

# Pollen et spores fongiques témoins de la présence animale identifiés en contexte archéologique. Quelques exemples de logis animaux en Île-de-France

## Pollen and fungal spores as animal indicators in archaeology: some examples of animal houses in the Île-de-France region (France)

Isabelle JOUFFROY-BAPICOT<sup>1</sup> et Jean-Yves DUFOUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Chrono-environnement UMR 6249, CNRS, Université de Franche-Comté, F-25000, Besançon, [isabelle.jouffroy@univ-fcomte.fr](mailto:isabelle.jouffroy@univ-fcomte.fr)

<sup>2</sup> INRAP, UMR 7041, équipe Archéologies environnementales, [jean-yves.dufour@inrap.fr](mailto:jean-yves.dufour@inrap.fr)

**RÉSUMÉ.** Lors de la fouille d'espaces pouvant être interprétés comme des lieux dédiés aux animaux d'élevage, les approches bio- et géoarchéologiques sont de plus en plus souvent sollicitées pour venir en appui à l'interprétation basée sur les structures bâties. L'analyse palynologique n'est pas forcément la plus courante, car le bon état de conservation des grains de pollen requiert des conditions que l'on trouve généralement plutôt dans le remplissage des structures en creux, à savoir des milieux humides et à forte teneur en matière organique. Pourtant, les grains de pollen, tout comme d'autres microfossiles non-polliniques comme par exemple les spores de champignons saprophytes et/ou coprophiles peuvent être de bons indicateurs directs ou indirects de la présence animale. Ces dernières années plusieurs interventions d'archéologie préventive en Île-de-France ont été l'occasion de tester des analyses palynologiques sur des structures de différentes natures, tels que des sols de bergerie, d'étable ou encore de nichoir de poulailler. Les résultats obtenus ont montré des apports très positifs lorsque les conditions de conservation s'y prêtaient, notamment avec des couches sédimentaires organiques non perturbées et rapidement scellées après abandon.

**ABSTRACT.** When excavating areas that could be interpreted as animal homes, bio- and geoarchaeological approaches are increasingly used to support interpretation based on built structures. Palynological analysis is not necessarily the most common, as the good state of preservation of pollen grains requires conditions that are generally found in the wet and organic infilled of hollow structures. However, pollen grains, like other non-pollen microfossils such as the spores of saprophytic and/or coprophilous fungi, can be good direct or indirect indicators of the presence of animals. In recent years, several preventive archaeology projects in the Paris region have provided an opportunity to test palynological analyses on structures of various kinds, such as the floors of sheepfolds, cowsheds and hen houses. The results we obtained showed very positive contributions when the conservation conditions were suitable, namely undisturbed organic sedimentary layers that were quickly sealed after abandonment.

**MOTS-CLÉS.** Animaux d'élevage, logis animal, palynologie, spores fongiques, microfossiles non-polliniques (MNP).

**KEYWORDS.** Animal husbandry, animal houses, palynology, fungal spores, non-pollen palynomorphs (NPP).

## 1. Introduction

Les espaces dédiés aux activités agro-pastorales sont parfois difficiles à identifier en archéologie en se basant exclusivement sur l'interprétation des vestiges bâtis. C'est le cas notamment pour les structures liées à l'élevage. Une lecture zootechnique des bâtiments, appuyée sur la lecture de traités d'agronomie et sur des relevés du bâti dans de vieilles fermes existantes, permet toutefois de proposer

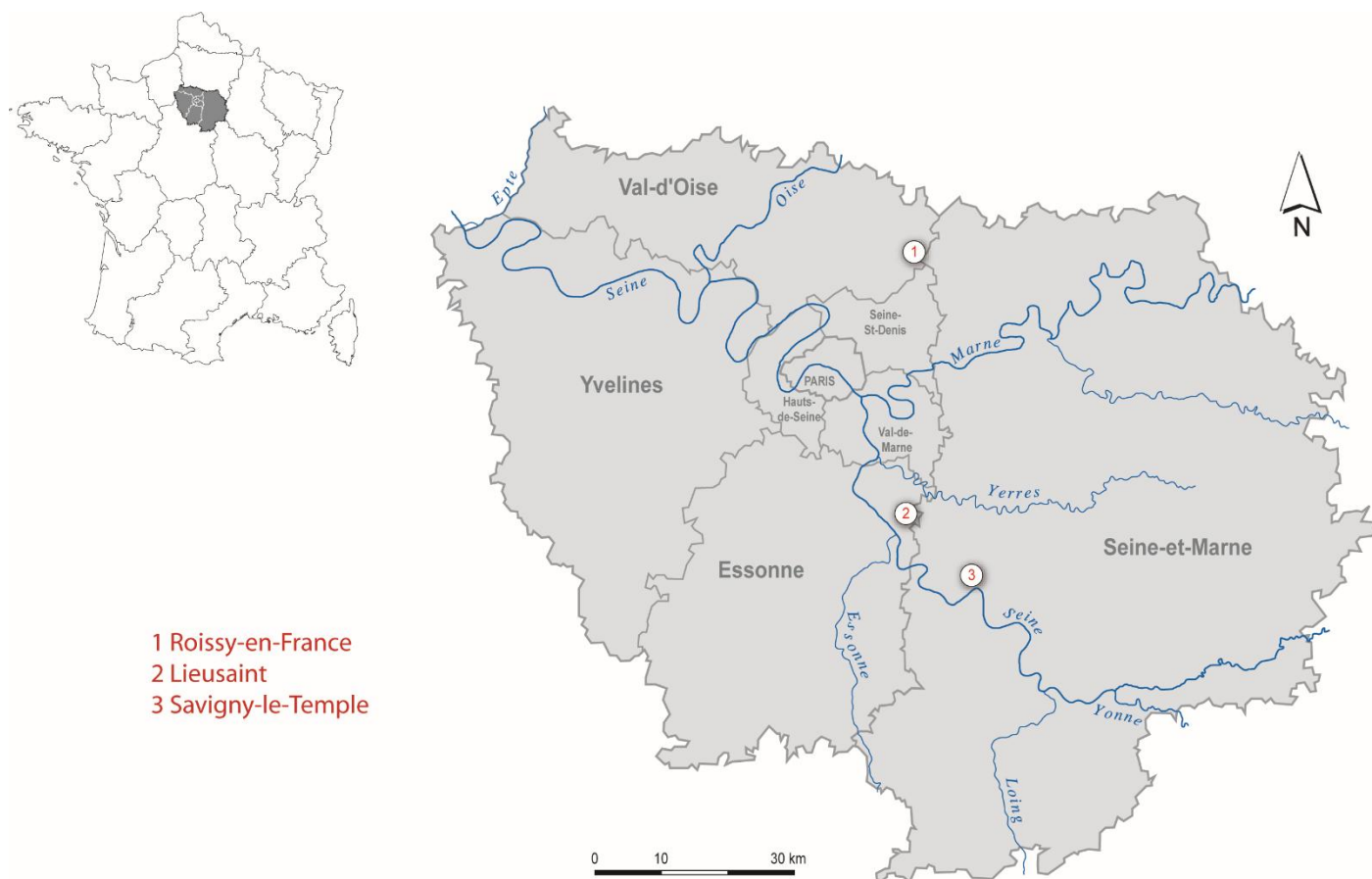
des interprétations pour maints bâtiments faiblement conservés sur les chantiers de fouille (Dufour, 2019b et 2020 ; Ginoux et al., 2014).

Aujourd'hui les approches bio- et géoarchéologiques sont ainsi de plus en plus souvent sollicitées pour venir en appui à l'interprétation basée sur les structures bâties. Il s'agit notamment de la paléoparasitologie qui va rechercher la présence de restes d'œufs de parasites dans les sédiments (Le Bailly et al., 2017 et 2021 ; Dufour et al., *ce volume*) ; de l'analyse micromorphologique des sols qui permet d'observer la présence de coprolithes mêlés aux couches de sédiment, voire constituant la quasi-totalité de ces couches sédimentaires dans les cas de parage (Courty et al., 1989 ; Sordoillet, 2009 ; Brönnimann et al., 2017a et 2017b) ; ou encore de la chimie et biochimie des sols qui va tracer l'apport en éléments issus des déjections animales comme les phosphates (Fechner et al., 2011 ; Broes et al., 2013) ou des molécules organiques fécales (e.g. Harault et al., 2019). L'analyse palynologique d'échantillons de sols identifiés comme directement liés au logis animal (bâtiments de stabulation, abreuvoirs...) est plus rare, non seulement par méconnaissance du potentiel de cette démarche, mais aussi parce qu'on se situe dans des milieux qui ne sont pas considérés a priori comme optimaux pour la conservation des grains de pollen et des spores. Ainsi, en contexte archéologique, ce sont surtout les structures en creux et leurs remplissages organiques et humides qui sont exploités pour la reconstitution de l'environnement végétal et des activités humaines sur les sites fouillés (e.g. Sordoillet et al., 2016) car le pollen et les spores y sont conservés à l'abri de l'oxydation. Par ailleurs, le potentiel bioarchéologique que représentent les microfossiles non-polliniques (MNP) tels que les restes d'algues, de champignons ou encore d'invertébrés qui sont conservés dans les échantillons palynologiques (e.g. van Geel, 2001 ; van Geel & Aptroot, 2006) est encore peu exploité à ce jour en contexte archéologique (Barbier-Pain et al., 2021). Parmi ceux-ci, on trouve les restes de champignons saprophytes et coprophiles, c'est-à-dire des champignons qui se développent sur des substrats organiques et/ou végétaux en décomposition (Ellis & Ellis, 1985), et pour certains d'entre eux sur les déjections d'herbivores (Baker et al., 2013 ; Gauthier & Jouffroy-Bapicot, 2021). L'abondance de spores produites par ces champignons dans les sédiments peut donc être étroitement liée à la présence de troupeaux qui va favoriser leur concentration. Ces marqueurs sont maintenant fréquemment utilisés pour documenter la pression pastorale lors des études en contexte naturel sur des séquences sédimentaires issues de milieux palustres et lacustres (e.g. Cugny et al., 2010 ; Baker et al., 2013 ; Gauthier & Jouffroy-Bapicot, 2021). En contexte archéologique, leur abondance dans certaines unités stratigraphiques (US) pourrait donc également documenter la présence de bétail (Sordoillet et al., 2016 ; Shumilovskikh & van Geel, 2020 ; Barbier-Pain et al., 2021).

Récemment, l'attention portée à cette question lors d'opérations d'archéologie préventive concernant des fermes de la fin du Moyen Âge à l'époque Moderne dans le Bassin parisien a permis d'identifier des espaces dédiés aux animaux domestiques, tels que des bergeries/étables ou encore des poulaillers (Dufour & Bach, 2014 ; Dufour, 2016, 2019a et 2023 ; Broutin, 2017). Sur chacun de ces sites, plusieurs prélèvements ont donc été réalisés dans des unités stratigraphiques (US) identifiées comme des sols de structures liées à l'élevage, afin de tester leur contenu en grains de pollen, spores et restes fongiques, et dans le cas d'une bonne conservation, voir si leur composition pouvait correspondre à cette identification de sols de logis animaux.

