

Université Toulouse Jean Jaurès  
UFR Sciences, espaces et sociétés  
Mémoire de Master 2  
Présenté par Adèle Destanne de Bernis

# Histoire Holocène de la Végétation du Lauvitel

## *Approche pédoanthracologique*



Brigitte Talon, MCF à Aix-Marseille Université (IMBE UMR 7263 CNRS-IRD 237)  
Emmanuel Chapron, Professeur des Universités à l'UT2J (GEODE UMR 5602 CNRS)

Photographie (Couverture): Bassin-versant du Lauvitel, vu depuis le lac.  
(Denis Fiat, Parc National des Ecrins)

# Remerciements

Mes premiers remerciements vont vers Brigitte Talon, qui dès le premier jour m'a initié patiemment à la pédoanthracologie et a permis d'élargir mon regard sur l'environnement, à partir des études paléoécologiques, obnubilé que j'étais par la géomorphologie.

Evidemment, je remercie aussi Emmanuel Chapron, pour m'avoir soufflé l'idée de ce stage.

Merci à Clémentine pour ces semaines sympathiques à trier des tonnes et des tonnes de sables pour y trouver des rares mais très précieux charbons ! Merci aussi à Mickael, qui nous a permis de bien avancer.

Enfin je remercie Mehdi, Cécile et Chloé, qui font de ces quelques mois passés au labo, un lieu de travail très agréable !

# SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	5
I. PRESENTATION DU CONTEXTE DE RECHERCHE ET DU SITE D'ETUDE.....	10
A. Conditions paléoenvironnementales de l'Oisans et du Lauvitel.....	10
B. Présentation générale du Lauvitel .....	17
C. Archives des activités anthropiques dans l'Oisans et au Lauvitel .....	28
D. Une campagne pédoanthracologique amorcée depuis 2012 .....	31
II. METHODES .....	39
A. La paléoécologie.....	39
B. Méthodologie adoptée.....	40
C. Application de la pédoanthracologie .....	42
III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	46
A. Résultats quantitatifs et qualitatifs .....	46
B. Datations .....	50
C. Résultats détaillés des fosses .....	50
D. Interprétations .....	55
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....	61
BIBLIOGRAPHIE.....	63
ANNEXES.....	68

## INTRODUCTION

Depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, les milieux de montagnes alpins sont confrontés à deux bouleversements majeurs : le changement climatique<sup>1</sup> et l'abandon des activités agri-pastorales, forestières ou minières (Fischesser, 1998).

Ces écosystèmes d'altitude, avec des conditions climatiques et une biodiversité particulière, ont déjà eu à faire face à des changements majeurs au cours de l'Holocène et représentent de véritables sentinelles pour l'étude des conséquences du changement global. Au cours des dernières décennies, les études visant à reconstituer les conditions paléoenvironnementales de certains sites alpins se sont multipliées dans le but de mieux appréhender les dynamiques actuelles des écosystèmes d'altitude, de discriminer les forçages anthropiques et/ou naturels et de mieux anticiper leurs évolutions.

Suite à la dernière glaciation du Tardiglaciaire, l'entrée dans l'Holocène s'est traduit par un réchauffement global. L'analyse de carottes (glaciaires, marines ou lacustres) ou d'autres archives naturelles (pollens, cernes des arbres...) ainsi que l'établissement de chronologies à partir de datations au <sup>14</sup>C ont permis de reconstruire les variations de températures et de précipitations enregistrées dans les Alpes, et ressenties à différents pas de temps (millénaire, centennal, décennal...). (e.g. Guyard et al., 2007). Les fluctuations glaciaires, les variations du niveau des lacs ou encore l'altitude atteinte par la limite supérieure des arbres sont des témoins de ces fluctuations climatiques.

Au Tardiglaciaire, les étages collinéens et montagnards sont constitués de pinèdes (David 1993, 2001a) qui coloniseront l'étage subalpin au début de l'Holocène selon un gradient altitudinal de température, même si d'autres variables vont aussi influencer la composition de la végétation : les précipitations, l'exposition du versant, la topographie en bosse ou en creux ou encore la nature du substrat (Ozenda, 1985). Les datations de macrorestes dans les Alpes occidentales ont permis de mettre en évidence la présence de forêt mixte subalpine (composée de *Larix*, *Pinus cembra*, *Pinus mugo/uncinata*, *Betula* ou *Salix*)<sup>2</sup> dès 11 700 ans BP (Blarquez et al., 2010). Suite à un réchauffement global et régional au Préboréal (8 500-7 500 ans BP), les forêts dominées par le pin cembro, les cembraies, accompagnées de mélèzes et pin à crochet, se densifient (Muller et al., 2006) se traduisant par une élévation de la limite supérieure des forêts dans l'étage subalpin. Dans l'étage montagnard, *Abies*<sup>3</sup> progresse depuis l'aval jusqu'à son maximum durant l'Optimum Atlantique (8000-6000 BP) (Tessier et al., 1993 ; David, 2013). Dans les Alpes du Nord, Quelques individus d'*Acer* et d'*Alnus viridis*<sup>4</sup> viennent diversifier les sapinières. Puis le sapin et l'érable déclinent dès 6 000 BP, au profit de l'aulne dans l'étage montagnard, alors que le sapin se maintient au-dessus de 1 200 m, jusqu'aux premières traces d'activités anthropiques (David, 2013).

A partir du Néolithique, les premières activités anthropiques (agro-sylvo-pastoralisme, métallurgie) vont bouleverser cet équilibre naturel et rapidement transformer le paysage de l'Oisans et des Alpes (e.g. Couteaux, 1982a, 1983 ; Walsh et al., 2014, Schwörer et al., 2015). Dès lors, l'étagement de la végétation

---

<sup>1</sup> Dont on sait, selon un degré de certitude de 95 % que l'« *activité humaine est la cause principale du réchauffement observé* » depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, d'après le dernier rapport du GIEC publié en novembre 2014.

<sup>2</sup> Méleze, pin cembro, pin à crochet/sylvestre, bouleau, saule.

<sup>3</sup> Sapin.

<sup>4</sup> Erable, aulne .

sera définie en fonction des activités humaines qui peuvent s'exercer dans ces milieux alpins (Simon, 2000; Cohen, 2002).

L'impact des activités humaines se fait ressentir dans les étages montagnards et subalpins à partir de l'âge du Bronze ( 5 000-3 500 BP), avec des trouées dans les sapinières, favorables au hêtre et à l'aulne (Tessier et al., 1993; David, 2001b). Les cembraies vont disparaître vers 2 500 BP (Muller et al., 2006 ) principalement pour le développement des activités agro-sylvo-pastorales, plus favorables au maintien du mélèze (espèce résiliente en milieux perturbés) et en raison d'une surexploitation du bois comme combustible (Blarquez et al., 2010) dans les Alpes internes. Les pelouses et prairies alpines, vont alors s'étendre dans l'étage subalpin tandis que des formations secondaires de mélèzes, épicéas et/ou pins à crochets se développent dans l'étage subalpin inférieur (e.g. Couteaux, 1980; David, 2008)

Les pratiques agro-sylvo-pastorales et forestières fragilisent la couverture végétale en zone forestière et supraforestière d'altitude. En réponse à ces bouleversements, l'érodibilité des bassins-versants s'est accrue. En effet, la végétation assure une certaine cohésion aux sols, notamment par son action de réduction du ruissellement (Noel et al., 2001). D'un autre côté, les dynamiques érosives sont aussi le résultat de facteurs climatiques, dont l'activité glaciaire (Nesje et al., 2001) ou les événements extrêmes de type crue torrentielle ( Nearing et al., 2005 in Brisset, 2014).

Les lacs étants de bons enregistreurs de l'activité érosive au sein d'un bassin versant, l'analyse des séquences sédimentaires lacustres permet d'évaluer l'impact du climat et/ou de l'Homme sur l'évolution et l'ampleur du détritisme au sein d'un bassin-versant (e.g. Lavrieux et al., 2013 ; Simonneau et al., 2013). De nombreux lacs alpins ont ainsi fait l'objet de carottages et d'analyses (e.g. Giguet-Covex, 2011 ; Brisset, 2014 ; Bajard et al., 2016), notamment le lac du Lauvitel en Oisans, dans le Parc National des Ecrins. Ce lac a la particularité de barrer l'accès à un vallon glaciaire raide et escarpé, aujourd'hui transformé en Réserve intégrale.

La Réserve intégrale du Lauvitel créée en 1995 sur la commune de Bourg d'Oisans (38) au cœur du Parc National des Ecrins (PNE), qui en assure la gestion, a pour principal objectif d'assurer " le suivi de la dynamique naturelle d'écosystèmes peu soumis à l'action anthropique" et de comparer son évolution avec d'autres écosystèmes semblables, soumis eux encore à l'action anthropique. Elle ne présente pas de patrimoine écologique particulièrement remarquable, mais les documents historiques témoignent d'un abandon des activités plus précoce que les vallées voisines, l'exploitation forestière et le paturage ayant cessée depuis environ cent ans (Bocquet, 1997). Un des axes de travail actuel de la Réserve Intégrale du Lauvitel concerne la connaissance du passé de ses écosystèmes et de ses paysages par des études archéologiques, historiques et paléoenvironnementales. On ignore encore si la pessière, qui s'étend aujourd'hui entre 1 500 et 1 600 m d'altitude montait plus haut par le passé et si sa composition était identique. Seule une étude dendrochronologique (Edouard, 1999) à permis de confirmer l'ancienneté de cette pessière depuis plus de 150 ans, et certains individus vivants ont entre 200 et 250 ans.

Le lac du Lauvitel, a fait l'objet d'une étude de son remplissage sédimentaire, tout comme le lac de la Muzelle, situé dans le vallon voisin, à l'est (Fouinat, 2016; Fouinat et al., 2017). Des carottes lacustres ont été prélevées dans le but de reconstituer les conditions paléo-environnementales des bassins versants, et plus particulièrement afin de reconstituer les fluctuations glaciaires, l'évolution des activités humaines et la relation entre changements climatiques, changements d'usage et évolution des aléas en haute montagne. La carotte prélevée au Lauvitel a aussi fait l'objet d'une analyse pollinique, permettant plus précisément de reconstruire l'évolution de la végétation au cours des 3 300 dernières années. Cette analyse pollinique s'insère dans une approche pluridisciplinaire nécessaire pour renforcer la précision des résultats relatifs aux changements environnementaux du Lauvitel .

La problématique générale de notre étude est donc l'impact des changements environnementaux et anthropiques holocènes à partir d'une étude pluridisciplinaire du bassin versant du Lauvitel. Nous porterons notre attention sur l'histoire de la végétation du Lauvitel, en relation avec les changements climatiques et anthropiques, selon une approche pédoanthracologique.

En Oisans, les études paléoécologiques sont peu abondantes et quelques études palynologiques en Oisans ont permis de préciser l'histoire de la végétation Holocène dans ce secteur des Alpes du Nord occidentales (e.g. Couteaux, 1982 et suivants ; Nakagawa, 1998 ). Cependant, l'analyse des pollens manque de précision spatiale dans la reconstitution des successions des communautés végétales et des variations de la limite supérieure des arbres (David, 1993 ; Talon et al., 1998). Aussi, les études paléoécologiques pluridisciplinaires se sont multipliées dans les années 1990. Ces études ont donc associé à la palynologie, des indicateurs locaux comme les macrorestes (Couteaux, 1982 et suivants) les insectes (Ponel et al., 1992 ) ou les charbons de bois (Tessier et al., 1993). Par exemple, sur le site de la tourbière de la Muzelle (Couteaux, 1982b), le croisement des analyses de macrorestes et de pollen permet de circonscrire la présence de *Pinus cembra* à des stations sporadiques et des aires discontinues durant l'Holocène. Sur le plateau du Taillefer (Tessier et al., 1993) l'association de la palynologie, de la dendrochronologie, et de la pédoanthracologie a permis de reconstituer les fluctuations de la limite supérieure des forêts. De cette étude ressort aussi l'importance du sapin, rare aujourd'hui sur le site mais bien présent jusqu'à 1800 m d'altitude (voire 2 100 m) lors de l'optimum Atlantique, puis en déclin dès les premiers impacts anthropiques du subboréal ( 5000 ans BP ). Elle met aussi en évidence l'arrivée tardive de l'épicéa, qui remplacera les sapins vers 2000 BP alors que les conifères restants, pin cembro, pin à crochets et mélèzes ont brutalement disparu pour cause d'activité pastorale.

La pédoanthracologie (du grec *pedo* : sol et *anthrax*: charbon ) s'intéresse donc aux charbons de bois, trouvés en contexte naturel (non archéologique) dans les sols. Ces charbons sont des témoins de l'action du feu (Thinon, 1992). Cette discipline permet donc de reconstituer l'histoire des feux et d'identifier les matériaux ligneux carbonisés.

Outre la perturbation naturelle « feu » qui intervient dans les cycles sylvigénétiques, les forêts ont aussi été éclaircies par les sociétés agro-pastorales des milieux de montagnes depuis le Néolithique (e.g. Touflan et al.; 2010; Walsh et al., 2014; Vannière et al., 2015), qui ont donc joué un rôle majeur dans les dynamiques de développement, de migration ou régression de certaines espèces ligneuses (voir aussi Blarquez et al., 2010 ; Talon, 2010 ; Saulnier et al., 2015 ).

La pédoanthracologie a démontré sa pertinence pour reconstituer précisément les variations de la limite supérieure de la forêt dans les Alpes du sud ainsi que les dynamiques forestières locales (e.g. Talon et al., 1998 ; Talon, 2010 ; Touflan et al., 2010 ). Cependant, ces travaux ont montré que les charbons n'étant pas stratifiés dans les sols, il n'est pas possible de corrélérer leur profondeur avec leur âge. Pour obtenir des jalons chronologiques, il est nécessaire d'effectuer des datations au <sup>14</sup>C directement sur les charbons.

Les études pédoanthracologiques effectuées dans les Alpes du nord sont rares. Les travaux de C. Carcaillet en Maurienne ont permis, comme pour les Alpes du sud, de mettre en avant les héritages anthropiques dans le paysage actuel, qui témoignent d'usages plus ou moins intenses dans les étages montagnard et subalpin, depuis le Néolithique (Carcaillet et Thinon, 1996 ; Carcaillet, 1998 ).

En Oisans, les études pédoanthracologiques sont inexistantes. Cependant, au vu de la littérature actuelle, nous pensons que le vallon du Lauvitel présente un patron évolutif commun aux autres vallées adjacentes

et a connu durant l'Holocène une végétation forestière plus diversifiée que l'actuelle pessière, mais aussi que les versants aujourd'hui situés en zone extra sylvatique ont également pu être colonisés par des ligneux. Les premiers résultats de la campagne de terrain pédoanthracologique qui a eu lieu en 2012 ont permis de confirmer ces hypothèses mais n'ont pas permis, de connaître ni la limite supérieure atteinte par la forêt, ni l'histoire de sa dynamique en lien avec les feux (Talon, 2014) par manque de dates et de fosses plus élevées en altitude.

Une seconde campagne de prélèvements a eu lieu en Aout 2016, dans le cadre du projet HOTELAU (financée par le Pôle départemental de recherches sur la biodiversité en Isère et le PNE). Cette campagne a notamment permis de prélever et d'analyser des fosses situées plus haut en altitude dans le vallon, et va aussi permettre de préciser nos jalons chronologiques grâce à l'obtentions de nouvelles datations.

Notre objectif est donc de mieux connaître l'histoire de la couverture végétale du bassin versant au cours de l'Holocène, en relation avec les changements climatiques et les pratiques de feux.

Dans un premier temps nous présenterons le contexte de la recherche et la zone d'étude, puis nous présenterons la méthodologie, des prélèvements jusqu'à l'identification des charbons de bois. Dans une troisième partie nous présenterons nos résultats et nos interprétations.



## I. PRESENTATION DU CONTEXTE DE RECHERCHE ET DU SITE D'ETUDE

Afin de replacer notre objectif de reconstitution de l'histoire du couvert végétal à partir de la pédoanthracologie, nous détaillerons dans une première partie (1) l'état des connaissances relatives aux conditions paléoenvironnementales de l'Oisans et de notre site d'étude, le Lauvitel, puis (2) nous détaillerons le contexte géographique, écologique et historique de notre site d'étude, enfin (3), nous rappellerons l'état des résultats pédoanthracologiques acquis en 2012, pour mettre en évidence la contribution de notre étude.

### A. Conditions paléoenvironnementales de l'Oisans et du Lauvitel

Cette première sous-partie s'attache à faire la synthèse des conditions paléoenvironnementales déjà reconstituées pour des sites de l'Oisans et en particulier celui du Lauvitel (e.g. Chardon, 1980 et suivants ; Tessier et al., 1993; Fouinat, 2016). Les analyses paléoécologiques et les reconstitutions climatiques sont croisées avec des marqueurs de détritisme lacustre afin d'identifier la nature des forçages, anthropiques et/ou climatiques qui ont eu un impact sur l'évolution du couvert végétal et des sources sédimentaires.

Nous replacerons dans un premier temps (1) les chronologies glaciaires de l'Oisans et du Lauvitel ainsi que les forçages climatiques explicatifs, puis l'évolution du couvert végétal en lien avec le climat et les activités anthropiques (2), enfin nous nous focaliserons sur le Lauvitel, pour relier l'évolution du couvert végétal et les occurrences d'événements extrêmes au Lauvitel (3).

#### 1. Chronologies glaciaires et forçages climatiques dans l'Oisans

Les archives lacustres en milieu alpin enregistrent l'ensemble des apports détritiques depuis leur mise en place, après le retrait des glaciers et sont susceptibles de témoigner des changements environnementaux tels que les processus érosifs et les fluctuations glaciaires. On peut y déceler les fluctuations glaciaires à partir des analyses sédimentologiques et à partir de datations. Grâce aux lacs investigués dans les Alpes (Chapron et al., 2007 ; Arnaud et al., 2012 ; Simonneau et al., 2014) et aux indicateurs d'évolutions climatiques (Ariztegui et al., 1996 ; Buntgen et al., 2011) les forçages climatiques holocènes à l'œuvre dans les avancées et retraits des glaciers sont relativement bien identifiés.

La base de la carotte lacustre prélevée au Lauvitel (cf Fig. 1) d'une hauteur de 15,5 mètres a été datée à  $3\,070 \pm 35$  cal. BP, grâce à 19 datations  $^{14}\text{C}$ , effectuées sur des débris végétaux. La carotte prélevée dans le vallon adjacent, la Muzelle, a fait l'objet d'une reconstitution des fluctuations glaciaires (Fouinat et al., 2017). Le Lauvitel étant soumis à des dépôts événementiels fréquents ceux-ci ont pu être identifiés comme liés à des périodes de crues ou d'avancées glaciaires, par comparaison avec la Muzelle, dont la base est datée à 1700 cal. BP ( $\approx$  250 AD)

A la fin du Tardiglaciaire, un refroidissement brusque durant le Dryas récent est effectivement ressenti à l'Alpe d'Huez vers  $12\,200 \pm 1\,000$  cal BP (Chardon et al., 1991 ; Simonneau et al., 2014) et se traduit par une altitude de fronts glaciaires relativement basse dans le vallon de la Lavey (2 100 mètres) d'altitudes (Couteaux, 1984).

Aux Rousses, l'activité glaciaire est limitée jusqu'à 5000 cal. BP, au début du subboréal, puis plusieurs phases d'activités glaciaires réduites seront répertoriées durant la période romaine (1800-1600 cal BP) et durant l'anomalie médiévale chaude (1 000 BP). Au contraire, les périodes de forts ruissellements et d'apports détritiques élevés, sont significatives d'avancées glaciaires 1535 à 1190 cal BP ainsi que 785-50 cal BP, durant le Moyen Age et le Petit Age de Glace (PAG) (Simonneau et al., 2014). Le PAG, caractérisé par un climat froid et humide à partir du XIV<sup>e</sup> siècle (Le Roy Ladurie, 1967) a permis aux glaciers d'atteindre leur maximum glaciaire à la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (Holzhauser et Zumbuhl, 2005 ; Vincent et al., 2004), pour amorcer un retrait continu dès 1860 (Francou et Vincent, 2007).

Ces péjorations climatiques s'expliqueraient par les forçages solaires et plus particulièrement une diminution de l'insolation estivale (Laskar, 1990). Cela aurait favorisé d'une part, la nébulosité et une diminution des températures estivales, mais aussi une hausse des précipitations du fait d'une réorganisation de l'oscillation nord-atlantique (NAO), favorisant l'accumulation de neige dans les Alpes, lors de phases NAO négatives (Wanner et al, 2008). L'activité glaciaire était donc liée à la fois à des forçages globaux et locaux.

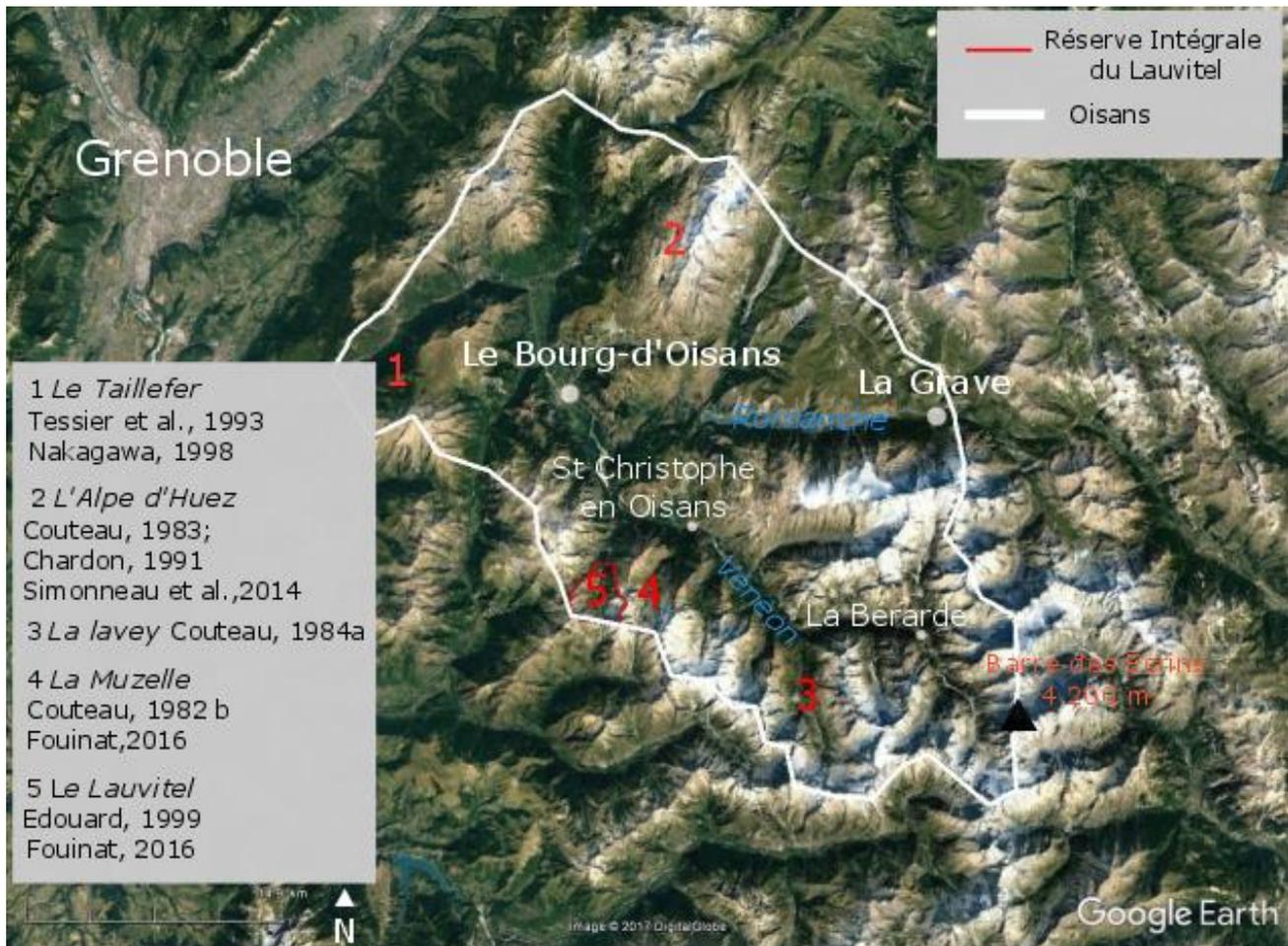


Figure 1 Situation des sites de l'Oisans ayant fait l'objet d'études paléoenvironnementales.

