
Les mélèzeins des Alpes du sud :

répartition climatique et évolution naturelle

Didier BONNASSIEUX

décembre 2000



SOMMAIRE

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	5
Introduction.....	5
<i>Rappel sur les affinités écologiques du mélèze.....</i>	<i>5</i>
Vis à vis du climat.....	5
Vis à vis du sol.....	6
<i>Présentation de la zone d'étude.....</i>	<i>7</i>
Les grandes unités lithologiques	8
Le climat.....	10
<i>Chronologie de l'étude</i>	<i>12</i>
BILAN DES ÉTUDES DE STATIONS	13
<i>Données et méthode.....</i>	<i>14</i>
Données récoltées.....	14
Echantillonnage.....	14
Plan méthodologique.....	18
STRUCTURATION CLIMATIQUE	19
L'altitude	19
Le rayonnement solaire	19
Les compartiments climatiques	20
LITHOLOGIE ET FONCTIONNEMENT HYDRIQUE	21
Fonctionnement sur calcaire.....	21
Fonctionnement sur roche siliceuse dure (sont exclus les schistes siliceux).....	22
TRAVAUX COMPLÉMENTAIRES.....	24
Stations forestières et régénération naturelle du Mélèze.....	24
Ebauche de relations entre stations et production de bois	25
APPROCHE GLOBALE DES MÉLÈZEINS DES ALPES DU SUD	26
ANALYSE FLORISTIQUE.....	27
Introduction préalable de l'angle de continentalité.....	27
<i>Analyse de la totalité des relevés.....</i>	<i>27</i>
Interprétation des axes	27
Commentaire sur les plans 1-4 et 2-3.....	28
<i>Analyse des ubacs.....</i>	<i>28</i>
Interprétation des axes.....	28
Analyse des plans factoriels	29
ZONAGE CLIMATIQUE.....	32
<i>Découpage de la zone d'étude en fonction de l'angle de Gams</i>	<i>32</i>
<i>Répartition géographique des espèces.....</i>	<i>35</i>
<i>Répartition géographique des sols.....</i>	<i>38</i>
Les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances	38
Sols établis sur substrat non calcaire	40
Sols établis sur substrat calcaire	43
DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION	45
Rappel de quelques définitions :	45
<i>Les itinéraires dynamiques des mélèzeins</i>	<i>45</i>
Les formations végétales.....	45
Schéma des climax climatiques.....	50
<i>Spatialisation de la dynamique des peuplements.....</i>	<i>51</i>
<i>Les pelouses sous mélèzeins</i>	<i>54</i>
Pelouses à <i>Festuca flavescens</i>	55
Pelouses à hautes herbes à <i>Geranium sylvaticum</i>	56
CONCLUSION.....	58
BIBLIOGRAPHIE.....	60
<i>Annexe 1 Schémas de la dynamique des mélèzeins du Parc National du Mercantour</i>	<i>62</i>
<i>Annexe 2 Liste des associations végétales présentes au sein des mélèzeins du Parc National du Mercantour</i>	<i>67</i>

Présentation de l'étude

Introduction

Le Mélèze d'Europe (*Larix decidua* Miller) est présent sur tout l'arc alpin mais c'est dans les Alpes du sud qu'il domine le paysage montagnard. Du massif de La Grave au nord de la région jusqu'au massif de l'Authion à 20 km à vol d'oiseau de la côte méditerranéenne, il occupe une place qu'il doit en grande partie à l'activité humaine.

De nombreux auteurs (Fourchy, Duchaufour, 1952, Cadel 1963 Lavagne 1964, Lejoly, Duvigneaud et Tanghe 1971, Dubourdiou 73, Bourcet 83, Barbero et Dubost 1983 et 1987, Sandoz 1987, Rameau 1992, Solichon 1993, Motta et Dotta 1995) ont déjà décrit ses exigences écologiques, les problèmes liés à sa régénération, la dynamique de la végétation en montagne et les dangers qu'elle peut faire peser sur les mélèzeins. Cependant il n'existait pas jusqu'à présent d'outil pratique permettant aux gestionnaires de caractériser le milieu et les potentialités forestières des peuplements sur l'ensemble de la région, ou d'expliquer les difficultés de régénération naturelle.

L'objectif de l'étude était donc en premier lieu de faire un inventaire et une **typologie des milieux sous mélèzein** et ensuite de vérifier s'il existe une **relation entre régénération naturelle et facteurs écologiques**, d'ordre climatique ou édaphique, et de fournir des clefs permettant au gestionnaire d'établir des diagnostics fiables.

Rappel sur les affinités écologiques du mélèze

Le mélèze a du point de vue de son alimentation en eau un tempérament de feuillu. Sa consommation en eau, sa transpiration, rapportée au poids de feuillage, sont très fortes. C'est un grand consommateur d'eau. S'il ne perdait pas ses feuilles l'hiver, il ne pourrait résister aux conditions sévères de l'hiver en haute montagne, le pied dans le sol gelé, la tête au soleil, dans un air sec. Un déséquilibre entre l'absorption des racines et l'évaporation de la cime entrainerait la mort de l'arbre. Ce besoin qu'a le mélèze de transpirer fortement explique beaucoup de choses dans son comportement (Engref Nancy).

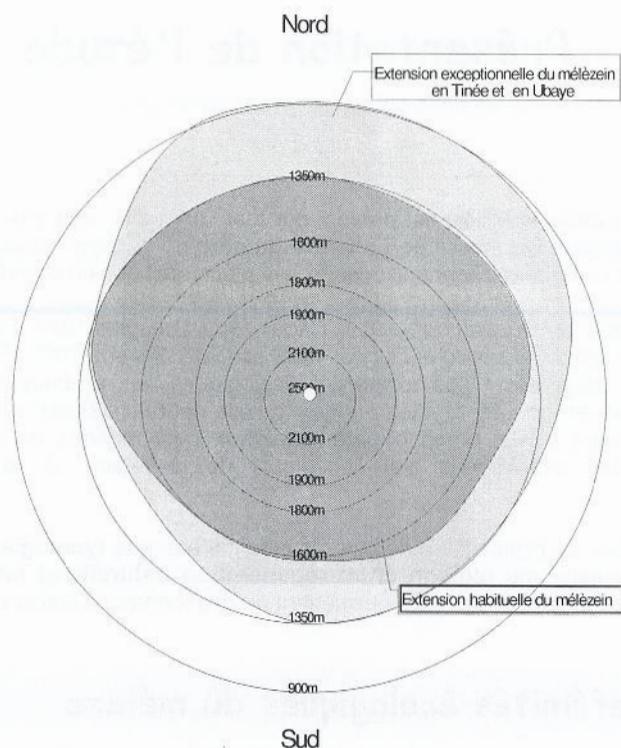
Vis à vis du climat

Il est très tolérant du point de vue de la pluviométrie: il accepte aussi bien les vallées très arrosées de la Vésubie (≈1100mm) ou de la Roya (≈1050mm) que la relative sécheresse du Briançonnais (≈750mm). Mais une trop grande pluviosité lui est défavorable si elle n'est pas compensée par un état hygrométrique faible lui laissant ainsi la possibilité d'évaporation et de transpiration. Ainsi il préfère le climat subalpin avec un air sec et ensoleillé. Il est limité au sud et dans le bas des versants d'adret (généralement absent en dessous de 1600m) par une alimentation estivale en eau insuffisante.

Le mélèze accepte des variations de température très importantes (fréquentes à l'étage subalpin où l'on note facilement des écarts journaliers s'étendant sur 30° voire davantage. Il admet des minima fort bas et des maxima très élevés tant que les conditions de son alimentation en eau sont suffisantes. Au point de vue des gelées, il les supporte non seulement en hiver, mais également durant la période de végétation (à condition d'être dans sa station naturelle), toutefois, les gelées tardives entraînent parfois la destruction des jeunes semis encore délicats, (...) (Engref Nancy).

Un indice d'aridité annuel ($P/(t+10)$) supérieur à 70 est défavorable au mélèze (trop d'humidité non compensée par une évaporation potentielle forte). Dans les Alpes du sud cet indice varie de 36 à 68 (cf. chapitre climat ci-après).