## 2. Les sites analysés

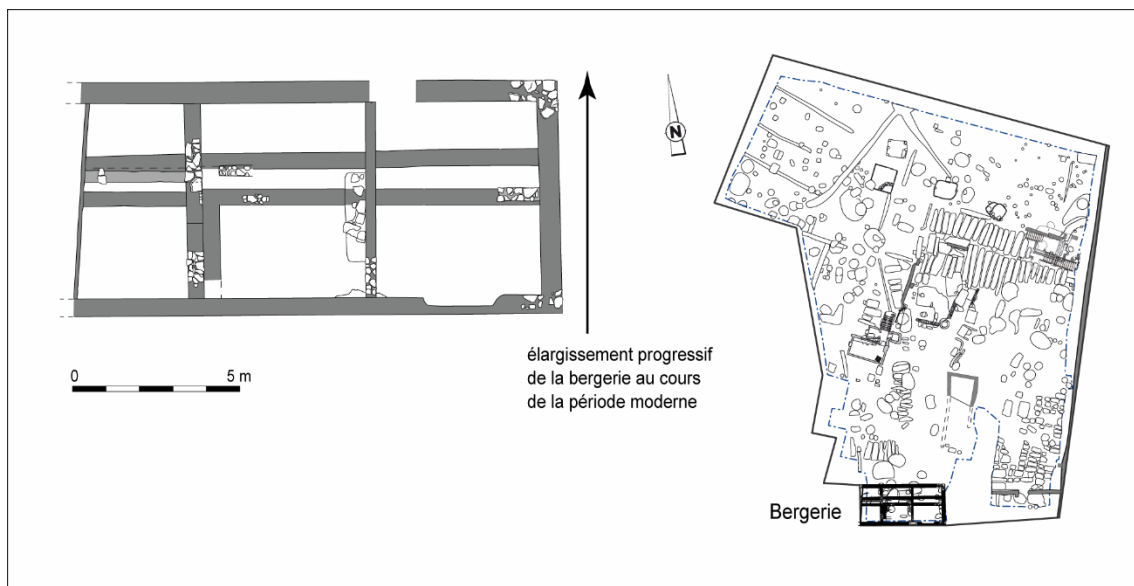
Trois sites fouillés au cours de ces dernières années ont ainsi été analysés dans le Bassin parisien. Ils se situent dans les départements du Val d'Oise pour la ferme de La Selle à Roissy-en-France, dans l'Essonne pour la ferme de Varâtre à Lieusaint et en Seine-et-Marne pour la ferme du Coulevrain à Savigny-le-Temple (**fig. 1**).



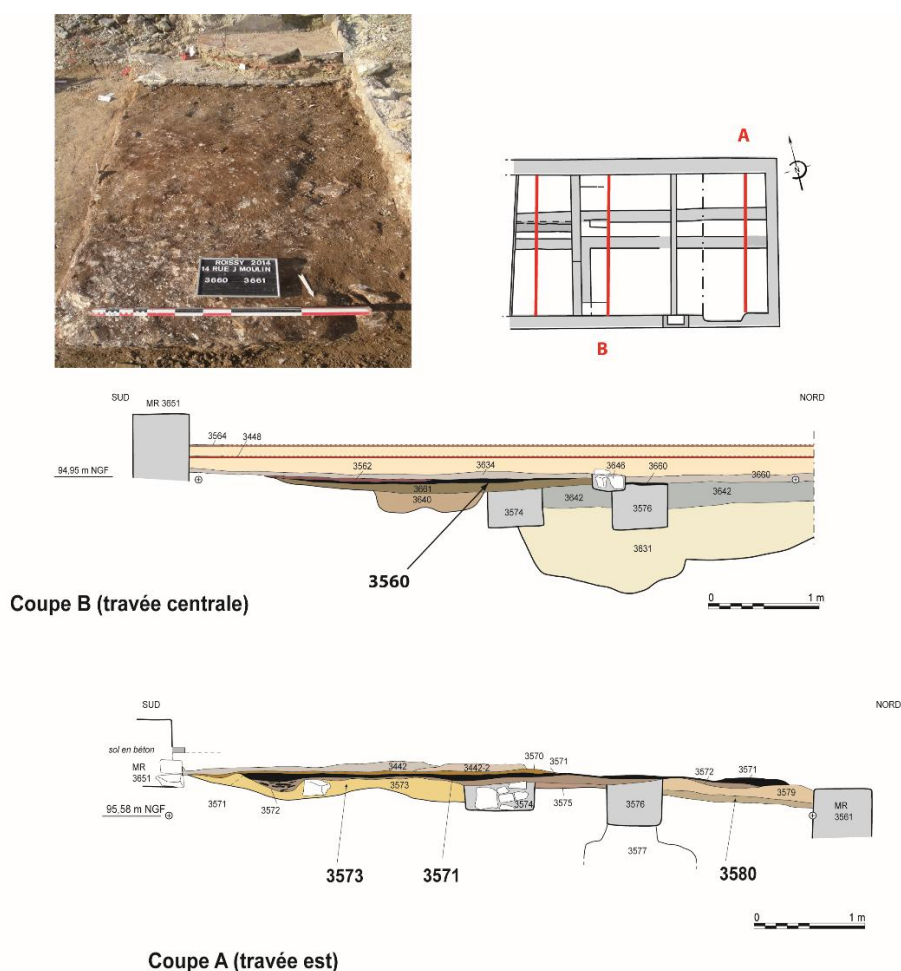
**Figure 1.** Localisation des sites analysés

### 2.1. La Ferme de La Selle à Roissy-en-France (Val-d'Oise). Sol de bergerie et abreuvoir

Située dans une zone prospère de céréaliculture et d'élevage, au cœur du Pays de France, Roissy-en-France est un village occupé dès le haut Moyen Âge. Depuis 1996, trois opérations de fouille, des observations d'archéologie sur le bâti et en parallèle une exploitation des archives (Dufour & Bach, 2014 ; Dufour, 2016 et 2023) ont permis de caractériser l'origine, le développement et la fin d'une grande ferme céréalière, la ferme de la Selle. La période d'occupation du XVI<sup>e</sup> à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle comprend des structures liées à une activité d'élevage d'ovins documentée par les archives et qui ont pu être identifiées en fouille. En limite sud du site, en bordure de rue, un bâtiment interprété comme bergerie évolue du XV<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècles (**fig. 2**) (Dufour, 2023). La troisième et dernière phase d'utilisation en stabulation est très nettement visible dans le bâtiment et, d'après les datations dendrochronologiques effectuées sur la charpente (Dufour & Bach, 2014), elle daterait de la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle. L'orientation est-ouest et l'exposition nord-sud du bâtiment, ainsi que l'absence de sol pavé sont des critères majeurs permettant d'identifier une bergerie (Dufour, 2012). Sur les sols de la partie est du bâtiment, un véritable sol organique brun bordeaux a été mis au jour sur une épaisseur de 2 à 5 cm (**fig. 3**). Il a été scellé par l'installation d'un sol en tomme, avant la transformation de cette partie du bâtiment en habitation humaine.



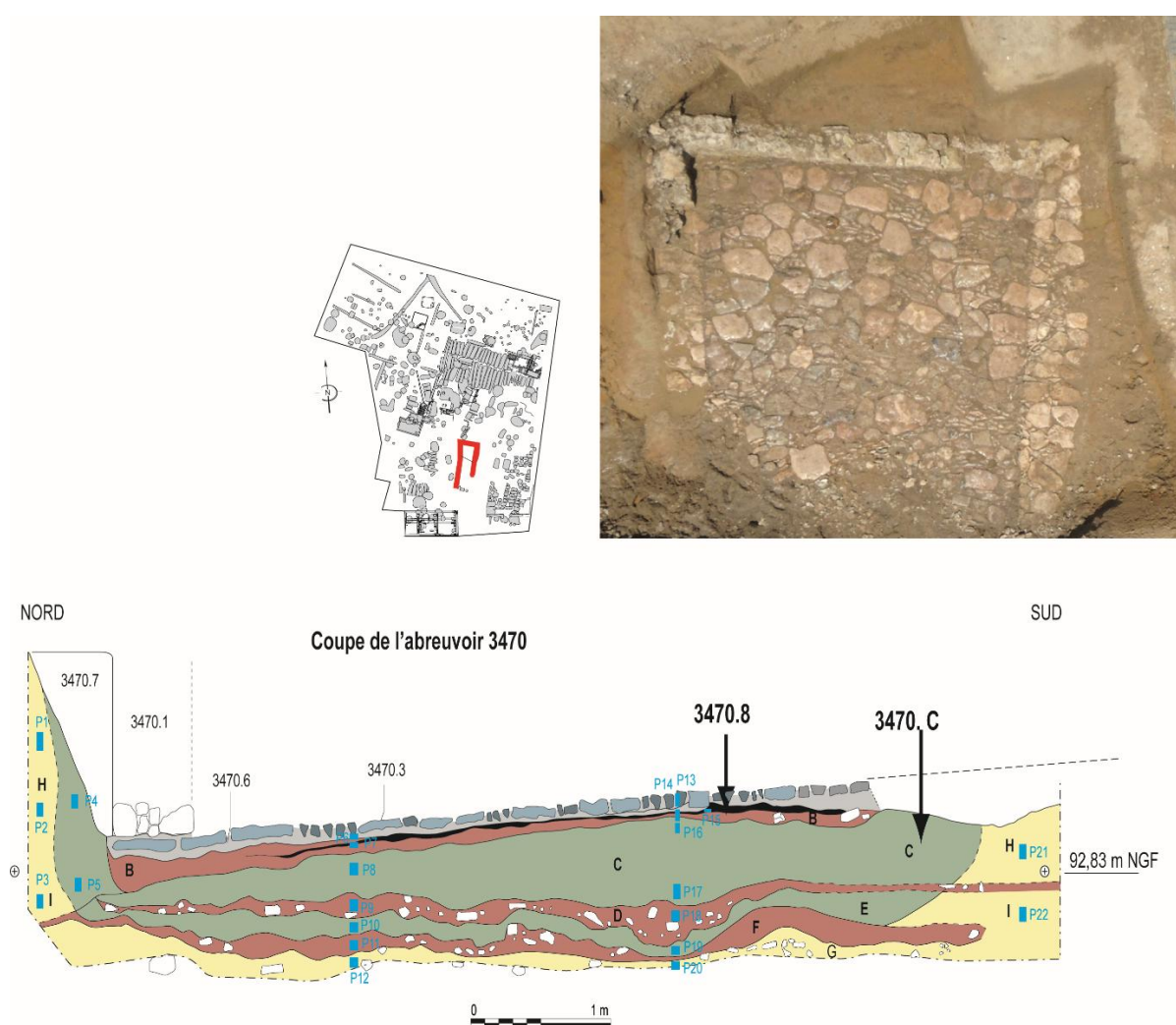
**Figure 2.** Plan de la ferme de La Selle à Roissy-en-France ; un bâtiment interprété comme une bergerie et une structure interprétée comme abreuvoir ou fosse à fumier © M. Belarbi, J.-Y. Dufour, Inrap



**Figure 3.** Vue du sol organique scellé sous l'installation d'un sol en tomme, avant sa transformation en habitation humaine © J.-Y. Dufour, Inrap et localisation des échantillons palynologiques.