A la Muzelle (Fouinat et al., 2017), six périodes d'avancées glaciaires ont été repérées : 1580-1450 cal. BP; 870-850 cal. BP; 720-625 cal. BP; 490-450 cal. BP; 335-160 cal. BP; 130-50 cal. BP. Celles-ci ont été identifiées comme des phases d'activité glaciaire en hausse, avec une baisse de proportion de la masse organique dans le lac, accompagnées d'apports sédimentaires détritiques très fin et d'une couleur plus claire. Ces variations sont concomitantes avec les variations de longueur du glacier d'Aletsch, même si la taille du glacier semble influencer sur la résilience des glaciers face aux changements rapides (Paterson, 1998), puisque ce dernier ne répond pas toujours ou alors plus tardivement.

Enfin, les fluctuations glaciaires et les indicateurs climatiques permettent de repérer les hausses d'occurrences des crues au Lauvitel, significatives lors des périodes plus chaudes, comme étant des périodes de moindres activités glaciaires (Fouinat, 2016 ; Fouinat et al., 2017).

## 2. Evolution du couvert végétal montagnard et subalpin en lien avec le climat et les activités anthropiques

Dans les années 1980, Michel Couteaux entreprend de reconstituer l'évolution de la végétation tardiglaciaire et holocène en relation avec les fluctuations glaciaires dans la vallée du Vénéon (cf Fig 1) à partir de pollens et de macrorestes (Couteaux, 1981 et suivant). Puis il va mettre en avant le rôle des activités anthropiques sur le couvert végétal, que viendra renforcer de nouvelles études. Les données locales, vont être renforcées grâce à des études consacrées au Taillefer (Nakagawa, 1998 ; Ponel et al., 1992 ; Tessier et al., 1993) et à l'Alpe d'Huez (Chardon et al., 1991). Enfin, l'analyse des pollens d'une carotte lacustre du Lauvitel (Fouinat, 2016) permet de mettre en évidence l'évolution de la végétation depuis la fin de l'âge du Bronze (3 070 cal. BP) autour du Lauvitel.

Le refroidissement de courte durée du Dryas Récent, a conduit la limite supérieure des forêts à s'abaisser à l'avantage des prairies d'altitude (Chardon, 1991).

Suite au réchauffement global du préboréal (10 000-8 000 ans BP), les étages montagnards sont progressivement colonisés par les sapins et les étages subalpins par les pins à crochets, les pins cembro et les mélèzes (Tessier et al., 1993). Les mélèzes sont très peu représentés, voir absent dans les diagrammes polliniques (e.g. Couteaux, 1982 ; 1984) et c'est principalement la présence de macrorestes qui permettent d'attester de leur présence (Tessier et al., 1993)

Dans le Taillefer, le sapin fait son apparition vers 8 500 BP (Nakagawa, 1998) et durant l'Optimum Atlantique, il progresse jusqu'à 2 100 m (voire 2 300 m sans certitudes d'après Tessier et al., 1993) en forêts denses à la Muzelle (Couteaux, 1982b ). Dans les étages supérieurs, pins cembro et mélèzes continuent de progresser alors que le pin à crochet disparaît progressivement. La présence de bouleau dans les diagrammes polliniques permet d'estimer que les pins n'étaient pas constitués en forêts denses, mais en peuplements ouverts. Cette configuration est relativement stable jusqu'au subboréal (5000-3 500 cal.. BP). Progressivement, les premiers impacts anthropiques conduisent à une ouverture des forêts et à la diversification des sapinières, avec le hêtre et le pin cembro qui s'incrustent. Enfin, l'épicéa fait son apparition de manière brutale vers 2500 BP au Taillefer (Nakagawa et al., 1998).

Au début du subatlantique (3500-2000 BP), l'activité anthropique gouverne l'évolution de la forêt. Au Taillefer, les premières céréales font leur apparition (Nakagawa et al., 1998) vers 2 500 cal. BP, alors que le déclin des sapinières continue, et leur disparition est brutale vers 2 000 ans BP, à l'époque romaine. A l'Alpe d'Huez, des fragments de bouleau et de saules, résultat de déforestation, ont été datés à 1930 ans BP. En pleine période chaude et de retrait glaciaire, la forêt, sous contrainte anthropique n'a pu s'étendre, et cette

période verra le colluvionnement s'accélérer (Chardon, 1991). C'est aussi à cette période que les mélèzes font de timides apparitions dans les diagrammes polliniques, alors que des macrorestes bien plus anciens ont été retrouvés (Tessier et al, 1993). L'épicéa atteindra son maximum vers 1000 ans BP, à la transition entre l'OCM et le PAG. Durant cette ultime phase de crues glaciaires, on note aux Deux Alpes une diminution des taxons arboréens (Couteaux, 1983) et un déclin général des forêts subalpines (Tessier et al., 1993).

Plus précisément, au Lauvitel, les données polliniques sont interprétées comme le reflet d'un signal régional d'évolution du couvert végétal, puis comme le reflet des dynamiques de la végétation, locale lorsqu'il s'agit d'illustrer la hausse d'occurrences des dépôts avalanches dans le lac. Deux périodes sont alors distinguées : l'une avec un couvert végétal dense (ante 900 cal. BP), la seconde jusqu'à 100 cal. BP environ, où le couvert forestier est moindre.

D'après nous, malgré la forte proportion de ligneux (80%) durant la période 3 070 cal BP- 900 cal BP, le paysage est resté relativement ouvert sur toute la période, du fait de la présence d'aulne et de bouleau, essences héliophiles et pionnières. De plus, le pin est très peu présent, alors que c'est une espèce surreprésentée dans les diagrammes du fait de son importante production pollinique (cf II.A.) . Une première ouverture a eu lieu vers 1 500 cal. BP, durant la période romaine, favorisant l'enregistrement des aulnes ainsi que des sapins et des premiers taxons anthropiques. Après 900 cal BP, une seconde ouverture a lieu et un changement s'opère : la végétation herbacée domine nettement (60%) favorisant le développement du genévrier. On observe aussi durant cette période, une hausse des céréales, du plantain (*Plantago*) et lunaires (*Botrychium*), des taxons témoins de l'agropastoralisme. Enfin, depuis 160 cal. BP, la part des ligneux revient au même pourcentage qu'il y a 3 000 ans, signe d'une recolonisation progressive. La base de la carotte étant relativement jeune, et au vu des études effectuées en Oisans, on peut considérer que nous n'avons pas d'informations polliniques antérieures aux premiers impacts anthropiques.

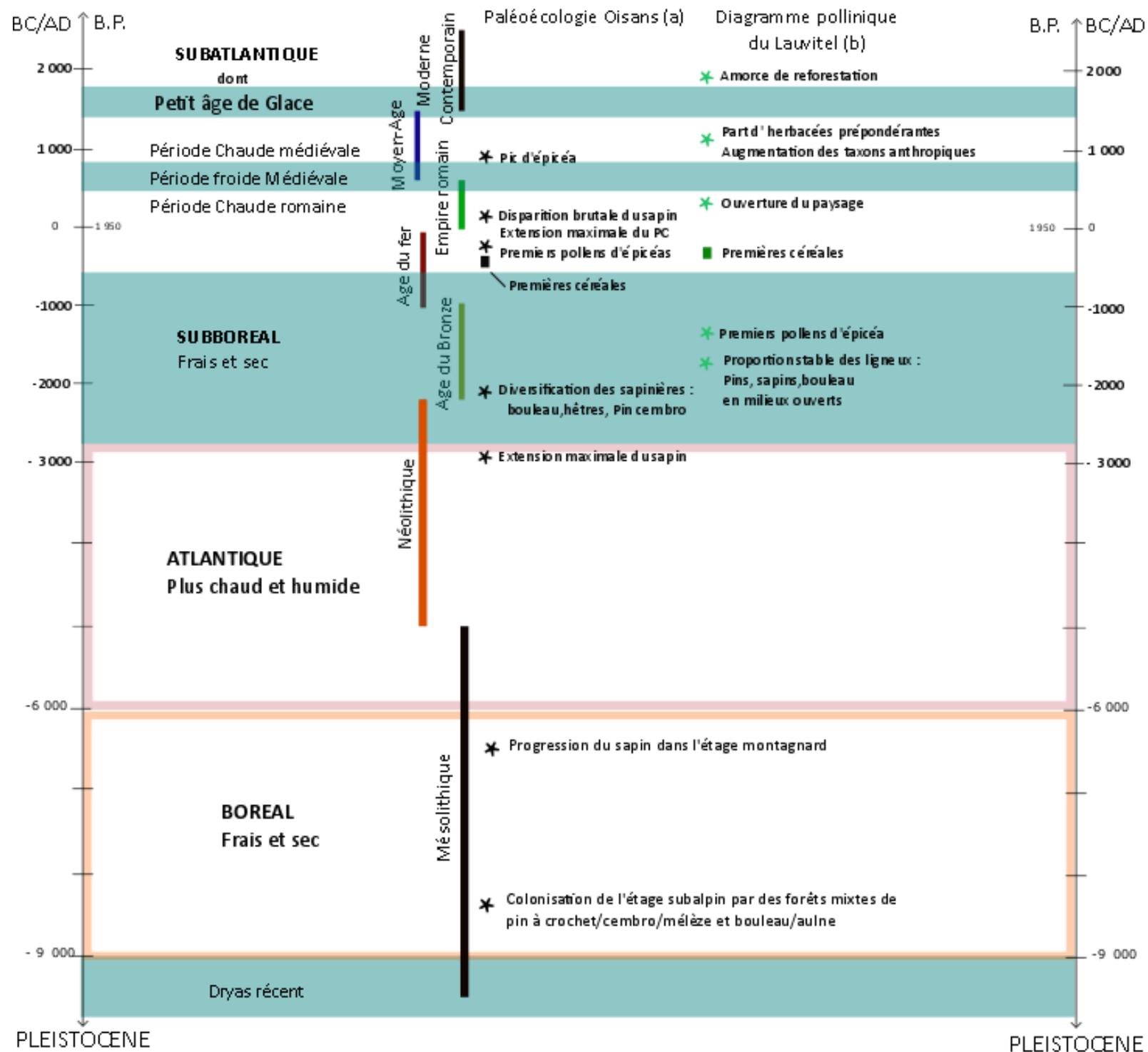


Figure 2 : Synthèse des études paléoenvironnementales en Oisans et au Lauvitel. (A) : Chardon, 1991; Tessier et al., 1993 ; Nakagawa, 1998; Couteaux, 1980 et suivants. (B) : Fouinat, 2016. Les périodes bleues correspondent aux périodes d'avancées glaciaires répertoriées aux Deux Alpes (Chardon, 1991 et Simonneau et al., 2014). Adèle Destanne

### 3. Evolution du couvert végétal et occurrences d'événements extrêmes au Lauvitel

La séquence lacustre enregistrée au Lauvitel (Fouinat, 2016) a permis de mettre en évidence des événements extrêmes du type crues et avalanches. Après avoir dessiné les grandes lignes des fluctuations glaciaires en lien avec les fluctuations climatiques locales, et l'évolution du couvert végétal, voici des précisions quant aux liens qui peuvent être fait entre fluctuations climatiques, évolution du couvert végétal en lien avec les activités anthropiques et les occurrences d'événements extrêmes.

Lors de la transition entre l'Age du Bronze et du Fer (3 300-2 550 cal. BP), les conditions étaient plutôt stables, avec des essences forestières de pins, sapins et bouleau. Les premiers épicéas apparaissent vers 3000 cal. BP, au détriment du pin et du sapin. Les données polliniques du Taillefer font apparaître des céréales dès 3000 cal. BP (Tessier et al., 1993), alors qu'elles n'apparaissent pas dans le diagramme du Lauvitel. Les données sédimentaires enregistrées n'ont pas permis d'identifier des apports liés à des événements extrêmes (cf Fig. 3). On peut supposer que l'impact anthropique était relativement limité, et que si activité il y avait, celles-ci n'ont pas eu d'impact majeur sur le transit sédimentaire et l'abaissement du seuil de déclenchement des événements extrêmes.

Durant l'âge du fer (2700-1950 cal. BP) on assiste à une ouverture du milieu, la proportion d'herbacée étant en hausse par rapport aux ligneux, mais toujours pas prépondérante. Les premières céréales font leur apparition vers 2 500 cal. BP, alors que le sapin et les pins continuent leur déclin, et que la présence de l'épicéa s'accroît. Parallèlement, un pic de crues est enregistré à 2 270 cal. BP, alors que les lacs européens connaissent une hausse de leur niveau (Arnaud et al., 2012), et que les occurrences de crues sont en hausse dans les Alpes du Nord (Wirth et al., 2013b). Les conditions climatiques humides semblent donc favoriser les dépôts de crues. Cela dit, on ne sait pas dans quelle mesure l'ouverture du couvert végétal et les conditions climatiques sont venues impacter l'occurrence des crues.

Durant la période romaine (2000-1 300 cal. BP), la fréquence de dépôts des crues torrentielles et des avalanches est en hausse dans la carotte sédimentaire. On note à cette période une hausse régionale d'occurrence des crues (Arnaud et al., 2012), les précipitations semblent donc diriger les dynamiques locales, mais l'on ne sait toujours pas si l'activité anthropique impacte le seuil de déclenchement de ces événements.

La tendance de la couverture végétale qui suit englobe la période froide du moyen âge (1535-1190 cal BP) et la période d'anomalie médiévale plus chaude et sèche (1 000 cal. BP jusqu'à 785 cal BP) qui précède le PAG.

Elle se caractérise par une augmentation des taxons d'origines anthropiques. De même, les taxons arborés présents sont des espèces pionnières, opportunistes (aulne, genévrier...). Alors que l'activité avalancheuse et hydrique était plutôt faible, l'occurrence et l'intensité des avalanches s'accroît brusquement vers 850 cal. BP, signalant un abaissement des seuils de déclenchement des événements extrêmes à partir de cette période.

Durant le Petit Age de Glace (770-50 cal. BP) un changement important s'opère au niveau du couvert végétal, puisque la part d'herbacée est majoritaire. Les céréales et monolètes résultent des activités anthropiques proches du lac.

On note deux pics d'occurrences des événements extrêmes avant et après le PAG. Pendant cette période humide et froide, les avalanches seront régulières sans atteindre de fréquences extrêmes. Les crues torrentielles se maintiennent à un niveau stable et relativement faible pendant le PAG.

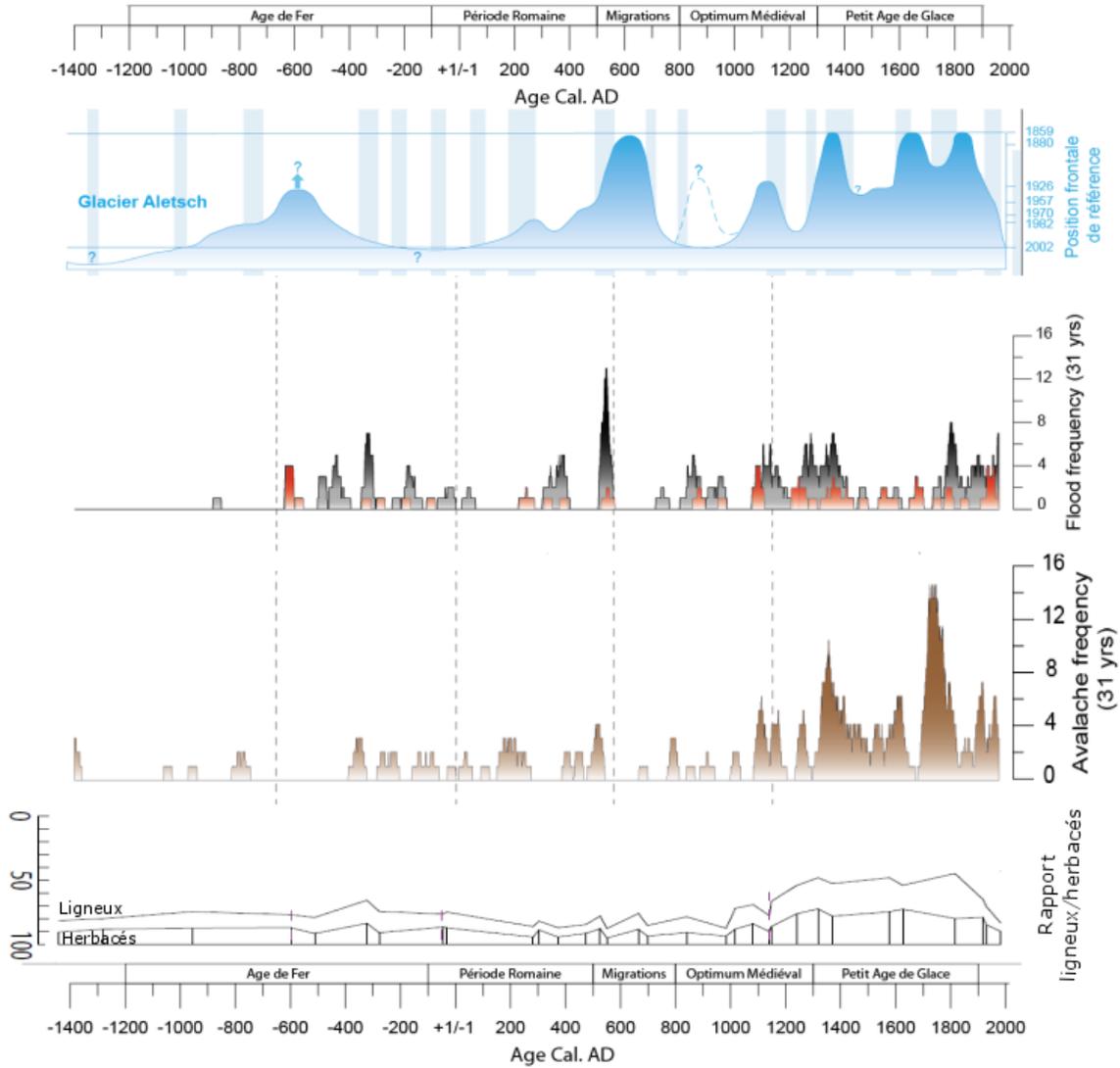


Figure 3 : Liens entre l'ouverture du milieu, les occurrences d'événements extrêmes et les fluctuations glaciaires enregistrées dans les Alpes. Les fluctuations glaciaires sont représentatives des périodes climatiques régionales. In Fouinat 2016 .

## B. Présentation générale du Lauvitel

Après avoir brièvement replacé le contexte de notre étude, nous présenterons dans un premier temps le contexte géographique et géomorphologique de la Réserve (1), puis les dynamiques actuelles de la végétation (2). Nous étudierons ensuite l'état des connaissances relatives aux activités anthropiques dans l'Oisans et au Lauvitel (3) à partir des archives historiques, enfin nous recontextualiserons notre étude dans le cadre des campagnes pédoanthracologiques amorcées depuis 2012 (4).

### 1. Contexte géographique et géomorphologique du Lauvitel

Cette première partie permet tout d'abord de présenter le contexte géographique et administratif de la réserve (a), son contexte géologique (b), puis la mise en place du lac et les modelés et dynamiques du vallon d'origine périglaciaire (c).

#### a) Présentation générale



L'Oisans, le Valbonnais et le Valgaudemar sont situés à la limite Ouest des Alpes internes, entre les Alpes du Nord et du Sud. Cette « zone de transition » est alors influencée d'un point de vue climatique par les régimes continentaux, océaniques et méditerranéens, et la transition biogéographique se fait graduellement (Ozenda, 1985)

Figure 4 Situation de la RI du Lauvitel, au sein du PNE. Adèle Destanne

La réserve intégrale (RI) du Lauvitel est située au cœur du Parc National des Ecrins (PNE) (cf Fig.4), à la limite méridionale des Alpes du Nord.

### **Le Parc national des Ecrins**

Situé sur un territoire de haute montagne, dont le plus haut sommet culmine à 4 200 mètres d'altitude (Barre des Ecrins), l'établissement public a été créé en 1973 et est géré par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

Sa protection et sa gestion doivent permettre d'assurer la pérennité d'un patrimoine biologique, paysager, culturel et historique considéré comme exceptionnel. Le cœur du parc est situé autour des plus hauts sommets du massif et fait l'objet d'une réglementation spécifique. L'aire d'adhésion est définie sur la base d'une charte auxquelles ont adhéré 59 communes, et s'étend de la Romanche au nord, à la Guisane et la Durance au sud, et le Drac à l'ouest .

### **La Réserve Intégrale du Lauvitel**

Gérée par le PNE, la réserve intégrale fut la première créée en France en 1995 (aujourd'hui, la seconde est située dans le Parc National de Port-Cros). Elle est située dans la partie Nord-Ouest du Parc, dans le département de l'Isère, sur la commune de Bourg d'Oisans.

Elle a pour but : "le suivi de la dynamique naturelle d'écosystèmes peu soumis à l'action anthropique", notamment par la comparaison avec d'autres vallons encore soumis à l'activité anthropique. D'une superficie de 689 hectares, ce vallon ne présente pas de caractéristiques exceptionnelles, mais est typique des Alpes du Nord en termes de biodiversité. Son intérêt réside dans sa stricte inaccessibilité (l'accès y est réglementé et n'est permis qu'à des fins scientifiques en canot) et par l'abandon précoce des activités anthropiques (cf I.C.) par rapport à d'autres vallons plus accessibles. De plus, ce territoire est une propriété de l'Etat depuis 1977 et son acquisition ne représentait donc pas un obstacle foncier.

A l'automne 2012, elle est la première aire protégée de France reconnue pour sa vocation scientifique, par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) et est à ce titre certifiée en catégorie "Ia" (aire protégée gérée principalement à des fins scientifiques).

Le plan de gestion du site comprend 5 axes de travail : reconstituer l'histoire du vallon ; connaître le patrimoine biologique ; développer le recueil de paramètres physiques ; suivre les dynamiques naturelles et enfin diffuser les résultats.

Notre étude pédoanthracologique s'insère au sein de l'axe « reconstituer l'histoire du vallon », Pour le moment, seule une étude dendrochronologique a permis de dater l'âge de la pessière actuelle (Edouard, 1999), et une étude lacustre a fait l'objet d'une analyse sédimentaire et palynologique du vallon (Fouinat, 2016) .

Le bassin versant du Lauvitel, d'une superficie de 15,1 km<sup>2</sup> est composé de trois vallons se rejoignant au niveau du lac : le vallon de l'Héritière, de Plan Vianney et celui qui nous intéresse plus particulièrement : le vallon du Petit Embernard (ou Réserve Intégrale du Lauvitel) sur 689 hectares.

Intégrée au sein du massif cristallin externe du Pelvoux, il se trouve aux frontières de deux influences climatiques : le climat océanique dominant le climat supra méditerranéen nuancé du briançonnais. L'installation d'une station météo au niveau du lac a permis de mettre en évidence l'importance des précipitations hivernales mais aussi d'événements brusques et intenses d'origine méditerranéennes. (Fouinat, 2016).

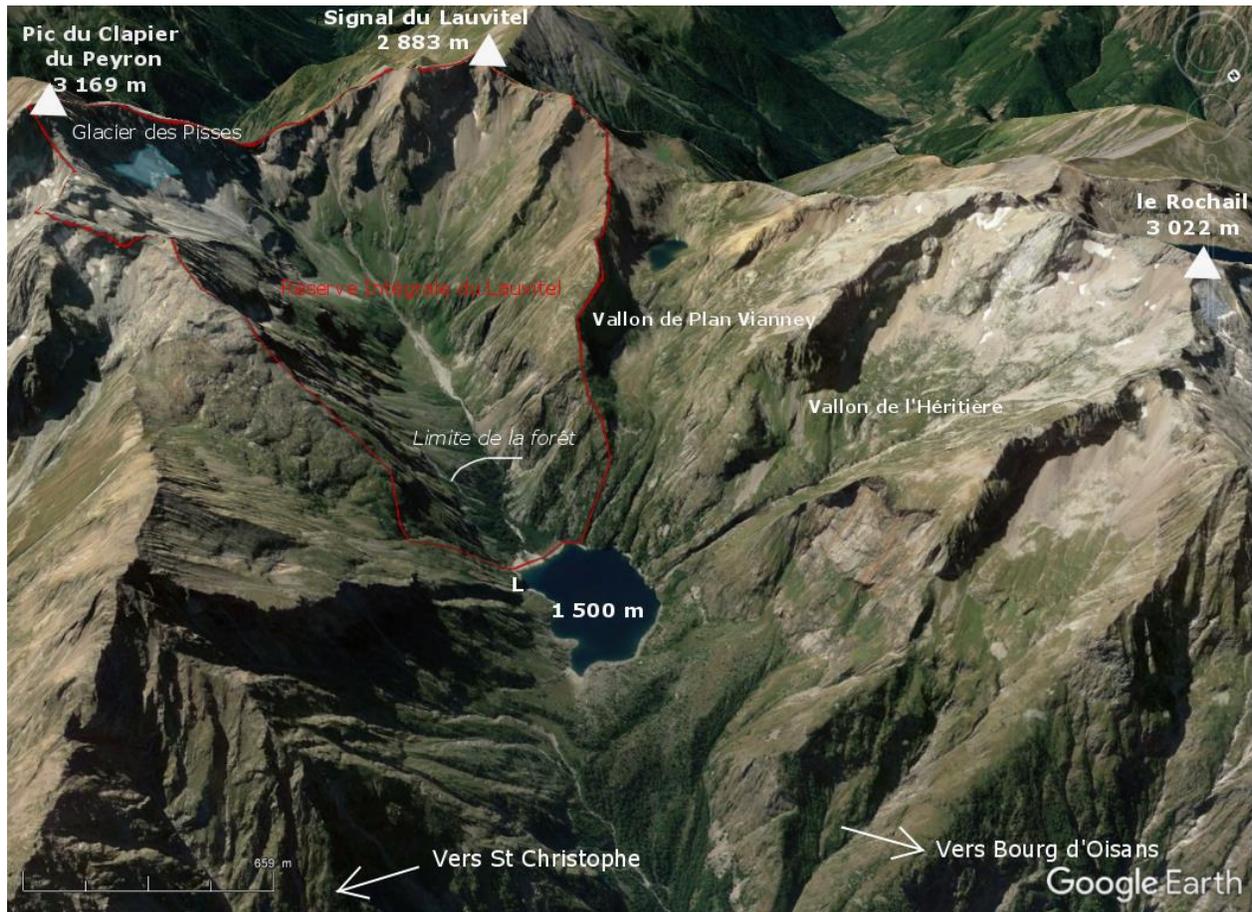


Figure 5 : La RI au sein du bassin versant du Lauvitel.

