèvement n°26 | 56               | Couche à dominance minérale                             |

Figure 1. Inventaire des prélèvements étudiés pour les tests.

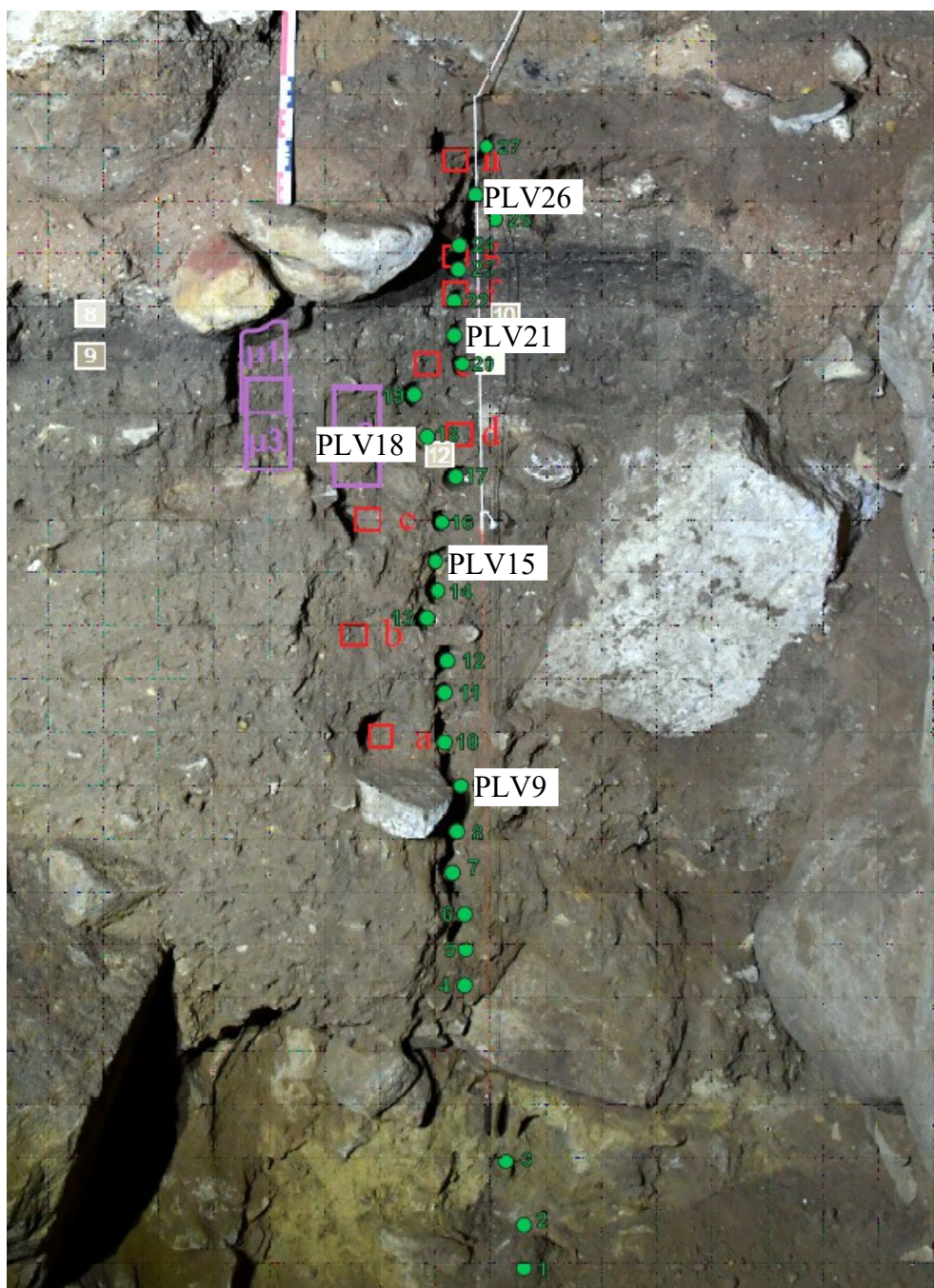


Figure 2. Photographie de la stratigraphie avec les positions des différents prélèvements de 2019 notés en vert. Notons les prélèvements réalisés par Heim en 1998 (cf. Fig. 10), numérotés de « a » à « h » en rouge.

