



HAL
open science

Évolution altitudinale de la végétation sur le massif du Vercors du Tardiglaciaire à aujourd'hui

Aurélie Ajas

► **To cite this version:**

Aurélie Ajas. Évolution altitudinale de la végétation sur le massif du Vercors du Tardiglaciaire à aujourd'hui : le cas particulier de la Combe Chevalière (1 653 m). Sciences de l'environnement. 2020. hal-03116337

HAL Id: hal-03116337

<https://ephe.hal.science/hal-03116337>

Submitted on 20 Jan 2021

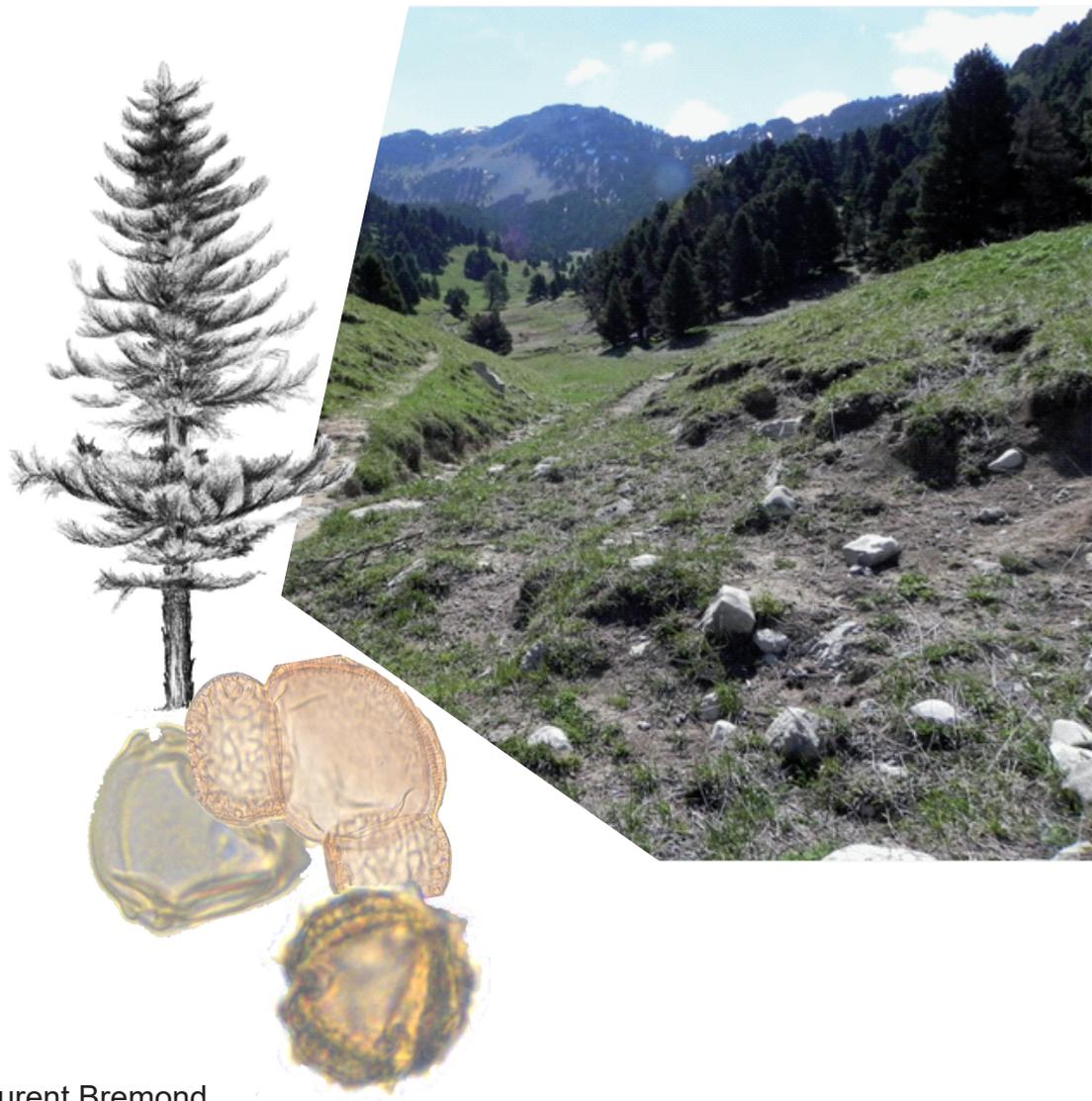
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

EVOLUTION ALTITUDINALE DE LA VÉGÉTATION SUR LE MASSIF DU VERCORS DU TARDIGLACIAIRE À AUJOURD'HUI

LE CAS PARTICULIER DE LA COMBE CHEVALIÈRE (1 653 M)

AURÉLIE AJAS



Jury :

Président : Laurent Bremond

Tutrice pédagogique : Stéphanie Desprat

Tutrice scientifique : Maria Fernanda Sanchez-Goñi

Examinatrice : Jacqueline Argant

Examineur : Régis Picavet

Rapporteur(e) : Ana Ejarque Montolio

EVOLUTION ALTITUDINALE DE LA VÉGÉTATION SUR LE MASSIF DU VERCORS DU TARDIGLACIAIRE À AUJOURD'HUI

LE CAS PARTICULIER DE LA COMBE CHEVALIÈRE (1 653 M)

AURÉLIE AJAS

Photographie : entrée de la Combe Chevalière par le nord. Cliché de Régis PICAUVET

Photographie de pollen : Aurélie AJAS

Dessin de *Pinus uncinata* : www.rustica.fr modifié

Jury :

Président : Laurent Bremond

Tutrice pédagogique : Stéphanie Desprat

Tutrice scientifique : Maria Fernanda Sanchez-Goñi

Examinatrice : Jacqueline Argant

Examineur : Régis Picavet

Rapporteuse : Ana Ejarque Montolio

Remerciements

Je tiens à remercier le parc naturel du Vercors ainsi que Régis Picavet de m'avoir confié l'étude palynologique de la Combe Chevalière, mais également l'entreprise Paléotime pour laquelle je travaille, et qui m'a donné l'opportunité de suivre cette formation. Mes remerciements vont également à mes tutrices Maria Fernanda Sanchez Goñi et Stéphanie Desprat, auxquelles j'associe également Jacqueline Argant, pour leurs conseils et leur soutien tout au long de ce travail et tout particulièrement de sa rédaction. Je remercie également le laboratoire EPOC de m'avoir accueillie lors de ce stage ainsi que tous les professeurs, de l'EPHE ou non, qui ont maintenu leurs cours malgré le confinement. Enfin, un grand merci à toutes les personnes palynologues ou non qui ont bien voulu relire mon travail. Louissette et Sophie, merci à vous pour avoir su dénicher toutes les coquilles dans le texte. Merci également à Ida, dont les rares siestes m'ont laissé le temps de terminer la rédaction de ce mémoire et à Thomas pour son soutien en toutes circonstances.

Sommaire

I.	Introduction	6
II.	Le Vercors aujourd'hui	11
1.	Géologie, climat et végétation des Alpes occidentales :	11
2.	Climat et végétation du massif du Vercors	17
III.	Evolution de la végétation dans les Alpes occidentales	28
1.	Impact des glaciations	28
2.	L'évolution de la végétation dans le massif du Vercors depuis le dernier maximum glaciaire jusqu'à l'actuel.....	32
a)	Étage collinéen (jusqu'à 350 m d'altitude) :	32
b)	Étage montagnard (entre 350 et 1 500m d'altitude) :.....	33
c)	Synthèse	39
IV.	Evolution de la végétation à l'étage subalpin au cours des derniers 15 000 ans : La séquence de la Combe Chevalière (Chichilienne)	43
1.	Matériel d'étude	43
a)	Le site d'étude	43
b)	L'étude géomorphologique :.....	44
2.	Méthodologie	47
a)	La datation de la séquence sédimentaire.....	47
b)	L'analyse pollinique	48
3.	Résultats	50
a)	Les datations radiocarbones.....	50
b)	L'enregistrement pollinique.....	53
4.	Résultats et interprétation des zones polliniques : évolution de la végétation à la Combe Chevalière.....	62
V.	L'évolution de la végétation à différentes altitudes dans le Massif du Vercors	69
VI.	Conclusion.....	78
	Annexes : Diagrammes polliniques de Grand Lemps (Clerc J. 1988).....	89

Index des figures

Figure 1 : localisation des principaux sites archéologiques identifiés sur le massif du Vercors (Picavet et al. 2014).....	6
Figure 2 : Biogéographie de la chaîne alpine (d'après P. Ozenda, 1985). Les principales villes sont désignées par leurs initiales.	11
Figure 3 : L'angle de continentalité de Gams pour la station de Villard-de-Lans (Vercors (v)), (d'après P. Ozenda, 1985). La continentalité s'exprime par le rapport P/A entre la moyenne annuelle des précipitations hivernales et l'altitude du lieu considéré, c'est à dire la cotangente de l'angle.	12
Figure 4 : extrait de la carte géologique de la France au 1 :1 000 000 (BRGM), centré sur le massif du Vercors et la limite entre les Alpes nord et sud-occidentales.	16
Figure 5 : diagramme ombrothermique des stations météorologiques de Grenoble et de Montélimar (Météo France)	17
Figure 6 : Localisation des 3 stations météorologiques (D : Darbounouse ; G : près de Gerland ; J : Jardin du Roi) installées dans la réserve naturelle des Hauts-Plateaux du Vercors (la limite du parc régional est indiquée en pointillés ; le relief est représenté à partir d'un modèle numérique de terrain d'une résolution de 75 m). D'après Bigot et al. 2006 modifié.....	18
Figure 7 : carte topographique du Vercors représentant les différentes régions naturelles. (Ewanar Born : GFDL, modifié).	19
Figure 8 : coupe schématique du massif du Vercors d'ouest en est, des monts du matin au grand Veymont, les étages de végétation ont été définis d'après les travaux du Dr. J. Offner (1920).	20
Figure 9 : la série préalpine de <i>Pinus uncinata</i> (d'après P. Ozenda, 1985 modifié).	24
Figure 10 : Carte de végétation simplifiée du massif du Vercors (d'après les cartes de végétation de la Chapelle en Vercors (Gobert et al. 1963) et de Grenoble (Clerc J. 1964))....	26
Figure 11 : Carte de la végétation en Europe occidentale : a) végétation à la fin de la glaciation würmienne. b) végétation actuelle. (D'après O. Polunin et M. Walter, 1985 modifiée)	28

Figure 12 : Localisation du complexe de moraines externes (CME) attribué à la glaciation rissienne et du complexe de moraines internes (CMI) attribué à la glaciation würmienne (S. Coutterand, 2010).....	29
Figure 13 : a) paléogéographies des glaciers des Alpes occidentales au Riss (G. Montjuvent, 1973). b) paléogéographie des glaciers des Alpes occidentales au Würm (S. Coutterand, 2010).....	31
Figure 14: emplacement des différents sondages présentés dans les travaux de J. Becker (1952), J.-L. de Beaulieu et G. Monjuvent(1985), J. Clerc (1988), T. Nakagawa (1998) et J. Argant (2018).	35
Figure 15 : tableau synthétique des variations de végétation au cours du temps et en fonction de l'altitude.....	41
Figure 16 : Extrait de la carte géologique de Mens au 1 : 50 000 (Arnaud et al.1974, modifiée).	43
Figure 17 : position des sondages pour les analyses palynologiques, sédimentologiques et les datations. Etude géomorphologique de la Combe Chevalière (B. Moulin dans Picavet et al. 2019 modifiée).	45
Figure 18 : corrélation entre les carottes S4, S5 et S6 (d'après B. Moulin dans Picavet et al. 2019).....	46
Figure 19 : prélèvement de la carotte S4 dans la Combe Chevalière à l'aide d'un carottier russe (photographies : Agnès Trégret)	48
Figure 20 : modèle âge/profondeur (B. Moulin dans Picavet et al. 2019, modifiée).....	52
Figure 21 : concentration pollinique et quantité d'indéterminés (cassés et corrodés) en fonction de la profondeur.	53
Figure 22 : extrait du diagramme palynologique comprenant le pollen d'arbres. A droite du diagramme les chiffres 1 à 9 indiquent les zones polliniques. Les courbes ayant été multipliées par dix présentent un maximum inférieur à 5%.	59
Figure 23: extrait du diagramme palynologique comprenant les herbacées ubiquistes. Les courbes ayant été multipliées par dix présentent un maximum inférieur à 5%.....	60

Figure 24 : extrait du diagramme palynologique comprenant les herbacées xérophiiles et héliophiles ainsi que les herbacées steppiques et le MNP. Les courbes ayant été multiplié par dix présente un maximum inférieur à 5%.	61
Figure 25 : synthèse de l'interprétation et de l'identification de chronozones pour la séquence étudiée.	65
Figure 26: photographie du MNP : Hdv119.....	67
Figure 27 : profil altimétrique selon un axe nord/sud du site de Grand-Lemps jusqu'à la Combe Chevalière et évolution de la végétation en fonction de l'altitude au cours du Dryas ancien. La légende portant sur les différentes catégories végétales est applicable aux figures 2 et 3.	70
Figure 28 : évolution de la végétation en fonction de l'altitude sur le massif du Vercors au cours du Bølling, de l'Allerød, du Dryas récent et du Préboréal.	72
Figure 29 : évolution de la végétation en fonction de l'altitude sur le massif du Vercors au cours du Boréal, de l'Atlantique, du Subboréal et du Subatlantique.	74

Index des tableaux

Tableau 1 : Phases climatiques caractérisant les derniers 15 000 ans (d'après Blytt and Sernander in de Beaulieu, Striae, 1982).....	8
Tableau 2 : Disposition schématique des séries de végétation des Alpes en fonction de leur écologie, le massif du Vercors se situe dans la série de l'Alpin calcicole (P. Ozenda, 1985). 14	
Tableau 3 : Synthèse des datations radiocarbone réalisées au Centre de datation par le radiocarbone de Lyon.	51
Tableau 4 : synthèse de l'étude palynologique menée sur la carotte S4. Les échantillons en vert correspondent aux échantillons analysés, ceux en bleu aux échantillons nécessitant le comptage d'une seconde lame et les échantillons stériles sont en gris.	55

I. Introduction

Le massif du Vercors est une zone intéressante pour réaliser des études paléoécologiques dans le but de comprendre la dynamique de la végétation en réponse aux changements climatiques et anthropiques des derniers millénaires. Tout d'abord de par sa position géographique, à la frontière entre les Alpes du sud et celles du nord. Il supporte des influences climatiques méditerranéennes et continentales ce qui a pour conséquence une végétation très variable en fonction du versant étudié. Le Vercors est également un point de passage important pour l'homme avec la présence de nombreux sites archéologiques parmi lesquels on peut citer la Grande Rivoire (Mésolithique, Néolithique) située à Sassenage ou encore le site de Pré Peyret à Gresse-en-Vercors et qui correspond à une station mésolithique en bordure des hauts plateaux.

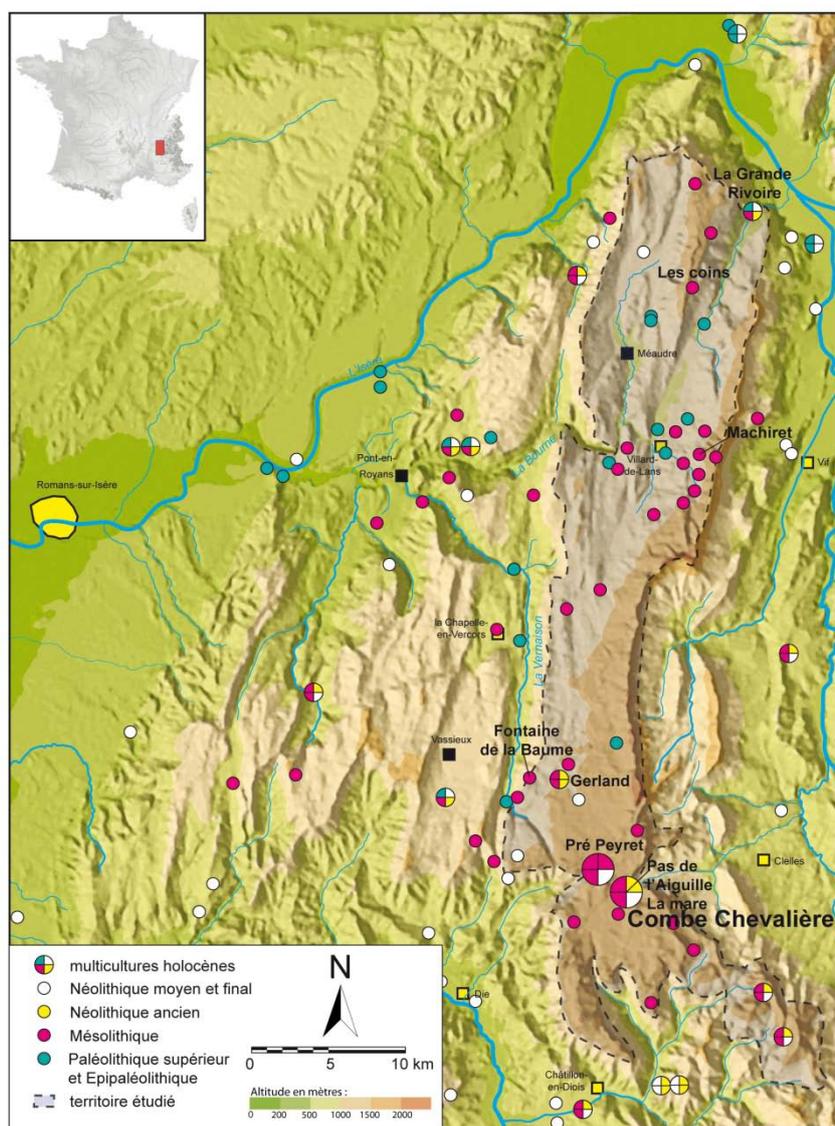


Figure 1 : localisation des principaux sites archéologiques identifiés sur le massif du Vercors (Picavet et al. 2014)

Les relations entretenues par l'homme et son environnement sont d'autant plus importantes que l'on remonte dans le temps. L'environnement et *a fortiori* le climat influencent les activités humaines ne serait ce que d'un point de vue alimentaire. *A contrario* l'homme exerce également une pression non négligeable sur son environnement, en particulier à partir du Néolithique, que ce soit par le biais de déboisement, de l'agriculture ou du pastoralisme (Court-Picon *et al.* 2006). Le massif du Vercors abritant de nombreux sites il est important de pouvoir les replacer dans un contexte environnemental (Figure 1).

Plusieurs proxies existent permettant une reconstitution paléo-environnementale de la végétation : les pollens, les charbons de bois, les phytolithes ou encore les macrorestes végétaux (graines, bois, etc.). Toutefois, la palynologie est l'une des rares disciplines qui soit représentative de l'abondance et de la composition floristique de la végétation, les macrorestes végétaux, bois, charbons étant souvent trouvés dans les sites archéologiques et leurs assemblages biaisés par un choix humain préalable. Quant aux restes siliceux des phytolithes, le rapport entre la morphologie des phytolithes et les plantes sources n'est pas toujours univoque et particulièrement dans la région méditerranéenne (Bremond *et al.* 2004). Les assemblages polliniques trouvés dans les sédiments sont le résultat de la pluie pollinique produit par les plantes et l'on considère que cette pluie représente fidèlement la végétation. De fait la majeure partie du pollen est dispersé à moins d'une centaine de mètres de la plante qui l'a produit (Reille M. 1990). En outre la spécificité morphologique des grains de pollen et des spores permet de déterminer la plante à leur origine et leur grande résistance à la corrosion en font des fossiles très intéressants à condition que le milieu d'enfouissement soit propice à leur conservation. Les tourbières acides constituent un milieu idéal mais les tourbières basiques, les lacs, les lagunes et les zones humides sont également des milieux très favorables.

Le Vercors présente quelques zones humides très favorables à une bonne conservation pollinique, en particulier à l'étage montagnard où se trouvent des tourbières et des lacs permettant de reconstituer la végétation depuis la fin du dernier maximum glaciaire, Dryas ancien (~18,000 ans BP), jusqu'à l'actuel. Ainsi plusieurs études palynologiques ont été réalisées sur le massif depuis les années 50 jusqu'à très récemment (Clerc J., 1988 ; Becker J., 1952 ; Nakagawa T., 1998 ; Argant J., 2018). Malgré la présence à plus haute altitude de sites archéologiques il n'y avait pas d'étude palynologique. La raison se trouvant essentiellement dans la rareté de zones propices à une bonne conservation pollinique. Il n'y a pas de tourbières sur les Hauts-Plateaux et les zones humides sont rares. A cet égard la Combe Chevalière constitue une zone humide particulièrement intéressante. Bien que partiellement

en eau, en particulier lors de la fonte des neiges, ce site de l'étage subalpin présente une bonne conservation pollinique et offre la possibilité d'étudier l'évolution de la végétation à l'étage subalpin depuis le Tardiglaciaire jusqu'à aujourd'hui. Cette période couvrant les derniers 15 000 ans a été caractérisée par une série de phases climatiques qui sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Phases climatiques caractérisant les derniers 15 000 ans (d'après Blytt and Sernander in de Beaulieu, *Striae*, 1982).

datation cal. BP (d'après Richard, 1999)	climat en europe	Période		Période culturel
0 - 2 835	Frais et humide	Holocène	Subatlantique	âge du fer, période romaine, moyen âge, époque moderne et contemporaine
2 835 - 5 450	Frais et sec		Subboréal	âge du bronze
5 450 - 8 835	Chaud et humide		Atlantique	Néolithique
8 835 - 10 085	Frais et sec		Boréal	Mésolithique
10 085 - 11 490	augmentation des températures et des précipitations		Préboréal	
11 490 - 12 710	Froid et sec	Tardiglaciaire	Dryas récent	Paléolithique supérieur
12 710 - 13 600	moins froid et plus humide		Allerød	
13 600 - 13 900	Froid et sec		Dryas moyen	
13 900 - 15 075	moins froid et plus humide		Bølling	
15 075 - 18 270	Froid et sec		Dryas ancien	

Les études palynologiques à différents étages du massif offrent une image de l'évolution de la végétation au cours du temps et suivant un gradient altitudinal. Dans ce but l'étude

palynologique de la séquence de la Combe Chevalière constitue un élément fondamental puisqu'il s'agit de l'unique séquence de l'étage subalpin.

Ce travail est scindé en quatre parties :

La première partie est consacrée au massif du Vercors, par l'intermédiaire de sa géologie et de son climat. En effet la végétation est conditionnée par ces deux facteurs et l'étude de la végétation actuelle le démontre (Ozenda P. 1985).

La seconde partie porte sur l'évolution de la végétation, sur le massif, de la fin de la dernière période glaciaire jusqu'à l'actuel. Pour cela nous nous baserons sur plusieurs études antérieures : pour l'étage collinéen (jusqu'à 350 m d'altitude) nous nous baserons sur l'étude du Grands Lemps par J. Clerc (1988). Pour l'étage montagnard (entre 350 et 1 500 m d'altitude) plusieurs sites ont été étudiés en particulier autour de Villard de Lens et de Lens en Vercors. Tout d'abord en 1952, J. Becker inclus les tourbières des Geymond et du Bouilly à son étude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes française. Plus tard, T. Nakagawa étudie la tourbière du Peuil en 1998 de même que J. Argant qui l'étudie en 2018 ainsi que le lac du Lauzet.

La troisième partie traitera de l'évolution de la végétation à l'étage subalpin au cours des derniers 15 000 ans incluant le Tardiglaciaire et de l'Holocène, ce dernier débutant il y a 11 700 ans, à partir de l'étude d'une séquence prélevée dans la Combe Chevalière située sur la commune de Chichilianne.

Enfin la quatrième partie retrace l'évolution de la végétation des derniers 15 000 ans à différentes altitudes dans le massif du Vercors.

II. Le Vercors aujourd'hui

1. Géologie, climat et végétation des Alpes occidentales :

Le massif du Vercors est un massif montagneux des Préalpes, à cheval sur les départements français de l'Isère et de la Drôme, culminant à 2 341 mètres d'altitude au Grand Veymont. Il est situé dans la partie externe calcaire des Alpes occidentales, allant de la Suisse à la Provence et au Jura, constituant l'ensemble autochtone externe helvétique (Ozenda, 1985). Les Alpes occidentales autochtones sont clairement différenciées des ensembles alpins pennique et austro-alpin, ils constituent la moitié externe des Alpes occidentales. L'ensemble pennique constitue la moitié interne des Alpes occidentales et est formé de nappes charriées sur l'ensemble externe helvétique. L'ensemble austro-alpin, qui constitue la quasi-totalité des Alpes orientales, est constitué de nappes charriées sur les ensembles helvétiques et pennique (Figure 2).

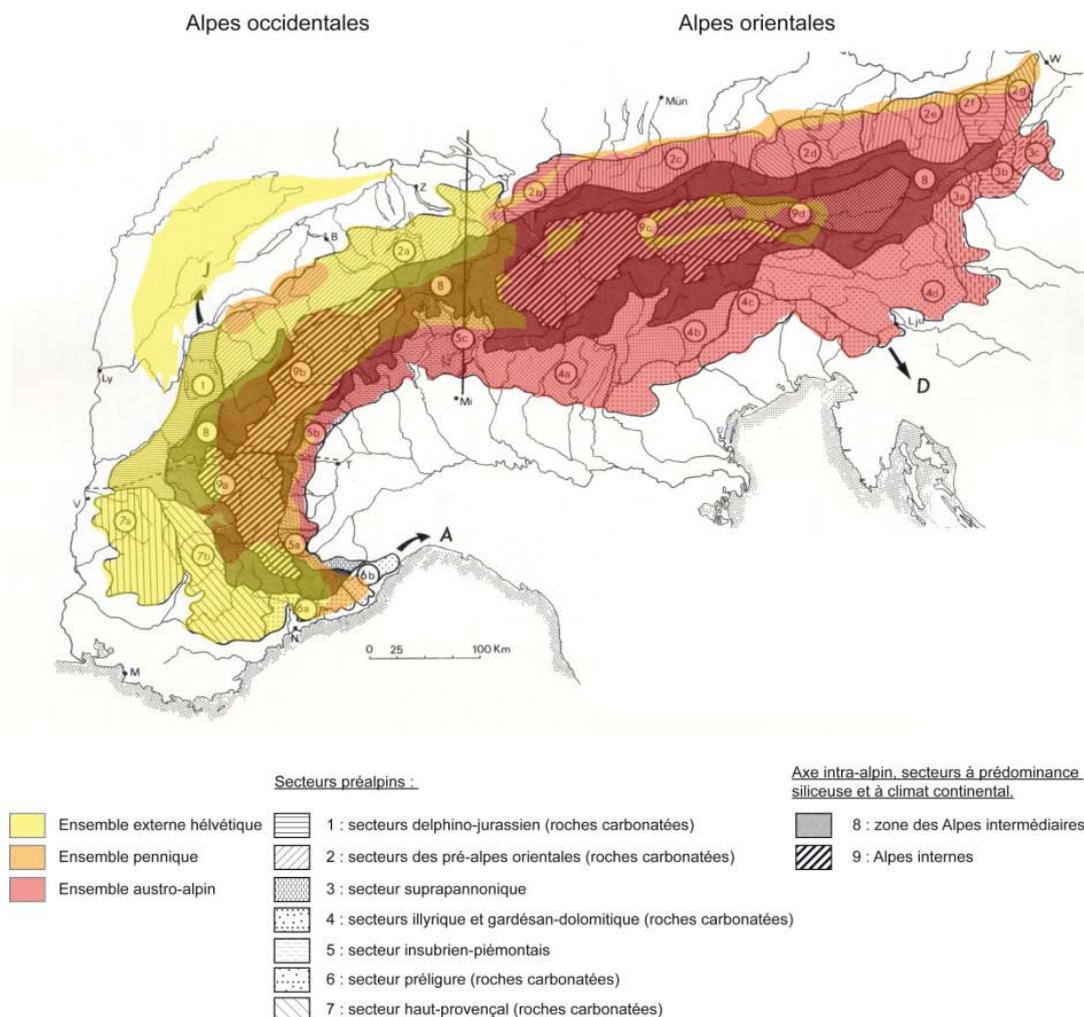


Figure 2 : Biogéographie de la chaîne alpine (d'après P. Ozenda, 1985). Les principales villes sont désignées par leurs initiales.

La vallée de l'Isère constitue une coupure franche, nommée sillon alpin, qui sépare les massifs siliceux des Alpes internes et les Pré-alpes calcaires. Ces derniers forment une chaîne de massifs bien individualisés avec, du nord au sud, le Chablais, les Aravis, les Bauges, la Chartreuse et le Vercors.

Si la nature de la roche mère joue un rôle prépondérant dans les groupements végétaux, le climat est également un facteur essentiel.

P. Ozenda (1985) distingue deux types de climat au sein du massif : le climat régional associé à sa localisation géographique, latitude et longitude, ainsi que le climat local qui est lié à la topographie et en particulier à l'altitude. Ce dernier facteur entraîne des variations de l'ensoleillement, des températures, des précipitations et de la couverture nivale, et le climat propre aux Alpes, qui est induit par la morphologie de la chaîne, sa largeur et sa position centrale par rapport aux différentes provinces climatiques. En effet, les Alpes externes subissent l'influence du climat méditerranéen, adriatique et atlantique tandis que les Alpes internes se caractérisent par un climat continental. La continentalité hydrique qui est liée à un affaiblissement des précipitations hivernales par effet d'abri lorsqu'on s'éloigne d'une masse océanique peut expliquer pourquoi les Alpes externes, sous climat océanique, sont plus humides que les Alpes internes caractérisées par un climat continental (Figure 3). De plus, notre zone d'étude, les Pré-alpes, jouent le rôle d'écran vis-à-vis des zones plus internes où les précipitations hivernales sont alors plus faibles.

