

ASSOCIATION DES AMIS DE LA MASSANE

RÉSERVE NATURELLE DE LA MASSANE

# TRAVAUX N°111

## **ANALYSE PÉDOANTHRACOLOGIQUE**

5 000 ans d'histoire de la forêt de la Massane révélés par  
l'étude des charbons

---

par V. Danneyrolles, M. Saulnier, B. Talon, M. Blanchet et C. Sidamon-Pesson



## REMERCIEMENTS

---

Un premier remerciement est adressé aux gestionnaires et au personnel de la Réserve Naturelle de la Massane : Gilles Boeuf, Joseph Travé, Élodie Magnanou, Joseph Garrigue, Jean-André Magdalou et Diane Sorel, sans qui cette étude n'aurait jamais vu le jour. Nous sommes particulièrement reconnaissants pour les bons moments passés sur le terrain, la documentation et le suivi des travaux.

Nous tenons aussi à remercier Rémi Sinet pour son aide précieuse sur le terrain et Maryse Alvitre pour avoir participé au tri des charbons. Nous remercions également le personnel de la Réserve Naturelle de Py qui nous a aimablement fait parvenir des échantillons de bois de sapin afin d'enrichir l'anthracothèque de l'IMBE.

Les travaux présentés dans ce document ont été réalisés dans le contexte d'un stage de Master 2, la Réserve Naturelle de la Massane a assumé le financement des datations radiocarbones et la gratification du stagiaire.

## L'INSTITUT MÉDITERRANÉEN DE BIODIVERSITÉ ET D'ÉCOLOGIE



L'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale (IMBE, UMR Université Aix Marseille/CNRS 7263/IRD 237/Avignon Université) est une Unité Mixte de Recherche créée au 1er janvier 2012.

L'IMBE analyse les systèmes biologiques marins et continentaux, avec un regard particulier sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. L'objectif est d'améliorer la conservation et la gestion des ressources naturelles face aux changements globaux.

### Directeur de publication

Gilles Boeuf, Président de l'Association des Amis de la Massane

### Auteurs

V. Danneyrolles, M. Saulnier, B. Talon, M. Blanchet et C. Sidamon-Pesson

### Comité de relecture

Joseph Travé, Marie-Thérèse Panouse, Élodie Magnanou, Marie Clarès, Joseph Garrigue

### ISSN

2418-134 X

### Mise en page

Diane Sorel, Réserve Naturelle Nationale de la Forêt de la Massane 2017

### Illustration de couverture

C. Sidamon-Pesson

### Référence bibliographique à citer

DANNEYROLLES, Victor et al.  
« Analyse pédoanthracologique »,  
Travaux de la Massane, Tome n° 111  
(2017).

# ANALYSE PÉDOANTHRACOLOGIQUE

## 5 000 ans d'histoire de la forêt de la Massane révélés par l'étude des charbons

---

par V. Danneyrolles, M. Saulnier, B. Talon, M. Blanchet et C. Sidamon-Pesson

<b>I - Matériels et méthodes .....</b>	<b>9</b>
1- Prélèvement sur le terrain et tri des fragments de charbons .....	9
2- Identifications, pesées et datations.....	13
3- Résultats.....	13
<b>II - Discussion .....</b>	<b>17</b>
1- Histoire de la végétation de la Massane .....	17
2- Histoire postglaciaire du hêtre et du sapin dans l'est des Pyrénées .....	20
<b>III - Conclusion et perspectives .....</b>	<b>23</b>
<b>IV - Références et Travaux cités .....</b>	<b>25</b>







# HOMMAGE À CHRISTOPHE SIDAMON-PESSON

## (1975 - 2014)

---

par M. Blanchet



**Christophe a publié de nombreux ouvrages dont « Queyras » aux éditions Pêcheur d'images en 2004, « L'autre versant, regards sur le Queyras » aux éditions Hesse 2008.**

**Il a été primé de nombreuses fois, Prix BEAU LIVRE CHAPITRE-NATURE 2009, Prix MONDIAL DU LIVRE D'IMAGES DE MONTAGNE 2009, Prix AROLLA 2009 et la publication de son dernier livre « TICHODROME, FOLLET DE L'A-PIC » marque l'apogée de son art aux éditions Hesse en 2011.**

**Les photographies présentées dans ce travail illustrent en partie le talent de Christophe...**

Christophe Sidamon-Pesson aimait à se ressourcer régulièrement dans les grands espaces du nord scandinave. Si longtemps il avait rêvé de s'immerger dans ces immensités sauvages de l'Europe dont quelques photographes de renom portaient déjà le témoignage. Enfin, depuis quelques années il avait appris à jouer avec les lumières et l'humeur changeante de la taïga, à se perdre, là-bas, loin de tout repaire sociétal, à la rencontre d'une démesure planétaire, du mystère du monde. De lui-même sans doute? C'était comme si les petits bijoux de nature dont il avait le secret de la découverte, rares, glanés ici ou là, dans le Queyras, dans les bois oubliés de la Nièvre ou de la Massane, ou les tourbières du Jura se déroulaient à perte de vue, dans un temps qui ne se comptait plus. Il en revenait chaque fois plus inspiré que jamais, plus nostalgique aussi. Le 3 novembre dernier, de retour d'une de ces expéditions sous les aurores boréales, et poussé par un vent de tempête, de ceux « *qui agitent les êtres et les esprits* »<sup>1</sup>, Christophe est parti dans l'ultime voyage laissant une œuvre artistique remarquable et précieuse.

Les nombreuses images primées au fil du temps par les jurys internationaux témoignent de son talent. Au milieu de plusieurs centaines de photographes naturalistes français, Christophe a patiemment ouvert un chemin qui le place en tête des plus remarquables par leur sensibilité artistique. On le disait volontiers solitaire, éloigné de bien des normes, personnage atypique. Pourtant sa vie se nourrissait de plus d'un millier de contacts extérieurs car il séduisait par son habileté à traverser l'écran de trop d'habitude, ceux des visions et des paroles convenues pour nous aider à atteindre l'essentiel. Lui-même cependant semblait souffrir de la différence; de celle de n'avoir pas été conduit sur le chemin habituel de l'enfance, lumineux, évident, bercé d'amour et d'encouragements qui mène à la confiance dans l'existence, et avant qu'il ne se referme et s'embroussaille, se garnisse d'épines et ne se fonde et se fige à jamais dans un passé interdisant toute reprise.

Merci Christophe pour tous les regards que tu nous as légués, pour tout ce que tu as semé. Il n'y a plus d'ambiguïté. Toi-même écrivais : « *Je souhaite participer à la préservation d'un avenir en perdition, à l'aide d'images qui fassent douter, qui fassent réfléchir, qui fassent espérer* »<sup>2</sup>.







# ANALYSE PÉDOANTHROLOGIQUE

## 5000 ans d'histoire de la forêt de la Massane révélés par l'étude des charbons

---

par V. Danneyrolles, M. Saulnier, B. Talon, M. Blanchet et C. Sidamon-Pesson

Le hêtre commun (*Fagus sylvatica* L.) atteint sa limite sud de distribution dans les moyennes altitudes de la région méditerranéenne, où il se développe sous forme de populations marginales. Cet isolement des hêtraies méditerranéennes leur ont longtemps valu d'être considérées comme des « reliques glaciaires » (ex. Braun-Blanquet, 1932; Duguey, 1958). Plus récemment, le croisement des données génétiques et paléoécologiques a permis d'identifier plusieurs zones refuges glaciaires à l'échelle de la répartition européenne du hêtre (Magri et al., 2006; Magri, 2008). Ces travaux ont mis en évidence l'existence d'une zone refuge dans l'extrémité est des Pyrénées, mais ne permettent pas de localiser précisément où le hêtre a pu survivre à la dernière glaciation (c.a.d. micro-refuge). La hêtraie de la Massane, par sa situation marginale au sud-est de la répartition pyrénéenne du hêtre, à seulement quelques kilomètres de la Méditerranée, pourrait avoir joué ce rôle de refuge glaciaire.

Par ailleurs, dans la mesure où elle n'a pas été exploitée depuis plus d'un siècle, la réserve naturelle de la Massane représente une forêt à haut degré de naturalité. En absence d'exploitation, ces forêts atteignent avec le temps des caractéristiques structurales particulières; grande densité de vieux arbres, structure multistrate plus complexe, grande quantité de biomasse vivante et de bois mort (Burrascano et al., 2013). Cependant, l'utilisation de la forêt par les populations humaines

peut laisser des traces persistantes sur le long terme, voir même de manière irréversible (Dupouey et al., 2002; Foster et al., 2003), et notamment en modifiant la composition des forêts (Rhemtulla & Mladenoff, 2007). L'étude des charbons de bois conservés dans les sols permet de reconstituer l'histoire, sur le long terme, de la composition ligneuse des forêts (Touflan et al., 2010), et permet donc d'évaluer les changements de composition liés aux perturbations humaines sur le long terme (Robin et al., 2013).

Ce travail vient en complément de l'étude génétique menée par la Réserve Naturelle Nationale de la Massane, en collaboration avec le laboratoire ARAGO (UMR 7232 BIOM), l'INRA de Bordeaux (UMR 1202 BioGeCo), sur l'histoire évolutive de la hêtraie de la Massane (Lafontaine et al., 2013).

Les objectifs de cette étude étaient donc d'utiliser des données pédoanthrologiques (charbons de bois conservés dans les sols) dans le but : (1) d'identifier une potentielle zone de micro-refuge du hêtre, et (2) de reconstituer l'histoire, sur le long terme, de la végétation ligneuse de la réserve de la Massane.