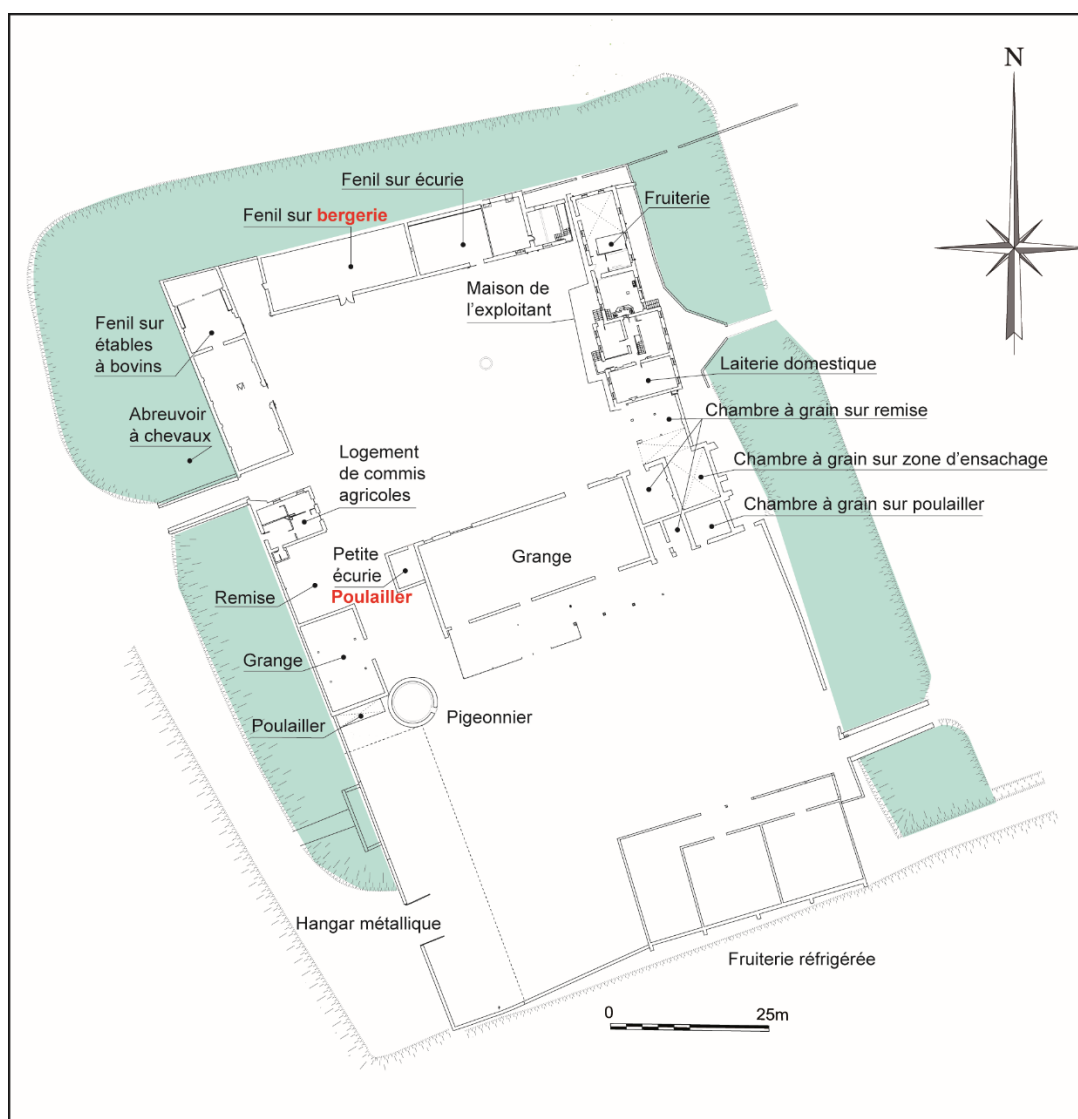
L'observation micromorphologique de ce sol organique (Cammass, 2016) a montré une accumulation de litière végétale finement litée dans une masse phosphatée présentant également une fraction minérale et des agrégats roulés qui témoignent de piétinements. Les analyses palynologiques ont été réalisées sur des échantillons issus de trois US différentes provenant de ces niveaux de sols organiques (**fig. 3**). Un second lot composé de deux échantillons provient de niveaux piégés sous une grande structure interprétée comme un abreuvoir de cour (**fig. 4**). La coupe réalisée au travers de la grande fosse 3470, montre un sol naturel complètement teinté d'imprégnations organo-phosphatées qui lui confèrent une couleur vert-jade (**fig. 4**). Sur 60 à 80 cm, le sol naturel sous la fosse dallée est donc fortement marqué par des infiltrations d'eaux chargées en matière organique. Des lames minces ont été réalisées et aucun de ces échantillons ne présente de traits phosphatés dans des quantités significatives. Ceci pourrait étayer l'hypothèse qu'il s'agit d'un abreuvoir plutôt que d'une fosse à fumier (Cammass, 2016, p. 477). L'analyse pollinique et fongique des deux échantillons prélevés dans les US 3470.8 et 3470.7 permettra de discuter cette interprétation. Ainsi, les démarches bio et géo-archéologiques entreprises ici viennent compléter cette approche d'un équipement que l'on doit apprendre à différencier de la fosse à fumier.



**Figure 4.** Partie tiers nord bien conservée de l'abreuvoir 3470 de la ferme de la Selle, Roissy-en-France (Val-d'Oise). Vue en plan du sol pavé, relevé de la coupe et localisation des deux échantillons palynologiques. © Cliché Pascal Raymond, Inrap ; coupe de l'abreuvoir © Héroïse Mathat, Jean-Yves Dufour, Inrap

## 2.2. La Ferme de Varâtre à Lieusaint (Seine-et-Marne).

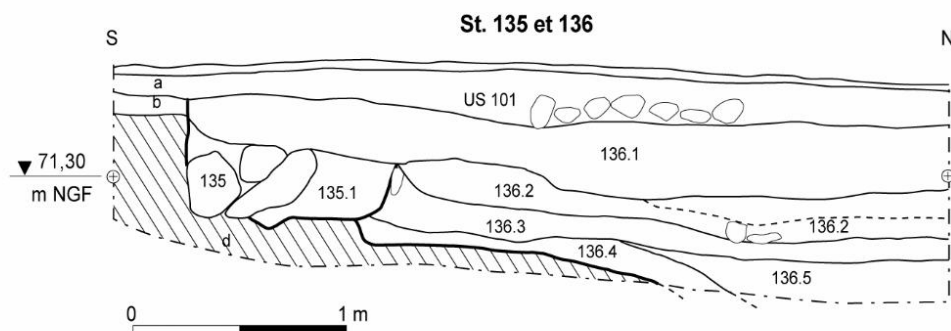
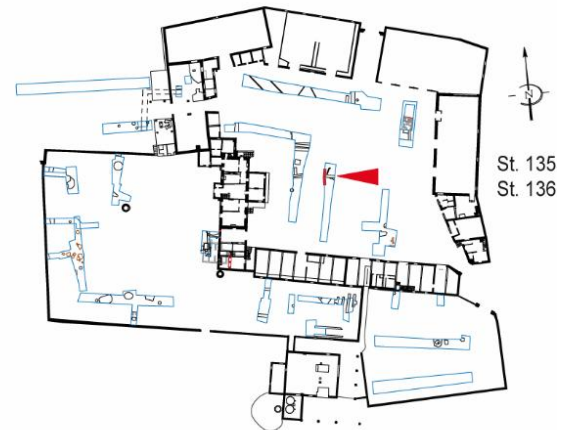
La commune de Lieusaint se situe sur la rive droite de la Seine, à l'extrémité occidentale du plateau de la Brie française (**fig. 1**). La ferme, de même que le château de Varâtre sont isolés à 2,5 km au sud du village de Lieusaint. Acquisée en 2016 par l'EPA Sénart, la ferme a bénéficié d'une série d'études patrimoniales avant sa restauration. En complément des tranchées de diagnostic ouvertes au sol, le diagnostic archéologique réalisé en 2017 ([Broutin, 2017](#)) a permis de mener une étude approfondie des bâtiments. La logique fonctionnelle de tous les bâtiments d'exploitation a été bien perçue (**fig. 5**). Ainsi, des échantillons ont été prélevés dans trois contextes différents pour tester la conservation des grains de pollen et des microfossiles non-polliniques : le sol de la bergerie, le sol d'un poulailler et l'une des niches d'un ancien poulailler. En effet, dans la petite écurie/poulailler construite en appentis sur le mur pignon ouest de la grande grange, plus de 15 niches enduites et condamnées de plâtre blanc, sont visibles au nord d'une voûte de four. Deux de ces niches ont été démurées pendant l'opération archéologique, et c'est dans l'une d'entre elles qu'un échantillon de sédiment a été prélevé pour l'analyse palynologique.



**Figure 5.** Répartition fonctionnelle des anciens bâtiments de la ferme de Varâtre, à Lieusaint (Seine-et-Marne), sur le plan relevé par 2BDM © Jean-Yves Dufour, Inrap et 2BDM. En police rouge, la localisation des prélèvements.

### 2.3. La Ferme du Coulevrain à Savigny-le-Temple (Seine-et-Marne)

La commune de Savigny-le-Temple est située à 35 km au sud de Paris en limite ouest du département de la Seine-et-Marne (**fig. 1**). Exploitée jusqu'en 1986, la ferme du Coulevrain fut transformée en Écomusée, labellisé « Musée de France » en 2002. Une opération de diagnostic archéologique incluant le bâti y fut menée en 2018 et 2019 (**Dufour, 2019a**) (**fig. 6**).



100 : cailloutis -> niveau de cour XX<sup>e</sup> s.

101 : empierrement de calcaire, grès et meulière dans matrice cailloutis et sable jaune et blanc

-> **Niveau de cour moderne et contemporain**

135 : deux rangs de moellons de grès et blocage central

-> **mur**

135.1 : limon gris, avec rares menues inclusions calcaire

136.1 : limon larron hétérogène, compacté, avec nombreuses inclusions de mortier, plâtre, cailloux, céramique -> comblement

136.2 : limon marron gris, cendreuse, avec nombreux fragments de tuile. Une couche de limon orangé surligne la partie nord de cette couche. -> démolition

136.3 : limon marron, plus fris vers le nord. Couche riche en fragments de tuiles et de mortier jaune à inclusions blanches.

-> **démolition**

136.4 : limon jaune et gris clair, avec des petits charbons de bois, et des macro-restes de paille très décomposée, imprégnations organo-phosphatées

-> **niveau de stabulation ?**

136.5 : limon lité, mêlant un limon argileux gris foncé et orange, limons compactés avec imprégnations organo-phosphatées

-> **niveau de stabulation ?**

Sous des niveaux liés au comblement (136.1) et à la démolition (136.2 et 136.3), deux niveaux de sol semblent bien liés à l'utilisation du bâtiment :

136.5 est une couche épaisse (jusque 20 cm), composée de limon lité, mêlant un limon argileux gris foncé (donc très organique, pour les archéologues) et orange, limons compactés. Cette couche montrait par ailleurs à l'œil exercé des imprégnations organo-phosphatées (des petites tâches vertes liées, pour les archéologues, aux rejets du bétail)

136.4 est une couche litée de limon jaune et gris clair, avec des petits charbons de bois, et des macro-restes de paille très décomposée. Cette couche montrait aussi des imprégnations organo-phosphatées.

**Figure 6.** Vue en coupe du mur 135 et des sols et niveaux US 136. Paroi ouest de tranchée 18 du diagnostic archéologique dans la cour de la ferme du Coulevrain à Savigny-le-Temple (77) © Jean-Yves Dufour, Inrap.



Plusieurs tranchées de diagnostic ont été ouvertes dans la cour de la ferme, le plus près possible de la maison de maître. L'une a livré les vestiges de bâtiments construits à la fin du Moyen Âge. Plusieurs unités stratigraphiques (US 136) sont associées au mur ouest de l'un de ces bâtiments et donnent un aperçu de l'ancienneté et de la fonction du bâtiment (**fig. 6**). Les sols de la structure 136 sont datés du XIV<sup>e</sup> siècle par du mobilier céramique (Dufour, 2019a). À l'issue du diagnostic, ce bâtiment a été identifié en tant qu'étable à bovins sur différents critères, comme l'orientation au sud et nord du bâtiment, la présence d'un sol en pente ou encore la présence d'une rigole interne (Dufour, 2019a). Sous des niveaux liés au comblement (136.1) et à la démolition (136.2 et 136.3), deux niveaux de sol semblent bien liés à l'utilisation du bâtiment. L'US 136.5 est une couche épaisse (jusque 20 cm), composée de limons lités, mêlant des limons argileux gris foncés (organiques) et oranges. Cette couche montrait par ailleurs à l'œil exercé des imprégnations organo-phosphatées, des petites tâches vertes liées aux rejets du bétail. L'US 136.4 est une couche litée de limons jaune et gris clair, avec des petits charbons de bois, et des macro-restes de paille très décomposée. Cette couche montrait aussi des imprégnations organo-phosphatées. Deux échantillons destinés à l'analyse palynologique ont donc été prélevés respectivement dans les US 136.4 et 136.5. Pour tenter de répondre à la question du type de bétail logé dans ce bâtiment, deux échantillons issus des sols 136.4 et 136.5 ont également l'objet d'analyse biogéochimiques (stage de Master 1 d'A. Cao sous la direction de Ch. Petit, L. Harrault et J.-Y. Dufour, Cao, 2019). L'identification et l'analyse des molécules organiques fécales dans le sol ont été réalisées par la méthode d'identification des stanols (Harrault et al., 2019), appliquée au contexte archéologique. Une signature bovine a pu être identifiée dans l'US 136.5 et celles d'humains et de chien dans l'US 136.4. Toutefois, les faibles quantités de molécules analysées n'étaient pas suffisantes pour réaliser une analyse quantitative, et les auteurs ont souligné dans leur conclusion le besoin d'optimiser le protocole pour ce contexte précis de sols archéologiques.

