

HISTOIRE ET CONTEXTE DES DYNAMIQUES VEGETALES DE LA TOURBIERE DES NASSETTES (MONT LOZERE, FRANCE) DEPUIS LE TARDIGLACIAIRE RECENT

Colline Bonnet¹, Eleni Filaiti², Flora Garcia³

Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (UMR 5554)

Université de Montpellier, Place Eugène Bataillon, CC065, 34095 Montpellier cedex 05, France

¹ bonnet-colline@orange.fr, ² eleni.filaiti@etu.umontpellier.fr, ³ flo.garcia01@etu.umontpellier.fr

Encadrement : Serge Muller

Citation : Bonnet C., Filaiti E. & Garcia F. (2020). Histoire et contexte des dynamiques végétales de la tourbière des Nassettes (Mont Lozère, France) depuis le Tardiglaciaire. *Orpalm Synthesis*, 13 (1) : 25-46.

Résumé : Une analyse pollinique a été réalisée sur la tourbière des Nassettes (Mont Lozère, Parc National des Cévennes, Massif Central). Il s'agit d'un travail exploratoire basé sur 8 échantillons polliniques et des corrélations palynostratigraphiques établies à partir d'études régionales. La comparaison entre le pollen de surface et la végétation actuelle a permis de différencier les apports polliniques locaux des apports régionaux, et de préciser les taxons polliniques indicateurs de la tourbière. Les résultats obtenus mettent en évidence une histoire de la végétation remontant à 13,000 ans, corroborant les changements majeurs connus, mais révélant pour la première fois dans les Cévennes des dépôts du Tardiglaciaire. Les steppes froides du Dryas récent laissent place à une succession mettant en jeu pinèdes, chênaies puis hêtraies-sapinières.

Mots clés : Massif Central, Parc National des Cévennes, Dryas récent, zone humide, palynologie

Abstract: *History and context of plant dynamics in the Nassettes peatland (Mont Lozère, France) since the end of Lateglacial.* A pollen analysis was conducted on the Nassettes peat bog (Mont Lozère, Cévennes National Park, French Massif Central). This is an exploratory work based on 8 pollen samples and palynostratigraphic correlations established from regional studies. The comparison between surface pollen and current vegetation allowed to differentiate local pollen inputs from regional ones, and to specify the indicator pollen taxa of the peat bog. The obtained results show a 13,000-year vegetation history, corroborating the major known changes but revealing for the first time lateglacial deposits in Cévennes. The Younger Dryas cold steppes gave way to a succession composed of pine, oak then beech-fir forests.

Keywords: French Massif Central, Cévennes National Park, Younger Dryas, wetland, palynology

L'étude des dynamiques paléoenvironnementales permet de comprendre comment et pourquoi les assemblages végétaux se sont constitués, et d'analyser les facteurs climatiques et anthropiques prévalant dans l'évolution de la structure de la végétation.

Les données obtenues sont par la suite susceptibles d'aider à la gestion, à la protection et à la conservation de la biodiversité (Birks, 1996). Les tourbières accumulent de la matière organique au travers du dépôt des restes de plantes qui s'y développent et constituent ainsi des archives

précieuses pour la palynologie. Après enfouissement dans des conditions anaérobies, les grains de pollen y sont particulièrement bien conservés, même à très long terme (Reille et al., 1996).

L'histoire postglaciaire de la végétation du sud de l'Europe est aujourd'hui bien connue, grâce aux analyses polliniques réalisées dans les tourbières de différentes régions (Massif Central, Péninsule Ibérique, Alpes, Pyrénées ; e.g. de Beaulieu et al., 1994). Les travaux pionniers de Firbas (1932) et les études postérieures (e.g. Reille & de Beaulieu, 1981 ; Daugas & Raynal, 1987) ont ainsi posé les jalons de l'histoire de la végétation du Massif Central durant l'Holocène (période interglaciaire comprise entre 11500 cal. BP et aujourd'hui ; Ozenda, 1994). Ces auteurs ont mis en évidence quatre grandes phases :

- i) Au Préboréal-Boréal, les pinèdes, vestiges du Tardiglaciaire, sont rapidement colonisées par le noisetier (*Corylus*), notamment sur le Mont Lozère ;
- ii) A l'Atlantique, se développent les chênaies à chênes caducifoliés (*Quercus pubescens*-type) et ormes (*Ulmus*), riches en noisetiers ;
- iii) Au Subboréal, les hêtraies-sapinières repoussent les chênaies dans les étages inférieurs ;
- iv) Au Subatlantique, l'anthropisation entraîne des déboisements massifs, ainsi que l'expansion de l'agro-pastoralisme.

Les études plus récentes ont par la suite permis d'affiner la résolution chronologique des reconstitutions paléocologiques, et de mettre en évidence un certain nombre de disparités à l'échelle régionale (de Beaulieu et al., 1985, 1987 ; Reille, 1990 ; Jorda & Rosique, 1994 ; Heinz & Thiébault, 1998 ; Pulido Avila, 2006 ; Plancher, 2017). Une de ces disparités régionales, discutée par Plancher (2017), concerne la variabilité de l'importance relative du hêtre (*Fagus*) et du sapin (*Abies*) dans le Massif Central.

Le présent travail a été réalisé dans les Cévennes, un massif montagneux situé au sud du Massif Central. Il s'est intéressé à la tourbière des Nassettes, sur le Mont Lozère.

Deux études antérieures (Reille, 1988 ; Pulido Avila, 2006) ont révélé une histoire ancienne, remontant au début de l'Holocène, mais malheureusement non datée par le radiocarbone. La réalisation de relevés phytosociologiques (avec l'aide d'E. Sulmont, Parc National des Cévennes) nous permet de discuter dans un premier temps la relation pollen-végétation afin d'évaluer les éventuels biais de l'enregistrement pollinique et de caractériser la végétation actuelle de la tourbière. La réalisation d'une datation radiocarbone à la base d'une nouvelle séquence permet dans un second temps de préciser l'âge de la tourbière, et de caler chronologiquement son histoire. Nous tentons enfin, sur cette base, de proposer une reconstitution des dynamiques végétales locales et régionales depuis l'origine de la tourbière.

MATERIEL ET METHODES

1- Zone d'étude

Le Mont Lozère est situé dans le Parc National des Cévennes, qui s'étend de la bordure externe du Massif Central aux plateaux calcaires du Languedoc (Vives et al., 2014). Il s'agit d'un massif granitique acide d'origine hercynienne qui culmine à 1702 m d'altitude (Reille, 1988). Le climat est tempéré humide, avec des étés courts et froids, et la pluviométrie est importante (1600 à 2800 mm de précipitations annuelles, principalement estivales ; Bertrand et al., 2004). Les reliefs sont globalement assez doux, et les trois sommets du Lozère sont plats (Bertrand et al., 2004 ; Vives et al., 2014). Cette géographie, combinée au passé glaciaire régional, a permis la formation de tourbières dans des vallons concaves facilitant la rétention d'eau. Ces tourbières sont désignées comme "tourbières basses" dans le référentiel Natura 2000 (Noël, 2016). La tourbière des Nassettes mesure 300 x 440 m, ce qui représente une surface de 13,2 ha. La topographie détaillée par Cornet & Wales (2020) est assez hétérogène, et suggère une ancienne érosion irrégulière des roches granitiques situées sous la tourbière. Il s'agit

d'une tourbière ouverte à sphaignes, située à 1380 m d'altitude (1320 m selon Reille, 1988), alimentée par la pluie et le ruissellement provenant des sommets environnants et probablement entretenue par l'agropastoralisme depuis des siècles. La végétation limitrophe est plutôt ouverte et caractéristique d'un étage montagnard subissant une pression humaine : des landes arborées composées de Bruyères (*Erica* spp.), de Callune (*Calluna vulgaris*), de Genêt purgatif (*Cytisus oromediterraneus*) et à balai (*Cytisus scoparius*), de Génévrier commun (*Juniperus communis*) et de Myrtille (*Vaccinium myrtillus*) (Pons et al., 1989), ainsi que des formations de pins (*Pinus nigra* et *P. sylvestris*) sur les versants exposés.

2- Méthodes de terrain

Prélèvements sédimentaires

Un relevé de la topographie, réalisé dans le but de modéliser la surface de la tourbière (Cornet & Wales, 2020), a permis de déterminer la zone la plus profonde, et donc potentiellement la plus ancienne. 3 carottes sédimentaires (Table 1 ; Annexe 1) ont été prélevées le 05/09/2019 à l'aide d'un carottier russe manuel adapté aux dépôts de tourbe car limitant la compaction et la pollution des sédiments prélevés (Jowsey, 1966). La zone choisie pour les prélèvements se situe au nord-ouest de la tourbière (Annexe 1). Les carottes A1 et A2 ont été réalisées dans le même trou, la carotte B1 juste à côté. La profondeur de la tourbière dépassant largement la longueur du carottier, il a été nécessaire de prélever 3 carottes en quinconce et très proches afin d'obtenir un échantillon représentatif des 2 m 40 cm de profondeur jusqu'au substrat rocheux (Fig. 1).

Relevés phytosociologiques

Des relevés phytosociologiques de la végétation locale et limitrophe ont été réalisés selon la méthode de Braun-Blanquet (1932). Les formations végétales auxquelles appartiennent les 12 sites ciblés par ces inventaires botaniques sont détaillées Figure 1 (Annexe 2). L'identification des espèces a été réalisée à l'aide de *Flora Gallica* (Tison & de Foucault, 2014), les sphaignes et autres bryophytes ont été identifiées par E. Sulmont. Une vérification des identifications *a posteriori* a été effectuée à l'aide de l'INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel ; <https://inpn.mnhn.fr>) et de Tela Botanica (<https://www.tela-botanica.org>).