Son exposition générale à l'ubac tend à accentuer les facteurs climatiques océaniques déjà dominants. Ainsi, les hauteurs de neige cumulées au cours d'une saison peuvent être importantes et impacter le développement de la végétation. A cela s'ajoute des pentes fortes et des vallées étroites, ainsi qu'une ligne de crête élevée privant d'un ensoleillement durable une partie des versants.

Plusieurs sommets surplombent le bassin versant à plus de 3 000 mètres d'altitude : au Nord-Ouest : le Rochail (3 022 m), au sud-est le Pic du clapier du Peyron (3 169 m), et un peu plus au nord, la Tête de la Muraillette (3 008 m), ces deux derniers sommets surplombant un cirque glaciaire. Aujourd'hui le glacier des Pisses, situé sous le Clapier du Peyron, s'étend sur 5,6 hectares environ, et quelques névés sont encore visibles.

Le site présente donc un étagement des milieux naturels répartis entre le lac à 1495 m jusqu'au sommet le plus élevé à plus de 3100 mètres. La limite actuelle de la forêt se situe entre 1550 et 1600 mètres d'altitude.

## b) Géologie

Le vallon est essentiellement constitué de roches magmatiques et métamorphiques. On peut distinguer les roches magmatiques en rive gauche du torrent des Pisses. Les granites ( $\gamma$ ) sont riches en quartz et feldspaths acides. Les roches métamorphiques composées de gneiss ( $\zeta$ ) sont surtout situées en rive droite et notamment au niveau du cirque glaciaire.

L'altération de ces deux types de roches donne des sols acides plus en aval.

La roche-mère en place visible sur la partie sud-ouest du cirque glaciaire laisse cependant affleurer des roches sédimentaires notamment calcaires et dolomies ( $K^3$ ; I<sub>3-4a</sub>; I<sub>1-5</sub>; tD) au niveau des verrous rocheux, avec peu d'influence sur les dépôts quaternaires en aval.

Enfin, les formations quaternaires holocènes prennent place dans le cirque glaciaire sous forme de moraines latérales et frontales. Plus en aval, le torrent transporte des alluvions torrentielles peu émoussés. Sur les versants et en contrebas, on observe des éboulis remaniés ou non par le ruissellement, provenant de la destruction des roches de granites et gneiss.

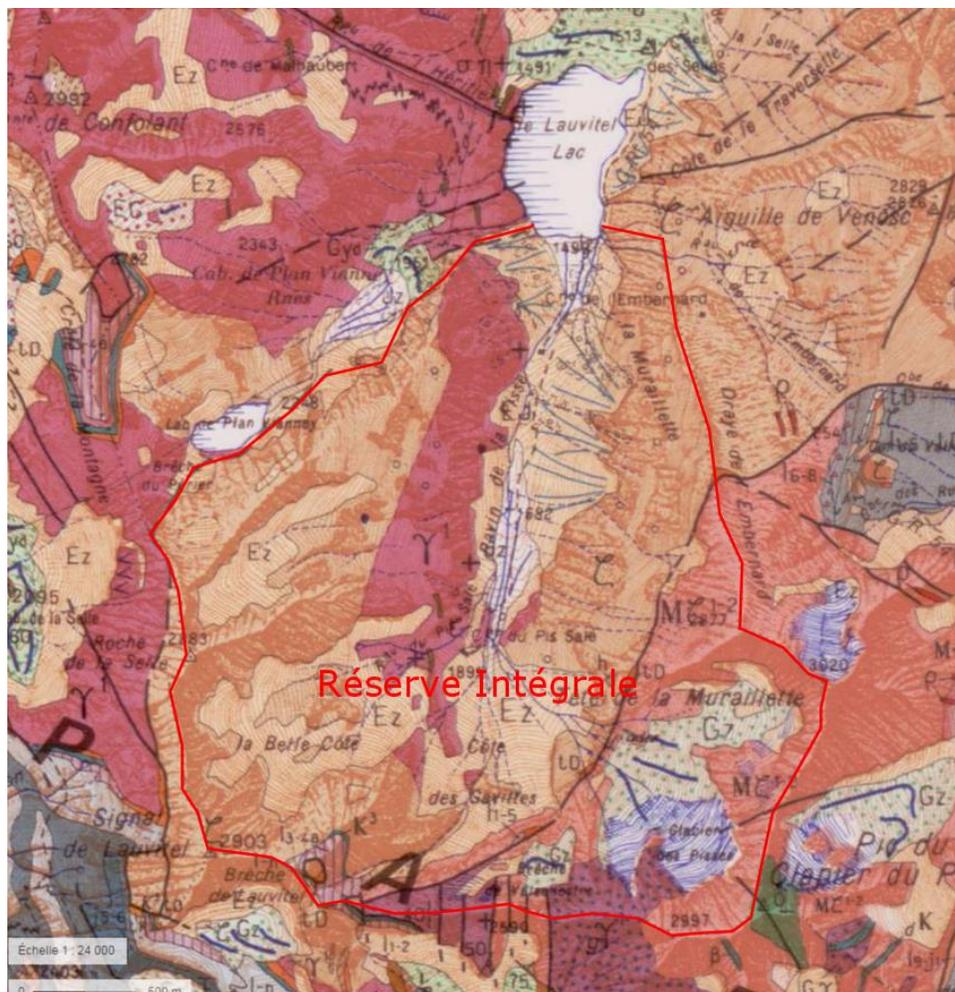


Figure 6 : Carte géologique du Lauvitel, Géoportail.

### c) Des héritages périglaciaires

Plusieurs processus majeurs sont identifiables dans la mise en place du relief du vallon : des modelés d'origines glaciaires hérités des dernières phases de glaciation (Würm au Pléistocène, Petit Age de Glace à l'holocène), des dynamiques périglaciaires, ainsi que des éboulements.

#### (1) Un lac de barrage naturel

La genèse du lac est sujette à discussion. Il est tributaire des ruisseaux de l'Embernard, du vallon de Plan Vianney, de l'Héritière et de Malhaubert. Seul le ruisseau du Petit Embernard est situé dans la Réserve. Ce dernier est notamment alimenté par le ruisseau du Périment, lui-même alimenté par le glacier dit « des pisses », le ruisseau du Petit Embernard ainsi que des cours d'eau temporaires .



*Photo 1 : Le lac du Lauvitel au 21e siècle, Denis Fiat, PNE. Photo prise depuis la digue barrant le lac, en direction du sud.*

On pense généralement qu'il est le résultat d'un surcreusement glaciaire et d'une digue morainique, du fait de sa situation au point de rencontre de plusieurs failles (Grillet, 1997 ; voir aussi Fig. 6) et dont atteste sa profondeur (61 m) qui en fait le lac le plus profond du PNE .

Sa superficie actuelle variant de 22,5 ha à 41,6 ha et son fort marnage (cf photo 2) seraient liés à un éboulement venu barré l'exutoire naturel, et dont la niche d'arrachement est toujours visible. Cet éboulement a été daté à  $4.2 \pm 0.4$  kyr au  $^{10}\text{Be}$  (Delunel, 2010 in Fouinat, 2016) et illustre bien à la fois les phénomènes gravitaires de décompression post-glaciaire et de cryoclastie (ou gélifraction) en cours.

Les variations du niveau du lac indiquent un régime de type nival, avec un marnage exacerbé par la digue naturelle, pouvant atteindre plus ou moins 25 mètres à la mi-avril (Grillet, 1997; Fouinat, 2016 ) suivi d'une montée des eaux rapides jusqu'à la mi-juin .

Le lac ne présente pas d'exutoire naturel, et l'eau s'évacue par infiltration pour ressurgir en contrebas. On note que sur la carte de Cassini (18<sup>e</sup> Siècle) (cf Fig. 7) un exutoire est représenté et la forme du lac est légèrement différente des cartes qui suivront, suggérant des modifications au niveau des berges et probablement une obstruction de l'exutoire postérieure à sa cartographie. En effet, les éboulements ont

probablement subis des glissements du fait de la présence d'un bassin subaquatique perché et dont témoigne un profil bathymétrique chaotique au nord du bassin (Fouinat, 2016 ).

Les rives du lac sont pour parties constituées de roches en place, d'éboulis, d'alluvions et en partie aval de moraines et gros blocs. Au vu de leur nature, de la forte amplitude de marnage, et de leur inclinaison, la zone de déplacement de la ligne d'eau est une source importante d'apports sédimentaires et de remodelage subaquatiques, et les berges sont impropres à l'installation de la végétation. De plus, elles sont sujettes à des avalanches fréquentes, sources d'apports détritiques grossiers.



Photo 2 Le lac du Lauvitel à la fin du printemps, photo du versant exposé à l'Est. Julie Migos, 10 avril 2017  
<https://www.facebook.com/pages/Lauvitel/113326162015682?fref=ts>



Figure 7 : Carte de Cassini (18<sup>e</sup> siècle) présentant le vallon du Lauvitel. Géoportail.

On observe la présence d'un exutoire qui n'est plus présent aujourd'hui.

De l'aval à l'amont du vallon, on rencontre une auge glaciaire avec un profil en V, un verrou rocheux et un secteur de cirques glaciaires séparés par des crêtes : La belle Côte, Côte des Gavittes et le Fond des Pisses (cf Fig. 8)

Juste au-dessus du lac, dans l'auge glaciaire, on observe deux versants dissymétriques. Des vallons suspendus et herbeux surplombent des falaises sur le versant exposés à l'est. En contrebas des falaises, des cônes ou tabliers d'éboulis, ainsi que des couloirs d'éboulis toujours actifs se déversent sur des pentes de 35° à 40°. Sur le versant Ouest, les pentes sont plus raides (50° parfois) notamment au-dessus de la pessière. Plus à l'amont du vallon, les éboulis sont recouverts de fourrés de feuillus buissonnants, témoignant d'une certaine stabilité. Des laves torrentielles, entaillant les crêtes et les roches moutonnées sont bien visibles aussi.

Le torrent du vallon joue à la fois le rôle d'agent d'érosion et d'accumulation selon la pente du thalweg, d'où différents secteurs de dépôt d'alluvions.

Un verrou rocheux marque la transition entre le vallon et le cirque glaciaire, au niveau de la confluence des ruisseaux, sur un affleurement granitique.

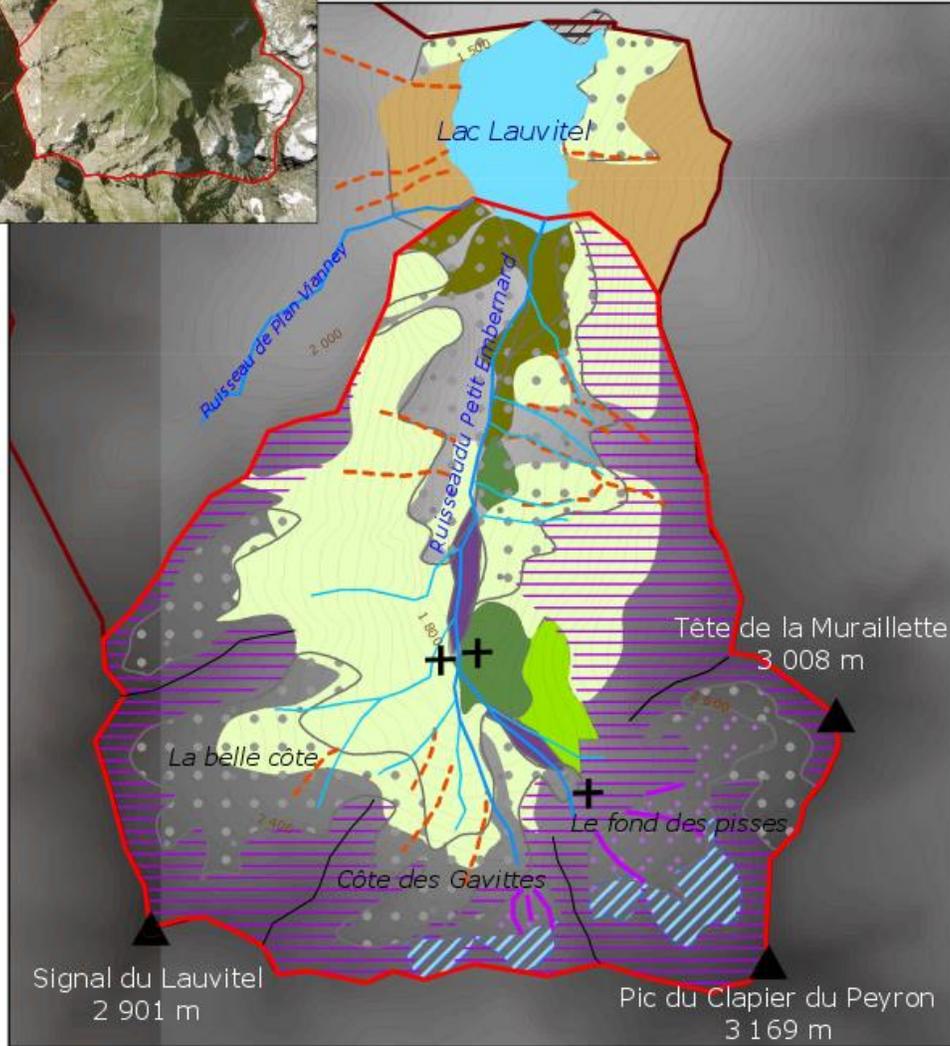
Les cirques glaciaires occupent toute la partie haute du vallon et sont en partie enherbés sur le versant exposée à l'est. Ceux-ci sont caractérisés par des parois raides en demi-cercle, et d'anciennes zones d'accumulations glaciaires planes. Au sein du cirque du Fond des pisses, on observe des dépôts de tailles variables, déposés lors des phases statiques des glaciers, illustrant leurs fluctuations : des moraines. D'après nous, elles sont apparues lors du Petit Age de Glace (PAG) bien que n'ayant pas été datées. On observe aussi au sein des cirques glaciaires des roches moutonnées, témoignant de processus d'abrasion et d'arrachement d'origine glaciaire.

Sous les moraines et le cirque glaciaire du Fond des Pisses, on peut observer un verrou rocheux abrupt constitué de calcaires dolomitiques, témoignant de la présence passée d'un glacier suspendu. Ceci peut expliquer l'absence de moraines sous ce flanc, un glacier suspendu n'ayant pas de zone d'ablation, mais évacuant la glace par chute de séracs ou sublimation.

Enfin, les phénomènes d'éboulisation sont toujours actifs, notamment autour du lac. En cours de stabilisation par endroits, ils doivent permettre une colonisation du milieu par la végétation (Dupont, 1995).



- Limites du bassin versant
- Limites de la RI



Sources:  
BD ORTHO, BD ALTI, IGN  
GOOGLE EARTH  
Etude pédologique, Dupont, 1995

#### Eléments topographiques

- Lignes de crêtes
- Courbes de niveaux (50 m)
- ▲ Sommets
- Lac
- Cours d'eau
- Cours d'eau secondaires
- ▨ Glacier des Pisses

#### Eléments périglaciaires

- Moraines
- ▨ Sédiment morainique (Till)
- ▨ Substrat rocheux
- ▨ Roches moutonnées
- ▨ Plaine d'épandage
- ▨ Eboulis stabilisé ou actif (selon la végétation)
- +
- Verrou rocheux

#### — Laves torrentielles

- ▨ Eboulement barrant le lac

#### Couvert végétal

- pelouse, strate herbacée
- Fourré, strate arbustive
- lande, strate sous arbustive
- peissière
- Reprise de conifères en versant

Figure 8 Carte géomorphologique et du couvert végétal du Lauvitel. Adèle Destanne.

## 2. Dynamique actuelle de la végétation

Dans le cadre de la Réserve intégrale, la végétation fait l'objet de mesures régulières. Le suivi forestier a fait l'objet de trois séries de mesures entre 1994 et 2010, complétées par l'étude dendrochronologique (Edouard, 1999). Le suivi des pelouses a été réalisé entre 1840 et 2390 mètres d'altitude entre 1998 et 2006 (Rapport du Conseil Scientifique, 2010). Nous verrons dans un premier temps comment la pessière se régénère actuellement (a) puis les dynamiques de végétation sur les versants (b) et enfin nous nous focaliserons sur les liens que l'on peut établir entre géomorphologie, pédogénèse et végétation (c).

### a) Dynamiques forestières

La limite supérieure de la forêt atteint aujourd'hui 1 550 m d'altitude. Ceci est relativement bas par rapport à d'autres vallons de l'Oisans. Dans le vallon voisin de la Muzelle, elle se situe à 1 700 m (observation depuis Google Earth), de même au Taillefer, elle était au moins à 1 850 m en 1993 (Tessier, 1993). D'après l'étude dendrochronologique, les plus vieux épicéas dépassent rarement les 200 ans, une dizaine d'arbres ont 150 ans (Edouard, 1999).

Quelques clichés et tableau attestent de la présence de la pessière lors du 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècle :



Figure 9 : Le Lac et le vallon en 1881 par l'Abbé Guétal, Musée de Grenoble.



Photo 3 : 2 Le lac en 1912 <http://www.cparama.com/forum/bourg-d-oisanst11580.html>

Après l'arrêt des activités dans le vallon (cf I.C.) la pessière actuelle a pu se consolider dans la partie aval du torrent, sur les deux rives au-dessus du lac et s'étendre au-dessus de la limite supérieure entretenue par les activités anthropiques. L'épicéa est toujours l'espèce prépondérante dans la partie basse du vallon et on note la présence éparse de quelques feuillus : érable, sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), bouleau (*Betula verrucosa*), saule (*Salix*), ainsi que de rares individus de conifère : pin cembro et de pin sylvestre.

D'après le suivi forestier réalisé la proportion en espèce n'a pas évolué sur la période 1994-2010. De plus, ce suivi a permis de saisir la dynamique de régulation aujourd'hui naturelle et soumise à divers aléas : avalanches, laves torrentielles et chutes de blocs.



Photo 4 : Vision de la pessière en rive droite (gauche) et rive gauche (droite). Prise en direction du sud. Lenka Brousset, Aout 2016

## *b) Végétation herbacée des versants*

La végétation herbacée atteint quasiment 2 200 mètres d'altitude sur les versants et les vallons suspendus exposés à l'Est (avec ponctuellement une strate sous arbustive de rhododendrons, myrtilliers...) alors qu'elle est quasi inexistante sur le versant ouest, en pentes abruptes et rocheuses. Au plus près du lac, les éboulis stabilisés de la rive droite (versant ouest), sont colonisés par une strate herbacée importante de type mégaphorbiaie et des fourrés de feuillus buissonnants (Genévrier) voire une strate arborescente (Aulne, bouleau, sureau, sorbier...) Au contraire, rien ne peut se développer sur les pentes en rive gauche avec des éboulis toujours actifs, soumis aux avalanches et laves torrentielles.

Des fourrés d'aulnes colonisent les versants autour du verrou rocheux situé à l'entrée du cirque glaciaire entre 1800 et 1900 mètres d'altitude.



*Photo 5 : Aulnes vert sur le verrou rocheux. Prise en direction du sud. Lenka Brousset, Juillet 2012*

## *c) Dynamiques géomorphologiques, pédogénèse et végétation*

Pour qu'un sol se forme, et que la végétation puisse s'y installer, il faut au préalable que le milieu soit stable. Sous les crêtes et les falaises, les versants sont en cours de stabilisation, même si des phénomènes intermittents d'éboulis, ou de laves torrentielles ne permettent pas l'amorce d'une pédogenèse. A l'aval, les mêmes phénomènes sont visibles sur les versants actifs, et dans le thalweg, le torrent en tresse divague et vient régulièrement saper les rives végétalisées. Ces phénomènes d'ébouilisation étant amenés à se stabiliser, les mécanismes physico-chimiques d'altération pourront s'amorcer. Aussi, la végétation joue un rôle dans la pédogénèse, l'apport de matière organique sous forme de litière, d'humus ou de racines, permettant d'accélérer l'altération des roches et l'approfondissement des sols.

Les régénérations d'épicéas, au dessus de la limite supérieure de la forêt, ainsi que les strates buissonnantes et arbustives, témoignent de la stabilisation progressive des versants et seront amenés à s'étendre. Cela dit, les activités anthropiques (cf I.C.) peuvent perturber la pédogénèse, notamment par la compaction des sols par le piétinement du bétail, et leur mise à nu progressive. Cela impacte le transit sédimentaire, en favorisant le ruissellement et l'érosion des versants et les archives lacustres peuvent témoigner de ces modifications.

L'étude pédologique réalisée au Lauvitel (Dupont et al., 1995) a permis de mettre en évidence une pédogénèse différente entre les substrats alluviaux, sur lesquels l'horizon minéral donne des éléments sableux et des sols peu évolués, et le substrat des versants et des éboulis qui après stabilisation, ont tendance à former un horizon limoneux (cf I.D.3)

## C. Archives des activités anthropiques dans l'Oisans et au Lauvitel

Les documents relatifs à l'occupation humaine de l'Oisans, conservés au sein du service documentation du PNE sont relativement rares (1), mais certaines archives historiques ont permis de retracer partiellement l'histoire du vallon depuis le 17<sup>e</sup> siècle (2).

### 1. Une histoire de l'occupation humaine de l'Oisans encore peu documentée

Les travaux d'histoire locale sur l'Oisans sont relativement peu nombreux. Une sépulture datée de l'Age du Bronze ( $\approx 4\ 000$  BP) découverte à Vénosc (cf Fig.1) dans la vallée du Vénéon, témoigne d'une occupation humaine ancienne. Les invasions celtes (IV<sup>e</sup> avant J.-C.), romaines (1<sup>er</sup> siècle avant J.-C.), et sarrasines (3<sup>e</sup> après J.-C.) qui ont suivies auraient forcées les hommes à se réfugier dans les vallées (Fiat, 1995).

Dès les années 1920, des géographes (Clouzot, 1918; Allix, 1929 in Fiat, 1995) émettent l'hypothèse de la présence au Moyen âge dans la vallée du Vénéon et ses vallons adjacents, d'habitats permanents à des altitudes élevées. La plupart des habitants tiennent des « parts de montagne » à proximité des glaciers et/ou disposent de bergeries qui auraient été abandonnées au début du PAG.

En aval, plus proche du Vénéon, les moulins à foulons se développent pour la production du chanvre, d'où le nom du hameau des Gauchoirs à l'aval du Lauvitel (« gauchir le chanvre » comme on file la laine). De plus, l'activité minière était bien développée et source de pollutions importantes du fait des techniques d'abattage par le feu et du ruissellement des métaux. On y exploitait de l'argent (Brandes, St-Christophe), du plomb (Villard d'Arène, Vénosc et Bourg d'Oisans) ou du cuivre (Mont de Lans) (Legros and Legros, 1979 ; Ancel, 2010 ; Bailly-Maitre, 2010 in Fiat, 1995 et Fouinat, 2016).