### 3. Analyses en laboratoire

En laboratoire, un nouvel échantillonnage a été réalisé au cœur de chacun des prélèvements sédimentaires sélectionnés, afin d'éliminer d'éventuelles contaminations polliniques lors de la phase de terrain. Un volume contrôlé de 2 cm<sup>3</sup> a été prélevé, excepté pour les US dont la nature sédimentaire hétérogène n'a pas permis de réaliser un échantillonnage volumétrique. Les échantillons ont ensuite été soumis à une série d'attaques physico-chimiques visant à isoler le contenu sporo-pollinique de la gangue minérale et organique qui l'entoure. Le protocole de préparation est celui appliqué au laboratoire Chrono-environnement, d'après la méthode Frenzel décrite par exemple dans Moore *et al.* (1991). En début de préparation, un nombre contrôlé de spores de *Lycopodium clavatum* a été ajouté aux échantillons qui ont fait l'objet d'un prélèvement volumétrique. Ces marqueurs exogènes permettent de quantifier la présence des micro-restes biologiques (pollen, spores de fougères et autres microfossiles non-polliniques) dans les sédiments (Stockmarr, 1971).

Les culots obtenus ont ensuite été analysés au microscope optique (grossissement × 400). La reconnaissance des taxons polliniques a été réalisée à l'aide de clés de détermination, de catalogues de photographies (Moore et al., 1991 ; Reille, 1999 ; Beug, 2004) et de la collection de référence du laboratoire Chrono-environnement. La reconnaissance des microfossiles non-polliniques a été réalisée avec des articles qui font références dans l'identification des restes fongiques sur les lames palynologiques (notamment van Geel & Aptroot, 2006 ; Cugny et al., 2010) et les comptages ont suivi les recommandations de Etienne & Jouffroy-Bapicot (2014).

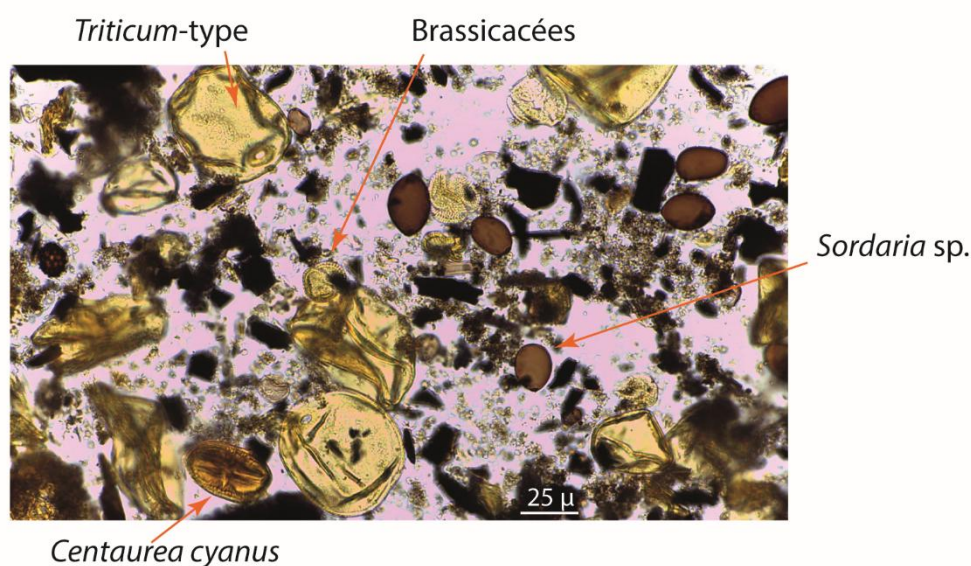


## 4. Résultats

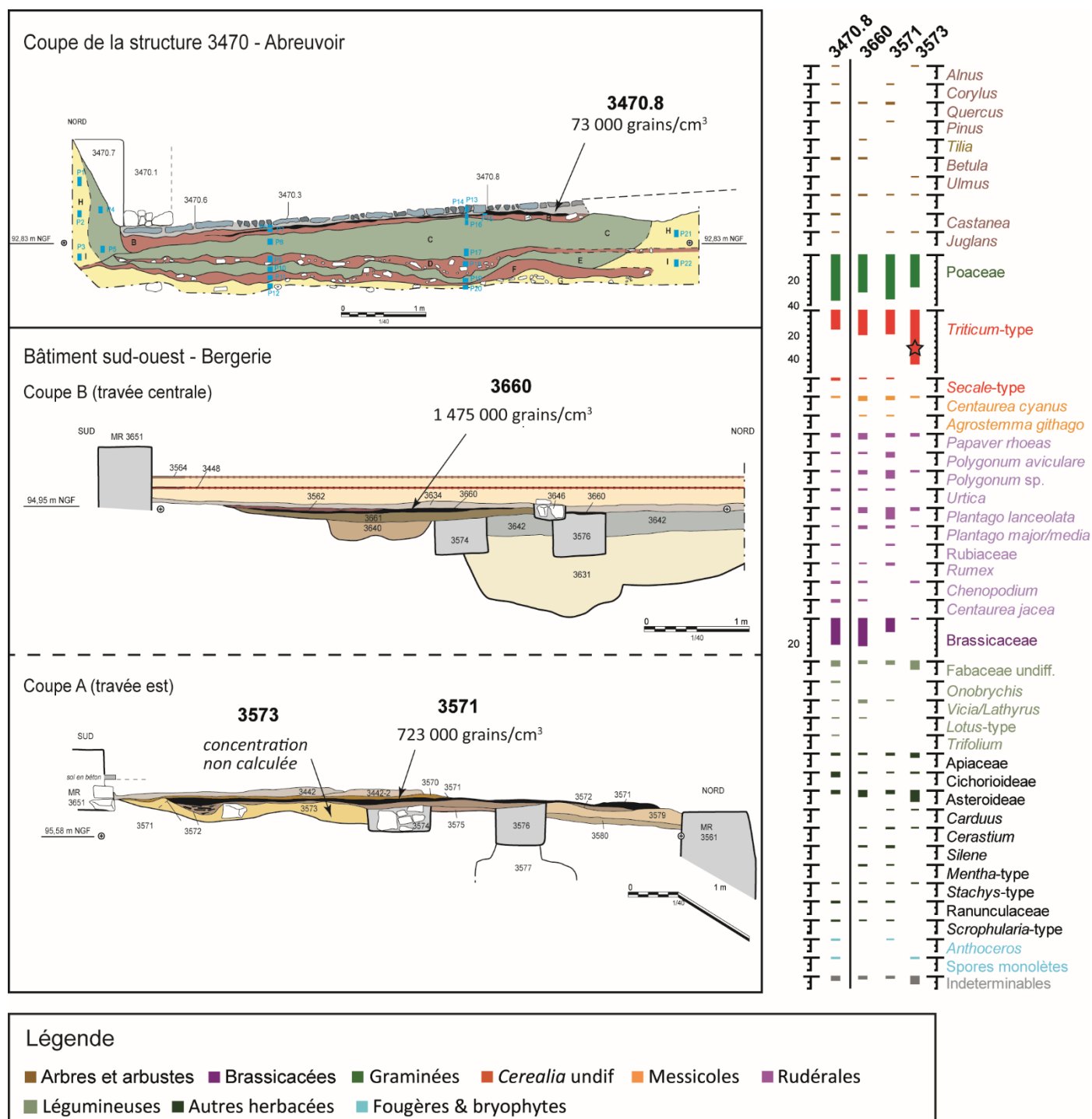
### 4.1. Pollen et spores conservés dans les échantillons de la ferme de La Selle.

Le matériel sporopollinique était globalement bien conservé dans les échantillons provenant des sols de stabulation analysés à la ferme de la Selle, avec une grande diversité pollinique et des assemblages de spores fongiques également bien conservés et diversifiés (**fig. 7**). La conservation des micro-restes biologiques est particulièrement remarquable dans les sols du dernier état de stabulation de la bergerie (US 3660 et 3571), et leur concentration est très élevée dans l'US 3660 (**fig. 7**) où le nombre de grains de pollen atteint presque 1 475 000 et celui des éléments fongiques 580 000 par cm<sup>3</sup> de sédiment (**figs. 8 et 9**). L'échantillon 3573, provenant de la travée A de la bergerie, fait exception dans le sens où aucun reste fongique n'a pu y être observé, et où la conservation du pollen y est un peu moins bonne. Cet échantillon correspond à un limon brun foncé relativement meuble, enrichi en fragments de tuiles et inclusions de plâtre. Ce sol est antérieur au XVIII<sup>e</sup> s., mais est logiquement modifié par les phases de stabulation liées aux précédentes étapes de développement de la bergerie. L'état de conservation est également moindre dans l'US 3470.8 située sous l'abreuvoir. Toutefois, l'enregistrement pollinique et celui des restes fongiques demeurent exploitables pour ces deux échantillons. Enfin, les micro-restes biologiques étaient malheureusement très rares et extrêmement dégradés dans l'US 370.7 et l'analyse n'a pas été possible.

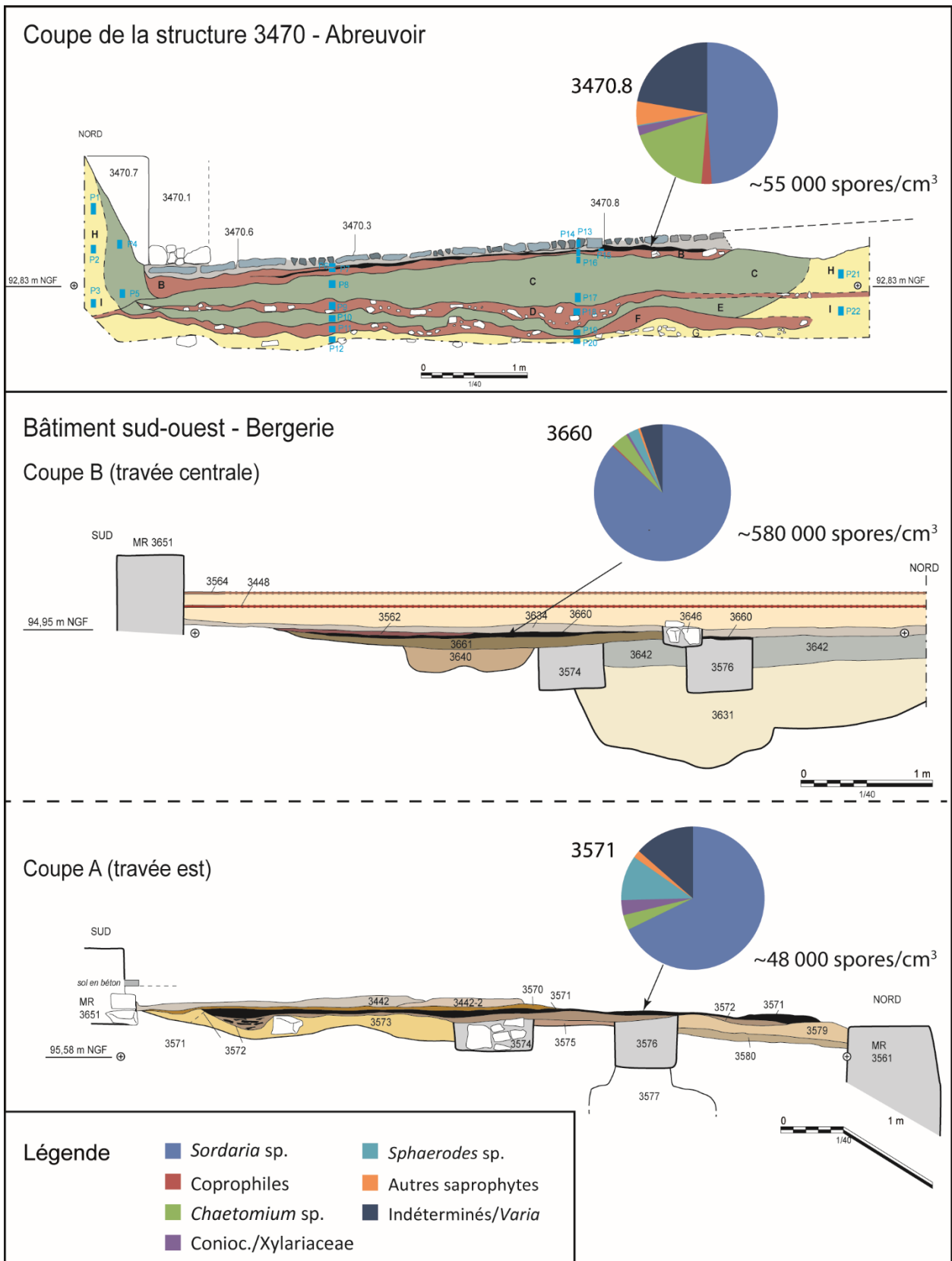
#### échantillon 3660



**Figure 7.** Photographie d'une lame au microscope. Exemple de l'abondance et la bonne conservation des restes polliniques et fongiques dans l'échantillon 3660 du sol de bergerie. © Isabelle Jouffroy-Bapicot, CNRS