3- Méthodes de laboratoire

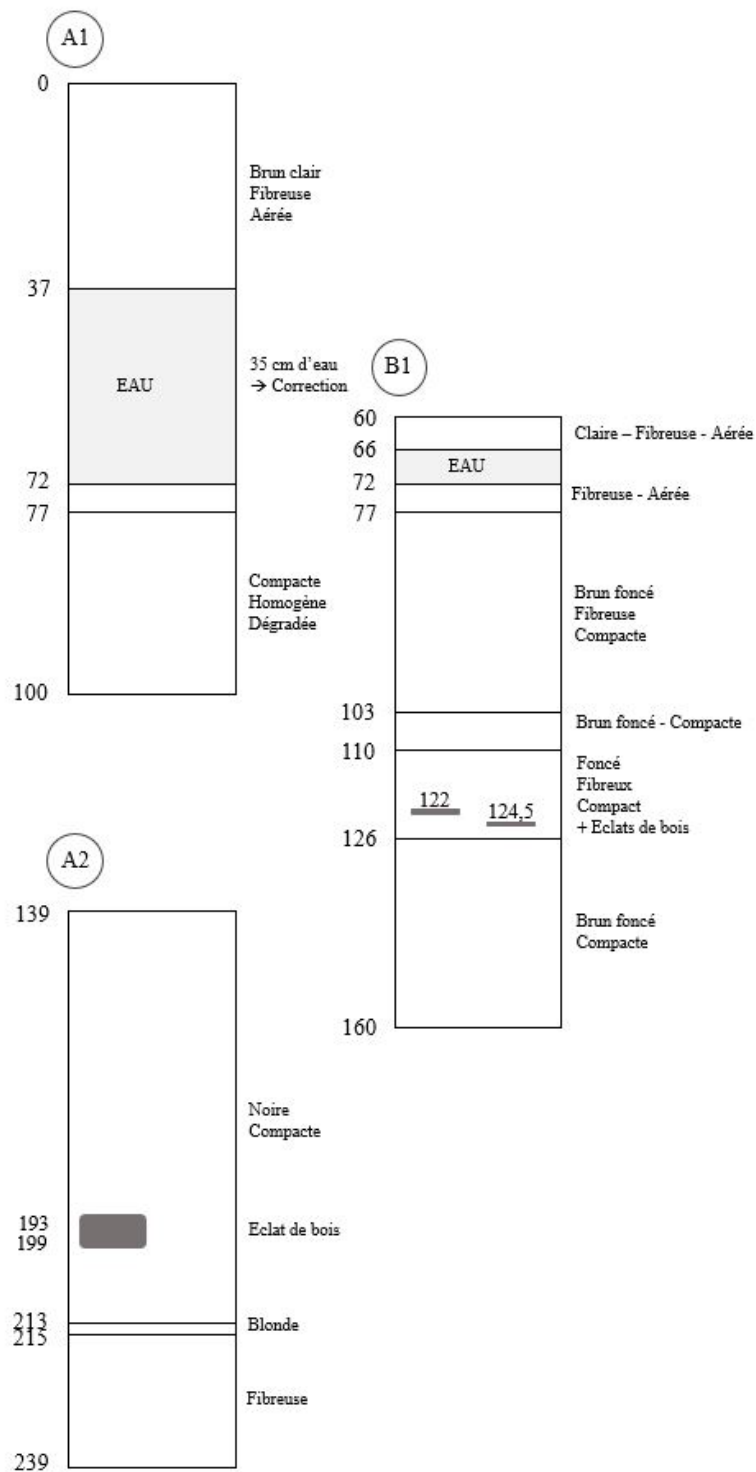
Échantillonnage des carottes

La pluviométrie de la région étant variable, l'épaisseur de la lentille d'eau sous le tremblant de la tourbière l'est aussi. La tourbe de la carotte A1 est entrecoupée d'une nappe aquifère d'une épaisseur de 35 cm allant de 37 à 72 cm de profondeur. Cette nappe est aussi observée jusqu'à 72 cm dans la carotte B1 (Fig. 1). Une correction de -35 cm sur la profondeur de la partie basse fixe (à partir de 72 cm) a donc été appliquée à l'ensemble des carottes avant prélèvement, afin de travailler sur les profondeurs réelles en l'absence d'eau. 8 échantillons de 0,9-1 cm³ ont été prélevés à l'aide d'un ajusteur tous les 28 cm, en partant de la surface (la correction a été appliquée aux valeurs en italique) : 0-1 et 28-29 cm pour la carotte A1 ; 56-57, 84-85 et 112-113 cm pour la carotte B1 ; 140-141, 168-169 et 196-197 cm pour la carotte A2.

Table 1. Coordonnées géographiques des séquences tourbeuses prélevées

Carotte	Latitude N	Longitude E
NAS#2019-09-A1	44°28'01,08''N	03°37'32,57''E
NAS#2019-09-A2	44°28'11,34''N	03°37'27,72''E
NAS#2019-09-B1	44°28'11,49''N	03°37'27,69''E

Figure 1. Profil stratigraphique des carottes NAS#2019-09-A1, NAS#2019-09-A2 et NAS#2019-09-B1 (annoté immédiatement après prélèvement dans la tourbière) utilisées pour l'échantillonnage.



Traitement chimique

L'extraction du pollen a été réalisée selon le protocole de [Berglund & Ralska-Jasiewiczova \(1986\)](#): bain d'acide chlorhydrique, puis d'acide sulfurique, et enfin d'acide fluorhydrique afin d'éliminer respectivement

les carbonates, la matière organique et la silice. L'enveloppe externe des grains de pollen, composée de sporopollénine, est résistante aux différents traitements ([Brooks & Shaw, 1978](#)). Le culot obtenu a été dilué dans de la glycérine avant le montage entre

lame et lamelle. Les lames ont été fixées par de l'histolaque.

Observation des échantillons

Trois lames par échantillon ont été analysées. Au moins 100 grains de pollen par niveau ont été comptés et identifiés par les analystes, à l'aide d'un microscope optique (x40). Un total minimum de 300 grains par niveau a donc été comptabilisé. La concentration pollinique (CP, en nb de grains/cm³) a ensuite été calculée à partir de la formule suivante :

$$CP = \frac{SP * N * VC}{n * VG * VS}$$

où SP = somme pollinique (nombre total de pollen compté); N = nombre total de lignes (au grossissement x40, varie selon : microscope et lamelle utilisée); VC = volume du culot (après ajout de glycérine); n = nombre de lignes comptées (chaque ligne entamée est terminée); VG = volume de la goutte (montée sous lame, 25 µl); VS = volume sédimentaire de l'échantillon (avant traitement chimique).

La richesse pollinique (RP) correspond au nombre de taxons identifiés par niveau par les trois analystes. Le ratio de pollen arboréen (PA) sur pollen non arboréen (PNA) est calculé de la manière suivante (PA/PNA, en %) :

$$\frac{SPA}{SP \text{ (sans indet)}} \times 100$$

où SP (sans indet) = somme pollinique indéterminés exclus; SPA = somme du pollen arboréen.

4- Analyse des données et datation radiocarbone

La base de la carotte la plus profonde (A2) a été datée au radiocarbone. Les âges étalonnés (cal. BP, *i.e.* années calendaires *before present*) ont été calculés à l'aide de Calib 7.0.4 (Stuiver & Reimer, 1993), en utilisant le référentiel IntCal13 (Reimer et al., 2013). Les diagrammes polliniques ont été réalisés à l'aide du logiciel Polpal (Nalepka & Walanus, 2003), à partir des sommes polliniques de chaque taxon (spores exclues; Annexe 3). Une zonation du diagramme pollinique a été réalisée à l'aide d'une classification

hiérarchique ascendante (CHA) se basant sur la distance de Chord, établie à l'aide du logiciel PAST 3.01 (Hammer et al., 2001).

RESULTATS

1- Etude phytosociologique

Les relevés phytosociologiques réalisés sur la tourbière des Nassettes (Table 2) révèlent une forte prédominance des Poaceae, Cyperaceae, Ericaceae, Sphagnaceae et Rosaceae. La composition végétale actuelle de la tourbière des Nassettes correspond à celle d'un haut-marais ou lande tourbeuse (Fernex et al., 2015), avec les espèces caractéristiques suivantes : *Aulacomnium palustre*, *Calluna vulgaris*, *Drosera rotundifolia*, *Molinia caerulea*, *Potentilla erecta* et *Sphagnum* spp., *Viola palustris*. La forte prédominance des Cyperaceae, avec de nombreux *Carex*, *Eriophorum angustifolium* et *E. vaginatum*, ainsi que la présence de *Juncus subnodulosus* montre qu'il s'agit d'un haut-marais en cours de succession vers un marais de transition, réunissant buttes de sphaignes et tremblants (Fernex et al., 2015).

2- Données palynologiques

Diagramme pollinique

La zonation, réalisée sur l'ensemble des taxons à l'exclusion de ceux considérés comme locaux par Reille (1988) (voir aussi Discussion ci-dessous), permet de distinguer 3 zones principales (Fig. 2).

La zone 1 (196-182 cm) ne comprend que le niveau basal. Elle est dominée par les herbacées (Cyperaceae et Poaceae, associées à *Artemisia* et Apiaceae). Les arbres sont très faiblement représentés (12% du pollen est arboréen) : *Betula* et *Salix* sont les plus abondants (env. 5%) ; *Pinus*, *Quercus* caduc. et *Alnus* présentent des occurrences inférieures à 1%. Le pourcentage d'indéterminés est au maximum de 16%.