## 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,
- de l'atlas photographique « pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord » (Reille, 1992).

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).

### 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 |                                            | PR 9 | PR 15 | PR 18 | PR 21 | PR 26 |
|----------------------------|--------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Pollens                    | Pinus                                      | 12   | 12    | 10    | 1     | 0     |
|                            | Pinus sylvestris                           | 4    | 4     | 0     | 5     | 2     |
|                            | Quercus                                    | 2    | 4     | 0     | 1     | 6     |
|                            | Ulmus                                      | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
|                            | Tilia                                      | 0    | 0     | 0     | 0     | 3     |
|                            | Corylus                                    | 0    | 0     | 1     | 1     | 7     |
|                            | Betula                                     | 2    | 0     | 1     | 0     | 1     |
|                            | Alnus                                      | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
|                            | POACEAE                                    | 1    | 4     | 0     | 1     | 4     |
|                            | CICHHORIOIDEAE                             | 8    | 5     | 4     | 5     | 1     |
|                            | ASTERACEAE                                 | 0    | 0     | 0     | 1     | 0     |
|                            | Cirsium                                    | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
|                            | Artemisia                                  | 0    | 0     | 1     | 0     | 0     |
|                            | Plantago lanceolata                        | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
|                            | Ericaceae                                  | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
|                            | Calluna                                    | 0    | 0     | 0     | 0     | 3     |
|                            | RANUNCULACEAE                              | 3    | 0     | 0     | 0     | 0     |
|                            | CYPERACEAE                                 | 0    | 2     | 6     | 8     | 4     |
|                            | JUNCACEAE                                  | 0    | 0     | 2     | 3     | 1     |
|                            | Callitriche                                | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
|                            | Lemna                                      | 0    | 1     | 0     | 0     | 1     |
|                            | Sagittaria                                 | 0    | 1     | 1     | 0     | 0     |
| Spores                     | Asplenium                                  | 8    | 3     | 0     | 7     | 0     |
|                            | Pteridium                                  | 0    | 1     | 0     | 0     | 0     |
|                            | Polypodiaceae                              | 0    | 0     | 1     | 3     | 3     |
|                            | Spore monolète                             | 15   | 9     | 3     | 11    | 24    |
|                            | Polypodium                                 | 0    | 0     | 0     | 0     | 1     |
|                            | Cystopteris                                | 3    | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Non pollinique             | Spore trilète                              | 1    | 1     | 1     | 1     | 0     |
|                            | Améropores – Type TM-505                   | 0    | 1     | 2     | 2     | 4     |
|                            | Améropores – Type HdV-207                  | 6    | 12    | 5     | 8     | 1     |
|                            | Spores algales et supposées – Type HdV-954 | 1    | 0     | 0     | 0     | 0     |
|                            | Spores algales et supposées – Type HdV-181 | 3    | 2     | 1     | 2     | 1     |
|                            | Spores algales et supposées – Type HdV-182 | 0    | 1     | 1     | 0     | 0     |
|                            | SOM. pollen (somme de base)                | 32   | 33    | 26    | 26    | 39    |
|                            | SOM. Sporo-pollinique                      | 59   | 47    | 31    | 48    | 67    |
|                            | CONC. ABS Pollen (nb / cm3)                | 2085 | 8047  | 7528  | 4235  | 3696  |
|                            | CONC. ABS Pollen et Spores (nb / cm3)      | 3844 | 11460 | 8976  | 7818  | 6349  |