Par la suite, les analyses polliniques réalisées dans le vallon de la Lavey ( $\approx 1500$  m) ont permis de proposer des hypothèses sur les différentes phases d'occupations humaines et de déforestations (Couteaux, 1983) dans le Vénéon. Ainsi, deux périodes d'intenses occupations humaines ont été répertoriées, lors de l'optimum démographique médiéval du 14<sup>e</sup> siècle, jusqu'à une nette récession lors de la seconde moitié du 15<sup>e</sup> siècle, et un second pic lors de l'optimum démographique moderne du 19<sup>e</sup> siècle.

Cela dit, les recherches archéologiques, environnementales et architecturales sont encore trop peu documentées pour pouvoir décrire l'organisation de l'occupation humaine en Oisans (habitat permanent ou temporaire ? quelle évolution démographique ? quel étagement de l'occupation ? quelles variations climatiques locales ?). Par exemple, est-ce que l'abaissement de la limite supérieure des arbres était lié aux pratiques de charbonnage ou d'essartage ? L'observation des zones d'érosion et de dépôts glaciaires ont aussi permis de souligner l'importance de l'englacement au PAG sans toutefois savoir dans quelle mesure cela a modifié les pratiques des sociétés humaines (Couteaux, 1983) .

## 2. La « Montagne du Lovitel », ou l'histoire du vallon à partir des archives historiques depuis le 17<sup>e</sup> siècle

A partir d'archives (titres de propriétés, recensement, cadastres notamment) nous pouvons retracer l'histoire du vallon jusqu'au 17<sup>e</sup> siècle, dont le toponyme Lauvitel, formé de deux racines « lau » et « vitel » désigne un lieu rocheux, minéral, associé à l'eau, la source, la rivière.

« La Montagne de Lovitel » apparaît dans la « révision des feux » de 1696, permettant d'évaluer les ressources des communautés de la Danchère et les Gauchoirs, situées à l'aval du lac du Lauvitel. Cette archive médiévale évoque « la Montagne » comme étant la propriété des religieux de St-Robert situés à Grenoble.

### a) Du pâturage et un faible intérêt pour la forêt

Un bail signé du 18 août 1772, entre le prieuré et deux habitants de la Danchère pour un « droit d'alpage » évoque « l'interdiction de couper aucun arbre vif ou mort » par les fermiers et l'utilisation de la Montagne à des fins de pâturage. Le bail évoque aussi l'entretien d'un barquet et d'une cabane située à l'amont du lac et visible sur la carte d'état-major (cf Fig 10). La végétation semblait déjà favorable au pâturage, en effet, les parcelles cadastrales établies entre 1820 et 1850 font état d'une prédominance de pâtures, puis de terres vaines, de broussailles ou de clapiers et d'une parcelle de bois/futaie. De plus, l'exploitation forestière semblait relativement peu aisée, « [le bois] qui pourrit sur la place ne pouvant être extrait à cause de sa situation qui est sur des rochers inaccessibles... » (« Réformations des eaux, des bois et des forêts » daté de la fin du 17<sup>e</sup> siècle)

Après la révolution française, la nationalisation des biens du clergé inaugure une série de transactions entre les habitants des communautés de la Danchère et des Gauchoirs pour la pâture.

### b) Une preuve historique de feux dans le vallon au 19<sup>e</sup> siècle

Entre 1873 et 1877, le propriétaire du vallon par héritage n'ayant pas payé ses dettes, le vallon est saisi, mis en adjudication et « la Montagne » mise à prix à 25 francs, après que plusieurs feux eurent été allumés. Cependant, on ne sait pas ce qui a été brûlé, versants herbacés ou forêt proche du lac. L'exploitation forestière semble assez marginale depuis le 17<sup>e</sup> siècle. La dernière coupe de bois eut lieu entre 1914 et 1916, mais le bois fut laissé sur place pour des raisons matérielles et techniques.

### c) Abandon des activités pastorales et amorce du tourisme au 20<sup>e</sup> siècle

Entre le 19<sup>e</sup> et le 20<sup>e</sup> siècle, à l'initiative des propriétaires, le vallon deviendra un terrain de chasse privilégié, conduisant à l'arrêt du pâturage. Cette activité va transformer l'économie locale et pousser les habitants de la Danchère à se tourner vers les services (gites, restauration...) (Bocquet, 1995).

Le Lauvitel est un de ces lieux où la reconversion économique, sociale et mentale, qui affecte l'ensemble des massifs alpins a été précoce. Devenu au début du 20<sup>e</sup> siècle un territoire de chasse, il s'oriente vers une fonction récréative, destiné avant tout à ceux qui viennent de loin et qui en ont les moyens. D'une

montagne utilitaire, tournée vers les activités traditionnelles, vers une montagne de loisir et de tourisme, dont témoigne la construction de la route en 1911 jusqu'à La Bérarde, au fond du vallon du Vénéon . (Fiat, 1995)

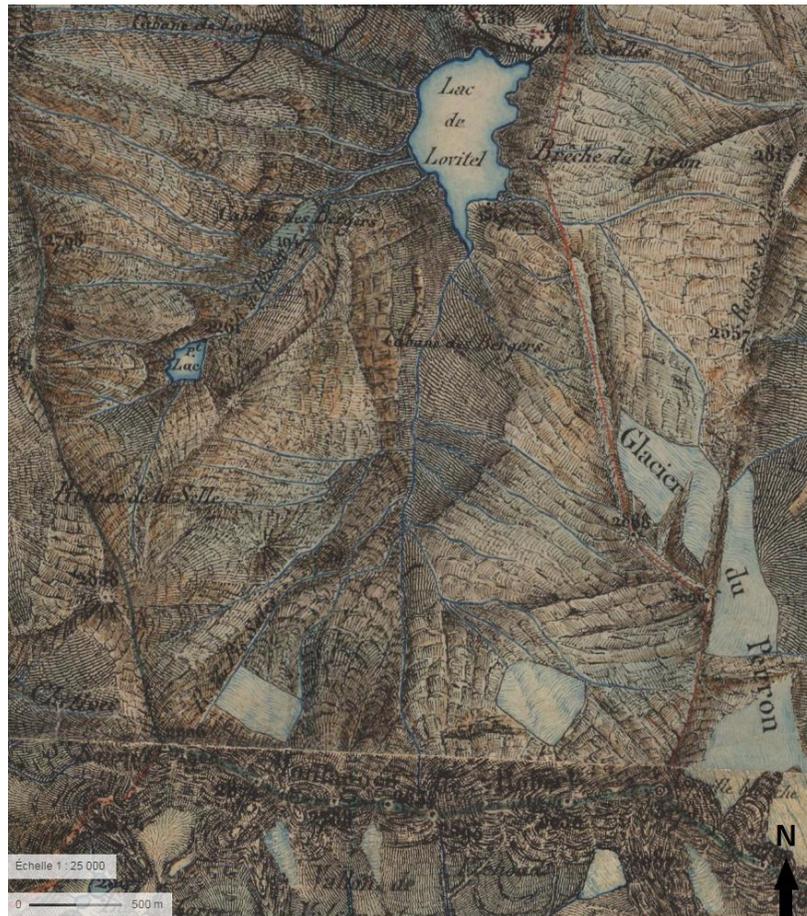


Figure 10 : Carte d'Etat major (1820-1866) présentant le vallon du Lauvitel. La présence de cabanes de bergers est indiquée à l'amont du lac

## D. Une campagne pédoanthracologique amorcée depuis 2012

Une étude pédo-anthracologique a été initiée en juillet 2012 entre l'IMBE et le Parc National des Ecrins, afin de reconstituer l'histoire de la végétation de la réserve intégrale du Lauvitel, en relation avec les incendies et les activités anthropiques. Des fosses pédoanthracologiques ont été réalisées par Brigitte Talon, Richard Bonet, Hervé Cortot, Denis Fiat, Daniel Roche, Lenka Brousset et Michel Blanchet.

Voilà un résumé des résultats obtenus suite à la campagne de 2012 (1), et une présentation des questions auxquelles nous allons tenter de répondre (2). Enfin, nous présenterons et décrirons ensuite les fosses dans leur contexte environnemental (3)

### 1. Rappel de la campagne 2012

Six fosses réparties le long d'un transect altitudinal ont été prélevées, 4 dans la pessière actuelle, 2 en zone extra-sylvatique. Suite aux étapes d'identification, 4 charbons ont pu être datés au <sup>14</sup>C.

Les hypothèses de dépôts ont pu être confirmées. En effet, les résultats ont permis d'identifier une diversité forestière plus importante en essence et plus élevée en altitude que la pessière actuelle. Les principales essences ligneuses montagnardes et subalpines (épicéa, sapin, genévrier, pin cembro, sorbier, bouleau, aulne vert, saule, érable) ont été retrouvées, et notamment sur des versants aujourd'hui sans arbres et exposés aux avalanches (fosse LAU 4) (Voir aussi annexes 1-2 et 3)

#### a) Dans la zone sylvatique

1 - L'étude dendrochronologique menée en 1999 (Edouard, 1999) sur les plus vieux arbres de la pessière a permis de les dater à 150 ans, voire 250 ans pour le plus vieil arbre (1750 AD). La date obtenue dans la fosse LAU 1 (1 510 m) sur un épicéa (1 675-1777 AD) nous fait supposer que la pessière actuelle se serait installée suite à ces feux.

2 - Nous avons obtenu une date comprise entre 1 088-896 BC (2 845-3 037 cal. BP) sur un épicéa à 1 550 m d'altitude (LAU5D), ce qui est relativement ancien. En effet, l'arrivée de l'épicéa dans les Alpes, est récente et fait suite à des plantations massives (Lalatowa et van der Knaap, 2006) sans prise en compte de son aire de répartition naturelle et au détriment d'autres espèces. D'après les palynologues, cette essence est la dernière arrivée dans les Alpes. Sur le plateau du Taillefer, situé à quelques kilomètres au Nord-Ouest du Lauvitel, l'épicéa commence à être enregistré dans les diagrammes polliniques entre 2800 et 2000 ans BP, alors que les impacts des activités anthropiques sur les sapinières sont déjà bien visibles (Tessier et al., 1993).

#### b) En zone extra-sylvatique

1 - La limite supérieure de la forêt est aujourd'hui à 1550 m, mais la fosse LAU 4 (1 660 m) est révélatrice de l'état potentiellement sylvatique à cette altitude, avec une diversité taxonomique élevée (cf annexe 1) Cette fosse révèle aussi des phases de stabilité/instabilité. Les phases d'instabilité sont révélées par la présence d'érables, rosacées ainsi que d'un saule, datée au Bronze moyen (1437-1288 cal. BC), alors que la présence de pins cembro et de bouleaux révèle des phases de stabilité.

2- Aujourd'hui il n'y a pas de sapin à l'étage montagnard, alors qu'il s'y est densément développé dès le début de l'holocène, jusqu'à 4 800 ans BP à l'heure des premiers impacts humains, pour disparaître brutalement dans l'Oisans vers 2 000 BP (Tessier, 1993). Une trace de sa présence a été retrouvée dans LAU 3 à 1570 m, et est daté à 1809-1926 cal. AD. Ceci impliquerait une disparition récente de cette espèce. De gros doutes sont émis quand à ce charbon, dont la présence est peut-être liée à une maladresse dans les manipulations.

Plus globalement, les 4 datations obtenues ne permettent pas d'établir une histoire des feux du vallon, même si l'on peut d'ores et déjà confirmer qu'il y avait des feux au Bronze moyen (plus de 3 000 ans BP) au vu de la date obtenue dans la fosse LAU 4. De plus, nous avons trop peu de dates et de données pour situer la date d'installation de la pessière actuelle, ainsi que la limite supérieure atteinte par la forêt.



Figure 11 Situation des fosses réalisées en 2012. Etoilée, les fosses réinvestiguées (nouvelles identifications et datations) ★ dans cette étude.

## 2. Questions et nouveaux objectifs pour notre étude

Les résultats obtenus ont permis de poser quelques jalons de l'histoire de la végétation, et ont aussi soulevés quelques questions que notre étude tente de résoudre.

### a) En zone forestière

1 - Depuis quand la pessière actuelle s'est-elle installée ? Au vu de la date obtenue auparavant dans LAU 4, nous supposons que les derniers feux dans la pessière ont eu lieu il y a plus ou moins 130 ans. Pour confirmer cela, nous souhaitons dater 4 fragments d'épicéas issus de fosses réalisées en 2012 dans la zone forestière ( LAU 2, LAU 6 et LAU 5). Ceci permettra de connaître la date d'installation de la pessière.

2- Le Lauvitel est-il un site d'implantation précoce des épicéas dans les Alpes ?

Etant donné la date relativement ancienne de l'épicéa dans LAU 5 (1 088-896 BC), nous souhaitons confirmer l'arrivée précoce de l'épicéa au Lauvitel. A cet effet, nous datons un autre échantillon d'épicéa contenu dans la même fosse (LAU 5 D, n° 05) .

### b) en zone supraforestière

1- Une disparition tardive du sapin dans l'étage montagnard ?

La fosse LAU 11 a été creusée à proximité de LAU 3, afin de confirmer/d'infirmer la disparition récente du sapin.

2- Diversité et limites de la zone supraforestière

Pour tenter de reconstituer la limite supérieure des arbres et savoir quelles espèces étaient présentes, des fosses plus élevées en altitude ont été réalisées (LAU 7-8-9 ). De plus, pour tenter de distinguer des phases de stabilité/instabilité, la fosse LAU 4 (2012) est réutilisée, afin de dater un aulne et une rosacée .

Enfin, la multiplication des dates (15 dates en plus) sur les fosses de la mission de 2012 et de 2016, devraient nous fournir de nouveaux jalons de l'histoire des feux dans le vallon.

## 3. Présentation et descriptions des nouvelles fosses

Pour répondre aux questions soulevées, 5 fosses supplémentaires ont été réalisées entre 1670 et 2 060 m d'altitude (LAU 7 à LAU 11), et une fosse supplémentaire dans la forêt d'épicéa ( LAU 12) à 1 572 m.

Nous allons tenter de décrire l'environnement des fosses au sein du bassin-versant d'après la carte géomorphologique (cf Fig. 8), et les photos du terrain. A partir de l'étude pédologique (Dupont et al.,1995) et des photos des fosses, nous esquissons une description succincte des sols, En effet, ces éléments de contexte géomorphologique et pédologique permettent d'identifier les dynamiques passées et actuelles du site, et nous permettrons d'interpréter au mieux nos résultats.

Les fosses LAU 8 et LAU 9 sont situées en rive gauche, exposées à l'Est. Les autres sont sur la rive droite exposées à l'ouest. Seule LAU 12 a été prélevée en zone forestière, les autres sont en zone extra-sylvatique.



Figure 12 Situation des fosses supplémentaires réalisées en 2016 ★ fosses ayant fait l'objet de datations

Photos : Michel Blanchet, Lenka Brousset, Brigitte Talon

## Description des nouvelles fosses



### LAU 7, 2 030 m,

Exposition ouest.

Situé sur une banquette herbeuse, au pied de barres rocheuses, en pente raide (35 °-40° environ)

Végétation : lande extra sylvatique à rhododendrons, airelles et genévriers.

Chevelu racinaire épais et dense



### LAU 8, 2 060 m,

face à LAU 7, exposition Nord- est,  
Sur versant herbacé, en pente toujours aussi raide (40/45°), situé à proximité d'un cours d'eau temporaire- couloirs de laves torrentielles.

Végétation : lande a rhododendrons, airelles et genévriers. Le sol limoneux est riche en cailloux et éléments grossiers , la pente est un facteur de ralentissement de son altération. De plus, les horizons sont peu différenciables chevelu racinaire épais et dense.





LAU 9, 2 050 m

Située légèrement plus bas et plus au nord que LAU 8, sur le même versant. Exposition à l'est.

Prélevé sur un replat herbeux dans une zone herbacée en pente raide (35°-40°)

Ce sol est fort ressemblant à LAU 8 avec un chevelu racinaire épais et dense, riche en éléments grossiers et aucune cohésion dans les niveaux inférieurs D et E.

LAU 10 (1670 m) et LAU11 (1 677 m)



sont dans la même situation tous les deux, sur un cône d'éboulis stabilisé en cours de recolonisation par la mégaphorbiaie et des ligneux: épicéa, aulne, sorbier, érable et saule.

LAU 11 est proche de la limite supérieure de la pessière, LAU 10 est plus proche du torrent.

Le chevelu racinaire est toujours très dense. La transition avec l'horizon minéral est diffuse, et la structure semble plutôt limono-sableuse. La proportion de cailloux et de blocs augmente du haut vers le bas et ceux-ci sont plus gros vers le fond.





LAU 12, 1570 m

L'unique fosse située dans la pessière ancienne sur éboulis, sous couvert-dense avec un sous-bois arbustif composés de sorbier, érable, aulne.

Avec un horizon humifère noirâtre, la limite est nette avec l'horizon minéral (couleur brune foncé) argilo-sableux avec des blocs.

Ce type de sol est présent sur l'anciens cône de déjection stabilisé à l'amont du lac (d'où la présence de sables), sous la pessière bien développée, d'où la formation d'un humus de type mull moder

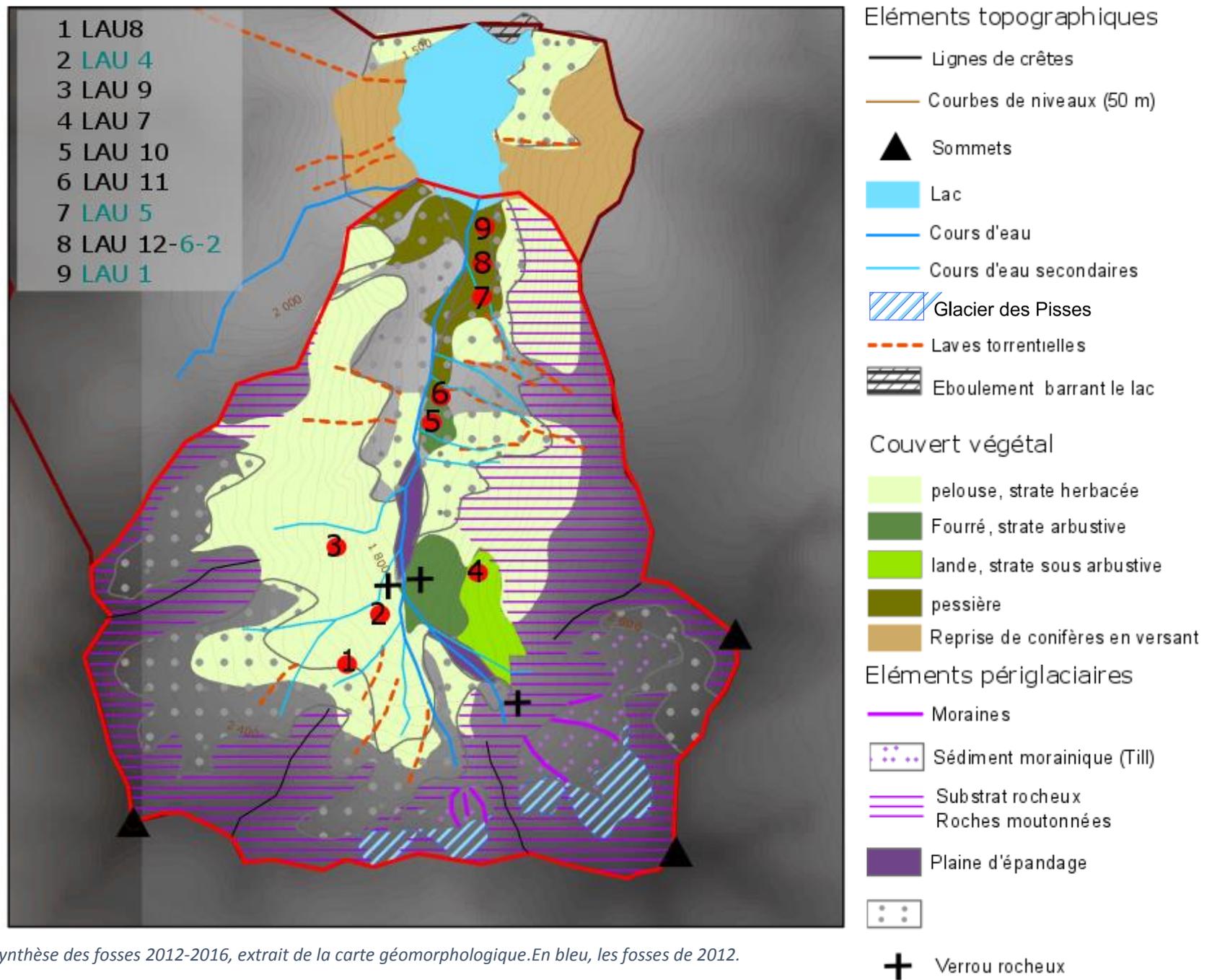


Figure 13 Synthèse des fosses 2012-2016, extrait de la carte géomorphologique. En bleu, les fosses de 2012.

## II. METHODES

La littérature relative à la paléoécologie en Oisans est très peu documentée. Même si notre site d'étude a aussi fait l'objet d'une étude pollinique (Fouinat, 2016) et dendrologique (Edouard,1999), la pédoanthracologie doit nous permettre de répondre aux questions auparavant décrites (cf I.D.). Nous verrons donc dans un premier temps dans quelle mesure la palynologie et la pédoanthracologie peuvent contribuer aux études paléoécologiques (A) puis, quelle méthodologie générale nous avons adoptée pour notre étude (B), enfin nous verrons précisément comment nous avons appliqué la pédoanthracologie (C).

### A. La paléoécologie

Les études paléoécologiques permettent de retracer l'évolution à long terme des paléoenvironnements et leurs interactions avec les activités humaines, pour mieux appréhender les évolutions actuelles. Cette reconstitution se fait par l'intermédiaire d'indicateurs contenus dans des archives naturelles (sédiments organiques et minéraux ; sols ; carottes de glace...). Elle repose sur le principe d'actualisme qui considère que les espèces et les écosystèmes répondent aux mêmes exigences aujourd'hui comme dans le passé.

Pour reconstituer les écosystèmes forestiers on utilise principalement les pollens, les spores ou les macrorestes contenus dans les milieux humides (carottes lacustres, tourbières...) ou les charbons contenus dans les sols. La recherche et l'exploitation de ces indicateurs est donc assujetti à leur état de conservation, leur présence ou leur absence. Le recours à la multidisciplinarité permet de pallier les lacunes propres à chaque méthode et permet de renforcer la solidité des preuves. La paléoécologie se base donc sur des informations « fragmentaires », leur extrapolation et modélisation à des échelles plus vastes est d'ailleurs assez délicat .

### 1. La palynologie

La palynologie consiste en l'étude des pollens piégés et conservés dans les carottes lacustres ou les tourbières. La détermination des espèces, leur comptage et les datations associées permettent de réaliser des diagrammes polliniques pour reconstruire l'histoire régionale de la végétation. En effet, cette discipline souffre d'une résolution spatiale peu précise, et en particulier ne permet pas de reconstituer précisément les successions des communautés végétales et les variations de la limite supérieure atteinte par la végétation (David, 1992 ; Beaulieu et al., 1993, Talon, 2010). C'est d'ailleurs pour pallier ce défaut que l'on y associe des indicateurs locaux comme les macrorestes, les insectes ou les charbons (Tessier et al., 1993 , Ponel et al., 1992 ).

Afin d'interpréter au mieux les résultats, l'interprétation des diagrammes polliniques doit prendre en compte les capacités de production et/ou de dispersion des espèces (selon la taille du pollen, le mode de dispersion.) ainsi que les caractéristiques du site qui piège plus ou moins bien les pollens selon sa taille, sa topographie, la densité du couvert végétal, ou qui peut être sujet à des apports extérieurs (Muller, 2006).

### 2. La pédoanthracologie

Dans un contexte pluridisciplinaire, la pédoanthracologie, couplée avec les données polliniques et/ou archéologiques permet de reconstituer précisément les variations de la limite supérieure de la forêt ainsi que les dynamiques forestières locales (e.g. Talon et al.,1998 ; Talon, 2010 ; Touflan et al.,2010 ). Particulièrement utile dans les milieux exempts de tourbe ou de lac, elle permet d'attester de la présence

locale d'une espèce ligneuse à un moment donné grâce aux datations  $^{14}\text{C}$ , tout en identifiant le facteur perturbateur, le feu.

Suivants les objectifs à atteindre, les stratégies d'échantillonnage peuvent varier en fonction des contextes locaux ayant pu impacter le transport ou la fragmentation des charbons. Chaque site ayant des spécificités locales, il est nécessaire de bien l'étudier avant de choisir les lieux de prélèvements.