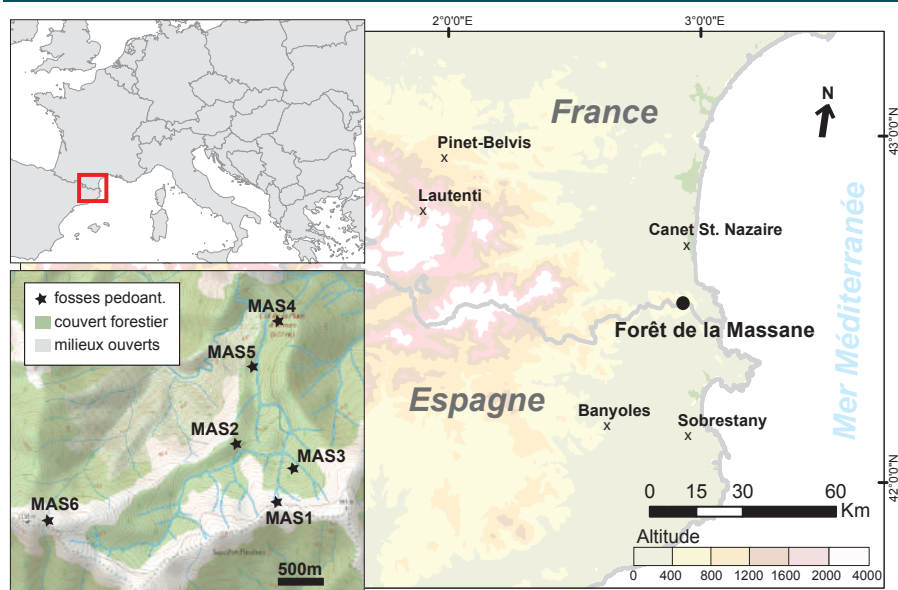


# I - MATÉRIELS ET MÉTHODES

## 1- Prélèvement sur le terrain et tri des fragments de charbons

Six fosses pédologiques ont été creusées en avril 2011 (**Figure 1, Tableau 1**), deux d'entre elles sont localisées sur les pelouses des crêtes et les quatre autres sous couvert forestier. Chaque fosse pédologique a été creusée de la surface jusqu'au substrat dur, et leurs profondeurs variaient entre 70 et 110 cm. Dix litres de terre ont été extraits tous les dix centimètres de profondeur, depuis la base du profil vers le haut, afin de ne pas contaminer les niveaux inférieurs.

**Figure 1.** Localisation de la forêt de la Massane et des sites paléoécologiques d'études précédentes. Localisation des fosses pédoanthracologiques dans la réserve.



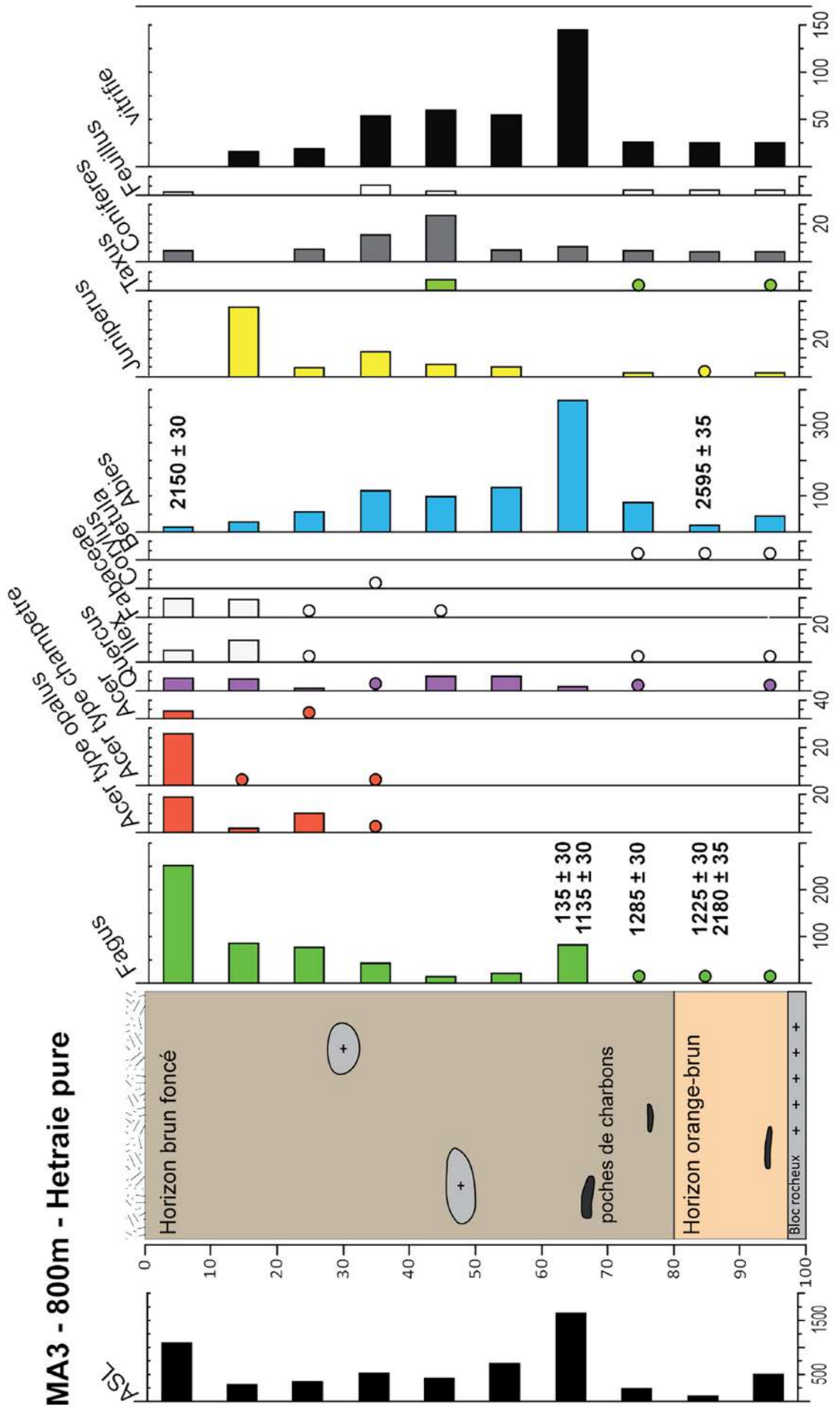
Fosses	Altitude	Végétation
MAS4	650	hêtraie à chênes
MAS5	650	hêtraie à chênes
MAS2	800	chênaie à érables
MAS3	800	futaie de hêtres
MAS1	880	pelouse à plantain caréné
MAS6	1050	pelouse à plantain caréné

**Tableau 1.** Description des fosses pédoanthracologiques.

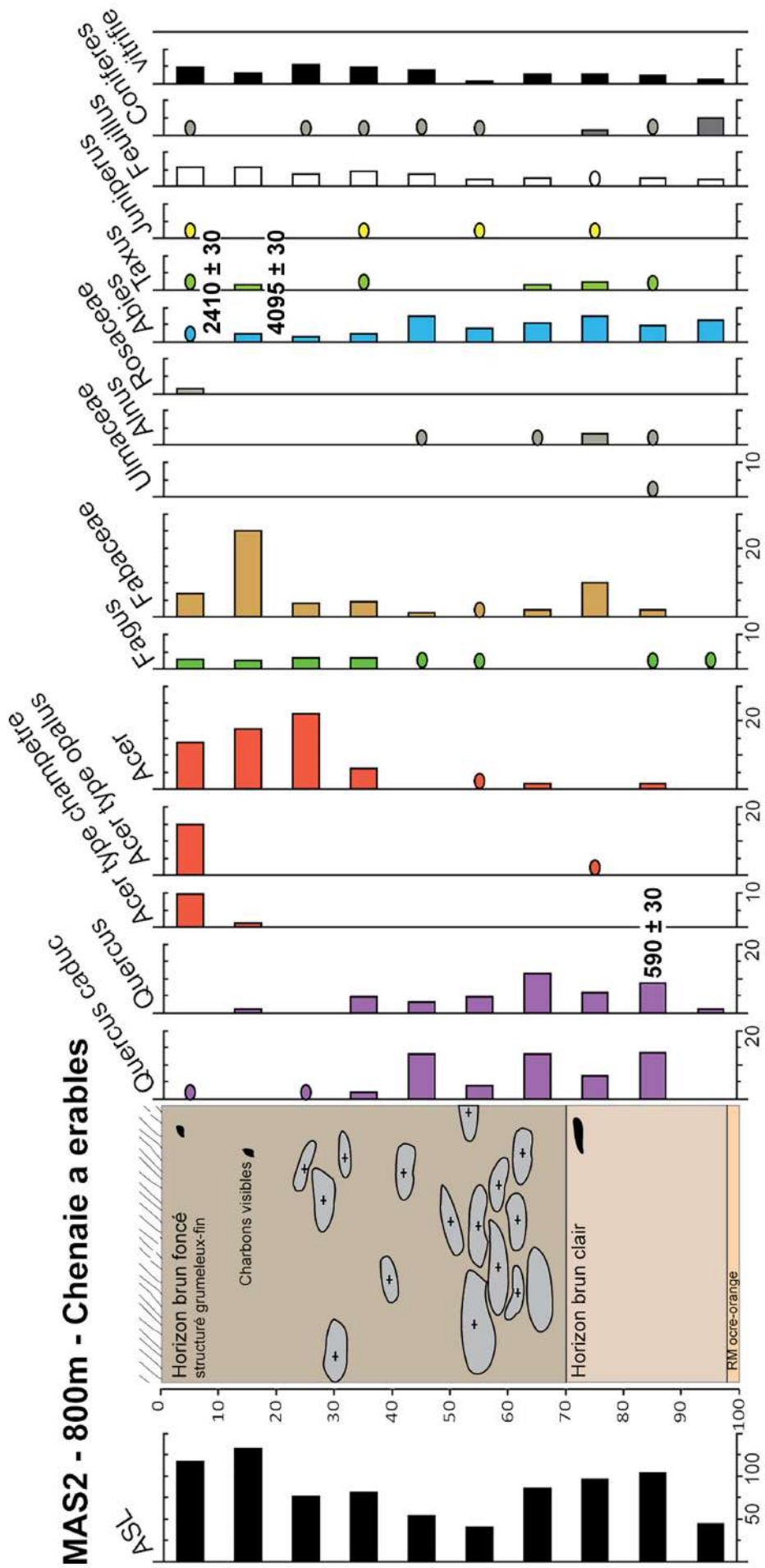
Un protocole de tamisage par flottation a permis d'isoler les fragments de charbons de bois. Chaque niveau prélevé a été immergé dans une cuve rotative remplie d'eau. On ajoute à cette eau un défloculant non carboné (hexamétaphosphate de sodium,  $P_2O_4Na$ ) pour faciliter le tamisage, sans pour autant contaminer les échantillons par du carbone actuel, ce qui biaiserait les datations au radiocarbone. Le surnageant, composé de racines, de fragments de matière organique fraîche du sol et de la grande majorité des charbons, est récupéré sur tamis de 400  $\mu m$ . Séché à l'étuve, il est ensuite trié à l'aide d'une loupe binoculaire pour récupérer les charbons un par un.



