

## INTRODUCTION

Cet article a pour objectif d'établir un bilan spatial et temporel des données archéobotaniques luxembourgeoises de l'Holocène. Il est destiné tout particulièrement aux archéologues et chercheurs travaillant sur l'histoire des paysages végétaux depuis la dernière glaciation.

Ce travail repose sur un inventaire géolocalisé de l'ensemble des résultats archéobotaniques luxembourgeois publiés depuis les années 1950. Ces études correspondent à des analyses palynologiques (études de pollens fossiles), des analyses anthracologiques (étude de charbons de bois) et des analyses carpologiques (études de graines fossiles ou carbonisées). Ce bilan a permis de constater quelles étaient les périodes et secteurs documentés mais aussi de mieux cerner les points faibles et les facteurs expliquant la répartition spatiale des études.

# Bilan des études archéobotaniques luxembourgeoises holocènes publiées entre les années 1950 et 2018

LOÏC GAUDIN

## 1. CADRE BIOGÉOGRAPHIQUE, SPÉCIFICITÉS ÉCOLOGIQUES

La géologie du territoire luxembourgeois correspond à un ensemble d'étages géologiques s'échelonnant de l'ère primaire au Quaternaire et se divise en trois grandes entités géomorphologiques aux végétations distinctes:

- L'Oesling, région couvrant la partie nord du pays. Elle fait partie du massif des Ardennes. Cet ensemble, s'élève entre 400 et 560 mètres. Les roches sont essentiellement composées de schistes plissés datant du Primaire. C'est aujourd'hui une région boisée de forêts de chênes et de pins.
- Le Gutland, couvrant la partie méridionale du pays soit les deux tiers du territoire. Il est caractérisé par ses formations triasiques et jurassiques en cuesta s'élevant entre 250 et 450 mètres d'altitude, entaillé par des vallées parfois encaissées. Cette entité géologique se prolonge en Belgique avec la Gaume, en France avec la Lorraine et le *Bitburger Gutland* en

Allemagne. Ces terrains sont l'extension orientale du bassin de Paris. Le Gutland est constitué pour l'essentiel de campagnes et de forêts. Dans le sud-ouest du Gutland, le pays des terres rouges, le sous-sol livre du minerai de fer phosphoreux oolithique, la minette, exploitée depuis le Moyen Âge. Cette ressource a permis de développer au Luxembourg une puissante industrie sidérurgique à partir du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'aux années 1970.

- La vallée de la Moselle, longeant la partie orientale du Luxembourg. Relativement large à partir de Schengen, elle devient ensuite plus encaissée.

Le climat montre des traits à la fois océaniques et continentaux. En effet, même si le Luxembourg est assez distant de la Manche et de l'Atlantique, il est pourtant sous influence océanique car il n'existe pas de véritables barrières physiques à l'ouest. Aussi, le climat oscille entre des périodes climatiques de type «océanique» (écarts saisonniers faibles, hivers doux et humides) et des périodes climatiques aux traits «continentaux»

(écarts de températures marqués, hivers rudes et étés pluvieux, chauds). L'influence océanique amène potentiellement des précipitations en toute saison. Le climat est donc tempéré avec peu de fluctuations et à tendance humide et froide. Actuellement, l'influence océanique se concrétise par le développement de plusieurs espèces végétales aux traits écologiques Atlantique (REICHLING 1954).

L'étude de Guiot et Couteaux (GUIOT, COU-TEAUX 1992), montre qu'un climat « semi-conti- nental » (précipitations maximales en juillet et des températures inférieures à 20°C entre juillet et janvier) se met en place avec le début de la période Holocène. Ce changement se produit il y a environ 12 000 ans, avec un brusque réchauf- fement au Préboréal et la remontée importante des niveaux marins. Le climat que nous connais- sons actuellement serait stable depuis environ 3000 ans (période du Subatlantique). Selon l'Observatoire hydro-climatologique du Grand- Duché de Luxembourg, la température oscille entre 0°C l'hiver et 16,9°C l'été. Les reliefs un peu plus marqués des Ardennes entraînent de légères variations de températures, plus fraîches au nord dans l'Oesling, et plus douces dans le Gutland. On constate aussi un gradient d'ordre pluviométrique principalement d'axe ouest- est, induit par les hauteurs de la partie ouest et centrale du Luxembourg. La bordure occiden- tale du territoire est davantage pluvieuse (900 à 1000 mm/an) que la partie orientale (700 à 800 mm/an dans le sillon mosellan).

Ces caractéristiques climatiques et géomorpho- logiques impliquent une répartition des en- sembles écologiques en quatre grandes entités ou « domaines écologiques » : l'Oesling au nord du pays, le Gutland au centre, le Bassin de la Minette au sud-ouest et la Vallée de la Moselle au sud-est (RONDEUX *et al.* 2005).

La forêt luxembourgeoise couvre actuellement environ 89 000 ha, ce qui représente un peu plus d'un tiers du territoire du pays (RONDEUX *et*

*al.* 2005). Les principaux types de forêts « natu- relles » inventoriés sur le territoire du Grand- Duché sont pour partie des hêtraies. Le hêtre semble avantagé par le contexte géomorpho- logique (étages collinéen et montagnard) et le cli- mat plus ou moins océanique avec une humidité atmosphérique élevée (RAMEAU *et al.* 1989; DARMOIS-THEOBALD 1976). Sans l'intervention de l'homme la hêtraie serait probablement la végétation climacique majoritaire de la forêt luxembourgeoise.

L'inventaire forestier du Luxembourg effectué en 2011 (Fondation *Hellef fir d'Natur*) permet de distinguer les principales formations forestières. On observe la hêtraie à mélèque et aspérule (syntaxon *Melico-Fagetum*) largement répartie au Luxembourg. Elle se trouve dans les stations les plus riches de l'Oesling (vallons et bas de pente) mais aussi au Gutland sur les sols neutres à légèrement alcalins. La hêtraie calcicole (syn- taxon *Carici-Fagetum*) est localisée sur les sols calcaires du bassin minier. La hêtraie à luzule blanche (syntaxon *Luzulo-Fagetum*) est l'asso- ciation naturelle la plus fréquente de l'Oesling. Elles ont néanmoins souvent été transformées en taillis de chênes dans cette région. On ob- serve plusieurs types de chênaies dans l'Oesling : les chênaies à luzule (syntaxon *Luzulo-Querce- tum*), les chênaies à bouleau (syntaxon *Betulo- Quercetum*) et les chênaies-charmaies (syntaxon *Quercu-Carpinetum*). Elles se sont progressive- ment substituées aux hêtraies originelles. Parmi les autres formations forestières, notons l'éra- blaie de ravin (syntaxon *Tilio-Acerion*), les boi- sements des zones alluviales tels que l'ormai- e-frênaie (syntaxon *Ulmo-Fraxinetum*), la saulaie (syntaxon *Salicion*), l'aulnaie-frênaie (syntaxon *Alno-Fraxinetum*). Dans les zones plus humides, on détecte l'aulnaie marécageuse (syntaxon *Alnion glutinosae*) et la boulaie tourbeuse (syn- taxon *Betuletum Pubescentis*).