Enfin, les milieux de montagnes étant accidentés et parfois difficilement accessibles, la multiplication des prélèvements est souvent limitée, mais nécessaire pour mieux illustrer l'hétérogénéité spatiale des résultats (Touflan et Talon, 2009 ; Feiss, 2014).

#### B. Méthodologie adoptée

Du creusement des fosses à l'identification et la datation des charbons, les manipulations sont nombreuses et relativement longues.

Nous n'avons pas participé aux prélèvements sur le terrain. Ceux-ci ont été faits en 2016 par Michel Blanchet, Florian Court, Jérôme Forêt, Thierry Maillot, Eric Ollieu, Donovan Maillard, Valentin Belle et Brigitte Talon.

Une grande partie du stage réalisé au sein de l'IMBE a été dédié au tamisage, au tri et à l'identification des charbons des fosses LAU 7, LAU 8 et LAU 9 réalisées en 2016. Les fosses LAU 10-11 et 12 sont encore en cours d'analyse, nous les utiliserons partiellement dans notre étude. Nous avons aussi identifié des fragments des fosses de 2012 (LAU 4 et LAU 5) puisqu'une petite partie des charbons de 2012 n'avait toujours pas été identifié au début de notre stage. Deux stagiaires en master 1 Biodiversité, Ecologie et Evolution (Aix-Marseille université) Clémentine Beaufils N'Doye et Michael Flatot-Blin ont également participé à ces étapes durant un mois chacun. Les identifications ont été confirmées par Brigitte Talon.

Suite aux identifications, nous avons choisi les charbons susceptibles d'être datés, selon leur masse ( $> 1$  mg) et leur intérêt en terme de fosse, de niveau ou d'espèce, à la fois dans les prélèvements de 2012 (dans LAU 2, LAU 4, LAU 5 et LAU 6) et de 2016 (dans LAU 8 et LAU 9). Les datations ont été effectuées au laboratoire de Poznan (Pologne).

Une autre partie du stage a été consacrée à la recherche bibliographique. Nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux études locales pluridisciplinaires relatives aux changements environnementaux, et plus particulièrement à la paléoécologie, les fluctuations climatiques, la sédimentation lacustre, la pédologie ainsi qu'à l'histoire locale des activités anthropiques. Pour cela, nous avons utilisés les articles scientifiques en langue française et anglaise ainsi que les documents archivés au sein du service de documentation du Parc National des Ecrins.

De plus, nous avons précisément étudié les résultats issus de l'analyse de la carotte lacustre (Fouinat, 2016), afin de replacer notre étude dans le contexte particulier du bassin-versant, de mettre en relation les résultats et d'envisager des pistes d'investigations futures.

Enfin, nous avons réalisé des cartes, sans pouvoir vérifier sur place, de la géomorphologie du site et de l'environnement des fosses pédologiques, afin de pouvoir interpréter nos résultats à partir du contexte local.

## PROBLEMATIQUE

Impact des changements environnementaux et anthropiques holocènes  
au sein du bassin versant du Lauvitel

## OBJECTIF

Connaitre l'histoire de la couverture végétale du  
Lauvitel

## METHODES

Remise en contexte du bassin  
versant

Pédo-anthracologie  
et datations

Conditions paléo-  
environnementales  
et historiques du  
Lauvitel

Cartographie de la  
géomorphologie et  
des dynamiques  
de végétation

Confrontations des  
résultats  
(Palynologie,  
macrorestes...)

Identifications

14 C

Tamissage

Tri

Identifications

Comptage-Pesée

SIG

Bibliographie

En rouge, toujours en cours pour les fosses LAU 10-11 et 12.

## C. Application de la pédoanthracologie

On peut distinguer 5 étapes principales de l'échantillonnage (1) à l'interprétation des données (5), avec le tamisage (2), le tri (3) et l'identification (4).

### 1. Echantillonnage

L'échantillonnage des fosses se fait par niveaux de sols de 10 cm sur environ 60 cm au total, ce qui représente 6 à 9 kg de sol. Chaque niveau est référencé à partir du prélèvement et pour toutes les étapes suivantes, afin d'assurer la traçabilité des charbons que l'on identifiera.

Après le prélèvement, les sols sont séchés une première fois, puis pesés avant d'être tamisés, afin d'obtenir le poids total du sol et permettre de calculer les anthracomasses (poids des charbons dans un niveau de sol (cf II.C.5.)

### 2. Tamisage humide

L'étape du tamisage permet tout à la fois de récupérer les éléments surnageants, de nous débarrasser des plus gros éléments, enfin de classer par taille nos éléments recueillis avant de les trier.

Les échantillons sont tout d'abord placés par niveau de sols dans des seaux, afin d'être humidifié. L'ajout d'héxamétaphosphate de sodium, permet de séparer la matière organique et minérale de nos sols.



*Photo 6 : Humidification des sols, avec ajout d'héxamétaphosphate. Clémentine N'Doye, Mars 2017.*

Les éléments surnageants, composés de charbons, racines et autres débris végétaux apparaissent progressivement à la surface, et sont récupérés sur un tamis de maille 400 µm.

*Photo 7 : Récupération du surnageant dans un tamis de maille 400 µm. Clémentine N'Doye, Mars 2017.*



On tamise ensuite le fond du seau sur une colonne de tamis composés des mailles 5 mm, 2 mm, 800 µm, 400 µm. Les éléments récupérés sur le tamis le plus grossier (5 mm ) sont pesés puis jetés. Le contenu des autres tamis est mis en étuve.



*Photo 8 : Mise à l'étuve des éléments par classe de taille, Clémentine N'Doye, Mars 2017.*

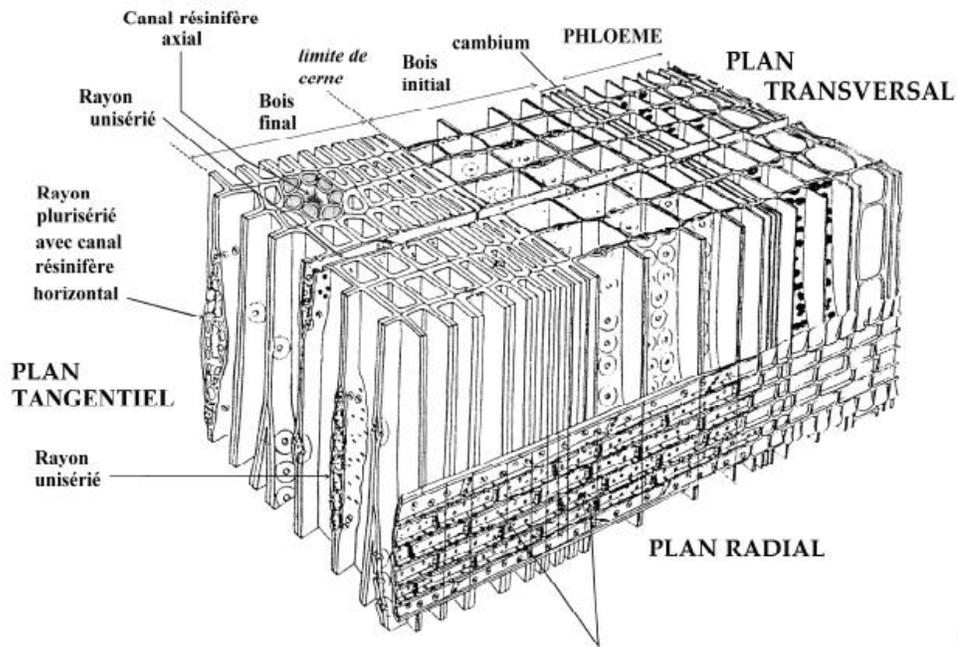
### 3. Le tri

Après avoir récupéré le contenu des tamis de séchage, mis en pot par niveau de sols et classe de taille, on effectue un tri à la loupe binoculaire, afin d'en récupérer les charbons. Lors des premiers tris, nous avons eu des difficultés pour différencier les charbons de quelques autres éléments minéraux tels que des schistes ou des agrégats noirs. Au fur et à mesure, l'œil s'y fait et arrive à distinguer quelques éléments anatomiques du charbon, même sous la loupe binoculaire.

### 4. L'identification

L'identification des charbons de bois nécessite de reconnaître les éléments anatomiques du bois dans les trois plans ligneux. Nous observons au microscope optique aux grossissements de 200x, 500x voire 1 000x suivant les trois plans ligneux. Les critères anatomiques relevés et distingués, nous utilisons les ouvrages de références en anatomie du bois (notamment Jacquot, 1955) et si possible la collection de référence constituée à l'IMBE afin de confirmer nos identifications.

Voici un exemple de coupes suivant les trois plans, d'un épicéa de la collection de référence : ( n°222 prélevé à Ceillac (05) en 2006) :



Champs de croisement

Bois homoxylé  
CONIFERES

Figure 14 : Vue 3D des trois plans ligneux chez un conifère

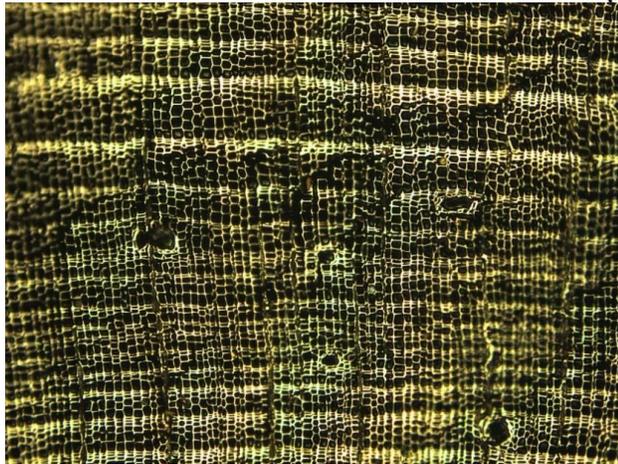


Photo 10 : Coupe tangentielle x 200. Rayon plurisériel avec canaux résinifères

Photo 9 : Coupe transversale x200, les cernes sont bien visibles avec le bois initial (printemps) sombre et le bois final clair (été-automne).

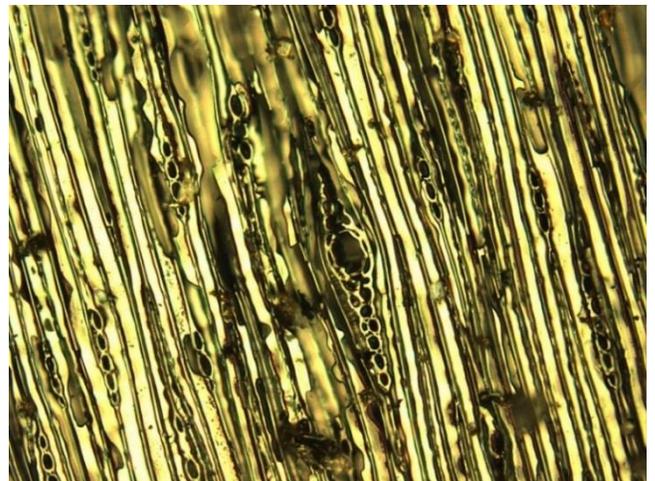
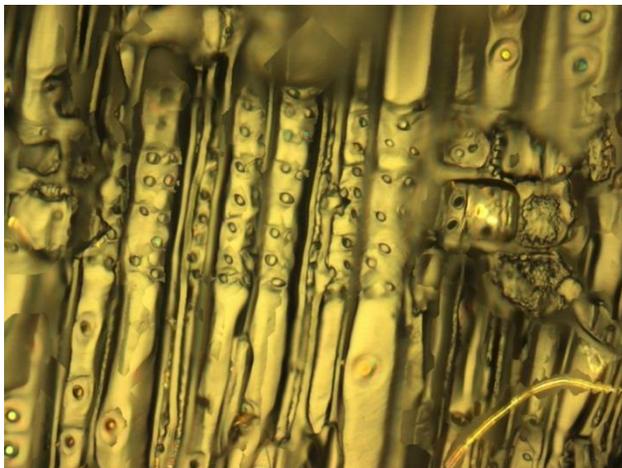


Photo 11 : Coupe radiale x500 Champ de croisement avec des ponctuations picéoides



## 5. Interprétation des données

La qualité de l'image donnée par les charbons récoltés, identifiés et datés dépend d'un certain nombre de facteurs particuliers en milieu de montagne.

Tout d'abord, la littérature à ce sujet est encore trop limitée, mais il est possible que la représentativité des charbons de bois soit biaisée du fait de la capacité de combustibilité des espèces, plus ou moins productrice de charbons après un feu (Feiss, 2014). De plus, la détermination de l'origine naturelle ou anthropique de la carbonisation est difficile à connaître, pour cela, le croisement avec des indices archéologiques, palynologiques (Walsh et al. 2014) voir climatiques est nécessaire .

### **Des processus taphonomiques complexes**

Sur le plan taphonomique, le haut degré de résolution spatiale des résultats dépend des phénomènes gravitaires ou torrentiels, qui peuvent déplacer et fractionner les charbons de leur lieu de carbonisation à leur lieu de dépôt (Talon et al.,2010). Leur enfouissement dans le sol est aussi soumis à l'action conjointe de la pédofaune, du colluvionnement et du système racinaire.

Le calcul des anthracomasses (poids des charbons sur le poids du sol par niveaux ou par fosses exprimé en partie par millions) est utile pour comparer les richesses en charbons des différents niveaux et/ou sols, ainsi que pour représenter les résultats sous forme de graphiques. Exprimer les résultats en anthracomasses, plutôt que par le nombre de fragments, permet d'éviter d'accorder trop d'importance à la fragmentation post-carbonisation et post-prélèvement.

En effet, il faut prendre garde à ce que la totalité des charbons dans un même sol/niveau qui sont de la même espèce, peuvent être issus de la fragmentation après combustion du même individu. Cependant, l'interprétation des anthracomasses doit prendre en considération plusieurs biais : une valeur élevée pouvant être le résultat d'un foyer archéologique ou de quelques fragments lourds . L'idéal est donc de considérer les anthracomasses accompagnées du nombre de fragments par niveaux/sols.

Dans notre cas, la quantité et l'état des charbons rendent les anthracomasses insignifiantes, nous présenterons les résultats uniquement selon le nombre de charbons (cf III.A.)

### **Des datations nécessaires**

Les différents facteurs perturbant l'enfouissement des charbons ne permettent pas de faire de corrélation entre la profondeur et l'âge des charbons et expliquent la nécessité des datations absolues au  $^{14}\text{C}$  pour obtenir des jalons chronologiques (Thinon,1992 ; Carcaillet et Talon,1996). De plus, on ne peut extrapoler les âges obtenus avec les charbons situés à la même profondeur, comme c'est le cas dans les sédiments tourbeux ou lacustre (Talon et al.,1998). Pour obtenir des chronologies, les dates peuvent être comparées avec des données continues comme les diagrammes polliniques.

Cependant, la datation peut être aussi problématique, car on suppose que celle-ci marque une période de feux, or, elle date avant tout l'âge de la mort de l'arbre, qui a pu avoir eu lieu bien avant sa carbonisation. Il peut donc y avoir un décalage entre l'âge obtenu et la date de carbonisation réelle (Talon et al., 2010).

### III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Nous traiterons dans une première partie des résultats en terme quantitatifs et qualitatifs (A°), puis nous présenterons les datations obtenues (B), enfin présenterons les résultats des identifications et des datations selon les fosses (C) et procéderons à l'interprétation des résultats (D).

#### A. Résultats quantitatifs et qualitatifs

##### 1. Quantité de charbons récoltés et identifiés

Les 3 fosses ayant fait l'objet d'une analyse exhaustive à ce jour (du tamisage aux identifications) sont LAU 7, 8 et 9, les 3 fosses les plus élevées en altitude. Un total de 151 fragments de charbons a été retrouvé et identifié, avec une grande différence entre LAU 9 (108 charbons) situé sur une banquette herbeuse exposée à l'est et LAU 7 (14) sur le versant opposé dans la lande à rhododendrons. La fosse LAU 8 est située dans un environnement similaire mais plus pentu que LAU 9 et 29 charbons y ont été retrouvés.

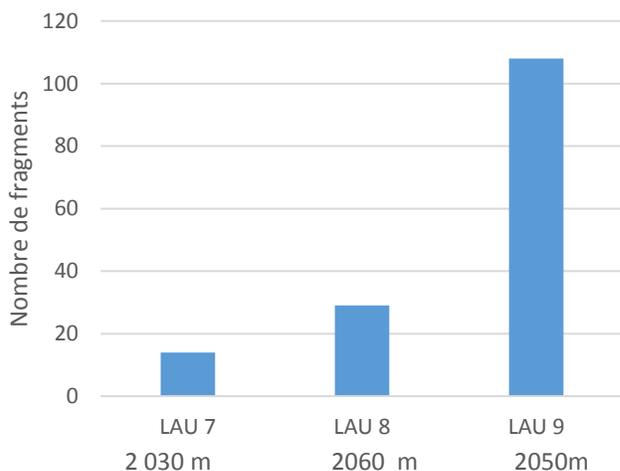


Figure 16 Nombre de charbons récoltés par sols

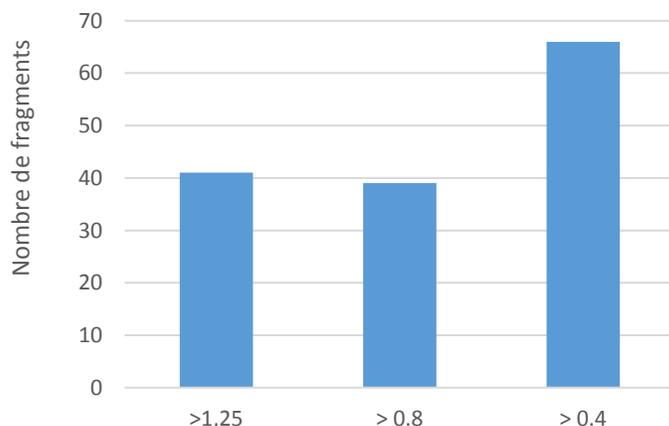


Figure 15 Nombre de charbons récoltés par classe de taille, tous sols confondus

Les fosses LAU 10, LAU 11 et LAU 12 situées dans le vallon, proche du thalweg n'ont pas encore fait l'objet d'un tri exhaustif, mais semblent très peu riches en charbons ( nombre de fragments inférieur à LAU 7 pour le moment).

Nos charbons étant très petit (cf Fig 16 et Annexe 5) et très léger (pour la plupart < 0.01 mg) les anthracomasses sont insignifiantes. Nous représenterons donc nos diagrammes selon les quantités de fragments pour représenter nos résultats (cf II C 5).

Quasiment tous les charbons (34 sur 41) >1,25 mm ont été retrouvés dans LAU 9, le reste dans LAU 8.

## 2. Des charbons rares, petits, légers et en mauvais état

Nous nous sommes heurtés à plusieurs difficultés entre le tri et l'identification, tenant à la taille des charbons, leur poids et leur mauvais état de conservation.

Notre étude pédoanthracologique est la première dans le secteur des Alpes nord-occidentales, nous ne disposons donc pas de références quantitatives pour la comparer. Cependant, selon les niveaux/sols, les charbons étaient relativement rares, voire absents. De plus, comme l'illustre le tableau dans lequel sont répertoriés nos fragments, la plupart des fragments étaient compris dans la classe de taille [ 0,8 - 0,4] mm. Cela nécessite donc de réaliser un tri minutieux, puisque les charbons ne peuvent pas être repérés et mis de côté dès le tamisage.

Cependant, cette petite taille n'est pas forcément problématique pour l'identification, puisqu'une petite partie de charbon est représentative de l'anatomie globale, tous les critères nécessaires peuvent être observables.

Le principal problème que nous rencontrons pour l'identification est plutôt lié à leur mauvais état de conservation, à la présence de bois de tension, ou de champignons, accumulés après des centaines d'années, voire des millénaires dans le sol.

L'ajout d'héxamétaphosphate n'est parfois pas suffisant pour rendre un charbon propre et permettre l'observation optimale des critères anatomiques. Les concrétions minérales peuvent parfois pénétrer le charbon et perturber l'identification. Aussi, beaucoup de charbons ont un aspect dit « vitrifié », ne permettant pas de les identifier. Les raisons de cette vitrification sont encore mal connues (Talon, 2014).

Certains genres sont anatomiquement très difficiles à distinguer, c'est notamment le cas entre le mélèze et l'épicéa. La distinction entre les deux s'opère en coupe radiale selon l'allure des ponctuations aréolées des trachéides, dentées chez le mélèzes, lisses chez l'épicéa (Talon, 1997). Nous avons pu distinguer un charbon de mélèze dans LAU 5, très peu présent dans les diagrammes polliniques, et suffisamment lourd pour être daté.

### 3. Résultats des identifications

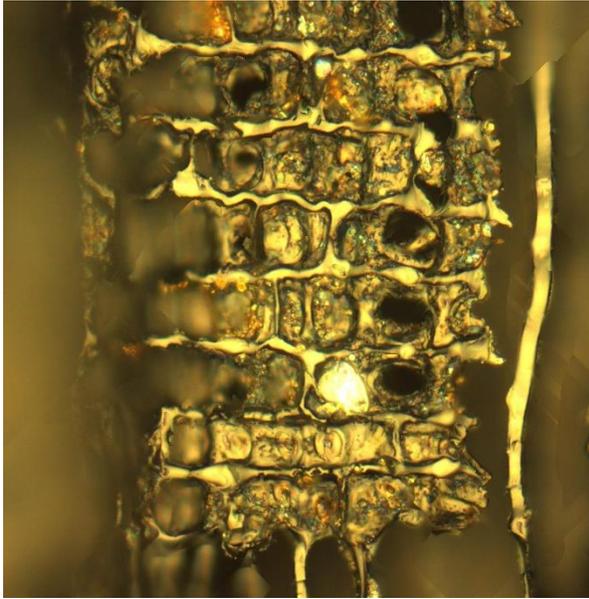
	<b>LAU 5 (2012)</b> 1 550 m	<b>LAU 4 (2012)</b> 1 660 m	<b>LAU 7</b> 2 030 m	<b>LAU 9</b> 2 050 m	<b>LAU 8</b> 2 060 m
<b>Pinus Sylv/Unc</b>	O	O	X	O	O
<b>Pinus cembra</b>	O	X	X	X	X
<b>cf Picea</b>	X	X	X	X	O
<b>Cf Larix</b>	X	O	O	O	O
<b>Acer</b>	O	X	O	O	O
<b>Alnus</b>	O	X	O	O	O
<b>Betula</b>	O	X	O	O	O
<b>Salix</b>	o	X	O	O	O
<b>Populus/Salix</b>	O	O	O	X	O
<b>Prunus</b>	O	X	O	O	O
<b>Sorbus</b>	O	X	O	O	O
<b>Juniperus</b>	X	O	O	X	O
<b>Rosacées</b>	O	X	O	O	O
<b>Pinus</b>	O	O	X	X	X
<b>Conifères</b>	X	O	X	X	O
<b>Feuillus</b>	O	O	X	O	O
<b>Ecorce- Parenchyme</b>	X	O	O	O	O

Nous avons identifié les 150 charbons récoltés plus environ 30 charbons supplémentaires dans LAU 4 et LAU 5 (2012) .

Le taxon cf Picea (épicéa/mélèze) est le plus fréquent, présent dans quasiment tous les sols, sauf LAU 8 . Le pin cembro a été observé dans les 4 fosses d'altitudes et un mélèze a été trouvé dans LAU 5, alors qu'aujourd'hui, on observe la présence d'un seul mélèze et d'un seul pin cembro dans le vallon (cf Végétation) Aussi, des fragments d'érables ont été retrouvés dans LAU 4, alors que ce taxon n'est pas présent actuellement. Le pin à crochet, le mélèze et l'érable sont des taxons peu représentés et présents respectivement dans la fosse LAU 7, LAU 5 et LAU 4.