Herbacées	Zone d'étude												Occurrences
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Agrostis capillaris</i>											+		1
<i>Ajuga reptans</i>											1		1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>											1	1	2
<i>Avenella flexuosa</i>											2	2	2
<i>Bistorta officinalis</i>											+		1
<i>Campanula rotundifolia</i>												+	1
<i>Cardamine pratensis</i>						+							1
<i>Carex echinata</i>		1			+					+			3
<i>Carex limosa</i>						+	1				1	1	4
<i>Carex nigra</i>		1											1
<i>Cerastium fontanum</i>												+	1
<i>Cirsium palustre</i>										1	1		2
<i>Comarum palustre</i>	1	+				1	2						4
<i>Dactylorhiza maculata</i>											+		1
<i>Drosera rotundifolia</i>		1	1				1	+					4
<i>Epikeros pyrenaicus</i>			1	+							+		3
<i>Epilobium palustre</i>					1								1
<i>Equisetum fluviatile</i>	2	1	1		1	1	1	+	+				8
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1	2	3			2	2		1	+			7
<i>Eriophorum vaginatum</i>				3	2				2	3			4
<i>Festuca microphylla</i>											1		1
<i>Galium saxatile</i>											1	1	2
<i>Galium uliginosum</i>	+												1
<i>Genista anglica</i>					1					1	1		3
<i>Juncus bulbosus</i>	1												1
<i>Juncus effusus</i>					4						1		2
<i>Lathyrus pratensis</i>											+		1
<i>Lotus pedunculatus</i>					2					1	1		3
<i>Menyanthes trifoliata</i>	1	1	1			2	2						5
<i>Molinia caerulea</i>			2	1	1		1	2	2	2			7
<i>Myosotis scorpioides</i>	2												1
<i>Nardus stricta</i>											4	1	2
<i>Poa chaixii</i>												+	1
<i>Potentilla erecta</i>			1	1						+	1		4
<i>Ranunculus acris</i>											+		1
<i>Ranunculus flammula</i>	1												1
<i>Sanguisorba officinalis</i>										1			1
<i>Succisa pratensis</i>										1	1	+	3
<i>Veronica officinalis</i>												+	1
<i>Veronica scutellata</i>	1				+	1							3
<i>Viola canina</i>										+			1
<i>Viola palustris</i>			1		1		+			+	1		5
Bryophytes													
<i>Aulacomnium palustre</i>			1	2	1								3
<i>Pleurozium schreberi</i>												2	1
<i>Polytrichum commune</i>				1									1
<i>Polytrichum strictum</i>			2	1					3	+			4
<i>Sphagnum capillifolium</i>			3	1				4	3	2			5
<i>Sphagnum fallax</i>		5			2		4						3
<i>Sphagnum papillosum</i>		2	2		1		2	1		2			6
Ligneux bas													
<i>Calluna vulgaris</i>			1	2				1	1	3	2		6
<i>Juniperus communis</i>												2	1
<i>Vaccinium microcarpum</i>								2					1
<i>Vaccinium myrtillus</i>				2							1	3	3
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>				2					1		+	2	4
Arbres													
<i>Pinus sylvestris</i>												3	1

Page précédente :

Table 2. Relevés de végétation : inventaire botanique et occurrences des taxons sur les 12 zones d'étude (Annexe 2). Indices d'abondance/recouvrement établis selon la nomenclature de *Braun-Blanquet (1932)* : + : quelques individus, 1 : 0-5 %, 2 : 5-25 %, 3 : 25-50 %, 4 : 50-75 %, 5 : 75-100 %.

La zone 2A (182-70 cm) est très étendue (112 cm). Elle est caractérisée par l'expansion successive de *Pinus* et *Betula*, puis *Corylus*, *Quercus* et *Ulmus*, et enfin *Fagus* et *Abies*. La tendance des taxons herbacés (PNA) régresse, malgré un pic de spores à 25%. Le pourcentage d'indéterminés est très élevé (au maximum 23%).

La zone 2B (70-42 cm) correspond à un seul échantillon. Elle est marquée par une inversion du ratio pollen arboréen/pollen non arboréen (PA/PNA) : le pourcentage de PNA culmine à ~80% au centre de la zone et correspond essentiellement à *Apiaceae*, *Artemisia*, *Calluna*, *Cerealia*-type, *Ericaceae*, *Poaceae* et *Potentilla*. Environ 10% d'indéterminés sont enregistrés.

La zone 3 (42-0 cm) est caractérisée par un pic de *Cerealia*-type (14%) et *Pinus* qui dépasse 50%. *Picea* apparaît pour la première fois dans de faibles proportions. On retrouve 13% d'indéterminés.

Concentration pollinique

La variation de la concentration pollinique (CP) est présentée [Figure 3](#). Les valeurs sont très hétérogènes, bien que les valeurs aberrantes d'une des analystes ont été retirées pour le calcul de la CP. Les CP présentent d'importantes fluctuations, entre 21 100 et 178 300 grains/cm³. La moyenne glissée révèle une légère augmentation d'environ 25 000 grains/cm³ entre 154 et 42 cm de profondeur.

Richesse pollinique

La richesse pollinique (RP) varie entre 14 et 21 taxons. Ces valeurs sont relativement faibles en comparaison des résultats obtenus par S. Muller sur 3 niveaux (26 taxons à 196 cm ; 36 à 168 cm ; 40 à 56 cm). Cette

différence est induite par la faible expérience des analystes, dont l'identification s'est limitée à un nombre de taxons restreint, déterminé par l'encadrant au début de l'analyse.

3- Chronologie

La chronologie de l'étude est essentiellement basée sur une date radiocarbone, obtenue pour le niveau 239-240 cm (Poz-117080). Le résultat de la mesure a donné l'âge de 11550 ± 60 BP, ce qui correspond à un âge calendaire de 13265-13489 cal. BP. Les données palynologiques permettent de proposer des âges pour des niveaux particuliers sur la base de corrélations palynostratigraphiques avec des études régionales bien datées ([Reille & de Beaulieu, 1981](#); [Pulido Avila, 2006](#); [Plancher, 2017](#)) ([Table 3](#)). Les corrélations palynostratigraphiques sont basées sur le postulat qu'il existe une synchronicité régionale des dynamiques végétales. Le premier événement retenu est l'expansion de *Corylus*, datée dans le sud du Massif Central entre la fin du Préboréal et le début du Boréal, entre 10 500 et 10 100 cal. BP ([de Beaulieu et al., 1985](#)). Le deuxième événement est l'émergence du hêtre (*Fagus*), qui se développe avec le sapin (*Abies*) dans la première moitié du Subboréal, entre 5280 et 4860 cal. BP ([de Beaulieu & Gilot, 1972](#) ; [Cubizolle et al., 2004](#)). Enfin, le troisième événement est le déclin de ces deux arbres au Subatlantique, entre 650 et 530 cal. BP ([Reille, 1988](#) ; [Pulido Avila, 2006](#)). Le modèle d'âge a été établi par [Cornet & Wales \(2020\)](#) (Annexe 4), sur la base de la datation radiocarbone Poz-117080 et des corrélations palynostratigraphiques.

Figure 2. Diagramme pollinique (en pourcentage) de la tourbière des Nassettes en fonction de la profondeur. Echelle chronologique réalisée à partir du modèle d'âge proposé par Cornet & Wales (2020) couplé aux dates des différentes périodes relatées par Reille et de Beaulieu (1996). La classification hiérarchique ascendante donne trois zones principales délimitées par les lignes mauves, et une zonation secondaire pour la zone intermédiaire (ligne violette). La courbe P.A./P.N.A. correspond aux rapports entre pollen arboréen et non arboréen.

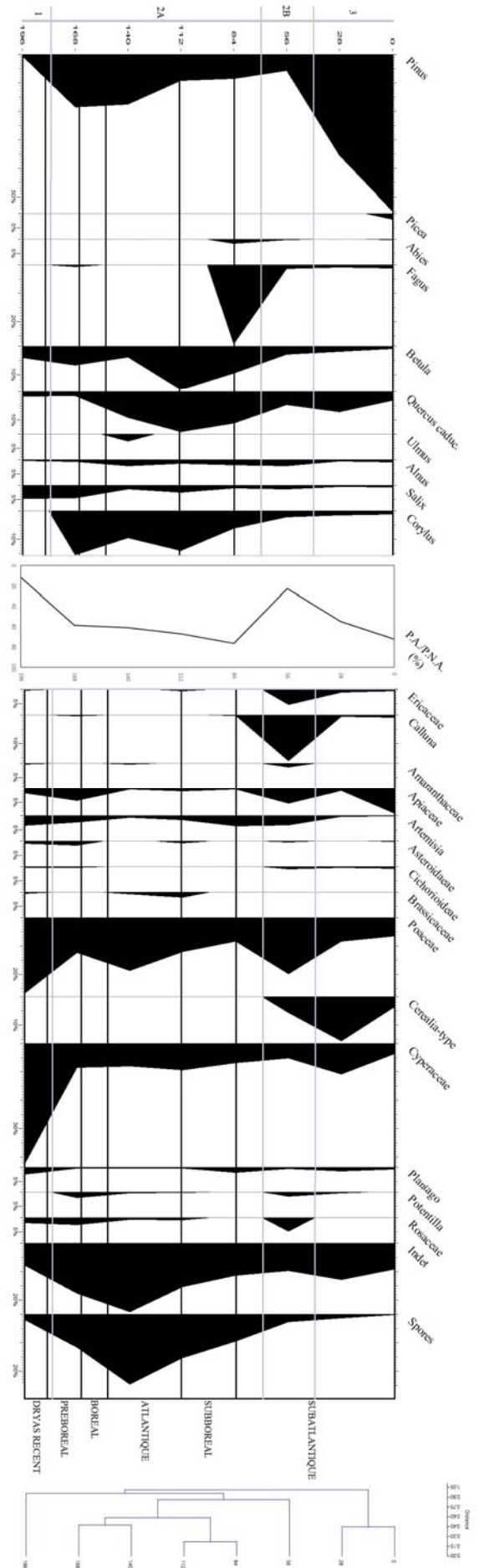


Figure 3. Sédimentologie et concentrations polliniques. A gauche, log stratigraphique (avec correction pour la lentille d'eau de 35 cm) selon la profondeur (en cm). A droite, la courbe noire représente les concentrations polliniques (CP, en milliers de grains/cm³) de la séquence Nass#2019-09 et la courbe grise correspond aux moyennes glissées de 4 niveaux successifs. La CP du niveau le plus profond est exclue de la moyenne glissée, car elle correspond au Tardiglaciaire, où l'influx pollinique est théoriquement différent de celui de l'Holocène.