En ce qui concerne les arbres, les feuillus les plus fréquemment observés dans les strates arbores- centes des forêts mésophiles sont le hêtre (*Fagus*

*sylvatica*), le chêne pédonculé (*Quercus robur*) et le chêne sessile (*Quercus petraea*). Parmi les autres arbres, citons l'érable champêtre (*Acer campestre*), l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), le frêne commun (*Fraxinus excelsior*), le merisier (*Prunus avium*), le charme (*Carpinus betulus*), l'orme de montagne (*Ulmus glabra*), le tilleul à petites feuilles (*Tilia cordata*), le tilleul à grandes feuilles (*Tilia platyphyllos*), le bouleau verruqueux (*Betula pendula*), le noisetier (*Corylus avellana*), l'alisier (*Sorbus torminalis*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*). Pour ce qui concerne les formations hygrophiles, on observe l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), le bouleau pubescent (*Betula pubescens*), le saule blanc (*Salix alba*), le saule des vanniers (*Salix viminalis*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), le tremble (*Populus tremula*), le peuplier noir (*Populus nigra*) et l'orme lisse (*Ulmus laevis*).

À partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et surtout après la seconde guerre mondiale, de nombreux terrains jugés peu rentables, comme des taillis et des terrains pentus de l'Oesling ont été plantés de résineux formant des pessières, douglasières, pineraies, mélèzières et peuplements mixtes. Le résineux le plus introduit est l'épicéa commun (*Picea abies*).

## LA QUESTION DU PIN SYLVESTRE

L'origine de quelques populations de pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) régulièrement observées sur le sommet des falaises de grès de Luxembourg fait débat (par exemple falaise en bordure du plateau de Berdorf, LEESCH *et al.* 2017). Il pourrait s'agir de populations relictuelles qui se seraient maintenues depuis le Tardiglaciaire. Cette hypothèse avancée par Diederich et Schwenninger (DIEDERICH, SCHWENNINGER 1990), mais aussi par Muller (MULLER 2005) dans les Vosges du Nord, est basée à la fois sur des résultats génétiques, phytosociologiques (par exemple ces pins sont associés à des lichens héliophiles *Imshaugia aleurites*

(Ach.)) et palynologiques. En effet, d'après les résultats palynologiques luxembourgeois et des régions voisines (SCHWENNINGER 1989; RUFFALDI 1999; VERGNE *et al.* 2004; VAN MOURIK 2017), le pin sylvestre est largement détecté au Préboréal et au Boréal, puis sa présence se raréfie au profit des feuillus au cours de l'Holocène, sans toutefois jamais totalement disparaître (SCHWENNINGER 1989). Bien que séduisante, la persistance de ces populations de pin sylvestre jusqu'à nos jours n'a toutefois pas été confirmée par les autres études archéobotaniques (anthracologie ou carpologie). En effet, seuls quelques rares charbons de pin ont été identifiés dans les niveaux néolithiques et protohistoriques de la grotte de la « Karelslé » (PERNAUD 2001). En revanche, aucun fragment n'a semble-t-il été observé sur le site rubané et protohistorique de Remerschen – « Schengerwis » (DAMBLON, HAUZER 2009) ni sur les sites archéologiques des périodes antiques ou médiévales (LEESCH *et al.* 2017). Ces pineraies « indigènes » ont été étudiées (SIGNORET *et al.* 2005). Elles sont caractérisées par des biotopes extrêmes (expositions, températures et vents) en plus de substrats souvent secs et pauvres. Ces conditions abiotiques difficiles auraient empêché le hêtre de concurrencer le pin sylvestre dans ces secteurs (DIEDERICH, SCHWENNINGER 1990).

## 2. INVENTAIRE SPATIO-TEMPOREL DES RÉSULTATS ARCHÉOBOTANIQUES

### 2.1. HISTORIQUE DES ÉTUDES ARCHÉOBOTANIQUES AU LUXEMBOURG.

Les premières études correspondent aux travaux palynologiques de J. Sauvage (SAUVAGE 1952; SAUVAGE 1956). Ces études, de faible résolution et difficilement localisables, décrivent principalement l'évolution des taux de pollens d'arbres. À défaut de datations radiocarbone, l'auteur s'est appuyée sur l'évolution des principaux taxons (chêne et hêtre) pour dater les séquences polliniques: probablement le Subboréal et le

Subatlantique. Néanmoins, la faible densité des échantillons et l'absence de nombreux taxons polliniques des diagrammes rendent difficiles l'interprétation des dynamiques végétales.

Une seconde vague d'études correspond aux travaux de M. Couteaux, qui réalisa d'importantes campagnes de sondages et d'analyses palynologiques en Belgique et au Gutland à la fin des années 1960 (COUTEAUX 1969; COUTEAUX 1970; HEUERTZ 1969). Les premiers sondages de la Vallée de la Sûre à Echternach et à Berdorf ont été réalisés en 1970 (COUTEAUX 1970). Même si les datations radiocarbone effectuées alors sont en nombre insuffisant et parfois remises en causes (effet réservoir), les diagrammes polliniques réalisés sont suffisamment détaillés pour décrire des dynamiques végétales. Une série de quatre sondages a notamment été réalisée dans un ancien méandre de la Sûre entre 1963 et 1965, formant la séquence pollinique d'Echternach-« Letschen ». C'est actuellement encore une séquence de référence. Elle recouvre le Tardiglaciaire (depuis le Dryas ancien) et l'ensemble des périodes de l'Holocène. Cette séquence a fait l'objet de modélisations climatiques (GUIOT, COUTEAUX 1992) et d'un diagramme synthétique (LEESCH *et al.* 2017).