Figure 2. Diagrammes pédoanthracologiques des trois fosses ayant fait l'objet d'analyses approfondies pour ce rapport.

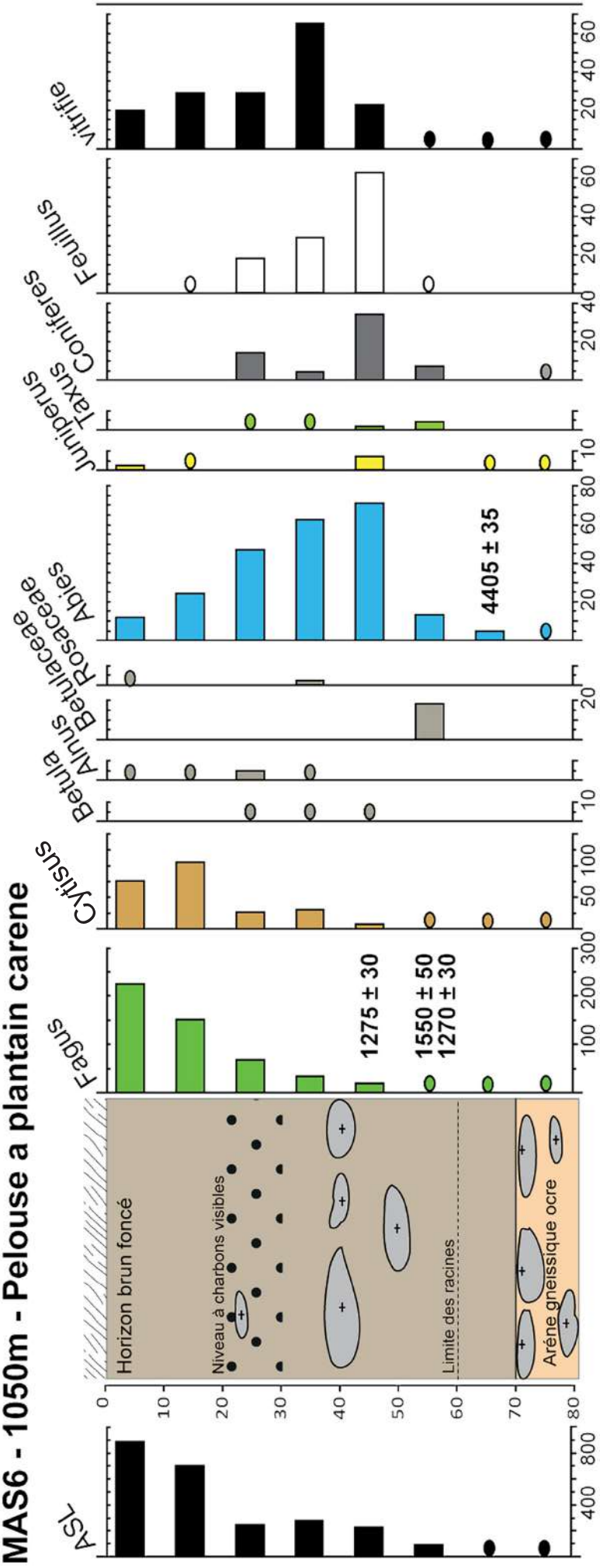








# MAS6 - 1050m - Pelouse a plantain carene





## 2- Identifications, pesées et datations

Seules les fosses MAS6, MAS3 et MAS2 ont fait l'objet d'analyses approfondies pour ce rapport. L'identification anatomique des fragments a été effectuée au microscope épiscopique à différents grossissements (x200, x500 et x1000) avec l'aide d'ouvrages d'anatomie du bois (Jacquiot, 1955, 1973; Schweingruber, 1990) et par comparaison avec les échantillons de l'anthrothèque de référence de l'IMBE. Lors de cette étude, seuls les charbons supérieurs à 1,25 mm, ainsi que 20 charbons >800 µm par niveaux ont été identifiés. Les données sont présentées sous la forme de diagrammes pédoanthracologiques, qui restituent les résultats qualitatifs et quantitatifs des analyses, accolés aux profils de sol relevés sur le terrain. Les anthracomasses spécifiques (AS; ppm) expriment la masse totale de charbons (mg) prélevés, divisée par la masse totale de terre sèche (en kg) de taille inférieure à 5 mm. Les AS d'un profil peuvent se référer aux différents niveaux (ASL où L=level) ou aux différents taxons (AST).

Dix-neuf dates radiocarbones AMS ont été réalisées sur des fragments de charbons de plus d'un milligramme, par le Poznam Radiocarbon Laboratory (Pologne). Les fragments ont été choisis en fonction de leurs identifications taxonomiques et de leur profondeur, dans le but de répondre, le mieux possible, aux objectifs de l'étude. Les dates obtenues ont été calibrées avec la fonction « *BchronCalibrate* » (intercal13, 2 — sigma) de la librairie Bchron (Parnell, 2015) disponible dans le logiciel libre R (R Core Team, 2014).

## 3- Résultats

Des fragments de charbons de bois ont été trouvés dans chacun des niveaux de profondeur des 6 fosses prélevées. Dans les trois fosses qui ont fait l'objet d'analyses approfondies (MAS6, MAS3 et MAS2), la concentration est variable d'une fosse à l'autre, et selon les niveaux (ASL; **Figure 2**).

Le hêtre (*Fagus*) et le sapin (*Abies*) sont les deux taxons les plus représentés dans les fosses MAS3 et MAS6 (**Figure 2**) : ces deux taxons sont présents dans tous les niveaux des profils (de la base jusqu'à la surface). Cependant, *Abies* est plus fréquent dans les assemblages des niveaux de profondeur, à partir de 30 cm (MAS3, MAS6). Inversement, *Fagus* est plus fréquent dans les niveaux de surface dans les trente premiers centimètres du sol). Les chênes (*Quercus*) et les érables (*Acer spp.*) sont les taxons les plus abondants de la fosse MAS2. Les quelques charbons identifiés dans les fosses MAS4 et MAS5 sont presque tous apparentés à *Quercus*, tandis que ceux identifiés dans MAS1 appartiennent aux genres *Abies* et *Taxus* (données non montrées).

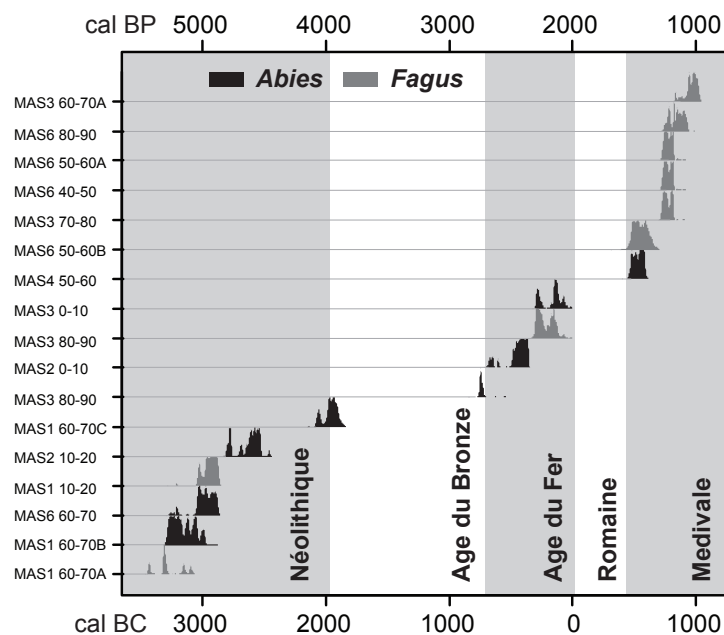
Les 19 dates réalisées lors de cette étude (**Tableau 2**) s'étendent de 4580 ±35 BP à 135 ±30 BP. Les deux dates les plus anciennes ont été obtenues sur des fragments de *Fagus* (4580 ± 35 BP; MAS1) et d'*Abies* (4475 ±35 BP, MAS1). Cependant, les 8 dates obtenues sur des fragments d'*Abies* sont globalement plus anciennes, alors que les dates obtenues sur des fragments de *Fagus* sont plus récentes (**Figure 3**). Le fragment d'*Abies* le plus récent date de 1585 ± 30 BP (**Tableau 2**).



Fosse	P (cm)	Taxon	Date BP	Lab. code
MAS1	60-70	<i>Fagus</i>	4580 ± 35	Poz-50823
MAS1	60-70	<i>Abies</i>	4475 ± 35	Poz-50824
MAS6	60-70	<i>Abies</i>	4405 ± 35	Poz-46851
MAS1	10-20	<i>Tagus</i>	4380 ± 35	Poz-50827
MAS2	10-20	<i>Abies</i>	4095 ± 30	Poz-50828
MAS1	60-70	<i>Abies</i>	3640 ± 35	Poz-50826
MAS3	80-90	<i>Abies</i>	2595 ± 35	Poz-46854
MAS2	0-10	<i>Abies</i>	2410 ± 30	Poz-50829
MAS3	80-90	<i>Fagus</i>	2180 ± 35	Poz-50834
MAS3	0-10	<i>Abies</i>	2150 ± 30	Poz-50830
MAS4	50-60	<i>Abies</i>	1585 ± 30	Poz-50836
MAS6	50-60	<i>Fagus</i>	1550 ± 50	Poz-50838
MAS3	70-80	<i>Fagus</i>	1285 ± 30	Poz-50833
MAS6	40-50	<i>Fagus</i>	1275 ± 30	Poz-46850
MAS6	50-60	<i>Fagus</i>	1270 ± 30	Poz-50837
MAS3	80-90	<i>Fagus</i>	1225 ± 30	Poz-46855
MAS3	60-70	<i>Fagus</i>	1135 ± 30	Poz-50831
MAS2	80-90	<i>Quercus</i>	590 ± 30	Poz-46852
MAS3	60-70	<i>Fagus</i>	135 ± 30	Poz-50832

Tableau 2. Résultats des datations AMS (P : profondeur et BP : date avant présent).