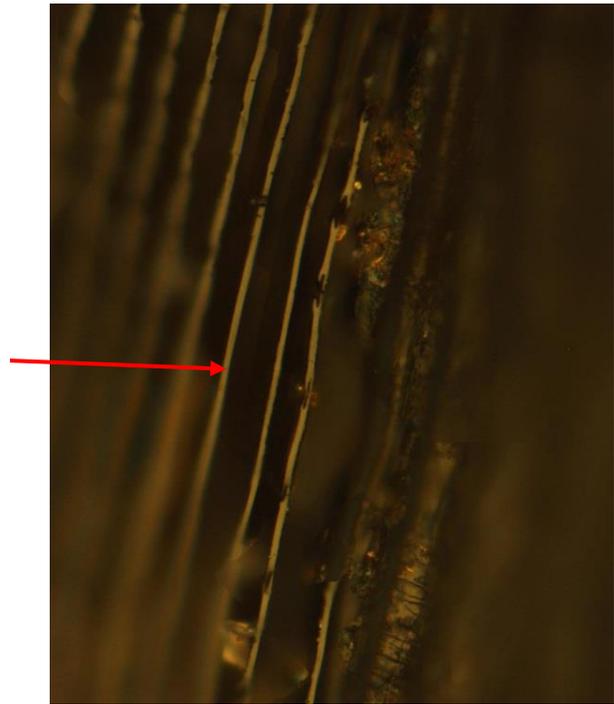
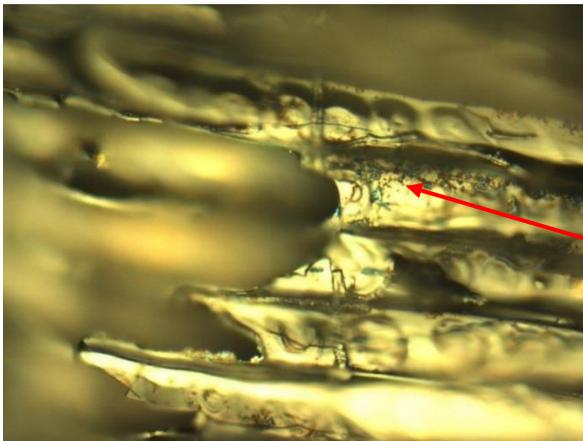
Les fosses exposées à l'est, LAU 4 et LAU 9 sont les plus variées en termes d'essence, et sont les seules avec des taxons de feuillus. Nous avons pu distinguer un fragment de mélèze avec certitude dans la fosse LAU 5 et le dater. Ci-dessous, un exemple des trois plans ligneux nous ayant permis de distinguer les pins cembros.

**Comment reconnaître le Pin Cembro ?**



*Photo 12 LAU 8 C N°4/Synthèse radiale x500/Champ de croisements avec des ponctuations pinoides*

*Photo 13 : LAU 8 B n°12 / Tangentielle x500 / Ponctuations aréolées dans le bois final*



*Photo 14: LAU 8 A n° 05/ Radiale x500 / Trachéide de rayons avec les parois lisses*

## B. Datations

Fosse	Niveau	Profondeur (Cm)	N°	Taxon (Famille ou espèce)	Cal BC/AD	Age BP	Age cal BP
LAU 8 2 060 m	A	5-20	05	Pinus Cembra	309-209 BC	2 264 ± 66	2260-2158
	B	20-30	12	Pinus Cembra	542-395BC	2 412 ± 47	2491-2344
LAU 9 2 050 m	B	10-20	44	Juniperus	3117-2 917 BC	4 991 ± 73	5 065-4866
	D	30-40	05	Larix/Picea cf Picea	209-354 AD	1676 ± 42	1741-1596
	D	30-40	09	Larix/Picea cf Picea	240-385 AD	1 648 ± 44	1710-1565
	E	40-50	47	Larix/Picea cf Picea	236-386 AD	1 653 ± 42	1713-1566
	E	40-50	01	Pinus Cembra	135-265 AD.	1 713 ± 62	1815-1686
LAU 4 1 660 m	B	10-20	11	Alnus	983-1051 AD	901 ± 46	967-951
	D	30-70	02	Rosaceae	887-1013 AD	1 012 ± 36	1063-951
LAU 5 1 550 m	A	0-10	02	Larix/Picea cf Larix	939-811 BC	2 830 ± 34	2887-2760
	D	30-40	05	Larix/Picea cf Picea	1157-1264 AD	747 ± 30	792-688
LAU 2 1535m	branche-racine			Larix/Picea cf Picea	1165-1265 AD	735 ± 28	784-688-
				Larix/picea cf Picea	1417-1490 AD	505 ± 13	532-461
LAU 6 1520 m	A	0-10	01	Larix/Picea cf Picea	825-768BC	2 747 ± 11	2771-2718

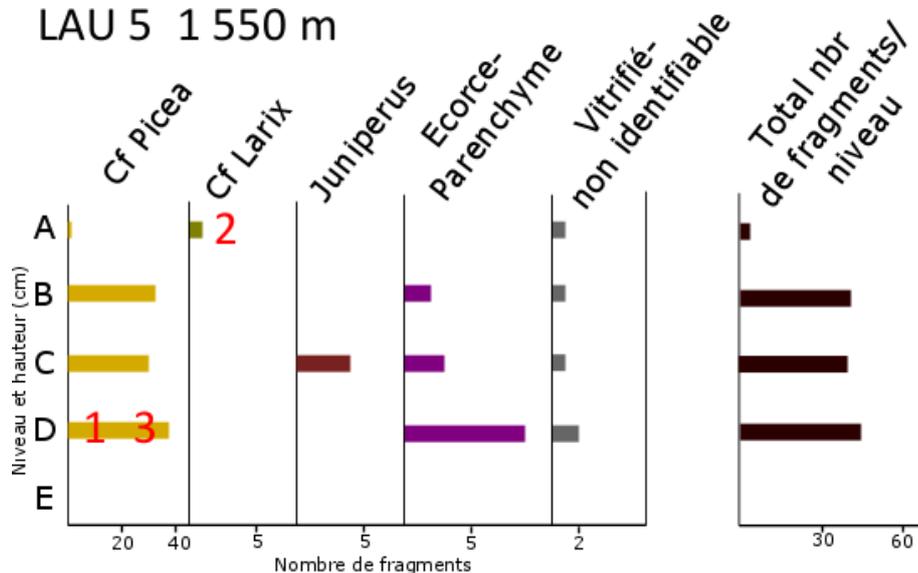
Tableau 1 : Dates AMS des charbons du Lauvitel, classé par fosses. En bleu, les datations complémentaires effectuées sur les fosses de 2012 en rouge la plus ancienne et la plus récente date recalibrées.

## C. Résultats détaillés des fosses

Nous traitons les fosses de 2012 ayant fait l'objet de nouvelles identifications et datations (LAU 5- LAU 4) en même temps que les fosses de 2016 (LAU7-LAU 8 et LAU 9) (1) et celles ayant fait seulement l'objet de datations complémentaires (LAU 6 et LAU 2) (2).

## 1. LAU 5, LAU 4, LAU 7, LAU 8, LAU 9

### LAU 5 1 550 m



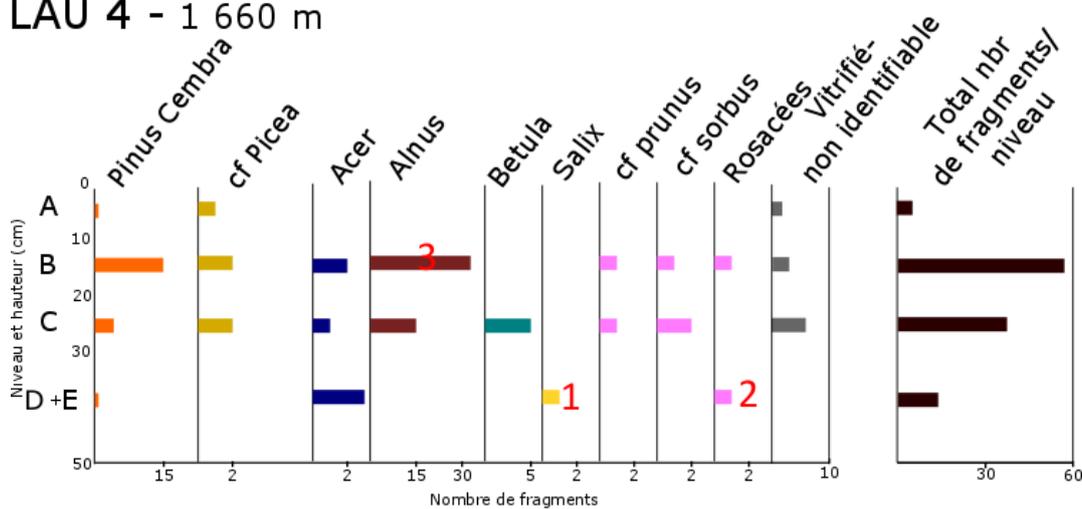
1:1088-896 BC 2:939-811 BC 3:1157-1264 AD

Cette fosse creusée en 2012, dans la lisière supérieure de la pessière est riche en charbons (125 fragments). Les identifications supplémentaires effectuées pour LAU 5 ont permis d'identifier un charbon de mélèze, alors que la distinction avec l'épicéa est malaisée (cf II.C.5)

La diversité d'espèces est faible, avec une prédominance importante des épicéas /mélèzes.

En 2012, un épicéa dans le niveau D a été daté à 1088-896 BC. Nous en avons daté un supplémentaire en 2016 à 1157-1264 AD, ainsi que le mélèze du niveau A à 939-811 BC. On obtient donc deux jalons à la transition Age du Bronze-Age du Fer ( $\approx 3\ 000$  BP) entre le niveau D et A et une date plus récente niveau D, à la transition OCM et PAG.

### LAU 4 - 1 660 m



1:1437 - 1288 BC 2:887-1013 AD 3:983-1051 AD

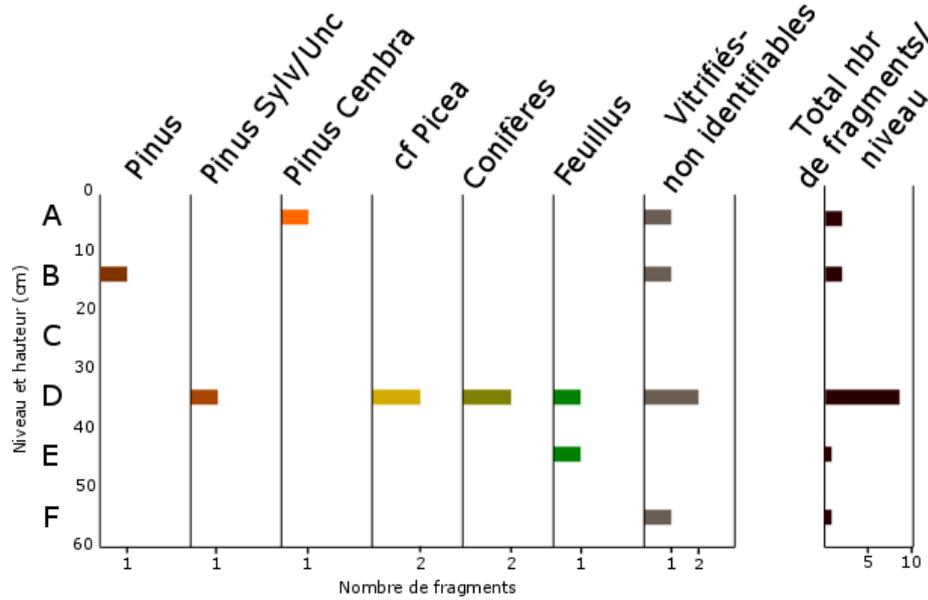
Première fosse creusée en 2012 en zone subalpine, à proximité d'un couloir d'avalanche et d'une cabane de berger.

106 charbons ont été trouvés et identifiés.

Cette fosse est relativement diversifiée avec au moins 8 taxons différents, conifères et feuillus confondus. Les seuls fragments d'érables du Lauvitel y ont été retrouvés, mais n'ont pu être datés.

Un total de 3 dates  $^{14}\text{C}$  a été effectué dans ce sol. Un saule a été daté en 2012 dans le niveau D à l'Age du Bronze : 1437-1288 BC. Nous avons daté en 2016 une autre rosacée dans ce niveau à 887-1013 AD ainsi qu'un aulne dans le niveau B à 983-1051 AD. Entre le niveau D et B on obtient donc deux dates à l'OCM.

## LAU 7 - 2 030 m



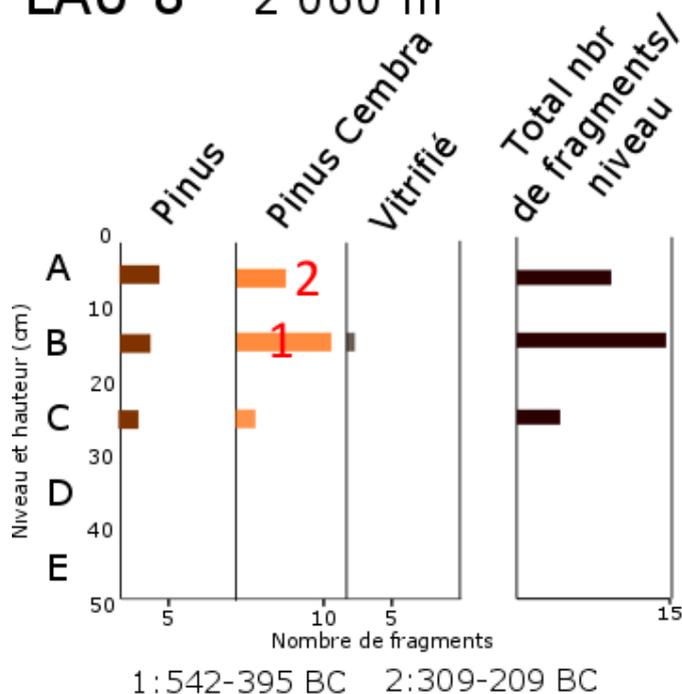
Fosse située au pied de barres rocheuses, sur une banquette herbeuse en pente raide.

C'est le sol le moins fourni en charbons (14 dont 8 dans le niveau D.)

De manière générale, il est relativement diversifié (2 pins différents, présence du taxon mélèze/épicéa, feuillus). Le seul charbon

de pin à crochet du Lauvitel a été retrouvé dans cette fosse. Le pin à crochet est une espèce pionnière qui s'accommode des sols pauvres. Malheureusement, une bonne partie des fragments sont non identifiable et aucun charbon n'est suffisamment lourd pour être daté, alors que cette fosse est la seule à plus de 2 000 m exposée à l'Ouest qui aurait pu nous fournir des informations essentielles.

## LAU 8 - 2 060 m

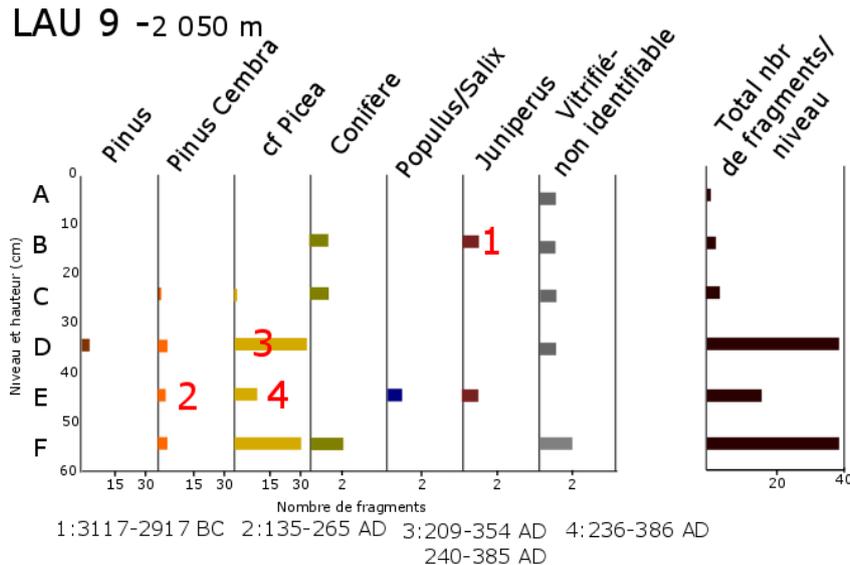


Situé dans une pente raide sur un versant herbacé, à proximité d'un torrent, le sol Lau 8 présente aussi peu de charbons (29) et une faible diversité, puisque seul des pins cembros ont pu être identifiés.

Il faut noter que les charbons sont présents uniquement dans les niveaux supérieurs A-B et C de 0 à 30 cm.

Nous avons pu dater deux pins cembros dans les niveaux A (309 - 209 BC ) et B (542-395 BC) relativement anciens puisque daté de la fin de l'âge du fer.

## LAU 9 -2 050 m



Situé à proximité de Lau 8, sur une banquette herbeuse, ce sol a un nombre de fragments similaire à Lau 4 ( 108 ) mais présente une faible diversité de taxons. Plus de la moitié des fragments sont identifiés comme du mélèze/épicéa.

Un fragment de feuillu indéterminé (peuplier ou saule) a été identifié.

A l'inverse de LAU 8, les niveaux supérieurs n'ont quasiment pas de charbons . La date la plus

ancienne du vallon a été daté à 3117-2 917 BC pour le genévrier niveau B, c'est-à-dire lors du Néolithique récent . Les dates dans les niveaux inférieurs sont toutes plus récentes : les deux épicéas du niveau D sont contemporains (209-354 AD et 240-385 AD) de la période romaine. Enfin, niveau E, l'épicéa et le pin cembro sont aussi datés de la période romaine, respectivement 236-386 AD et 135-265 AD.

## 2. LAU 6 et LAU 2

### a) LAU 2



La fosse LAU2 (1535 m environ) a été prélevée en 2012 dans la pessière dense. Elle n'avait pas fait l'objet d'identification et de datations, puisqu'elle est située à l'emplacement d'une branche ou d'une racine d'épicéa, et n'a donc pas de réel intérêt paléoenvironnemental. Nous avons décidé de dater deux fragments, plus particulièrement afin d'avoir des jalons de l'histoire de la pessière. Nous obtenons donc les dates les plus jeunes du Lauvitel : 1165-1265 AD et 1417-1490 AD correspondant à la fin de l'Optimum Climatique Médiéval et au début du PAG.

*Photo 1 : Fosse LAU 2 et niveau de charbon correspondant à une branche d'épicéa. Photo Michel Blanchet, 2012, in Talon, 2014.*

### b) LAU 6

Cette fosse est la plus basse en altitude (1520 m) située dans la jeune pessière relativement ouverte, sous une zone avalancheuse, où prospèrent des feuillus héliophiles (Bouleau, érable, aulne et saule).

Les charbons retrouvés sont quasiment tous situés dans le niveau supérieur, où un épicéa étonnamment ancien a été daté à 825-768 BC et est relativement proche du mélèze daté dans LAU 5 A (939-811 BC) au début de l'Age du Fer.

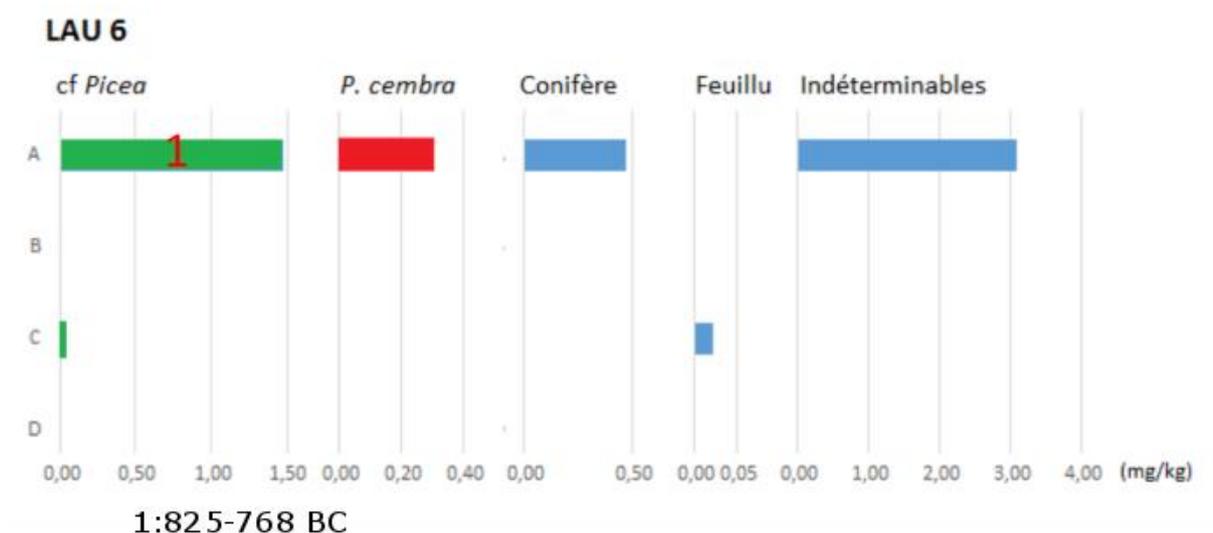


Figure 17: Diagramme anthracologique du sol Lau 6 en mg/kg, in Talon,2014. Modifié

## D. Interprétations

La multiplication des identifications et des datations permet de préciser l'histoire de la couverture forestière au Lauvitel. Le prélèvement de fosses en altitude s'est révélé fructueux malgré le faible nombre de charbons trouvés dans certains sols.

En effet, nous confirmons que le vallon a connu par le passé une végétation plus diversifiée que l'actuelle et que la limite des arbres était bien supérieure. Nous avons aussi répondu à des questions bien précises soulevées après les premiers résultats

### 1. Un peuplement mixte relativement ouvert dans la zone extrasylvatique

Les fosses LAU 4-LAU7-LAU8-LAU9 confirment l'état potentiellement sylvatique des versants supra forestiers. La limite supérieure des arbres a atteint au moins 2 060 m d'altitude, en peuplements mixtes (bouleau, saule, aulne, rosacée, genévrier, pin à crochet...) relativement ouverts. Le peu de charbons retrouvés et la présence de charbons de ligneux pionniers et héliophiles à la fois sur les versants exposés à l'Est (LAU 9 et LAU 4 ) et à l'Ouest (LAU 7), ainsi que l'interprétation du diagramme pollinique (cf I.A.2) viennent confirmer cette hypothèse de couverture ligneuse éparse .

Il serait nécessaire de réaliser d'autres fosses à proximité de LAU 7, dans l'objectif d'identifier et de dater plus de feuillus et de conifères, notamment pour distinguer des différences en termes d'espèces entre les versants. Les analyses pédologiques poussées seraient aussi fort utiles pour opérer des distinctions entre les fosses.

### 2. Des précisions sur l'histoire des taxons

#### a) Le sapin (*Abies alba*)

Pour le moment, si l'on exclut le charbon retrouvé en 2012 dans LAU 3 et considéré d'origine suspecte, aucun fragment de sapin n'a été retrouvé. Cela dit, les fosses creusées à proximité ainsi que dans la zone forestière (LAU 10-LAU 11-LAU 12) font encore l'objet d'identifications. Nous n'avons donc à ce jour aucune trace de sa présence dans nos échantillons au cours de l'Holocène, alors qu'il est bien enregistré par la palynologie au Taillefer (Tessier et al.,1993) ainsi qu'à la Muzelle (Couteaux,1982).

#### b) La présence du pin cembro attestée jusqu'à la période romaine

Nous avons obtenu deux dates de pin cembro dans LAU 8 A et B respectivement à 2 260-2158 cal BP et 2 491-2344 cal BP, alors qu'un pic de pin cembro a été détecté dans le diagramme pollinique de la Lavey (Couteaux 1984a) à 2 320 cal BP pour décliner ensuite. On peut attester de la présence du pin cembro au Lauvitel, au moins jusqu'à la période romaine, puisque le fragment le plus récent a été daté à 1 815-1686 cal. BP (135-265 AD N°5).

Les études paléoécologiques locales font de la période romaine, une époque charnière, qui va voir la plupart des pins et des sapinières disparaître des étages alpins et subalpins, mais les données polliniques du Lauvitel ne font pas état d'un tel déclin (Fouinat, 2016).

La question s'est posée de savoir si LAU 8 (cf III.C.1) n'est pas le résultat d'une accumulation de fragments d'un arbre foudroyé, du fait de la présence quasi monospécifique de pin cembro. Cela n'aurait pas d'intérêt en termes de reconstitutions paléoenvironnementales, cela dit, les deux fragments de pins cembros n'ont pas été daté à la même période, ce qui vient infirmer cette hypothèse.

#### a) Une arrivée de l'épicéa précoce

Nous avons confirmation que l'épicéa était présent dès la fin de l'Age du Bronze, puisque la date obtenue sur un charbon d'épicéa/mélèze provenant de LAU 6 (825-768 BC / 2 771-2718 cal BP ) est relativement proche de celle obtenue en 2012 dans LAU 5 (2 845-3 037 cal BP) situé à peine plus haut en altitude. Jusqu'alors l'arrivée de l'épicéa, dernière essence forestière arrivée dans les Alpes (Latolawa et Van der Knaap, 2006) était datée aux alentours de 2 500 cal BP (Nakagawa, 1998) au Taillefer, voire 2000 BP (Tessier, 1993) et 1 000 BP à l'Alpe d' Huez (Couteaux, 1982).

Le diagramme pollinique va dans le même sens puisque des occurrences d'épicéa sont visibles à la base de la carotte (3 347 cal BP). Cela laisse supposer que l'épicéa était bien présent à 3 300 cal BP, sans forcément être l'objet de feux.