**Figure 8.** Résultat de l'analyse pollinique des échantillons de la ferme de la Selle. A) Localisation des échantillons analysés et concentration pollinique ; B) diagramme pollinique en valeur relative (pourcentage de chaque taxon en fonction de la somme pollinique totale) © Isabelle Jouffroy-Bapicot, CNRS



**Figure 9.** Résultat de l'analyse des restes fongiques dans les échantillons de la ferme de la Selle  
© Isabelle Jouffroy-Bapicot, CNRS

Dans les assemblages polliniques des 3 échantillons provenant des sols de bergerie, la présence des taxons arboréens est anecdotique avec seulement quelques occurrences de pollen de chêne, de noisetier ou d'aulne. On observe aussi quelques grains de pollen provenant d'une essence cultivée :

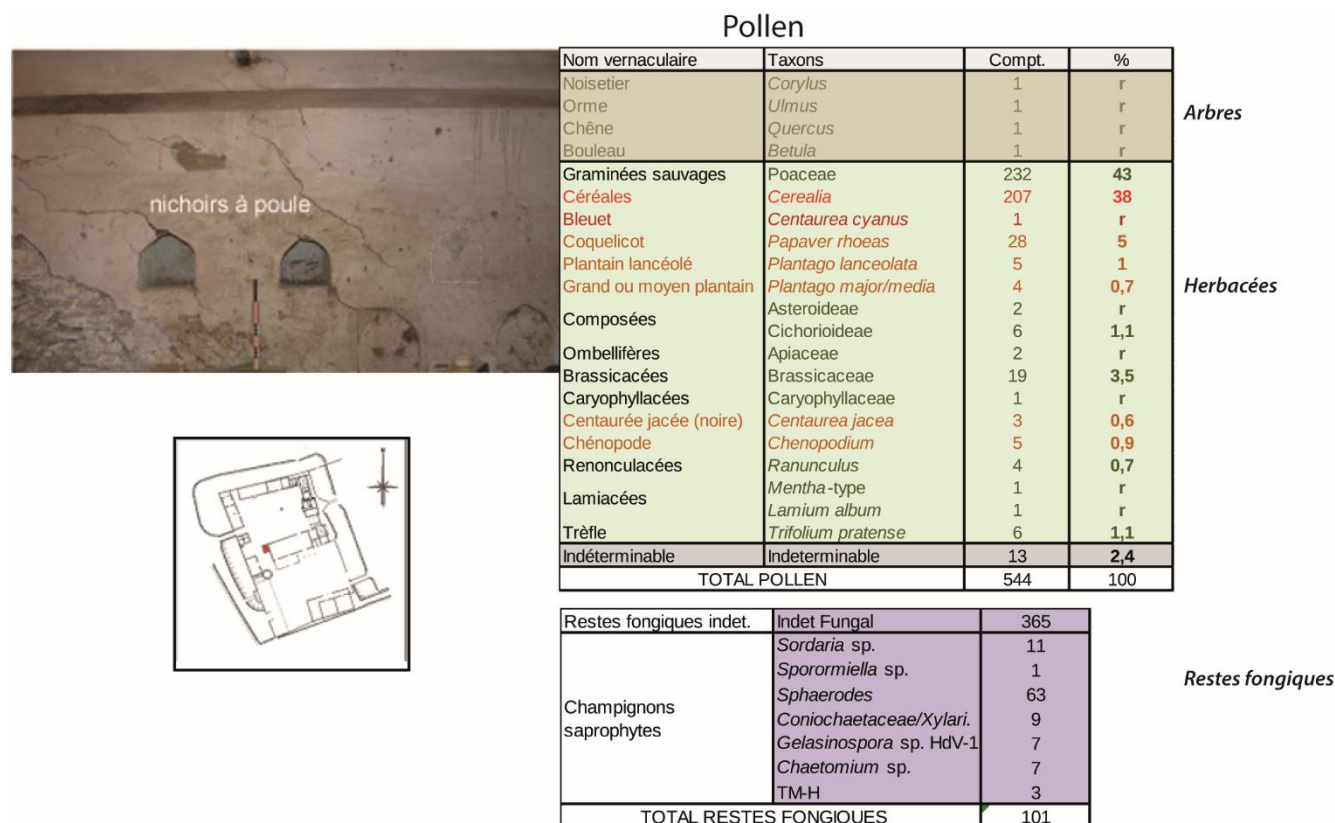
le noyer. Parmi les taxons herbacés qui sont très largement dominants, les graminées sauvages (Poaceae) représentent environ 1/3 des assemblages, avec des pourcentages situés entre 30 et 36 % de la somme pollinique totale (SPT). Les céréales de type blé (*Triticum*-type) sont également très bien représentées avec des pourcentages de pollen autour de 20 % et atteignant un maximum de 43 % dans l'US 3573 (coupe A, travée est). Celles-ci sont accompagnées des messicoles strictes que sont le bleuet (*Centaurea cyanus*) et la nielle des blés (*Agrostemma githago*). Les taxons couramment utilisés dans les études palynologiques comme indices polliniques d'anthropisation (IPA) (Behre, 1981) sont également nombreux, ils renvoient à des espèces rudérales et/ou liées à tout type d'environnement anthropisé, qu'il s'agisse de cultures, de prairies ou de zones piétinées (Brun, 2011). On y trouve par exemple les plantains (*Plantago lanceolata* et *major/media*), les coquelicots (*Papaver rhoeas*-type) ou encore des chénopodes (*Chenopodium*-type). Parmi les autres herbacées bien représentées, on trouve tout d'abord des Fabacées, ou Légumineuses, avec plusieurs taxons polliniques se rattachant par exemple au lotier (*Lotus*-type) ou encore aux gesses et vesces (*Lathyrus/Vicia*-type). Même si les pourcentages sont peu élevés, leur présence n'est pas anodine car les légumineuses sont des plantes entomogames, c'est-à-dire pollinisées par les insectes, et la production et la dispersion des grains de pollen est très faible. Les grains de pollen attribuables à la famille des Brassicacées sont également nombreux, sans que l'on puisse identifier plus avant le genre ou l'espèce productrice. L'ensemble des groupes de taxons herbacés que nous venons d'énumérer constituent la grande majorité des assemblages de chacun des échantillons (entre 85 et 90 % de la SPT, **fig. 7**). Les autres taxons des assemblages polliniques, qui ont une faible représentation individuelle, peuvent également se rapporter à des espèces synthropiques, c'est-à-dire celles qui affectionnent les milieux anthropisés (Brun et al., 2007). L'échantillon 3573 se distingue des deux échantillons décrits précédemment par une proportion beaucoup plus importante de pollen de céréales de type blé, de même que des taxons de la famille des Légumineuses ou Fabacées. Les Brassicacées y sont en revanche extrêmement discrètes. On trouve sensiblement les mêmes taxons dans l'échantillon prélevé sous la structure 3470 interprétée comme un abreuvoir (**fig. 7**). La part du pollen d'arbres et arbustes est ici aussi infime, mais on notera une meilleure représentation des arbres cultivés que sont le noyer et le châtaignier. Les graminées sauvages dominent et on retrouve 15 % de pollen de céréales de type blé et tout le cortège de plantes messicoles et rudérales présents dans les niveaux de sol de la bergerie.

Les microfossiles non-polliniques (MNP) présents sur les lames sont principalement des spores de champignons saprophytes, c'est-à-dire décomposeur de matières organiques (**fig. 2**) ou des parasites des végétaux. Nombre d'entre eux font partie des taxons utilisés pour tracer la présence de bétail dans les analyses polliniques réalisées en contexte naturel (Gauthier & Jouffroy-Bapicot, 2021). Toutefois, les taxons les plus strictement coprophiles comme *Sporormiella* sp. et *Podospora* sp. sont extrêmement rares, voire absents pour le second dans les sols du dernier état de stabulation de la bergerie (US 3660 et 3751). Les deux échantillons issus de ces US présentent par ailleurs des assemblages très semblables entre eux, même si, comme pour le pollen, la concentration est plus élevée dans l'échantillon 3660. Le type *Sordaria* y est très largement dominant (**voir fig. 7**). Du point de vue des restes fongiques, on retrouve les mêmes taxons dans l'échantillon 3470.8 (**fig. 9**), mais les proportions y sont un peu différentes : *Sordaria* sp. y représente la moitié des spores comptées, et le type *Chaetomium* y est également abondant. Ce dernier taxon est un décomposeur de la cellulose que l'on peut observer dans la paille et le foin (Ellis & Ellis, 1985), mais qui a également été retrouvé associé à des restes de vêtements, de cuirs, d'os dans des sites archéologiques de différentes périodes au Pays-Bas (van Geel et al., 2003). Enfin, les spores non identifiées en l'état actuel des connaissances sont plus variées ici que dans les sols de stabulation.



## 4.2. Pollen et spores conservés dans les échantillons de la ferme de Varâtre.

Parmi les trois échantillons analysés à la ferme de Varâtre, seul l'échantillon prélevé dans la niche du poulailler a présenté des assemblages de pollen et de restes fongiques suffisamment abondants et bien conservés pour permettre une analyse. L'assemblage pollinique est ici très largement dominé par les graminées sauvages et les céréales. On observe la présence de nombreux grains de pollen de céréales de type blé ou orge, qui sont encore en connexion (**fig. 10**), c'est-à-dire avec leur disposition originelle dans l'anthère, la partie sommitale de l'étamine de la fleur qui les a produits. La présence de quelques taxons issus d'arbres et arbuste est très rare. Parmi les herbacées, les plantes compagnes des cultures (e.g. le bleuet) et celles favorisées par le piétinement (comme les plantains) sont présentes mais leur variété est limitée. On note également un pourcentage de 3,5 % de pollen de Brassicacées, que l'on ne peut malheureusement pas identifier plus précisément qu'au rang de la famille.



**Figure 10.** Anciens nichoirs dans la ferme de Varâtre à Lieusaint (77). Résultats de l'analyse palynologiques : identification, comptages et pourcentages pour le pollen (r = rare), identification et comptage pour les restes fongiques © Isabelle Jouffroy-Bapicot, CNRS

Parmi les restes fongiques présents dans l'échantillon positif, les sept taxons identifiés sont tous saprophytes, lignicoles – décomposeurs du bois et de l'écorce – voire coprophiles pour *Sordaria* sp. et *Sporormiella* sp. (Baker et al., 2013 ; Gauthier & Jouffroy-Bapicot, 2021). Le plus abondant, *Sphaerodes* (famille des Pyrenomycetes) est un type de spore encore quasiment absent de la littérature paléoécologique, et particulièrement celle dédiée aux milieux anthropisés (une seule mention sur le site internet dédié au MNP [https://non-pollen-palynomorphs.uni-goettingen.de/NPP\\_Database.html](https://non-pollen-palynomorphs.uni-goettingen.de/NPP_Database.html)). Les quelques publications mycologiques consacrées au genre *Sphaerodes* renvoient à des espèces que l'on peut trouver dans les sols comme décomposeurs de végétaux (Garcia et al., 2004), mais également comme mycoparasites d'un pathogène des céréales (Vujanovic & Goh, 2011).