Si l'approvisionnement en eau du sol est suffisant, le mélèze est indifférent à l'exposition. En région PACA, la limite moyenne inférieure des peuplements est de 1350m en ubac (exceptionnellement 900m en Ubaye et en Tinée) et de 1600m en adret (cf. schéma ci-après) et la limite supérieure actuelle se situe vers 2350m. Ces limites peuvent être étendues de près de 200m vers le haut ou vers le bas pour des individus isolés.



Répartition des mélèzeins en fonction de l'altitude et de l'exposition d'après les observations réalisées

Vis à vis du sol

Le Mélèze est indifférent à la composition chimique du sol. C'est une espèce très frugale (ses cendres sont parmi les plus pauvres qui existent en matières minérales),

Duchaufour montre que "le mélèze préfère les sols poreux et aérés, ceux dans lesquels la porosité non capillaire est supérieure à 40 %. Il dépérit, et ne peut se régénérer, non seulement sur les terrains tourbeux, mais également sur les sols trop argileux, les sols compacts, de même sur les replats tassés par le piétinement du bétail, fréquents en mon-tagne. Une humidité assez forte n'est pas défavorable, si elle provient de la présence d'eau libre (et non d'une eau capillaire) et si la porosité et l'aération du sol ne sont pas compromis. La prédilection que manifeste le mélèze pour les sols "neufs": éboulis, moraines, cônes de déjection, versants plus ou moins squelettiques, etc...) provient en partie du fait qu'il s'agit de sols très poreux et aérés".

Les grandes unités lithologiques

La structure de la zone d'étude est extrêmement complexe. Entre les massifs cristallins du Pelvoux et de l'Argentera s'étendent des unités variées à dominante calcaire (cf. schéma tectonique ci-après).

A – Les massifs cristallins sont constitués de roches peu variées (gneiss, migmatite, granite) qui donnent des arènes sableuses. On y trouve toute la gamme des sols acides, avec une évolution possible jusqu'au podzol.

Le Pelvoux est peu boisé, contrairement à l'Argentera qui a été largement prospecté.

B – Les unités à dominante calcaire sont très diverses, se succédant du nord-est au sud-ouest dans l'ordre suivant :

La zone piémontaise.

Elle concerne principalement la partie Est du Queyras. Elle est constituée en simplifiant de 2 grands types de roches :

- les schistes lustrés (calcschistes, quartzo-phyllades, micaschistes divers) qui représentent l'essentiel de la zone.
- les roches vertes qui apparaissent localement sur des surfaces beaucoup plus restreintes, le massif du Chenaillet (Mont Genève) est le seul à être largement établi sur roches vertes.

La zone briançonnaise (s.l.) (zone Briançonnaise(s.s), zone subbriançonnaise, unité du col de Tende)

Elle est extrêmement variée en terme de roche. Sous une dominante de calcaire d'âge et de qualité très diverses (des cargneules aux calcaires marneux, en passant par les calcaires plus compacts du tithonique), une surface non négligeable autour de Briançon est couverte par des roches non calcaires : les grès houillers et les quartzites.

La nappe de Flyschs à helminthoïdes

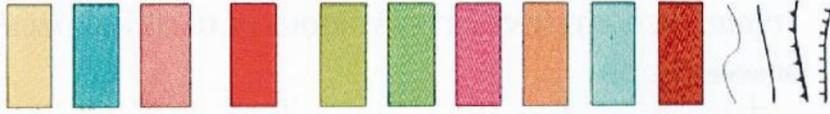
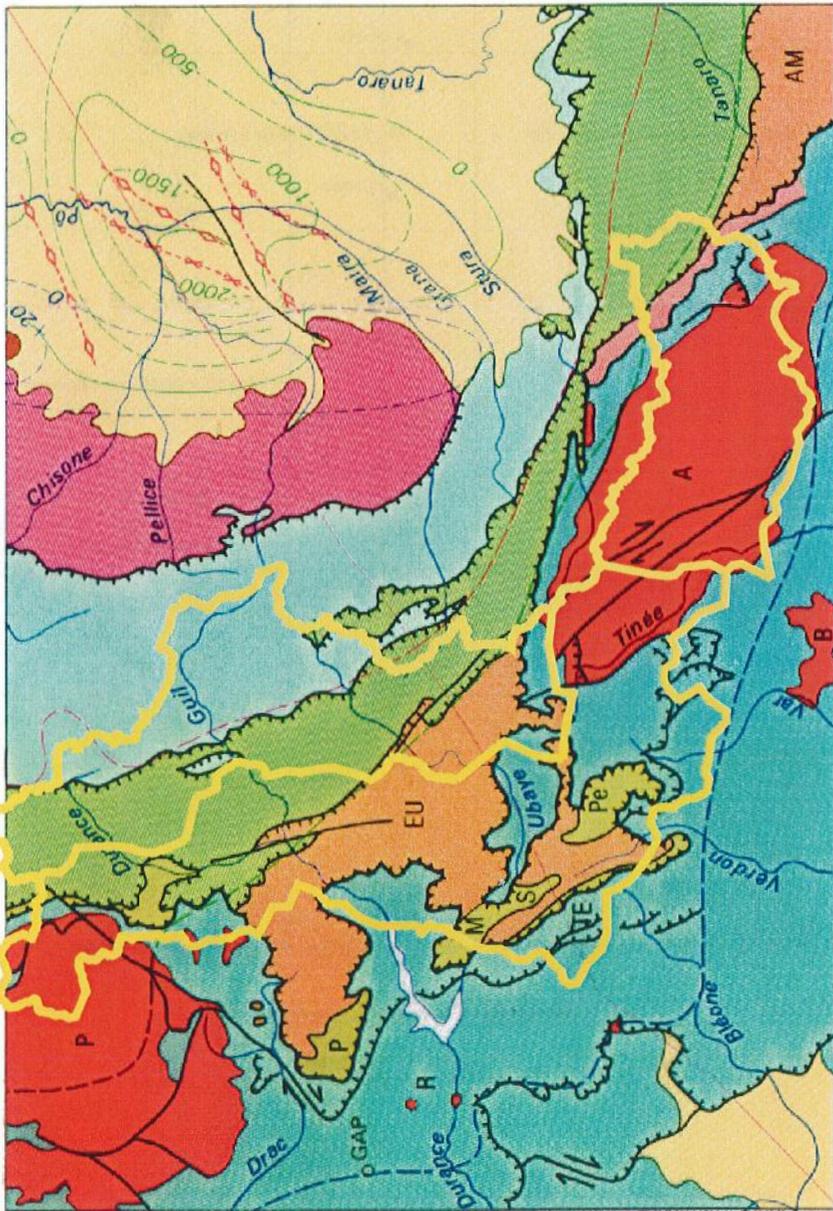
Elle domine les vallées de Barcelonnette et d'Embrun. La roche est principalement un calcaire siliceux avec localement des passées gréseuses.

La couverture sédimentaire secondaire et tertiaire

Elle constitue la base géologique des fonds des vallées de la Durance dans l'Embrunais et de l'ubaye jusqu'à Barcelonnette avec des marnes de l'Oxfordien assez largement recouvertes par des formations superficielles glaciaires.

Les formations tertiaires (Priabonien, Stampien) sont généralement des grès constituant des massifs structurants le paysage (grès d'Annot, de Dormillouse (04) à Annot au sud et grès du Champsaur pour les vallées de Fressinière et du Fournel), et coiffant des formations calcaires plus anciennes (Eocène, Crétacé).

SCHEMA TECTONIQUE



Bassins tertiaires et quaternaires péri-alpins

Couverture sédimentaire secondaire et tertiaire

Unité du col de Tende

Soubassement anté-triasique : massifs cristallins externes du Pelvoux (P) et de l'Argentera (A), pointements du Dôme de Remollon (R), de Barles (Ba) et Dôme de Barrot (B)

Zone subbriançonnaise, et unités subbriançonnaises de l'Embrunais-Ubaye : Piolit (P), Morgon (M), Sélanes (S), Trois Evéchés (TE), Pelat (Pe)

Zone briançonnaise

Massif cristallin interne de Dora-Maira.