Figure 3. Chronologie des dates radiocarbone AMS calibrées obtenues sur des fragments de *Fagus* et de *Abies* et plus anciennes que 1000 cal BP. Les périodes préhistoriques et historiques sont indiquées en dégradé de gris.













## II - DISCUSSION

---

### 1- Histoire de la végétation de la Massane

Les datations effectuées, ainsi que l'interprétation des profils pédoanthracologiques, permettent de formuler un scénario schématique sur l'histoire forestière de la Réserve depuis les 5000 dernières années (3000 cal BC jusqu'à l'époque actuelle). Entre 3000 cal BC et le XVIII<sup>e</sup> siècle, ce scénario est uniquement basé sur les profils pédoanthracologiques et les datations. Les hypothèses formulées pour cette période semblent les plus probables au regard des données actuelles, mais pourront être revisitées avec de nouvelles données (datations). Sur le moyen terme (250 dernières années), la reconstitution de la dynamique forestière devient beaucoup plus précise grâce à l'existence d'archives cartographiques historiques. Ces archives permettent surtout une reconstitution précise de la dynamique spatiale de la forêt, mais sans donner d'information sur la composition des essences forestières présentes.

Les dates les plus anciennes, obtenues sur des fragments de sapin et de hêtre, permettent de remonter à la période qui couvre le Néolithique final et l'Âge du Bronze (3000-1000 cal BC, fig. 6a). À cette époque, les datations laissent supposer que la hêtraie-sapinière domine le paysage des versants nord au-dessus de 800 m d'altitude. Plus bas, ce sont les chênaies caducifoliées et sclérophylles qui jouent un rôle de premier plan. À cette même époque (3000-1000 cal BC), comme dans le reste des Pyrénées méditerranéennes (Esteban Amat, 1995 ; Galop, 1998), les crêtes de la Réserve et certains replats plus bas en altitude connaissent déjà probablement des phases de déboisement anthropique et de pâturage. La date 4405 ±35 BP (3057-2861 cal BC) témoigne d'ailleurs d'un événement de feu à cette période sur les crêtes (MAS6) les plus hautes de la Réserve. Cet événement pourrait correspondre à un incendie naturel ou anthropique (de type landnam).

La date obtenue pour la période qui couvre l'Âge du Fer et l'Antiquité (1000 cal BC-400 cal AD ; fig. 6b) sur un fragment de sapin (779-699 cal BC), montre que cette essence était toujours présente à cette époque ; cependant les données archéologiques témoignent d'une activité de métallurgie et de charbonnage dès le début de l'Antiquité dans les Albères (Izard, 1999, 2004). On suppose alors que cette période, durant laquelle les déboisements sont intenses, marque le début de l'expansion et du maintien du hêtre dans la Réserve de la Massane. C'est d'ailleurs à cette époque que les sites pyrénéens plus à l'ouest des Albères connaissent cette dynamique (Jalut, 1974 ; Reille and Lowe, 1993). Plus proche de la Massane, l'enregistrement de Canet St Nazaire enregistre cette dynamique dès le Néolithique final (5000-4500 cal BP) (Planchais, 1985). Le sapin est largement exploité, car son bois représente une ressource très importante à cette époque (bois d'œuvre, constructions navales, etc.). Une telle action sélective des sociétés Antiques sur la sapinière, au profit de la hêtraie, a d'ailleurs bien été décrite dans les Pyrénées centrales espagnoles (Pèlach et al., 2009). De plus, le sapin résiste moins bien aux ouvertures du couvert forestier que le hêtre (exposition à la lumière et à la sécheresse), et il ne rejette pas de souche. Toute ouverture tend donc à favoriser le hêtre : ceci a été montré après une perturbation naturelle de la hêtraie-sapinière dans les Alpes slovènes (Nagel et al., 2006). Le développement sur cette période de l'activité métallurgique a aussi pu pousser les sociétés à entretenir la hêtraie, le hêtre étant préféré au sapin pour le charbonnage. Finalement, l'hypothèse la plus probable est que sa faculté à rejeter de souche aurait permis au hêtre de se maintenir dans le paysage lors de phases de déboisements intenses, contrairement au sapin dont la régénération était beaucoup plus compromise. Par la suite, l'homme aurait entretenu la hêtraie sous forme de taillis, qui était bien adapté aux activités de charbonnage (plus faible diamètre des bûches).

Les pressions anthropiques s'intensifient encore durant la période du Moyen-Âge (400-1600 cal AD). Elles se manifestent par une poursuite des activités métallurgiques (Izard, 2004) et du pâturage, et par une occupation religieuse et militaire de cette zone de frontière (Constant, 2005). Le territoire environnant la Massane a successivement appartenu aux abbayes de Sant-Quirc de Colera (versant espagnol des Albères) et de Valbonne (à environ 2 km à l'est de la

Réserve), respectivement datées du IX<sup>e</sup> et du XIV<sup>e</sup> siècle (in Encyclopédie Catalunya Romànica, 1994). L'infrastructure militaire de la Tour de la Massane est mentionnée pour la première fois dans un document de 1293. On suppose que cette anthropisation va être à l'origine du déclin définitif de la sapinière au profit de la hêtraie. Deux fragments de hêtre datés du haut Moyen-Âge (662-781 et 762-885 cal AD) et issus de deux fosses différentes (respectivement MAS6 et MAS3) en témoignent. Le sapin est certainement encore présent sur le site, mais n'est plus représenté que par des individus disséminés. Les dates relativement proches l'une de l'autre, provenant de charbons issus de deux fosses différentes, pourraient correspondre à un même incendie, mais il semble plus probable qu'elles témoignent de l'occurrence de nombreux feux localisés à cette époque. Le fragment de chêne daté du bas Moyen-Âge (1298-1370 cal AD), issu d'un profil de sol perturbé, soutient aussi l'hypothèse d'une pression humaine importante à cette époque. L'expansion démographique, l'exploitation de la forêt et le pâturage sont à l'origine d'une expansion des zones de pâturage qui atteindra son maximum au XVIII<sup>e</sup> siècle.

En effet, la carte levée en 1743 atteste des limites minimales atteintes par la forêt de la Massane sur la période historique. La forêt ne se développe plus que sur les berges de la rivière, ainsi que dans les zones les plus ravinées difficilement accessibles. La période qui couvre la fin du XVIII<sup>e</sup> et le début du XIX<sup>e</sup> correspond, au niveau national et départemental (Pyrénées orientales), à un maximum démographique rural et donc parallèlement à un minimum forestier (Koerner et al., 2000; Vallauri et al., 2012). Malgré sa surface très réduite, la forêt est donc encore exploitée et les zones déboisées sont pâturées de manière intensive. Il semble aussi très probable que ce soit à cette époque que les derniers sapins qui avaient survécu au Moyen-Âge aient été éradiqués de la forêt de la Massane. Un siècle plus tard, la minute de l'état major (levée entre 1845 et 1855 dans les Pyrénées orientales) témoigne de limites forestières plus proches de la surface actuellement occupée par la forêt. Cette réexpansion de la forêt de la Massane exprime le début de la déprise humaine de ce site, qui va progressivement se poursuivre jusqu'à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. À l'époque de la levée de la minute d'état major, la forêt d'Argelès-sur-Mer, dont fait partie la Massane, est encore traitée en futaie (décrets impériaux du 30 novembre 1858 et du 2 avril 1864, décret présidentiel du 7 août 1891; Archives de la commune d'Argelès-sur-Mer). La dernière coupe officielle remonte à l'année 1883, et la forêt n'est plus exploitée depuis (Travé, 2000). Dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, le pâturage en forêt d'Argelès-sur-Mer est encore diversifié (bovins, ovins, caprins, porcins, équins; archives communales; Fortuny, 2011). Les effectifs d'ovins, qui constituaient l'espèce la plus représentée dans les années 1860, se sont effondrés en quelques années, et les caprins, porcins et équins ont suivi la même tendance. Cette diminution se poursuit tout au long du XX<sup>e</sup> siècle. Durant cette même période, la surface occupée par la hêtraie gagne du terrain, notamment en remontant vers les crêtes. Les chênaies sclérophylles et caducifoliées vont aussi reconquérir des surfaces déboisées durant les derniers siècles pour aboutir au paysage actuel dominé par la hêtraie.







Les trois fosses qui ont fait l'objet d'analyses approfondies lors de cette étude montrent une importante diversité en taxons ligneux. Ceci est particulièrement évident pour MAS3, où les assemblages témoignent de la présence d'au moins 11 taxons alors que la formation actuelle correspond à une hêtraie pure, avec seulement quelques houx (*Ilex aquifolium*, annexe 3). La présence des érables (*Acer sp.*), du chêne (*Quercus type caduc*), du noisetier (*Corylus avenalla*) et de l'if (*Taxus baccata*), montre que la hêtraie des versants nord a pu être beaucoup plus diversifiée. Cependant, la diversité ligneuse exprimée par les assemblages pédoanthracologiques représente la diversité présente sur une longue échelle de temps (millénaires). Cette diversité enregistrée par les assemblages pédoanthracologiques témoignerait alors surtout de l'alternance de différents stades forestiers (sapinière, hêtraie, chênaie, landes, etc.) au sein d'une mosaïque paysagère. Ces taxons n'ont donc pas forcément coexisté sur la même période, mais il paraît tout de même assez clair que la diversité ligneuse a été réduite par les perturbations humaines récurrentes. Ceci est d'autant plus évident quand on sait que l'emplacement de la fosse MAS3 était déboisé au XVIII<sup>e</sup>, et qu'il s'agit donc d'une futaie secondaire relativement récente.