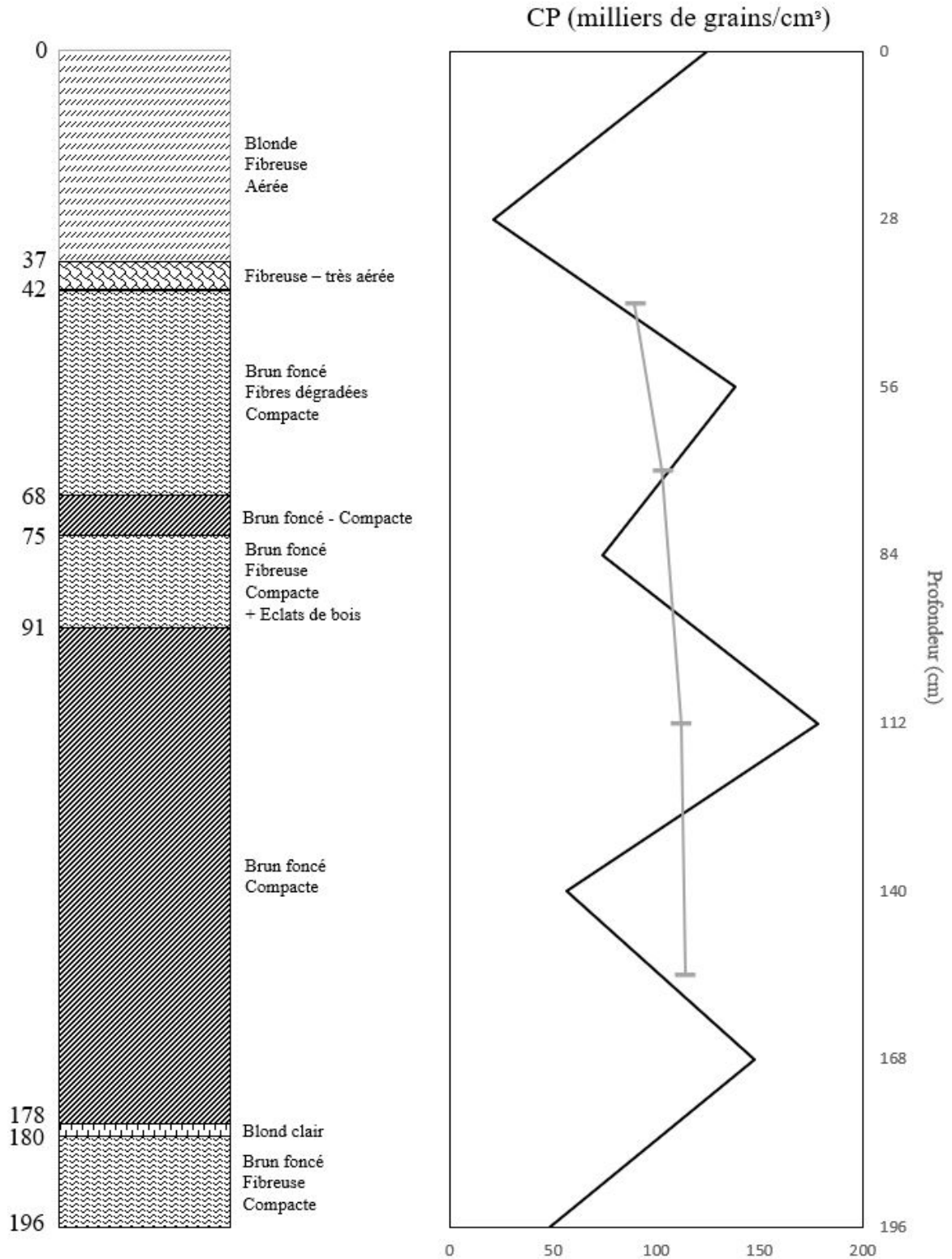


Table 3. Corrélations palyno-stratigraphiques et références associées

Profondeur (cm)	Âge étalonné 2 δ (cal. BP)	Taxon clé identifié	Références
168	10500 - 10100	Emergence <i>Corylus</i>	[1]
110 - 100	5280 - 4860	Emergence <i>Fagus</i>	[2, 3]
70 - 60	650 - 530	Déclin <i>Fagus</i>	[2, 3]

DISCUSSION

1- Relations pollen-végétation

Actuel - Comparaison relevés phytosociologiques/enregistrement pollinique de surface

La comparaison entre l'enregistrement pollinique de surface (EPS ; Fig. 2) et les relevés phytosociologiques (Table 2) permet (1) de distinguer le pollen d'origine locale du pollen d'origine régionale, et (2) de caractériser l'enregistrement pollinique des plantes de la tourbière, et en particulier, d'identifier les plantes qui ne sont que peu ou pas enregistrées et de préciser la sur- ou sous-représentation des différents taxons polliniques.

Certains taxons présents dans l'assemblage pollinique sont absents de la végétation inventoriée, ce qui traduit un potentiel apport régional par l'intermédiaire du vent. C'est le cas de *Quercus* dont la dispersion est très importante (Brugiapaglia et al., 1998), de *Cerealia*-type dont le pollen peut être transporté sur de très longues distances (Brugiapaglia et al., 1998), des Asteroideae et de *Plantago*. Le faible enregistrement pollinique d'*Alnus*, *Corylus* et *Ulmus* traduit leur apport régional, ce qui est confirmé par leur observation dans des chênaies du versant nord-ouest du Mont Lozère (Braun-Blanquet, 1953 ; Macqueron, 2009).

Les taxons présents à la fois dans l'EPS et la végétation de la tourbière traduisent un apport local. En ce qui concerne les espèces arborées, seul *Pinus sylvestris* apparaît dans les relevés (Table 2). Son enregistrement

pollinique provient cependant surtout des pinèdes environnantes, qui sont des peuplements quasiment monospécifiques (Annexe 1). Il peut également inclure un apport régional, car il s'agit d'un pollen à très forte dispersion observé dans tous les spectres, et dont la fréquence dans l'enregistrement est d'autant plus importante en altitude (Brugiapaglia et al., 1998). Les taxons caractérisant le couvert végétal de la tourbière sont principalement les Ericaceae et *Calluna*, tous deux présents dans les relevés, les Cyperaceae (4 espèces), *Potentilla*, Rosaceae, ainsi que *Betula* et *Salix*, qui n'apparaissent pas dans nos relevés, mais ont été observés sur la tourbière. Les Apiaceae et les Cichorioideae sont uniquement représentées dans nos relevés par *Epikeros pyrenaicus* et *Cirsium palustre*, respectivement. Ces deux groupes font partie des taxons pollinifères les plus appréciés par les abeilles en milieu rural (pour les Apiaceae ; Piroux, 2014). Leur pollinisation surtout entomogame en fait de bons marqueurs de la végétation locale. Enfin, l'enregistrement pollinique des Poaceae, dont 7 espèces figurent dans nos relevés, est plus ambigu. Cette famille très diversifiée est en effet abondante dans les milieux mésophiles environnants.

Nous n'avons pas retrouvé dans l'EPS certaines familles présentes sur la tourbière : Droseraceae, Equisetaceae, Fabaceae, Juncaceae, Ranunculaceae, Rubiaceae et Violaceae. Certaines sont entomogames (Droseraceae, Fabaceae notamment) et généralement peu abondantes dans les spectres polliniques, mais leur absence dans nos résultats vient surtout du caractère exploratoire de notre travail. Les herbacées

ont un enregistrement lié à leur présence *in situ* et, à l'exception des Cyperaceae, sont souvent sous-représentées dans les tourbières (Brugiapaglia et al., 1998). De plus, le pollen des Juncaceae est difficilement discernable de celui des Cyperaceae (Brugiapaglia et al., 1998). La végétation bryophytique locale est également invisible dans les enregistrements polliniques : bien que trois espèces de Sphagnaceae et deux espèces de Polytrichaceae ont été relevées sur la tourbière, l'enregistrement de spores en surface est nul.