Nappes des Flyschs à Helminthoïdes de l'Embrunais-Ubaye (EU) et des Alpes maritimes franco-italiennes (AM).

Zone piémontaise

Zone de Lanzo

Contour géologique

Contact anormal

Chevauchement majeur

Chevauchement

Zone externe

Le climat

La température

Les températures présentent des variations importantes liées essentiellement à l'altitude (pour mémoire, on trouve des mélèzeins de 900 à 2300 mètres d'altitude). A altitude égale, il existe un gradient croissant du nord-ouest au sud-est.

La pluviométrie

Elle est relativement bien répartie sur l'année. On peut percevoir un léger creux estival sans que l'on puisse parler réellement de mois sec au sens de Gaussen (1952).

Les précipitations annuelles varient de 700mm dans les parties les plus internes de la zone (Briançonnais, Queyras, Haute Ubaye) à plus de 1400mm sur la partie est des Ecrins et dans la région du Boréon dans le Mercantour.

L'angle de continentalité hygrique

Il permet de mesurer la continentalité dans l'arc alpin . Il a été utilisé par **Ozenda** (1985) pour distinguer 3 zones climatiques : Alpes internes, Alpes intermédiaires et Alpes externes.

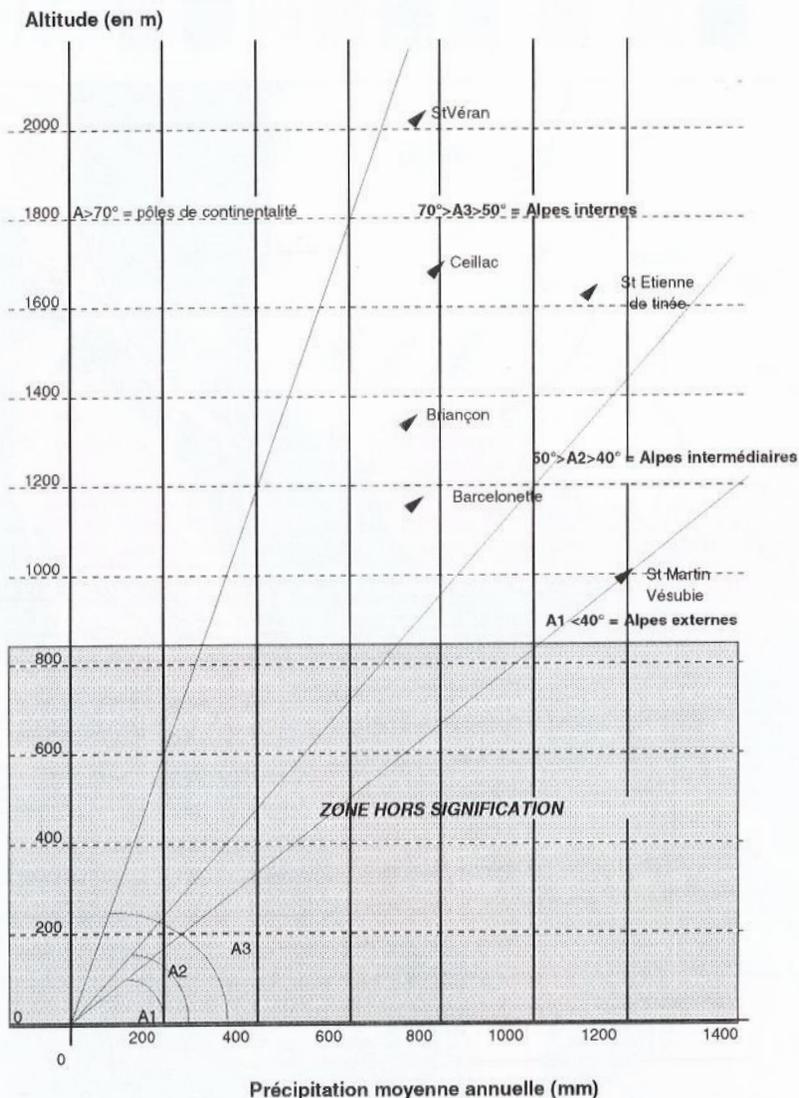
$$G = \text{acotg} (P/A)$$

(avec P = précipitations annuelles en mm et A = altitude en m)

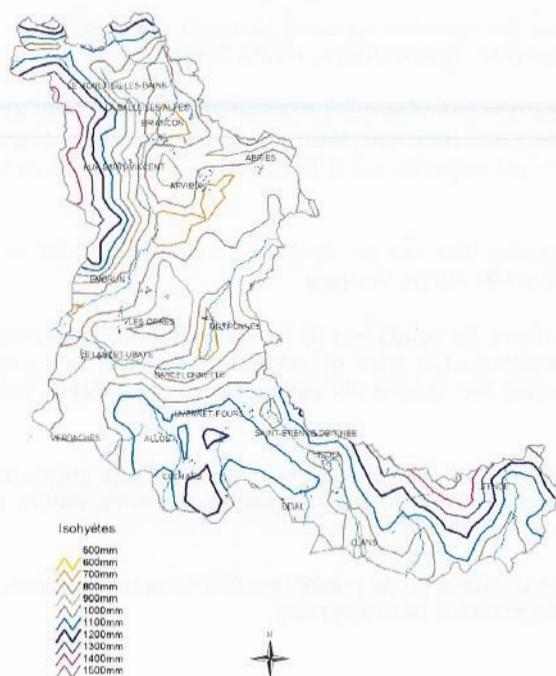
Plus l'angle de Gams est faible, plus l'augmentation de la quantité de précipitation avec l'altitude est forte.

Sur la zone il varie de 40° au sud des Alpes Maritimes jusqu'à plus de 70° à l'est du Queyras

INDICE DE CONTINENTALITE HYGRIQUE DE GAMS selon OZENDA



carte des précipitations



carte de continentalité



Indices climatiques pour quelques postes des Alpes du Sud

localité	Altitude	T° moy. an.	nb. mois froid	M-m	P an.	P d'été	P mens. mini.	indice de xéricité "PE/M"	Gams	Q2	De Martonne
St Martin de Vésubie	1000	10,2	5	25,2	1202	256	72	10,6	39,8	167,6	59,6
Allos	1450	6,8	6	28,6	1129	241	60	10,7	52,1	140,4	67,4
St Etienne sur Tinée	1610	7,0	6	24,7	1116	225	55	11,0	55,3	160,7	65,8
Pelvoux	1260	7,4	6	30,7	1054	184	46	7,6	50,1	121,8	60,7
St Dalmas de Tende	696	11,2	3	26,3	1016	194	60	7,6	34,4	135,3	48,0
La Grave	1140	4,6	7	25,5	932	215	65	11,6	62,4	131,2	63,9
Monetier les bains	1490	5,9	6	31,5	932	174	47	7,7	58,0	105,8	58,5
Ceillac	1640	4,7	7	28,2	799	206	53	10,4	64,0	101,6	54,4
St Véran	2010	4,5	8	26,7	769	197	49	10,3	69,1	103,3	53,0
Barcelonnette	1140	7,4	5	33,6	763	174	49	7,0	56,2	80,8	43,7
Briançon	1324	7,7	6	28,9	754	151	36	6,4	60,3	92,5	42,7
Embrun	871	9,8	5	29,3	717	176	47	6,8	50,5	86,2	36,2

Référence : 51-80

Chronologie de l'étude

L'étude a duré 4 ans, et s'est déroulée en plusieurs phases :

- La pré étude (hiver 1996) nous a permis de localiser les massifs et de préparer le plan d'échantillonnage.
- La première campagne de terrain (été 1996) et l'analyse des données qui suivit (automne hiver 96-97) ont débouché sur un **premier catalogue : Briançonnais, Queyras, Haute Ubaye, Haute Tinée.**
- La deuxième campagne de terrain (été 1997) et l'analyse des données qui suivit (automne hiver 97-98) ont donné lieu à un **deuxième catalogue : Est Ecrins, Embrunais, Haut Var, Haut Verdon.** Parallèlement, une campagne de mesure et d'observation des régénérations est engagée sur le Briançonnais, le Queyras et la Haute Ubaye.
- La troisième campagne de terrain (été 1998) et l'analyse des données qui suivit (automne hiver 98-99) ont débouché sur un **troisième catalogue : Haute Tinée, Vésubie, Roya, Valberg.**
- La quatrième campagne de terrain (été 1999) a été une phase de **validation de ces résultats.** Elle a permis de vérifier la pertinence des types de stations et d'améliorer les clefs de détermination. Une série de notations dendrométriques a été effectuée sur 90 placettes sur la zone du catalogue n°2 afin d'avoir une première approche sur les relations stations production.
- Une **vue d'ensemble** (hiver printemps 2000) n'a pu être obtenue qu'à l'issue de l'ensemble de la phase de terrain. Le traitement de l'ensemble des données recueillies a donné des résultats d'une autre nature à l'échelle régionale.