Figure 4. Opération archéologique de la grotte de la Karelslé, Waldbillig (Luxembourg). Comptages correspondant aux pollens et spores déterminés dans chacun des 5 prélèvements testés. 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 comptés | Concentration absolue pollen spores | Concentration absolue pollen uniquement | Etat de conservation | Diversité taxonomique | Remarque                 | Ordre de priorité |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| PR 9                  | 32                        | 59                       | 80                              | 3844                                | 2085                                    | Mauvais              | 11                    | Très frag.               | 4                 |
| PR 15                 | 33                        | 47                       | 19                              | 11460                               | 8047                                    | Mauvais              | 12                    | Très frag., bcp de pinus | 4                 |
| PR 18                 | 26                        | 31                       | 18                              | 8976                                | 7528                                    | Mauvais              | 11                    | Bcp de MO, très frag.    | 4                 |
| PR 21                 | 26                        | 48                       | 32                              | 7818                                | 4235                                    | Mauvais              | 13                    | Bcp de MO, très frag.    | 3                 |
| PR 26                 | 39                        | 67                       | 55                              | 6349                                | 3696                                    | Moyen                | 20                    | Plus de diversité        | 3                 |

Figure 5. Opération archéologique de la grotte de la Karelslé, Waldbillig (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. Quelques faits remarquables sont aussi indiqués. Un ordre de priorité d'analyses des échantillons est proposé en tenant compte de ces résultats.

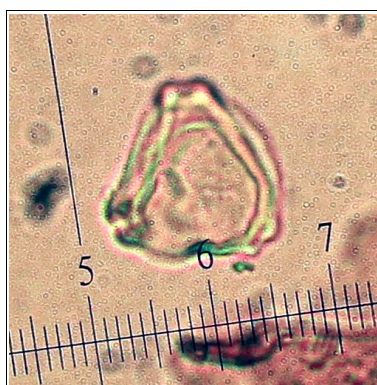


Figure 6. Opération archéologique de la grotte de la Karelslé, Waldbillig (Luxembourg). Photographie d'un pollen de bouleau (*Betula sp.*), grossissement x1000, l'échelle représente des micromètres. Prélèvement n°9.

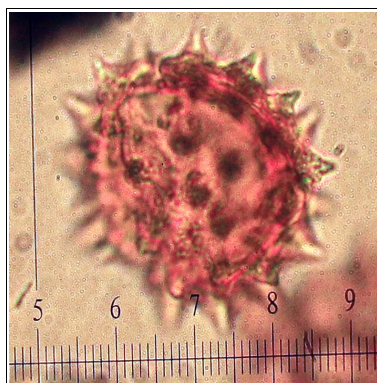


Figure 7. Opération archéologique de la grotte de la Karelslé, Waldbillig (Luxembourg). Photographie d'un pollen de chardon (*Cirsium sp.*), grossissement x1000, l'échelle représente des micromètres. Prélèvement n°26.



Figure 8. Opération archéologique de la grotte de la Karelslé, Waldbillig (Luxembourg). Photographie d'un pollen de pin type sylvestre (*Pinus sylvestris*), grossissement x1000, l'échelle représente des micromètres. Prélèvement n°15.

## 4. PRECONISATIONS

L'observation des échantillons a livré des résultats assez pauvres en microrestes (les concentrations absolues en pollen excèdent à peine 8000 pollens / mL ce qui est peu comparé aux concentrations obtenues dans des dépôts organiques, souvent supérieurs à 50000 pollens / mL). 22 taxons polliniques, sept types de spores et quelques microfossiles non polliniques ont été identifiés lors de ces tests (Fig. 4 et 5). Le prélèvement n°26 apparaît un peu plus diversifié.

La détection systématique des spores de Lycopodes introduits dans les volumes extraits (de 18 à 80 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 nombre de Lycopodes est parfois assez pauvre (exemple 18 et 19 grains dans les échantillons 15 et 18), mais cela s'explique par des concentrations de débris organiques plus importants pour ces 2 échantillons, rendant la lecture des lames plus difficiles.

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. Une partie des grains observés correspond à des taxons résistants à la corrosion comme par exemple les Cichorioïdées et les spores monolètes (Fig. 4). La nature des sédiments à dominance minérale laisse penser que les pollens se sont trouvés dans des contextes aérobies propices à l'oxydation biologique ou physico-chimique.