Enregistrement de la végétation passée

Selon leurs caractéristiques, les grains de pollen comptés peuvent être d'apport local (la tourbière et ses bordures) ou régional (sur un rayon de 30 km). Par exemple, la capacité de dispersion de *Corylus* est très importante (Finsinger et al., 2005). Dans un premier temps, la comparaison de notre diagramme avec des diagrammes relativement proches permet de définir l'apport régional de l'apport local pour certains taxons. Ainsi, *Corylus*, *Fagus*, *Pinus* et *Quercus* caractérisent l'apport régional, tandis que les herbacées semblent être d'origine locale. Un amas de pollen de *Salix* a été observé à 84 cm, il correspond à une étamine. Ceci permet de considérer *Salix* comme un taxon local à cette profondeur. Les bouleaux et les fougères, dont les courbes sont associées sur le diagramme de Reille (1988), ne peuvent a priori pas être distingués comme locaux ou régionaux. Le genre *Betula* comprend en France trois espèces, qui ne peuvent être discriminées par leur pollen : *Betula pubescens* et le très rare *B. nana*, qui se développent en tourbière, et *B. pendula* qui est un pionnier hygromésophile des forêts de montagne. Toutefois, l'analyse des données palynologiques permet de proposer une interprétation quant à leur origine passée. Aux Nassettes, la dynamique de *Betula* et des fougères est clairement en antiphasse avec celle des Cyperaceae (Reille, 1988). Puisque ces dernières sont assurément locales (abondance dans les relevés, et un amas de pollen correspondant à une étamine observé à 196 cm), l'enregistrement pollinique passé de

Betula et des fougères peut donc également être considéré comme local.

2- Conservation du pollen

Le taux d'accumulation sédimentaire (TAS) proposé par Cornet & Wales (2020) augmente légèrement entre 200 et 50 cm de profondeur, avec 0,2 cm/an d'écart. A influx pollinique (IP) constant, les variations de la CP devraient être inversement proportionnelles au TAS (Hindryckx, 1999). Or, les fluctuations de CP observées (Fig. 3) ne suivent pas cette tendance. Cette différence entre les CP observées et les CP attendues pourrait révéler la variabilité des conditions de piégeage (ruisseau/tourbière, butte/dépression...) pouvant être associée à une dégradation plus ou moins importante des assemblages polliniques. Le postulat d'un influx pollinique constant ne peut s'appliquer qu'à des végétations comparables. Ce n'est en particulier pas le cas du niveau basal, daté du Tardiglaciaire (Dryas récent ; Reille et al., 1996). Durant cette période, la végétation steppique, ouverte et éparse, produisait très probablement une quantité de pollen très inférieure à celle des végétations forestières de l'Holocène, ce qui explique la faible CP de ce niveau.

En ce qui concerne l'Holocène, la moyenne des CP obtenues est d'environ 100 000 grains/cm³, ce qui peut être considéré en première approximation comme la valeur "normale". Les niveaux présentant des CP inférieures à cette valeur sont en outre caractérisés par de forts taux d'indéterminés (16 à 23%, contre environ 8% pour les autres niveaux). Ces deux indicateurs suggèrent une dégradation des assemblages polliniques, pouvant être liée à des variations des conditions environnementales, comme des épisodes d'assèchement (Tang et al., 2011). L'existence passée de changements des conditions locales est traduite par le log stratigraphique (Fig. 3) très hétérogène, qui montre une alternance de zones fibreuses et aérées et de zones plus compactes et denses.

La composition en microfossiles de la tourbière dépend à la fois de la végétation locale et de la profondeur de la nappe

phréatique, qui varie selon la microtopographie (Hindryckx, 1999). Le log stratigraphique (Fig. 3) très hétérogène en témoigne, avec une alternance de zones fibreuses et aérées et de zones plus compactes et denses. Le niveau 28 est par exemple l'échantillon le plus proche de la nappe aquifère portant le tremblant (Fig. 1), or sa CP est très faible. L'influence des disparités locales de compaction et d'accumulation de la tourbe sur les variations de la CP s'ajoute donc à celle de la dégradation variable du pollen.

La courbe des moyennes glissées (Fig. 3) donne ainsi une représentation de la tendance générale des variations de la CP, en partant du postulat selon lequel les fluctuations régulières observées représentent un bruit lié aux modifications du taux d'accumulation de la tourbe (Muller et al., 2000). Elle permet de comparer cette variation globale à celle du TAS. Même si une légère antiphase est observée, cette dernière ne permet d'en déduire une relation anti-proportionnelle (Hindryckx, 1999). En conclusion, on ne peut exclure des erreurs de manipulations lors de l'extraction du pollen ou des erreurs de comptage à la faible expérience des analystes.

3- Cohérence du modèle d'âge et de la zonation

Le diagramme pollinique rend compte, dans son ensemble, d'une dynamique végétale similaire à celle des études antérieures réalisées dans la tourbière des Nassettes (Reille, 1988 ; Pulido Avila, 2006). Quelques anomalies régionales peuvent être notées, comme la régression de *Corylus*, dont l'enregistrement est deux fois moins important que celui observé par Reille (1988), et la phase de *Quercus* caduc durant l'Atlantique. Des différences locales sont aussi notables, la présence continue de *Salix* par exemple. Ces anomalies peuvent être attribuées à la faible résolution (28 cm) de notre analyse. Nos résultats ne présentent par exemple qu'une courbe "lissée" de *Betula* (sans les pics et les creux présents chez Reille, 1988) et ne permettent pas de visualiser l'optimum de *Corylus*. Le pourcentage

d'indéterminés (23% au maximum pendant l'Atlantique) peut également fausser le pourcentage pollinique de l'ensemble des taxons. C'est notamment le cas du niveau 140 cm, où la potentielle dégradation du pollen a pu réduire l'enregistrement de *Quercus* caduc.

Les niveaux tourbeux représentant le même évènement paléobotanique n'ont pas nécessairement la même épaisseur selon la microtopographie de la tourbière (Hindryckx, 1999). L'accumulation résulte du rapport production/décomposition. La décomposition et la production sont plus importantes dans les dépressions humides que sur les buttes, plus sèches.

La topographie irrégulière de la tourbière (Cornet & Wales, 2020) et l'enregistrement de *Cerealia*-type, *Picea* et *Pinus*, plus étalé dans notre étude que chez Reille (1988), suggère que la surface du diagramme de Reille (1988) correspond aux 30 premiers centimètres de notre diagramme.

Les délimitations Atlantique/Subboréal et Subboréal/Subatlantique ne concordent pas avec les dynamiques de *Fagus* et de *Cerealia*-type qui devraient respectivement caractériser le début du Subboréal et le début du Subatlantique (Reille & de Beaulieu, 1981; Pulido Avila, 2006; Plancher, 2017). Ceci peut signifier que l'émergence des taxons n'est pas visible sur notre diagramme, ou que la frise chronologique proposée n'est pas correcte. Une des limites importantes à nos interprétations est de ne pas avoir inclus certains taxons clés dans l'analyse, en particulier *Tilia*, qui peut définir l'Atlantique (de Beaulieu et al., 1987), d'autant plus qu'il a été observé par une des analystes au niveau 112 (fin de l'Atlantique) ; et *Juniperus*, qui marque le Bölling-Alleröd (période de réchauffement comprise entre le Dryas ancien et le Dryas récent ; de Beaulieu et al., 1985).

4- Histoire et contexte des dynamiques végétales passées

Tardiglaciaire

Notre étude révèle pour la première fois un enregistrement tardiglaciaire à l'échelle des Cévennes. La datation ¹⁴C de 13 490-13 260

cal. BP, obtenue à 204-205 cm de profondeur (profondeur corrigée) et le cortège floristique steppique indiquent clairement que la base de la carotte se situe dans le Tardiglaciaire récent. La résolution de la présente étude (2 échantillons pour le Tardiglaciaire et le Préboréal) ne permet pas d'observer les dynamiques végétales propres à chaque sous-période. Il est toutefois possible d'identifier un assemblage dominé par des taxons non arboréens, traduisant un milieu ouvert (Poaceae, *Artemisia*; McLachlan & Brubaker, 2011) accueillant quelques ligneux hygrophiles (*Betula* et *Salix*). Cette végétation correspond à une steppe froide et/ou une toundra. Le climat associé est favorable aux conifères nordiques, plus résistants que les feuillus chez lesquels le gel peut provoquer des embolies, et qui ont constitué de petits boisements (refuges) dans l'Europe centrale et du sud à cette période (Birks & Willis, 2010). A la base de la carotte, *Pinus* est pourtant très peu enregistré. Au vu de sa forte pollinisation et de son importante capacité de dispersion pollinique, cela traduit certainement son absence ou du moins sa rareté à l'échelle régionale. En revanche, *Betula*, taxon pionnier du Tardiglaciaire (de Beaulieu et al., 1985 ; Guiter et al, 2005 ; Naughton et al., 2007), est présent dans notre enregistrement du Dryas récent. Son occurrence pollinique dès la base de notre séquence confirme la date radiocarbone, qui la situe à la fin du Bölling-Alleröd ou au début du Dryas récent.

L'augmentation des températures durant le Bölling-Alleröd (de Beaulieu et al., 1994), l'augmentation des précipitations, enregistrée par l'élévation des niveaux lacustres des Pyrénées au Jura pendant le Dryas récent (Guiter et al, 2005), et le fait que le Mont Lozère n'a probablement jamais été complètement englacé (Buoncrisiani & Campy, 2004) contrairement aux régions voisines (l'Aubrac, par exemple), suggère que les Nassettes auraient reçu un apport d'eau important au début de l'Holocène, permettant le développement d'une tourbière minerotrophe (fen). Les fens, dont l'alimentation en eau provient du ruissellement (Cholet, 2010), sont dominés par des Cyperaceae, comme la tourbière

voisine du Peschio. D'après le GRET (2016), l'association *Salix-Cyperaceae-Betula nana* est un bon marqueur de la présence de ce type de tourbière. La fin du Tardiglaciaire est bien observable avec la CHA (zone 1, entre 12 710 et 11 500 cal. BP), qui montre un changement de végétation correspondant au passage des steppes froides aux mégaphorbiaies arborées du Préboréal (de Beaulieu et al., 1987 ; Reille, 1990).