L'objet de ce document est, après un rapide bilan des études de stations, de présenter ces nouveaux résultats : un zonage climatique plus solide et la description de l'évolution naturelle des mélèzeins.

Bilan des études de stations

Données et méthode

Données récoltées

Les descripteurs relevés peuvent être regroupés en trois catégories :

- **Localisation** de la station dans son environnement (altitude, pente, exposition, position topographique, géomorphologie du versant)
- **Substrat** : roche, matériau, humus, sol
- **Flore**: relevé exhaustif en abondance - dominance

Echantillonnage

Au vu de l'étendue de la zone à couvrir : 70 000 ha de mélèze in sur les 3 départements alpins (Alpes de Haute Provence, Hautes Alpes, Alpes Maritimes), nous avons opté pour la solution des forêts tests qui présentent plusieurs avantages :

- une meilleure appréhension de la disposition des stations sur l'ensemble d'un massif ou d'un versant.
- la possibilité d'effectuer un nombre de relevés beaucoup plus important grâce à une limitation des déplacements.
- pas ou peu de perte d'information dans la mesure où les massifs sont choisis en fonction leur représentativité de la petite région naturelle.

Le choix des forêts tests a été opéré en fonction des critères suivants : 2 massifs tests au minimum par petite région naturelle, chaque massif doit être représentatif par son exposition, sa géologie, son étagement altitudinal de la petite région concernée, lorsqu'une variable écologique n'a pu être correctement évaluée sur le massif test, elle a été observée sur un massif voisin (exposition à composante sud par exemple).

416 relevés ont été réalisés sur l'ensemble de la zone d'étude. Ils se répartissent de la façon suivante :

Alpes internes				
Petite région naturelle	Forêt	Exposition dominante	Amplitude altitudinale	Roche / substrat
Briançonnais (05)	F.C. de Salle les Alpes et F.C. de Val des Prés	nord-est à nord-ouest pas d'exposition à composante sud (Ces expositions seront observées en F.C. de Val des Prés au lieu-dit "L'Arpendriou", au Nord du col du Granon).	1400 à 2300 m.	Grès houillers surmontés vers le sommet du massif par la série calcaire du Briançonnais. Présence également d'éboulis et de terrain quaternaire glaciaire
60 relevés ont été réalisés dans le Briançonnais	F.C. de Villar St-Pancrace	nord-ouest . Absence d'exposition à composante Sud.	1400 à 2400 m	Grès houillers en bas de versant, calcaire briançonnais vers le sommet
Queyras (05)	F.C. d'Arvieux	Versant orienté généralement nord au "Bois du Devez" (la partie ouest est exposée ouest-nord-ouest), le reste du massif est globalement exposé au nord-est. Les expositions sud seront observées sur l'adret du vallon creusé par le "Torrent de la rivière".	1600 à 2200 m.	Série sédimentaire du Briançonnais
44 relevés ont été réalisés dans le Queyras	F.C. d'Abriès (Forêt de Marassan)	Versant orienté nord pour la forêt de Marassan et sud à sud-ouest sur la rive droite du Guil au lieu dit "le Malrif".	1500 à 2400 m.	schistes lustrés
Haute Ubaye (04)	FC de Meyronnes	nord, présence de crêtes axées nord-sud offrant des versants est-ouest	1475 à 2400 m	Flyschs à helminthoïdes à dominante calcaire Eboulis récent très actif Glaciaire
45 relevés ont été réalisés en Haute-Ubaye	F.C. de Tournoux	est à est nord-est. Quelques expositions sud-est	1475 à 2250 m	Flyschs à helminthoïdes à dominante calcaire, Eboulis récent très actif, Glaciaire
	Le massif est intéressant par sa célèbre inversion : le mélèze est présent en bas du versant, le sapin en haut, décrit par Lavauden 1936 et Lavagne 1964.			

répartition des relevés



Alpes intermédiaires humides

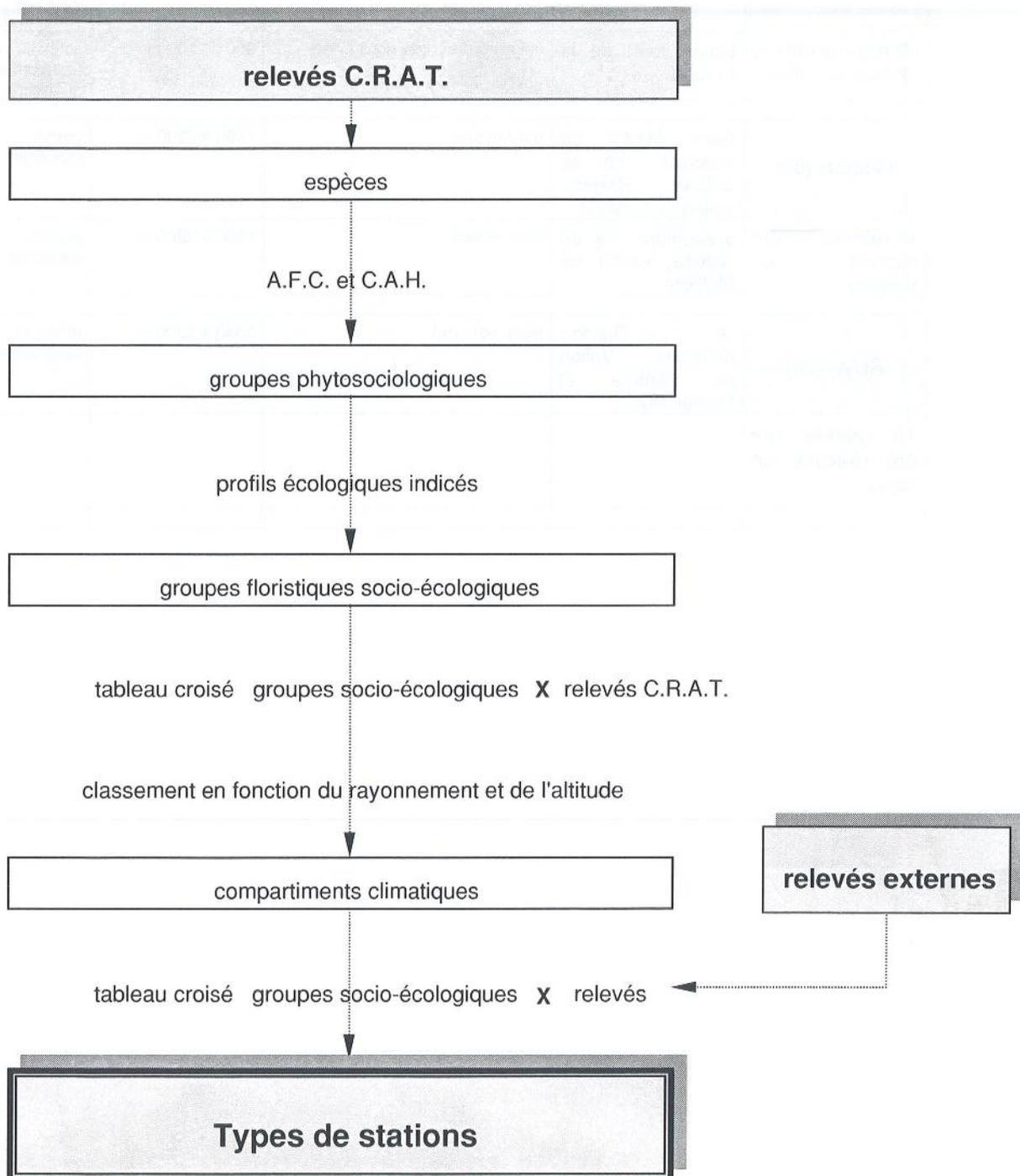
Petite région naturelle	Forêt	Exposition dominante	Amplitude Altitudinale	Roche / substrat
Basse Ubaye (04) 31 relevés ont été réalisés en Basse Ubaye	F.C. Montclar	nord-ouest (de nord à ouest)	1350 à 2200 m	glaciaire et éboulis (calcaire crétacé au sommet surplombé de grès d'Annot)
	F.C. St Vincent les Forts			
Haut-Verdon (04) 48 relevés ont été réalisés dans le Haut Verdon	Colmars (Forêt de Monier)	nord-ouest d'ouest à est (plus quelques expositions sud, sud-ouest)	1500 à 2400 m	grès d'Annot, glaciaire, calcaire crétacé supérieur, éboulis
	Le Seignus (Allos)	nord-est	1500 à 2200 m	flyschs à helminthoïdes, calcaire planctonique, éboulis et moraines
Embrunais (05) 47 relevés ont été réalisés dans l'Embrunais	F.C. de Crots	nord-ouest	1300 à 2000m	moraines plus quelques marnes jurassiques.
	F.D. du Pouzenc	ouest, sud-ouest	1850 à 2300m	moraines et affleurement de gypse plus flyschs en sommet, vers la crête du Lauzet.
	F.C. de Pra-Martin	sud-ouest	1500 à 2000m	moraines et éboulis.
	F.C. de Crévoux	Nord	1300 à 2300 m	flyschs calcaires et moraines
Est Ecrins (05) 23 relevés ont été réalisés dans l'Est Ecrins	Les Vigneaux Puy St-Vincent	nord (nord-ouest à est)	1250 à 2200 m.	moraines, calcaires, dolomie, grès
Haut Var (06) 16 relevés ont été réalisés dans le Haut Var	Estenc Col de la Cayolle	ouest (ouest à nord-est)	1650 à 2100 m.	moraines, éboulis, calcaires crétacés
Valberg (06) 18 relevés ont été réalisés dans la région de Valberg	Péone: lieu dit "le Chai" et "Valberg"	ouest et nord	1500 à 1900 m	marno calcaire et calcaire
	Beuil : bois du Garnier et bois noir	nord à est	1500 à 2000 m.	calcaire
	Les adrets ont été échantillonnés dans le vallon de Conchas et vers la Chapelle St Marie au sud de Valberg			
Mercantour calcaire (06) 13 relevés ont été réalisés dans le Mercantour calcaire	F.C. St Dalmas le Selvage (Mercantour calcaire)	massif nord-est. Nombreux versants secondaires variant de nord à ouest	1475 à 2250 m	série sédimentaire s'étalant du Callovo-Kiméridgien (fond du vallon de Gialorgues) jusqu'à l'Eocène, près du sommet et formant une auréole autour du sommet du massif montagneux coiffé par un niveau de grès d'Annot. Les calcaires du crétacé représentent la partie la plus importante en surface. La moitié inférieure du versant est recouverte par une formation superficielle noté éboulis sur la carte géologique