#### 4.3. Pollen et spores conservés dans le niveau de sol de la ferme du Coulevrain.

Sur les deux échantillons préparés, seul celui issu de l'US 136.5 contenait des restes sporopolliniques suffisamment bien conservés pour être exploitables. Le spectre pollinique est composé à plus de 95 % de pollen de plantes herbacées, dont une large très large majorité provient de composées de type Cichorioidées (40 % de SPT) et de grains de pollen de la famille des Brassicacées (28 % de la SPT) (**fig. 11**). Les grains de pollen de céréales et de messicoles y sont très rares. Enfin, la présence de plantes aquatiques comme la lentille d'eau (*Lemna*), et hygrophiles comme le rubanier et/ou les massettes (*Sparganium/Typha*) est indicatrice de la proximité de milieux humides, voire de nappes d'eau pérennes. Les spores de champignons sont peu nombreuses et celles qui sont identifiées sont majoritairement issues de saprophytes, mais les trois taxons considérés comme les meilleurs marqueurs coprophiles : *Sordaria* sp., *Sporormiella* sp. et *Podospora* sp. (Baker et al., 2013 ; Gauthier & Jouffroy-Bapicot, 2021) sont rares voire absents.

Nom vernaculaire	Taxons	Compt.	%
Bouleau	<i>Betula</i>	1	0,2
Tilleul	<i>Tilia</i>	1	0,2
Pommoidae	<i>Prunus</i>	2	0,4
Chêne	<i>Quercus</i>	1	0,2
Pin	<i>Pinus</i>	2	0,4
Vigne	<i>Vitis</i>	4	0,8
Aulne	<i>Alnus</i>	2	0,4
Graminées sauvages	Poaceae	43	9
Seigle	<i>Secale</i>	2	0,4
Bleuet	<i>Centaurea cyanus</i>	2	0,4
Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata</i>	3	1
Chénopode	<i>Chenopodium</i>	12	3
Plantain majeur/moyen	<i>Plantago major/media</i>	3	1
Renouée des oiseaux	<i>Polygonum aviculare</i>	4	1
Ortie	<i>Urtica</i>	2	0,4
Coquelicot	<i>Papaver rhoeas</i>	1	0,2
Centauree jaccée/noire	<i>Centaurea jacea/nigra</i>	1	0,2
Composées	Cichorioideae	191	40
	Asteroideae	1	0,2
Brassicacées	Brassicaceae	132	28
Caryophyllacées	Caryophyllaceae	1	0,2
Cypéracées	Cyperaceae	16	3
Potentille/fraise	<i>Potentilla</i> -type	1	0,2
Ombellifères	Apiaceae	1	0,2
Rubanier/massette	<i>Sparganium/typha</i>	2	0,4
Lentille d'eau	<i>Lemna</i>	2	0,4
Bryophytes et fougères	<i>Sphagnum</i> -type	3	0,6
	Spore monolète	8	2
	Spore trilète	9	2
	<i>Anthoceros</i>	1	0,2
Indéterminables		18	4
TOTAL POLLEN		472	100

Spores et mycélium indet.	Indet Fungal	60
Champignons saprophytes et coprophiles	<i>Sordaria</i> sp.	5
	<i>Sporormiella</i> sp.	4
	<i>Podospora</i>	1
	<i>Trichodelitschia</i>	2
	<i>Arthrimum</i>	3
	<i>Thecaphora</i>	3
	<i>Chaetomium</i>	2
	Cf HdV-200	2
	TM-111	2
	HV-172	2
	TM-H	1
	Lasiosphaeriaceae	1
TOTAL RESTES FONGIQUES		88

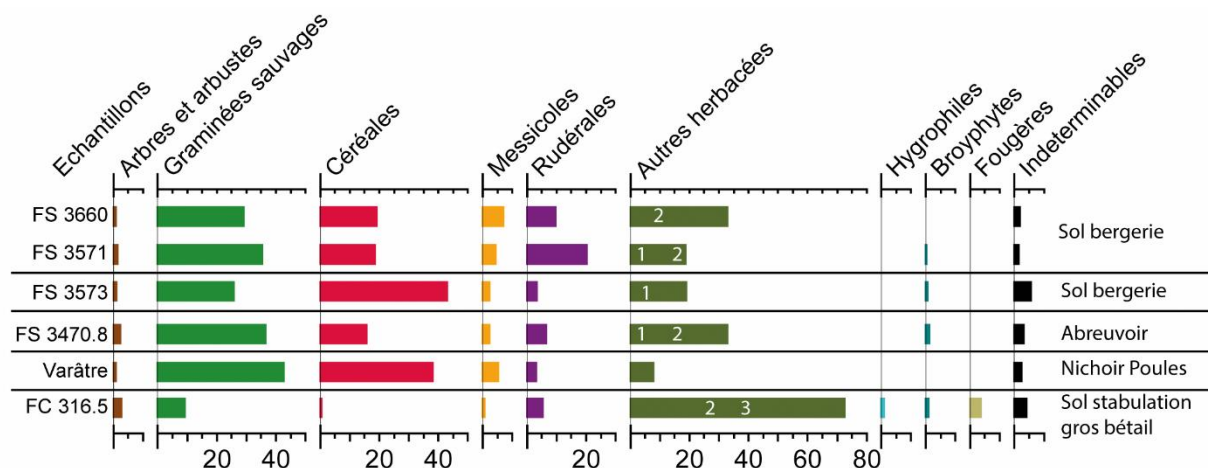
**Figure 11.** Ferme de Coulevrain (77), bâtiment de stabulation de la fin du Moyen Âge observé en diagnostic. Résultats de l'analyse palynologiques : identification, comptages et pourcentages pour le pollen, identification et comptage pour les restes fongiques © Isabelle Jouffroy-Bapicot, CNRS.

Ici, l'importance des grains de pollen de Composées de type Cichorioidées (ou Composées liguliflores) (40 %), soulève la question des biais taphonomiques qui peuvent affecter les spectres polliniques en contexte archéologique. Des expérimentations menées sur la conservation des grains de pollen en soumettant du pollen à diverses expositions (Lebreton et al., 2009) ont montré l'impact important et rapide de l'oxydation. Mais, l'enveloppe extérieure (ou exine) du pollen de Cichorioidées, souvent très majoritaires dans les échantillons issus de contexte archéologique présentant une conservation médiocre, ne s'est pas montré le plus résistant à ces attaques. Par ailleurs, dans l'échantillon analysé ici, on observe une certaine diversité dans les taxons polliniques et il apparaît que les grains non-identifiables sont peu nombreux. Ces observations plaident donc plutôt en la faveur d'une conservation satisfaisante des micro-restes biologiques. Dans ce cas, la grande quantité de pollen de Cichorioidées pourrait donc représenter l'abondance locale de Composées liguliflores dont beaucoup d'espèces colonisent les milieux ouverts et piétinés (pissenlits, crépis, liondents...). Le spectre pollinique correspondrait donc plutôt ici à un espace rudéralisé, piétiné (cour ?). Avec la présence de plantes aquatiques et/ou hygrophiles, il évoque également la proximité d'un milieu humide tel qu'un cours d'eau à faible débit, d'une mare, d'un abreuvoir, et/ou l'apport localement de plantes issues de zones humides.

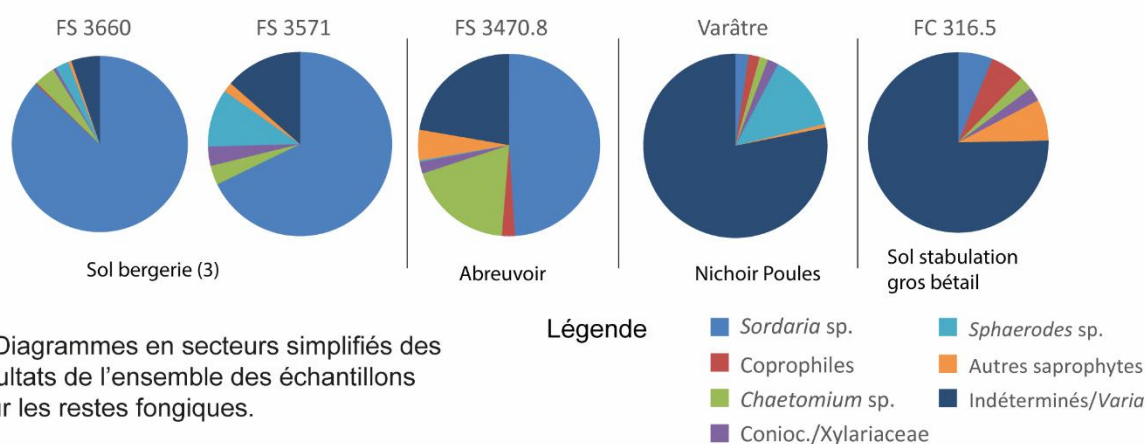
## 5. Discussion

### 5.1. Ce que nous apprennent les grains de pollen et spores de champignons sur la présence animale

L'analyse des différents résultats, obtenus site par site mais également confrontés les uns aux autres, fait apparaître des spécificités, des ressemblances et des particularités qui nous permettent de faire le lien ou non avec la présence animale. Tout d'abord, on remarque que globalement les assemblages polliniques sont largement dominés par les grains de pollen de graminées sauvages et de céréales, à l'exception de l'échantillon de sol analysé à la ferme du Coulevrain (**fig. 12**). En cela, ils sont très différents de ceux issus d'un environnement naturel, même lorsque celui-ci est considéré comme très anthropisé. Les échantillons de la bergerie de la Ferme de la Selle sont par exemple très différents de ceux qui ont pu être analysés dans des transects expérimentaux menés dans des champs cultivés actuels (Brun et al., 2007). On peut donc considérer que la majorité des grains de pollen proviennent d'un apport anthropique et sont issus d'assemblages végétaux sélectionnés. La composition des spectres polliniques, très riches en pollen de céréales, indique que ces assemblages sont très vraisemblablement attribuables à de la paille, qui constitue une litière déjà identifiée par l'analyse micromorphologique du sol (Cammass, 2016). La présence constante des plantes compagnes des cultures (le bleuet et la nielle des prés), confirme cette hypothèse car ce sont des espèces qui ont une faible production et dispersion pollinique (Brun, 2011) et qui sont habituellement très discrètes dans les spectres polliniques. Les grains de pollen observés sont morphologiquement attribuables au « type blé » (*Triticum*-type), mais ils peuvent également provenir d'autres céréales comme l'orge ou l'avoine, la distinction entre les grains de pollen de ces différentes céréales ne pouvant être faite (Beug, 2024). Il y a en revanche très peu de grains de pollen attribuables au seigle qui a une morphologie pollinique sensiblement différente. Non seulement les pourcentages de céréales sont élevés, mais on note également la présence remarquable de pollinies, c'est-à-dire de grains de pollen encore en connexion tels qu'ils le sont dans les anthères des fleurs qui composent l'inflorescence de la céréale. Leur présence renvoie certainement à des restes de ces inflorescences qui, après la floraison, restent séchées et « collées » à la paille.



A) Diagramme pollinique simplifié des résultats de l'ensemble des échantillons. Grains de pollen et exemple de fleurs de 3 taxons compris dans les autres herbacées : 1) Fabacées, 2) Brassicacées, 3) Cichorioidées



**Figure 12.** Figure de synthèse des résultats sur l'ensemble des échantillons des trois sites d'Île-de-France  
© Isabelle Jouffroy-Bapicot, CNRS.