Histoire de la végétation locale et régionale

Les noisetiers (*Corylus*) qui apparaissent durant le Préboréal (entre 11 700 et 10 100 cal. BP) sont des arbustes des forêts caducifoliées ou de conifères (Finsinger et al., 2005). Il est possible que le paysage de la tourbière au Préboréal fut d'abord constitué d'une bétulaie, pour rapidement évoluer vers une pinède à la suite de l'expansion régionale de *Pinus*, sous l'effet du réchauffement du climat du début de l'Holocène (Reille, 1988). Les populations humaines étaient déjà présentes dans le Massif Central, à cette période qui correspond à la fin du Paléolithique et au début du Mésolithique (Daugas & Raynal, 1987). Au Boréal, les taxons mésophiles remontent vers le nord depuis leurs refuges glaciaires. Ainsi, les chênes font leur apparition, pendant que les espèces arctiques-alpines (pin, bouleau, armoises) sont relayées en altitude et/ou vers le nord (Birks & Willis, 2010). Les ormes, qui se développent dans les forêts caducifoliées, sont enregistrés postérieurement aux chênes durant l'Atlantique (8900-5400 cal. BP), période qui correspond à l'optimum climatique de l'Holocène (Reille, 1988 ; Muller, 2005). Entre la fin de l'Atlantique et le début du Subboréal, les glaciers ont mondialement connu une avancée (Mercer, 1967), impliquant un refroidissement global du climat, peut-être représenté par une réapparition des armoises observable sur le diagramme. Les premiers grains de pollen anthropiques apparaissent dans le Massif Central au Néolithique (Miras et al, 2004). La question du rôle des activités anthropiques dans la modification des structures végétales, et particulièrement dans l'expansion de la hêtraie-sapinière au Subboréal (5400 cal. BP),

est de plus en plus étudiée (Miras et al, 2004). Giesecke et al (2006) considèrent que trop peu d'indices, notamment la fréquence des feux, impliquent directement l'Homme. Ainsi, la dispersion de *Fagus* depuis ses refuges aurait été limitée par des conditions locales (Magri, 2006). La chute de *Fagus* est souvent associée dans la littérature à l'Époque Romaine, durant laquelle les populations ont exercé une forte pression sur les milieux naturels (Muller, 2005). Les pics de feux observés entre environ 1500 et 800 cal. BP par Cornet & Wales (2020) témoignent du rôle des populations humaines dans ce changement. La CHA (zone 2B) révèle une modification de la végétation entre 1760 et 460 cal. BP, soit entre l'Époque Romaine et la fin du Moyen-Âge. Cette zone semble postérieure à l'assèchement de la tourbière observé par Reille (1988). Le site a connu un appauvrissement en *Alnus* (70-42 cm), typique des milieux à forte rétention d'eau (Claessens et al., 2010). On peut donc imaginer que le réchauffement de l'Holocène (Ozenda, 1994) et l'action anthropique (déforestation agricole) ont favorisé le passage à une tourbière ombrotrophe (de Beaulieu & Gilot, 1972). Les apports en eau y sont plus atmosphériques que terrestres, et elle est caractérisée par les sphaignes (*Sphagnum* spp.), la linaigrette (*Eriophorum vaginatum*), des Ericaceae et des conifères (GRET, 2016). Actuellement, la forte pluviométrie dans les Cévennes peut appuyer cette hypothèse, ainsi que l'importance de *Sphagnum capillifolium* (occurrence de 5) dans le relevé de végétation indiquant que la tourbière est recouverte de buttes de sphaignes ombrophiles (Cholet, 2010).

CONCLUSION

La comparaison entre l'analyse pollinique et les relevés phytosociologiques a permis de mettre en évidence un certain nombre de taxons locaux, notamment *Betula*, *Calluna* et les Cyperaceae, discriminés des taxons régionaux tels que *Cerealia*-type, *Corylus*, *Pinus* et *Quercus*. En revanche, certains taxons identifiés sur la tourbière ne se retrouvent pas dans l'enregistrement pollinique, et ne peuvent de ce fait pas être

utilisés dans le registre fossile. C'est le cas des Droseraceae, Equisetaceae, Fabaceae, Juncaceae, Ranunculaceae, Rubiaceae et Violaceae. Magri (2006) a par exemple noté la présence de macrorestes de *Fagus* à un niveau pour lequel son enregistrement pollinique était nul. L'absence du pollen ne signifie donc pas systématiquement l'absence de la plante. Elle peut être liée aux caractéristiques taphonomiques, comme la fragilité de certains grains de pollen par exemple (Reille, 1978), mais aussi à la faible dispersion/production de certains taxons, ou encore à une reproduction entomogame (Piroux, 2014). De plus, le type de milieu, la géographie, la compétition interspécifique et la conservation de la tourbe (Reille, 1978) sont des facteurs à considérer dans la lecture des dynamiques végétales, car ils peuvent induire des fluctuations dans l'enregistrement pollinique.

L'histoire de la végétation reconstituée par le diagramme pollinique concorde avec les dynamiques déjà connues et établies par les autres analyses dans l'ensemble de l'Europe pour la période de l'Holocène. Elle corrobore plus précisément celle du Massif Central, en Aubrac par exemple (de Beaulieu et al., 1985), où l'on retrouve bien l'enchaînement pinèdes, chênaies caducifoliées, hêtraies-sapinières, et les déboisements majeurs de l'Holocène récent. Plus localement, elle correspond bien aux analyses effectuées auparavant dans la tourbière des Nassettes (Reille, 1988 ; Pulido Avila, 2006). Afin d'affiner la comparaison avec d'autres sites, il aurait été pertinent d'utiliser uniquement les taxons régionaux pour la CHA, contrairement à celle de cette étude, réalisée aussi à partir des taxons locaux qui ne correspondent pas aux grands assemblages végétaux de l'Holocène et faussent donc la zonation.

La datation radiocarbone de la base de la séquence (13265-13489 cal. BP) est bien plus ancienne que les dates basales proposées dans les précédentes investigations du site. Elle est appuyée par l'analyse pollinique qui confirme bien un enregistrement de la végétation typique de la fin du Tardiglaciaire (steppes froides dominées par *Artemisia* et des

Cyperaceae). Le Tardiglaciaire est peu connu dans le sud du Massif Central, et n'était enregistré à ce jour que dans la tourbière de Canroute (Muller et al., 2019). Ce travail, en comparaison de celui des Monts de Lacaune, prouve qu'il existe d'autres enregistrements tardiglaciaires dans le sud du Massif Central. Il ouvre ainsi des perspectives sur la recherche et la compréhension de cette période encore inconnue dans la région. Il serait intéressant d'affiner les prospections dans les tourbières à enregistrements déjà relativement vieux, et de réaliser des travaux similaires sur d'autres tourbières du Massif Central. Cela permettrait notamment d'approfondir la réflexion sur l'origine de ces tourbières, dont l'apparition pourrait être le fruit de changements importants des conditions climatiques et locales, telles que la modification des réseaux hydrographiques ou la fonte de glacier sommitaux (Muller et al., 2019). De ce fait, la comparaison avec des courbes climatiques régionales pourrait apporter des explications plus précises sur les variations du modèle âge-profondeur observées par Cornet & Wales (2020).