Pour MAS6, la présence d'au moins 8 taxons ligneux contraste évidemment avec la formation actuelle de pelouse, mais aussi avec la composition des formations forestières environnantes (hêtraies pures à proximité des crêtes). On peut supposer que ces zones de crêtes ont subi des déboisements anciens, et que depuis, les actions combinées du pâturage et des conditions climatiques sur ces crêtes ont limité la recolonisation forestière. Autrement dit, depuis les premiers défrichements, les crêtes seraient restées déboisées et n'auraient peut-être même pas connu de réelles phases de recolonisation forestière. Dans ce cas, la fosse MAS6 aurait enregistré des feux très anciens (premiers déboisements). Puis les charbons identifiés témoignent de la présence d'une lande à arbres rabougris et arbustes épars, dont la dynamique était surtout liée au feu.

Finalement, un taxon particulier, l'if (*Taxus baccata*), est un exemple connu qui illustre bien cette réduction de diversité. Les trois fosses qui ont fait l'objet d'analyses approfondies (MAS3, MAS6 et MAS2) ainsi que la fosse MAS1 ont révélé la présence de l'if. Cette essence n'est pourtant aujourd'hui que très rare dans la Réserve de la Massane. Ces résultats montrent donc que l'espèce a largement été éradiquée par les perturbations, comme dans le reste de son aire de répartition européenne (Paule et al., 1993). Cette éradication peut être liée à des facteurs ethnobotaniques. Premièrement, le bois d'if est très réputé durant toute l'Antiquité et le Moyen-Âge, notamment pour la fabrication d'armes (arcs, piques et javelines), et on retrouve même des traces de commerce de ce bois précieux européen avec l'Égypte antique (Lieutaghi, 2004). De plus, la haute toxicité de cette essence constitue un danger pour le bétail, et les bergers ont donc souvent fait le choix volontaire de l'éradiquer des sites de pâturage.

## 2- Histoire postglaciaire du hêtre et du sapin dans l'est des Pyrénées

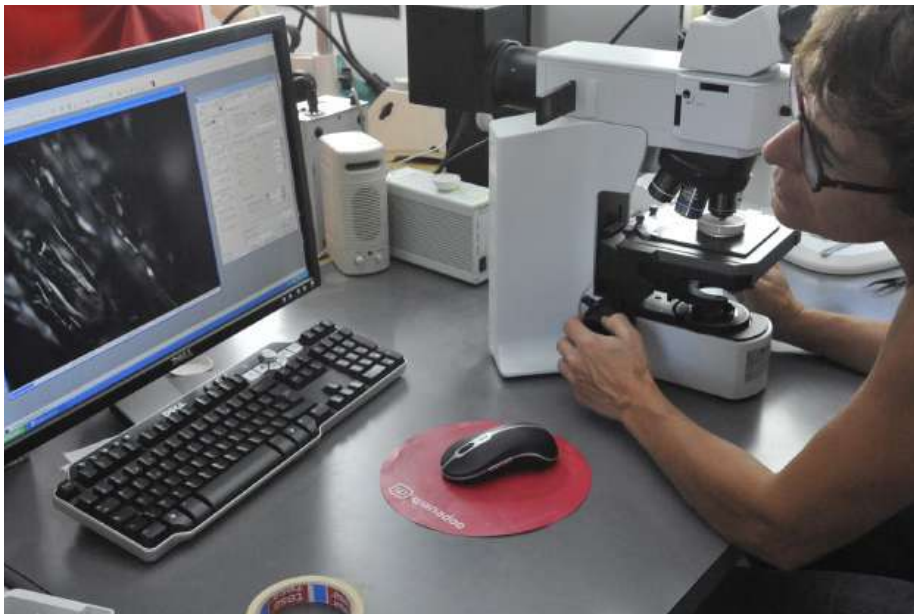
La présence de refuges glaciaires dans l'est des Pyrénées a été mise en évidence par des données génétiques et paléocologiques, autant pour le hêtre (Magri et al., 2006; Magri, 2008) que pour le sapin (Terhürne-Berson et al., 2004; Liepelt et al., 2009). Nos résultats attestent la présence du hêtre et du sapin dans la réserve de la Massane il y a plus de 5000 ans (Figure 3), mais ne permettent donc pas de prouver que ces espèces y aient survécu durant la dernière période glaciaire. Cependant, ces résultats apportent des données nouvelles à l'histoire de la végétation régionale au cours de l'Holocène.

La présence du sapin est enregistrée dans plusieurs sites de la région entre 16000 et 12000 cal BP (sites archéologiques de Pinet et Belvis; Vernet, 1980, lac de Banyoles; Pérez-Obiol & Julià, 1994). Le sapin connaît une première expansion datée autour de 9500 à 8500 cal BP sur les sites du Laurenti et de Pinet (Reille & Lowe, 1993), après quoi il colonise assez rapidement les sites d'altitude des Pyrénées orientales (Jalut, 1974). Plus proche de la réserve de la Massane, le sapin est enregistré avant 5400 cal BP dans le remplissage du Canet St Nazaire (Planchais, 1985). Nos résultats attestent la présence du sapin sur les moyennes altitudes (800-1050 m) de la réserve de la Massane entre 5000 et 1500 cal BP. D'autres études ont mis évidence que le sapin a pu se développer, au cours de l'Holocène, sur les moyennes altitudes et même dans les plaines littorales méditerranéennes (Colombaroli et al., 2007; Tinner et al., 2013) Nos résultats suggèrent donc qu'au cours de l'Holocène, le sapin était présent sur les zones de moyennes altitudes (>800 m) qui séparent la réserve de la Massane des premières sapinières actuelles, à plus de 50 km à l'ouest sur les flancs nord du massif du Canigou.

Le hêtre est enregistré autour de 12000 cal BP sur le site archéologique de Belvis (Vernet, 1980), autour de 6000 cal BP sur le site de Sobrestany (Parra et al., 2005) et autour de 4500-5000 cal BP au Canet St. Nazaire (Planchais, 1985). Nos résultats attestent que le hêtre était présent dans la réserve de la Massane dès la deuxième moitié de l'Holocène. Malgré la présence de nombreux refuges à l'échelle de son aire de répartition, le hêtre a connu une expansion tardive par rapport aux autres essences forestières, qui est liée aux perturbations anthropiques (agriculture, déboisements, etc.) de la seconde moitié de l'Holocène (Magri et al., 2006; Tinner & Lotter, 2006; Magri, 2008).







Le déclin du sapin au profit du hêtre, comme conséquence des perturbations humaines a été décrit dans différentes régions des Alpes et des Pyrénées (Pélachs et al., 2009; Valsecchi et al., 2010; Vescovi et al., 2010). En effet, la capacité du hêtre à rejeter de souche lui donne un avantage certain face aux perturbations anthropiques par rapport au sapin. L'absence actuelle du sapin sur le site de la Massane suggère une dynamique similaire, avec un déclin progressif du sapin au profit du hêtre, aboutissant à la disparition totale du sapin de la réserve entre le début de l'époque médiévale et aujourd'hui. Cette dynamique est d'ailleurs enregistrée par la séquence palynologique du Canet St Nazaire proche de la réserve de la Massane (Planchais, 1985). Des sources historiques, ainsi que la présence de charbonnières dans la réserve, témoignent d'importantes activités humaines dans la réserve (pâturage, charbonnage) qui expliquent donc en grande partie la disparition du sapin.

Les changements climatiques de l'Holocène ont aussi pu jouer un rôle important dans les changements de végétation de la réserve de la Massane. Au cours de l'Holocène, la région a connu différentes phases d'aridification (Jalut et al., 2000, 2009). Le sapin, qui est particulièrement sensible à la sécheresse (Lebourgeois et al., 2010, 2013), pourrait donc avoir été défavorisé par l'aridification progressive du climat.



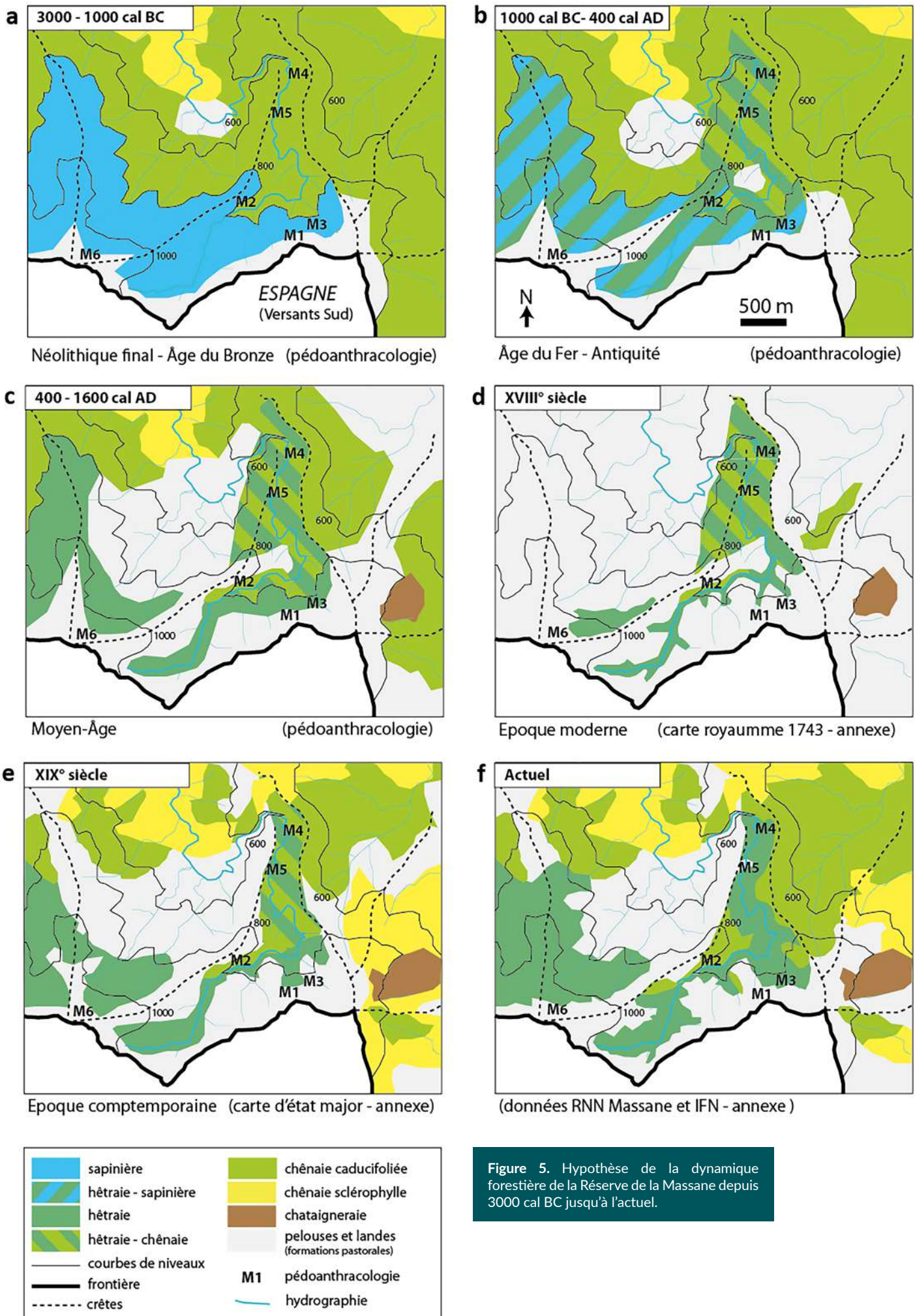


Figure 5. Hypothèse de la dynamique forestière de la Réserve de la Massane depuis 3000 cal BC jusqu'à l'actuel.