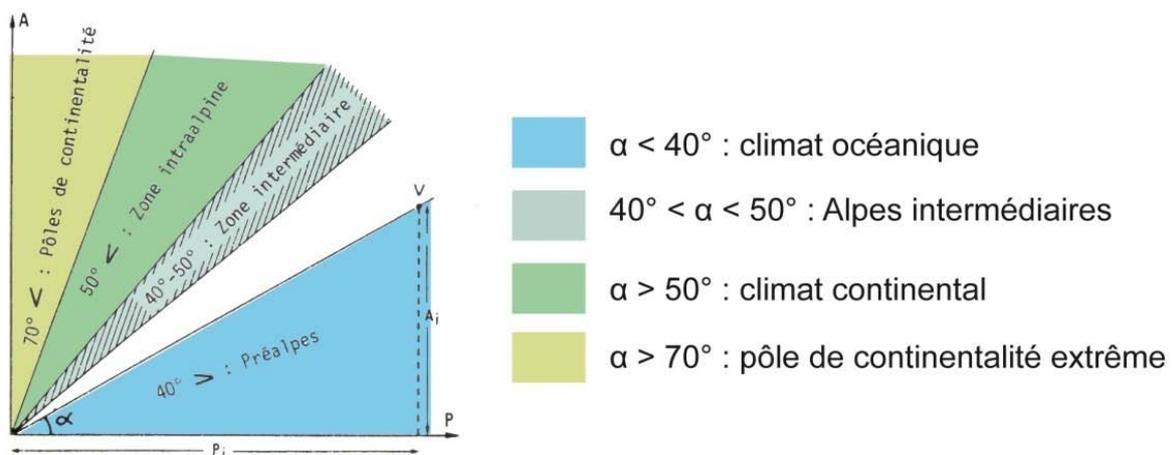


Figure 3 : L'angle de continentalité de Gams pour la station de Villard-de-Lans (Vercors (v)), (d'après P. Ozenda, 1985). La continentalité s'exprime par le rapport P/A entre la moyenne annuelle des précipitations hivernales et l'altitude du lieu considéré, c'est à dire la cotangente de l'angle.

Les variations du climat et en particulier le gradient altitudinal et la continentalité hydrique induisent des conséquences biogéographiques. La végétation se répartit suivant des étages verticaux en fonction des variations de la température. La température est le facteur limitant le plus important dans la formation de ces étages de végétation, facteur influencé par l'exposition au soleil. La division en étages basée sur le gradient thermique impose également un étagement des conditions hydriques, de la pédogénèse et des types d'exploitation rurale. Chaque étage correspond, selon P. Ozenda (1985) à un ensemble structuré d'écosystèmes réunis par affinité écologique. Ainsi, un même étage peut se situer à plusieurs endroits des Alpes à des altitudes différentes. Ainsi les limites des étages peuvent varier avec l'exposition au soleil, la géomorphologie et les climats locaux. Il est donc possible que les versants nord et sud d'une même vallée soient occupés à la même altitude par deux étages de végétation différents. *A contrario*, certains groupements sont très semblables d'un étage à l'autre du fait que certaines espèces d'arbres ont une grande amplitude écologique. Enfin, il est possible de trouver des groupements caractéristiques d'un étage sous forme « d'enclave » dans un autre. Dans les Alpes occidentales le versant au soleil est appelé adret tandis que le versant à l'ombre se nomme ubac. L'exposition peut causer des inversions de gradients altitudinaux, voire des inversions d'étages de végétation. En particulier, les fonds de vallée sont peu exposés au soleil en hiver, les températures y sont donc plus basses ce qui est accentué par une accumulation d'air froid par convection. Ce phénomène crée des enclaves à végétation subalpine au cœur d'une forêt de l'étage montagnard par exemple. Les variations de l'exposition et des températures participent à la formation de microclimats déterminant dans les groupements végétaux.

Au sein des Alpes occidentales P. Ozenda (1985) a distingué, sur la base de la végétation, cinq étages qui sont de bas en haut : l'étage collinéen, le montagnard, le subalpin, l'alpin et le nival et qui diffèrent selon que la nature du substrat est soit calcicole ou silicicole (Tableau 2). L'étage collinéen regroupe l'essentiel des espèces forestières caducifoliées hormis le hêtre et l'érable sycomore. L'étage montagnard correspond au complexe des hêtraies : on distingue les hêtraies thermophiles-calcicoles, les hêtraies silicicoles et les hêtraies (ou hêtraies-sapinières) eutrophes. Le maximum de diversité végétale s'observe dans la partie externe des Alpes. Quant à elle, la partie interne des Alpes constitue un axe continental dans lequel le hêtre fait défaut. Les hêtraies y sont supplantées par des forêts de conifères. Entre les Alpes externes et internes, se trouvent des zones de transition plus ou moins divisées, constituant les Alpes intermédiaires. Ces trois types d'étages montagnards correspondent en fait à trois niveaux

différents de continentalité. L'étage subalpin surmonte les hêtraies, il comprend essentiellement des herbacées correspondant à la pelouse alpine (Polunin O. et Walter M., 1985). Il s'agit essentiellement de taxons présents à l'étage inférieur et qui perdurent au niveau subalpin. La limite supérieure de l'étage subalpin, avec l'étage alpin correspond à la limite potentielle des arbres. La pelouse alpine se caractérise par un tapis herbeux très dense de deux types en fonction de la nature du sol. Les pelouses développées sur sols acides sont dominées par des graminées (Poaceae) tel que *Nardus stricta* ou par des Cyperaceae, *Carex curvula* par exemple. Sur les sols calcaires les fétuques (*Festuca sps.*) et différentes espèces de cypéracées sont communes (*Carex ferruginea*, *Carex firma*, etc.).

Ces différents étages sont caractérisés par des groupements de végétation que l'on nomme séries.

Tableau 2 : Disposition schématique des séries de végétation des Alpes en fonction de leur écologie, le massif du Vercors se situe dans la série de l'Alpin calcicole (P. Ozenda, 1985).

	Calcicole (ou Xérophile)	Mésophile	Silicicole (ou mesohygrophile)
Alpin	Série de l'Alpin calcicole		Série de l'Alpin silicicole
Subalpin	Série préalpine du Pin à crochets Série du Pin mugo	Série du Mélèze et du Pin cembro	Série subalpine de l'Epicéa Série subalpine du sapin
Montagnard	Série subalpine altiméditerranéenne Série interne du Pin sylvestre	Série mésophile du Pin sylvestre Série mésophile du Hêtre	Série de la Pessière - Sapinière Série de la Hêtraie - sapinière Série acidophile du Hêtre
Collinéen (inclus supraméditerr.)	Série supraméditerranéenne occidentale du chêne pubescent Série interne du chêne pubescent Série supraméditerranéenne orientale du chêne pubescent	Série delphino-jurassienne du chêne pubescent	Série du Charme Série de l'Ostrya Série de la chênaie acidophile Série planitiaire du chêne pédonculé Série de l'Aune blanc
Méditerranéen supérieur	Série du chêne vert et du Genévrier de Phénicie	Série méditerranéenne du chêne pubescent	
Méditerranéen inférieur	Série du Pin d'Alep	Série du caroubier	Série du chêne liège Série du peuplier blanc

Dans les Pré-alpes calcaires, les massifs de Chablais et Aravis sont sous l'influence plus continentale de la Suisse tandis que les Bauges, la Chartreuse et le Vercors ont un caractère méridional marqué notamment en ce qui concerne l'étage collinéen par la dominance de chênaies pubescentes et du buis. Cette végétation s'étend jusque dans le Jura définissant ainsi

le secteur delphino-jurassien. L'étage subalpin se caractérise ici par une série spéciale : la série pré-alpine du pin à crochets se développant sur les tables urgoniennes (Crétacé inférieur). Toutefois cette limite géologique bien marquée n'est pas aussi nette en ce qui concerne la végétation et cette zone de transition constitue les Alpes intermédiaires. Leur versant occidental très arrosé porte des formations végétales de type pré-alpin, hormis en ce qui concerne l'étage subalpin où la série de pin à crochets est très infiltrée de pin cembro. Les versants orientaux sont, quant à eux, sous une influence plus continentale.

Par ailleurs, la limite entre les Alpes nord-occidentales et les Alpes sud-occidentales, en ce qui concerne la végétation, est nommée par P. Ozenda « région de transition », elle forme une bande allant du sud du Vercors jusqu'en moyenne Maurienne (Savoie). Le massif du Vercors se trouve donc entre les Alpes nord et sud occidentales. Les Alpes sud-occidentales sont partagées en deux zones au niveau de la ligne de partage des eaux du Drac et de la Durance. Le secteur ouest qui comprend, du nord au sud, les pentes sud du Vercors, le Diois, le Bochaine, les Baronnies, le chaînon Ventoux-Lure et le plateau de Saint-Christol est appelé secteur pré-alpin haut-provençal ouest (Figure 4). Dans ce secteur, l'étage collinéen est fortement teinté de remontées méditerranéennes. Il y est entièrement constitué par la série supra-méditerranéenne occidentale du chêne pubescent dans laquelle le pin sylvestre joue un rôle important de forêt de substitution notamment dans le Diois. Dans l'étage montagnard alternent, suivant l'exposition, les séries mésophiles du hêtre et du pin sylvestre. L'étage subalpin, quant à lui, n'est que peu représenté, toutefois il est présent sous forme de placages entre la série du pin à crochets et la série alti-méditerranéenne.

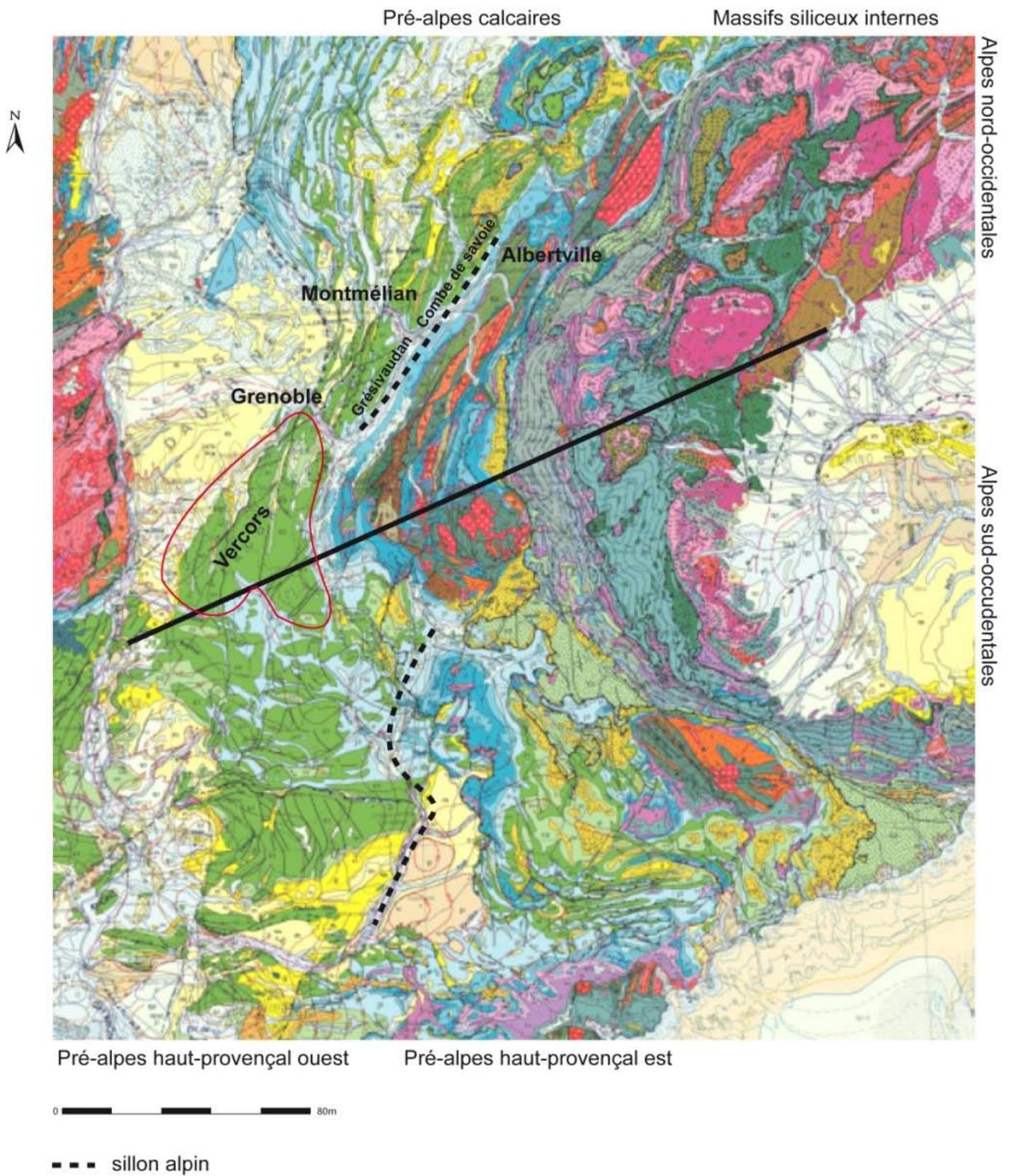


Figure 4 : extrait de la carte géologique de la France au 1 :1 000 000 (BRGM), centré sur le massif du Vercors et la limite entre les Alpes nord et sud-occidentales.

2. Climat et végétation du massif du Vercors

La position du Vercors, au carrefour des Alpes nord-occidentales et des Alpes sud-occidentales, le place sous l'influence climatique de l'altitude mais également des régimes océaniques et méditerranéens. Ainsi le nord-ouest du massif est particulièrement touché par de fortes précipitations tandis que le sud-est est plus sec, les précipitations restant bloquées par le massif. Les deux diagrammes ombrothermiques présentés en Figure 5 proviennent de stations proches du massif, situées d'une part à Grenoble (versant nord) et d'autre part à Montélimar (sud du massif). Ceux-ci montrent de fortes disparités dans le régime des précipitations. De même les températures traduisent cette dualité, le versant nord est plus froid que le versant sud d'autant que le nord est également soumis au vent froid et sec septentrional. Enfin à cela il faut ajouter l'effet de l'altitude puisque les températures diminuent en moyenne de 0,5°C tous les 100 m. Actuellement, les températures hivernales minimales mesurées dans les stations de Lyon-Bron et de Montélimar-aéroport depuis 25 ans mettent en évidence une augmentation très importante (1°C). Or une augmentation des températures de 1°C équivaut, selon le groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat, à une élévation de 150 m d'altitude de l'étagement écologique.

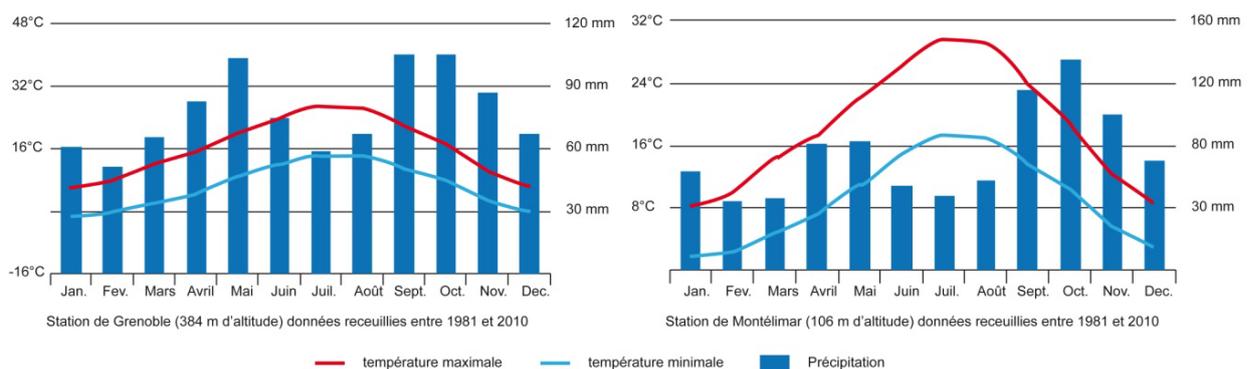


Figure 5 : diagramme ombrothermique des stations météorologiques de Grenoble et de Montélimar (Météo France)

La réserve naturelle des Hauts-Plateaux du Vercors (Figure 7) abrite trois stations météorologiques (Figure 6) : la station de Darbrouse¹ à 1 350 m d'altitude, celle du pré de Gerland² à 1 510 m d'altitude et enfin la plus méridionale, la station du Jardin du Roi³ est à 1740 m. Ces stations installées en 2005 mettent en évidence des températures moyennes de

¹ Station de Darbrouse : 44°58'42''N – 5°28'48''E

² Station du près de Gerland : 44°52'2''N – 5°28'6''E

³ Station du jardin du roi : 44°46'16''N – 5°31'16''E

20°C et des précipitations essentiellement automnales qui sont remplacées l'hiver par des chutes de neige. Les données enregistrées par la station de Gerland ont été comparées avec celles issues de 116 stations gérées par Météo-France et réparties autour du massif du Vercors (Bigot *et al.* 2006). Cette comparaison met en évidence un contraste régional marqué entre l'ouest (plus chaud) et l'est (plus humide) mais également un contraste nord-sud traduisant ainsi les influences continentales, méditerranéennes et topographiques. Par ailleurs, la station de Gerland a enregistré une pluviométrie de 1 496 mm en 2005 ce qui en fait la station la plus humide de la région. A l'échelle de la réserve, la part des pluies hivernales dépasse 35% au nord-est du massif tandis qu'elles sont souvent inférieures à 25% dans le sud du Vercors.

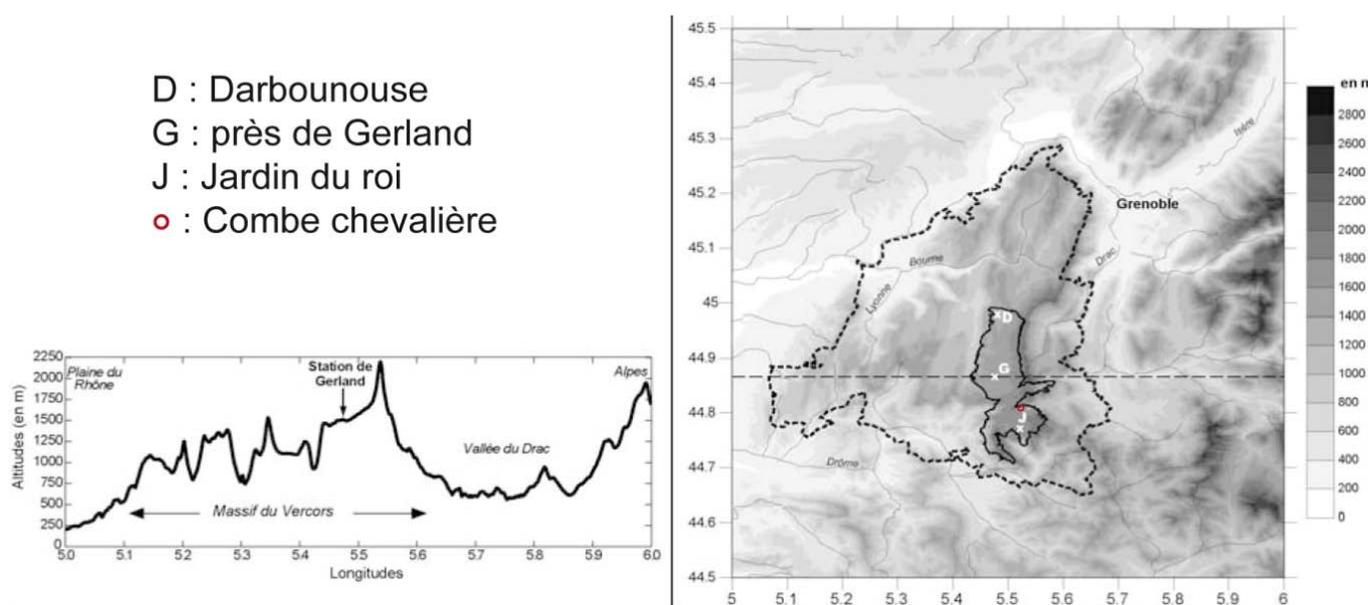


Figure 6 : Localisation des 3 stations météorologiques (D : Darbounouse ; G : près de Gerland ; J : Jardin du Roi) installées dans la réserve naturelle des Hauts-Plateaux du Vercors (la limite du parc régional est indiquée en pointillés ; le relief est représenté à partir d'un modèle numérique de terrain d'une résolution de 75 m). D'après Bigot *et al.* 2006 modifié.

Les variations climatiques observées entre les différentes parties du massif se traduisent dans la végétation. Ainsi les versants méridionaux présentent des caractéristiques floristiques méditerranéennes tandis que les reliefs septentrionaux se caractérisent par une végétation d'influence atlantique et alpine. Cette complexité explique en partie la rareté et l'endémisme de nombreuses espèces végétales, dont près d'une soixantaine sont protégées.

Le massif du Vercors abrite d'une part le parc naturel du Vercors qui s'étend sur 186 000 ha et d'autre part la réserve naturelle des Hauts-Plateaux qui comprend 16 600 ha dont 6 000 ha de forêts. Le parc a une altitude comprise entre 200 et 2 341 m (au Grand Veymont) tandis que les Hauts-Plateaux ont une altitude moyenne de 1 620 m (Figure 7).

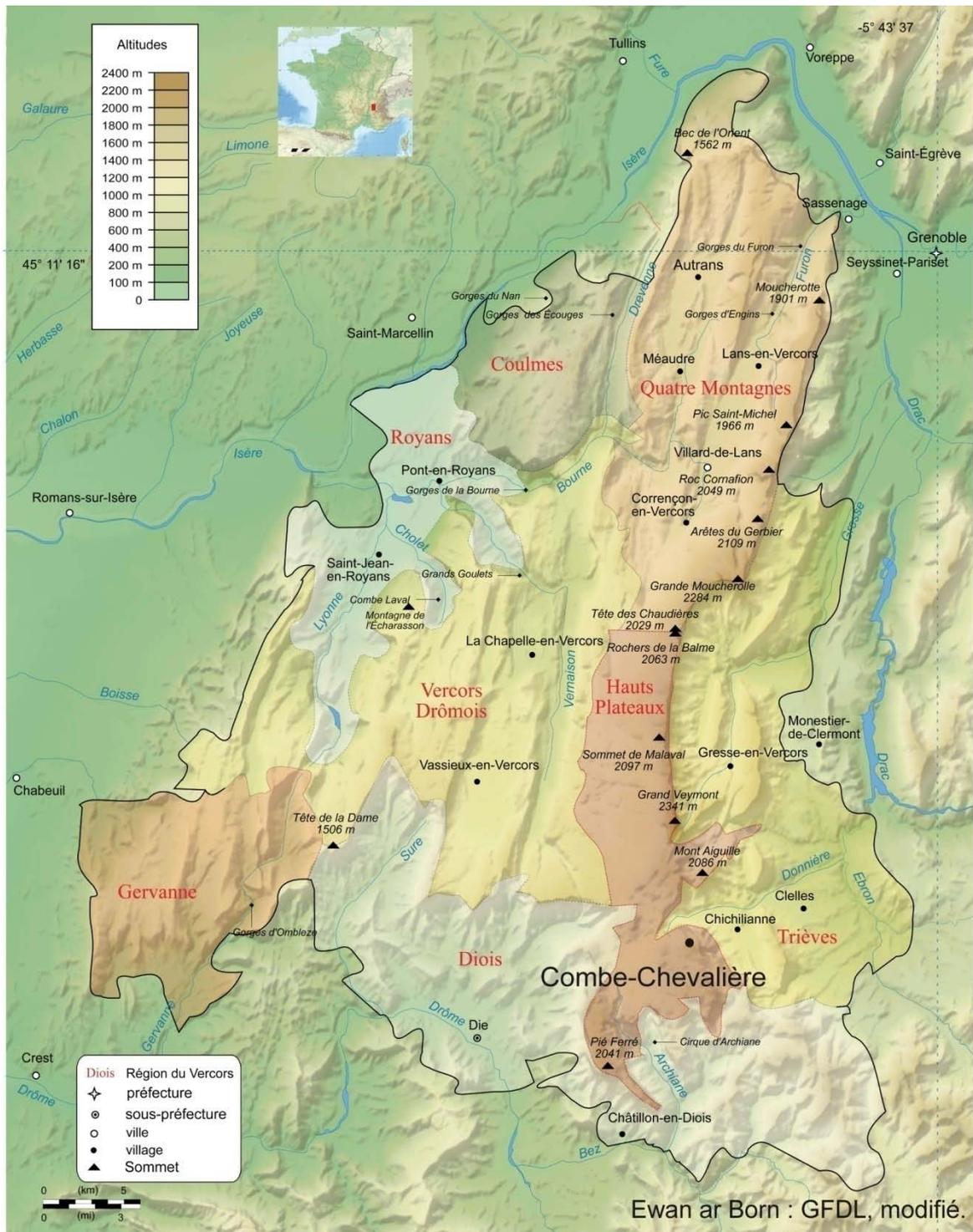


Figure 7 : carte topographique du Vercors représentant les différentes régions naturelles. (Ewan ar Born : GFDL, modifié).

La position particulière du massif, à la jonction entre influence méditerranéenne et atlantique en ont fait un lieu privilégié pour les études botaniques. Notons en particulier les travaux de l'abbé Ravaud, curé de Villard-de-Lans, dont l'herbier est conservé à la faculté des sciences de Grenoble, et qui a conduit trois excursions botaniques dans le Dauphiné entre 1879 et 1894. Il a également étudié les mousses, les hépatiques et les lichens à la Moucherolle et au

Grand Veymont (en 1861 et 1898). En 1920, le Dr. Jules Offner publie, dans la revue de géographie alpine, un article portant sur les étages de végétation du massif du Vercors. Ceux-ci ont été repris par P. Ozenda (1985) dans son ouvrage sur la végétation de la chaîne alpine et sont toujours utilisés aujourd'hui (Figure 8). Enfin plus récemment, dans les années 1960, la réalisation de deux cartes de végétation à Grenoble d'une part (J. Clerc, 1964) et à la Chapelle en Vercors d'autre part (Gobert et al. 1963) donne une image plus précise de la végétation sur le massif du Vercors. Bien que les définitions des étages de végétation soient sensiblement les mêmes que celles de J. Offner, il existe quelques divergences, en particulier au niveau de l'étage alpin.

Il est intéressant de noter que les étages du massif (ou du moins leur composition floristique) varient du nord au sud et d'ouest en est en fonction des différentes influences climatiques et plus particulièrement de la pluviométrie et des températures. Ainsi le versant ouest-sud-ouest, depuis la plaine de Royans, est soumis à des vents humides et à une influence méditerranéenne qui se traduit par la présence de groupements de chênes verts en plaine.

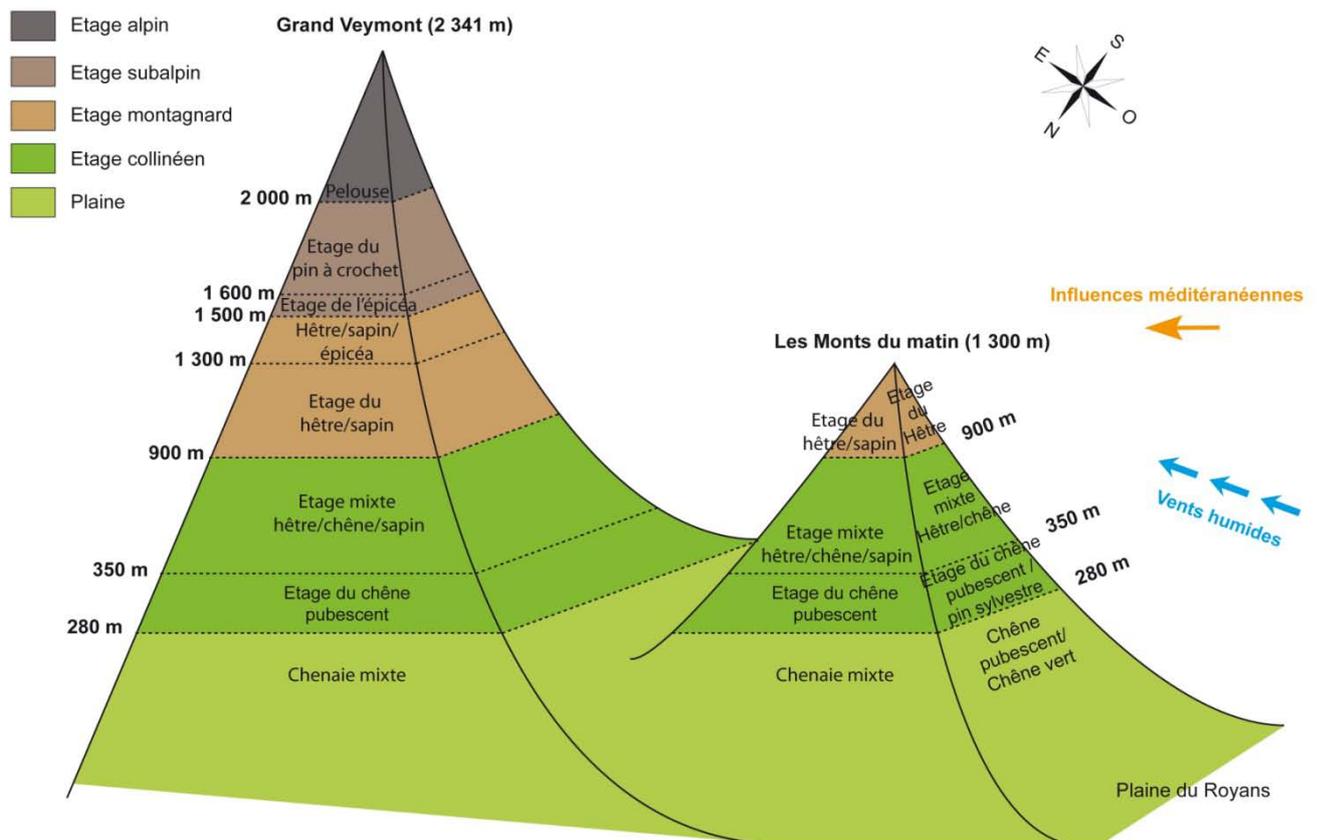


Figure 8 : coupe schématique du massif du Vercors d'ouest en est, des monts du matin au grand Veymont, les étages de végétation ont été définis d'après les travaux du Dr. J. Offner (1920).