Alpes Ligures

Petite région naturelle	Forêt	Exposition dominante	Amplitude Altitudinale	Roche / substrat
Haute Tinée (06)	Forêt d'Isola le Malbosc (Mercantour cristallin)	massif nord-est. Nombreux versants secondaires variant de nord-ouest (au nord du massif) à sud-ouest (à sud).	variable de 900 m à environ 2250 m.	Roches cristallines: (gneiss embréchites plus ou moins nappées d'éboulis Amphibolites sur la crête des gravières. Werfénien inférieur (Scythien) et cargneule au sommet du mont Penafaysse
42 relevés ont été réalisés en Tinée	Roure forêt de la Fracha	est à nord-est (de nord à est)	900 à 2200 m	schiste et pélite rouge (surplombé de grès et quartzite).
Vésubie (06)	Saint Martin de Vésubie : col de Salèse, Boréon, vallon du Cavalet	nord et sud	1600 à 2200 m.	granite, migmatite, moraines
14 relevés ont été réalisés en Vésubie	Valdeblore: col de Salèse, vallon de Mollière	nord et sud	1600 à 2200 m.	granite, migmatite, moraines
Roya (06)	St Dalmas deTende: Vallon de Minière et Fontanalba	nord, est, sud	1550 à 2200 m	grès et arkoses, calcaire cargneules et moraines
15 relevés ont été réalisés en Roya				

Plan méthodologique

L'analyse des relevés est basée essentiellement sur des traitements floristiques dont le but est de mettre en évidence les facteurs abiotiques les plus importants. Les types de stations ont été définis dans le cadre des compartiments climatiques. Les données externes ont permis de consolider les groupes floristiques indicateurs.



Structuration climatique

L'altitude

Dans le milieu alpin, elle est le critère le plus discriminant des stations. En effet, elle intègre deux facteurs capitaux dans le déterminisme de la végétation, qui sont la température et les précipitations.

La température

Sans tenir compte des variations qui peuvent exister d'une petite région naturelle à l'autre, à altitude égale, la température est dépendante directement du relief (A. Douguedroit et M.F. de Saintignon, 1974). Les températures basses sont un facteur limitant pour la végétation dont la période de croissance diminue fortement avec l'altitude. Par contre pour les altitudes basses, et plus particulièrement sur les adrets, les températures élevées ont un rôle amplificateur de la sécheresse, en augmentant l'évapotranspiration de la plante et l'évaporation de l'eau du sol.

Les précipitations

Elles sont liées au macroclimat (régional) et au mésoclimat (local).

A basse altitude leur faible quantité est un facteur limitant ; elles sont d'autant plus importantes que l'on s'élève en altitude. La neige peut aussi être un facteur limitant, notamment en ubac où elle peut persister suffisamment longtemps pour maintenir les sols gelés et, ainsi retarder le démarrage de la végétation en accentuant l'effet température.

Le rayonnement solaire

Il a été appréhendé à partir de plusieurs variables : l'exposition de la station, l'exposition du versant, le coefficient de rayonnement direct (KR) combinant la pente et l'exposition. Le rayonnement a une influence directe sur la température et en conséquence sur la quantité d'eau dans le sol (évaporation) d'une part, et sur la nature du sol d'autre part. Les alternances de gel et dégel sur les adrets provoquent une érosion par colluvionnement et éboulement très importante. En conséquence les sols d'adrets particulièrement sur les pentes moyennes à fortes, sont souvent peu épais.

En adret la limite inférieure du mélèzein se situe exceptionnellement bas dans la vallée de la Tinée vers 1300 m (confinement important sur silice), vers 1500 m dans les autres vallées.

En ubac cette limite s'abaisse vers 900 m dans la vallée de la Tinée et près du village du Lauzet en Ubaye, vers 1350 m dans les autres vallées et vers 1450 m dans la zone la plus interne des Alpes (Briançon, Tournoux, Arvieux).

remarques :

Il existe probablement une classe d'exposition intermédiaire entre adret et ubac mais le protocole de relevés utilisé n'étant pas destiné à préciser cette limite, le nombre de relevés utilisables à cette fin n'a pas été suffisant. L'identification de ce compartiment nécessite probablement une phase de terrain spécifique.

A titre indicatif, des observations faites sur un versant Ouest dans l'étage montagnard moyen des Alpes intermédiaires humides et sur un versant Est de l'étage subalpin des Alpes internes permettent de situer cette classe d'exposition intermédiaire entre respectivement 270° et 290° et 70° et 90°.