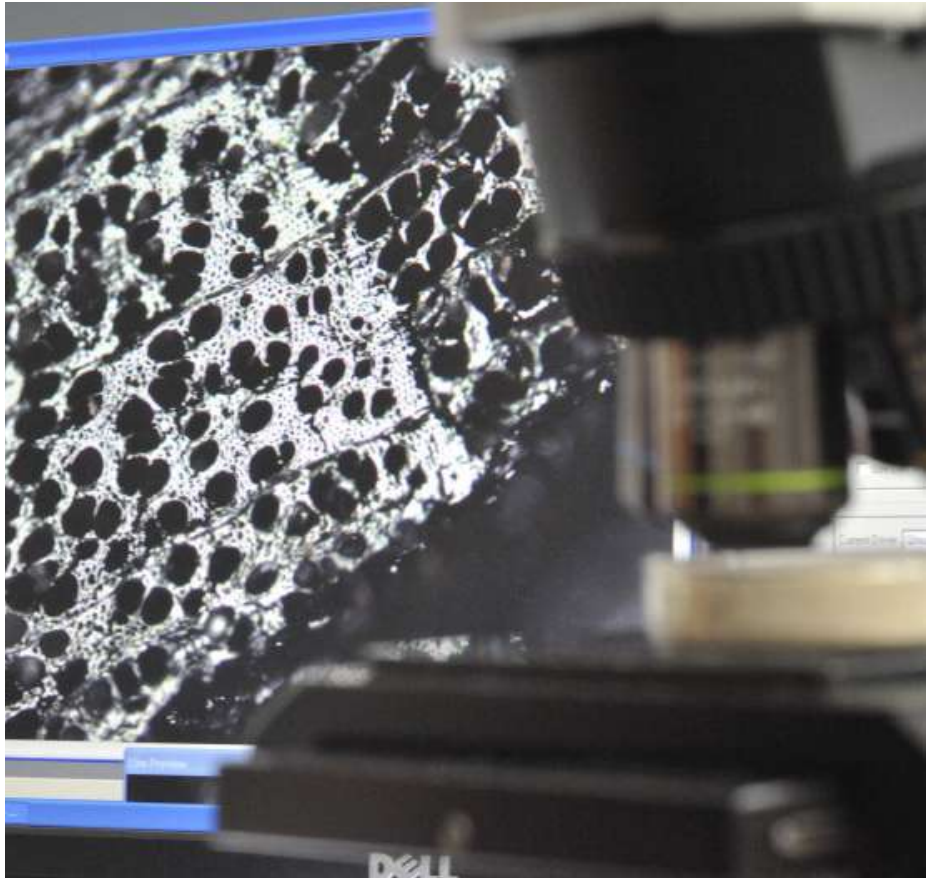
### III - CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

Le premier objectif de cette étude était d'apporter de nouveaux éléments sur l'histoire du hêtre à l'échelle des Pyrénées méditerranéennes. L'hypothèse d'une zone refuge du hêtre à l'extrémité est des Pyrénées dans le massif des Albères n'a pu être prouvée par les datations de charbon effectuées dans cette étude, et reste donc une question ouverte. De plus, nos résultats, confrontés aux données paléoécologiques et génétiques disponibles pour le sapin, suggèrent aussi la possibilité d'une zone refuge de cette essence dans les Albères. Confrontées par la preuve de la présence du sapin dans les Albères, les séquences sédimentaires à proximité des Albères (Canet St Nazaire et Sobrestany) (Planchais, 1985; Parra et al., 2005) prennent aussi une nouvelle signification. L'investigation de nouveaux sites humides à proximité des Albères permettrait de mieux comprendre l'histoire postglaciaire de ces essences.

La présence passée du sapin sur le site de la Massane, et donc dans le massif des Albères, représente la principale information apportée par cette étude. Cette présence est attestée par des charbons datés sur une période allant du Néolithique final (environ 4500 cal BP), au début de la période médiévale (environ 1500 cal BP). Les données pédoanthracologiques fournissent une information très spatialisée et n'attestent de la présence d'un taxon qu'à une échelle très locale. Mais dans le cas de la forêt de la Massane, qui représente l'extrémité est de la répartition du hêtre dans les Pyrénées, ces résultats suggèrent que le sapin a pu par le passé jouer un rôle important sur les moyennes altitudes (environ >800 m) qui séparent la Massane des premières sapinières actuelles sur les flancs nord du Canigou.

Le deuxième objectif était de reconstituer la dynamique forestière, sur le long terme, à l'échelle locale de la Réserve. À partir des datations obtenues dans cette étude, des précédentes études paléoécologiques régionales ainsi que d'archives historiques, nous proposons ici une histoire potentielle de la végétation de la Massane au cours des 5000 dernières années (**Figure 5**). Du Néolithique final à l'âge du Bronze (3000-1000 cal BC), le paysage était dominé par la sapinière et la chênaie caducifoliée, bien que le hêtre étant cependant déjà présent. À cette même époque, seraient intervenus les premiers impacts anthropiques (déboisements, feux et pâturage). Durant l'Âge du Fer et l'Antiquité (1000 cal BC-400 cal AD) la mise en place des premières activités proto — industrielles (métallurgie et charbonnage) engendre une intensification des déboisements. Ces déboisements auraient profité au hêtre, car sa capacité à rejeter de souche lui permet de se maintenir dans le paysage, alors que la régénération du sapin est beaucoup plus compromise. Par la suite, les sociétés montagnardes auraient entretenu la hêtraie sous forme de taillis, bien mieux adaptée aux activités de charbonnage. L'anthropisation va ensuite continuer à s'intensifier durant le Moyen-Âge (400-1600 cal AD). Elle se manifeste par la poursuite du charbonnage, et par une importante occupation religieuse et militaire (Constant, 2005). On suppose que c'est à cette époque que les pressions humaines vont entraîner le déclin final de la sapinière. Les pressions anthropiques semblent atteindre un maximum au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, période d'optimum démographique rural. À cette époque, la forêt ne se développe plus que dans les zones ravinées inaccessibles et sur les berges de la rivière de la Massane. Depuis, la déprise progressive du site favorise la recolonisation d'espaces autrefois déboisés et va aboutir au paysage actuel dominé par la hêtraie et la chênaie caducifoliée.





## IV - RÉFÉRENCES ET TRAVAUX CITÉS

---

- Amandier L., 1973. Bases phytoécologiques pour l'aménagement du paysage du massif des Albères. Publications du CNRS, Centre d'Études Phytosociologiques et Écologiques Louis Emberger, Montpellier. 144 pages et cartes.
- Becker M., 1987. Le dépérissement du sapin dans les Vosges, rôle primordial des déficits en alimentation en eau. *Annales sciences forestières* 44, 4, 379-402.
- Boeuf G., 2006. La richesse naturelle de l'Albère : patrimoine et biodiversité, ses modèles biologiques. Actes du colloque L'Albera, terra de pas, de memories, i d'identitats. Presses Universitaire de Perpignan et Institut Franco-Catalan transfrontalier. pp 205-220
- Braun Blanquet J., 1932. Les survivants des périodes glaciaires dans la végétation méditerranéenne du bas Languedoc. Rapport, Montpellier, 10p.
- Burrascano S., Keeton W.S., Sabatini F.M., & Blasi C. (2013) Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: A global review. *Forest Ecology and Management*, 291, 458–479.
- Burjachs F., Giralt S., Riera Mora S., Roca R.J., Julià R., 1996. Evolución paleoclimática durante el último ciclo glaciario en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica. *Notes de Geografía Física* 25, 21–29.
- Camiade M., Lacombe Massot J.P., Tocabens J., 2006. Le rivage méditerranéen des Pyrénées, 2000 ans d'histoire et plus.... Ed. sources, Perpignan. 2000 p
- Carcaillet C., 2001a. Are Holocene wood-charcoal fragments stratified in alpine and subalpine soils? Evidence from the Alps based on AMS 14C dates. *The Holocene* 11, 231–242.
- Carcaillet C., 2001b. Soil particles reworking evidences by AMS 14C dating of charcoal. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences — Series IIA — Earth and Planetary Science* 332, 21–28.
- Carcaillet C., Talon B., 1996. Aspects taphonomiques de la stratigraphie et de la datation de charbons de bois dans les sols : exemple de quelques sols des Alpes. *Géographie physique et Quaternaire* 50, 233–244.
- Carcaillet C., Thinon M., 1996. Pedoanthracological contribution to the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palaeoecology* 91, 233–244.
- Christensen M., Hahn K., Mountford E.P., Odor P., Standovar T., Rozenbergar D., Diaci J., Wijdeven S., Meyer P., Winter S., Vrska T., 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management* 210, 267–282.
- Clark J.S., 1988. Particle motion and the theory of charcoal analysis: Source area, transport, deposition, and sampling. *Quaternary Research* 30, 67–80.
- Colombaroli D., Marchetto, A., Tinner, W., 2007. Long-term interactions between Mediterranean climate, vegetation and fire regime at Lago di Massaciuccoli (Tuscany, Italy). *Journal of Ecology* 95, 755–770.
- Comps B., Gömöry B., Letouzey J., Thiébaud B., Petit R.J., 2001. Diverging trends between heterozygosity and allelic richness during postglacial colonization in the European beech. *Genetics* 157, 389–397.
- Conedera M., Tinner W., Neff C., Meurer M., Dickens A.F., Krebs P., 2009. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews* 28, 555–576.