En 1978, Riezebos et Slotboom publient une étude pollinique réalisée dans l'Oesling (tourbière d'Husterbaach), détaillant des niveaux de la seconde partie du Moyen-Age à nos jours (RIEZEBOS, SLOTBOOM 1978).

Il faut ensuite attendre le milieu des années 1980 pour voir apparaître de nouvelles études. Dans les années 1970 l'objectif des études, essentiellement palynologiques, était de mieux connaître la paléoécologie et les étapes de la reconquête végétale en liaison avec le réchauffement climatique holocène. À partir des années 1980 et 1990, les études botaniques sont appliquées à l'archéologie et visent à mieux cerner les interactions de l'Homme avec son environnement.

Désormais la majorité des d'études archéobotaniques sont réalisées en relation avec des opérations ou des contextes archéologiques.

En 1984, sont publiés les premiers résultats des études carpologiques et anthracologiques effectuées par D. Leesch sur le site mésolithique de Berdorf – « Kalekapp 2 » (BLOUET *et al.* 1984). Ces études seront reprises et publiées plus tard (LEESCH *et al.* 2017).

En 1989, Schwenninger décrit les résultats polliniques de plusieurs analyses réalisées dans un petit marais situé en bordure du plateau dominant la vallée de l'Ernz noire « Dauwelsmuer », situé à environ deux kilomètres du site de Berdorf – « Kalekapp 2 ». Cette étude décrit l'évolution de la végétation des périodes allant de la fin du Boréal au Subatlantique.

Au début des années 1990, J. Heim et I. Jadin (HEIM, JADIN 1992) publient les résultats palynologiques et carpologiques des opérations archéologiques de deux villages du Rubané de la Moselle (sites de Weiler-la-tour – « Holzdreich » et Alzingen – « Grossfeld »).

En 2000, E. Gauthier réalise deux études polliniques dans des mardelles du Gutland, à Mersch et à Hellange (GAUTHIER 2000). Elle constate des paléopaysages locaux anthropisés, correspondant à la seconde moitié du Subatlantique (époque romaine, Moyen-Age et époque moderne à Mersch).

Autres résultats en relation avec des sites archéologiques :

- les études palynologiques et anthracologiques du site rubané et protohistorique de Remerschen – « Schengerwis » (HAUZER, HEIM 2004; HAUZER 2006; DAMBLON, HAUZER 2009),
- les études anthracologiques et palynologiques du site mésolithique d'Heffingen – « Loschbour » (BROU *et al.* 2015),

- les études palynologiques et anthracologiques effectuées sur les niveaux de comblements mésolithiques, néolithiques et protohistoriques de la grotte de « Karelslé » (Waldbillig). Les études anthracologiques ont été réalisées par J.-M. Pernaud (PERNAUD 2001). Les études polliniques ont été effectuées par J. Heim en 1992. Les résultats ont été synthétisés par L. Gaudin (GAUDIN 2017).

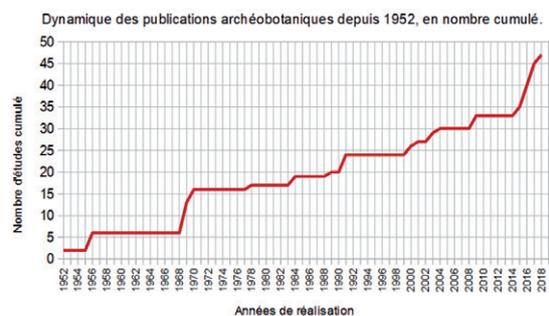
En 2009, dans le cadre de travaux d'aménagement de l'autoroute Luxembourg-Ettelbruck (Nordstrooss), un viaduc a été construit près de Lorentzweiler pour la traversée de la vallée de l'Alzette. La synthèse des nombreux forages géotechniques a permis d'obtenir des informations sur les dépôts sédimentaires de la vallée depuis la fin de la dernière glaciation. Des études palynologiques réalisées par P. Ruffaldi sur des niveaux organiques ont mis en évidence des enregistrements datant du Boréal, du Préboréal, Tardiglaciaire (Bölling) et même du Pléni-glaciaire supérieur (NATON *et al.* 2009; CORDIER *et al.* 2014).

Les dernières années ont été particulièrement prolifiques (*Fig. 1*). En 2016 puis en 2017, plusieurs études palynologiques ont été entreprises sur des mardelles par M. van Mourik (VAN MOURIK *et al.* 2016; VAN MOURIK 2017). Les résultats des mardelles de Medernach Seitert, Brasert, Michelbouch Biischtert ont été publiés en 2016, puis de Kalefeld, Beaufort et Berdorf en 2017. En 2016, les résultats des études palynologiques et des tests archéométriques ont permis de proposer l'hypothèse d'une utilisation des mardelles pour l'extraction d'argile destinée à la production de céramiques romaines. Afin d'avoir une séquence référentielle, les chercheurs ont repris l'étude du marais de « Dauwelsmuer ». Cette nouvelle étude pollinique permet de documenter de nouveau les niveaux sédimentaires identifiés par Schwenninger (SCHWENNINGER 1989), mais avec une meilleure résolution et couplée à

des datations  $^{14}\text{C}$ . Le niveau le plus profond, un niveau sableux humique, n'est pas daté et a pu subir des percolations de pollens des niveaux supérieurs. L'enregistrement pollinique s'étale de l'Atlantique au Subatlantique. Une autre étude palynologique de zone humide a été réalisée en 2017. Il s'agit de l'étude de « Roudbaach ». Celle-ci permet de décrire des dynamiques végétales couvrant l'ensemble de l'Holocène (VAN MOURIK 2017; VAN MOURIK *et al.* 2017).

Enfin, plus récemment deux opérations archéologiques réalisées sur des sites artisanaux et militaires ont fait l'objet d'études anthracologiques et carpologiques :

- l'étude anthracologique menée lors de l'opération de Capellen-« Zolwerfeld » sur les vestiges d'un atelier sidérurgique du bas Moyen-Age, a permis de définir les bois utilisés (BROU *et al.* 2016),
- l'opération de Luxembourg, « Beim-Kleinen-Weiher » sur le Ban de Gasperich (DHESSE *et al.* 2018), sur les vestiges d'un camp militaire français de 1794-1795 en relation avec le siège de la place de Luxembourg par les armées révolutionnaires, a livré des carporestes et de nombreux charbons renseignant sur les conditions de vie du camp.