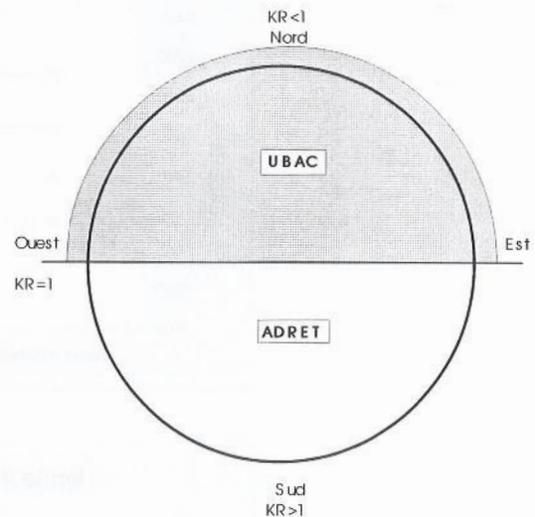
*Le deuxième phénomène observé est le décalage de la végétation lié au contexte mésoclimatique du versant. Il a été observé du montagnard supérieur au subalpin inférieur, sur les petits **ubacs secondaires** inscrits dans les grands versants d'adret.*

*Il ne s'agit plus là d'expositions intermédiaires, car elles sont nettement d'ubacs (50° à 60°). Cependant, il existe sur ces ubacs une végétation proche de celle des adrets avec quelques variations caractéristiques telles que la disparition d'*Hélianthemum nummularium* et *Prunella vulgaris* (les thermo-héliophiles) et l'apparition de quelques espèces d'ubac comme *Alchemilla alpina* et *Chaerophyllum villarsi* (peu abondant).*

*Les espèces principales constituant le fond du tapis végétal sont *Brachypodium pinnatum*, et sur sol profond *Helleborus foetidus* et *Poa pratensis*, assez comparable à celui des stations à sol peu profond du montagnard supérieur ou subalpin inférieur sur pelouse.*

Ce phénomène qui se vérifie probablement sur l'ensemble des Alpes du Sud dans le montagnard supérieur et le subalpin peut être mis en évidence au moment de la cartographie.

Différenciation entre Adret et Ubac



Ubac = $Kr < 1$

Adret = $Kr \geq 1$

Plein ouest et plein est = $Kr = 1$

Un autre facteur

Dans le fond de vallée, le **confinement** occasionné par la proximité du versant opposé, peut être très important et inverser la tendance à la sécheresse et à la chaleur des basses altitudes et, ainsi, maintenir une certaine humidité atmosphérique en même temps qu'une accentuation de l'ombrage pour les expositions à composante est et ouest.

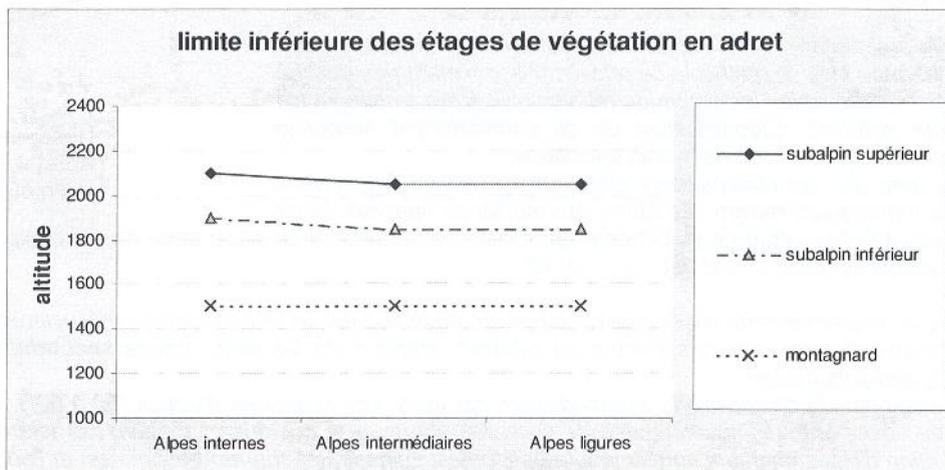
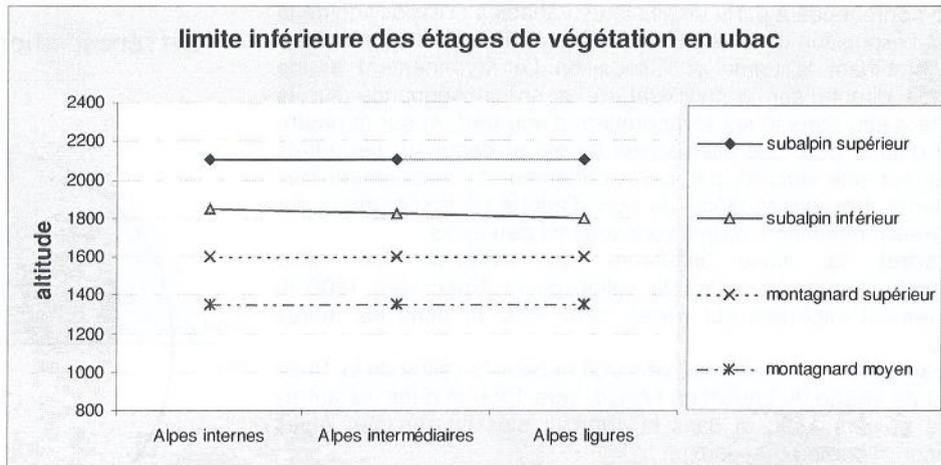
C'est ainsi que l'on peut trouver en fond de vallon des stations plus fraîches que sur des versants hors de l'ombrage du versant opposé (exemple : pelouse un peu sèche du montagnard moyen, en opposition à des formations arbustives à Frêne, Erable sycomore, Tilleul, Merisier, Cornouiller, Aubépine monogyne, etc...) de fond de vallon.

Les compartiments climatiques

L'altitude intègre à la fois la température et les précipitations de telle sorte que nous pourrions définir des compartiments climatiques uniquement grâce à elle pour les ubacs et les adrets. Par exemple, si en simplifiant on divise un versant d'ubac en 3 parties, on aura, en bas, une zone chaude et un peu sèche, en haut, une zone froide et très arrosée et, entre les deux, une zone fraîche et bien arrosée, qui correspond à l'optimum de croissance du Mélèze et de la végétation en général (maximum d'espèces et développement maximum des espèces, c'est le domaine de prédilection de la mégaphorbiaie).

Les transitions altitudinales sont toujours progressives. La superposition de zones floristiquement homogènes implique des zones de transition plus ou moins larges dans lesquelles on pourra centrer les limites entre étages.

Ces étages ont été définis sur une base uniquement floristique. Ce sont les variations plus ou moins nettes (continuum en palier) de la composition floristique qui sont la base du découpage. Nous nous sommes appuyés sur l'ensemble du cortège floristique et de ses variations pour asseoir ce zonage climatique altitudinal et non pas sur une ou deux espèces comme c'est le cas habituellement.



Lithologie et fonctionnement hydrique

La croissance de la végétation dépend surtout de la quantité d'eau dont elle peut disposer. Ceci est très marqué pour le mélèze, essence grande consommatrice d'eau.

L'eau disponible pour la plante est présente sous plusieurs formes :

- les précipitations directes
- les écoulements
- le stockage dans le sol

Si l'on admet que les précipitations sont globalement homogènes dans un compartiment climatique, c'est la quantité d'eau disponible dans le sol qui est responsable d'une part importante des variations locales.

Il existe deux fonctionnements bien différents suivant que l'on se trouve sur substrat calcaire ou siliceux.

Fonctionnement sur calcaire

Le ruissellement

Les formations calcaires de par leur nature très fissurée et perméable soustraient une quantité d'eau importante, qui est souvent redistribuée à des kilomètres. Ainsi elles diminuent de façon considérable les écoulements sur versant. Tous les randonneurs avertis connaissent la rareté des sources et des ruisseaux dans les massifs calcaires.

Les seules zones de fraîcheur sont les replats, même relatifs, car ils correspondent à une zone où l'eau séjourne plus longtemps.

Le stockage dans le sol

Nous considérons ici le sol en tant que matériau prospectable plutôt que dans son sens pédologique. L'altérite de calcaire a généralement une texture limoneuse ou limono-argileuse, avec une très bonne capacité de rétention en eau.

Cette capacité va varier en fonction de 3 paramètres :

- L'épaisseur de substrat prospectable est le facteur le plus important sur calcaire. Il est déterminant pour définir la potentialité forestière de la station. Elle est fonction de la nature du calcaire et du contexte climatique. Le colluvionnement, facilement observable à la jonction des bas de versants et des replats, induit une accumulation de matériau. C'est là que les croissances sont les plus fortes.