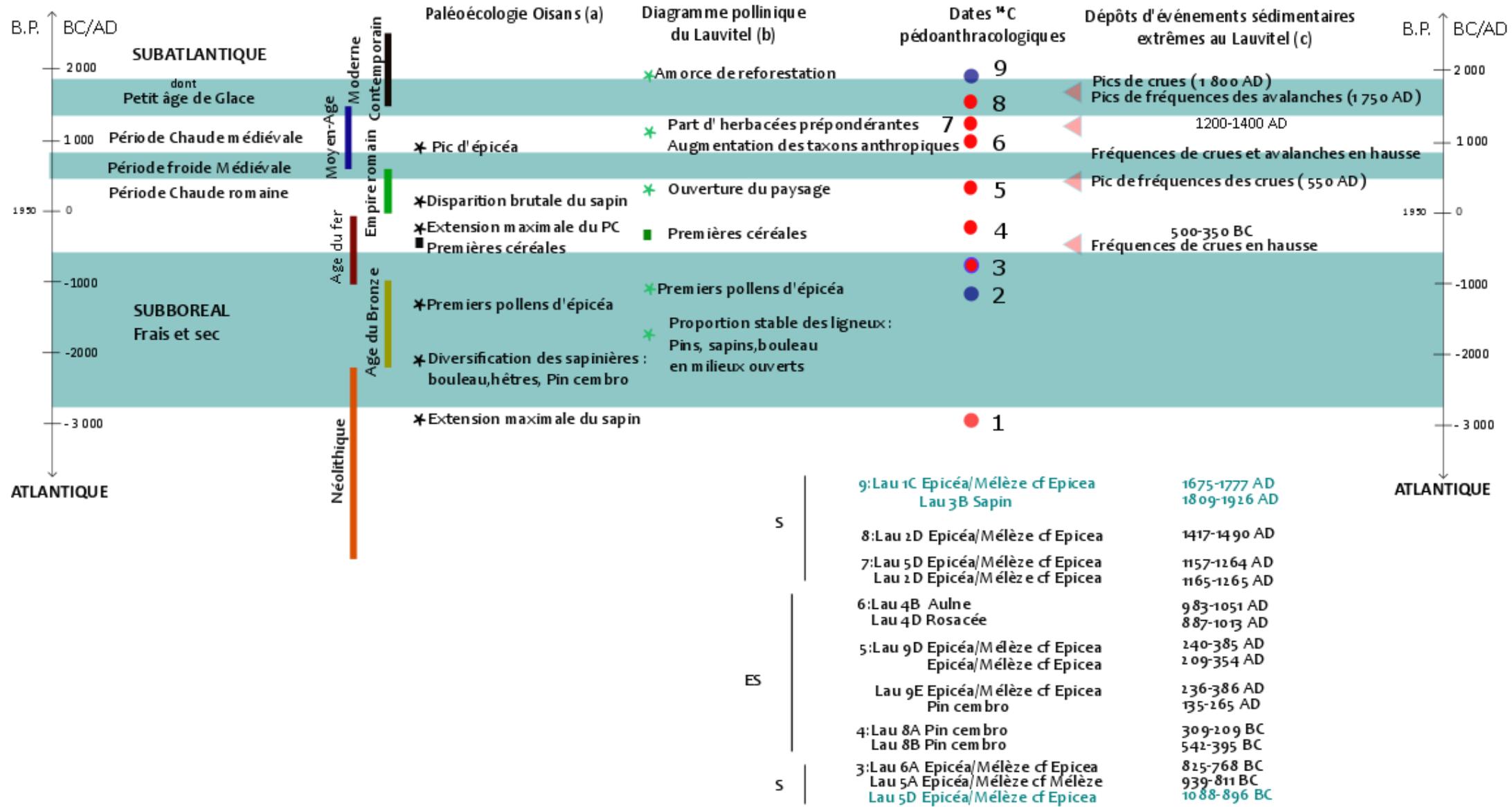


Figure 18 En bleu : date obtenues en 2012 Voir figure 2 pour a et b. c : Fouinat, 2016 S : fosses dans la pessière actuelle, ES dans la zone extrasylvatique

## b) Une trace rare de mélèze

L'histoire du mélèze dans les Alpes du Sud est bien documentée depuis le début de l'holocène (Muller et al., 2006) au contraire des Alpes du Nord. L'unique charbon de mélèze du Lauvitel daté (939-811 BC ou 2 887-2760 cal BP) est contemporain des charbons d'épicéas datés dans la zone sylvatique. Dans le secteur du Lauvitel, le mélèze n'est quasiment pas enregistré dans le passé, et il n'est pas très répandu non plus aujourd'hui (Couteaux, 1982 ; Fouinat, 2016). Cela s'explique par sa faible représentativité pollinique, et les diagrammes polliniques des Alpes du Nord (Nakagawa, 1998 ; Ponel, 1992) n'évoquent qu'une présence infime et discontinue de cette espèce, même si la présence de macrorestes est avérée. La présence de mélèze carbonisé est donc un indice local précieux confirmant sa présence.

### 3. Histoire de la pessière actuelle

Alors que l'installation de la pessière était datée à la fin du PAG (cf I.D) les recherches historiques ont permis d'identifier au moins une date de feux vers 1 877, probablement dans la forêt puisqu'il s'agissait de re-mettre à prix le vallon. Cependant, les nouvelles dates pédoanthracologiques ne viennent pas confirmer ces dates de feux post-PAG.

Nous obtenons tout de même trois dates relativement proches (N°6-7) dans deux fosses différentes, à la transition entre l'OCM et le PAG, témoignant d'une utilisation intensive de la forêt à cette période. Il se peut donc que la pessière n'ait plus fait l'objet de feux réguliers depuis l'OCM et que les feux de ces derniers siècles relèvent plutôt d'événements non motivés par les activités agro-pastorales.

### 4. Liens entre le climat, les activités anthropiques et les événements extrêmes

Les datations de charbons nous permettent d'affirmer que des feux ont eu lieu à certains moments soit dans la zone extrasylvatique, soit plus proche du lac. Les informations recueillies sont ponctuelles et encore trop peu fournies pour pouvoir tenter des chronologies des dynamiques de feux entre l'amont et l'aval du bassin versant.

Lors du Néolithique et de l'Age du Bronze, les deux seules dates de feux sont dans les fosses LAU 9 et LAU 4. Nous avons retrouvé des charbons datés du début de l'Age du fer (fin du subboréal), uniquement dans la zone sylvatique actuelle (N°3). Pour la fin de l'Age du fer jusqu'au début du Moyen-Age, les seuls charbons retrouvés sont dans les fosses situées en altitude (N°4-5), même si nous n'avons pas de traces de feux pour le début de la période romaine. Pour le moment, nous n'avons pas non plus de dates durant la période froide médiévale, alors qu'à l'OCM nous avons datés des fragments dans la zone extrasylvatiques (N°6). Lors de l'arrivée progressive du PAG, quelques feux sont répertoriés à basse altitude (N°7-8-9) puis aucune trace n'est enregistrée entre le 15<sup>e</sup> et le 18<sup>e</sup> siècle.

Nous ne pouvons affirmer que l'absence de dates durant un temps donné signifie absence de feux. Il est probable que nous n'avons pas récupéré tous les charbons du sol, de plus, il faudrait pouvoir dater tous les charbons d'une même fosse pour effectuer des chronologies.

Cela dit, le croisement avec d'autres données peut permettre d'envisager d'autres solutions.

Concernant la période romaine, les études archéologiques (Walsh, 2014) ont retrouvées peu de constructions de cette période dans les vallons alpins, ce qui s'explique soit par l'utilisation de matériaux peu solides, soit par des activités plutôt tournées vers les vallées. Pour aller dans le sens d'une utilisation de ces vallons à cette période, il nous faudrait dater des charbons du début de la période romaine.

La multiplication des charbons retrouvés dans la zone sylvatique à la transition OCM et PAG (n°6-7-8) sont concomitants avec l'augmentation de la part d'herbacées dans le diagramme pollinique, et l'enregistrement des pics d'occurrences des crues et d'avalanches (Fouinat., 2016). On peut envisager à cette période une augmentation des activités anthropiques impactant le seuil de déclenchement des événements extrêmes.

Aussi, les archives historiques permettent de soutenir l'hypothèse que l'utilisation des feux a diminuée durant le PAG. En effet, le début de cette période est marqué par une nette récession de la population à St Christophe en Oisans (Couteaux, 1983). On peut imaginer que cette récession brusque en 1 458 AD a été ressentie dans tout le Vénéon et aurait conduit à une moindre utilisation des vallons.

Enfin, d'après les archives historiques qui remontent au 17<sup>e</sup> siècle, le vallon avait principalement une vocation pastorale, les facteurs climatiques et l'entretien par les animaux pourraient expliquer le non-usage des feux dans un vallon riche en pâtures.

## 5. Des fosses qui témoignent des perturbations locales ?

Avec l'exemple des fosses LAU 8, LAU 9 et LAU 4, on peut détecter des traces de perturbations liées aux dynamiques géomorphologiques et pédologique du site.

En effet, on observe que la richesse en charbons du sol LAU 9 est visible dans les niveaux inférieurs (D-E-F) alors que les quelques charbons de LAU 8 sont dans les niveaux A-B-C. Nous savons que Lau 9 est situé sur une banquette herbeuse dans un versant raide, c'est donc un sol susceptible de collecter des matériaux (charbons et sédiments) venus de l'amont. A l'inverse LAU 8 est situé dans le versant raide, proche d'un couloir d'éboulis, est donc susceptible d'être remanié et de s'être stabilisé plus tardivement. Les dates obtenues, peu avant notre ère pour Lau 8 (N°4) et pendant la période romaine pour les niveaux inférieurs de Lau 9 (N°5), nous laissent penser que si LAU 9 recueille bien le signal local, les zones de fortes pentes sont susceptibles de voir disparaître leurs couches supérieures à cause de l'érosion, avec les charbons.

Enfin, l'érable est présent uniquement dans la fosse LAU 4. Cette fosse située à proximité d'un couloir de laves torrentielles en pente raide, témoigne de phases d'instabilité du versant. En effet, ce taxon, généralement accompagné de l'aulne, se développe à proximité des couloirs d'avalanches dans les milieux perturbés (David et Barbero, 2001).

Les informations recueillies ont permis de mettre en avant des taxons dont on connaît encore trop peu l'histoire dans les Alpes Nord-Occidentales comme le mélèze, l'épicéa et le pin cembro. Aussi, le sapin

reste encore discret sur ce site. Ceci fait du Lauvitel un site particulièrement intéressant, notamment du fait de la diversité d'espèces retrouvées dans les sols, ainsi que des jalons obtenus, qui permettent de remonter jusqu'au Néolithique. Cependant, les informations pédoanthracologiques sont encore trop fragmentaires et peu fournies pour pouvoir tenter des chronologies, que ce soit en termes de dynamiques des espèces et de dynamiques des feux. Pour cela il faudrait que nous puissions multiplier les prélèvements et les datations dans des endroits stratégiques (notamment à proximité de LAU 7 et sur des versants non soumis à une forte érosion) mais aussi que nous obtenions des données paléoenvironnementales locales plus précises (pédologie, palynologie, archéologie...) afin de croiser les sources et pallier le manque d'informations propre à chaque discipline.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Notre étude visait à reconstituer l'histoire du couvert végétal du Lauvitel à partir des charbons non archéologiques, afin de déterminer la limite supérieure atteinte par les ligneux ainsi que la richesse en essence ligneuse du passé, et afin de poser des jalons chronologiques des feux dans le vallon. Le site étudié est l'unique site de l'Oisans ayant fait l'objet de recherches pédoanthracologiques, les résultats obtenus sont donc à la fois uniques mais mériteraient d'être précisés.

Pour répondre à ces questions, nous avons identifié et daté des charbons, mais aussi effectué des recherches bibliographiques et historiques pour re-contextualiser notre étude dans le cadre des impacts des changements environnementaux et anthropiques holocènes du bassin versant, ainsi qu'une analyse géomorphologique permettant d'interpréter au mieux nos résultats.

Notre étude fournit donc des données indispensables à la poursuite des recherches paléoenvironnementales dans le vallon et les perspectives ouvertes sont nombreuses :

**-Approfondir la recherche des traces de feux**, notamment à partir d'un nouvel échantillonnage dans le vallon et de l'analyse des charbons contenus dans la carotte lacustre. Ce nouvel échantillonnage devra favoriser les banquettes-replat herbeux du fond de vallon, qui semblent être de véritable collecteur de charbons.

S'il s'avère que la présence de charbons dans la carotte lacustre est insignifiante, le mercure, un traceur des paléo-incendies, pourra être investigué, mais celui-ci ne permettra de donner qu'un signal régional de l'Oisans. En effet, les feux de forêts sont une source importante de contamination atmosphérique en mercure (Fitzgerald et Lamborg, 2009 in Brisset, 2014).

**-Effectuer de nouveaux prélèvements pédoanthracologiques** plus haut en altitude afin de déterminer l'altitude maximale atteinte par les ligneux, et retrouver des indices de certains taxons, dont l'histoire est encore mal connue. Après deux campagnes de prélèvements, les données sont encore trop peu denses.

### **-Mener des études archéologiques**

L'absence d'investigations archéologiques serait liée à des contextes locaux défavorables, du fait d'une reprise de la végétation trop importante sur les vestiges susceptibles d'être retrouvés.

De plus, la présence d'un abri sous roche est avérée mais non investigué pour des raisons d'accessibilité.

**-Amélioration de la résolution des analyses polliniques** au Lauvitel ainsi que dans les lacs voisins, qui doit passer notamment par un carottage plus profond, ou du moins qui s'étend sur une période plus longue. Ceci permettra notamment d'illustrer l'état du couvert végétal avant l'impact anthropique, de réaliser des chronologies à partir d'informations continues, et d'avoir non seulement une image plus détaillée de la part prise par les cultures céréalières ou le pastoralisme.

### **-Une nouvelle stratégie d'échantillonnage lacustre.**

Pour le moment, l'unique carotte lacustre prélevée au Lauvitel (Fouinat, 2016) est très perturbée par les dépôts avalancheux, il serait nécessaire de prospecter le bassin afin d'analyser une carotte lacustre non perturbée. Cela dit, cela semble compliqué puisque que le lac soit englacé ou pas, la neige des avalanches étant moins dense que l'eau, une auréole de neige se répand sur la surface du lac. Les dépôts avalancheux peuvent donc se déposer un peu partout dans le bassin.

### **-Etude des fossiles lacustres, marqueurs paléoclimatiques et du détritisme à partir des écosystèmes lacustres**

A partir de l'analyse des isotopes de l'oxygène contenus dans les fossiles lacustres, il est possible de reconstituer les conditions paléoclimatiques locales. Par exemple, il est possible de reconstituer les bilans hydrologiques in

situ à partir des diatomées et des ostracodes. Enfin, l'évaluation de l'importance des processus érosifs et des modifications du couvert végétal peut aussi se faire à partir de l'analyse des fossiles aquatiques comme les diatomées. En effet, l'étude des diatomées (leur productivité et diversité) permet de reconstituer les conditions physico-chimiques de l'eau et les variations du niveau lacustre, données qui peuvent être reliées aux dynamiques érosives et aux modifications du couvert végétal au sein du bassin-versant.

**-Connaitre les sources sédimentaires lacustres** en réponse aux changements de couverture végétale et de sensibilité des bassins-versants, **à partir d'analyses** pédologiques, géochimiques et géologiques

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLIX A.**, L'Oisans au Moyen Age. Etude de géographie historique en haute montagne. Faculté des Lettres de Grenoble, 1929.
- ANCEL B.**, 2010. Les anciennes mines métalliques des Alpes du Sud: bilan diachronique. Bibliothèque d'Archéologie Méditerranéenne et Africaine 4, p. 285–292.
- ARIZTEGUI D.-F., ARRIMOND P., MCKENZIE J.-A.**, 1996. Compositional variations in sedimentary lacustrine organic matter and their implications for high alpine Holocene environmental changes: Lake St Moritz, Switzerland. *Org. Geochem.* 24, p. 453-461.
- ARNAUD F., REVILLON S., DEBRET M., REVEL M., CHAPRON E., JACOB J., GIGUET-COVEX C., POULENARD J., MAGNY M.**, 2012. Lake Bourget regional erosion patterns reconstruction reveals Holocene NW European Alps soil evolution and paleohydrology. *Quat. Sci. Rev.* 51, p. 81-92.
- BAILLY-MAITRE M.-C.**, 2010. Extraction et traitement d'un minerai d'argent au Moyen Age (XIIe-XIVe siècle). *Archeosciences* 34, p. 221–233.
- BAJARD M., SABATIER P., DAVID F., DEVELLE A.-L., REYSS J.-L., FANGET B., MALET E., ARNAUD D., AUGUSTIN L., CROUZET C.**, 2016. Erosion record in Lake La Thuile sediments (Prealps, France): Evidence of montane landscape dynamics throughout the Holocene. *The Holocene* n° 26, p. 350–364.
- BEAULIEU J.-L., RICHARD H., RUFFALDI P., CLERC J.**, 1994. History of vegetation climate and human action in the French Alps and the Jura over the last 15 000 years, *Dissertationes Botanicae*, 234, p. 253-275.
- BLARQUEZ O., ALI A.-A., GIRARDIN M.-P., GRONDIN P., FRECHETTE B., BERGERON Y., HELY C.**, 2015. Regional paleofire regimes affected by non-uniform climate, vegetation and human drivers. *Sci. Rep.* n° 5, p. 33-56.
- BLARQUEZ O., CARCAILLET C., MOURIER B., BREMOND L., RADAKOVITCH O.**, 2010, Trees in the subalpine belt since 11 700 cal. BP: origin, expansion and alteration of the modern forest the Holocene, *20*, 1, p. 139-146.
- BRISSET E.**, Sensibilité des milieux de montagne aux forçages climatiques et anthropiques depuis 14 000 ans dans les Alpes du Sud : Approche multidisciplinaire (sédimentologie, géochimie, palynologie) et multi-sites (lac Petit, lac de Vens et lac d'Allos) , Aix Marseille Université, 2014.
- CARCAILLET C. et 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 Palynology*, 91, p. 399-416.
- CARCAILLET C. et TALON B.**, 1996, Aspects taphonomiques de la stratigraphie et de la datation de charbons de bois dans lessols : exemple de quelques sols des Alpes » *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 50, n° 2, 1996, p. 233-244.

**CARCAILLET C.**, 1998, A spatially precise study of fires, climate and human impact within the Maurienne valley, North French Alps. *Journal of Ecology* 86, p. 384-396.

**CHAPRON E., FAIN X., MAGAND O., CHARLET L., DEBRET M., MELIERES M.-A.**, 2007. Reconstructing recent environmental changes from proglacial lake sediments in the Western Alps (Lake Blanc Huez, 2543 m asl, Grandes Rousses Massif, France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 252, p. 586–600.

**CHARDON M.**, 1991, L'évolution tardiglaciaire et holocène des glaciers et de la végétation autour de l'Alpe d'Huez (Oisans, Alpes Françaises). *Revue de géographie alpine*, tome 79, n°2, p. 39-53.

**CLOUZOT E.**, 1918, A propos de la haute vallée du Vénéon à la fin du XVe siècle, *Recueil des travaux de l'institut de géographie alpine*, vol.6, N° 3, p. 333-380

**COHEN M.**, La végétation entre donné naturel et produit social. La biogéographie à l'épreuve de l'interdisciplinarité ? habilitation à diriger des recherches, Université Paris VII- Denis Diderot, 2002.

Bilan des 15 ans de la réserve intégrale du Lauvitel 1995-2010, Conseil Scientifique du Parc National des Ecrins.

**COUTEAUX M.**, 1980. Rapport préliminaire - Investigations pollenanalytiques dans le Parc national des Ecrins et dans sa zone périphérique, 18 p.

**COUTEAUX M.**, 1982a, Recherches pollenanalytiques en Oisans : le plateau de Brande (Alpe d'Huez, Isère, France). *Bull. Soc. Roy. Belg.* 115, p. 91-106

**COUTEAUX M.**, 1982b. La tourbière et le glacier de la Muzelle (Parc national des Ecrins). *Trav. Scient. Parc Nat. Ecrins*, 2, p. 31-52

**COUTEAUX M.**, 1983. Déboisements d'altitude par les charbonniers de l'Oisans : contribution pollenanalytique. 108<sup>e</sup> Congrès national des Sociétés savantes, *Philol. Et Hist.*, p. 69 à 87, Grenoble .

**COUTEAUX M.**, 1983. Géomorphologie et évolution phytogéographique tardiglaciaires et holocènes aux Deux-Alpes (Isère-France) : contribution pollenanalytique. *Revue de géographie alpine* 71, p. 143–163.

**COUTEAUX M.**, 1984 a. Présence, datages et signification phytosociologique de macrorestes de Pinus et de pollens de Pinus cembra à 2050 m dans le vallon de la Lavey (Massif des Ecrins, Isère, France). *Revue de Paléobiologie*, vol. spécial, p. 55-62.

**COUTEAUX M.**, 1984b. Les particularités pollenanalytiques de sédiments glaciaires en Oisans (Isère, France). *La Houille Blanche* 6/7, p. 433-443.

**COUTEAUX M., EDOUARD J.-L.**, 1987. La déglaciation du site du lac des Bèches (Massif des Ecrins). Etude pollenanalytique et glacio-morphologique. *Revue de géographie alpine* vol. 75 n°1, p 63-77.

**DAVID F.**, 1993a. Extension tardiglaciaire des pins dans les Alpes du Nord. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris (Paléobotanique)* 317, p. 123-129.

**DAVID F.**, 1993b. Evolution de la limite supérieure des arbres dans les Alpes Françaises du nord depuis la fin des temps glaciaires. Université d'Aix Marseille .

**DAVID F.**, 1997, Holocene tree limit in the Northern French Alps stomata and pollen evidence, *Review of palaeobotany and palynology* 97, p. 227-237.

**DAVID F.**, 2001a, Le tardiglaciaire des Etelles (Alpes françaises du Nord) : instabilité climatique et dynamique de végétation. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 324, p. 373-380.

**DAVID F.**, 2001b, Etablissements des étages de végétation holocène : vers la modélisation complète d'un massif. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 324 p.273-278.

**DAVID F.**, 2008, Diversité des paléopaysages dans les Alpes françaises depuis la dernière glaciation. Actes de la table ronde internationale de Gap, In *Archéologie de la montagne européenne*, 7 pp.

**DAVID F.**, 2013, , « Variabilité des enregistrements polliniques en montagne et reconstitutions paléoécologique », *Belgeo*, 3 .

**DAVID F. et BARBERO M.**, 2001, Les érables dans l'étage subalpin : une longue histoire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 324, p. 159-164.

**DEBRET M., CHAPRON E., DESMET M., ROLLAND-REVEL M., MAGAND O., TRENTESAUX A., BOUT-ROUMAZEILLE V., NOMADE J., ARNAUD F.**, 2010, North western Alps Holocenepaleohydrology recorded by flooding activity in Lake Le Bourget, France. *Quat. Sci. Rev.* 29, p. 2185-2200.

**DUPONT S., REY F., FAIVRE P.**, 1995. Etude pédologique, relations végétation, sols, géomorphologie. Pré-rapport de stage, Université de Savoie.

**EDOUARD J.-L.**, La forêt dans la Réserve intégrale du Lauvitel. Première approche dendroécologique, Rapport PNE, 11 p.

**FOUINAT L.**, Les territoires de montagne face aux changements globaux : une étude rétrospective autour de la station de ski des Deux Alpes, Université Grenoble Alpes, 2016

**FOUINAT L., SABATIER P., POULENARD J., REYSS J., MONTET X., ARNAUD F.**, 2017, A new CT scan methodology to characterize small aggregation gravel clast contained in soft sediment matrix, *Earth Surf. Dynam.* 5, p 199-209.

**FISCHESSER B.**, 1998, Les nouveaux défis d'une gestion durable et paysagère de la forêt de montagne, *Ingénieries-EAT*, n° 13, p. 41-55.

**FREMONT A.**, La terre, in *Les Lieux de mémoire*, tome III, Quarto Gallimard, 1997, p. 3047-3080 .

**GIGUET COVEX C., POULENARD J., DISNAR J.-R., DELHON C., FRANCUS P., DAVID F., ENTERS D., REY P.-J., DELANNOY J.-J.**, 2011. Changes in erosion patterns during the Holocene in a currently treeless subalpine catchment inferred from lake sediment geochemistry (Lake Anterne, 2063 m a.s.l., NW French Alps): The role of climate and human activities, *The Holocene*, vol. 21, n° 4, p. 651-665.