REFERENCES

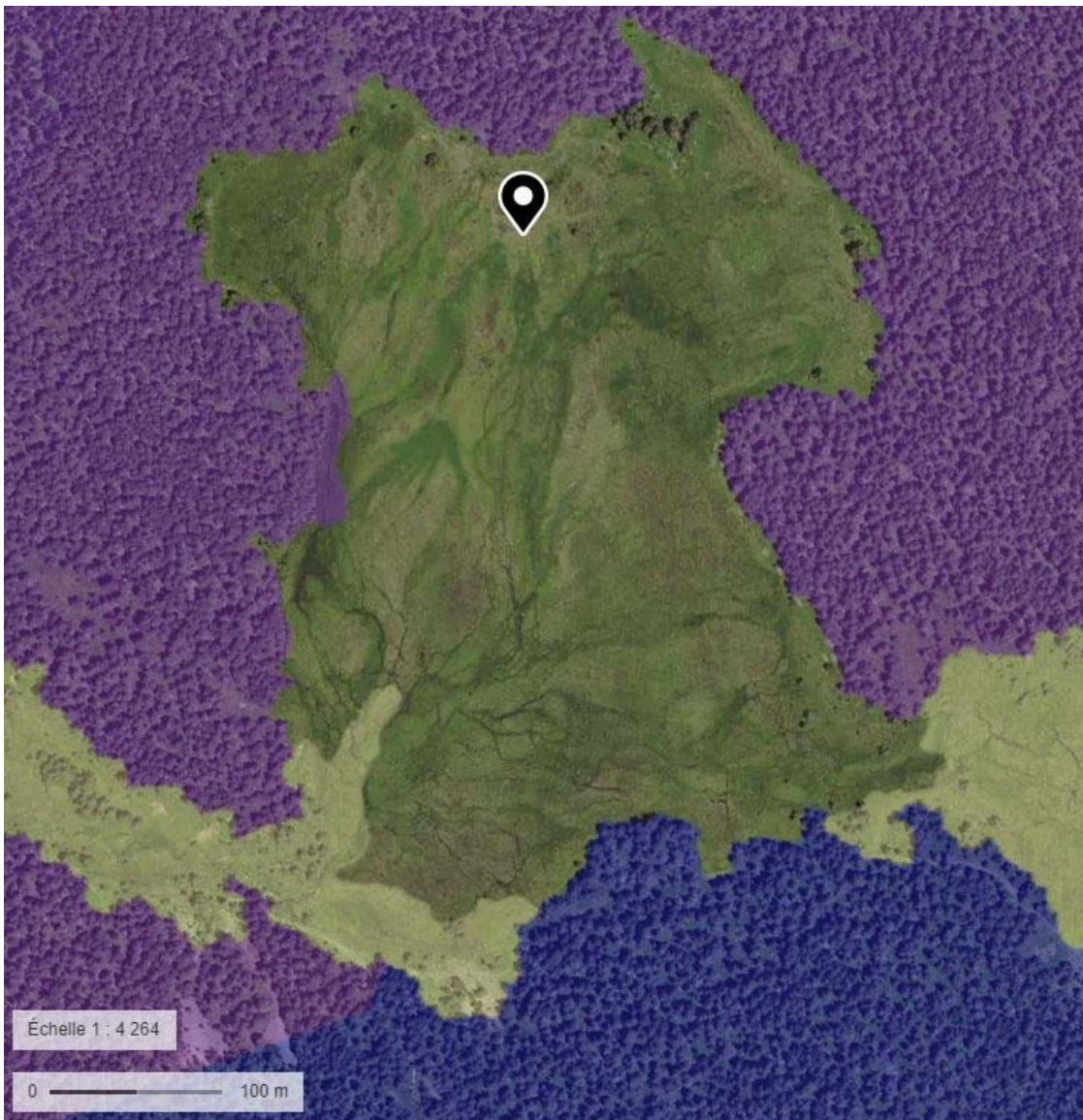
- de Beaulieu J-L. & Gilot E. (1972). Végétations holocènes du Mont Lozère : analyses polliniques et datages. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 274.
- de Beaulieu J-L., Pons A. & Reille M. (1985). Recherches pollen-analytiques sur l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Monts d'Aubrac (Massif Central, France). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 44 : 37-80.
- de Beaulieu J-L., Pons A. & Reille M. (1987). Histoire de la végétation, du climat et de l'action de l'homme dans le Massif Central français depuis 15 000 ans. *Actes Xe Symposium APLF, Institut Français de Pondichéry*, 25 : 27-32.
- de Beaulieu J-L., Andrieu V., Lowe J.J., Ponel P. & Reille M. (1994). The Weichselian Late-glacial in southwestern Europe (Iberian Peninsula, Pyrenees, Massif Central, northern Apennines). *Journal of Quaternary Science*, 9 : 101-107.
- Berglund B.E. & Ralska-Jasiewiczowa M. (1986). Pollen analysis and pollen diagrams. In: B.E. Berglund (éd.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Chichester, UK, pp. 84-455.
- Bertrand J., Renon J.P., Monnier O & Ector. (2004). Relation Diatomées épiphytes-Bryophytes dans les tourbières du Mont Lozère (France). *Vie et Milieu*, 54(2-3) : 59-70.
- Birks, H.J.B. (1996). Contributions of Quaternary palaeoecology to nature conservation. *Journal of Vegetation Science*, 7 : 89-98.
- Bottollier-Curtet M. & Muller S.D. (2009). Dynamique et contexte passés du développement d'une tourbière méditerranéenne (Massif de l'Aigoual, France). *Comptes Rendus Biologies*, 332 : 69-82.
- Braun-Blanquet J. (1932). *Plant sociology, the study of plant community*. McGraw Hill Book, New York, 432 p.
- Birks H. J-B. & Willis J.K. (2008). Alpines, trees, and refugia in Europe. *Plant Ecology & Diversity*, 1:(2) 147-160.
- Braun-Blanquet J. (1953). Essai sur la végétation du Mont Lozère comparée à celle de l'Aigoual. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 100(10) : 46-59.
- Brooks J. & Shaw G. (1978). Sporopollenin: A review of its chemistry, palaeochemistry and geochemistry. *Grana*, 17(2) : 91-97.
- Brugiapaglia, E., de Beaulieu, J.-L., Guiot, J. & Reille, M. (1998). Transect de pluie pollinique et étagement de la végétation dans le massif du Taillefer (Isère, France). *Géographie physique et Quaternaire*, 52(2) : 209-218.
- Buoncristiani J-F, Campy M. (2004). Palaeogeography of the last two glacial episodes in the Massif Central, France. *Developments in Quaternary Science*, 2:111-112
- Cholet J. (2010). Chapitre 6 : Quelle place pour les arbres en tourbière ? In: *Guide de*

- gestion "tourbières des montagnes françaises".* Pôle-relais Tourbières/Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, en partenariat avec la Communauté de communes Frasnè-Drugeon, pp. 128-149.
- Claessens H., Oosterbaan A., Savill P. & Rondeux J. (2010). A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 83(2) : 163–175.
- Cornet F. & Wales A. (2020). Reconstitution des paléo-incendies du Mont Lozère (Cévennes, France) du Tardiglaciaire à nos jours. *Orpalm Synthesis*, 13 (1) : 9-24.
- Cubizolle H., Georges V., Latour C., Argan J. & Serieyssol K. (2004). La turfigenèse à la fin du Subboréal et au Subatlantique dans les tourbières basses du Massif Central oriental granitique (France): une manifestation de l'action humaine ? *Quaternaire*, 15(4) : 343-359.
- Daugas J.-P. & Raynal J.-P. (1987). Paléomilieus et comportements humains de la fin des temps glaciaires à l'Atlantique dans le sud du Massif Central. *Colloque International du C.N.R.S.*, Montpellier, éditions du C.N.R.S., Paris, pp.107-124.
- Dubois M. & Plancher C. (2017). Dynamiques paléoenvironnementales holocènes de la tourbière de Lapsou (Cantal, France). *Orpalm Synthesis*, 10(2) : 37-48.
- Etlicher B., Van Leeuwen J.F.N., Janssen C.R. & Juvigné E. (1987). Le Haut Forez (Massif Central, France) après le pléniglaciaire würmien : environnement et tephra du volcan de La Nugère. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 24(4) : 229-239.
- Fernez T., Lafon P. & Hendoux F. (2015). Partie 2 : Végétations des Tourbières. In: *Guide des végétations remarquables de la région Ile-de-France*. pp. 44-53.
- Firbas F. (1932). Contribution à l'Histoire postglaciaire des forêts des Cévennes Méridionales. *Communication n°15*, station Inter. de Géobotanique Médit. et Alpine, Montpellier, 16 p.
- Finsinger W., Tinner W., van der Knaap W.O., Ammann B. (2005). The expansion of hazel (*Corylus avellana* L.) in the southern Alps: a key for understanding its early Holocene history in Europe? *Quaternary Science Reviews*, 25 : 5-6.
- GRET (2016). *Tourbières minérotrophes naturelles d'intérêt écologique du Bas-Saint-Laurent*. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec. 59 p.
- Guiter F., Andrieu-Ponel V., Digerfeldt G., Reille M., de Beaulieu J.-L. & Ponel P. (2005). Vegetation history and lake-level changes from the Younger Dryas to the present in Eastern Pyrenees (France): pollen, plant macrofossils and lithostratigraphy from Lake Racou (2000m a.s.l.). *Vegetation History and Archaeobotany*, 14 : 99-118.
- Hammer Ø., Harper D.A.T. & Ryan P.D. (2001). PAST : Paleontological Statistics Software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 : 1-9.
- Heinz C. & Thiébault S. (1998). Characterization and Palaeoecological Significance of Archaeological Charcoal Assemblages during Late and Post-Glacial Phases in Southern France. *Quaternary research*, 50 : 56-68.
- Hindryckx M.-N. (1999). *Evolution régressive récente de la végétation des tourbières hautes à sphaignes en Haute Ardenne (Hautes-Fagnes, Belgique)*. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique, 269 p.
- Jorda M. & Rosique T. (1994). Le Tardiglaciaire des Alpes françaises du Sud: Rythme et modalités des changements biomorphoclimatiques [The late glacial period of the southern french Alps : Rythm and modes of bio-morphoclimatic changes]. *Quaternaire*, 5(3-4) : 141-149.
- Jowsey P.C. (1966). An improved peat sampler. *New Phytologist*, 65 : 245-248.
- Macqueron G. (2009). Compte rendu de sortie de la section botanique en cause Méjean, dans les Cévennes et au Mont Lozère, du 26 au 30 mai 2007. *Bulletin mensuel de la*