- La charge en éléments grossiers (gravier, cailloux, pierres, blocs) joue en sens inverse de l'épaisseur. Ainsi, plus le sol est caillouteux, moins sa capacité de stockage en eau est bonne. Elle n'est pas toujours facile à estimer.

- Son évolution pédogénétique, c'est-à-dire l'état du complexe argilo-humique. Plus celui-ci sera développé, avec une belle structure en agrégats ou grumeaux, plus il sera capable de retenir et de stocker l'eau. Si ce facteur est bien réel, il est néanmoins secondaire vis à vis de la potentialité forestière. C'est pourquoi nous avons volontairement négligé cet aspect. C'est en effet davantage le tapis herbacé qui puise l'eau dans les 20 cm de l'horizon superficiel (horizon A bien structuré) qui va en bénéficier et non pas le mélèzein. Ainsi pour une même potentialité forestière on pourra avoir deux tapis végétaux herbacés un peu différents suivant que l'on se trouve, par exemple sur moraine ou sur altérite en place.

La hiérarchie des facteurs sur calcaire peut donc s'établir de façon suivante :

- 1 épaisseur du substrat**
- 2 charge en éléments grossiers**
- 3 écoulements et topographie**
- 4 degré d'évolution du sol.**

Il est donc relativement aisé d'apprécier, à l'intérieur d'un compartiment climatique, la potentialité d'une station sur calcaire uniquement par une approche géomorphologique.

Fonctionnement sur roche siliceuse dure (sont exclus les schistes siliceux)

Le ruissellement

Les roches siliceuses sont imperméables. Il n'y a donc pas de perte due à la roche. Ainsi les écoulements de surface (ou souterrains mais à faible profondeur) sont très importants. La topographie du versant est déterminante pour la circulation de l'eau, et on peut observer un contraste très marqué entre les concavités et les convexités du point de vue de la végétation.

Les situations seront, en terme de bilan hydrique, beaucoup plus tranchées sur roche siliceuse dure que sur calcaire où le sol, fort de sa très bonne capacité de rétention de l'eau, a un effet «tampon » sur le milieu.

Stockage dans le sol

Ce contraste est encore accentué par les propriétés même du sol. En effet, les altérites de granite, gneiss, arkoses, etc., donnent un matériau brut à texture sableuse avec très peu d'argile et de limon. Ainsi le sol lui-même présente une capacité de rétention en eau assez faible.

Cette capacité reste bien sûr variable en fonction des mêmes critères que sur les calcaires (épaisseur, charge en éléments grossiers, évolution pédogénétique), mais dans des proportions beaucoup plus faibles qui les rendent secondaires par rapport à la topographie.

La hiérarchie des facteurs sur roche siliceuse dure est donc la suivante :

- 1 topographie et circulations d'eau sur le versant**
- 2 épaisseur de sol**
- 3 charge en éléments grossiers**
- 4 degré d'évolution du sol**

On voit que, s'il est aisé d'apprécier les aspects topographiques tels que la pente ou la topographie locale (convexe, concave), il est par contre très difficile d'estimer comment se répartissent les circulations d'eau sur le versant, et ce sont pourtant bien elles qui influent principalement sur la potentialité de la station.

C'est pourquoi, à défaut de pouvoir bâtir un modèle géomorphologique satisfaisant, nous avons utilisé la flore comme bio indicateur, puisqu'elle seule s'est avérée capable d'intégrer tous les paramètres du bilan hydrique stationnel.

Avantages et inconvénients de ce fonctionnement

Avantages :

- l'identification des stations est grandement facilitée par la bonne réponse de la flore
- les connaissances en botanique ne sont pas nécessaires, on pourra s'en tenir bien souvent à l'aspect de la végétation.

Inconvénients :

- Plus encore que sur calcaire, la validité des clefs sera limitée aux peuplements à couvert complets. Une ouverture modifiant le climat local, modifie également la végétation et peut induire en erreur (généralement en sous estimant la potentialité de la station).

Dans un contexte climatique donné

(petite région naturelle, altitude, exposition)

la chaîne de facteurs régissant la quantité d'eau disponible pour la végétation est différente sur roche calcaire et sur roche siliceuse.

☞ Sur calcaire

✓ la nature perméable de la roche entraîne une infiltration en profondeur de l'eau et induit des écoulements de surface très faibles

✓ la texture limoneuse du matériau d'altération induit un stockage d'eau important dans le sol.

✓ Ce stockage (réserve utile) est d'autant plus important que la profondeur prospectable par les racines est forte et que la charge en éléments grossiers est faible.

✓ Ainsi, l'eau disponible par les plantes correspond à la chaîne suivante:

Réserve Utile du sol (R.U.)
+/- topographie

☞ Sur roche siliceuse dure

✓ la nature imperméable de la roche entraîne des écoulements de surface très importants.

✓ la texture sableuse du matériau d'altération induit un faible stockage d'eau dans le sol.

✓ Ce stockage faible est ainsi peu influencé par la profondeur prospectable et par la charge en éléments grossiers.

✓ Ainsi, l'eau disponible par la plante correspond à la chaîne suivante:

Écoulement de surfaces +/- topographie +
Réserve Utile du sol (R.U.)

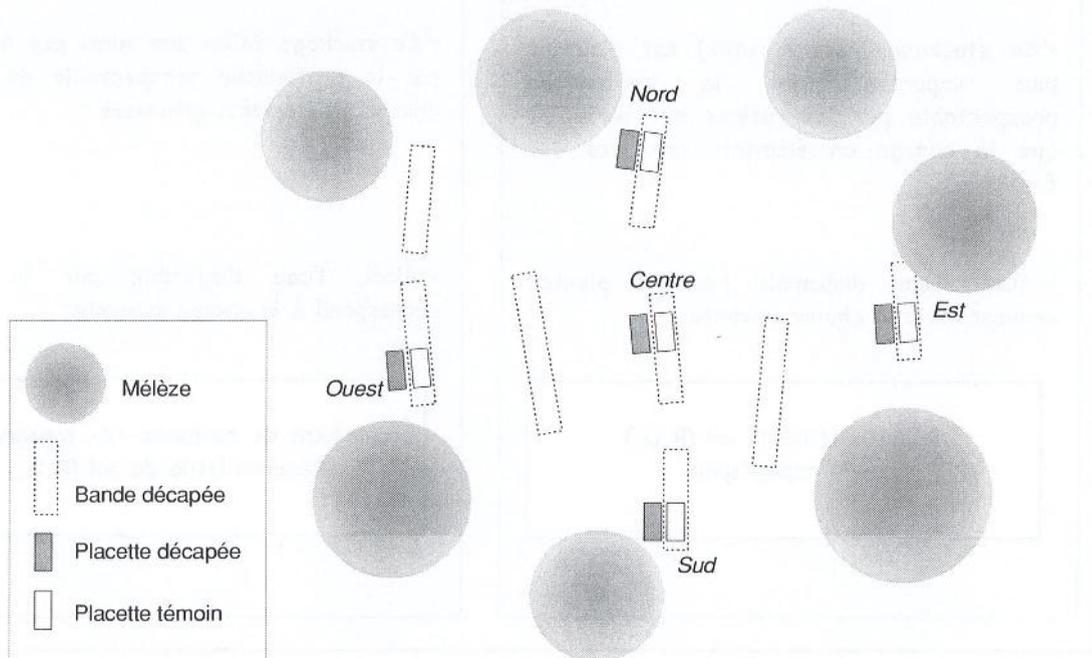
Travaux complémentaires

Les trois catalogues couvrant les mélèzeins de P.A.C.A. permettent d'identifier les stations forestières et d'estimer leurs potentialités, mais ils ne répondent pas d'emblée à toutes les questions posées par le gestionnaire. Hormis la dynamique naturelle, dont la connaissance est capitale dans les mélèzeins et qui est développée plus loin, les demandes initiales concernaient d'abord les relations éventuelles entre station et régénération naturelle, et accessoirement les relations stations-production.