- HEIM J.**, Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Université. de Louvain, Laboratoire de palynologie et de Phytosociologie, 181 p.
- HOLZHAUSER H., MAGNY M., ZUMBUHL H.-J.**, 2005. Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. *Holocene*, vol. 15, p. 789-801.
- JACQUIOT C.**, 1955, Atlas d'anatomie des bois des Conifères. Paris. Centre technique du bois. 2 tomes. 133p.
- LATOLAWA M., VAN DER KNAAP O. W.**, 2006, Late Quaternary expansion of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. in Europe according to pollen data, *Quaternary Science Reviews*, vol. 25, p. 2780-2805
- LEGROS M., LEGROS A.**, 1979. Histoire des anciennes mines et gîtes de l'Oisans: les grands centres miniers de l'Isère. Albi, les Presses Midi Pyrénées, 285 pp.
- MULLER S.D., NAKAGAWA T., BEAULIEU J.-L., COURT-PICON M., FAUQUETTE S., GENRIES A.** 2006, Paléostructures de végétation à la limite supérieure des forêts dans les Alpes françaises internes. *C. R. Biologies* 329, p. 502-511 .
- NAKAGAWA T.**, Etudes palynologiques dans les Alpes Françaises centrales et méridionales : Histoire de la végétation tardiglaciaire et Holocène, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III. 1998.
- NAKAGAWA T., EDOUARD J.-L., BEAULIEU J.-L.**, 2000, Scanning electron microscopy (SEM) study of sediments from Lake Cristol, southern French Alps, with special reference to the identification of *Pinus cembra* and other Alpine *Pinus* species based on SEM pollen morphology *Review of Palaeobotany and Palynology* n° 108.
- NESJE A., MATTHEWS J.- A., DAHL O. BERRISFORD M.-S., ANDERSSON C., C.** 2001. Holocene glacier fluctuations of Flatebreen and winter-precipitation changes in the Jostedalbreen region, western Norway, based on glaciolacustrine sediment records. *The Holocene* Vol 11, n°3, p 267-280.
- NOEL H., GARBOLINO E., BRAUER A.**, 2001, Human impact and soil erosion during the last 5000 yrs as recorded in lacustrine sedimentary organic matter at Lac d'Annecy, the French Alps *Journal of Paleolimnology* , Vol. 25, [Issue 2](#), p. 229–244.
- OZENDA P.**, 1985, La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen, Paris, Masson, 385 pp.
- PONEL P., BEAULIEU J.-L., TOBOLSKI K.** , 1992, Holocene palaeoenvironments at the timberline in the Taillefer Massif, French Alps : a study of pollen, plant macrofossils and fossil insect. *Holocene* vol 2 n°2, p. 117-130.
- RIUS D., VANNIERE B., GALOP D.**, 2012, Holocene history of fire, vegetation and land use from the central Pyrenees (France). *Quat. Res.* 77, p. 54-64.
- ROBIN V., RICKERT B-H, NADEAU M-J, NELLE O.**, 2012, Assessing Holocene vegetation and fire history by a multiproxy approach: the case of Stodthagen Forest (Northern Germany), *The Holocene* vol. 22, p.337-346.
- SAULNIER M., TALON B., EDOUARD J.-L.**, 2015, New pedoanthracological data for the long-term history of forest species at mid-high altitudes in the Queyras Valley (Inner Alps) *Quaternary International* 366, p. 15-24.
- SCHWORER C., COLOMBAROLI D., KALTENRIEDER P., REY F., TINNER W.**, 2015, Early human impact (5000–3000 BC) affects mountain forest dynamics in the Alps, *Journal of Ecology*, 103, p. 281–29

**SIMON L.**, 2000, Les potentialités forestières : de l'approche naturaliste à l'approche géographique, habilitation à diriger des recherches, Université de Paris 1-Panthéon Sorbonne, 437 p.

**SIMONNEAU A., CHAPRON E., GARCON M., WINIARSKI T., GRAZ Y., CHAUVEL C., DEBRET M., MOTELICA-HEINO M., DESMET M., DI GIOVANNI C.**, 2014. Tracking Holocene glacial and high-altitude alpine environments fluctuations from minerogenic and organic markers in proglacial lake sediments (Lake Blanc Huez, Western French Alps), *Quaternary Sciences Reviews* 89, p. 27-43.

**TALON B.**, 1997. Etude anatomique et comparative de charbons de bois de *Larix decidua* Mill. et de *Picea abies* (L.) Karst. C.R. Acad. Sci Paris., vol. 320, n°7, p. 581-588.

**TALON B., CARCAILLET C. & THINON M.**, 1998, Apport de la pédoanthracologie à l'étude des variations de la limite supérieure des arbres dans les Alpes françaises. *Géographie physique et Quaternaire* 52, p. 195-208.

**TALON B.**, 2010, Reconstruction of Holocene high-altitude vegetation cover in the French southern Alps: evidence from soil charcoal, *The Holocene* vol.20, p. 35–44.

**TALON B.**, 2014, Histoire de la végétation forestière de la Réserve intégrale du Lauvitel, Approche pédoanthracologique, Rapport Final.

**TESSIER, L., BEAULIEU, J.-L., COUTEAUX M., EDOUARD J.-L., PONEL P., ROLANDO C., THOMAS A., THINON M., TOBOLSKI K.**, 1993. Holocene palaeoenvironment at the timberline in the Alps (Taillefer Massif, French Alps): a multidisciplinary approach. *Boreas*, 22, p. 244-254.

**THEURILLAT J.-P., GUISAN A.**, 2001, Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Climatic Change* 50, p. 77-109.

**THINON M.**, 1978 La pédoanthracologie : une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le Néolithique. C.R.Acad. Sc.Paris, vol. 287.

**THINON M.**, L'analyse pédoanthracologique. Aspects méthodologiques et applications., Université Aix-Marseille 3, 1992.

**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. p. 45-5

**VANNIERE B., BLARQUEZ O., RIUS D., DOYEN E., BRUCHER T., COLOMBAROLI D., CONNOR S., FEURDEAN A., HICKLER T., KALTENRIEDER P., LEMMEN C., LEYS B., MASSA C., OLOFSSON J.**, 2015, 7000-year human legacy of elevation-dependent European fire Regimes, *Quaternary Science Reviews* 132, p. 206-212.

**WALSH K., COURT-PICON M., BEAULIEU J.-L., GUITER F., MOCCI F., RICHER S., SINET R., TALON B., TZORTZIS S.**, 2014, A historical ecology of the Ecrins (Southern French Alps): Archaeology and palaeocology of the Mesolithic to the Medieval period, *Quaternary international* 353, p. 52-73.

## ANNEXES

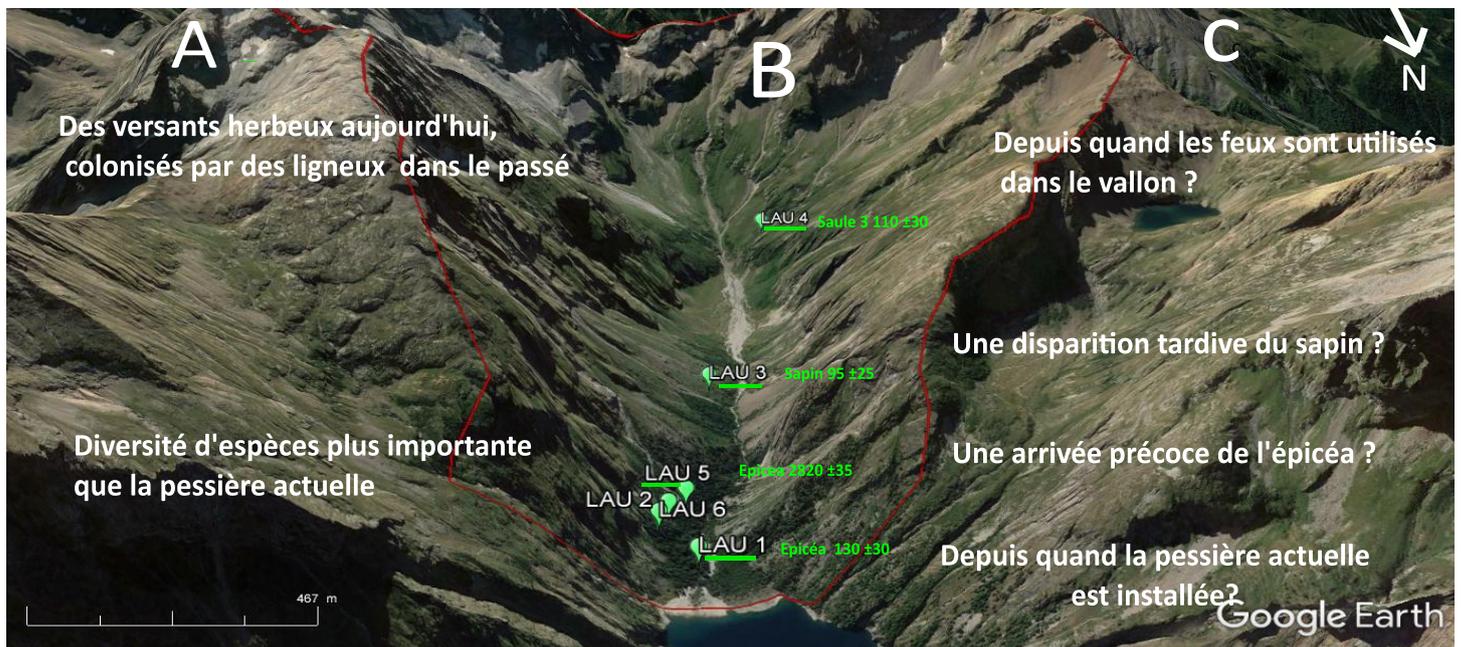
**Annexe 1** : Résultat des identifications des sols de 2012. In Talon 2014.

	Lau 1	Lau 6	Lau 5	Lau 3	Lau 4
<i>cf Picea</i>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	0	<b>x</b>
<i>Pinus cembra</i>	0	<b>x</b>	0	0	<b>x</b>
<i>Juniperus sp</i>	0	0	<b>x</b>	0	0
<i>Abies</i>	0	0	0	<b>x</b>	0
<i>Acer sp</i>	0	0	0	0	<b>x</b>
<i>Alnus</i>	0	0	0	0	<b>x</b>
<i>Betula</i>	0	0	0	0	<b>x</b>
<i>cf Sorbus</i>	0	0	0	0	<b>x</b>
<i>cf Prunus</i>	0	0	0	0	<b>x</b>
<i>Rosaceae</i>	0	0	0	0	<b>x</b>

**Annexe 2** : Dates <sup>14</sup>C des charbons de 2012, par ordre chronologique. In Talon, 2014.

<u>Fosse</u>	<u>(cm)</u>	<u>Taxon</u>	<u>Age BP</u>	<u>Age cal. BP</u>	<u>Age cal. BC-AD</u>
Lau 3 B	10-20	<i>Abies</i>	95 ± 25	24-141	1809- 1926 AD
Lau1 C	16-22	<i>Picea</i>	130 ± 30	56-151	1675- 1777 AD
Lau 5 D	30-40	<i>Picea</i>	2820 ± 35	2845 - 3037	1088- 896 BC
Lau 4 D	30-70	<i>Salix</i>	3110 ± 30	3237 - 3386	1437- 1288 BC

**Annexe 3 : Résultats pédoanthracologiques de 2012 et stratégie adoptée dans notre étude**



— Limites de la réserve

Année d'échantillonnage des fosses

📍 2012      📍 2016



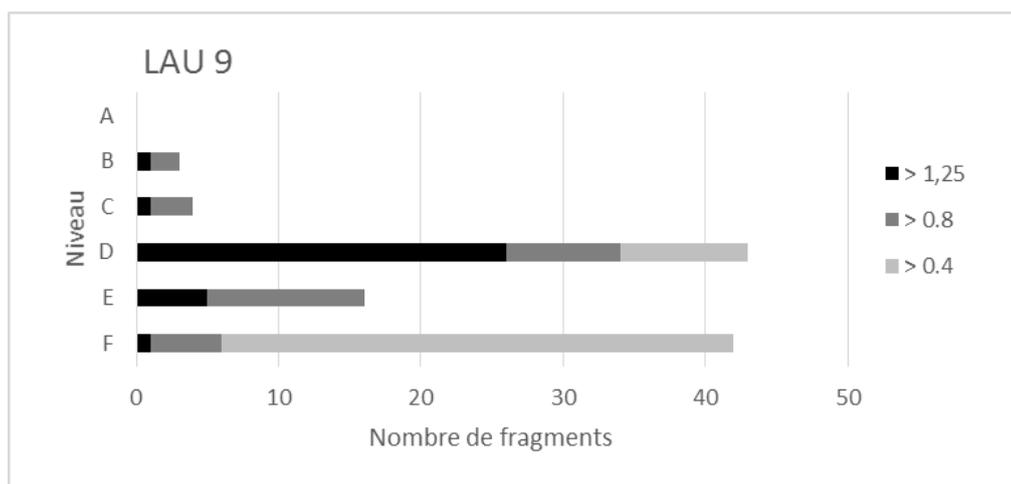
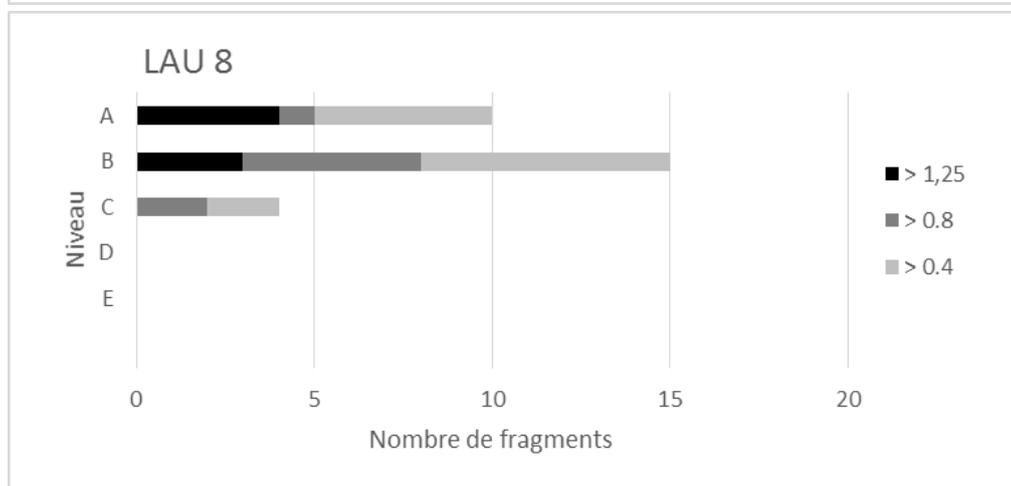
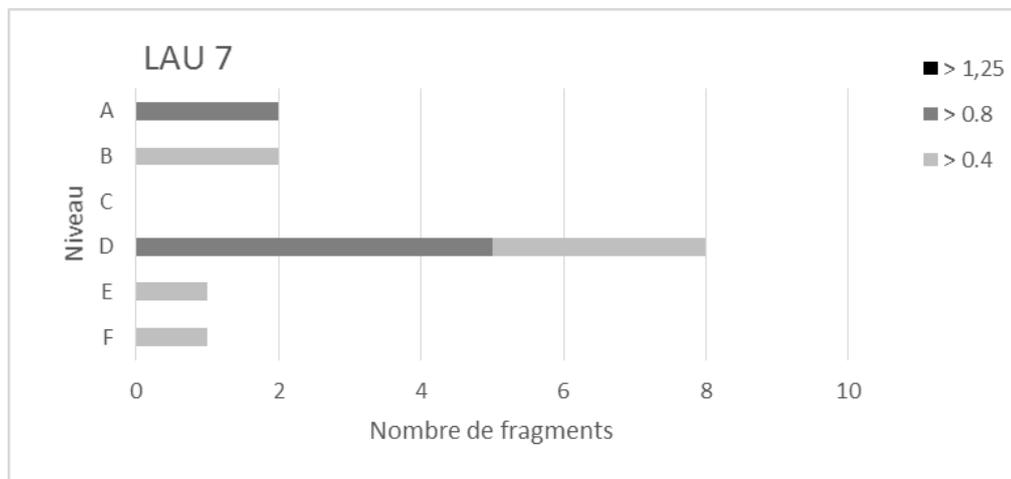
A: Hypothèses de départ de l'étude  
 B: Datations réalisées en 2012  
 C: Questions posées dans notre étude

D: Stratégie d'échantillonnage et de datations en attentes, mise en place dans notre étude

**Annexe 4** : Fragments de charbons identifiés sur les sols de 2016, classés par niveau et taille.

Fosses	Niveaux	Profondeur (cm)	> 1,25 mm	> 0,8 mm	> 0,4 mm	TOTAL
<b>LAU 8</b> 2 060 m	A	5-20	4	1	5	29
	B	20-30	3	5	7	
	C	30-40	0	2	2	
	D	40-50	0	0	0	
	E	50-70	0	0	0	
<b>LAU 9</b> 2 050 m	A	0-10	0	0	0	108
	B	10-20	1	2	0	
	C	20-30	1	3	0	
	D	30-40	26	8	9	
	E	40-50	5	11	0	
	F	50-60	1	5	36	
<b>LAU 7</b> 2 030 m	A	0-10	0	2	0	14
	B	10-20	0	0	2	
	C	20-30	0	0	0	
	D	30-40	0	5	3	
	E	40-50	0	0	1	
	F	50-60	0	0	1	
<b>LAU 11</b> 1 670 m	A	5-20	0	0	0	4 (en cours)
	B	30-30	0	1	3	
	C	30-40	0	0	0	
	D	40-50	0	0	0	
	E	50-70	0	0	0	
<b>LAU 10</b> 1 680 m	A	5-25	0	0	0	0 (en cours)
	B	25-45	0	0	0	
<b>LAU 12</b> 1 572 m	A	5-20	0	0	0	0 (en cours)
	B	20-40	0	0	0	
	C	40-50	0	0	0	

**Annexe 6 : Taille des fragments par sols et niveaux.**



## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	5
I. PRESENTATION DU CONTEXTE DE RECHERCHE ET DU SITE D'ETUDE .....	10
A. Conditions paléoenvironnementales de l'Oisans et du Lauvitel .....	10
1. Chronologies glaciaires et forçages climatiques dans l'Oisans.....	10
2. Evolution du couvert végétal montagnard et subalpin en lien avec le climat et les activités anthropiques	12
3. Evolution du couvert végétal et occurrences d'événements extrêmes au Lauvitel .....	15
B. Présentation générale du Lauvitel.....	17
1. Contexte géographique et géomorphologique du Lauvitel .....	17
2. Dynamique actuelle de la végétation .....	25
c) Dynamiques géomorphologiques, pédogénèse et végétation.....	27
C. Archives des activités anthropiques dans l'Oisans et au Lauvitel .....	28
1. Une histoire de l'occupation humaine de l'Oisans encore peu documentée .....	28
2. La « Montagne du Lovitel », ou l'histoire du vallon à partir des archives historiques depuis le 17 <sup>e</sup> siècle .	29
D. Une campagne pédoanthracologique amorcée depuis 2012 .....	31
1. Rappel de la campagne 2012.....	31
2. Questions et nouveaux objectifs pour notre étude .....	33
3. Présentation et descriptions des nouvelles fosses.....	33
II. METHODES .....	39
A. La paléoécologie .....	39
1. La palynologie .....	39
2. La pédoanthracologie .....	39
B. Méthodologie adoptée.....	40
C. Application de la pédoanthracologie.....	42
1. Echantillonnage .....	42
2. Tamisage humide.....	42
3. Le tri.....	43
4. L'identification .....	43
5. Interprétation des données.....	45
III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	46
A. Résultats quantitatifs et qualitatifs .....	46
1. Quantité de charbons récoltés et identifiés .....	46

2. Des charbons rares, petits, légers et en mauvais état.....	47
3. Résultats des identifications.....	48
B. Datations.....	50
C. Résultats détaillés des fosses .....	50
1. LAU 5, LAU 4, LAU 7, LAU 8, LAU 9 .....	51
2. LAU 6 et LAU 2 .....	53
D. Interprétations.....	55
1. Un peuplement mixte relativement ouvert dans la zone extrasylvatique.....	55
2. Des précisions sur l’histoire des taxons.....	55
3. Histoire de la pessière actuelle.....	58
4. Liens entre le climat, les activités anthropiques et les événements extrêmes.....	58
5. Des fosses qui témoignent des perturbations locales ? .....	59
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	61
BIBLIOGRAPHIE.....	63
ANNEXES.....	68
.....	71
.....	71
TABLE DES MATIERES .....	72
TABLE DES FIGURES .....	73
TABLE DES PHOTOS .....	74
TABLE DES TABLEAU .....	74

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Situation des sites de L'Oisans ayant fait l'objet d'études paléoenvironnementales.....	11
Figure 2 : Synthèse des études paléoenvironnementales en Oisans et au Lauvitel .....	14
Figure 3 : Liens entre l'ouverture du milieu, les occurrences d'événements extrêmes et les fluctuations glaciaires enregistrées dans les Alpes .....	16
Figure 4 : Situation de la RI du Lauvitel .....	17
Figure 5 : La RI au sein du bassin versant du Lauvitel. ....	19
Figure 6 : Carte géologique du Lauvitel .....	20
Figure 7 : Carte de Cassini.....	22
Figure 8 : Carte géomorphologique et du couvert végétal du Lauvitel.....	24
Figure 9 : Le Lac et le vallon en 1881.....	25
Figure 10 : Carte d'Etat major.....	30
Figure 11 : Situation des fosses réalisées en 2012. ....	32
Figure 12 : Situation des fosses supplémentaires réalisées en 2016 .....	34

Figure 13 : Synthèse des fosses 2012-2016.....	38
Figure 14 : Vue 3D des trois plans ligneux chez un conifère .....	44
Figure 15 : Nombre de charbons récoltés par sols.....	46
Figure 16 : Nombre de charbons récoltés par classe de taille.....	46
Figure 17 : Diagramme anthracologique du sol Lau 6.....	54
Figure 18 : Synthèse des dates obtenues par rapport aux études paloécologiques locales.....	57

## TABLE DES PHOTOS

Photo 1 : Le lac du Lauvitel au 21e siècle.....	21
Photo 2 Le lac du Lauvitel à la fin du printemps.....	22
Photo 3 : 2 Le lac en 1912 I.....	26
Photo 4 : Vision de la pessière en rive actuelle .....	26
Photo 5 : Aulnes vert sur le verrou rocheux .....	27
Photo 6 : Humidification des sols. ....	42
Photo 7 : Récupération du surnageant .....	42
Photo 8 : Mise à l'étuve des éléments par classe de taille .....	43
Photo 9 : Coupe transversale x200.Epicea .....	44
Photo 10 : Coupe tangentielle x 200.Epicea .....	44
Photo 11: Coupe radiale x500 Epicea .....	44
Photo 12 Synthèse radiale x500 Pin cembro .....	49
Photo 13 : Tangentielle x500 Pin cembro.....	49
Photo 14: Radiale x500 Pin cembro .....	49

## TABLE DES TABLEAU

Tableau 1 : Dates AMS des charbons du Lauvitel.....	50
---	----

## Résumé

Dans le cadre de l'axe de travail « reconstituer l'histoire du passé » de la Réserve Intégrale du Lauvitel, une étude sur l'histoire de la végétation en relation avec les incendies et les activités anthropiques du vallon a été initiée en 2012, entre le Parc National des Ecrins et l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie.

En Oisans, les études paléoenvironnementales sont encore rares, et quelques études polliniques ont esquissées les premières dynamiques d'évolution de la végétation holocène. Aucune étude pédoanthracologique n'avait été faite avant 2012. Une seconde campagne a été initiée en 2016. Au total, 11 fosses et 18 dates  $^{14}\text{C}$  remontant jusqu'au Néolithique, ont permis de confirmer que le vallon du Lauvitel a connu par le passé une végétation plus diversifiée que l'actuelle pessière, que la limite des arbres était plus élevée qu'actuellement, et nous a aussi permis de confirmer la présence de taxons dont on connaît peu l'histoire (mélèze, pin cembro, épicéa...). Le croisement avec des sources historiques, climatiques et paléoenvironnementales permet d'amorcer des chronologies dynamiques de la végétation. Cependant, avec des informations trop ponctuelles, la multiplication des fosses pédoanthracologiques et des dates est nécessaires pour préciser les dynamiques locales (notamment les différences en termes d'exposition) mais aussi que nous puissions croiser les sources locales (pédologie, palynologie, archéologie...) afin de pallier le manque d'informations propre à chaque discipline.