Étage collinéen (jusqu'à 350 mètres d'altitude, Offner J. 1920 et Ozenda P. 1985) : l'étage collinéen est l'étage du chêne à fleurs sessiles (*Quercus sessiliflora* Sal.) et du chêne pubescent (*Quercus pubescens*) que l'on rencontre sur tous les versants du Vercors. La série du chêne sessile n'est présente qu'à l'est du massif. Sa répartition semble liée aux conditions édaphiques particulières de cette zone où d'importants placages d'origine glaciaire forment des sols profonds, imperméables, froids et peu favorables au développement de la chênaie pubescente. Le chêne à fleurs pédonculées (*Quercus pedunculata*) ne s'observe qu'occasionnellement et uniquement dans les zones humides. Les chênes forment des taillis souvent accompagnés d'espèces arbustives à peu près constantes : *Cistus sessilifolius*, *Prunus mahaleb*, *Buxus sempervirens*, *Amelanchier ovalis*, *Ligustrum vulgare*. Certains taxons varient entre le nord et le sud du massif. Ainsi on distingue deux faciès particuliers :

- Au pied des versants sud et sud-ouest le chêne est associé au pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) ainsi qu'à un certain nombre d'espèces méridionales telles que le buis, la lavande, le thym, la cupidone (*Catananche caerulea*) et l'*Aphyllanthes monspeliensis* ou encore le chêne vert (*Quercus ilex*) présents vers 280 mètres d'altitude. Ces versants se caractérisent également par une très faible présence des fougères qui traduit la sécheresse du climat dans ces zones.
- Au pied des versants nord et nord-est, le chêne (*Quercus caducifolié*) est accompagné de charmes et de châtaigniers ainsi que d'herbacées de plaine et de fougères.

La succession de la série du chêne pubescent n'a été étudiée que dans la chênaie de la Chapelle en Vercors où les chênes ne présentent aucune hybridation avec le chêne sessile. Six stades ont été distingués :

- Une pelouse maigre à *Brachypodium pinnatum* et *Festuca duriuscula*, de faible recouvrement, le sol est alors très pauvre.
- Une pelouse à *Bromus erectus*, dont les touffes sont denses tandis que les graminées du stade précédent tendent à disparaître.
- Une pelouse plus riche contenant des touffes de buis, de genévrier commun et de jeunes chênes. Le sol encore mince forme un placage continu.
- Une buxaie souvent très dense associée à de nombreux arbustes tels que *Corylus avellana*, *Cornus sanguinea*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna* et *Sorbus aria*.

- Une chênaie dense, assez basse sur une rendzine⁴ irrégulière, qui est un sol riche en humus typique des roches-mères calcaires, pouvant atteindre par endroit 50 cm d'épaisseur.

Étage montagnard (entre 350 et 1 500 mètres d'altitude, Offner J. 1920 et Ozenda P. 1985) : Cet étage se caractérise par la prédominance du hêtre. Ce taxon qui préfère les sols frais et l'air humide se retrouve dans les enclaves ombragées dès le haut de l'étage collinéen. Ainsi on distingue deux sous-étages :

- Un étage mixte à chêne pubescent et hêtre souvent associé au pin sylvestre pour les versants exposés au sud et au sud-ouest, ainsi qu'au sureau à grappes, au framboisier, au houx et au chèvrefeuille à fruits noirs. Cette série correspond au montagnard sec, le pin sylvestre s'y retrouve à cheval entre les étages collinéen et montagnard. Il s'agit de la situation la plus nordique de cette série, la région grenobloise étant trop humide pour le pin. Notons que les pelouses sont prépondérantes dans cette série.
- Sur les versants orientés plus au nord, les forêts de hêtres et de chênes sont associées au sapin, en particulier entre 1 000 et 1 500 mètres d'altitude. Cette série de la hêtraie-sapinière correspond au montagnard humide et couvre une grande partie du plateau du Vercors hormis les hauts plateaux. Elle est représentée par la hêtraie-sapinière typique ou par une hêtraie humide avec quelques incursions de pin sylvestre. L'épicéa est présent partout et sa proportion augmente avec l'altitude. Sur le plateau, il forme une pessière presque pure à partir de 1 400 m où il fait la transition entre les étages montagnard et subalpin. Dans la partie méridionale du Vercors, la série prend un caractère plus sec. Les adrets sont alors occupés par des buxaias et les pentes dominant le Diois ne comportent presque pas de sapinières mais des hêtraies très sèches qui dominant en association avec des plantes oroméditerranéennes. La partie orientale correspond à un montagnard humide où l'épicéa est absent.

Cet étage mixte perdure jusqu'à 900 mètres d'altitude même si des bouquets de hêtres s'observent jusqu'à 1 600 mètres d'altitude. Ces différents taxons sont souvent regroupés en bosquets et alternent avec des prairies ou des pâturages.

Étage subalpin (entre 1 500 et 2 000 mètres d'altitude, Offner J. 1920 et Ozenda P. 1985) : L'étage subalpin forme une bande régulière et continue sur la haute chaîne du Vercors depuis

⁴Sol caractéristique des affleurements calcaires. Les rendzines représentent un stade initial du processus de brunification. Toutefois cette évolution est très lente, en particulier sur du calcaire dur et pur où le stade de rendzine perdure. Profil type des rendzines : A₁C (ou AhC). (Duchauffour P., 2001).

la grande Moucherolle au nord jusqu'au début du Glandasse au sud. Sa limite inférieure se trouve à 1 600 m ; en revanche sa limite supérieure est difficile à définir. L'épicéa, déjà présent de manière sporadique dans l'étage montagnard, devient ici prépondérant, le sapin quant à lui se raréfie. A partir de 1 600 mètres d'altitude se montre le pin à crochets (*Pinus uncinata*) qui est capable de supporter de très faibles températures mais également les forts vents qui soufflent à cette altitude. A cet étage, les arbres forment des groupes compacts au milieu de grandes prairies. Outre les difficultés climatiques et d'altitude qui caractérisent l'étage subalpin, cette organisation est favorisée par les activités pastorales qui sont nombreuses sur les hauts plateaux du Vercors. Ce secteur semble malgré tout être le lieu optimal du développement du pin à crochets. Cette espèce se développe principalement sur substrat calcaire et est peu exigeante mais elle supporte mal la compétition. Le Vercors abrite le plus vaste peuplement de *Pinus uncinata* des Alpes. Lorsque l'évolution est complète, et ce n'est le cas que sur les faibles pentes où les sols sont peu érodés, la pinède est claire. Le sol de mor⁵ formé sur la litière d'aiguilles de pin permet l'installation de *Rhododendron ferrugineum*. Mais dans la plupart des cas les stades pionniers perdurent et les pelouses à *Sesleria varia* dominent (Figure 9).

Outre le groupement forestier du pin à crochets et de l'épicéa, quatre autres groupements peuvent être identifiés :

- les landes à *Juniperus nana*, *Vaccinium uliginosum* et *Sorbus chamaemespilus*.
- le groupement de pelouse à *Carex sempervirens*, *Meum athamanticum*, *Gentiana lutea*, *Biscutella longifolia*, *Homogyne alpina* et *Nardus stricta*.
- le groupement pionnier de pelouses rases ou très ouvertes à *Dryas octopetala*, *Antennaria dioica*, *Globularia cordifolia*.
- le groupement rupicole ou de karst à *Primula auricula*, *Rhamnus alpina*, *Bupleurum petraeum*, *Silene longiscapa*, *Aspidium lonchitis*, *Athyrium alpestre*, *Saxifraga oppositifolia* et *Valeriana montana*.

⁵ Humus peu actif (Baize D. et Girard M-C., 2008).

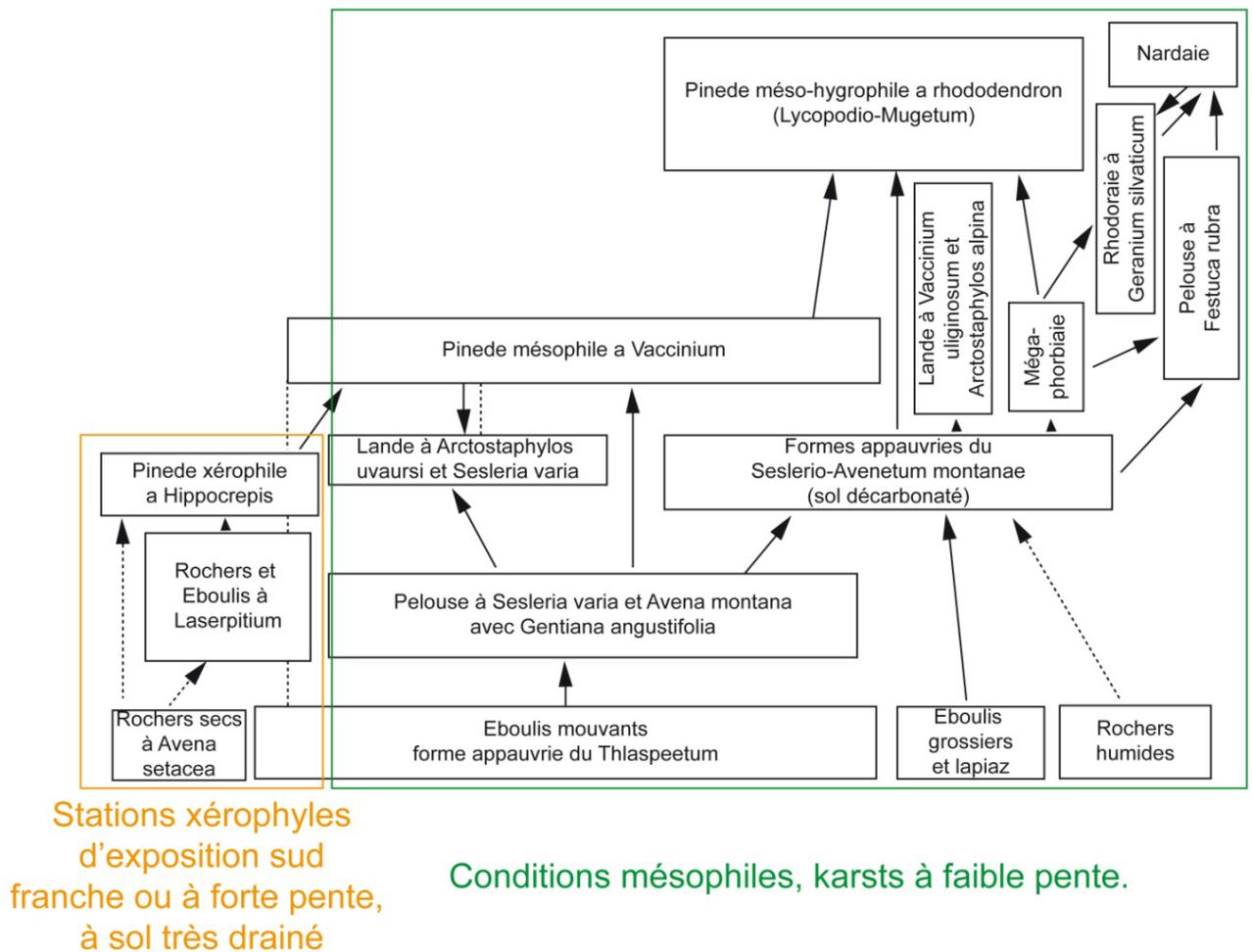


Figure 9 : la série préalpine de *Pinus uncinata* (d'après P. Ozenda, 1985 modifié).

Étage alpin (au-delà de 2 000 mètres d'altitude, Offner J. 1920 et Ozenda P. 1985) : Cet étage ne s'observe qu'au sommet du grand Veymont et de la grande Moucherolle, il voit la disparition quasiment complète des arbres et des arbustes, seuls quelques genévriers nains et saules (*Salix retusa*) persistent sous forme de petits arbrisseaux rampants. La végétation se compose essentiellement d'herbacées : *Anemone alpina*, *Hutchinsia alpina*, *Silene acaulis*, *Geum montanum*, *Soldanella alpina*, *Polygonum viviparum*, *Carex sempervirens*, *Nardus stricta*. Certains taxons propres à cet étage tels que *Thlaspi rotundifolium*, *Saxifraga oppositifolia* et *Linaria alpina* sont particulièrement adaptés aux éboulis. D'autres, comme *Draba pyrenaica*, *Salifraga muscoides* et *Audrosace pubescens*, présentent un feuillage très serré adapté au climat alpin. Selon Gobert *et al.* (1963), la limite inférieure ne serait pas à 2 000 m d'altitude mais à 2 200 m. Cet étage serait essentiellement conditionné par les conditions édaphiques particulières conférant aux crêtes du Vercors une physionomie d'étage alpin. En effet, le calcaire urgonien dur, décapé, creusé de lapiaz et battu par les vents ne

supporte qu'un lambeau de sol n'offrant aucune possibilité de rétention d'eau et se retrouve donc peu propice à la croissance végétale.

Le massif du Vercors est donc le lieu d'un passage progressif d'une végétation delphino-jurassienne typique, dominée par les chênaies pubescentes et le buis au nord du plateau, à une végétation à tendance sub-méditerranéenne au sud. Le site de la Combe Chevalière, sujet d'étude de ce travail, se trouve à présent au carrefour de ces deux types de végétation bien que situé un peu plus au sud de la zone correspondant à la carte de végétation de la Chapelle en Vercors (Figure 10).

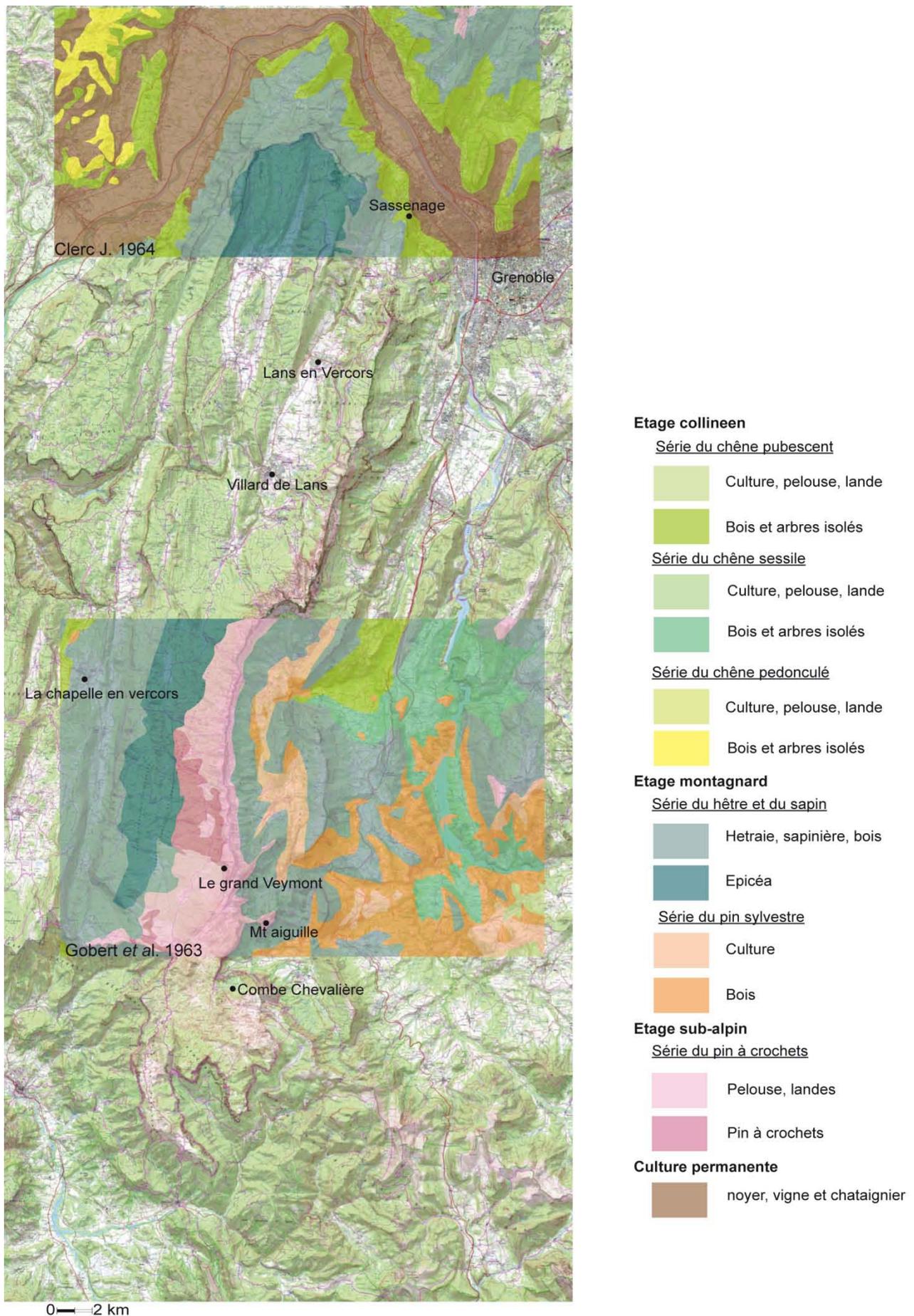


Figure 10 : Carte de végétation simplifiée du massif du Vercors (d'après les cartes de végétation de la chapelle en Vercors (Gobert et al. 1963) et de Grenoble (Clerc J. 1964)).

III. Evolution de la végétation dans les Alpes occidentales

1. Impact des glaciations

La végétation alpine et les groupements d'espèces qui constituent les séries détaillées dans le chapitre précédent sont le fruit d'une histoire qui a débuté lors de la surrection de la chaîne alpine. Entre la fin du Crétacé (-66 Ma) et le début du Pléistocène (- 2.56 Ma), une flore orophile se différencie peu à peu à partir d'une flore planitiaire qui, au Miocène (- 23.03 Ma), se composait d'un mélange de végétation tropicale et sub-tropicale, nommé arcto-tertiaire et de végétation tempérée. A cela s'ajoute également les apports par migrations provenant des autres chaînes de montagnes. Cette végétation a été régulièrement perturbée par les cycles de glaciation et de déglaciation qui ont affecté les Alpes au cours du Quaternaire (Pléistocène) participant à la formation de la végétation actuelle (Ozenda P. 1985, Figure 11). Les deux dernières glaciations du Riss (Marine Isotope Stage, MIS 6, 190-135 ka) et du Würm (MIS 5d à 2, date 115-15 ka) sont les mieux documentées puisque leurs moraines sont encore visibles. Les glaciers rissiens semblent avoir été plus importants que ceux de la dernière glaciation (Würm) (S. Coutterand, 2010).

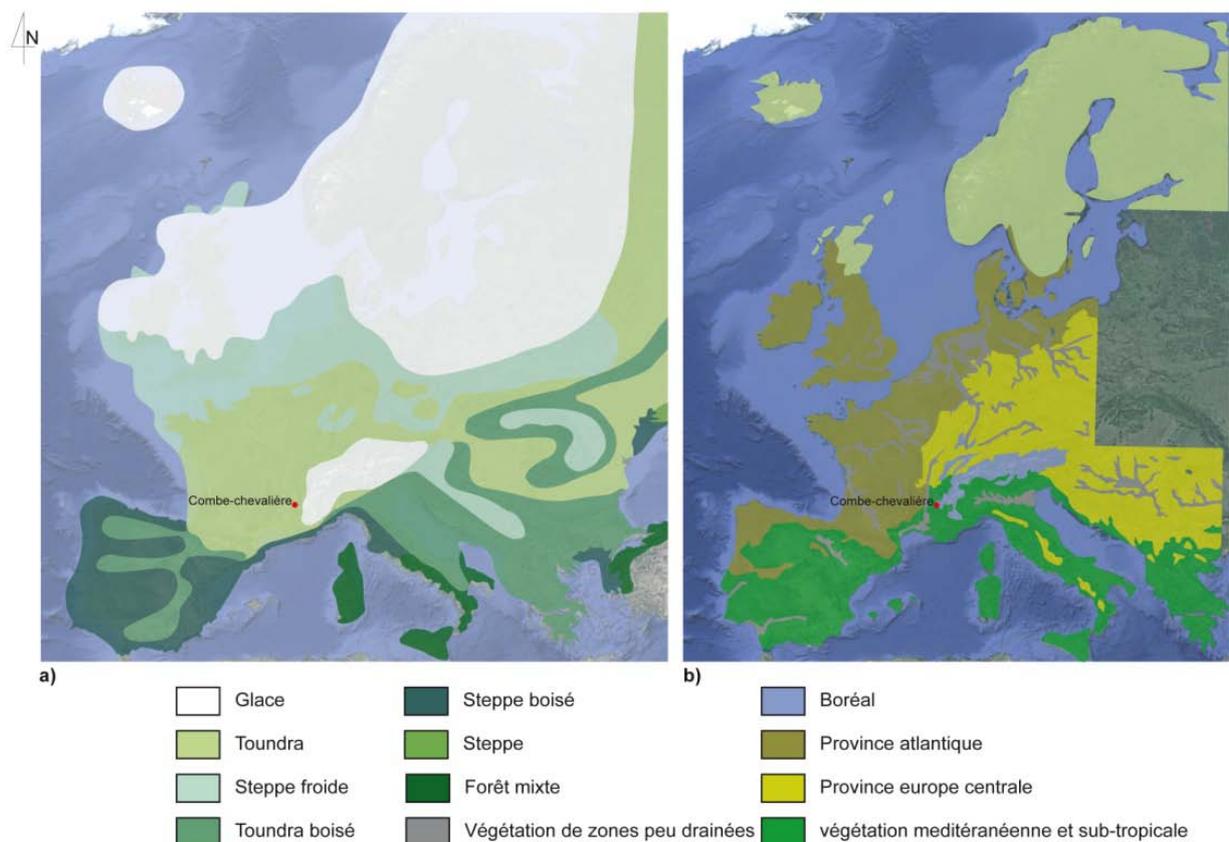


Figure 11 : Carte de la végétation en Europe occidentale : a) végétation à la fin de la glaciation würmienne. b) végétation actuelle. (D'après O. Polunin et M. Walter, 1985 modifiée)

Les moraines rissiennes constituent dans les Alpes nord-occidentales le complexe de moraines externes tandis que les moraines du Würm composent le complexe de moraines internes (S. Coutterand, 2010, Figure 12). Ces glaciations successives (Figure 13) ont contribué à l'appauvrissement de la diversité floristique. Actuellement, on recense seulement 8 espèces de gymnospermes et 34 d'angiospermes sur toute la chaîne ; les arbustes sont plus nombreux et parmi eux les espèces de *Juniperus*, *Ericaceae* et *Salix* dominent (Ozenda P. 1985).

Les glaciers de vallées ont toutefois laissé subsister entre eux d'importants reliefs formant ainsi des refuges intra-alpins pour la végétation tempérée, comparables à ceux que l'on observe actuellement en Islande, ailleurs seuls quelques îlots subsistaient formant des « nunataks », supports aux plantes arctico-alpines (Ozenda P. 1985).

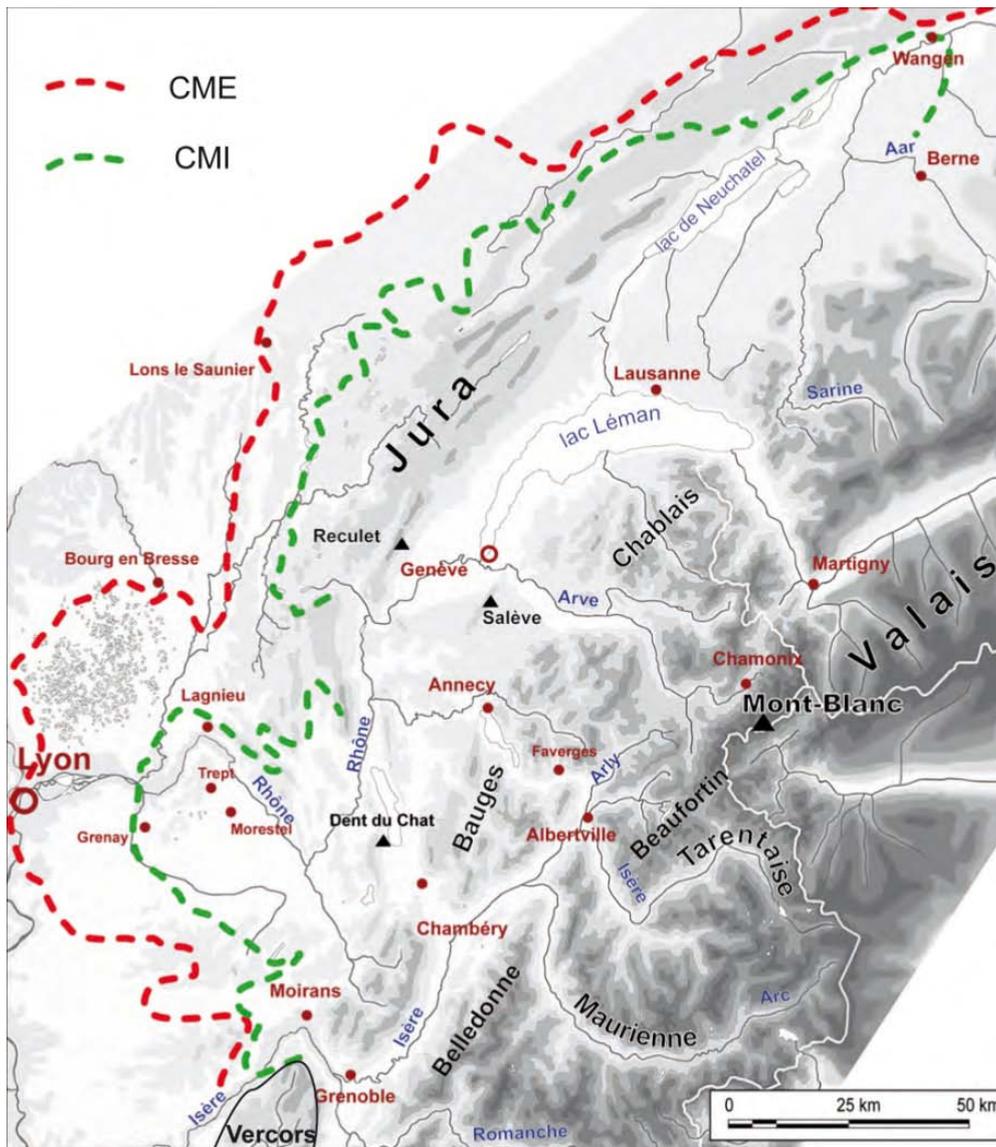
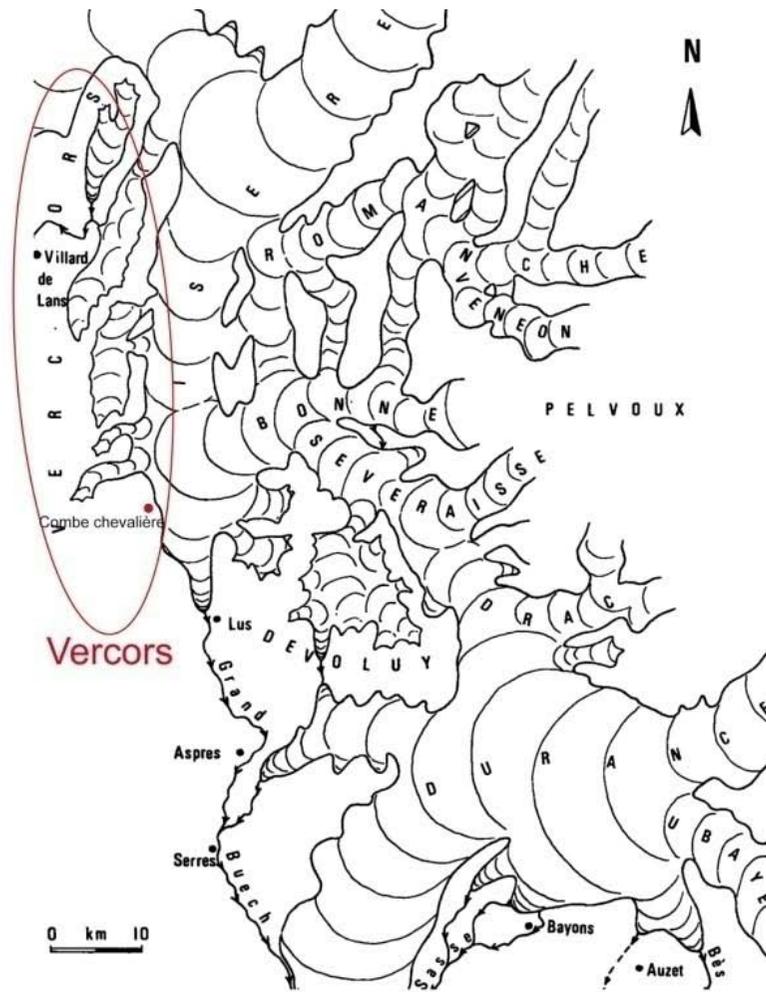


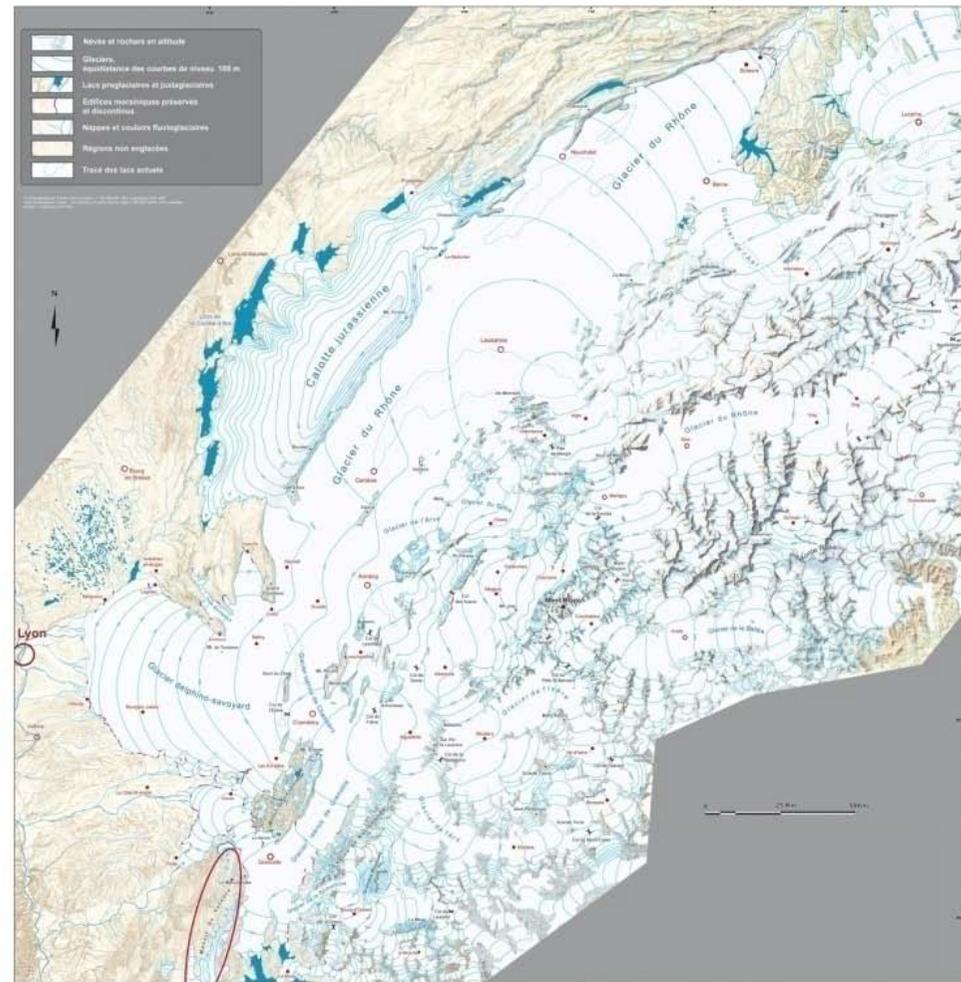
Figure 12 : Localisation du complexe de moraines externes (CME) attribué à la glaciation rissienne et du complexe de moraines internes (CMI) attribué à la glaciation würmienne (S. Coutterand, 2010).