Les autres herbacées identifiées peuvent également en grande partie provenir des champs cultivés et de leurs abords immédiats. Toutefois, certaines d'entre elles peuvent également témoigner de la présence de fourrage, et c'est particulièrement le cas pour celles de la famille des Brassicacées et des Fabacées ou Légumineuses. Ici, afin d'aider à l'identification de biomarqueurs liés à l'alimentation du troupeau, on dispose de textes du XVIII<sup>e</sup> siècle concernant les soins et l'alimentation des moutons, dont deux traités détaillés et précieux pour connaître la nature du fourrage dans les bergeries. Le premier est le « Traité des bêtes à laine » rédigé par Claude Carlier et paru en 1770, et notamment le Chapitre V dédié à l'alimentation (Carlier, 1770). Le second, intitulé « L'observation des bêtes à laine dans la province du Berry », a été publié par le chevalier de Lamerville en 1786 (Heurtault de Lamerville, 1786), ouvrage dont le chapitre V traite « De la manière de gouverner les bergeries ». Tout d'abord, les deux auteurs évoquent le rôle de la paille qui peut également être placée dans les râteliers pour l'alimentation du troupeau. De Lamerville parle de « paille de froment, d'avoine ou de seigle » (Heurtault de Lamerville, 1786, p. 67) et Carlier nomme la « Provende » (Carlier, 1770, p. 87), un mélange de paille et grains d'avoine, de son ou encore de blé en Beauce qui peut être déposé dans les mangeoires. Dans les spectres polliniques, une partie des grains de pollen de céréales de « type blé » pourraient ainsi provenir non seulement du paillis, mais également de l'alimentation des



brebis. Lamerville recommande également l'apport de foin quand les brebis ne peuvent pas sortir, ce qui peut ici expliquer une partie de l'abondance des graminées sauvages dans les spectres. Les deux auteurs insistent également sur l'importance de la place des Légumineuses (ou Fabacées) dans le fourrage. Si les pourcentages de différents types de pollen de Fabacées demeurent modestes, ils n'en sont pas moins significatifs d'une certaine abondance car les Légumineuses, sont des plantes entomogames – pollinisées par les insectes – qui ne diffusent pas ou très peu de pollen dans l'environnement. Dans les assemblages polliniques, les grains de pollen de Fabacées sont rarement identifiables au rang de l'espèce mais ils peuvent être rattachés à des groupes taxonomiques (Beug, 2004). Parmi les espèces citées dans les traités du XVIII<sup>e</sup> siècle on trouve la luzerne pour laquelle les deux auteurs n'ont pas les mêmes recommandations : si pour Carlier « la luzerne est moins bonne, parce qu'elle échauffe » (Carlier, 1770, Chap. V p. 284), Lamerville quant à lui recommande la luzerne qu'il qualifie de particulièrement nourrissante pour les brebis allaitantes et les agneaux après le sevrage. Les pois, les vesces, les gesses (*Lathyrus/Vicia*-type) ou encore le sainfoin sont recommandés par les deux auteurs. Comme pour la luzerne, s'ils n'ont pas toujours pu être formellement identifiés au rang d'un groupe d'espèces (comme par exemple *Lathyrus/Vicia*-type), il est fort probable que l'on ait ici la trace de ces plantes dans les grains attribués à la famille des Fabacées (**fig. 8 et 12**). La présence du pollen de Brassicacées (**fig. 12**) peut également renvoyer à l'alimentation animale car plusieurs plantes de cette famille sont citées pour l'alimentation des ovins comme le navet ou encore la carotte. Mais ce sont exclusivement des racines qui sont consommées et l'apport de pollen par ce biais est plus difficilement explicable. Par ailleurs, la question reste ici ouverte car il n'y a pas de moyen d'identifier la provenance exacte du pollen, qui peut aussi résulter d'un mélange de différentes espèces rudérales ou adventices (comme la carotte sauvage) ou cultivées (comme les choux ou le colza).

Les résultats obtenus dans l'échantillon situé sous l'abreuvoir ressemblent beaucoup à ceux obtenus dans les sols de la bergerie. Il est donc ici compliqué d'associer le spectre pollinique à la fonction de la structure, et son interprétation est plus délicate. Des hypothèses pour expliquer sa similitude avec les sols de bergerie pourraient être d'une part la présence d'un paillis à proximité de l'abreuvoir lors de façon contemporaine à son utilisation, d'autre part son utilisation comme dépotoir/fumier après son utilisation où aurait été déversé le paillis de la bergerie avant les travaux de transformation en habitation humaine.

La quantité importante de grains de pollen de céréales observés dans l'échantillon issu de la niche en plâtre de la ferme de Varâtre est associée à une relativement faible diversité pollinique, et ceci malgré un bon état de conservation des micro-restes biologiques. Ce spectre évoque à nouveau un apport pollinique restreint à un champ de céréales et ses abords immédiats. Les assemblages de pollen et restes fongiques obtenus correspondent bien ici à nouveau à un assemblage de bio-indicateurs vestiges d'un paillage. On y trouve aussi en abondance des spores d'un champignon de la famille des *Sphaerodes*, une abondance qui pourrait être liée à celle d'un parasite des céréales (*cf. supra*). Contrairement aux sols de la bergerie, la faible diversité des herbacées, et la présence discrète des Brassicacées et des Fabacées, renvoient ici à une absence de fourrage, ce qui semble logique avec la fonction de nichoir à poule.

Enfin, le sol étudié à la ferme de Coulevrain, est différent, tant en termes d'assemblages de grains de pollen qu'en assemblages de restes fongiques (**fig. 12**). Contrairement aux autres échantillons, il est caractérisé par un assemblage de pollen qui n'offre aucune des caractéristiques d'un paillage, et n'indique pas non plus la présence de fumier, malgré les quelques spores de champignons coprophiles et saprophytes. Il évoque plutôt un milieu très ouvert et rudéralisé. Même si la proportion importante de composées de type Cichorioideae à 40 % de la SPT incite à la prudence dans les interprétations car elle introduit une suspicion de conservation différentielle. Ici, le spectre pollinique reflète une

végétation issue d'un milieu très différent de celui d'un sol de logis animal composé de litière et avec des traces de la présence fourrage comme on a pu le voir précédemment.

Dans l'ensemble des échantillons analysés, les microfossiles sont exclusivement ou presque constitués de restes fongiques. Si les restes de champignons coprophiles sont utilisés comme indicateurs de la présence animale et leur abondance pour tracer celle d'animaux d'élevage en contexte naturel (e.g. [Gauthier & Jouffroy-Bapicot, 2021](#)), on remarque ici qu'ils sont très peu nombreux dans les assemblages. L'entretien et le souci de l'hygiène du troupeau dans la bergerie, largement soulignés dans les deux traités de Carlier et Lamerville, impliquent un nettoyage régulier et l'apport fréquent de nouveaux paillis. Par ailleurs, ces champignons ne vont fructifier que sous certaines conditions dépendantes à la fois du support et des conditions environnementales ([Perroti & van Asperen, 2019](#)). Des conditions ici forcément différentes car en milieu fermé pourraient être moins propices à leur développement. On remarque en revanche une bonne représentation et une certaine diversité de genres fongiques, comprenant des décomposeurs de la cellulose (e.g. *Chaetomium*), des lignicoles (e.g. *Coniochaetaceae/Xylariaceae*), de même que des parasites de plantes (e.g. *Sphaerodes*). Ces assemblages semblent ainsi caractéristiques des sols de bergeries et du nichoir à poules, avec certainement le paillis comme support privilégié.

## **5.2. Processus taphonomiques et potentiel informatif des grains de pollen et autres MNP pour l'étude des sols de logis animaux.**

L'analyse des échantillons prélevés dans les sols de l'ancienne bergerie de la ferme de la Selle, ou encore dans le nichoir à poule de la ferme de Varâtre a montré une conservation excellente des grains de pollen et spores dans un contexte moins communément ciblé que les structures en creux en contexte archéologique. On remarque que ces résultats les plus robustes sont ceux qui proviennent des niveaux rapidement scellés après utilisation. Les exemples publiés d'études palynologiques de sols archéologiques sont encore assez peu nombreux. Dans leur étude mêlant différents sols issus de sites expérimentaux en ethnoarchéologie et de sites archéologiques romains et médiévaux en Angleterre, [MacPhail et al. \(2004\)](#) proposent l'hypothèse d'un effet conservateur des phosphates présents dans les sols de stabulation qui permettrait ainsi la conservation des grains de pollen et autres palynomorphes dans un milieu qui au départ ne leur était pas favorable. C'est un effet ce qui pourrait être également évoqué pour les sols étudiés ici, mais qui, quoiqu'il en soit, demanderait à être confirmé par l'expérimentation.

Par ailleurs, pour les échantillons de sol de bergerie de la ferme de la Selle, ainsi que celui de la niche-poulailler de la ferme de Varâtre, les risques de contamination par du pollen déposé postérieurement à la formation de la couche archéologique sont quasiment nuls. Le bon état homogène de conservation des grains de pollen et spores vient également confirmer cette hypothèse, de même que l'originalité des assemblages par rapport à ceux que l'on peut trouver dans les espaces extérieurs.

Pour les autres échantillons, comme celui situé sous l'abreuvoir à la ferme de la Selle, ou encore à Coulevrain (voir ci-dessus) des risques de se trouver en présence de conservation différentielle et/ou de contamination par percolation au travers des niveaux supérieurs rendent l'interprétation beaucoup plus délicate. Alors, les spectres polliniques ne seraient pas représentatifs du sol en place mais d'apports dus à des infiltrations correspondant à des environnements et activités postérieurs à l'abandon des structures fouillées. Les résultats ouvrent la discussion sur la mise en cause du spectre pollinique qui ne correspond pas (ou pas seulement) à la phase d'utilisation du sol. Mais ils conduisent également à proposer une autre identification possible de la structure, une hypothèse qui devra alors être rediscutée avec les archéologues.

## 6. Conclusion

Parmi les échantillons analysés en Île-de-France, on peut constater que les résultats de l'analyse des grains de pollen, spores et restes fongiques obtenus sur les sols de bergerie de la ferme de la Selle et du nichoir à poule de la ferme de Varâtre constituent des éléments confortant l'interprétation archéologique du logis animal.

Dans les échantillons analysés, les spectres sont principalement les témoins de la litière et de l'alimentation qui y étaient apportés. Ces éléments sont précieux pour la constitution d'un référentiel de bio-indicateurs, pollen et spores fongiques, issus de différents sols de structures d'élevage. Et leur apport ne sera que plus efficient avec une multiplication des échantillons et des contextes analysés.

Si les restes de champignons coprophiles sont utilisés comme indicateurs de la présence animale et leur abondance pour tracer celle d'animaux d'élevage en contexte naturel (e.g. [Gauthier & Jouffroy-Bapicot, 2021](#)), on remarque ici qu'ils sont absents ou peu nombreux dans les assemblages. Ce sont plutôt les décomposeurs de la cellulose (e.g. *Chaetomium*), les lignicoles (e.g. Coniochaetaceae/Xylariaceae) et les parasites de plantes (e.g. *Sphaerodes*), qui semblent caractéristiques des sols de logis animaux retrouvés en contexte archéologique. Toutefois, à ce jour, on ne dispose pas ici d'élément qui permette de déterminer si certains marqueurs, pollen ou restes fongiques, peuvent être liés à la nature des animaux présents dans le logis. Mais ce n'est pas le cas non plus en contexte naturel, dans les séquences issues des tourbières et lacs.

Ainsi, sous certaines conditions, l'analyse palynologique, comprenant non seulement les grains de pollen, les spores de fougères et de bryophytes, mais également les restes fongiques, peut participer à l'identification des sols de logis animaux. Ces conditions sont liées non seulement au questionnement initial, mais également à la présence d'un contexte sédimentaire favorable à leur conservation. Ici, les milieux rapidement scellés après leur abandon sont révélés très propices à la conservation des microrestes biologiques. Pour les responsables d'opérations archéologiques et les palynologues c'est un potentiel qu'il ne faut pas négliger. Comme pour les autres marqueurs chimiques, biologiques, ou géomorphologiques, ces résultats ne pourront que bénéficier de la confrontation de ces différentes approches sur les mêmes échantillons pour obtenir des réponses toujours plus solides aux hypothèses posées.

## Conflit d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts à déclarer.

## Évaluation

Les rapporteur·rice·s de cet article sont Christophe Petit et Laure Fontana.

## Responsabilités des évaluateur·rice·s externes

Les évaluations externes sont prises en considération de façon sérieuse par les éditeur·rice·s et les auteur·rice·s dans la préparation des manuscrits pour publication. Toutefois, être nommé comme examinateur·rice n'indique pas nécessairement l'approbation de ce manuscrit. Les éditeur·rice·s d'Archéologie, Société, Environnement assument la responsabilité entière de l'acceptation finale et la publication d'un article.