(*Fig. 1*) — Évolution du nombre de publications depuis 1952 en nombre cumulé.

## 2.2. LES TYPES D'ÉTUDES ARCHÉOBOTANIQUES UTILISÉS

47 études archéobotaniques ont été inventoriées sur le territoire du Luxembourg depuis 1952. Plusieurs types d'études ont été discernés lors de cet inventaire. En plus des trois catégo-

ries d'études (palynologie, anthracologie, carpologie), nous avons pris en compte le contexte de dépôt ou de collecte des études lorsque l'information était disponible.

Les principales caractéristiques de ces études sont rassemblées dans le tableau de la figure 2.

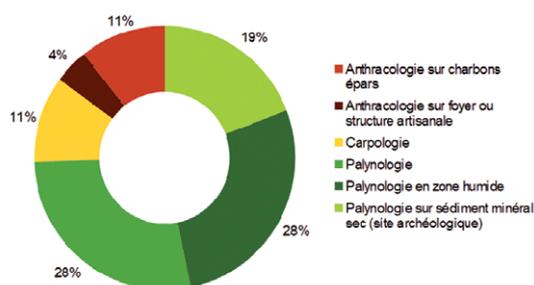
	INFORMATIONS D'ORDRE CULTUREL	INFORMATIONS D'ORDRE NATUREL	REMARQUES
PALYNOLOGIE EN CONTEXTE DE ZONE HUMIDE (HISTOSOLS)	- taxons allochtones, - impact humain, (défrichements, sylviculture, landes brûlées, pâturées...).	- groupements végétaux des zones humides et locaux, - grandes formations régionales.	Tenir compte des paramètres propres aux sites tels que les vents, la topographie, les conditions taphonomiques
PALYNOLOGIE SUR SÉDIMENT MINÉRAL SEC (SITE ARCHÉOLOGIQUE)	- taxons allochtones, - impact humain, (défrichements, sylviculture, landes brûlées, pâturées...).	- groupements végétaux locaux, - grandes formations régionales.	Tenir compte des paramètres propres aux sites tels que les vents, la topographie, les conditions taphonomiques. Les conservations différentielles sont fréquentes dans ce type de sédiment.
ANTHRACOLOGIE SUR PRÉLÈVEMENT ÉPARS OU FOYER DOMESTIQUE DE LONGUE DURÉE	- taxons ligneux allochtones, - aire de ramassage, - technique de gestion forestière, - système technique des foyers.	- groupements végétaux locaux, - grandes formations régionales (nature des forêts), - information sur la structure des boisements (densité) via des mesures dendrologiques.	Précisions sur le mode opératoire des foyers (allumage et entretien des foyers)
ANTHRACOLOGIE SUR FOYER OU STRUCTURE ARTISANALE (FOURS, BAS-FOURNEAUX)	- taxons ligneux allochtones, - modes opératoires des structures artisanales.		Précisions sur les modes opératoires, techniques des foyers
CARPOLOGIE	- taxons allochtones (détails taxonomiques généralement plus précis que par la palynologie).	- groupements végétaux locaux (groupements de cultures notamment).	Précisions sur les activités agricoles (cultures)

| (Fig. 2) — Principales caractéristiques et informations potentiellement accessibles par chaque technique archéobotanique.

On constate une forte prépondérance des études palynologiques qui représentent les trois quarts des études (75 %). On distingue 28 % d'études réalisées en zone humide (dont les études de mardelles) et 19 % d'études effectuées dans des contextes à dominance minérale, généralement des sites archéologiques (Fig. 3). Le contexte des autres études palynologiques est resté indéfini. Rappelons à ce sujet que les études palynologiques réalisées dans des zones humides présentent généralement des contextes anaérobies plus favorables à la conservation des matières organiques (histosols) et de l'ensemble des pollens, alors que les études réalisées en contexte minéral sec sont davantage sujettes à la conservation des pollens les plus résistants (conservations différentielles). De fait, les études polliniques de zones humides présentent des diversités taxonomiques plus riches et permettent potentiellement la restitution de dynamiques végétales détaillées sur des chronologies longues (par exemple tourbière d'Echternach-« Letschen » et marais de « Dauwelsmuer »).

Environ 15 % des études correspondent à des études anthracologiques. Elles sont réalisées dans le cadre des opérations archéologiques. On distingue les études de charbons provenant de structures archéologiques ciblées ou isolées avec 4 % des études (par exemple foyers, fours) et les études de charbons provenant d'échantillons sédimentaires de l'ensemble (ou d'une sélection selon problématique) des structures des sites (11 %). Rappelons que les études anthracologiques de charbons collectés de manière systématique livrent généralement des résultats plus pertinents sur l'usage des essences, les aires de récolte, etc. que les études ciblées (CHABAL *et al.* 1999).

Enfin, 11 % des résultats archéobotaniques sont des études carpologiques. Elles sont systématiquement associées à des opérations archéologiques.