Ces glaciations ont donc eu sur le tapis végétal plusieurs effets. Un effet tout d'abord destructeur a entraîné la disparition de la quasi-totalité du contingent arcto-tertiaire. En second lieu, elles ont provoqué le refoulement de la plus grande partie du contingent d'origine tempérée dans les zones refuges, péréalpins ou intra-alpins et de fait le morcellement des aires de nombreuses espèces. Enfin, elles ont permis un accroissement considérable du flux d'échanges floristiques avec les autres chaînes de montagne ainsi qu'avec les régions septentrionales. *A contrario* lors des interstades et des interglaciaires, la végétation froide planitiaire se trouvait refoulée vers les zones refuges en altitude ou bien vers le front glaciaire septentrional. Cela explique la présence actuellement d'espèces d'aires disjointes et dont la répartition principale est subarctique-nordique, mais que l'on retrouve aussi dans les Alpes (Ozenda P. 1985).

L'histoire de la végétation postglaciaire en Europe, c'est-à-dire des derniers 18 000 ans, est bien documentée grâce à l'analyse palynologique de très nombreuses tourbières ou sédiments lacustres (Giesecke *et al.*, 2014 ; Brewer *et al.*, 2017). Ces analyses ont permis de suivre la progression des principales espèces forestières depuis le dernier maximum glaciaire et de reconstituer leur trajet de migration. Mais elles ont également permis d'évaluer les paramètres climatiques tels que la température ou les précipitations et leurs variations au cours de la période postglaciaire (Giesecke *et al.*, 2014 ; Brewer *et al.*, 2017). Le nord des Alpes est mieux documenté que la partie occidentale en particulier en raison de la présence de sites plus propices aux études palynologiques. Parmi les rares études concernant plus particulièrement les Préalpes et les régions voisines, citons entre autres Lemée G., 1950 ; Becker J., 1952 ; Coûteaux M., 1962 ; Beaulieu J-L., 1977 ; Eicher *et al.*, 1981 ; Clerc J., 1985, 1988 ; Argant *et al.*, 2018.



a)



b)

Figure 13 : a) paléogéographies des glaciers des Alpes occidentales au Riss (G. Montjuvent, 1973). b) paléogéographie des glaciers des Alpes occidentales au Würm (S. Coutterand, 2010).

2. L'évolution de la végétation dans le massif du Vercors depuis le dernier maximum glaciaire jusqu'à l'actuel.

L'évolution de la végétation sur le massif du Vercors a fait l'objet d'études qui sont décrites ci-après. Ces études se concentrent essentiellement au niveau de l'étage montagnard, la raison principale étant la présence, à cet étage, de lacs et de tourbières propices à la bonne conservation des pollens et que l'on trouve peu à l'étage collinéen ou aux étages subalpin et alpin. La plus grosse difficulté dans la synthèse de ces différents enregistrements réside dans les méthodes d'analyse et de datation utilisées. En effet, ces études ont été réalisées entre 1952 et 2018 et les méthodes d'analyse, en particulier de datation, ont grandement évolué dans ce laps de temps. L'ensemble des sondages réalisés par J. Becker (1952), J. Clerc (1988) T. Nakagawa (1998) et J. Argant (2018) et sur lesquels nous nous basons, sont localisés en Figure 14.

a) Étage collinéen (jusqu'à 350 m d'altitude) :

Il n'y a pas d'études palynologiques ayant été réalisées au niveau de l'étage collinéen, peu représenté, sur le massif du Vercors proprement dit. En revanche, il existe plusieurs études au pied du massif. Notons en particulier les travaux de J. Clerc (1988) qui portent sur l'étude de la végétation du bas Dauphiné à travers l'analyse de 7 sites, couvrant dans l'ensemble une période allant du Tardiglaciaire à nos jours. Le site le plus proche de notre étude est celui de Saint Hilaire du Rosier situé à 190 m d'altitude dans le Diois. Toutefois, cette séquence présente de nombreux hiatus qui ne permettent qu'une exploitation limitée des données. En revanche, la séquence du Grand Lemps (500 m) située à une trentaine de kilomètre au nord-ouest de Grenoble fait figure de référence pour la région et c'est donc elle que nous décrirons plus précisément.

Le Grand Lemps est un étang de surcreusement glaciaire de 1,6 km de long sur 0,5 km de large se situant dans une dépression plus vaste que la surface du marais qui fait plus ou moins 300 ha, et qui présente une orientation nord-sud. Il relie les vallées du Liers et de la Bièvre-Valloire. Le site a fait l'objet de nombreux sondages dont quatre, appelés D4, D5, D6 et D7, ont fait l'objet d'études palynologiques (diagrammes en annexe). Les sondages montrent une bonne cohérence lithologique et permettent de tracer le profil du fond du lac et de comprendre les variations du niveau de l'eau depuis le Tardiglaciaire jusqu'à l'actuel. Lors de son étude, J. Clerc (1988), décrit treize phases de végétation successives qui semblent refléter l'histoire de la végétation pour le bas Dauphiné depuis le Dryas ancien et ce malgré les problèmes

chronologiques liés à la disparité des matériaux datés rendant parfois les corrélations difficiles entre les différentes carottes.

La base de la séquence traduit une végétation ouverte à *Artemisia* et Poaceae avec des arbrisseaux, *Juniperus* et *Betula* définissant le Dryas ancien (15 075 - 18 270 cal. BP). Au Bølling (13 900 - 15 075 cal. BP), cette végétation est remplacée par un paysage dominé par *Juniperus* avant que *Betula* et *Salix* ne se développent au détriment des herbacées. L'Allerød (12 710 - 13 600 cal. BP) est au contraire marqué par un recul des taxons arboréens hormis *Pinus*, les plantes steppiques diminuent au profit des Cyperaceae et des Poaceae. Le Dryas récent est absent de la séquence. Le pin poursuit sa domination sur la végétation au cours du Pré-boréal (10 085 - 11 490 cal. BP) qui se caractérise également par les premières plantes mésothermophiles et la récurrence des Poaceae, *Artemisia*, de *Filipendula*, de *Rumex* et des Amaranthaceae (Chenopodiaceae), de *Juniperus*, d'*Hippophaë* et d'*Ephedra*. Cette phase à *Pinus* est suivie par une phase à *Corylus* au cours du Boréal (8 835 - 10 085 cal. BP). Cette période est également définie par le développement de *Quercus* et de *Tilia*. La chênaie continue de se développer au cours de l'Atlantique (5 450 - 8 835 cal. BP) ; *Quercus* y est accompagné par *Pinus*, *Alnus*, *Hedera*, *Acer* et *Fagus*. Le Subboréal (2 835 - 5 450 cal. BP) se définit par le développement d'*Abies* puis de *Fagus*, indiquant que le paysage tend à se fermer. La fin de la séquence qui concerne le Subatlantique (0 - 2 835), est caractérisée par une régression de l'ensemble des taxons arboréens marquant les premières phases de déforestation d'origine anthropique. Par ailleurs, le pollen de céréales fait son apparition. Les derniers niveaux de la séquence voient le retour de la chênaie associée à *Juglans*, *Castanea* et *Populus*. Les herbacées présentes sont les Poaceae et les céréales puis *Typha*, les Cypéraceae et les plantes nitrophiles telles que *Rumex*, *Humulus* et *Plantago lanceolata*.

b) Étage montagnard (entre 350 et 1 500m d'altitude) :

L'essentiel des études palynologiques réalisées dans le massif du Vercors a été fait entre 960 et 1 250 mètres d'altitude, soit au niveau de l'étage montagnard.

Les Geymonds et le Bouilly :

L'une des premières études a été réalisée en 1952 par J. Becker. Elle porte sur l'histoire de la végétation forestière post-würmienne des Alpes françaises. Elle se base sur l'analyse de 127 carottes dont deux prélevées dans des tourbières du plateau du Vercors situées au lieu dit « les Geymonds » sur la commune de Villard-de-Lans (960 m) et au lieudit « le Bouilly » à Lans-en-Vercors (988 m). La première carotte d'une épaisseur de 1,8 m se compose de sédiments

sablo-tourbeux riches en tissus de cypéracées, tandis que la seconde, d'une épaisseur de 85 cm, est constituée de sables tourbeux avec des tissus de cypéracées et des débris ligneux qui surmontent des graviers. Les grands changements de végétation mis en évidence par J. Becker dans le domaine paléosylvatique septentrional s'appliquent au massif du Vercors hormis quelques particularités locales. Toutefois, les différentes analyses ont été réalisées avec un pas d'échantillonnage très large (souvent plusieurs dizaines de cm) et n'ont pu, en 1950, bénéficier de datations radiocarbone. Leurs datations relatives sont basées sur la corrélation entre les séquences et les alternances de végétation. Il conviendra donc de rester prudent lors de la comparaison avec des études plus récentes.

Nous n'avons eu accès qu'au résumé de la thèse de J. Becker qui ne donne pas le détail des enregistrements polliniques pour les deux sondages réalisés dans le Vercors. Toutefois l'auteur semble ne mettre en évidence que des variations locales et ponctuelles de la végétation par rapport aux résultats obtenus sur les autres sondages. Il semblerait donc que les grands changements de végétation dans le domaine paléosylvatique septentrional soient généraux et qu'ils puissent être observés sur le massif du Vercors hormis quelques particularités locales. Nous nous proposons de présenter ici les résultats obtenus par J. Becker sur l'ensemble des carottes étudiées, pour la période allant du Dryas ancien au Subatlantique, tout en sachant que les tourbières du Bouilly et des Geymonds ne semblent s'être formées respectivement qu'à partir du Subboréal et du Préboréal.

Le caractère subordonné du pin durant la phase du sapin et de l'épicéa, au cours du Subboréal, place le secteur de Villard-de-Lans dans le domaine paléosylvatique septentrional (J. Becker, 1950). En effet les proportions en pin et plus particulièrement en *Pinus cembra* augmentent au fur et à mesure que l'on se déplace vers le sud du domaine septentrional. L'importance du pin augmente dans les tourbières de la vallée de l'Arc jusqu'à annoncer le faciès du domaine méridional qui apparaît clairement dans les vallées des affluents gauches de l'Arc dans la région de Valloire/Valmeinier.

Par ailleurs l'importance du pin est moins prononcée à l'ouest qu'à l'est, puisqu'en Vercors et au Luitel les diagrammes sont de type septentrional et ce jusqu'au plateau de la Matésine où le faciès devient méridional. Ces observations conduisent l'auteur à tracer la limite qui sépare les deux domaines paléosylvatiques comme représentée sur la Figure 14.

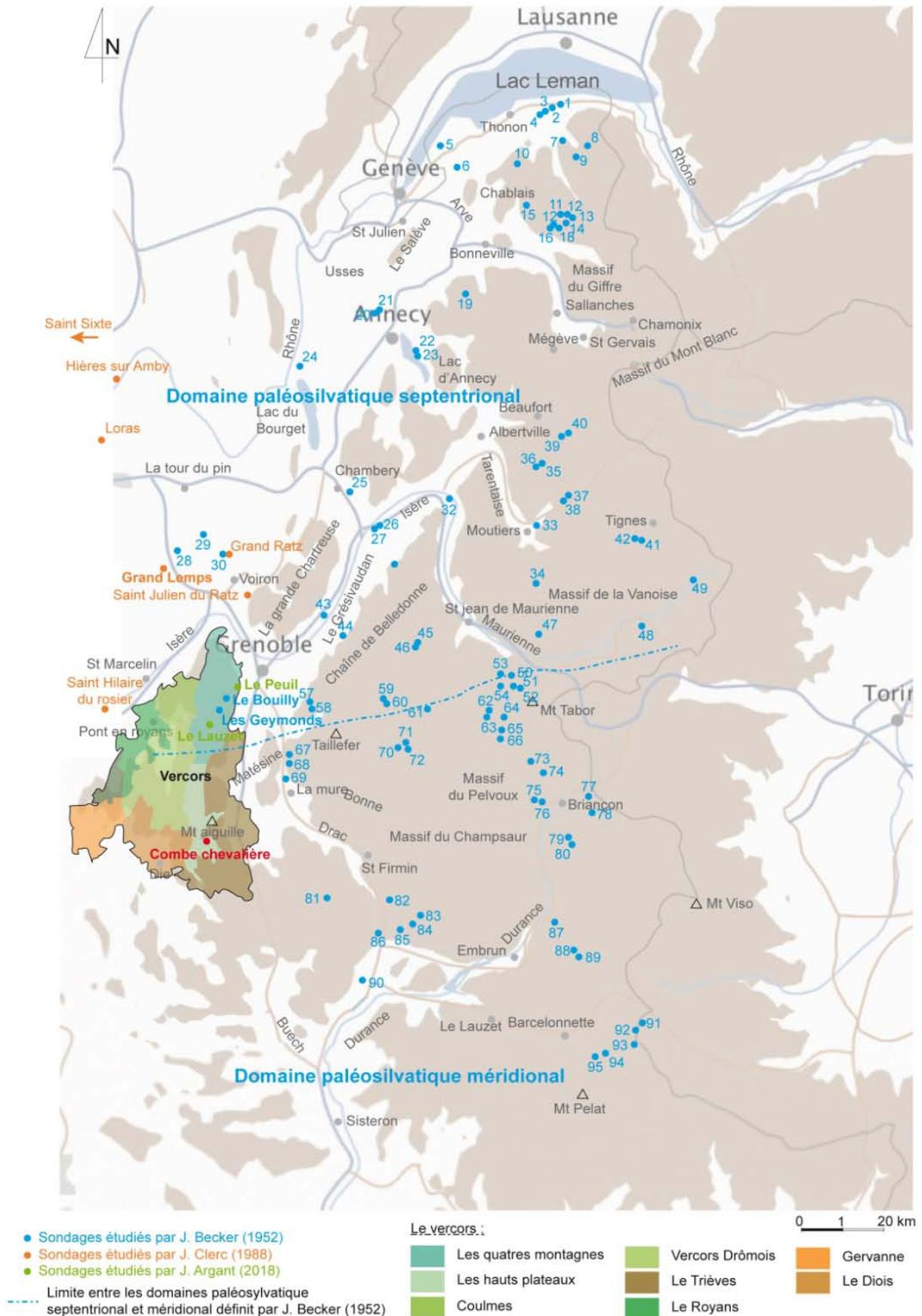


Figure 14: emplacement des différents sondages présentés dans les travaux de J. Becker (1952), J.-L. de Beaulieu et G. Monjuvent (1985), J. Clerc (1988), T. Nakagawa (1998) et J. Argant (2018).

Cette ligne n'est pas une limite nette de végétation mais une limite au sud de laquelle le pollen des arbres de la forêt septentrionale ne sont pas restés dominants vis-à-vis de pollen de pins, amenés d'une zone de végétation à climat xérothère⁶ s'étendant à une faible distance. Ainsi là encore il ressort une distinction entre le nord et le sud du Vercors. Les deux sondages qui nous intéressent, Bouilly et Geymonds, se trouvant dans la zone septentrionale, nous nous référerons uniquement aux résultats obtenus par J. Becker dans cette zone.

L'auteur distingue trois phases de végétation au cours du Tardiglaciaire et trois phases au cours de la période post-glaciaire jusqu'à l'actuelle.

Phases du Tardiglaciaire:

Une première phase de prairies à *Artemisia*, *Helianthemum* et graminées (incluant aussi des Amaranthaceae-Chenopodiaceae, Caryophyllaceae et localement *Hippophaë*). Le pollen non arboréen est très présent. Le pin et le bouleau sont rares, ce qui traduit une présence éloignée de ces taxons. La présence de pollen de sapin et d'épicéa pourrait illustrer l'existence de zones refuges au cours de la glaciation würmienne pour ces deux taxons dans le massif du Vercors.

La seconde phase correspond à une phase dite subarctique à bouleaux et pins. Elle se caractérise par une importante augmentation de pollen arboréen avec une première partie où le bouleau a une représentation plus importante que le pin et une seconde, attribuée à l'Allerød, où le pin domine, le bouleau devenant moins important.

La troisième phase voit le recul de la forêt, une diminution du pin et du bouleau au profit du développement de zones de prairies (Dryas récent ?).

Phases de la période post-glaciaire (Holocène).

La première est dite : phase du *Corylus* et de la chênaie mixte. Elle peut être elle-même scindée en trois phases :

- La phase du pin et du noisetier, où le noisetier ainsi que l'orme et le chêne se développent tandis que le pin régresse. L'enregistrement pollinique du bouleau est relativement discontinu et l'aulne apparaît.
- La phase du noisetier et de la chênaie mixte. L'orme puis le chêne et le tilleul sont majoritaires bien que le noisetier soit encore très présent. Au-delà de 800 m d'altitude

⁶ Xérothère : a été sec.

les pins se maintiennent mais le bouleau et le sapin n'apparaissent que de manière sporadique. Il en est de même pour l'aulne.

- La phase à chênaie mixte et noisetier. Cette phase correspond au maximum de tilleul et est attribuée à la chronozone Atlantique humide (Mangerud *et al.*, 1974).
- La phase du sapin se caractérise par une diminution brusque de la chênaie mixte au profit du sapin. Notons également la présence du hêtre. Cette phase est datée du Subboréal (2 800 – 5 100 ans).
- La phase de l'épicéa voit le remplacement net du sapin par l'épicéa. L'auteur propose alors comme hypothèse de travail que la prépondérance de l'épicéa résulterait de modifications apportées par l'homme aux conditions de développement de la forêt spontanée. Par ailleurs, des fougères se développent de manière importante. Cette phase est attribuée au Subatlantique (0 – 2 800 ans).

D'après J. Becker les spectres polliniques obtenus aux Geymonds sont caractéristiques du début de l'Holocène (Préboréal) et ceux de Bouilly du Subboréal.

Le Peuil (Claix, Isère) et le Lauzet (Villard-de-Lans, Isère)

T. Nakagawa (1998) a étudié plusieurs séquences des Alpes françaises centrales la tourbière du Peuil (Claix, Isère) dominant la vallée du Drac. Dans le cadre d'un projet de PCR⁷ cette tourbière du Peuil a fait l'objet d'une nouvelle étude (Argant *et al.* 2018) publiée en même temps que celle du lac du Lauzet (Villard-de-Lans, Isère). La tourbière du Peuil est située à 975 m d'altitude sur un replat au pied de la barre calcaire urgonienne du Moucherotte. Cette cuvette s'est développée à la faveur d'un cordon morainique attribuable à la dernière glaciation du Würm et qui s'observe sur sa bordure est. Le versant du Moucherotte, à l'ouest, présente des éboulis dont certains blocs s'observent jusque dans la tourbière. Le lac du Lauzet (1 250 m) se trouve quant à lui sur le versant opposé de la tourbière du Peuil, non loin du sommet de la grande Moucherolle. Il s'agit d'une cuvette peu profonde qui ne se remplit d'eau que lors de la fonte des neiges. Le comblement se compose d'argiles et de sédiments carbonatés formant des lamines blanches et grises déposées dans le lac glaciaire et observées sur 1,3 m d'épaisseur à l'endroit du sondage.

Ces deux séquences ont fait l'objet de nombreuses datations au radiocarbone. Quatre datations AMS sur macrorestes ont été faites sur la séquence du Peuil lors de l'étude de 1998.

⁷PCR "Circular, vivre et habiter en Vercors et Chartreuse : la montagne et ses piémonts de la Préhistoire à la fin du Moyen Age", déposé en 2008 par C. Annequin.

En 2018, sept datations¹⁴C-AMS ont été effectuées sur les nouveaux prélèvements et neuf datations sur la séquence du lac du Lauzet. Ces datations ont été réalisées sur la fraction organique extraite du sédiment hormis l'une d'elles qui a été faite sur une graine de *Potamogeton* de la séquence du Lauzet (à 94 cm). Au regard des résultats palynologiques, seule la moitié des dates ont été retenues dans l'étude de 2018. Au delà de la composition des spectres, l'interprétation se base sur ces dernières et sur la comparaison avec des séquences paléobotaniques régionales dont celle de Grand-Lemps (Clerc, 1985, 1988) présentée plus haut, Chirens (Eicher *et al.* 1981) et Saint Jean de Chevelu en Savoie (Argant *et al.* 2009).

En 1998, la séquence du Peuil a été divisée en 9 zones polliniques notées PL-1 à 9 (de bas en haut) (Nakagawa T., 1998). La base de la séquence (PL-1) est marquée par un fort pourcentage de *Pinus* (32,7 %) et d'*Artemisia* (45 %), les Amaranthaceae/Chenopodiaceae augmentent également. La zone 2 se caractérise par la chute de *Pinus* tandis que les Amaranthaceae/Chenopodiaceae atteignent leur maximum. La zone suivante voit la nette régression d'*Artemisia* et la progression de *Betula* ainsi que de *Juniperus*, *Helianthemum* et *Thalictrum* bien que ce soit dans une moindre mesure. La zone 4 est marquée par la progression rapide de *Betula* et la disparition des herbacées telles qu'*Artemisia*, Amaranthaceae/Chenopodiaceae, *Helianthemum* et *Thalictrum*. *Pinus* ainsi que *Juniperus* et *Betula* augmentent. La zone 5 est dominée par *Pinus* et *Betula*. La zone suivante (PL-6) est similaire avec toutefois des valeurs plus importantes d'*Artemisia*. La zone 7 qui apparaît comme instable, est marquée par la forte présence de *Pinus* et de *Corylus*, avec en parallèle l'apparition d'*Ulmus* et *Quercus* caducifolié. *Pinus* décroît fortement au cours de la zone 8 tandis qu'*Abies* augmente. Enfin, la zone 9 se caractérise par la prédominance d'*Abies*, associé à *Pinus*, *Betula*, *Corylus*, *Ulmus* et *Quercus* caducifolié.

En 2018, la séquence du Peuil a été découpée en dix zones polliniques allant du Pléniwürm final au Subatlantique alors que la séquence du Lauzet a été divisée en six zones polliniques allant du Pléniwürm final à la fin du Dryas récent, l'Holocène n'étant représenté que par des dépôts subactuels (Argant *et al.* 2018).

La base des deux séquences (zones ZPL-1 (a, b et c) et LAU-1), attribuée à la fin de la période glaciaire du Pléniwürm présente des valeurs élevées de pollen d'herbacées traduisant l'installation d'une végétation en mosaïque avec des plantes steppiques telles que les éphédres, l'armoise, des Amaranthaceae/Chenopodiaceae, le pigamon (*Thalictrum*), l'hélianthème, l'armérie, l'oseille, le plantain ainsi que des arbres pionniers tels que le genévrier ou le bouleau. La présence de pollen de sapin et de noisetier accompagnant cet

ensemble pose question et suggère un apport lié à l'érosion de lambeaux de formations interglaciaires précédentes. Les zones ZPL2 et LAU2 sont attribuées au Dryas I (16 342 – 15 795 ans cal. BP) et se caractérisent par l'installation du genévrier et l'augmentation importante des poacées et de l'armoise. La troisième zone (ZPL3 et LAU3) correspond au Bølling et voit le développement des arbustes et des arbres pionniers tels que le genévrier, le bouleau, le saule et l'argousier. Cet assemblage traduit une importante amélioration climatique. La zone suivante (ZPL4 et LAU4) qui est attribuée à l'Allerød, se caractérise par le développement d'une pinède et donc d'un climat de plus en plus clément. Au contraire la zone 5 (ZPL5 et LAU5) témoigne d'un refroidissement à rapporter au Dryas récent bien que le taux de pin reste élevé. La séquence du Lauzet s'arrête à ce niveau tandis qu'au Peuil (ZPL6 et 7) on assiste à l'installation et l'extension de la corylaie puis de la chênaie au Préboréal et au Boréal, qui marquent ainsi le début des conditions climatiques tempérées que l'on connaît aujourd'hui. La zone ZPL8 correspondant à l'Atlantique est marquée par le développement de la chênaie et la présence continue du sapin ($6\,860 \pm 50$ ans BP, 7 789-7 611 ans cal BP). Le sapin atteint son développement maximal au cours du Subboréal (ZPL9) puis décroît probablement en raison de la pression anthropique croissante à partir de 4 000 ans cal. BP. Le hêtre profite de la diminution du sapin et d'une baisse de la compétition pour se développer.

c) Synthèse

Les études décrites précédemment ont permis de caractériser les variations de la végétation au cours du temps, depuis le Dryas ancien jusqu'au Subatlantique, suivant un transect altitudinal d'orientation nord/sud et allant du Grand Lemps au Lauzet (Figure 15).

- Le Dryas ancien (14 600 - 16 500 ans cal. avant le présent) se caractérise dans les étages collinéens et montagnards par la prédominance des herbacées et l'apparition progressive de *Juniperus* et de *Betula*.
- Le Bølling (13 900 - 14 000 ans cal. avant le présent) est marqué par un recul des herbacées au profit de *Juniperus* puis de *Betula* et de *Salix*. Notons la présence d'*Ephedra* à l'étage montagnard.
- Au cours de l'Allerød (12 900 - 13 900 ans cal. avant le présent), les taxons arboréens reculent hormis *Pinus*.
- Le Dryas récent (11 700 – 12 900 ans cal. avant le présent) n'est pas documenté à l'étage collinéen. À l'étage montagnard, les herbacées dominent le spectre même si *Pinus* se maintient, *Juniperus* et *Betula* augmentent légèrement ce qui traduit une péjoration climatique.