- Constant A., 2005. Du castrum à la seigneurie : pouvoirs et occupation du sol dans le massif des Albères et ses marges (III<sup>e</sup> siècle - XII<sup>e</sup> siècle). Thèse de doctorat, Université du Mirail, Toulouse. Éditions Atelier de reproduction des thèses de Lille. 551 pages.
- Dajoz R., 1962. Les plantes vasculaires de la forêt de la Massane (Pyrénées-Orientales) : le cas du hêtre. *Vie et Milieu* 12, 677–700.
- Dajoz R., 1965. Catalogue des Coléoptères de la forêt de la Massane. *Vie et milieu Suppl.* 15, 1–207.
- Davasse B., 2000. Forêts charbonniers et paysans dans les Pyrénées de l'Est, du Moyen âge à nos jours : une approche géographique de l'histoire de l'environnement. Thèse de doctorat, GEODE, Toulouse. 291 pages et cartes.
- Dugelay A., 1958. La hêtraie de la Sainte Baume, enseignement du passé — perspectives d'avenir. *Revue Forestière Française*. 1, 1–27.
- Dupouey J.L., Dambrine E., Laffite J.D., & Moares C. (2002) Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology*, 83, 2978–2984.
- Encyclopédie Catalunya Romànica vol. XIV, article «Argelers de la Marenda». 1994. Ed. Enciclopedia Catalana, Barcelone. 474p.
- Esteban Amat A., 1995. Evolución del paisaje durante los últimos 10.000 años en las montañas del Mediterráneo Occidental: ejemplos del Pirineo Oriental y Sierra Nevada. Thesis, Universidad de Barcelona. 453 pp.
- Fortuny X., 2011. Influence des usages et pratiques sur la biodiversité forestière — Exemple du pâturage bovin dans la réserve naturelle de la Massane (Pyrénées orientales). In colloque Foresterranée 2011 : « usages, biodiversité et forêt méditerranéenne ». 17 et 18 novembre 2011, Etang-des-Aulnes.
- Foster D.R., Swanson F., Aber J., Burke I., Brokaw N., Tilman D., & Knapp A. (2003) The Importance of Land-Use Legacies to Ecology and Conservation. *BioScience*, 53, 77–88.
- Galop D., 1998. La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées : 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée : contribution palynologique. Thèse de doctorat, GEODE, Toulouse, 285p.
- Gaussen H., 1978. Les deux types de hêtre. *Revue Forestière Française* 30, 42.
- Gilg O., 2004. Forêts à caractère naturel, Atelier Technique des Espaces Naturels, 96 p.
- Garrigue J., Magdalou J.A., 2000. Suivi forestier & cartographie assistée par système d'information géographique. Travaux de la Réserve Naturelle de la Massane. 44 pages 1 carte.
- Garrigue J., Magdalou J.A., Travé J., 2000. Climatologie, analyse des données 1999. Travaux de la Réserve naturelle de la Massane.
- Izard V., 1999. Les montagnes du fer. Écologie de la métallurgie et des forêts dans les Pyrénées méditerranéennes (de l'Antiquité à nos jours). Thèse, Université Toulouse-Le Mirail, 2 tomes 560 +250 pages.
- Izard V., 2004. Minerais et fers à travers l'Albère : ressources exploitées, ressources échangées. Actes Del Col — loqui L'Albera i El Patrimoni En l'Espai Transfronterer, Figueres. Presses Universitaires de Perpignan et Institut Franco-Catalan transfrontalier.
- Jacquiot C. (1955) *Atlas d'anatomie des bois des conifères*. Centre Technique du Bois et Fond Forestier National, Paris, France.
- Jacquiot C. (1973) *Atlas d'anatomie des bois des angiospermes*. Centre Technique du Bois et Fond Forestier National, Paris, France.
- Jalut G., 1974. Evolution de la végétation et variations climat durant les quinze derniers millénaires dans l'extrémité orientale des Pyrénées. Thèse de doctorat, Univ. Toulouse III. 181p.
- Jalut G., Dedoubat J.J., Fontugne M., & Otto T. (2009) Holocene circum-



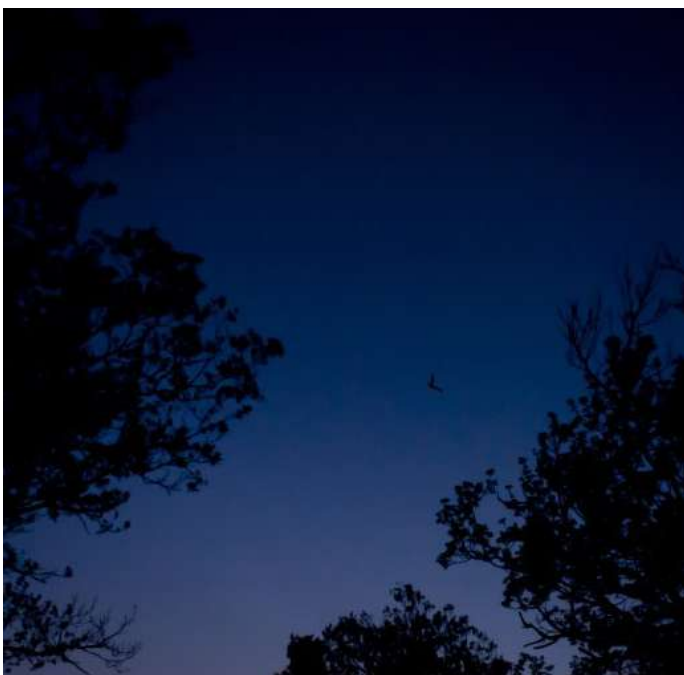
Mediterranean vegetation changes: Climate forcing and human impact. *Quaternary International*, 200, 4–18.

- Jalut G., Esteban Amat A., Bonnet L., Gauquelin T., Fontugne M., 2000. Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 160, 255–290.
- Koerner W., Cinotti B., Jussy J.H., Benoît M., 2000. Évolution des surfaces boisées en France depuis le début du XIXe siècle : identification et localisation des boisements des territoires agricoles abandonnés. *Revue Forestière Française* 52, 249–270.
- Lebourgeois F., Gomez N., Pinto P., & Mérian P. (2013) Mixed stands reduce *Abies alba* tree-ring sensitivity to summer drought in the Vosges mountains, western Europe. *Forest Ecology and Management*, **303**, 61–71.
- Lebourgeois F., Rathgeber C.B.K., & Ulrich E. (2010) Sensitivity of French temperate coniferous forests to climate variability and extreme events (*Abies alba*, *Picea abies* and *Pinus sylvestris*). *Journal of Vegetation Science*, 21, 364–376.
- Liepelt S., Cheddadi R., de Beaulieu J.L., Fady B., Gömöry D., Hussendörfer E., Konner M., Litt T., Longauer R., Terhürne-Berson R., Ziegenhagen B., 2009. Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* (Mill.)—A synthesis from palaeobotanic and genetic data. *Review of Palaeobotany and Palynology* 153, 139–149.
- Lieutaghi P., 2004. *Le livre des arbres, arbustes & arbrisseaux*. Actes Sud, Arles. 1322 pages.
- Magri D., 2008. Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). *Journal of Biogeography* 35, 450–463.
- Magri D., Vendramin G.G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Latalowa 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: paleobotanical evidence and genetic consequences. *New Phytologist* 171, 199–221.
- Marty M.C., 1981. Approche pédologique et relations sol-végétation dans la Réserve naturelle de la Massane. *Travaux de la Réserve naturelle de la Massane*. 62 pages.
- Médail F., Diadema K., 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography* 36, 1333–1345.
- Michel A., 1950. La limite altitudinale de la végétation dans les Pyrénées orientales. *Revue Forestière Française* 12.19, 274–281.
- Molinier R., 1955. La végétation méditerranéenne dans ses relations avec les conditions de climat et l'action humaine. *R.F.F.C.* 331–345.
- Nagel T.A., Svoboda M., Diaci J., 2006. Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in southeastern Slovenia. *Forest Ecology and Management* 226, 268–278.
- Ohlson M., Tryterud E., 2000. Interpretation of the charcoal record in forest soils: forest fires and their production and deposition of macroscopic charcoal. *The Holocene* 10, 519–525.
- Parmentier S., 1991. Étude de la croissance de hêtres dans la Réserve naturelle de la Massane. *Travaux de la Réserve naturelle de la Massane*. 32 pages.
- Parnell A. (2015) *Bchron* : Radiocarbon Dating, Age-Depth Modelling, Relative Sea Level Rate Estimation, and Non-Parametric Phase Modelling.
- Parra I., Campo, E.V., Otto, T., 2005. Análisis palinológico y radiométrico del sondeo Sobrestany. Nueve milenios de historia natural e impactos humanos sobre la vegetación del Alt Empordà. *Empúries: revista de món clàssic i antiguitat tardana*. 54, pp 33-44.
- Paule L., Gömöry, D., Longauer, R., 1993. Present distribution and ecological conditions of the English yew (*Taxus baccata* L.) in Europe. Presented at the Proceedings of the International Yew Resources Conference: *Taxus Conservation Biology and Interactions*, Berkeley, California, pp. 189–196.