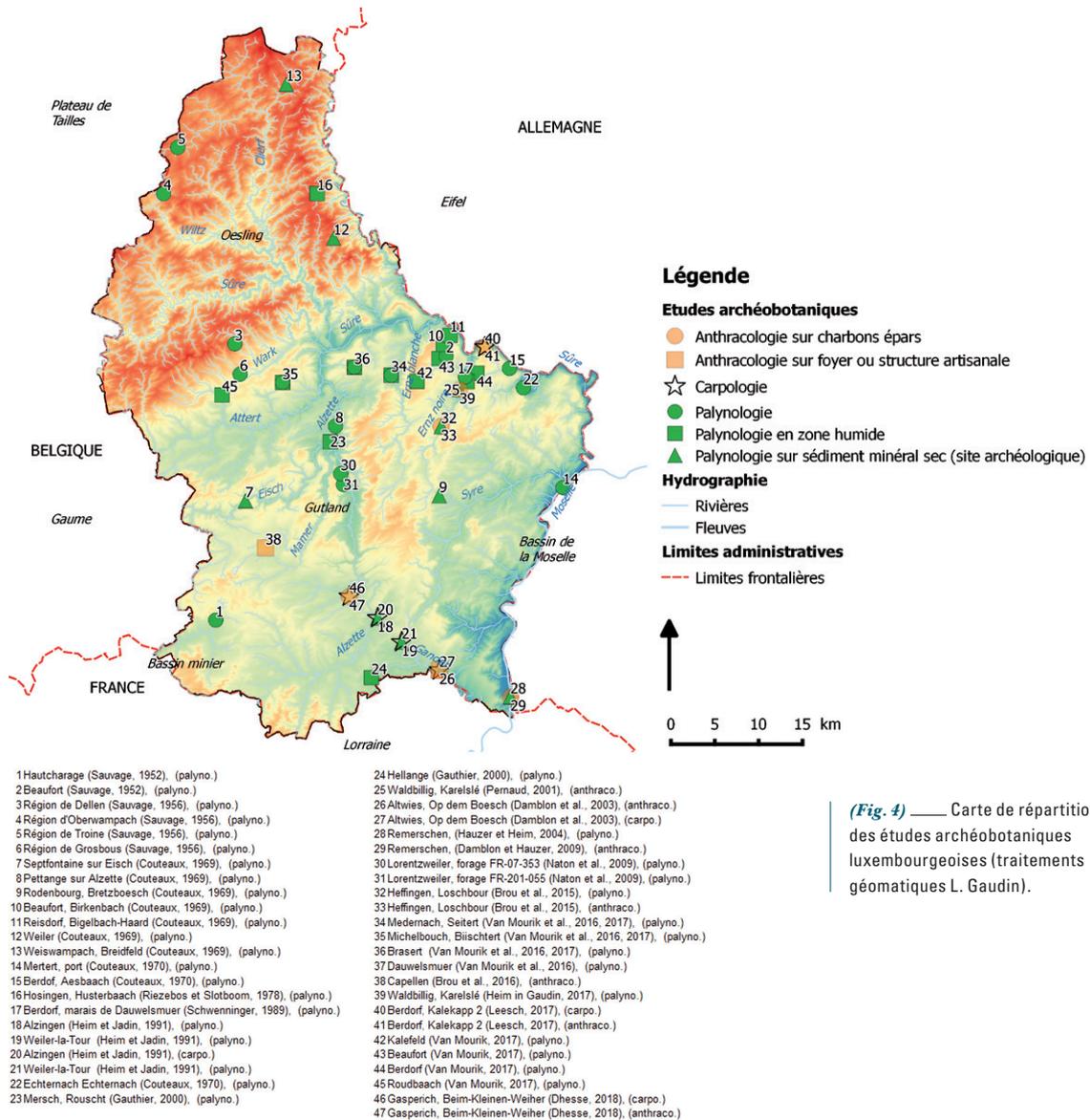
(Fig. 3) — Proportion des différents types d'études archéobotaniques.

### 2.3. LA RÉPARTITION SPATIALE DES ÉTUDES ARCHÉOBOTANIQUES

La cartographie des études archéobotaniques (Fig. 4) montre une concentration plus marquée d'études dans la partie centre-est du Luxembourg. Même si certains secteurs sont moins pourvus (par exemple partie centrale de l'Oesling, sud-est du Gutland), il n'existe pas de régions totalement vides d'études.

Une analyse spatiale utilisant la méthode des quadrats met en évidence une distribution des études plutôt en agrégats, et ce à différentes échelles d'échantillonnage (Fig. 5 et 6).

La distribution spatiale des études archéobotaniques dépend de facteurs propres à chaque discipline. En effet, les études anthracologiques, carpologiques voire certaines études palynologiques sont en lien direct avec les opérations archéologiques. Ce sont donc d'une part, les facteurs propres à la répartition des sites archéologiques qui expliquent cet effet en agrégat (zones de prospection, zones d'aménagements dynamiques, programmes de recherche). D'autre part, les approches multi-proxy visant à réaliser plusieurs types d'analyses archéobotaniques sur un même site favorisent aussi les concentrations d'études (par exemple site de Berdorf – « Kalekapp 2 », site de Heffingen-« Loschbour », site de Waldbillig-« Karelsé »).



(Fig. 4) — Carte de répartition des études archéobotaniques luxembourgeoises (traitements géomatiques L. Gaudin).

Les études palynologiques peuvent aussi contribuer aux recherches paléoenvironnementales notamment pour reconstituer les dynamiques végétales sur de longues durées. Pour ce type de recherche, les emplacements sont choisis avant tout en fonction de la qualité du potentiel palynologique. Or, ce sont les contextes de sédimentation anaérobie qui sont les plus prometteurs car moins sujets aux conservations différentielles (par exemple zones humides: mardelles, zones de tourbières, marécages, plaines alluviales).

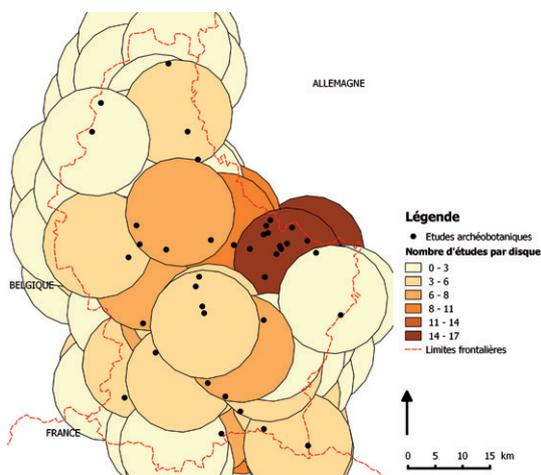
Au Luxembourg, de telles études ont été réalisées dans un ancien méandre de la Sûre pour l'étude d'Echternach-« Letschen » (COUTEAUX 1970), dans la vallée de l'Alzette à Prettingen (NATON *et al.* 2009; CORDIER *et al.* 2014), dans la vallée de l'Ernz noire pour le marais de « Dauwelsmuer » (SCHWENNINGER 1989; VAN MOURIK *et al.* 2016). Quelques études ont été réalisées dans des mardelles (GAUTHIER 2000; VAN MOURIK *et al.* 2016). Dans ce cadre, c'est la répartition naturelle des zones humides qui im-

pacte la distribution des études polliniques. On note là encore des effets d'agrégats car certains espaces sédimentaires favorables aux sondages polliniques ont fait l'objet de plusieurs études. C'est par exemple le cas des études du marais de « Dauwelsmuer » (SCHWENNINGER 1989, VAN MOURIK 2017) ou les secteurs de Beaufort (SAUVAGE 1952, COUTEAUX 1969, VAN MOURIK *et al.* 2017).