- Le Préboréal (9 000 – 11 700 ans cal. avant le présent) se distingue par une vraie différence altitudinale dans la végétation. L'étage collinéen se caractérise par la prédominance de *Pinus*. Tandis qu'à l'étage montagnard cette essence diminue de même que les taxons pionniers tels que *Betula* ou *Juniperus*. J. Becker note le développement de *Corylus*.
- Au Boréal (8 000 – 9 000 ans cal. avant le présent), *Corylus* s'impose à tous les étages et *Quercus* caducifolié ainsi qu'*Ulmus* et *Tilia* progressent de manière notable.
- L'Atlantique (5 100 – 8 000 ans cal. avant le présent) correspond à une phase à *Quercus* à tous les étages, cependant associé à *Corylus* et *Tilia* à l'étage montagnard, cette phase voit également l'installation d'*Abies*.
- Le Subboréal (2 800 – 5 100 ans cal. avant le présent) se caractérise par une phase à *Abies* générale.
- Le Subatlantique (0 – 2 800 ans cal. avant le présent) est marqué par les premières déforestations à l'étage collinéen, les taxons arboréens diminuent au profit des indices polliniques d'anthropisation : céréales, rudérales, arbres cultivés (*Juglans*, *Castanea*). L'étage montagnard se caractérise également par le recul des arbres et le remplacement d'*Abies* par *Picea*.

Cette synthèse montre qu'il y a peu de différences dans les successions de végétation entre l'étage collinéen et l'étage montagnard hormis pour les sites des Geymonds et du Bouilly. Mais rappelons que ces deux sites n'ont permis de remonter que jusqu'au Subboréal et au Préboréal, les résultats pris en compte étant la synthèse pour tout le domaine septentrional tel qu'il est défini par l'auteure.

Ainsi les possibles différences de végétation selon l'altitude au cours de l'Holocène ne sont globalement pas mises en évidence par les enregistrements polliniques réalisés jusqu'à présent. L'étude de la séquence de la Combe Chevalière située à l'étage subalpin, où les conditions climatiques sont plus contraignantes, apportera de nouvelles données documentant les variations de végétation en altitude.



Date cal.BP	Chronozone	Etage collinéen		Etage montagnard		Domaine paléosilvatique septentrional Les geymonds (976 m) Le Bouilly (991 m) (J. Becker)
		Grand Lemps (500 m) (J. Clerc)	Le Peuil (974 m) Le Lauzet (1 250 m) (J. Argant)	Le Peuil (974 m) (T. Nakagawa)		
0 - 2 835	Subatlantique	Phase des 1ère déforestations, régression des arbres et apparition des céréales. maximum de <i>Juglans</i> , <i>Castanea</i> et <i>Populus</i> .	Déclin des arbres sauf des héliophiles			Phase de <i>Picea</i> : remplacement nette d' <i>Abies</i> par <i>Picea</i> , développement des fougères.
2 835 - 5 450	Subboréal	Phase à <i>Abies</i> et <i>Fagus</i> .	<i>Abies</i> décroît, <i>Fagus</i> atteint son maximum.	<i>Abies</i> est dominant mais augmentation de <i>Fagus</i> en lien avec l'anthropisme et un abaissement de la température et des précipitations		Phase d' <i>Abies</i> : la chenaie mixte diminue brusquement au profit d' <i>Abies</i> , présence de <i>Fagus</i> .
5 450 - 8 835	Atlantique	Phase à <i>Quercus deciduous</i> plus mésothermophiles et <i>Abies</i> puis phase à <i>Abies</i>	Chênaie + <i>Tilia</i> , installation d' <i>Abies</i> , apparition de <i>Fagus</i> et de <i>Calluna</i> .	Remplacement de <i>Corylus</i> par <i>Abies</i> . Elément du <i>Quercetum mixtum</i>		Phase chenaie mixte. <i>Corylus</i> : maximum de <i>Tilia</i> .
8 835 - 10 085	Boréal	Phase à <i>Corylus</i> , <i>Ulmus</i> et <i>Quercus deciduous</i> .	Maximum de <i>Corylus</i> , progression de <i>Quercus deciduous</i> , <i>Ulmus</i> et <i>Tilia</i> .	Interaction entre <i>Pinus</i> et <i>Corylus</i> . Premier pic d' <i>Abies</i> . Mosaïque de forêt de <i>Corylus/Quercetum mixtum</i> et de forêt d' <i>Abies</i> .		Phase du <i>Corylus</i> , chenaie mixte : <i>Corylus</i> très présent, <i>Ulmus</i> puis <i>Quercus deciduous</i> et <i>Tilia</i> . Au-delà de 800 m d'altitude <i>Pinus</i> se maintient.
10 085 - 11 490	Préboréal	Phase à <i>Pinus</i> , 1er mésothermophiles, récurrence des herbacées.	Chute de <i>Pinus</i> et disparition des arbres ou arbustes pionniers (<i>Betula</i> , <i>Juniperus</i> , <i>Ephedra</i>)	Domination de <i>Pinus</i> et de <i>Corylus</i> , <i>Betula</i> disparaît.		Phase du <i>Corylus</i> : développement du <i>Corylus</i> , <i>Ulmus</i> et de <i>Quercus deciduous</i> , régression de <i>Pinus</i> . <i>Betula</i> discontinu, apparition d' <i>Alnus</i> .
Tardiglaciaire						
11 490 - 12 710	Dryas récent	Hiatus	<i>Pinus</i> reste élevé, légère augmentation de <i>Juniperus</i> et <i>Betula</i> (péjoration climatique). Augmentation des Poaceae et des espèces steppiques.	Forêt mixte de <i>Pinus</i> et de <i>Betula</i> . Même végétation qu'à l'Allerød. Diminution des flux polliniques en lien avec la péjoration climatique.		Phase de recul de la forêt : diminution de <i>Pinus</i> et de <i>Betula</i> , augmentation des formations prairiales.
12 710 - 13 600	Allerød	Phase de régression des pollens d'arbres et phase à <i>Pinus</i>	Ascension de <i>Pinus</i> . Important recul de <i>Juniperus</i> et de <i>Betula</i> .	Diminution de la fréquence de <i>Betula</i> et augmentation de celle de <i>Pinus</i> .		Phase de <i>Betula</i> et de <i>Pinus</i> . D'abord <i>Betula</i> domine puis <i>Pinus</i> prend le dessus.
13 600 - 15 075	Bølling	Phase à <i>Juniperus</i> , diminution des herbacées. Puis phase à <i>Betula</i> et <i>Salix</i> .	Ascension brutale et importante de <i>Juniperus</i> . <i>Betula</i> et <i>Salix</i> , <i>Ephedra</i> .	Pic de <i>Juniperus</i> et de <i>Betula</i>		Phase prairiale à <i>Artemisia</i> , <i>Helianthemum</i> et graminées. Présence rare de <i>Pinus</i> et de <i>Betula</i> .
15 075 - 18 270	Dryas ancien	Phase à herbacées (poacées et <i>Artemisia</i>) et <i>Juniperus</i> plus <i>Betula</i> .	Installation progressive de <i>Juniperus</i> et <i>Betula</i> , <i>Ephedra</i> .	Pic des steppiques (surtout <i>Artemisia</i>). Légère augmentation de <i>Juniperus</i>		
Pléni-glaciaire						
18 270 - 30 000			<i>Pinus</i> abondant, <i>Ephedra</i> , début implantation de <i>Juniperus</i> et <i>Betula</i> . Herbacées steppiques.			



Figure 15 : tableau synthétique des variations de végétation au cours du temps et en fonction de l'altitude.

IV. Evolution de la végétation à l'étage subalpin au cours des derniers 15 000 ans : La séquence de la Combe Chevalière (Chichilienne)

1. Matériel d'étude

a) Le site d'étude

La Combe Chevalière se trouve à l'extrémité sud des Hauts-Plateaux du Vercors, à une altitude de 1 653 m dans l'étage subalpin. Il s'agit d'un replat dominé par la Tête Chevalière au sud, surplombant la forêt domaniale de Chichilienne. La particularité de la Combe Chevalière réside dans son substrat de calcaires marneux imperméables et très friables (Figure 16). Ce calcaire constitue le soubassement du Mont-Aiguille ; la présence d'une faille majeure (faille du Jasneuf) a permis sa mise à proximité avec les calcaires massifs blancs, d'âge Barrémien inférieur, qui forment les escarpements du Mont-Aiguille.

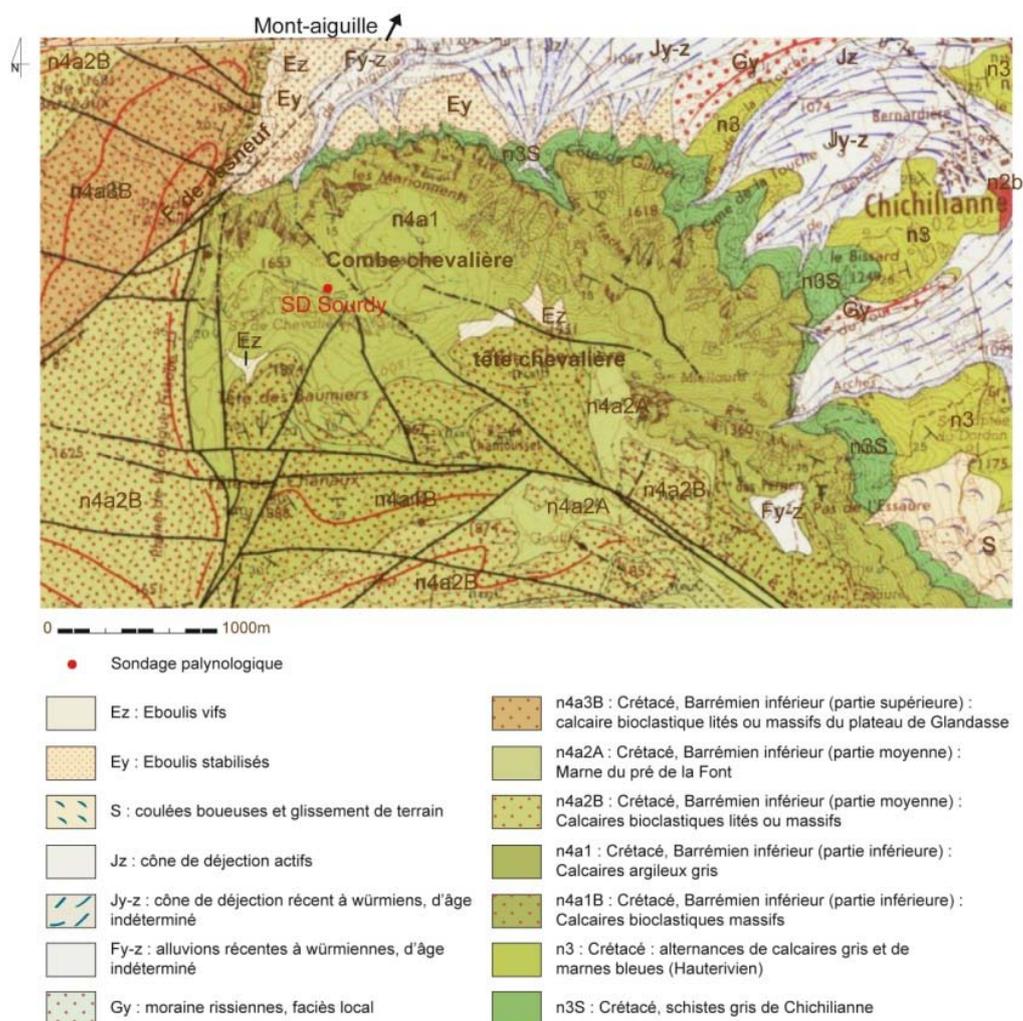


Figure 16 : Extrait de la carte géologique de Mens au 1 : 50 000 (Arnaud et al.1974, modifiée).

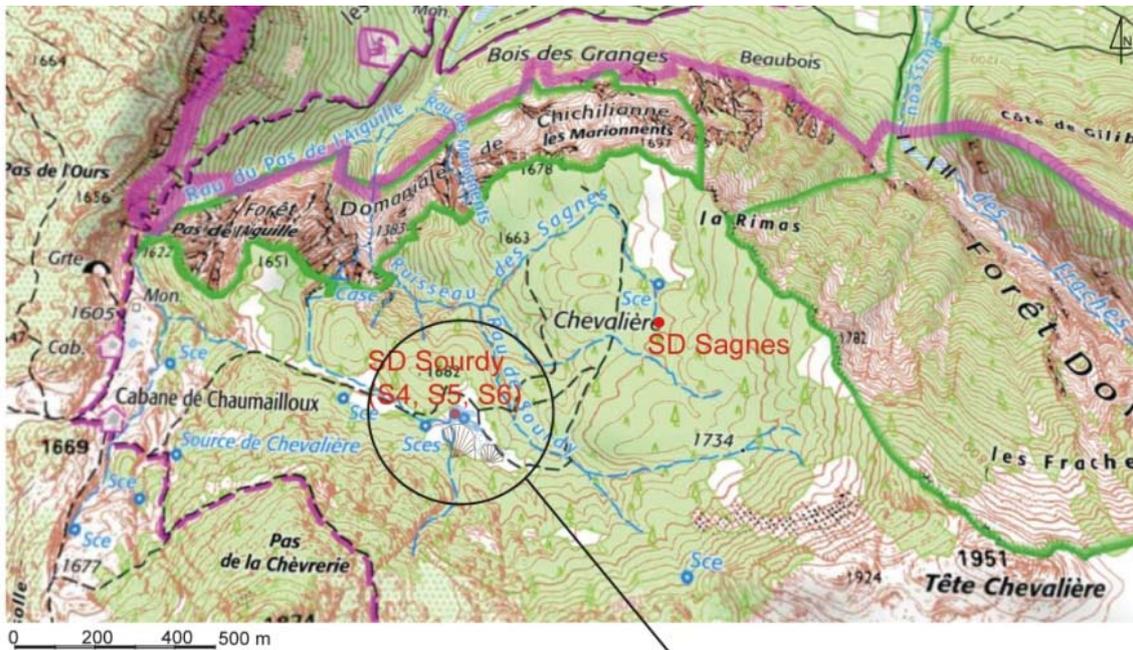
Ce secteur particulièrement humide ce qui est rare sur les Hauts-Plateaux, est parcouru de petits cours d'eaux alimentés par la fonte des névés et par des sources permanentes. Les deux principaux ruisseaux sont le Sourdy, en bordure duquel a été fait le carottage pour l'étude palynologique, carotte S4, et le Sagnes. Cette zone présente un aspect tourbeux et des surfaces planes à faible pente semblant propices à une étude palynologique.

Outre la carotte S4, deux autres carottes ont été réalisées à proximité, les carottes S5 et S6 qui ont servi de support à l'analyse sédimentologique d'une part et à la réalisation d'une série de dix datations ^{14}C d'autre part.

b) L'étude géomorphologique :

L'étude géomorphologique a été réalisée par Bernard Moulin et publiée dans Picavet *et al.* (2019).

Les carottes S5 et S6 se situent dans la partie aval de la zone humide du Sourdy, entre deux petits chenaux d'écoulement et peu en amont de leur confluence (Figure 17). Deux cônes alluviaux, de taille inégale, s'étalent depuis le piémont en ubac et drainent les eaux des reliefs occidentaux. Le cône occidental présente actuellement un chenal bien marqué sur son flanc ouest, de sorte que la majeure partie de ses apports actuels est évacuée directement vers l'ouest sans alimenter la zone humide. Il semble cependant que l'incision de ce chenal soit très récente. Un petit chenal, moins actif, se marque en limite est du flanc oriental de ce cône. Il vient confluer avec les drainages issus de la bordure occidentale du cône oriental en alimentant un intercône qui a, pour sa part, subi un drainage anthropique (canal rectiligne). Le cône oriental répartit ses eaux de ruissellement entre la zone humide du Sourdy à l'ouest, et le ruisseau du Sourdy à l'est, de part et d'autre d'un seuil, la dérivation orientale se faisant par l'intermédiaire d'un système de capture. Le ruisseau du Sourdy est tributaire du ruisseau des Sagnes. Pour ce cône oriental, il est possible que la situation ait été différente à certaines périodes, selon d'une part l'orientation des apports sur le flanc est ou sur le flanc ouest du cône, et d'autre part le degré d'incision de la zone de capture vers le ruisseau des Sagnes en amont du seuil qui la sépare de la zone humide du Sourdy.



- zone humide
- Cône alluviaux
- Lits actuels
- Anciens lits
- Drainage anthropique

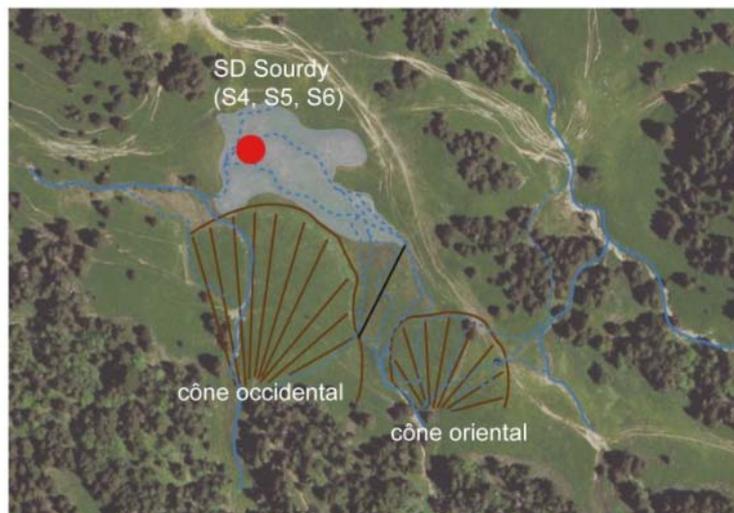


Figure 17 : position des sondages pour les analyses palynologiques, sédimentologiques et les datations. Etude géomorphologique de la Combe Chevalière (B. Moulin dans Picavet et al. 2019 modifiée).

La corrélation entre les 3 carottes sédimentaires S4, S5 et S6 se base en premier lieu sur leurs caractéristiques associées à la texture ou la couleur des sédiments (Figure 18). Par ailleurs, d'autres analyses sédimentologiques ont été réalisées : teneur en carbonates, en matière organique, dosage de la matière humique, du phosphate et mesure du pH ainsi que des mesures de la susceptibilité magnétique (carotte S4). Elles ont permis de mettre en évidence un remplissage de la dépression en deux temps. Suivant deux ensembles bien définis, la base de la séquence est carbonatée tandis que le sommet est complètement décarbonaté. Ces deux ensembles sont subdivisés en six sous-ensembles sédimentaires nommés de A à F.

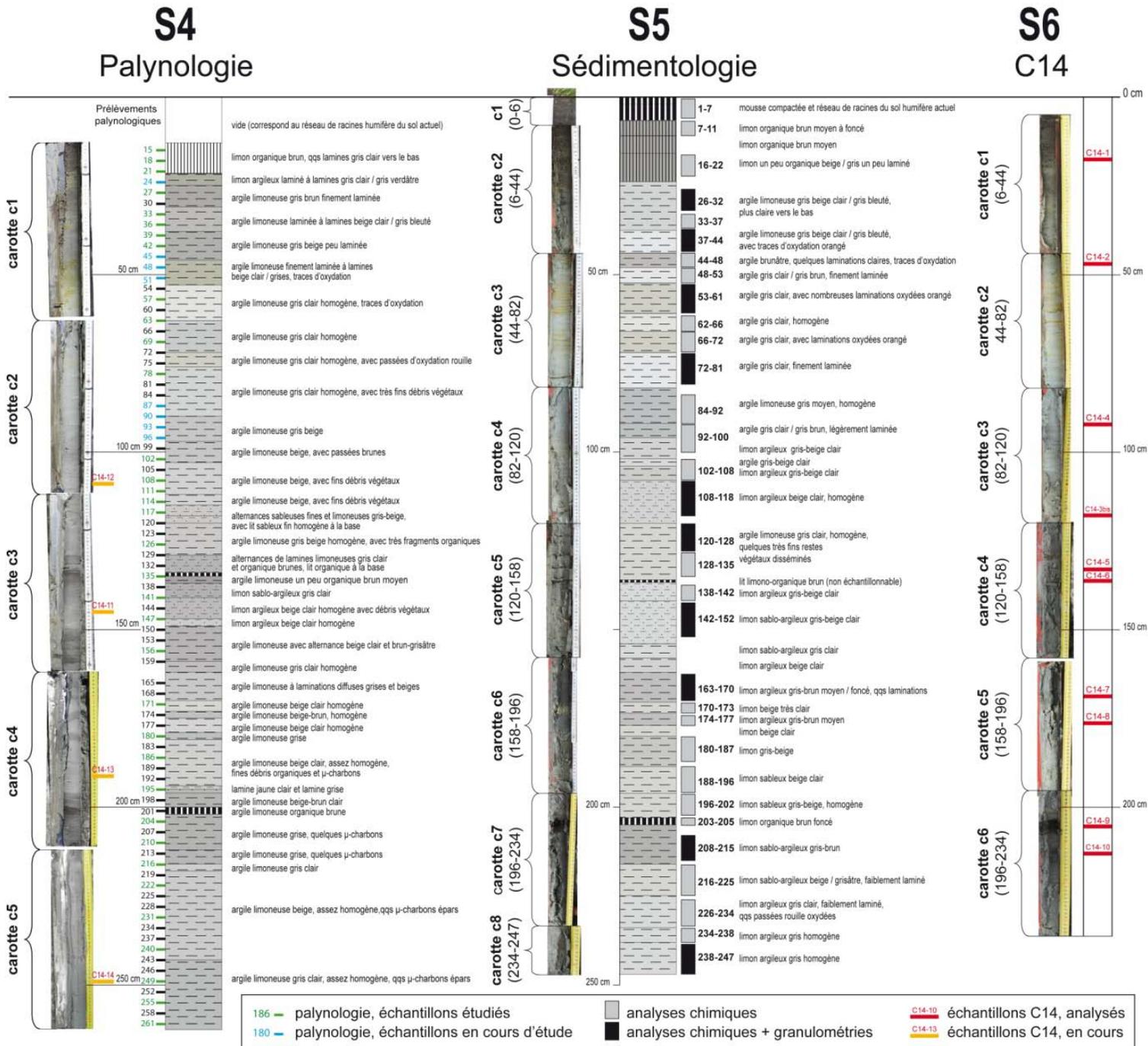


Figure 18 : corrélation entre les carottes S4, S5 et S6 (d'après B. Moulin dans Picavet et al. 2019)

D'après le contexte géologique local, le petit ensellement du Sourdy, à Combe Chevalière, s'ouvre au nord-ouest de Tête Chevalière dans le Barrémien inférieur, constitué de calcaire massif bien lité et de marnes (Arnaud *et al.* 1974). Cet étage surmonte les alternances marno-calcaires de l'Hauterivien et est surmonté par les calcaires plus massifs de l'Urgonien (« calcaire à débris » de Tête Chevalière). L'environnement du bassin-versant qui alimente la petite dépression du Sourdy fournit donc un matériau mixte, à composante carbonatée (les calcaires), et argileuse (les marnes), auxquels s'adjoignent les impuretés siliceuses des calcaires résultant de leur dissolution.

En considérant que l'alimentation du versant fournit un matériau détritique mixte, argilo-carbonaté, les cycles de variation des teneurs en carbonates seraient alors vraisemblablement liés à des cycles d'altération plus ou moins prononcée des matériaux. La présence de microfossiles siliceux dans les échantillons décarbonatés (surtout dans l'ensemble supérieur : 1 à 92 cm) conforte cette hypothèse.

D'une manière générale, la dynamique de comblement de la dépression du Sourdy semble ainsi être en lien avec l'histoire pédo-sédimentaire du bassin-versant proche et l'on pourrait interpréter son « histoire » en s'inspirant de la théorie de bio-rhexistasie (Erhart, 1967). Cette théorie met en jeu des cycles plus ou moins longs marqués par une alternance de périodes :

- Des biostasies associées à une stabilité du couvert végétal (ou forestier) et à l'amorce ou la formation véritable de sols au sens pédologique (décarbonatation du substrat mixte argilo-carbonaté, transport et dépôt des argiles et éventuellement d'hydroxydes de fer, absence ou rareté des carbonates détritiques dans les dépôts) (Erhart, 1967).
- Et des périodes de rhexistasie associées à une rareté du couvert végétal et une forte érosion des bassins-versants et déblaiement des sols (transport de matériaux du substrat, donc présence de carbonates issus de celui-ci dans les dépôts) (Erhart, 1967).

2. Méthodologie

a) La datation de la séquence sédimentaire

La carotte S6 a été prélevée à proximité des carottes S4 et S5 ayant servi aux analyses palynologiques et sédimentologiques. Dix échantillons ont été datés par radiocarbone au centre de datation par le radiocarbone de Lyon (UMR 5138, université de Lyon 1). Une série de dix datations a été effectuée sur de la matière végétale et des limons organiques. Ces datations, calibrées à l'aide de la courbe de calibration IntCal13 (Reimer *et al.* 2013), ainsi

que la corrélation avec les carottes S4 et S5 ont permis la réalisation d'un modèle d'âge présenté dans le paragraphe 5. c) de ce chapitre.

b) L'analyse pollinique

Le carottage en vue de l'étude palynologique a été réalisé en juin 2017 dans la zone du Sourdy (Figure 19), à l'aide d'une sonde russe équipée de rallonges sur trois mètres ainsi que d'une gouge de cinq centimètres de diamètre et vingt centimètres de long. Quatre-vingt deux échantillons ont été prélevés, tous les 3 cm le long de la carotte, les prélèvements ont été faits à l'aide d'une spatule propre et lavée à l'eau claire entre chaque échantillon. Ils ont été conditionnés dans des sacs propres, hermétiquement fermés et stockés au réfrigérateur.



Figure 19 : prélèvement de la carotte S4 dans la Combe Chevalière à l'aide d'un carottier russe (photographies : Agnès Trégret)

Le traitement des échantillons a été réalisé au laboratoire EPOC à Bordeaux par M. Georget suivant le protocole habituel du laboratoire (https://www.epoc.u-bordeaux.fr/index.php?lang=fr&page=eq_paleo_pollens). Ainsi 2,5 à 4,5 cc de sédiment ont été prélevés et traités. Le sédiment est remis en suspension avec de l'eau, une concentration connue d'un taxon dit "exotique" (dans notre cas des spores de *Lycopodium*) est insérée sous forme de pastilles comprenant 19332 grains, afin de pouvoir estimer la concentration spore-pollinique totale et celle des différents taxons. L'eau est ensuite éliminée par centrifugation et les sédiments subissent une première attaque à l'acide chlorhydrique, à 10% tout d'abord puis à 25 et 50%. La deuxième attaque a été faite à l'acide fluorhydrique à 40% (pendant 12h) puis à 70% dans le but d'éliminer la silice présente. Les différentes attaques sont séparées de centrifugations. Puis une dernière attaque à l'acide chlorhydrique à 25% est réalisée avant

d'éliminer les fluorosilicates formés lors de l'attaque avec l'acide fluorhydrique. Enfin l'échantillon est rincé à l'eau puis filtré à 10 µm sous ultrason de manière à diminuer la formation d'agrégats. La fraction supérieure à 10 µm dans laquelle les grains de pollen se sont concentrés est alors récupérée. Les échantillons sont ensuite montés entre lame et lamelle sous forme de lame mobile c'est-à-dire dans du glycérol bidistillé afin de permettre la mobilité des grains de pollen et leur observation en vues polaires et équatoriales. Afin de préserver toutes traces de contaminations par des stocks polliniques subactuels, aucune acétolyse n'a été pratiquée sur ces échantillons.

Les premiers tests ayant fait état d'une présence importante en matière organique rendant la lecture difficile, un traitement à la potasse a été envisagé, avant d'opter dans un premier temps pour une filtration supplémentaire à 10 µm. Cette filtration s'étant révélée suffisante pour diminuer le taux de matière organique, le traitement à la potasse a finalement été jugé inutile.

Nous avons réalisé l'identification et la quantification des différents grains de pollen au laboratoire EPOC sous un microscope Zeiss Axioscop 2. L'identification a été faite sous les objectifs x40 et x100 (grossissements x400 et x1000) à l'aide de la collection pollinique de référence du laboratoire EPOC et l'atlas de M. Reille (1995).

Le calcul des pourcentages polliniques est basé sur la formule suivante : (nombre de grains de pollen *100)/somme totale hors spores et indéterminés. Les pourcentages indiquent l'importance relative des différents taxa dans l'assemblage pollinique.

La concentration pollinique se calcule comme suit : (nombre de lycopodes insérés * somme totale) / nombre de lycopodes comptés et divisé par le volume de sédiment traité (ici le nombre de lycopodes insérés est de 19332). Cette concentration nous indique l'abondance du morphotype pollinique indépendamment de l'abondance des autres morphotypes.

Le diagramme pollinique a été réalisé à partir du logiciel Psimpoll (Bennett, 2000) et la zonation du diagramme a été obtenue à l'aide du programme RStudio. Les zones polliniques successives ont été identifiées par le biais d'une classification hiérarchique contrainte en clusters (*constrained hierarchical cluster analysis*), réalisée dans l'environnement R (R Core Team, 2019) à l'aide du package « *rioja* » en utilisant la fonction *chclust* (Juggins, 2007), afin de hiérarchiser les différents échantillons en fonction de leur éloignement respectif via le calcul de leur coefficient de dissimilarité.

3. Résultats

a) Les datations radiocarbone

Le résultat des datations radiocarbone est présenté dans le tableau 3. Ces datations présentent des irrégularités qui peuvent être liées à la nature des matériaux datés. En effet les échantillons 1, 3 bis et 5 sont de la matière végétale tandis que les échantillons 2, 4, 6, 7, 8, 9 et 10 sont constitués de limons organiques. Ces matériaux peuvent être influencés par l'effet « réservoir » propre aux massifs calcaires. Toutefois cinq dates suivent une succession logique (il s'agit des échantillons 8, 7, 6, 5 et 2) et ont permis de réaliser un modèle d'âge-profondeur relatif (Figure 20). En revanche certains échantillons ne peuvent être retenus, les échantillons 10, 9 et 3bis paraissent beaucoup trop jeunes. Une première approche chronostratigraphique a été proposée par B. Moulin sur la base de l'étude sédimentologique qu'il a réalisée (Moulin B. dans Picavet *et al.* 2019).