Les quelques pollens et spores identifiés, correspondent à des végétations aquatiques, arborescentes et herbacées :

- Des pollens de pin (*Pinus sp.*), bouleau (*Betula sp.*), noisetier (*Corylus sp.*), de chêne (*Quercus sp.*), de tilleul (*Tilia sp.*), d'orme (*Ulmus sp.*) et d'aulne (*Alnus sp.*) ont été détectés. Si le pin, le noisetier, le bouleau sont assez typiques des périodes de reboisement du Préboréal et du Boréal, la détection du chêne, du tilleul, de l'orme est un peu plus surprenante car ces taxons caractériseraient davantage les forêts mésophiles de l'Atlantique.

- Pour ce qui concerne les végétations herbacées nous avons détecté quelques grains de graminées (Poacées), d'Asteracées et de Cichorioïdées pouvant correspondre à des végétations de prairies ou friches et jachères. La présence du plantain (PLV26) pourrait être un indicateur de sols piétinés. La détection de bruyères (*Calluna sp.* et *Ericacées*) indique la présence de landes (prélèvement 26). Les effectifs observés sont évidemment trop faibles pour pouvoir davantage affiner l'image des associations végétales environnantes pour le moment.

- Quelques attestations d'aulne (*Alnus sp.*), de lentilles d'eau (*Lemna sp. ?*) témoignent de zones humides (ex. Bords de rivière, zone alluviale) et de zones inondées (ex. mares, fossés).

- Enfin, notons l'identification de quelques microfossiles non polliniques : des spores algales et supposées de type « HdV 954 » et quelques microrestes hyalins du type « HdV 182 » et « HdV 181 ». Ils seraient caractéristiques d'eaux stagnantes peu profondes < 5 cm (C. Cugny, 2011).

Au regard de l'état de conservation global des pollens, de la diversité observée, la poursuite de l'analyse de ces échantillons paraît possible mais en envisageant plusieurs montages de lames et des temps d'observation assez conséquents, sans toutefois espérer obtenir une image exhaustive des paléovégétations, car la sur-représentation des pollens les plus résistants (ex. Cichorioïdées) indique dès à présent une déformation de la composition de la pluie pollinique.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

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.

GAUDIN L., 2019 – Analyse palynologique de la grotte diacalse de la « Karelsé » (Waldbillig). Reprise et interprétation des observations effectuées par J. Heim en 1992. *Bulletin du centre national de recherche archéologique*, 2019-5, 20-53.

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.

## 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)

Elimination des fluorosilicates.

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

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

#### Rinçage

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

#### Filtration

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

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

**12-** Récupérer le résidu, une fois bien lavé, avec la pissette dans un tube à fond



conique de 50ml en polypropylène. Bien froisser le filtre entre les doigts pour décoller éventuellement les micro-organismes qui pourraient rester sur le filtre.

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

**14 – En fonction du caractère organique du résidu il est parfois nécessaire d'effectuer un traitement supplémentaire au HNO3 :** Séparation du culot en 2 puis sur une moitié, attaque HNO3 2mn, filtration 10µ, 20s Ultra son, 2mn HNO3, filtration 10µ

### Montage

#### Montage à la glycérine bidistillée phénolée (lames mobiles)

Cette technique de montage est utilisée pour l'étude des grains de pollen.

**14b-** Poser une lame sur la plaque chauffante (T° 200°C-250°C), mettre sur celle-ci une goutte de glycérol (*voir annexes*), ajouter quelques gouttes de résidus, doser suivant la concentration voulue. Laisser évaporer l'eau. Pendant ce temps préparer la lamelle en posant sur les longueurs de la lamelle de l'histolaque. Une fois l'évaporation terminée poser la lamelle sur la lame. Retirer la lame de la plaque chauffante et luter les deux côtés restants.