En tout état de cause, la répartition des études existantes devrait être un élément à prendre en compte dans les futures recherches archéobotaniques et notamment en vue d'entreprendre des recherches sur les paléopaysages (par exemple recherche de corrélations entre paramètres archéologiques, archéobotaniques et abiotiques (GAUDIN 2004).

	Test des quadrats réalisé à l'aide de 100 disques de 5km de rayon	Test des quadrats réalisé à l'aide de 100 disques de 10km de rayon
Moyenne (nombre d'études par disque)	1,44	4,8
Variances	3,99	18,64
Indice de concentration	2,77	3,88

(Fig. 5) — Tableau de résultats des tests des quadrats. Les indices de concentrations sont supérieurs à 1 ce qui montre une répartition des études plutôt en agrégats.



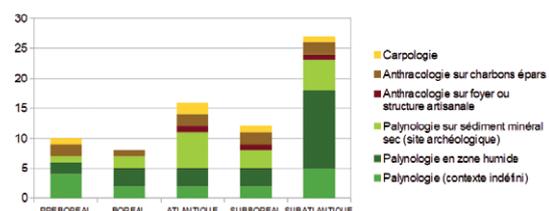
(Fig. 6) — Analyse de la distribution spatiale des études archéobotaniques avec la méthode des quadrats. Test avec des disques de 10 km de rayon. (Traitements géomatiques L. Gaudin).

## 2.4. PÉRIODES COUVERTES PAR LES ÉTUDES ARCHÉOBOTANIQUES

C'est la période du Subatlantique qui est la mieux représentée (Figures 7 et 8). La période est renseignée par 27 études, essentiellement des études palynologiques. L'étude des complements de mardelles (COUTEAUX 1969; GAUTHIER 2000; VAN MOURIK 2016; VAN MOURIK 2017) expliquent la prépondérance des études palynologiques de zones humides.

La période Subboréal apparaît moins documentée que la période Atlantique pourtant plus ancienne. Ce fait résulte pour partie d'études carpologiques et palynologiques réalisées dans le cadre de recherches sur des sites du Néolithique ancien: site de Remerschen (HAUZER, HEIM 2004; HAUZER 2006; DAMBLON, HAUZER 2009), les sites d'Alzingen et Weiler-lattour (HEIM, JADIN 1992; HAUZER 2006), le site d'Altswies (DAMBLON *et al.* 2003; HAUZER 2006). Le Tardiglaciaire, le Préboréal et le Boréal sont moins représentés. On constate dix études pour le Préboréal et huit études pour le Boréal. De nouveau, ce sont principalement des études palynologiques. Le Préboréal apparaît un peu mieux documenté grâce à des recherches sur les sites mésolithiques d'Heffingen-« Loschbour » (BROU *et al.* 2015) et de Berdorf – « Kalekapp 2 » (LEESCH *et al.* 2017).

Notons que les études de J. Sauvage (SAUVAGE 1952; SAUVAGE 1956) n'ont pas été intégrées dans ces comptages en raison du manque de repères chronologiques fiables.



(Fig. 7) — Nombre des différents types d'études archéobotaniques par période.

	PLENIG. SUP.	DRYAS ANC.	BOLLING	DRYAS MOY.	ALLEROD	DRYAS REC.	FRÉBOREAL	BOREAL	ATLANTIQUE	SUBBOREAL	SUBATLANTIQUE
Hautcharage (Sauvage, 1962), (palyno.)										?	?
Bœufort (Sauvage, 1962), (palyno.)										?	?
Région de Dellen (Sauvage, 1966), (palyno.)										?	?
Région d'Obernampach (Sauvage, 1956), (palyno.)										?	?
Région de Troine (Sauvage, 1956), (palyno.)										?	?
Région de Grosbus (Sauvage, 1956), (palyno.)										?	?
Saefontaine sur Elsch (Couteaux, 1968), (palyno.)											
Peltange sur Alzette (Couteaux, 1968), (palyno.)											
Rodenbourg, Bretzboesch (Couteaux, 1968), (palyno.)											
Bœufort, Ehrenbach (Couteaux, 1968), (palyno.)											
Wiesdorf, Breilsch-Haard (Couteaux, 1968), (palyno.)											
Weller (Couteaux, 1968), (palyno.)											
Wasswampach, Bräfeld (Couteaux, 1968), (palyno.)											
Miertert, port (Couteaux, 1970), (palyno.)											
Berdorf, Aesbaach (Couteaux, 1970), (palyno.)											
Höningen, Husterbaach (Rieasbos et Slotboom, 1978), (palyno.)											
Berdorf, marais de Daunselmuer (Schwenninger, 1985), (palyno.)											
Alzingen (Haim et Jadin, 1991), (palyno.)											
Weller-la-Tour (Haim et Jadin, 1991), (palyno.)											
Alzingen (Haim et Jadin, 1991), (carpo.)											
Weller-la-Tour (Haim et Jadin, 1991), (palyno.)											
Eiternach (Couteaux, 1970) (Guld et Couteaux, 1992), (palyno.)											
Mesch, Roscht (Gauthier, 2000), (palyno.)											
Hellange (Gauthier, 2000), (palyno.)											
Waldbüll, Karelis (Frenaux, 2001), (anthrac.)											
Ahnies, Opdem Bossch (Damblon et al., 2003), (carpo.)											
Ahnies, Opdem Bossch (Damblon et al., 2003), (anthrac.)											
Ramerschen, Hauzer et Heim, 2004), (palyno.)											
Ramerschen, (Damblon et Hauzer, 2008), (anthrac.)											
Lorentzweiler - FR-01-363 (Naton et al., 2005) (Cordier et al., 2015) (palyno.)											
Lorentzweiler - forage FR-20-1056 (Naton et al., 2008), (palyno.)											
Hellange, Leschbour (Brou et al., 2015), (anthrac.)											
Hellange, Leschbour (Brou et al., 2015), (palyno.)											
Hiedernach, Seltart (Van Mourik et al., 2016 et 2017), (palyno.)											
Michelbouch, Bischart (Van Mourik et al., 2016 et 2017), (palyno.)											
Brauert (Van Mourik et al., 2016 et 2017), (palyno.)											
Dawwelsmaer (Van Mourik et al., 2016), (palyno.)											
Capellen (Brou et al., 2016), (anthrac.)											
Waldbüll, Karelis (Gaudin, 2017), (palyno.)											
Berdorf, Kalle app 2 (Leesch, 2017), (carpo.)											
Berdorf, Kalle app 2 (Leesch, 2017), (anthrac.)											
Kalsfeld - mardele (Van Mourik, 2017), (palyno.)											
Bœufort - mardele (Van Mourik, 2017), (palyno.)											
Berdorf - mardele (Van Mourik, 2017), (palyno.)											
Roadbaach (Van Mourik, 2017), (palyno.)											
Gasperich, Beim-Klennen-Waier (Dhese, 2018), (carpo.)											
Gasperich, Beim-Klennen-Waier (Dhese, 2018), (anthrac.)											