Selon son étude, les deux dates à la base de la séquence : 8 et 7 appartiennent à la première moitié de la carotte qui se caractérise par des cycles carbonatés-décarbonatés (carotte S5 : 92 à 247 cm) qui pourraient appartenir à la partie très froide du Tardiglaciaire (Dryas ancien). Les dates 6, 5 et 4 sont plus difficiles à interpréter. Il semble toutefois que l'ensemble supérieur de la carotte décarbonatée appartienne à l'Holocène (carotte S5 : 1 à 92 cm) et que la partition interprétée sous l'angle de la bio-rhexistase dans l'étude sédimentologique soit une résultante de l'action du climat.

Tableau 3 : Synthèse des datations radiocarbones réalisées au centre de datation par le radiocarbonate de Lyon.

N° échantillon	code laboratoire	profondeur S6 (Cm)	correspondance profondeur S4 (Cm)	Nature de l'échantillon	Age mesuré (BP)	Age calibré (cal BC/AD)		Dates autour desquelles se situe le maximum de probabilités (cal BC)	
						de	à	de	à
1	Lyon-16074 (Sac A-56099)	-17	-20	Matière végétale	post 1950				
2	Lyon-16075 (SacA-56100)	-47	-46	Limon organique	4 810 ± 40	3 691	3 518	3 662	3 518
4	Lyon-16077 (SacA-56102)	-92	pas de correspondance	Limon organique	10 580 ± 80	10 768	10 288	10 768	10 429
3 bis	Lyon-16076 (SacA-56101)	-118	pas de correspondance	Matière végétale	2 295 ± 30	406	231	406	354
5	Lyon-16078 (SacA-56103)	-133	-128	Matière végétale	9 410 ± 40	8 793	8 575	8 793	8 604
6	Lyon-16079 (SacA-56104)	-136	-132	Limon organique	11 810 ± 100	11 980	11 482	11 897	11 482
7	Lyon-16080 (SacA-56105)	-169	-168	Limon organique	13 100 ± 100	14 074	13 387	14 074	13 387
8	Lyon-16081 (SacA-56106)	-176	-174	Limon organique	15 670 ± 130	17 301	16 704	17 301	16 704
9	Lyon-16082 (SacA-56107)	-206	-202	Limon organique	11 470 ± 50	11 489	11 251	11 489	11 251
10	Lyon-16083 (SacA-56108)	-213	pas de correspondance	Limon organique	13 330 ± 100	1 464	13 786	1 464	13 786

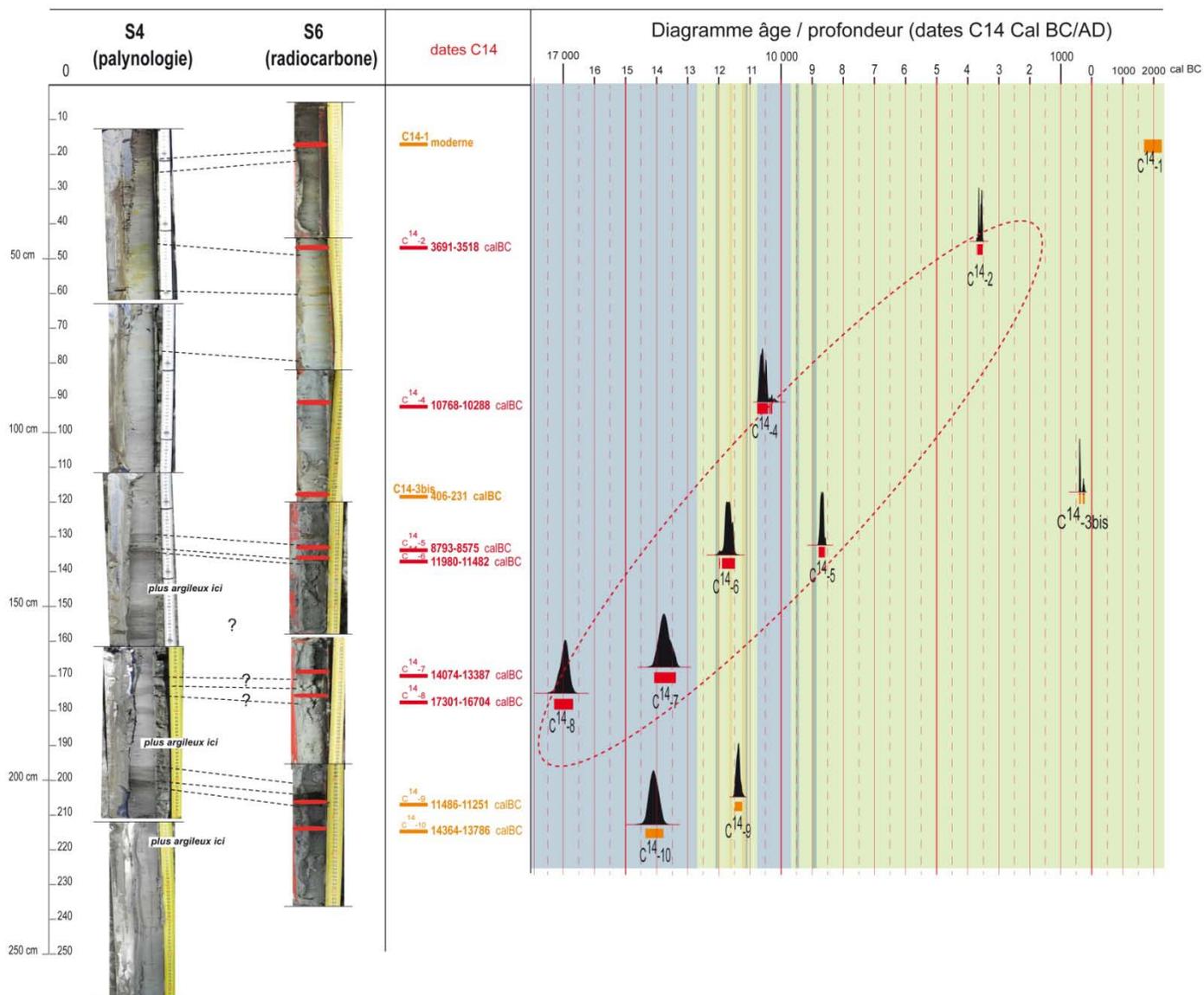


Figure 20 : modèle âge/profondeur (B. Moulin dans Picavet et al. 2019, modifiée).

b) L'enregistrement pollinique

Bien que 82 échantillons aient été prélevés, seuls 36 ont pu être analysés et 3 d'entre eux se sont révélés stériles. En effet la concentration pollinique de ces échantillons est inférieure à 1000 pollen/cc ce qui indique que les échantillons ne seraient pas représentatifs de la végétation source (Hall, 1981). Ils présentent également une quantité d'indéterminés (cassés et corrodés) importante au regard de l'ensemble des échantillons analysés ce qui suggère une mauvaise conservation pollinique au sein de ces niveaux (Figure 21). Ils se situent entre 57 et 78 cm de profondeur, or l'étude sédimentologique de la séquence (B. Moulin dans Picavet *et al.* 2019) fait état d'une argile limoneuse de couleur gris clair avec des traces d'oxydation dans cet intervalle. La couleur ainsi que la présence d'oxydation pourrait traduire un lessivage plus important induisant une mauvaise conservation des grains de pollen.

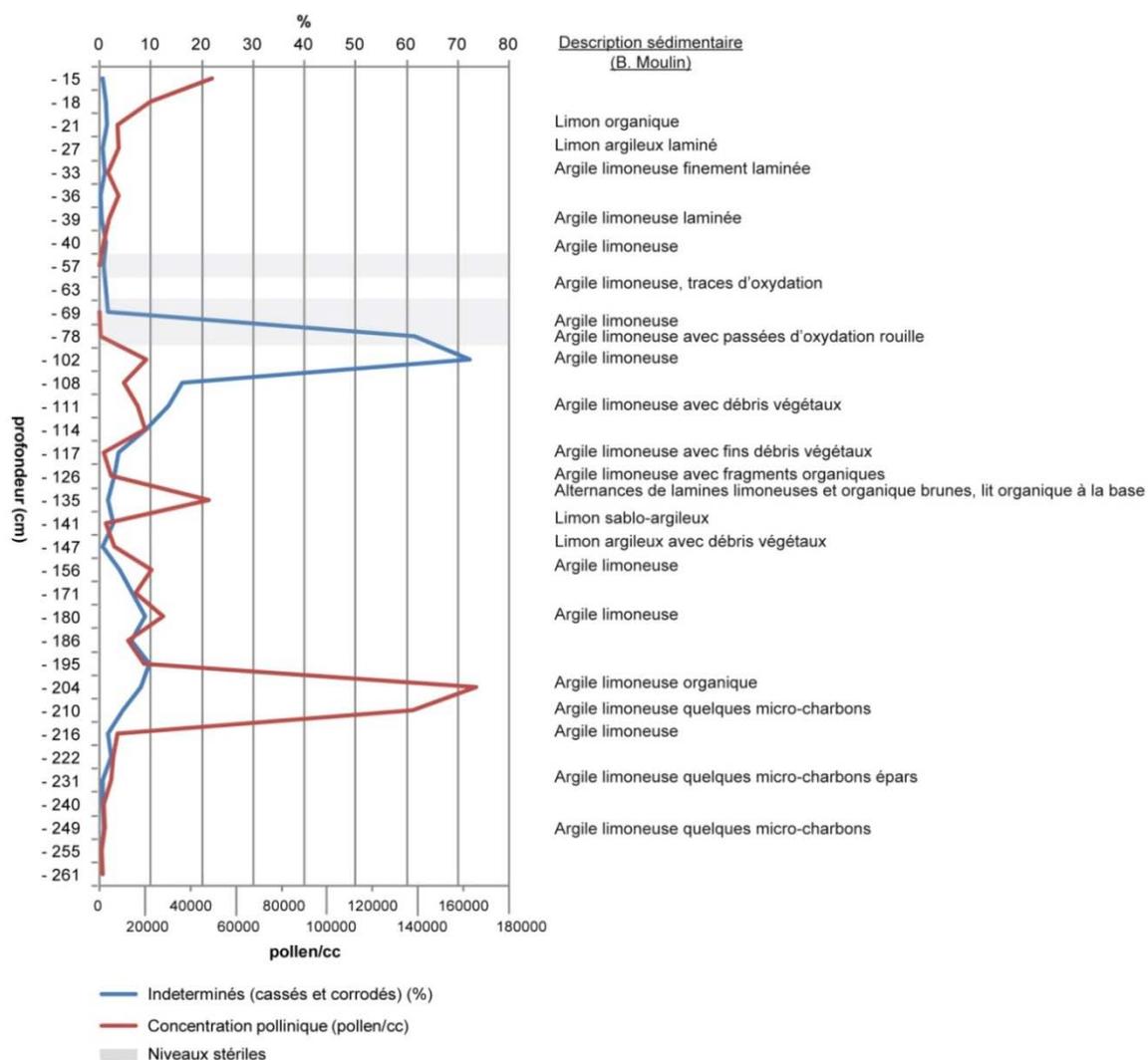


Figure 21 : concentration pollinique et quantité d'indéterminés (cassés et corrodés) en fonction de la profondeur.

Par ailleurs l'ensemble des échantillons étudiés présente un taux relativement faible de pollens corrodés, hormis les échantillons situés à -78 cm et -198 cm.

Enfin 8 échantillons sont en cours de traitement puisque leur étude nécessite le comptage d'au moins une seconde lame afin d'être statistiquement fiable, ils ne sont donc pas inclus dans les diagrammes présentés ci-après. L'étude se poursuivra au-delà de ce travail de manière à analyser l'intégralité de la séquence. Le Tableau 4 fait la synthèse des résultats obtenus à ce jour.

L'étude a été rendue difficile par la forte présence en matière organique et ce malgré une relative richesse pollinique. De fait il a parfois été nécessaire de compter plusieurs lames afin d'obtenir un minimum de pollens, 100 grains et 20 morphotypes, et particulièrement en ce qui concerne les échantillons du tiers supérieur de la carotte. La base de la séquence plus riche en matière organique, présente des concentrations polliniques plus importantes.

Tableau 4 : synthèse de l'étude palynologique menée sur la carotte S4. Les échantillons en vert correspondent aux échantillons analysés, ceux en bleu aux échantillons nécessitant le comptage d'une seconde lame et les échantillons stériles sont en gris.

n° laboratoire		Exotique	nombre de grains	Profondeur	vol. de sédiment traité	somme de base (- Pinus)	somme totale	Nb. taxons	Nb. exotique	concentration relative	concentration pollinique
2258	3	lycopodes	19332	15	1,5	327	500	17	130	74279,49	49519,66
2258	4	lycopodes	19332	18	2	204	458	13	196	45124,44	22562,22
2258	5	lycopodes	19332	21	2	110	243	13	292	16087,93	8043,97
2171	1	lycopodes	19332	24	1	95	121	13	510	4586,61	4586,61
2258	6	lycopodes	19332	27	2,5	180	261	15	242	20809,86	8323,94
2258	7	lycopodes	19332	31	2	43	83	8	267	6009,57	3004,79
2252	A	lycopodes	19332	33	2,5	126	142	13	270	10131,40	4052,56
2258	8	lycopodes	19332	36	2	382	490	15	567	16706,67	8353,33
2265	E	lycopodes	19332	39	2,5	107	214	14	380	10861,53	4344,61
2215	4	lycopodes	19332	40	3	84	143	8	448	6149,13	2049,71
2265	F	lycopodes	19332	42	2,5	25	57	10	215	5125,23	2050,09
2171	2	lycopodes	19332	45	1	40	41	8	760	1030,19	1030,19
2265	G	lycopodes	19332	48	2,5	15	48	9	351	2643,69	1057,48
2265	H	lycopodes	19332	51	2,5	5	11	3	63	3375,43	1350,17
2266	1	lycopodes	19332	54	2,5						
2252	B	lycopodes	19332	57	3	3	7	3	258	487,05	162,35
2266	2	lycopodes	19332	60	3						
2266	3	lycopodes	19332	63	1,5	9	23	7	15	28998,00	19332,00
2266	4	lycopodes	19332	66	2,5						
2252	C	lycopodes	19332	69	2,5	12	29	8	835	659,83	263,93
2266	5	lycopodes	19332	72	2,5						
2266	6	lycopodes	19332	75	3						
2171	3	lycopodes	19332	78	1,5	16	48	9	1380	665,41	443,61
2266	7	lycopodes	19332	81	2,5						
2266	8	lycopodes	19332	84	2,5						
2269	A	lycopodes	19332	87	2,5	12	26	5	94	5244,32	2097,73
2252	D	lycopodes	19332	90	2	24	166	10	853	3750,82	1875,41
2269	B	lycopodes	19332	93	2,5	6	93	6	147	12230,45	4892,18
2269	C	lycopodes	19332	96	2,5	7	169	6	223	14650,71	5860,28
2269	D	lycopodes	19332	99	1,5						
2171	4	lycopodes	19332	102	1,5	16	1002	6	619	31277,86	20851,91
2269	E	lycopodes	19332	105	3	3	220	4	162	26253,33	8751,11
2269	F	lycopodes	19332	108	3	131	2273	16	1351	32525,27	10841,76
2269	G	lycopodes	19332	111	3	111	1591	17	605	50838,37	16946,12
2269	H	lycopodes	19332	114	2	120	1197	19	570	40580,24	20290,12
2252	E	lycopodes	19332	117	2,5	50	230	13	796	5585,88	2234,35
2274		lycopodes	19332	120	3						
2274		lycopodes	19332	123	4						
2171	5	lycopodes	19332	126	1,5	60	233	10	561	8011,93	5341,28
2274		lycopodes	19332	129	3						
2274		lycopodes	19332	132	3						
2252	F	lycopodes	19332	135	2,5	531	1388	18	223	120326,53	48130,61
2274		lycopodes	19332	138	3						
2274		lycopodes	19332	141	3,5	214	776	14	151	99348,56	2838,53
2274		lycopodes	19332	144	3,5						
2171	6	lycopodes	19332	147	2	125	196	12	280	13497,88	6748,94
2274		lycopodes	19332	150	2,5						
2273		Lycopodes	19332	153	2,5						
2252	G	lycopodes	19332	156	2,5	225	1094	19	365	57916,55	23166,62
2273		Lycopodes	19332	159	2						
2273		Lycopodes	19332	162	1,5						
2273		Lycopodes	19332	165	2						
2273		Lycopodes	19332	168	2						
2252	H	lycopodes	19332	171	2,5	221	1616	14	771	40519,47	16207,79
2275		lycopodes	19332	174	2						
2275		lycopodes	19332	177	2,5						

2171	7	lycopodes	19332	180	2,5	334	3267	13	892	70793,70	28317,48
2275		lycopodes	19332	183	2,5						
2253	1	lycopodes	19332	186	4,5	214	1277	10	428	57679,82	12817,74
2275		lycopodes	19332	186	3						
2275		lycopodes	19332	192	4						
2275		lycopodes	19332	195	4	186	1992	16	486	79237,33	19809,33
2275		lycopodes	19332	198	2,5						
2275		lycopodes	19332	201	2,5						
2171	8	lycopodes	19332	204	1,5	476	4290	9	334	248306,23	165537,49
2351	1	lycopodes	19332	207	3,5						
2253	2	lycopodes	19332	210	2	321	1779	9	125	275133,02	137566,51
2351	2	lycopodes	19332	213	2						
2351	3	lycopodes	19332	216	2,5	131	330	11	313	20381,98	8152,79
2351	4	lycopodes	19332	219	3,5						
2172	1	lycopodes	19332	222	2	150	478	9	730	12658,49	6329,24
2351	5	lycopodes	19332	225	3,5						
2351	6	lycopodes	19332	228	4						
2253	3	lycopodes	19332	231	4,5	366	554	14	439	24374,17	5416,48
2351	7	lycopodes	19332	234	4,5						
2351	8	lycopodes	19332	237	4						
2253	4	lycopodes	19332	240	3	335	497	13	1462	6571,82	2190,61
2354	A	lycopodes	19332	243	3,5						
2354	B	lycopodes	19332	246	3,5						
2172	2	lycopodes	19332	249	1,5	159	292	19	1577	3573,42	2382,28
2354	C	lycopodes	19332	252	4,5						
2354	D	lycopodes	19332	255	3	172	248	11	1222	3923,35	1307,78
2354	E	lycopodes	19332	258	3						
2354	F	lycopodes	19332	261	2,5	159	257	14	1481	3348,18	1339,27

Afin d'en faciliter la lecture, le diagramme pollinique complet obtenu est présenté en trois parties, sur la base des groupements végétaux définis d'après les travaux de M-F. Sanchez-Goñi (1993). Par ailleurs il a parfois été nécessaire de multiplier par dix les résultats inférieurs à 5% afin de les rendre visible sur les diagrammes. Ainsi quatre groupes de végétaux ont été constitués comme suit :

Les herbacées et arbustes xérophiles et héliophiles : *Amaranthaceae/Chenopodiaceae*, *Anthemis* type, *Aster* type, *Taraxacum* type, *Centaurea scabiosa* et *Caryophyllaceae*. Ce groupe comprend également les herbacées et arbustes steppiques : *Artemisia* et *Ephedra*.

Les herbacées ubiquistes : *Brassicaceae*, *Campanulaceae*, *Helianthemum*, *Cyperaceae*, *Scabiosa*, *Ericaceae*, *Fabaceae*, *Plantago*, *Ranunculaceae*, *Filipendula* et *Knautia* type.

Les conifères à pollens à ballonnets: *Pinus*, *Cedrus*, *Abies* et *Picea*.

Les arbres et arbustes tempérés : *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus betulus*, *Corylus*, *Quercus caducifolié*, *Salix*.

Le premier diagramme comprend l'ensemble des grains de pollens d'arbres, représentés par les arbres et arbustes tempérés ainsi que les conifères produisant des pollens avec ballonnets (Figure 22). Le pollen de pin domine l'ensemble de la séquence, notons toutefois qu'il dépasse 70% uniquement dans les zones polliniques 4 et 7 où il atteint respectivement 90 et 99%. Le pin est donc majoritaire d'un point de vue pollinique sur l'ensemble de la séquence toutefois cela ne signifie pas qu'il domine le paysage à proximité du site hormis pour les zones 4 et 7 (Sanchez Goni MF. et Hannon G. E., 1999). Bien que n'ayant pas été identifié clairement au niveau pollinique, la présence actuellement (cf. chapitre III) quasiment exclusive de pin à crochets (*Pinus uncinata*) autour du site nous incite à l'identifier comme tel. Globalement le pollen d'arbres hormis le pin est présent, mais de manière relativement faible.

Le second diagramme, présenté en Figure 23, comprend les taxons ubiquistes qui sont majoritaires sur l'ensemble de la séquence. Ce groupe est largement dominé par les *Cyperaceae* et les *Poaceae*. Notons également la présence en fin de séquence de *Potamogeton*.

Enfin, le dernier diagramme regroupe les herbacées xérophiles et héliophiles ainsi que les herbacées steppiques (Figure 24). Le groupe des herbacées xérophiles et héliophiles est majoritaire, il est représenté par *Taraxacum* type, *Helianthemum*, *Artemisia* et les

Amaranthaceae/Chenopodiaceae en particulier pour la base de la séquence. Le haut de la séquence est marqué par la présence de spores monolètes ainsi que d'un microfossile non pollinique (MNP) identifié comme étant Hdv 119 d'après Pals *et al.* (1980).

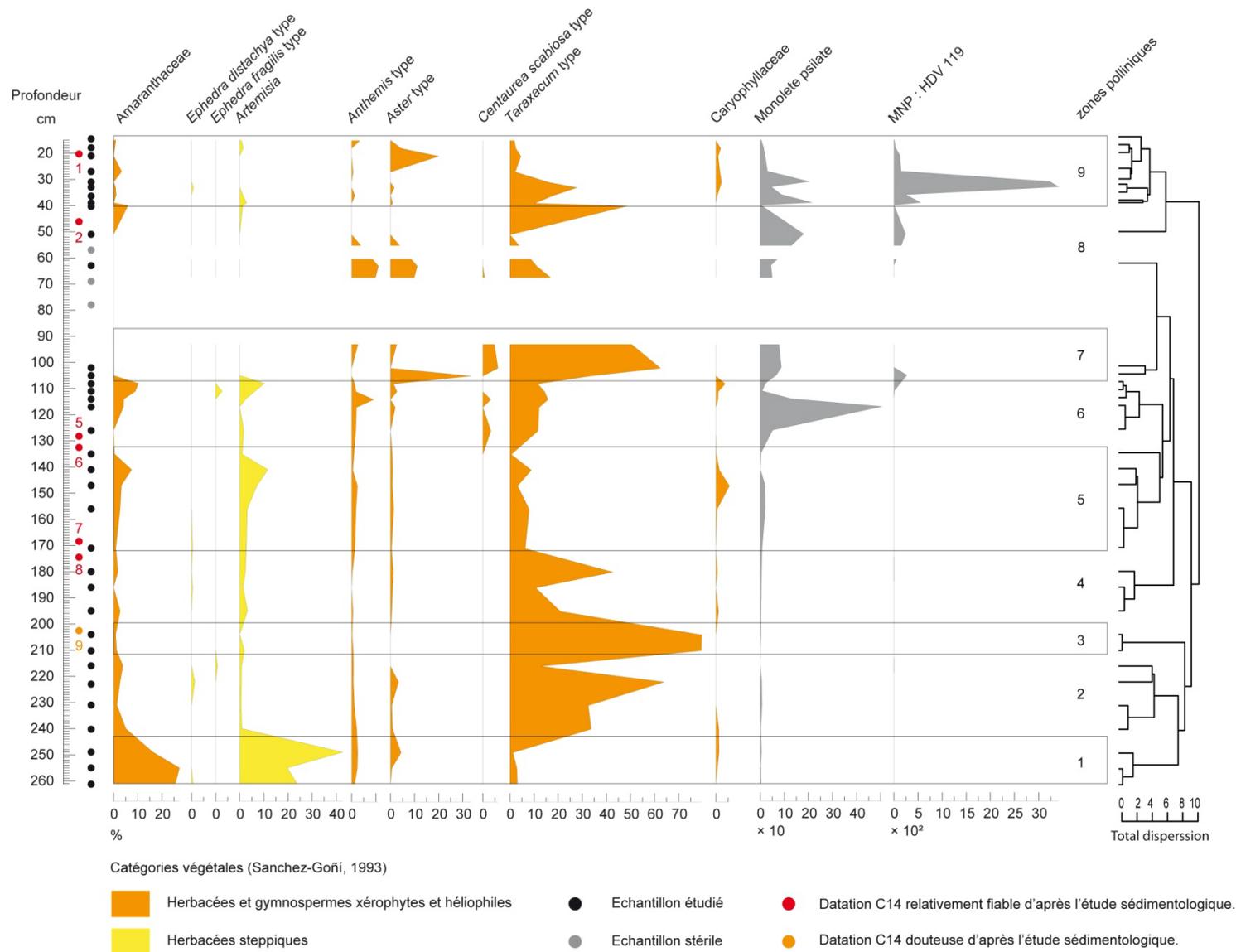


Figure 24 : extrait du diagramme palynologique comprenant les herbacées xérophytes et héliophiles ainsi que les herbacées steppiques et le MNP. Les courbes ayant été multiplié par dix présente un maximum inférieur à 5%.

4. Résultats et interprétation des zones polliniques : évolution de la végétation à la Combe Chevalière

Malgré les perturbations sédimentaires identifiées par l'étude géologique et les problèmes d'inversion des datations ^{14}C à cause en partie de la disparité du matériel daté, certains échantillons calcaires étant impactés par l'effet réservoir. Du point de vue de la palynologie, la date ^{14}C -8 paraît peu fiable au regard de l'assemblage pollinique correspondant. En effet, si la datation plaide pour un début du Tardiglaciaire plutôt froid, les assemblages polliniques font état d'une phase à *Pinus* et *Betula* marquant des conditions plutôt tempérées et humides (zone pollinique 4) suivie par une phase plus froide à *Artemisia* et *Amaranthaceae* (zone 5). Ce changement pollinique qui, d'après l'étude sédimentologique, correspond au passage d'une phase carbonatée à une phase décarbonatée, peut être rapproché de la transition Allerød/Dryas récent. Compte tenu des incertitudes liées au modèle d'âge nos climatozones ne correspondent pas forcément aux chronozones.

La base de la séquence (-170 à -261 cm) est relativement pauvre en pollens d'arbres. Ce faible taux peut être expliqué par la position du site sur les hauts plateaux où actuellement la végétation est plutôt rase et où les arbres sont peu présents. Par ailleurs, la nature du site peut également expliquer ces spectres polliniques. Il est probable que le pollen arboréen enregistré à la Combe Chevalière correspond à une végétation plus lointaine, présente au niveau de la limite supérieure des arbres, la végétation à proximité de la zone d'échantillonnage étant actuellement composée d'herbacées. Par ailleurs les vents anabatiques transportent du pollen des basses vers les hautes altitudes (Sanchez Goñi et Hannon, 1999).

A partir de la méthode statistique de classification hiérarchique CONISS et des changements entre les différents taxons polliniques, nous pouvons proposer la division du diagramme pollinique en 9 zones qui sont détaillées dans la Figure 25. L'étude palynologique de la séquence de la Combe Chevalière donne une image de l'évolution de la végétation à 1 653 m d'altitude soit au niveau de l'étage subalpin à partir du Dryas ancien et jusqu'à l'actuel.

ZP 1 : Le début (-261 à -243 cm), très froid, au regard des périodes suivantes du Tardiglaciaire est marqué par la prépondérance des herbacées telles qu'*Artemisia* (40%) et *Amaranthaceae* (27%). Les *Poaceae* (26%) et les *Cyperaceae* sont également bien représentées (20%) (Figure 23 et 24). Cette zone pollinique traduit un paysage de type steppique (rapport AP/NAP : 0,26 à 0,39%) semblable à celui de la steppe centro-européenne observée à présent en Europe centrale (Polunin and Walter, 1984). Cette steppe se développe

sous un climat froid et à forte continentalité (Polunin and Walter, 1984). Le pollen de pin est présent mais à moins de 50% cela nous permet de douter de sa présence réelle dans le paysage à proximité du site (Sanchez Goni MF. et Hannon G. E., 1999). Notons également la présence à moins de 5% de *Betula*, de *Quercus* caducifolié (deciduous type) et dans une moindre mesure de *Picea* et d'*Alnus* (Figure 22). Parmi les herbacées, *Helianthemum*, *Anthemis* type, *Aster* type, les Brassicaceae, les Caryophyllaceae et les Ranunculaceae sont également présentes bien que leurs valeurs restent inférieures à 5% (Figure 23 et 24).