## Références bibliographiques

- Bakels, C., 2020. Pollen and Archaeology, in : Henry, A.G. (éd.), *Handbook for the Analysis of Micro-Particles in Archaeological Samples, Interdisciplinary Contributions to Archaeology*. Springer International Publishing, Cham, 203-224. URL : [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42622-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42622-4_9)
- Baker, A.G., Bhagwat, S.A., Willis, K.J., 2013. Do dung fungal spores make a good proxy for past distribution of large herbivores? *Quaternary Science Review*. 62, 21-31. URL : <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.11.018>
- Barbier-Pain, D., Miras, Y., Silhouette, H., Frère, D., Dubuis, B., 2021. Potentiel bioarchéologique des microfossiles non-polliniques en archéologie préventive, in : Carpentier, C., Arbogast, R.-M., Kuchler, Ph. (eds.), *Bioarchéologie : minimums méthodologiques, référentiels communs et nouvelles approches : actes du 4e séminaire scientifique et technique de l'Inrap, 28-29 nov. 2019, Sélestat*.
- Behre, K.-E., 1981. The Interpretation of Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams. *Pollen et spores*. 23, 225-245.
- Beug, H.J., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete (Guide to the Pollen Analysis for Central Europe and the Adjacent Areas)*. Pfeil, München.
- Broes, F., Clavel, V., De Clercq, W., Fechner, K., Rouppert, V., Vanmoerkerke, J., 2013, avec la collaboration de Cammas, C., Créteur, Y., Gambier, P., Hulin, G., Praud, Y., Verdin, P. Zech-Matterne, V. À la recherche des espaces de stabulations. Étude pluridisciplinaire d'habitats de cas des périodes néolithique à médiévale dans le nord de la France, application du SIG. *Archéopages*. 35, 6-16. URL : <https://doi.org/10.4000/archeopages.257>
- Brönnimann, D., Ismail-Meyer, K., Rentzel, P., Pümpin, C., Lisá, L. 2017a. Excrements of herbivores, in: Nicosia, C., Stoops, G. (éds.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Wiley Blackwell, Hoboken, 55-65.
- Brönnimann, D., Pümpin, C., Ismail-Meyer, K., Rentzel, P. and Égüez, N. 2017b. Excrements of Omnivores and Carnivores, in : Nicosia, C., Stoops, G. (éds.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Wiley Blackwell, Hoboken, 67-81.
- Broutin, P. (éd.) 2017. *Lieusaint (Seine-et-Marne), Site de la Ferme de Varâtre*, Rapport de diagnostic, Inrap Centre-Île-de-France, 284 p.
- Brun, C., 2011. Anthropogenic indicators in pollen diagrams in eastern France: a critical review. *Vegetation History and Archaeobotany*. 20, 135-142. URL : <https://doi.org/10.1007/s00334-010-0277-8>
- Brun, C., Dessaint, F., Richard, H., Bretagnolle, F., 2007. Arable-weed flora and its pollen representation: A case study from the eastern part of France. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 146 (1-4), 29-50. URL : <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2007.02.001>
- Cammass, C., 2016. Analyse micromorphologique de sols de bâtiments et structures en creux médiévaux et modernes, in : *Roissy-en-France 14, rue Jean Moulin La ferme de La Selle*, Rapport de fouille. Inrap Centre Île-de-France, 467-478.
- Carlier, M., 1770. *Traité des bêtes à laine, ou Méthode d'élever et de gouverner les troupeaux aux champs et à la bergerie*. Imprimerie Louis Bertrand, Compiègne.
- Courty M.-A., Goldberg P. et Macphail R-I., 1989 - *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge manuals in Archaeology, Cambridge University Press, 344 p., 8 pl., 101 fig.
- Cugny, C., Mazier, F., Galop, D., 2010. Modern and fossil non-pollen palynomorphs from the Basque mountains (western Pyrenees, France): the use of coprophilous fungi to reconstruct pastoral activity. *Vegetation History and Archaeobotany*. 19, 391-408. URL : <https://doi.org/10.1007/s00334-010-0242-6>
- Dufour, J.-Y. 2007. Trois bergeries médiévales à Roissy-en-France (Val-d'Oise), *Archéologiemédiévale*, tome 37, 2007, p. 91-110.
- Dufour, J.-Y. 2012. Etables à bovins, écuries, bergeries, porcheries. Manuels agronomiques et vestiges médiévaux et modernes en Île-de-France, *Archéopages*, 2012, 35 : 60-67. Dufour, J.-Y., 2016. *Roissy-en-France 14, rue Jean Moulin La ferme de La Selle*, Rapport de fouille. Inrap Centre Île-de-France.
- Dufour, J.-Y., 2019a. *Savigny-le-Temple (Île-de-France, Seine-et-Marne), Ferme du Coulevrain, Place Georges Henri Rivière*, Rapport de diagnostic. Inrap Centre-Île-de-France.



- Dufour, J.-Y., 2019b. La bergerie antique de Houdan (Yveline) : essai d'interprétation, in : Guizard, F., Beck, C. (éds.) 2019. *Les animaux sont dans la place. La longue histoire d'une cohabitation. IVe rencontres des « Bêtes et des Hommes »*. Encrage Université, Amiens, 167-207.
- Dufour, J.-Y., 2020. L'hypothèse d'un peristeron, in : Poitevin, G. (éd.), *La pars rustica de la villa antique des Petites Vallées à Ymonville, Eure-et-Loir*. FERACF (74<sup>e</sup> supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France), Tours, 53-55.
- Dufour, J.-Y., 2023. Les savoirs agricoles du bas Moyen Âge et de l'époque Moderne abordés par le prisme de l'archéologie et de l'archéologie, in : Lamy, J., Vabre, S. (éds.), *Les savoirs ruraux du Moyen Âge à nos jours*. Presses universitaires de Rennes, Rennes, 68-88. <https://doi.org/10.4000/books.pur.189578>
- Dufour, J.-Y., Bach M.-A., 2014. Une maison villageoise du XVIII<sup>e</sup> siècle observée à Roissy-en-France (Val-d'Oise). *L'architecture vernaculaire*, 38-39. URL : [http://www.pierreseche.com/AV\\_2014\\_dufour\\_roissy.htm](http://www.pierreseche.com/AV_2014_dufour_roissy.htm)
- Ellis, M.B., Ellis, P.J., 1985. *Microfungi on land plants*. Macmillan Publishing Company, New York.
- Etienne, D., Jouffroy-Bapicot, I., 2014. Optimal counting limit for fungal spore abundance estimation using *Sporormiella* as a case study. *Vegetation History & Archaeobotany*. 23, 743-749. URL : <https://doi.org/10.1007/s00334-014-0439-1>
- Fechner, K., De Lil, A., Clavel, V., Hus, J., Teheux, E., Broes, F., Dugois, F., Elleboode, E., Fournand, S., Gaillard, D., Heller, F., Julien, M., Leroy-Langelin, E., Lorin, J.-Ph., Naton, H.-G., Poirier, Ch., Praud, I., Slachmuylder, J.-L., 2011. Cartographie du phosphore dans des bâtiments allongés du Néolithique dans le Nord de la France, en Belgique et au Luxembourg. *Revue archéologique de Picardie*. Numéro spécial 28, 275-298. URL : <https://doi.org/10.3406/pica.2011.3334>
- Garcia, D., Stchigel, A.M., Guarro, J., 2004. Two new species of *Sphaerodes* from Spanish soils. *Studies in Mycology*. 50, 63-68.
- Gauthier, E., Jouffroy-Bapicot, I., 2021. Detecting human impacts: non-pollen palynomorphs as proxies for human impact on the environment. *Geological Society, London, Special Publications*. 511, 233-244. URL : <https://doi.org/10.1144/SP511-2020-54>
- Ginoux, N., Dufour, J.-Y., Clavel, B., 2014. Un chenil d'époque moderne fouillé dans le domaine du château de Chessy (Seine-et-Marne), in : Guizard, F., Beck, C. (éds.), *Actes des 3<sup>e</sup> rencontres internationales « Une bête parmi les hommes : le chien. De la domestication à l'anthropomorphisme », 4<sup>e</sup> rencontres internationales « des Bêtes et des Hommes »*. Encrage Université, Amiens, 209-238.
- Harrault, L., Milek, K., Jardé, E., Jeanneau, L., Derrien, M., Anderson, D.G., 2019. Faecal Biomarkers Can Distinguish Specific Mammalian Species in Modern and Past Environments. *Plos One*, 14 (2). URL : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211119>
- Heurtault de Lamerville, J.-M., Chevalier de, 1786. *Observations pratiques sur les bêtes à laine dans la province du Berry*. Buisson Libraire, Paris, 265 p.
- Le Bailly, M., Maicher, C., Dufour, B., 2017. La paléoparasitologie : mieux comprendre la vie de nos ancêtres grâce à leurs parasites. *Les Nouvelles de l'archéologie*. 148, 45-49. URL : <https://doi.org/10.4000/nda.3724>
- Le Bailly, M., Maicher, C., Roche, K., Dufour, B., 2021. Accessing Ancient Population Lifeways through the Study of Gastrointestinal Parasites: Paleoparasitology. *Applied Sciences*. 11 (4868). URL : <https://doi.org/10.3390/app11114868>
- Lebreton, V., Marquer, L., Messenger, E., Renault-Miskovsky, J., 2009. Les processus taphonomiques en archéopalynologie. Quantification des effets de l'oxydation sur le pollen par une approche néotaphonomique. *Les Nouvelles de l'archéologie*. 118, 37-41. URL : <https://doi.org/10.4000/nda.906>
- MacPhail, R.I., Cruise, G.M., Allen, M.J., Linderholm, J., Reynolds, P., 2004. Archaeological soil and pollen analysis of experimental floor deposits; with special reference to Butser Ancient Farm, Hampshire, UK. *Journal of Archaeological Science*. 31 (2), 175-191. URL : <https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.07.005>
- Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E., 1991. *Pollen Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell Science, Oxford-London-Edinburgh-Malden-Victoria-Paris.

- Perrotti, A.G., van Asperen E., 2019. Dung Fungi as a Proxy for Megaherbivores: Opportunities and Limitations for Archaeological Applications. *Vegetation History and Archaeobotany*. 28 (1), 93-104. URL : <https://doi.org/10.1007/s00334-018-0686-7>
- Reille M., 1999. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, 2<sup>e</sup> éd. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille, 535 p.
- Shumilovskikh, L.S., van Geel, B., 2020. Non-Pollen Palynomorphs, in : Henry, A.G. (éd.), *Handbook for the Analysis of Micro-Particles in Archaeological Samples, Interdisciplinary Contributions to Archaeology*. Springer International Publishing, Cham, 65-94.
- Sordoillet D., 2009 — *Géoarchéologie de sites préhistoriques : Le Gardon (Ain), Montou (Pyrénées-Orientales) et Saint-Alban (Isère)*. Paris : MSH, 2009. 188 p. : ill. (Daf ; 103).
- Sordoillet, D., Jouffroy-Bapicot, I., Le Bailly, M., Maicher, C., Ducreux, F., Lecornué, J., 2016. La plaine de la Tille (Côte d'Or, Bourgogne), du Néolithique à l'Antiquité. Étude pluridisciplinaire du remplissage de structures archéologiques en creux, in : Barral, P., Magny, M., Thivet, M. (éds.), *De la reconstitution des paysages à l'histoire des sociétés. 10 000 ans d'archives sédimentaires en zones humides*. Infolio éditions, Gollion (CH), 151-159.
- Stockmarr, J., 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et spores*. 13, 614-621.
- van Geel, B., 2001. Non-pollen palynomorphs, in: Smol, J.P., Birks, J.B., Last, W.M. (éds.), *Developments in Paleoenvironmental Research. Presented at the Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 99-119.
- van Geel, B., Aptroot, A., 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*. 82 (3-4), 313-329. URL : <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2006/0082-0313>
- van Geel, B., Buurman, J., Brinkkemper, O., Schelvis, J., Aptroot, A., van Reenen, G., Hakbijl, T., 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science*. 30 (7), 873-883. URL : [https://doi.org/10.1016/S0305-4403\(02\)00265-0](https://doi.org/10.1016/S0305-4403(02)00265-0)
- Vujanovic, V., Goh, Y.K., 2011. *Sphaerodes* mycoparasites and new *Fusarium* hosts for *S. mycoparasitica*. *Mycotaxon*. 114, 179-191. URL : <https://doi.org/10.5248/114.179>