| (Fig. 8) — Tableau des périodes couvertes ou supposées pour chaque étude.

ANNEXE

Note explicative au sujet de la méthode des «quadrats»: Test de la forme de distribution (GAUDIN 2004)

a) Formes théoriques d'une distribution de points:

une distribution est aléatoire (distribution de Poisson) si:

- (1) tous les emplacements de l'espace ont la même probabilité d'accueillir un point,
- (2) la position d'un nouveau point est indépendante de la position des points précédents.

une distribution est en agrégats si:

- (1) certains emplacements de l'espace ont plus de chances d'accueillir un point,
- (2) la localisation d'un premier point favorise l'apparition d'autres points à proximité.

une distribution est régulière si:

- (1) tous les emplacements de l'espace ont la même probabilité d'accueillir un point,

- (2) la localisation d'un premier point défavorise l'apparition d'autres points à proximité.

b) Méthode des «quadrats»

Soit un ensemble de N points distribués sur un espace E dont on cherche à déterminer la distribution.

On recouvre l'espace E d'un ensemble de K disques ou mailles de forme régulière et distribué de façon aléatoire.

On associe à chaque disque, le nombre de points contenus à l'intérieur de chaque disque. Puis on calcule la variance et la moyenne du nombre de points par disque pour l'ensemble des K disques. On en déduit l'indice de concentration: IC = Variance / Moyenne

IC # 1: distribution aléatoire

IC > 1: distribution plutôt en agrégat

IC < 1: distribution plutôt régulière

---

## REMERCIEMENTS

Je remercie vivement Foni Le Brun-Ricalens et Laurent Brou du Centre national de recherche archéologique du Grand-Duché de Luxembourg pour leur accueil et le soutien matériel pour la réalisation de cette synthèse. Ils m'ont aussi grandement facilité la mise à disposition des documents et travaux scientifiques sur le Paléoenvironnement du Grand-Duché de Luxembourg.

---

Loïc GAUDIN  
Docteur en archéobotanique  
Arkéomap  
6, allée de la mignorais  
F-35340 Liffré  
loic.gaudin@arkeomap.com

---

## BIBLIOGRAPHIE

BLOUET V., KARTHEISER J., LEESCH D., SCHWENNINGER J.-L. 1984. Le gisement mésolithique de Kalekapp 2. *Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise*, 6, 1-30.

BROU L., COURT-PICON M., DABKOWSKI J., NATON H.-G. 2015. Le gisement mésolithique d'Heffingen-Loschbour (G.-D. de Luxembourg) – Bilan des études paléoenvironnementales depuis 2003. *Bulletin de la Société préhistoire luxembourgeoise*, 36-37, 69-96.

BROU L., BIVER J., BELLAVIA V., BIS-WORCH Ch., COLLING C. 2016. Un rare atelier sidérurgique du bas Moyen âge à Capellen – « Zolwerfeld »; Note préliminaire. *Archeologia luxemburgensis*, 3, 150–157.

CHABAL L., FABRE L., TERRAL J.-F., THERY-PARISOT I. 1999. L'anthracologie. 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.). *La Botanique*. Collection Archéologiques, Errance, Paris, 43-104.

CORDIER S., NATON H.-G., BROU L., HARMAND D., MOINE O., RUFFALDI P., BRKOJEWITSCH G., VINCENT O. 2015. Les fonds de vallée dans le bassin de la Moselle (France, Luxembourg). In: CARCAUD N., ARNAUD-FASSETTA G. *La géoarchéologie française au XXI<sup>e</sup> siècle*. Éditions du CNRS, 107-118.

COUTEAUX M. 1969. *Recherches palynologiques en Gaume, au pays d'Arton, en Ardenne méridionale (Luxembourg belge) et au Gutland (Grand-Duché de Luxembourg)*. Vol. 8, Acta Geographica Lovaniensia, Université Catholique de Louvain, 193 p.