L'augmentation (3%) puis la diminution (<1%) de *Betula* marque cette seconde zone (Bølling : -243 à -213 cm), elle est par ailleurs caractérisée par l'augmentation des pourcentages de *Pinus*, qui atteignent 70% à leur maximum à la fin de la zone (Figure 22) et de *Taraxacum* (60%) (Figure 24), la recrudescence des arbres traduit un milieu plus fermé ou du moins une montée de la ligne supérieure des arbres entre l'étage montagnard et l'étage subalpin (rapport AP/NAP : 0,11 à 0,5%). La prépondérance du pin en limite supérieure des arbres est caractéristique du Bølling de même qu'une diminution progressive de *Betula* (David F. 1993). Le climat moins froid que durant la zone pollinique 1 est aussi plus humide, du moins localement, ce qui est confirmé par la recrudescence des Cyperaceae (50%) (Figure 23). Cette zone se caractérise également par la présence de *Cedrus* (0,3%), *Betula* (3%) et *Carpinus* (0,3%) (Figure 22). La présence de *Cedrus* se remarque, il s'agit d'un pollen que l'on ne trouve que rarement dans les séquences polliniques françaises. Il est probable que ce taxon a atteint les hauts plateaux du Vercors lors des épisodes ponctuels d'arrivées de masses d'air africaines (Magri et Parra, 2002), l'extension septentrionale de cet arbre étant les montagnes de l'Atlas. Concernant les herbacées, cette zone est marquée par la présence d'*Aster* type (3%) (Figure 22) et de *Cannabis/Humulus* (5%) et une diminution légère des Poaceae qui passent de 27% à 11 avant de remonter à 47% à la fin de la zone (Figure 23).

La zone 3 (-213 à -201 cm) se caractérise par l'augmentation de *Pinus* qui passe de 60 % à 80% (Figure 22) et de *Taraxacum* type (de 13 à 80%) (Figure 24). Cette phase est donc relativement proche de la précédente hormis en ce qui concerne les Poaceae (6%) et les Cyperaceae (10%) qui présentent une diminution importante (Figure 23). Ce changement dans la communauté d'herbacées pourrait traduire des conditions plus sèches. Par ailleurs les fortes valeurs du pin suggèrent la présence de ce taxon à proximité immédiate du site.

La zone 4 (Allerød : -201 à -173 cm) correspond à une phase où *Pinus*, qui atteint 90% est particulièrement présent, cela suppose qu'il était présent à l'étage subalpin, à proximité du site et non plus uniquement à l'étage inférieur (Sanchez Goni MF. et Hannon G. E., 1999).

Betula (3%) est également bien représenté ce qui traduit un environnement plus tempéré que durant la zone précédente. Cette faible ré-augmentation de *Betula* en limite supérieure des arbres est caractéristique de l'Allerød dans les Alpes du nord (David F. 1993) (Figure 22). Quant à l'augmentation des Cyperaceae (62%, figure 23), elle témoigne d'une humidification du milieu (Ireland *et al.*, 2012). Enfin notons la présence de *Plantago* (2%, figure 23). La limite supérieure de l'étage montagnard est donc constituée de pins et de bouleaux, l'environnement à proximité du site est plutôt semi-ouvert, avec une présence marquée de *Pinus uncinata* et le site correspond probablement à une prairie humide au regard de la recrudescence des Cyperaceae.

Le refroidissement du Dryas récent (zone 5 : -173 à -134 cm) se caractérise par le retour des herbacées steppiques (*Artemisia* : 12% et Amaranthaceae/Chenopodiaceae : 7%) (Figure 24) et une forte diminution de *Pinus* qui passe à 36% avant de remonter à la fin de la zone à 72% (Figure 22). Le recul de la limite supérieure du pin ainsi que le retour des herbacées steppiques traduit un environnement plus froid et plus sec, similaire à la zone pollinique 1. C'est également lors de cette phase que les Caryophyllaceae (6%) et *Plantago* (6%) atteignent leur représentation maximale (Figure 23 et 24). La prépondérance des herbacées, dominées par les Poaceae (47%) et les Cyperaceae (37%) à l'étage subalpin a également été observée au Mont Sec (1 130 m d'altitude) et au lac Luitel (1 250 m d'altitude) (Nakagawa T., 1998). Il semblerait donc que la détérioration climatique qui caractérise le Dryas récent se marque en altitude par un environnement de type steppe centro-européenne.

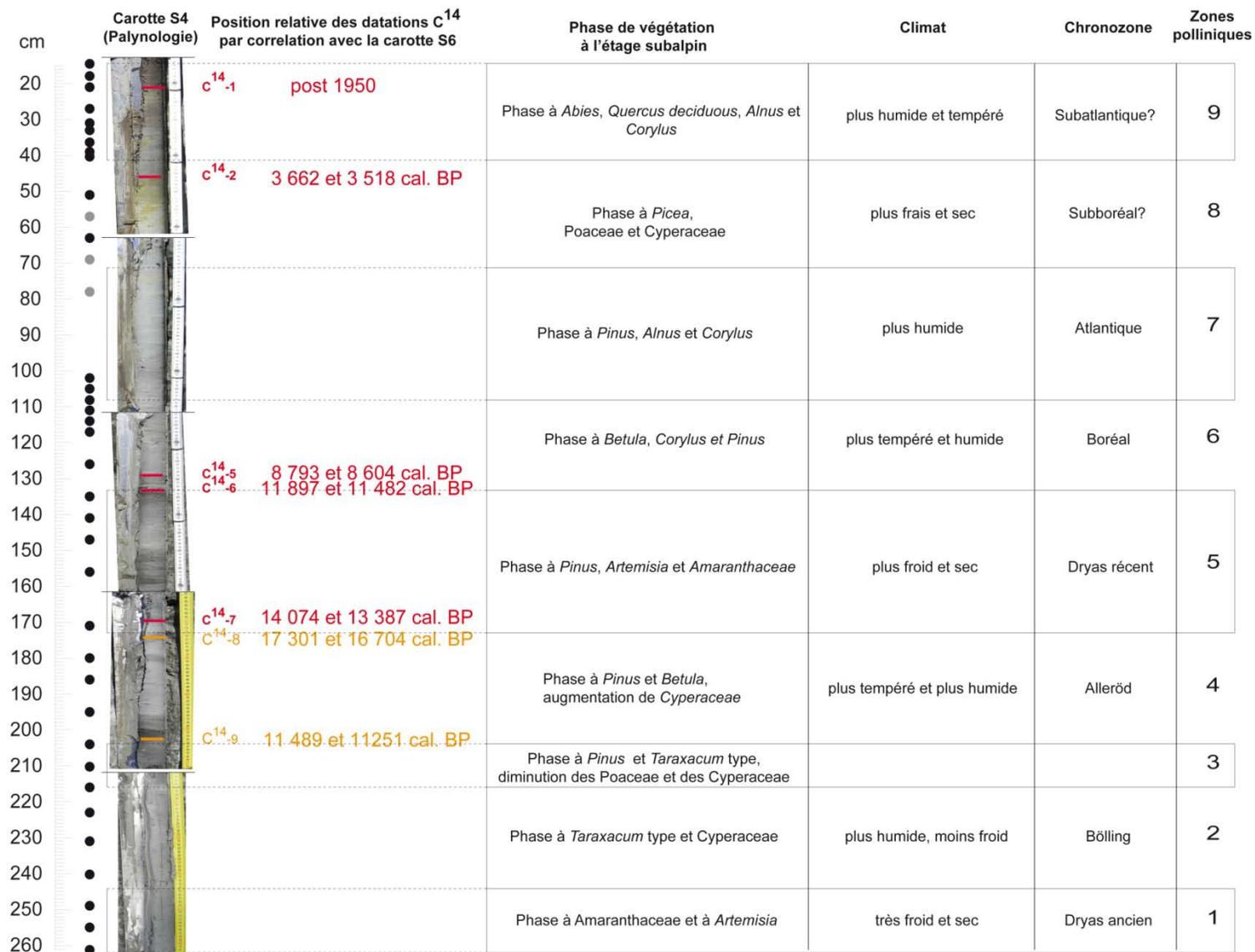


Figure 25 : synthèse de l'interprétation et de l'identification de chronozones pour la séquence étudiée.

L'Holocène plus tempéré débute par le développement, au cours du Boréal (zone 6 : -134 à -107 cm), de *Betula* (8%), de *Corylus* (8%) et de *Tilia* (2%) en particulier. Cette zone est marquée par une forte augmentation de pollen d'arbres caducifoliés et de *Pinus* (78%) semble présent au niveau de l'étage subalpin (Figure 22). Concernant les herbacées, nous observons une légère augmentation de *Taraxacum* type (12%) et une diminution de Poaceae (45 à 36%) et de Cyperaceae (28%). Notons la présence d'*Helianthemum* (6%), d'Amaranthaceae/Chenopodiaceae (9%), d'*Ephedra fragilis* (3%), d'*Artemisia* (6%), d'*Anthemis* type (9%) et d'*Aster* type (3%), de *Centaurea scabiosa* type (3%), de Caryophyllaceae (1%), de *Plantago* (3%), d'*Euphorbia* (2%), de *Filipendula* (2%), de *Knautia* type (2%) et de Fabaceae (7%) (Figure 23 et 24). Enfin, les spores monolètes sont très représentées (Figure 24). La forte augmentation de taxons arboréens et en particulier de *Pinus* et de *Corylus* (8%) qui est un taxon mésophile (Rameau *et al.*, 1989) indique un milieu plus tempéré et plus humide ainsi qu'*a fortiori* une montée de la ligne supérieure des arbres. L'amélioration climatique est, par ailleurs, marquée par la diminution des taxons steppiques, au début de la zone (Figure 24). On constate donc l'augmentation des taxons arboréens et leur plus grande diversité au niveau de la limite supérieure des arbres. Cette plus grande diversité est également observable parmi les herbacées présentes à proximité de la zone d'échantillonnage.

La zone 7 (Atlantique : -107 à -87 cm) présente les valeurs maximales d'*Alnus* (6%) et de *Corylus* (13%), tandis que *Pinus* atteint son maximum (98%) (Figure 22). Par ailleurs, la chênaie augmente avec la présence d'*Abies* (2%), *Acer* (2%), *Alnus* (6%), *Carpinus* (3%) et *Quercus deciduous* (1%), qui, bien que présents sont minoritaires (Figure 22). Les herbacées sont dominées par *Taraxacum* type (63%) et *Centaurea scabiosa* type (6%). Les Fabaceae atteignent leur maximum (13%) et les Poaceae (40%) et les Cyperaceae (33%) tendent à augmenter (Figure 23 et 24). Cet ensemble de taxons mésophiles et héliophiles, résistant à la sécheresse (Rameau *et al.*, 1989) témoignent d'une phase plus sèche bien que toujours tempérée.

La zone 8 (Subboréal : -87 à -42 cm) se caractérise par le maximum de *Picea* (11%, figure 22), le développement des pessières traduit ainsi des conditions plus fraîches, plus humides. *Pinus* (50%, figure 22) décroît encore et sa présence au niveau de l'étage subalpin n'est pas certaine tandis qu'*Helianthemum* atteint son maximum (20%, figure 23). Les herbacées (Figure 23 et 24) sont dominées par les Poaceae (80%) bien que le début de cette phase soit essentiellement marquée par la présence des Cyperaceae (33%), d'*Anthemis* type (11%) et

d’*Aster* type (11%) traduisant ainsi un milieu ouvert (AP/NAP : 54%). Ces observations sont toutefois à nuancer puisque peu d’échantillons ont pu être étudiés dans cet intervalle et qu’en outre les observations sédimentologiques suggèrent un lessivage de cette portion de la séquence.



Figure 26: photographie du NPP : Hdv119.

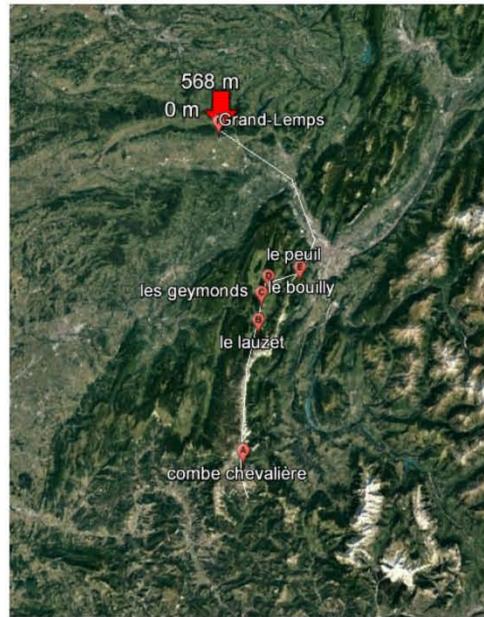
La zone 9 (Subatlantique : -42 à -15 cm) correspondant au haut de la séquence, se caractérise par une recrudescence de la chênaie (*Alnus* (5%), *Betula* (2%), *Corylus* (6%), *Tilia* (1%) et *Quercus* caducifolié (2%)) mais surtout d’*Abies* qui atteint son maximum (12%) (Figure 22). Après une forte diminution au début de cette phase, *Pinus* tend à augmenter, passant ainsi de 22 à 55%. Les herbacées (Figure 23 et 24) qui sont moins diversifiées, sont dominées par Poaceae (58 à 70%), Cyperaceae (45%) et *Taraxacum* type décroît, passant de 28 à 2% à la fin de la zone, tandis qu’*Aster* type augmente (20%). Notons la présence d’*Helianthemum* (4%), d’*Anthemis* type (3%), des Caryophyllaceae (2%), de *Plantago* (2%) ainsi que de manière très discrète de *Potamogeton* (1%). La brusque diminution des taxons arboréens à -27 cm pourrait être interprétée comme marqueur d’une pression anthropiques lié à de la déforestation ou à une augmentation du pastoralisme (Court-Picon M., 2003). Cette phase voit l’augmentation des spores monolètes ainsi que celle du MNP Hdv 119 (Figure 24), témoignant ainsi d’une humidification importante du milieu. En effet le MNP Hdv 119 est un microfossile globuleux (Figure 26) dont l’origine n’est pas identifiée mais qui semble inféodé à un environnement lacustre (Pals *et al.* 1980) et qui traduirait donc une humidification du milieu. Cela est cohérent avec la recrudescence des pores monolètes qui traduit une humidité plus importante. La forte représentation en herbacées, que ce soit les taxons ubiquistes, xérophiles, héliophiles ou steppiques reflète la végétation locale, à proximité de la zone de prélèvement.

V. L'évolution de la végétation à différentes altitudes dans le Massif du Vercors

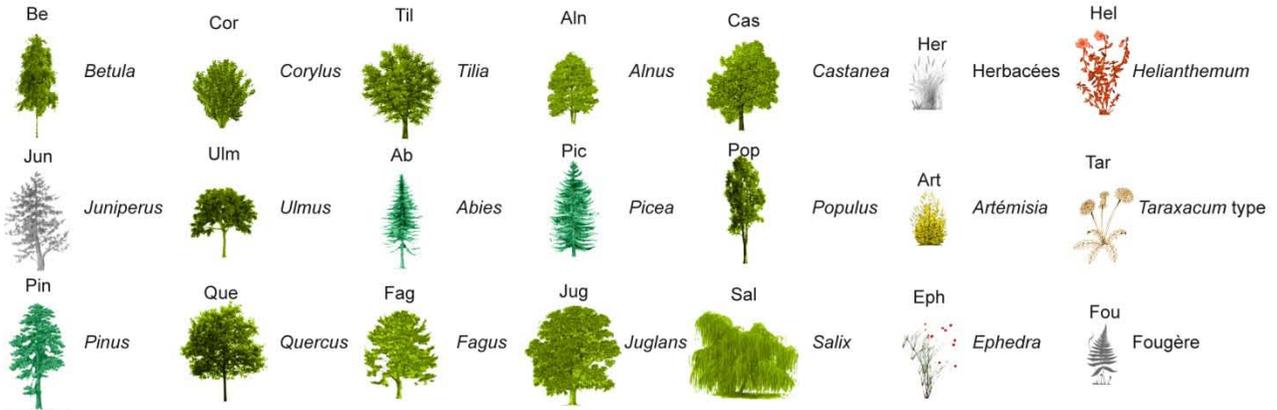
Malgré les difficultés rencontrées, la séquence palynologique de la Combe Chevalière enregistre probablement l'évolution de la végétation du Dryas ancien au Subatlantique à l'étage subalpin complétant ainsi les études réalisées aux étages inférieurs (collinéens et montagnards) du Vercors décrits dans la seconde partie de ce travail. Il faut rappeler que l'enregistrement pollinique de la Combe Chevalière traduit principalement les variations de la végétation herbacée caractéristique des abords de la zone de prélèvement. A l'exception de *Pinus*, les taxons arboréens identifiés restent relativement peu représentés dans notre séquence et ne reflètent probablement pas la végétation sur le site, mais plus certainement celle au niveau de la limite supérieure des arbres c'est-à-dire à la transition entre l'étage montagnard et l'étage subalpin. La présence ou l'absence d'arbres dans le diagramme pollinique est toutefois intéressante puisqu'elle traduit l'avancée ou le recul de cette limite en lien avec les exigences écologiques de chacun des taxons et, de fait, avec les variations climatiques.

Dans cette dernière partie nous nous interrogerons tout particulièrement sur l'évolution de la végétation en fonction de l'altitude sur le massif du Vercors, notre enregistrement apportant des éléments sur la végétation de l'étage subalpin et sur la limite entre l'étage montagnard et l'étage subalpin.

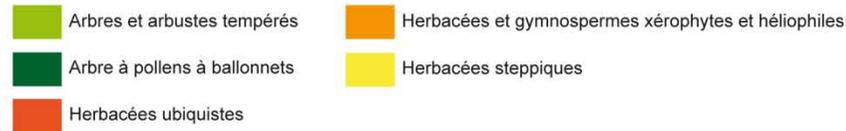
Les figures 1 à 3 présentent un profil altimétrique d'orientation nord/sud, allant du site de Grand-Lemps situé à 500 m d'altitude et étudié par J. Clerc (1988), à celui de la Combe-chevalière situé à 1 653 m d'altitude sur les Hauts-Plateaux du Vercors. A partir de ce profil et des résultats des différentes études détaillées dans la partie 2 [J. Becker (1952), J. Clerc (1988) T. Nakagawa (1998) et J. Argant (2018)], l'évolution de la végétation en fonction de l'altitude pour les différentes périodes allant du Dryas ancien au Subatlantique a été déterminée.



Legende :



Catégories végétales (Sanchez-Goñi, 1993)



Z1 : zone pollinique de la Combe Chevalière

Dryas Ancien : Z1

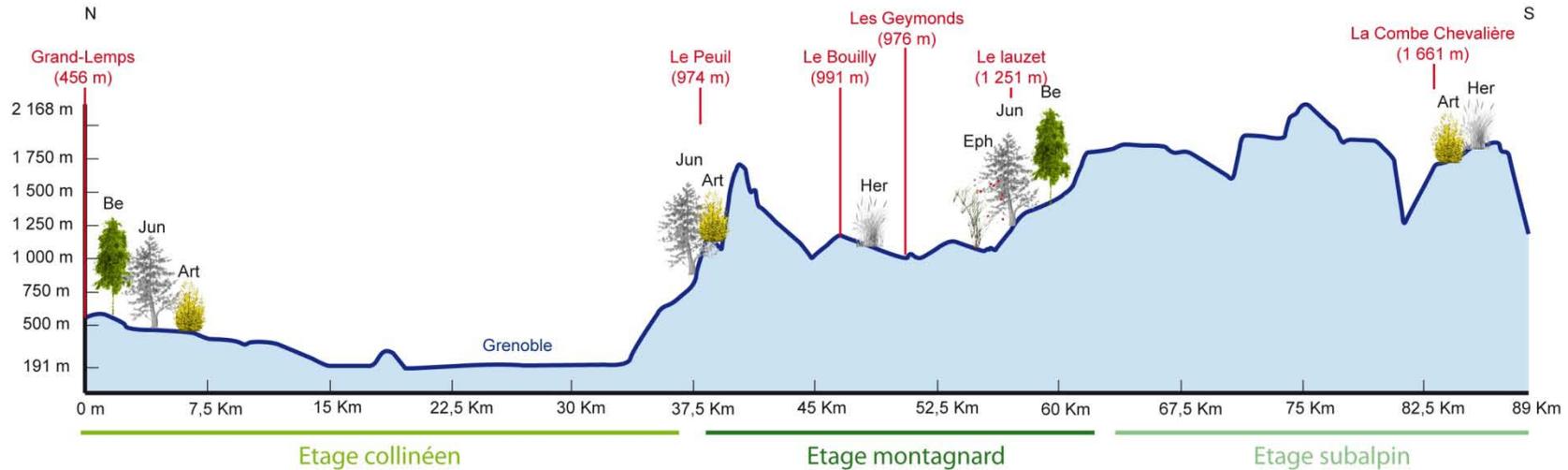


Figure 27 : profil altimétrique selon un axe nord/sud du site de Grand-Lemps jusqu'à la Combe chevalière et évolution de la végétation en fonction de l'altitude au cours du Dryas ancien. La légende portant sur les différentes catégories végétales est applicable aux figures 2 et 3.

Le Dryas ancien se caractérise à l'étage collinéen (J. Clerc, 1988) et montagnard par la présence de taxons pionniers tels que *Betula* et *Juniperus* (T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018) ainsi que par des herbacées steppiques (*Artemisia*) (J. Becker, 1952). L'étage subalpin se distingue par une prépondérance des herbacées Amaranthaceae/Chenopodiaceae et *Artemisia* et une faible présence des arbres hormis *Pinus*. Les pourcentages polliniques de *Pinus* ne dépassent jamais la valeur seuil des 70 % durant cet intervalle, ce qui suggère qu'il n'y avait pas de pinède présente localement sur le site d'étude (Sanchez Goñi et Hannon, 1999) mais que le pin colonisait certainement des altitudes plus basses. Nos données montrent que le climat du Dryas ancien était plus froid et sec en altitude, les plantes steppiques prenant le dessus sur les quelques arbres et arbrisseaux présents dans l'étage collinéen et montagnard.

Le Bølling se caractérise par une légère amélioration climatique marquée à l'étage collinéen (J. Clerc, 1988) par la présence, outre le cortège des taxons pionniers, de *Salix*. A l'étage montagnard, *Pinus*, *Betula* (J. Becker, 1952 ; T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018) et *Juniperus* sont toujours présents et se développent, le pin commence à être dominant (T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018). Parmi les arbustes et herbacées, *Ephedra* et *Artemisia* (J. Becker, 1952) sont toujours majoritaires. Enfin à l'étage subalpin, *Taraxacum* type domine les formations herbacées, traduisant ainsi une amélioration climatique. Les taxons arboréens sont virtuellement absents à cet étage suggérant que la limite supérieure des arbres était relativement basse.

L'Allerød se marque par le développement de la pinède à tous les étages. *Pinus* (T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018) s'accompagne de *Betula* sur les sites des Geymonds et du Bouilly (J. Becker, 1952) à l'étage montagnard et de la Combe Chevalière à l'étage subalpin. Malgré cette impression d'homogénéité, il est à noter qu'il ne s'agit probablement pas de la même espèce de pin. Si à la Combe Chevalière, il s'agit certainement de *Pinus uncinata*, il est possible que ce soit *Pinus sylvestris* qui soit présent aux étages inférieurs. Toutefois, sans macro-restes et sur la seule base de l'analyse pollinique, il n'est pas possible de les discriminer (Desprat *et al.* 2015).

Pour le Dryas récent, un hiatus dans la séquence du Grand-Lemps nous prive de l'information pour l'étage collinéen (J. Clerc, 1988). L'étage montagnard voit le retour de taxons d'arbres pionniers : *Juniperus*, *Betula*, *Pinus* (T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018) ainsi qu'un développement de prairies pour ce qui est des Geymonds et du Bouilly (J. Becker (1952). A l'étage subalpin, les plantes herbacées dominant également l'assemblage, en particulier les Poaceae et les Cyperaceae, traduisant ainsi le retour à des conditions plus rigoureuses.

Bølling : Z2-3



Allerød : Z4



Dryas récent : Z5



Préboréal



Figure 28 : évolution de la végétation en fonction de l'altitude sur le massif du Vercors au cours du Bølling, de l'Allerød, du Dryas récent et du Préboréal.

Le Préboréal se marque, aux étages collinéen (J. Clerc, 1988) et montagnard (T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018), par la présence de *Pinus* et des herbacées, et surtout par la disparition des taxons pionniers. *Corylus* se développe sur les sites du Bouilly et des Geymonds (J. Becker (1952) ainsi que la chênaie en général. Le site du Peuil enregistre une alternance entre *Corylus* et *Pinus*. D'après T. Nakagawa (1998), le site marquerait une limite écologique pour la répartition de *Corylus* et serait la place d'une concurrence entre ces deux taxons. Cette phase Préboréale n'est pas enregistrée à la Combe Chevalière.

Le Boréal se caractérise par le développement de *Corylus* à tous les étages, ainsi que de la chênaie (*Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*) en général pour ce qui est des étages collinéen et montagnard (J. Becker, 1952 ; J. Clerc, 1988 ; T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018). Il est également marqué, pour ces étages, par la première apparition d'*Abies* bien qu'il ne s'agisse pas d'une réelle installation. A l'étage subalpin, *Corylus* est encore accompagné de *Betula* et de *Pinus*.

L'Atlantique se marque par le développement de *Quercus* associé à *Abies* pour ce qui est de l'étage collinéen (J. Clerc, 1988). A l'étage montagnard, le chêne est également associé à *Tilia* et à *Corylus* ce dernier tendant à remplacer le chêne, tandis qu'*Abies* fait son apparition au Peuil et au Lauzet (T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018). A l'étage subalpin, le pin domine, mais *Quercus* caducifolié est également présent ainsi que *Corylus* et *Alnus* traduisant une humidité plus importante.

Le Subboréal se caractérise par la présence, aux étages collinéen et montagnard (J. Becker, 1952 ; J. Clerc, 1988 ; T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018), d'*Abies* et de *Fagus* tandis qu'à l'étage subalpin c'est *Picea* qui est présent.

Le Subatlantique voit la diversification de la chênaie à tous les étages. L'étage collinéen est marqué par le développement de *Juglans*, de *Castanea* et de *Populus* (J. Clerc, 1988) qui correspondent à de la culture (Argant J. *com. Pers.*). L'étage montagnard voit le développement de la pessière au détriment des sapinières. *Picea* y est accompagné de *Betula* et de *Salix* (T. Nakagawa, 1998 et J. Argant, 2018). Enfin à l'étage subalpin, outre *Quercus*, *Corylus* et *Alnus* qui se développent, *Abies* prend le pas sur *Picea* qui décroît fortement.

Boréal : Z6



Atlantique : Z7



Subboréal : Z8?



Sub-atlantique : Z9?



Figure 29 : évolution de la végétation en fonction de l'altitude sur le massif du Vercors au cours du Boréal, de l'Atlantique, du Subboréal et du Subatlantique.

Les variations altitudinales de la végétation reflètent en général les variations climatiques observées aux différents étages. Des conditions rigoureuses à l'étage collinéen le seront d'autant plus à l'étage subalpin. Nous avons vu dans l'étude de la Combe Chevalière que la végétation à l'étage subalpin est essentiellement dominée par les herbacées. Le pollen d'arbres est peu présent et reflète certainement la végétation présente au niveau de la limite supérieure de l'étage montagnard.

Notre étude a mis en évidence la présence de *Picea* à l'étage subalpin au cours du Subboréal, lorsqu'*Abies* domine aux étages collinéen et montagnard. De même au Subatlantique où *Abies* semble dominer l'étage subalpin, tandis qu'à l'étage montagnard *Picea* est majoritaire.

L'apparition d'*Abies* semble attestée entre 9 000 et 8 000 BP dans les Alpes méridionales (Beaulieu *et al.* 1993). Cela suggère, d'après ces auteurs, qu'il existe des refuges würmiens régionaux ayant servi de point de départ à l'expansion de ce taxon dont le maximum, dans le Dauphiné, serait aux alentours de 8 000 et 7 500 BP. Au contraire il semblerait que *Picea* ait une origine unique située à l'extrême sud-est des Alpes orientales et que sa migration ait débuté au cours du Tardiglaciaire pour arriver dans le Dauphiné à l'époque romaine (Ponel *et al.* 1992). L'expansion vers l'ouest de *Picea* aurait été ralentie par la compétition avec *Abies*, très présent dans les Alpes suisses. Notons toutefois que *Picea* est présent dès l'Atlantique, bien que de manière sporadique, au lac du Lauzon, à Luz-la-Croix-Haute dans la Drôme à 1980 m d'altitude (Argant *et al.*, 2006 ; Ponel *et al.*, 2011). *Picea* ne paraît pourtant pas constituer de forêts dans le bassin durancien avant le Moyen-Age. Il n'aurait atteint le nord de l'Oisans qu'à partir de l'époque romaine comme s'il n'avait pu franchir les cols des Alpes du Dauphiné et de la Savoie auparavant. Enfin il semblerait que l'expansion de *Picea* ne soit pas liée directement aux changements climatiques, mais dépendrait de la position des refuges (Beaulieu *et al.* 1993).