- Pèlachs A., Pérez-Obiol R., Ninyerola M., Nadal J., 2009. Landscape dynamics of *Abies* and *Fagus* in the southern Pyrenees during the last 2200 years as a result of anthropogenic impacts. *Review of Palaeobotany and Palynology* 156, 337–349.
- Perez-Obiol R., Julià R., 1992. Climatic change on the Iberian peninsula recorded in a 30.000-yr pollen record from lake Banyoles. *Quaternary Research* 41, 91–98.
- Planchais N., 1985. Analyses polliniques du remplissage Holocène de la lagune de Canet (plaine du Roussillon, département des Pyrénées orientales). *Ecologia Mediterranea* XI, 117–127.
- R Core Team (2014) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reille M., Lowe J.J., 1993. A re-evaluation of the vegetation history of the eastern Pyrenees (France) from the end of the last glacial to the present. *Quaternary Science Reviews* 12, 47–77.
- Rhemtulla J.M. & Mladenoff D.J. (2007) Why history matters in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 22, 1–3.
- Robin V., Talon B., Nelle O., 2012. Pedoanthracological contribution to forest naturalness assessment. *Quaternary international* doi: 10.1016/j.quaint.2012.02.023
- Schweingruber F.H. (1990) *Anatomy of European woods*. Haupt, Bern.
- Talon B., Payette S., Filion L., Delwaide A., 2005. Reconstruction of the long-term fire history of an old-growth deciduous forest in southern Québec from charred wood in mineral soils. *Quaternary Research* 36–43.
- Terhürne-Berson R., Litt T., Cheddadi R., 2004. The spread of *Abies* throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data. *Vegetation History and Archaeobotany* 13, 257–268.
- Thiébaud B., 1980. Programme de recherche sur le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et la hêtraie méditerranéenne. (No. 1). Université des Sciences et techniques du Languedoc, Montpellier. 42 pages.
- Thiébaud B., 1982. Existe-t-il une hêtraie « Méditerranéenne » distincte des autres forêts de hêtre en Europe occidentale ? *Vegetatio* 50, 23–42.
- Thion M., 1992. L'analyse pédoanthracologique : aspects méthodologiques et applications. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université Aix-Marseille III. 317 pages.
- Tinner W., Colombaroli D., Heiri O., Henne P.D., Steinacher M., Untenecker J., Vescovi E., Allen J.R.M., Carraro G., Conedera M., Joos F., Lotter A.F., Luterbacher J., Samartin S., & Valsecchi V. (2013) The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. *Ecological Monographs*, 83, 419–439.
- Tinner W., Lotter A., 2006. Holocene expansions of *Fagus sylvatica* and *Abies alba* in Central Europe: where are we after eight decades of debate? *Quaternary Science Reviews* 25, 526–549.
- Touflan P., Talon B., 2009. Spatial Reliability of Soil Charcoal Analysis: The Case of Subalpine Forest Soils. *Ecoscience* 16, 23–27.
- Touflan P., Talon B., Walsh K., 2010. Soil charcoal analysis: a reliable tool for spatially precise studies of past forest dynamics: a case study in the French Southern Alps. *The Holocene*, 20, pp145–52.
- Travé J., 2000. La Réserve naturelle de la Massane. Un exemple de forêt ancienne protégée. *Forêt méditerranéenne* t. XXI, 278–282.
- Travé J., Garrigue J., Duran F., 1996. Le mésoclimat de la Réserve naturelle de la Massane. *Travaux de la Réserve Naturelle de la Massane*. 28 pages.
- Travé J., Garrigue J., Magdalou J.A., 2007. Le bois mort et les complexes saproxyloques de la forêt de la Massane : rôle dans la conservation des invertébrés. In OPIE LR. *Les vieux arbres et la conservation de la biodiversité : du scientifique au gestionnaire*, Perpignan.



- Turmel A., 1986. Contribution à l'étude du déterminisme de la Hêtraie dans la partie nord-orientale de son aire de répartition pyrénéenne. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Paul Sabatier, Toulouse, 246p.
- Vallauri D., Grel A., Granier E., Dupouey J., 2012. Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles. Rapport WWF/INRA. Marseille. 64 pages + CD.
- Valsecchi V., Carraro G., Conedera M., Tinner W., 2010. Late-Holocene vegetation and land-use dynamics in the Southern Alps (Switzerland) as a basis for nature protection and forest management. *The Holocene* 20, 483–495.
- Vernet J.L., 1980. La végétation du bassin de l'Aude, entre Pyrénées et Massif Central, au tardiglaciaire et au postglaciaire d'après l'analyse anthracologique. *Review of Palynology and Palaeobotany* 30, 30–55.
- Vernet J.-L., Meter A., Zéraïa L., 2005. Premières datations de feux Holocènes dans les Monts de Saint-Guilhem — le-Désert (Hérault, France), contribution à l'histoire de la forêt relique de *Pinus nigra* Arnold ssp *Salzmanni* (Dun.) Franco. *Comptes Rendus Geoscience* 337, 533–537.
- Vescovi E., Kaltenrieder P., Tinner W., 2010. Late-Glacial and Holocene vegetation history of Pavullo nel Frignano (Northern Apennines, Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology* 160, 32–45.

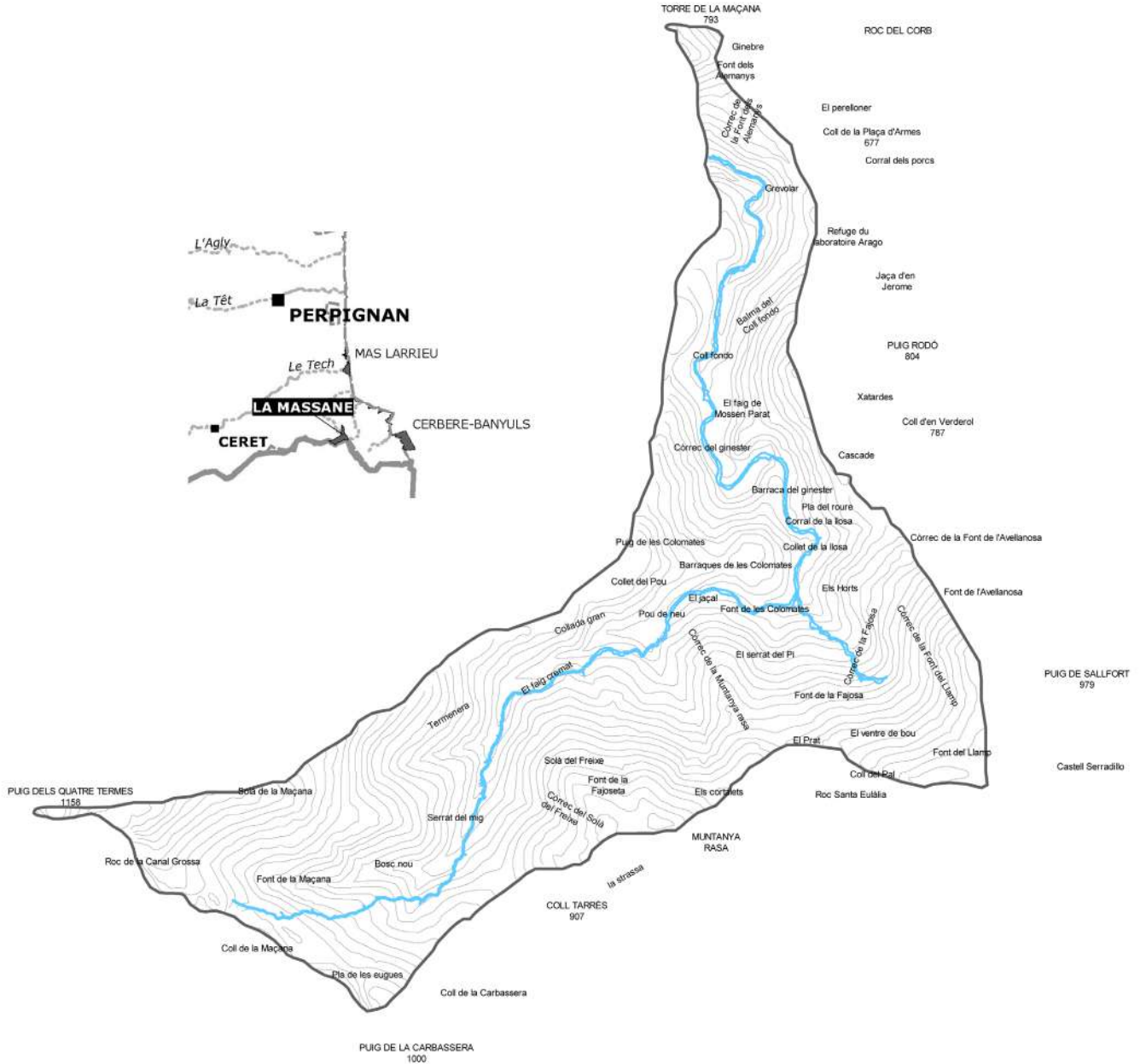






# Réserve Naturelle FORÊT DE LA MASSANE

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer  
www.rnncmassane.fr - 04.68.88.12.18



**Crédits iconographiques**  
Toutes les photos sont de C. Sidamon-Pesson

# Résumé

---

Les hêtraies méditerranéennes sont des formations originales, isolées du reste de l'aire de répartition du hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Des travaux récents montrent que cet arbre a survécu aux glaciations dans plusieurs zones refuges, dont une localisée dans la partie orientale des Pyrénées. Cependant, ces travaux ne permettent pas de précisément localiser où le hêtre a pu survivre à la dernière glaciation dans l'est des Pyrénées (c.a.d. micro-refuge). La vieille hêtraie de la Massane, par sa situation en marge sud-est de l'aire de répartition du hêtre, pourrait avoir joué ce rôle de refuge. Le premier objectif de cette étude était donc d'identifier un potentiel micro-refuge du hêtre en datant des charbons de bois conservés dans les sols de la Réserve Naturelle de la Massane. Dans un deuxième temps, l'objectif était d'utiliser ces données pédoanthracologiques pour reconstruire l'histoire, sur le long terme, de la végétation de la réserve de la Massane. Nos résultats attestent de la présence du hêtre et du sapin dans la réserve de la Massane dès 5000 cal BP. Ces résultats ne permettent donc pas de confirmer ou de rejeter l'hypothèse d'une zone de micro-refuge du hêtre dans la réserve, et suggèrent aussi la possibilité d'un micro-refuge du sapin. Le sapin a disparu de la réserve entre 1500 cal BP et aujourd'hui, comme conséquence des perturbations humaines (pâturage, charbonnage) et possiblement de l'aridification progressive du climat au cours de l'Holocène. Le hêtre s'est maintenu, et sa capacité à rejeter de souche lui a permis de profiter des perturbations humaines.