- COUTEAUX M. 1970. Étude palynologique des dépôts quaternaires de la Vallée de la Sûre à Echternach et à Berdorf et de la Moselle à Metert. *Archeological Institute of Grand-Duchy of Luxembourg*, 34, 297-336.
- DAMBLON F., DE BUYDENS Chr., HAUZEUR A. 2003. Analyses anthracologiques des occupations du site d'Altwiès – « Op dem Boesch » (Grand-Duché de Luxembourg). *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 23-24, 2001-2002, 181-207.
- DAMBLON F., HAUZER A. 2009. Étude anthracologique des occupations rubanées et protohistoriques du site de Remerschen-« Schengerwis » (Grand-Duché de Luxembourg). Utilisation du bois, environnement et chronologie. *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 27-28, 2005-2006, 61-117.
- DHESSE P., BROU L., BELLAVIA V., NATON H.-G. 2018. Alimentation et écologie végétale d'un campement militaire de 1794 au lieu-dit Beim-Kleinen-Weiher à Gasperich, Luxembourg. In: CABANIS M., SCHAAL C. (coord.). *Pré-actes des Rencontres d'Archéobotaniques de Besse*, 78-79.
- DIEDERICH P., SCHWENNINGER J.-L. 1990. Les peuplements relictuels de *Pinus sylvestris* L. au Luxembourg. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois*, 90, 143-152.
- DARMOIS-THEOBALD M., DENEFLÉ M., MENILLET F. 1976. Tourbières de moyenne altitude de la forêt de Haute-Meurthe (Vosges, France). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 13-2, 99-107.
- 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. 2017. *Réalisation et description de diagrammes polliniques sur la base des analyses réalisées par J. Heim en 1992. Opérations archéologiques de la grotte diaclose de Waldbillig – Karelsé*. Rapport CNRA, Luxembourg, 31 p.
- GAUTHIER E. 2000. *Analyse pollinique des remplissages sédimentaires des mardelles de Hellange et de Mersch (Luxembourg)*. Rapport du Laboratoire de Chrono-Écologie UMR 6565, Besançon, 19 p.
- GUIOT J., COUTEAUX M. 1992. Quantitative climate reconstruction from pollen data in the Grand Duchy of Luxembourg since 15000 yr BP. *Journal of Quaternary Science*, 7, 303-309.
- HAUZER A., HEIM J. 2004. Les premières manifestations de l'impact humain sur le paysage au Grand-Duché de Luxembourg. In: RICHARD H. (dir.). *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal*. Presses Universitaires Franc-Comtoises, Besançon, 47-52.
- HAUZER A. 2006. *Le Rubané au Luxembourg. Contribution à l'étude du Rubané du Nord-Ouest européen*. Luxembourg-Liège, Dossier d'Archéologie du Musée National d'Histoire et d'Art, 10, Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 114, 668 p.
- HEIM J., JADIN I. 1992. Paléobotanique des sites rubanés de Weiler-la-Tour- Holzdreisch et Alzingen-Grossfeld (Grand-Duché de Luxembourg). *Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise*, 13, 1991, 37-58.
- HEURTZ M. 1969. *Document préhistoriques du territoire luxembourgeois. Le milieu naturel. L'homme et son œuvre*, n°1 Musée d'histoire naturelle et Société des naturalistes luxembourgeois, 296 p.

LEESCH D., FABRE M., SCHOCH W.-H. 2017. Les occupations mésolithiques des abris-sous-roche de Berdorf-Kalekapp 2 (Grand-Duché de Luxembourg). *Dossier d'archéologie du CNRA*, XIX, 237 p.

MULLER S. 2005. Les phytocénoses d'indigénat du Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) sur les affleurements de grès du pays de Bitche (Vosges du Nord). In: RIES C. KRIPPEL Y. (éds.). *Sandstone landscapes in Europe. Past, present and future*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> international conference on sandstone landscapes, Vianden (Luxembourg), 25-28.05 2005, Ferrantia, 44, 119-122.

NATON H.-G., RUFFALDI P., MEYRICK R., MAQUIL R., COLBACH R., KAUSCH B., BAES R., STEAD A., LE BRUN-RICALES F., BROU L., SCHOELLEN A. 2009. *Environmental evolution of the Alzette valley (Grand Duchy of Luxembourg) since Late Pleistocene*. *European Geosciences Union*. Geoaarchaeology: an approach at the interface between environmental reconstruction and human settlement. 23 April 2009, Vienna, Austria (Poster).

PERNAUD J.-M. 2001. Postglacial vegetation history in Luxembourg: new charcoal data from the cave of la Karelslé (Waldbilig, eastern Gutland). *Vegetation History and Archaeobotany*, 10, 219-225.

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

REICHLING L. 1954. L'élément atlantique dans la végétation de la vallée inférieure de l'Ernz Noire (Grand-Duché de Luxembourg). *Institut Grand-Ducal de Luxembourg*, 21, 99-114.

RIEZEBOS A., SLOTBOOM T. 1978. Pollen analysis of the Husterbaach peat (Luxembourg): its significance for the study of subrecent geomorphological events. *Boreas*, 7, 75-82.

RONDEUX J., COLSON V., CUARTERO DIAZ G., BOURLAND N., BURNAY F., WAGNER M. 2005. La forêt du Grand-Duché de Luxembourg sous la loupe de l'inventaire forestier national. Étude réalisée dans le cadre de l'inventaire forestier national du Grand-Duché de Luxembourg, financé par le Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement Rural. *Silva Belgica*, 112, 34-42.

RUFFALDI P. 1999. Premières traces polliniques de néolithisation des zones de basse altitudes de Lorraine (France). *Quaternaire*, 10, 263-270.

SAUVAGE J. 1952. Étude pollenanalytique des tourbières du Gutland Luxembourgeois. *Bulletin 1951 de la Société des Naturalistes luxembourgeois*, 52-59.

SAUVAGE J. 1956. Étude pollenanalytique des tourbières des Ardennes Luxembourgeoises et d'une tourbière du Gutland. *Bulletin de la Société des Naturalistes luxembourgeois*, 51-56.

SCHWENNINGER J.-L. 1989. Pollen analysis and community structure of Holocene forests: a regional palynological study of the Middle and Upper postglacial from semi-subhydric alder carr sediments at Berdorf (Luxembourg). *Bulletin du centre national de recherche archéologique*, 89, 157-196.

VAN MOURIK J. M., BRAEKMANS D. J. G., DOORENBOSCH M., KUIJPER W. J., VAN DER PLICHT J. 2016. *Natural versus anthropogenic genesis of mardels (closed depressions) on the Gutland plateau (Luxembourg)*. *SOIL Discussions*, 2015-82, 44 p.

---

VAN MOURIK J. M. 2017. *Natural versus anthropogenic genesis of mardels on the Gutland plateau. A geological study of mysterious landforms*. Lambert Academic Publishing, 74 p.

VAN MOURIK J. M., SLOTBOOM R.T. 2017. Palynological reconstruction of the effects of Holocene climatic oscillations and agricultural history on soils and landforms in Luxembourg. In: KOOIJMAN A.M., CAMMERAAT L.H., SEIJMONSBERGEN A.C. (Eds). *The Luxembourg Gutland Landscape*. Springer Verlag, 39-72.

VERGNE V., MUNAUT A.-V., DUCROCQ Th., BOSTYN F., MIRAS Y. 2004. Apport de la palynologie à la connaissance des premières traces d'anthropisation en France septentrionale et en Belgique. In: RICHARD H. (dir.). *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*. Presses Universitaires Franc-Comtoises, Besançon, 29-45.

Autres documents consultés :

*Les forêts du Luxembourg*, Fondation « Hellef fir d'Natur », 2011, 40 p.

Site internet de l'Observatoire Hydro-Climatologique du Grand-Duché de Luxembourg : <http://www.hydroclimato.lu/>