- Société linnéenne de Lyon*, 78^e année, 1-2 : pp. 5-10.
- Magri D., Vendramin G-G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Latałowa M., Litt T., Paule L., Roure J-M., Tantau I., van der Knaap W.O., Petit R.J. & de Beaulieu J-L. (2006). A new scenario for the quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. *The new phytologist*, 171(1):199-221.
- McLachlan J.S., Brubaker L.B. (2011). Local and regional vegetation change on the northeastern Olympic Peninsula during the Holocene. *Canadian Journal of Botany*, 73(10) : 1618-1627.
- Mercer J.H. (1967). Glacier resurgence at the Atlantic/sub - Boreal transition. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 93(398) : 528-534.
- Muller S.D., David F. & Wicha S. (2000). Impact de l'exposition des versants et de l'anthropisation sur la dynamique forestière dans les Alpes du Sud (France). *Géographie physique et Quaternaire*, 54(2) : 231-243.
- Muller S.D. (2005). Pléistocène et Holocène, des glaciations à aujourd'hui. *La Garance Voyageuse*, 71 : 63-69.
- Muller S.D., Bremond L., Girard V. & Terral J.-F. (2019). Âge des tourbières de la marge méridionale du Massif Central. *Orpalm Synthesis*, 12(1) : 9-15.
- Nalepka D. & Walanus A. (2003). Data processing in pollen analysis. *Acta Palaeobotanica*, 43 : 125-134.
- Naughton F., Sanchez Gõni M.F., Despart S., Turon J-L., Durat J., Malaizé B., Joli C., Drago T., Freita M.C. (2006). Present-day and past (last 25 000 years) marine pollen signal off western Iberia. *Marine Micropaleontology*, 62(2) : 91-114.
- Noël F. (2016). Récentes découvertes malacologiques en Mayenne : *Vertigo substriata* (Jeffreys, 1833), *Acicula fusca* (Montagu, 1803), *Boettgerilla pallens* Simroth, 1912 et *Tandonia sowerbyi* (Férussac, 1823) (Mollusca : Gastropoda). *Invertébrés Armoricaains*, 14 : 53-65.
- Ozenda P. (1994). *Végétation du Continent Européen*. Editions Delachaux et Niestlé, Paris, 271 p.
- Piroux M. (2014). *Ressources pollinifères et mellifères de l'Abeille domestique, Apis Mellifera, en paysage rural du nord-ouest de la France*. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, pp. 134-139.
- Plancher C. (2017). *Végétations holocènes reflétées par le registre pollinique de la tourbière de Lapsou (Massif Central, France) : histoires paléobotaniques du site et de la région d'étude*. Mémoire de M1, Université de Montpellier. [2]
- Pons A., Reille M. et de Beaulieu J.-L. (1989). La végétation du Massif Central depuis la fin du dernier glaciaire. *Revue de la Société Naturelle d'Auvergne*, 55 : 87-95.
- Pulido Avila M.G. (2006). *Conséquences de l'anthropisation sur la dynamique postglaciaire de la végétation dans le sud du Massif Central, France*. Thèse de Doctorat, Université Paul Cézanne, 30 p. [3]
- Reille M. (1978). Analyse pollinique du lac de Sidi Bou Rhaba, littoral atlantique (Maroc). *Ecologia Mediterranea*, 4 : 61-65.
- Reille M. & de Beaulieu J-L. (1981). Analyse pollinique de l'étang de Cheylade (Massif Central, France) : histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation de la planèze de Saint-Flour. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 292(3): 243-246. [1]
- Reille M. (1988). Analyse pollinique de la Tourbière des Nassettes (Mont Lozère, Massif-Central, France) ; réponse à quelques questions biogéographiques. *Revue du Gévaudan*, 2 : 3-7.
- Reille M. (1990). *Leçons de palynologie et d'analyse pollinique*. Éditions du CNRS, 204 p.
- Reille M., Andrieu V. & de Beaulieu J.-L. (1996). Les grands traits de l'histoire de la végétation des montagnes méditerranéennes occidentales. *Ecologie*, 27(3) : 153-169.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliðason

- H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. (2013). IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55 : 1869-1887.
- Stuiver M. & Reimer P.J. (1993). Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*, 35 : 215-230.
- Tang Z., Ding Z., White P. D., Dong X., Ji J., Jiang H., Luo P. & Wang X. (2011). Late Cenozoic central Asian drying inferred from a palynological record from the northern Tian Shan. *Earth and Planetary Science Letters*, 302 (3) : 439-447.
- Tison J. M. & De Foucault B. (2014). *Flora Gallica: Flore de France*. Edition Biotope, Mèze, 1196 p.
- Vives S.G., Miras Y., Riera S., Julià R., Allée P., Orengo H., Paradis-Grenouillet S. & Palet J.M. (2014). Tracing the land use history and vegetation dynamics in the Mont Lozere (Massif Central, France) during the last 2000 years: The interdisciplinary study case of Countrasts peat bog. *Quaternary International*, 353 : 123-139.

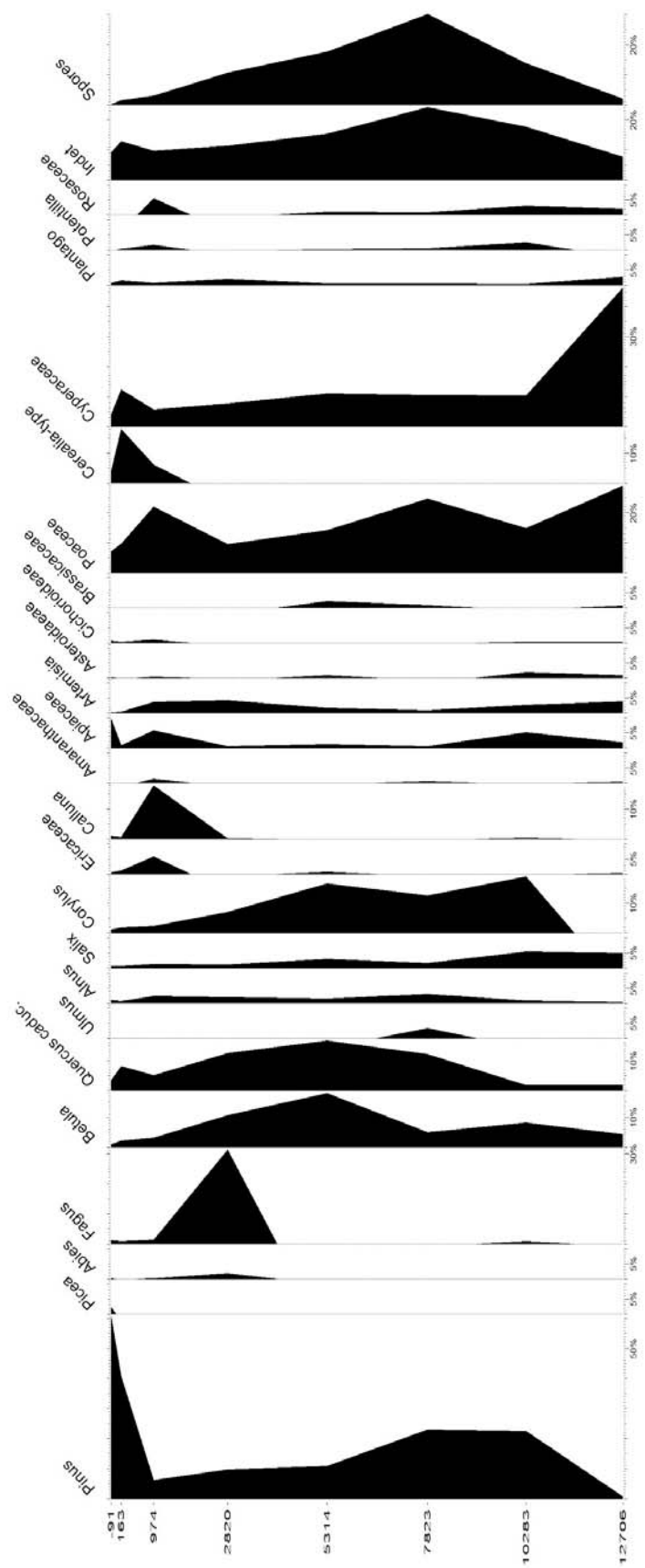
ANNEXE 1. Cartographie de la tourbière des Nassettes avec géo-localisation des carottages figurée par le repère noir ([Géoportail](#)). La zone violette correspond aux forêts fermées de pins sylvestres purs (relevé botanique 12), la zone bleue aux forêts fermées à mélanges de conifères, les zones vert pâle aux landes et formations herbacées, la tourbière se situe au centre.



ANNEXE 2. Table récapitulative des 12 sites de relevés botaniques (code utilisé pour l'analyse factorielle, type de formation végétale et recouvrement)

ORPAL 2019			Recouvrement (%)			
			Total	Herbacées	Ligneux	Bryophytes
Relevés du 05/09/2019						
1	PEL	Pièce d'eau libre (1 m ²)	30	30	0	0
2	TRE	Tremblant (tourbière de transition) (2 m ²)	100	30	0	90
3	BIN	Butte intermédiaire (bas marais acide) (2 m ²)	100	65	<5	80
4	BUT	Butte (1 m ²)	95 (15 % litière)	60	50	20
5	BLV	Butte à linaigrette vaginée (1 m ²)	100	90	25	25
6	PEL2	Pièce d'eau libre 2 (2 m ²)	45	45	0	30
7	TRE2	Tremblant (tourbière de transition) 2 (n.r.)	100	45	0	90
8	BIN2	Butte intermédiaire (bas marais acide) 2 (n.r.)	100	60	15	85
9	BMI	Butte minéralisée (n.r.)	100	40	30	95
10	BUT2	Butte 2 (1 m ²)	90	70	45	25
11	NAL	Nardaie/Lande (10 m ²)	90	85	10	0
12	FOR	Forêt (100 m ²)	90	45	75	30

ANNEXE 3. Diagramme pollinique temporel (en pourcentage) de la tourbière des Nassettes.



ANNEXE 4. Table récapitulative des correspondances profondeur-âge évalué à partir du modèle d'âge (première colonne) proposé par *Cornet & Wales (2020)* utilisées pour la zonation du diagramme pollinique (*Fig. 2*)

Age (cal. BP)	Profondeur (cm)	Période	Age réel (cal. BP)
-91	0	SubAtlantique	-65
2820	84	SubBoréal	2800
5405	113	Atlantique	5400
8883	152	Boréal	8900
10109	166	PréBoréal	10100
11671	184	Dryas Récent	11700
12706	196		12700