### Conservation

**15-** Pour la conservation remplir les tubes de 8cc d'eau distillée, puis ajouter quelques gouttes de glycérine bidistillée phénolée

### Annexes

- Fournisseur des pastilles de lycopodes

Lund University  
Department of Geology  
Quaternary Sciences  
Sölvegatan 12  
SE-223 62 Lund  
Sweden  
Fax : 46-46-2224830

- Fournisseur des filtres de 10µm

Saulas et Cie  
5, rue des epinettes  
BP 20  
10160 Paisy cosdon  
fax : 03 25 40 74 87

- Préparation de la gélatine glycinée

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

- Préparation du glycérine bidistillée phénolée pour la conservation

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

## 6.2. Description des échantillons et des traitements

| SERIE N° | Nom du demandeur | TECH | Date       | Coul (N,B,R,V) | Sol Exotique (lycopodes...) | Nombre grains | Num (1-8) | NOM DE LA CAROTTE | TRONCON | Prof top | Prof base | VOL | HCL | HF 48% | HF 70% | Filtration 8 postes | KOH chaud | filtration 5/10/15 microns | filtration Ultrason(s) | Type de montage (G,L) | Date de montage | NB de lame | Résidu (I,M,F,N) |
|----------|------------------|------|------------|----------------|-----------------------------|---------------|-----------|-------------------|---------|----------|-----------|-----|-----|--------|--------|---------------------|-----------|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|------------|------------------|
| 2394     | GAUDIN           | MG   | 17/12/2019 | V              | lycopodes                   | 20848         | A         | KARELBLE LUX PAL  | 9       |          |           | 4   | X   | X      | X      |                     |           | 10                         | 40                     | L                     | 14/1/20         | 1          | M                |
| 2394     | GAUDIN           | MG   | 17/12/2019 | V              | lycopodes                   | 20848         | B         | KARELBLE LUX PAL  | 15      |          |           | 4,5 | X   | X      | X      |                     |           | 10                         | 40                     | L                     | 14/1/20         | 1          | M                |
| 2394     | GAUDIN           | MG   | 17/12/2019 | V              | lycopodes                   | 20848         | C         | KARELBLE LUX PAL  | 18      |          |           | 4   | X   | X      | X      |                     |           | 10                         | 40                     | L                     | 14/1/20         | 1          | M                |
| 2394     | GAUDIN           | MG   | 17/12/2019 | V              | lycopodes                   | 20848         | D         | KARELBLE LUX PAL  | 21      |          |           | 4   | X   | X      | X      |                     |           | 10                         | 40                     | L                     | 14/1/20         | 1          | M                |
| 2394     | GAUDIN           | MG   | 17/12/2019 | V              | lycopodes                   | 20848         | E         | KARELBLE LUX PAL  | 26      |          |           | 4   | X   | X      | X      |                     |           | 10                         | 40                     | L                     | 14/1/20         | 1          | M                |

Figure 9. Informations transmises pour les calculs des concentrations absolues (UMR EPOC).

## 6.3. Etude pollinique réalisée par J. Heim en 1998

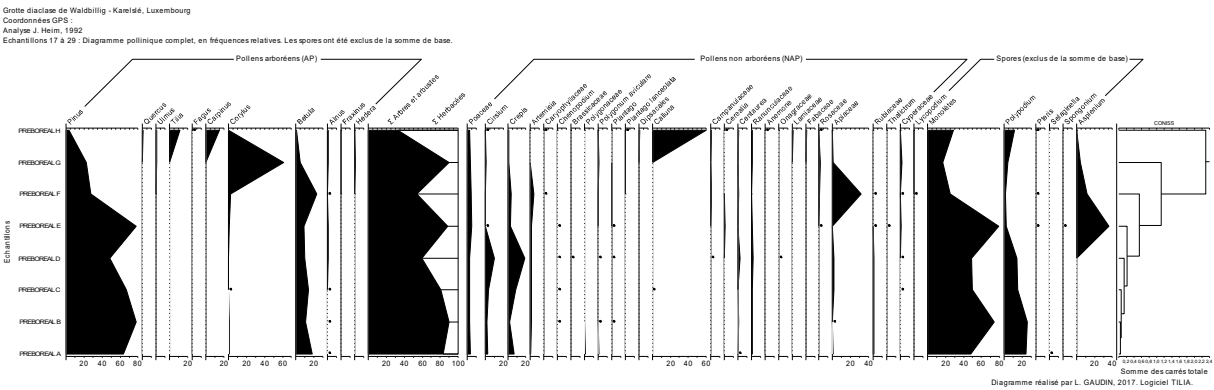


Figure 10. Diagramme réalisé à partir des 8 prélèvements effectué sur la même stratigraphie par J. Heim en 1998.