S'il semble clair que la phase à *Abies* débute au cours du Préboréal dans les Alpes françaises, la phase à *Picea* n'apparaît qu'à partir de l'Atlantique, voire du Subatlantique au Grand-Lemps par exemple ou sur les sites du Peuil et du Lauzet. La présence de *Picea*, à la Combe Chevalière, dès le Subboréal pourrait être liée aux exigences écologiques de ce taxon ainsi qu'à l'absence de concurrence avec *Abies*. En effet, *Abies* est un genre mésohéliophile et mésothermophile qui craint la sécheresse et les gelées printanières et préfère les sols épais, riches en calcaire et en humus (Boucher C. et Doux Y., 2011). On le retrouve généralement à l'étage montagnard en association avec le hêtre et l'épicéa mais il est rare de le trouver à l'étage subalpin hormis en l'absence de l'épicéa (Rameau *et al.* 1989). *Picea* est, quant à lui,

un taxon héliophile qui tolère temporairement les stations ombragées. Il est très résistant au froid et est peu sensible aux gelées printanières en raison de son débourrement tardif. Il préfère les sols frais et acides, mais tolère les sols calcaires. Il tolère les sols superficiels en raison de son enracinement parfois traçant, ce qui le rend vulnérable au chablis (Rameau *et al.* 1989). La Combe Chevalière, avec son sol peu épais et sa situation orientée au nord, abritée derrière la Tête Chevalière et donc plus soumise au gel, pourrait être plus favorable au développement de *Picea* qu'à celui d'*Abies*. Une étude plus complète, et en particulier de la section -40 à -100 cm de la carotte, permettrait de confirmer la présence de *Picea* dès le Subboréal et éventuellement de tester l'hypothèse d'une zone refuge pour ce taxon sur les hauts plateaux du Vercors. Cette hypothèse fait écho à l'étude menée par T. Nakagawa (1998) au lac des Boites (1 560 m d'altitude)⁸ où *Picea* est très présent au cours du Subboréal. En effet, ce site d'altitude ne semble pas favorable au développement d'*Abies* ce qui laisse le champ libre à *Picea*. En outre le site est exposé plein nord ce qui est plus favorable à *Picea*. Il semblerait donc que ce taxon soit favorisé par la haute altitude et l'absence de compétition avec *Abies*.

La dernière hypothèse à envisager pour expliquer cette présence précoce de *Picea* serait l'impact anthropique, par le biais de l'exploitation d'*Abies* en particulier à partir de l'époque romaine (Nakagawa T., 1998). Toutefois, il n'y a pas de marqueurs nets à la Combe Chevalière d'exploitation forestière ou de culture. Cela est certainement en lien avec l'altitude du site et la faible présence des arbres à cet étage.

⁸ Lac des Boites : rive gauche de la Romanche à 19 km au sud-est de Grenoble, latitude : 45° 03' 22'' N et longitude : 5° 53' 07'' E.

VI. Conclusion

La Combe Chevalière a fourni une séquence palynologique intéressante pour reconstituer la végétation de l'étage subalpin au cours des derniers 15 000 ans, et ce malgré les nombreux biais inhérents au type de séquence sédimentaire analysée. En effet cette séquence provient d'une zone humide qui est assujettie à des périodes dans lesquelles un faible apport d'eau produit des assèchements de cette zone et par conséquent une sédimentation faible ou nulle et des assemblages polliniques moins bien conservés que dans d'autres types de sédiment. La présence de nombreux grains corrodés a empêché leur identification. Par ailleurs, la séquence présente au moins un hiatus de sédimentation puisque le Préboréal y est absent. La séquence étudiée est donc incomplète mais présente tout de même des concentrations polliniques exploitables et permet d'avoir une image de l'évolution de la végétation à proximité de la zone d'étude, à l'étage subalpin, ainsi qu'au niveau de la limite supérieure de l'étage montagnard.

La base du diagramme, correspondant au Dryas ancien, au Bølling, à l'Allerød et au Dryas récent est dominé par les herbacées et le pin qui semble présent à l'étage subalpin à partir de la fin du Bølling ou du début de l'Allerød. A partir de l'Holocène (Boréal, Atlantique, Subboréal et Subatlantique) les arbres sont plus présents, traduisant une limite entre les étages montagnard et subalpin, plus proche du site. Le pin tend à diminuer à partir du Subboréal. Ainsi la limite supérieure des arbres varie en altitude au cours du temps.

La fin de l'Holocène (Subboréal et Subatlantique) est marquée par l'alternance peu commune de *Picea* puis d'*Abies*. Régionalement, *Abies* précède *Picea* du moins aux étages collinéen et montagnard. *Abies* apparaît dès l'Atlantique tandis que *Picea* n'est présent qu'à partir du Subboréal. L'hypothèse la plus probable, pour expliquer cette dynamique, réside dans les exigences écologiques de ces deux taxons. En effet la Combe Chevalière se situe en limite altitudinale pour le développement d'*Abies* qui ne se développe à l'étage subalpin que pendant la période la plus chaude de l'Holocène, l'Atlantique. Au Subboréal, plus frais que l'Atlantique, *Picea* est favorisé car il est plus résistant aux gelées printanières.

Cette étude de la Combe Chevalière fait suite à de nombreuses autres études palynologiques et s'inscrit ainsi dans une analyse plus globale de l'évolution végétale au niveau du massif du Vercors. La végétation suit une évolution en cohérence avec les différents étages de végétation. Les variations climatiques du Tardiglaciaire se caractérisent par des oscillations de *Pinus*, *Betula* ou encore *Juniperus* pour les étages collinéen et montagnard tandis que l'étage

subalpin, aux conditions plus rigoureuses, est dominé par des herbacées. L'impact anthropique est variable également en fonction de l'altitude. Ainsi, à l'étage collinéen on note la culture de *Juglans*, *Castanea* et *Populus* au Subatlantique tandis qu'à la même période à l'étage montagnard, les activités humaines se traduisent surtout par l'exploitation forestière d'*Abies*.

La Combe Chevalière constitue donc une étude complémentaire dans le contexte général du massif du Vercors. Elle est particulièrement intéressante pour les sites archéologiques, attribués au Mésolithique, situés à l'étage subalpin puisqu'elle permet de leur donner un cadre environnemental dont ils étaient dépourvus jusqu'à présent. Dans cette optique, l'étude sera poursuivie afin que tous les échantillons soient analysés. Cela permettra d'affiner les interprétations et tout particulièrement pour les cents premiers centimètres qui sont plus perturbés. Enfin il conviendra de compléter cette analyse par l'étude de mousses prélevées aux différents étages de végétation. Cela permettra d'améliorer l'interprétation du diagramme pollinique en nous basant sur la comparaison des assemblages polliniques modernes du massif du Vercors avec la composition floristique et l'étendue actuelles de différentes formations végétales de cette région.

Bibliographie

Argant et al. 2018

ARGANT J., BINTZ pierre, DENG-AMIOT Y., MENARD G., RUE M., « Paléoenvironnement du nord vercors du tardiglaciaire à l'Holocène : palynologie de la tourbière du Peuil (Claix, Isère) et du lac du Lauzet (Villard-de-Lans, Isère) », *EDYTEM*, 2018, pp. 17-30.

Argant et al. 2006

ARGANT, J., LÓPEZ-SÁEZ, J.A, BINTZ, P. “Exploring the ancient occupation of a high altitude site (Lake Lauzon, France): comparison between pollen and non-pollen palynomorphs”. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141, 2006, pp. 151-163.

Arnaud et al. 1974

ARNAUD H., MONJUVENT G. « *Carte géologique de la France à 1/50 000 844 Mens* », Orléans, Bureau de recherches géologiques et minières. 1974.

Baize, Girard 2008

BAIZE D., GIRARD M.-C., *Référentiel pédologique*, Quae, Versailles : Association française pour l'étude du sol, coll. « Savoir faire ».

de Beaulieu 1982

BEAULIEU J.-L. (de), « Palynological subdivision of the Holocene in France », in *Chronostratigraphie subdivision of the holocene*, vol. 16, s.l. : s.n., coll. « Striae », pp. 106-110.

Beaulieu, Monjuvent 1985

BEAULIEU J.-L. (de), MONJUVENT G., « Données actuelles sur la formation interglaciaire de Pompillon (Pléistocène moyen), Val de Lans en Vercors (Isère, France) », *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 22, 2-3, pp. 75–83.

de Beaulieu et al. 1993

BEAULIEU J.-L. (de), KOSTENZER J., REICH K., « Dynamique forestière holocène dans la haute vallée de l'Arve (Haute-Savoie) et migrations de *Abies* et *Picea* dans les Alpes occidentales », *Dissertationes Botanicae*, 196, pp. 387–398.

Becker 1950

BECKER J., « Sur l'existence et la limite de deux domaines pal paléosilvatiques postglaciaires, septentrional et meridional dans les Alpes françaises. », *C.R.A.S*, 231, pp. 1331-1333.

Becker 1952

BECKER J., Etude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes françaises. Mémoires du service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine., (s.l., Strasbourg).

Bennett 2000

BENNETT K., « Psimpoll and pscomb: computer programs for data plotting and analysis », Uppsala, Sweden: Quaternary Geology, Earth Sciences, Uppsala University.

Bigot et al. 2006

BIGOT S., LAURENT J.-P., ROME S., BIRON P.-E., « Mise en place d'un observatoire pour le suivi éco-climatique des hauts plateaux du Vercors. », in *Les risques liés au temps et au climat*, XIXe colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Epernay : s.n., pp. 125-130.

Boucher, Doux 2011

BOUCHER C., DOUX Y., *Guide des arbres et arbustes de Méditerranée.*, Delachaux et Niestlé, s.l. : s.n., coll. « Botanique ».

Bremond et al. 2004

BREMOND L., ALEXANDRE A., VELA E., GUIOT J., « Advantages and disadvantages of phytolith analysis for the reconstruction of Mediterranean vegetation: an assessment based on modern phytolith, pollen and botanical data (Luberon, France) », *Review of Palaeobotany and Palynology*, 129, 4, pp. 213–228.

Brewer et al. 2017

BREWER S., GIESECKE T., DAVIS B. A. S., FINSINGER W., WOLTERS S., BINNEY H., DE BEAULIEU J.-L., FYFE R., GIL-ROMERA G., KUHL N., KUNES P., LEYDET M., BRADSHAW R. H. W., *Late-glacial and Holocene European pollen data*, s.l. : HAL CCSD.

Clerc J., 1964

CLERC J. *Feuille de Grenoble*. [carte écologique], Documents pour la carte de la végétation des alpes, s.l. : s.n.

Clerc J., 1985

CLERC J., « Première contribution à l'étude de la végétation tardiglaciaire et holocène du piémont dauphinois.(First contribution to the study of the Late-Glacial and Holocene in the Alpine fore-land (Dauphiné, France)) », *Documents de cartographie écologique Grenoble*, 28, pp. 65–83.

Clerc J., 1988

CLERC J., *Recherches pollenanalytiques sur la paleoecologie tardiglaciaire et holocène du Bas-Dauphiné.*, (Laboratoire de botanique historique et palynologie, université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille).

Court-Picon 2003

COURT-PICON M., « Approche palynologique et dendrochronologique de la mise en place de paysage dans le Champsaur (Hautes-Alpes, France) à l'interface des dynamiques naturelles et des dynamiques sociales. Thématique, méthodologie et premiers résultats », *Archéologie du Midi Médiéval*, 21, 1, pp. 211–224.

Coûteaux 1962

COUTEAUX M., « Analyse d'une tourbière des Alpes méridionales françaises: Alpe de Venosc », *Pollen et Spores*, 4, pp. 111–120.

Coutterand 2010

COUTTERAND S., Etude géomorphologique des flux glaciaires dans les Alpes Nord-occidentales au Pleistocène récent. Du maximum de la dernière glaciation aux premières étapes de la déglaciation. Géographie (s.l., de Savoie, Le Bourget du Lac).

David 1993

DAVID F., « Extension tardiglaciaire des pins dans les Alpes du Nord », comptes rendus de l'académie des sciences, Paris, série, 317, pp. 123–123.

Desprat et al. 2015

DESPRAT S., DIAZ FERNANDEZ P. M., COULON T., EZZAT L., PESSAROSS-LANGLOIS J., GIL L., MORALES-MOLINO C., SANCHEZ GOÑI M. F., « *Pinus nigra* (European black pine) as the dominant species of the last glacial pinewoods in south-western to central Iberia: a morphological study of modern and fossil pollen », *Journal of Biogeography*, 42, 10, pp. 1998–2009.

Duchaufour 2001

DUCHAUFOUR P., *Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement*, 6ème édition, Paris : Dunod, coll. « Science Sup ».

Eicher et al. 1981

EICHER U., SIEGENTHALER U., WEGMÜLLER S., « Pollen and oxygen isotope analyses on late- and post-glacial sediments of the Tourbière de Chirens (Dauphiné, France) », *Quaternary Research*, 15, 2, pp. 160–170.

Erhart 1967

ERHART H., *La genèse des sols en tant que phénomène géologique.*, s.l.

Giesecke et al. 2014

Giesecke T., Davis B., Brewer S., Finsinger W., Wolters S., Blaauw M., de Beaulieu J.-L., Binney H., Fyfe R. M., Gaillard M.-J., Gil-Romera G., van der Knaap W. O., Kunesˇ P., Kuhl N., van Leeuwen J. F. N., Leydet M., Lotter A. F., Ortu E., Semmler M., Bradshaw R. H. W., « Towards mapping the late Quaternary vegetation change of Europe. », *Vegetation History And Archaeobotany*, 23, 1, pp. 75–86.

Gobert et al. 1963

GOBERT J., OZENDA P., THIEBAUT M., TONNEL A., *Feuille de la Chapelle-en-Vercors*. [carte écologique], Documents pour la carte de la végétation des Alpes, s.l. : s.n.

Hall 1981

HALL S. A., « Deteriorated pollen grains and the interpretation of quaternary pollen diagrams », *Review of palaeobotany and palynology*, 32, 2-3, pp. 193–206.

Ireland et al. 2012

Ireland, A.W., Booth, R.K., Hotchkiss, S.C., Schmitz, J.E., 2012. Drought as a trigger for rapid state shifts in kettle ecosystems: implications for ecosystem responses to climate change. *Wetlands* 32, 989–1000.

Juggins, S. (2017)

Juggins, S. (2017) rioja: Analysis of Quaternary Science Data, R package version (0.9-21). (<http://cran.r-project.org/package=rioja>).

Lemée 1950

LEMEE G., « Contribution a la connaissance de l'évolution forestière post-glaciaire des Alpes méridionales. Analyses polliniques dans la Haute-Roya. », *C. R. som. séances Soc. Biogéogr.*, 27, 234, pp. 57-61.

Magri, Parra 2002

MAGRI D., PARRA I., « Late Quaternary western Mediterranean pollen records and African winds », *Earth and Planetary science letters*, 200, 3-4, pp. 401-408.

Mangerud et al. 1974

MANGERUD J., ANDERSEN S. T., BERGLUND B. E., DONNER J. J., « Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification », *Boreas*, 3, 3, pp. 109–126.

Monjuvent 1973

MONJUVENT G., « La transfluence Durance-Isère. Essai de synthèse du Quaternaire du bassin du Drac (Alpes françaises) », *Géologie Alpine*, 49, pp. 57–118.

Nakagawa 1998

NAKAGAWA T., Études palynologiques dans les Alpes françaises centrales et méridionales: histoire de la végétation tardiglaciaire et holocène, PhD Thesis (s.l., Aix-Marseille 3).

Offner 1920

OFFNER J., « Les étages de végétation du massif du Vercors. », *Revue de géographie alpine*, 8, 1, pp. 125-140.

Ozenda 1985

OZENDA P., La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen, Paris, New York, Barcelone, Masson.

Pals et al. 1980

PALS J. P., GEEL B. V., DELFOS A., « Paleocological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (prov. of Noord-Holland) », *Review of Palaeobotany and Palynology*, 30, pp. 371-418.

Picavet et al. 2014

PICAVET R., ANGELIN A., MOULIN B., « Massif du Vercors état des prospections sur les hauts-plateaux et les Quatre Montagnes pendant la Préhistoire récente », in SENEPART I., LEANDRI F., CAULIEZ J., PERRIN T., THIRAUT E. (éd.), *Chronologie de la préhistoire récente dans le sud de la France : acquis 1992-2012 - Actualité de la recherche actes des 10e*

Rencontres méridionales de Préhistoire récente, Porticcio (20) - 18 au 20 octobre 2012, Toulouse : Archives d'Écologie préhistorique, pp. 461-489.

Picavet et al. 2019

PICAVET R., AJAS A., MOULIN B., BIRON P.-E., Etude archéobotanique et géoarchéologique de la zone humide du site « le Sourdy » à la Combe Chevalière (Chichilienne, Isère)., rapport intermédiaire d'opération programmée, Villard de Lans : Paleotime.

Ponel et al. 1992

PONEL P., DE BEAULIEU J. L., TOBOLSKI K., « Holocene palaeoenvironments at the timberline in the Taillefer Massif, French Alps: a study of pollen, plant macrofossils and fossil insects. », *The Holocene*, 2, 2, pp. 117-130.

Polunin, Walters 1985

POLUNIN O., WALTERS M., *Guide to the Vegetation of Britain and Europe*, s.l. : Oxford University Press.

Rameau et al. 1989

RAMEAU J. C., MANSION D., DUME G., LECOINTE A., TIMBAL J., DUPONT P., KELLER R., *Flore forestière française : guide écologique illustré*, volume 2 montagnes, s.l. : Institut pour le développement forestier, coll. « Flore forestière française », pp. 2421.

R Core Team (2019)

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Reille 1990

REILLE M., *Leçons de palynologie et d'analyse pollinique* [en ligne], Paris : Éditions du Centre national de la recherche scientifique.

Reille 1995

REILLE M., *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, 2, s.l. : Laboratoire de Botanique historique et Palynologie.

Reimer et al. 2013

REIMER P. J., BARD E., BAYLISS A., BECKS J. W., BLACKWELL P. G., BRONK RAMSEY C., BUCK C. E., CHENG H., EDWARDS R. L., FRIEDRIECH M., GROOTES P. M, GUILDERTSON T. P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T. J.,

HOFFMANN D. L., HOGG A. G., HUGHEN K. A., KAISER K. F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R. W., RICHARDS D. A., SCOTT E. M., SOUTHON J. R., STAFF R. A., TURNEY C. S. M., VAN DER PLICHT J., 2013 - IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50 000 years cal BP. Radiocarbon. 55 (4) : 1869-1887.

Richard 1999

RICHARD H., « La palynologie », in *La botanique*, s.l. : éditions Errance, coll. « Collection "Archéologiques" », pp. 9-42.

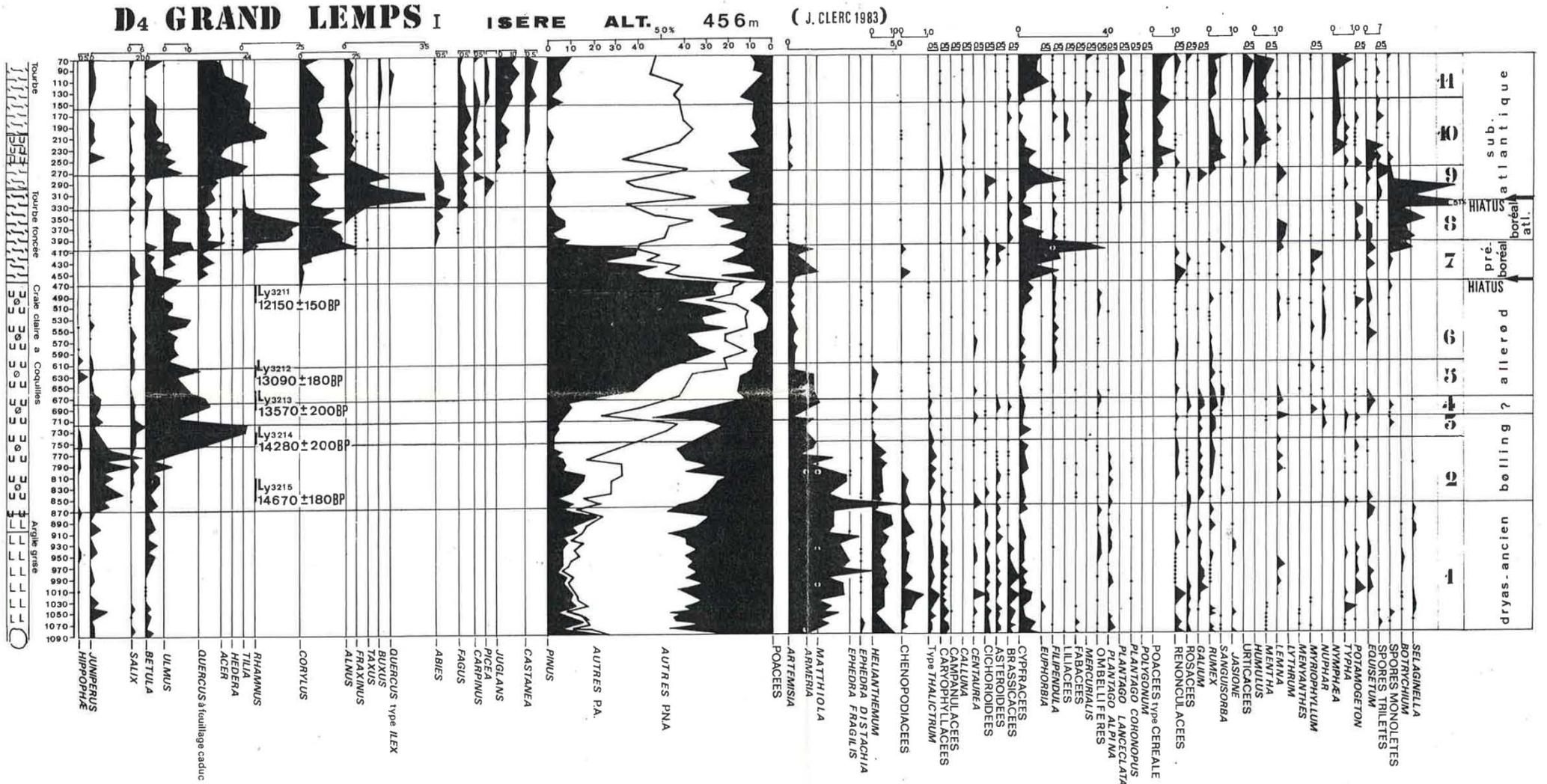
Sanchez-Goñi M.F 1993

SANCHEZ-GOÑI M.F. *De la taphonomie pollinique à la reconstitution de l'environnement (exemple de la région cantabrique)*. Thèse de doctorat. Ed. Bar international séries 586, 1993.

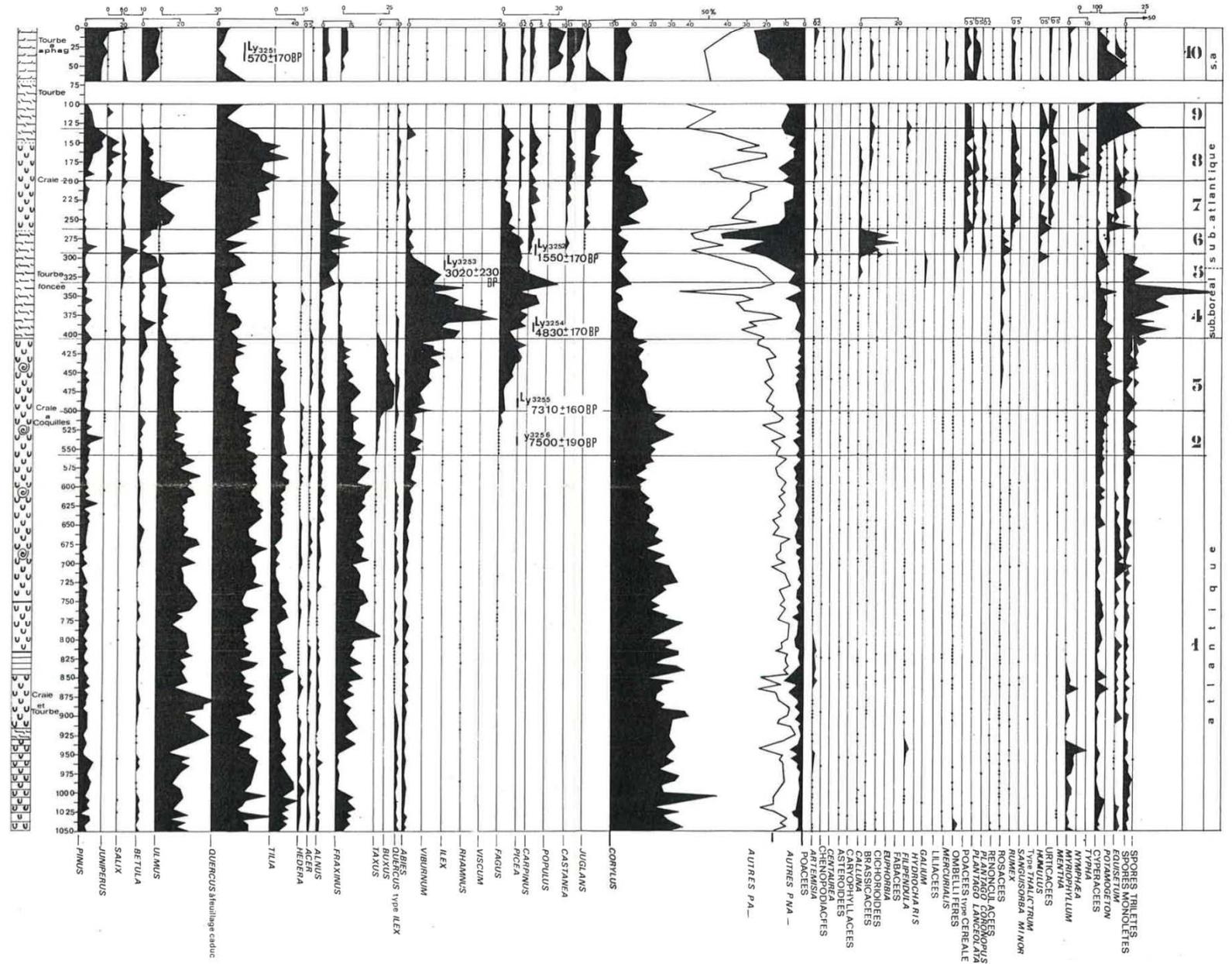
Sánchez Goñi, Hannon 1999

SANCHEZ GOÑI M. F., HANNON G. E., « High-altitude vegetational pattern on the Iberian Mountain Chain (north-central Spain) during the Holocene », *The Holocene*, 9, 1, pp. 39–57.

Annexes : Diagrammes polliniques de Grand Lemps (Clerc J. 1988).



D5 GRAND LEMPS II ISERE ALT. 456 m (J. CLERC 1984)



- SPORES TRILETES
- SPERMATOPHYTES
- EQUISETUM
- POLYADOMETON
- CYPERACEES
- NYMPHAEA
- MYRTHOXYLLUM
- MERTENSIA
- URTIACEES
- Urtica
- Type THALICTRUM
- SANGUISORBA MINOR
- ROSAEES
- RENONCULACEES
- PLANTAGO LONGIFOLIA
- POACEES v. CEREALE
- OMBELIFERES
- MERCURIALIS
- LILIACEES
- GALIUM CHARIS
- FILIPENDULA
- FABACEES
- ERUICACEES
- BRASSICACEES
- CALLUNA
- CISTOCHELES
- CENTAUREA
- CHEMOPODIACEES
- POACEES
- AURNES P. NA
- AURNES PA
- CORNUS
- JUGLANS
- CASTANEA
- POPULUS
- CARPINUS
- PICEA
- FRAXUS
- VISCUM
- RHAMNUS
- ILEX
- VIBURNUM
- ALNUS
- QUERCUS type ILEX
- BUXUS
- TAXUS
- FRAXINUS
- ALNUS
- ACER
- HEDERA
- TILIA
- QUERCUS ilex/leuc
- ULMUS
- BETULA
- SALIX
- JUNIPERUS
- PINUS

EVOLUTION ALTITUDINALE DE LA VÉGÉTATION SUR LE MASSIF DU VERCORS DU TARDIGLACIAIRE À AUJOURD'HUI

LE CAS PARTICULIER DE LA COMBE CHEVALIÈRE (1 653 M)

AURÉLIE AJAS

Résumé

La Combe Chevalière a fourni une séquence intéressante pour reconstituer la végétation de l'étage subalpin au cours des derniers 15 000 ans. Cette séquence issue d'une zone humide, est assujettie à des périodes dans lesquelles un faible apport d'eau produit des assèchements de cette zone et par conséquent une sédimentation faible ou nulle et un des assemblages polliniques moins bien conservés que dans d'autres types de sédiment. La séquence étudiée est donc incomplète et malgré un hiatus de sédimentation au niveau du Préboréal, elle permet toutefois d'avoir une image de l'évolution de la végétation à proximité de la zone d'étude, à l'étage subalpin, ainsi qu'au niveau de la limite supérieure de l'étage montagnard. La Combe Chevalière étant bordée de zones d'occupations attribuées au Mésolithique cette étude leur confère un cadre environnemental. L'analyse palynologique de la Combe Chevalière fait suite à de nombreuses autres études situées à différents étages de végétation, elle s'inscrit ainsi dans une analyse plus globale de l'évolution végétale au niveau du massif du Vercors.

La végétation suit une évolution en cohérence avec les différents étages de végétations. Les variations climatiques du Tardiglaciaire se caractérisent par des oscillations de *Pinus*, *Betula* ou encore *Juniperus* pour les étages collinéen et montagnard tandis que l'étage subalpin, plus rigoureux, est dominé par des herbacées. L'impact anthropique est variable également en fonction de l'altitude. Ainsi, à l'étage collinéen on note la culture de *Juglans*, *Castanea* et *Populus* au Subatlantique tandis qu'à la même période à l'étage montagnard, les activités humaines se traduisent par l'exploitation forestière d'*Abies*.

Mots-clés : Vercors, Combe Chevalière, Palynologie, Tardiglaciaire, Holocène, étage Subalpin

Jury :

Président : Laurent Bremond

Tutrice pédagogique : Stéphanie Desprat

Tutrice scientifique : Maria Fernanda Sanchez-Goñi

Examinatrice : Jacqueline Argant

Examineur : Régis Picavet

Rapporteuse : Ana Ejarque Montolio