Stations forestières et régénération naturelle du Mélèze

Les gestionnaires forestiers ont parfois des difficultés à régénérer naturellement les mélèzeins, malgré l'application de techniques sylvicoles adaptées comme le décapage. C'est pourquoi une étude a été demandée pour **mettre en évidence des relations éventuelles entre facteurs écologiques** d'ordre climatique ou édaphique **et régénération naturelle du mélèze**. Les données recueillies intégrant le contexte sylvicole des placettes, elles permettent en second lieu d'évaluer l'impact de la gestion appliquée et son importance relative par rapport aux facteurs abiotiques.

La campagne de terrain a eu lieu dans les Alpes internes (Haute Ubaye, Queyras, Briançonnais). Les observations ont été faites dans des parcelles mises en régénération avec ouverture du peuplement par trouées, par bandes ou par coupes progressives, et préparation du sol par décapage ou crochetage. La régénération a été observée dans 90 sites, sur des placettes de 2 m² disposées par couples au centre et aux 4 points cardinaux de chaque site, chaque couple étant composé d'une placette décapée et d'une placette témoin non décapée.



Il en ressort que la réussite de la régénération naturelle du mélèze dépend essentiellement de la gestion appliquée, et semble pouvoir être garantie par l'observation de trois règles simples (Ladier, 2000). L'élimination de la végétation concurrente par le décapage ou par une autre technique efficace, est nécessaire sur les replats et pentes faibles. L'ouverture du peuplement doit être ajustée pour assurer une durée d'insolation de 5 à 8 heures au niveau du sol, ce qui correspond à des trouées de 20 à 40 mètres de diamètre. Enfin, il est souhaitable de limiter le pâturage tant que les semis n'ont pas dépassé 10 cm de hauteur. Les expositions chaudes semblent plus propices que les ubacs, mais ce facteur reste cependant secondaire par rapport aux conséquences de la gestion appliquée. Les autres éléments utilisés pour la typologie des stations n'ont aucune influence mesurable sur la réussite de la régénération.

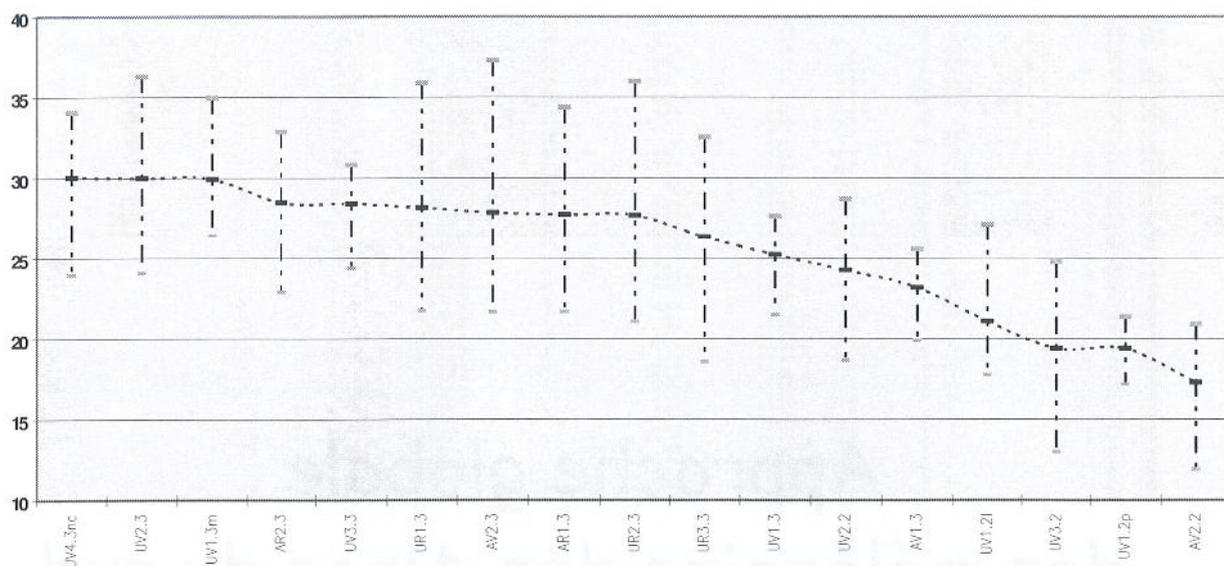
Ce travail ne permet pas d'établir les facteurs de réussite de la régénération sur les versants pentus qui représentent la majeure partie des mélèzeins et où le décapage est impossible. Une étude complémentaire serait donc bienvenue pour traiter ces situations.

Ebauche de relations entre stations et production de bois

En 1997, des mesures ont été effectuées sur 90 placettes dendrométriques établies sur des types de stations identifiés.

Ceci a permis de confirmer principaux facteurs de la croissance des arbres avancés dans les catalogues de stations, notamment la profondeur prospectable du substrat et la position topographique dans le versant.

Amplitude des indices de fertilité sur les stations observées



Le classement ci-dessus a été effectué en fonction de l'indice de fertilité moyen observé sur chaque type de station. Il permet de dégager une grande tendance faisant bien ressortir les situations extrêmes. Les meilleurs indices de fertilités correspondent aux stations à substrat épais ou à bonne alimentation en eau (uv43nc, uv23, uv13m, etc...). Les stations à sols peu profonds ou en situation drainante ou à fort rayonnement présentent des indices de fertilité plus faible (av13, av22).

On note une grande variabilité sur les types de stations à sol profond. Cela est dû à leur définition : ils couvrent une large gamme de profondeur prospectable (de 50 cm à plusieurs mètres), et de charge en éléments grossiers. Il est difficile de s'affranchir de cette variabilité en l'absence d'indicateur floristique et de système simple pour estimer la profondeur.

Il ne s'agit là que d'une première approche des relations stations-production. Le nombre insuffisant de répétitions par type de stations, et la fourchette trop importante des indices de fertilité ne permettent pas d'utiliser ces résultats comme outil prédictif de la potentialité de la station.

Approche globale des mélézeins des Alpes du sud

Analyse floristique

Introduction préalable de l'angle de continentalité

La corrélation entre l'angle de continentalité de Gams et la répartition des essences forestières dans l'arc alpin a été mise en évidence par plusieurs travaux d'écologie. Cette corrélation, qui semble intéressante dans le cas du Mélèze d'Europe (G. Pache et al., 1996), a été utilisée par P. Ozenda (1985) pour asseoir un zonage climatique de la chaîne alpine. C'est pourquoi il nous a paru utile d'introduire dans nos données ce paramètre susceptible de rendre compte de variations pressenties à l'échelle de la zone d'étude.

La valeur de l'angle de continentalité (G) est donnée par la formule de Gams (1932) modifiée par Michalet (1991) pour les altitudes faibles :

$$G = \text{Acotg} (P / A) \quad \text{si } A > 900 \text{ m}$$
$$G = \text{Acotg} ((P - ((900 - A) \times P / 1000)) / A) \quad \text{si } A < 900 \text{ m}$$

avec A = altitude et P = précipitations

Il peut être calculé annuellement ou pour des périodes significatives (mois, saison, période de végétation, etc...).

A notre connaissance, l'angle de Gams n'avait jusqu'à présent été calculé que ponctuellement pour les postes pluviométriques. Si cette approche est suffisante à l'échelle de l'arc alpin, elle contraint l'écologue qui veut caractériser ses points d'observation à faire des interpolations parfois approximatives ou discutables.

Le fait que nous disposions sur SIG (Système d'information géographique) des données spatialisées nécessaires au calcul de l'angle de continentalité nous a permis d'attribuer de façon simple et précise une valeur d'angle de Gams à chaque point de relevé.

Nous disposons d'une cartographie des **champs pluviométriques** sur l'ensemble de la région (modèle AURELHY). Cette couche d'information est fournie par Météo France sous forme d'une grille de points au pas de 5 km, chaque point portant les valeurs de précipitations moyennes mensuelles calculées en fonction des mesures des postes pluviométriques sur la période 1961-1990. Cette grille de valeurs présente des avantages indéniables par rapport aux mesures certes plus précises, mais dispersées, des postes pluviométriques. Nous disposons par ailleurs d'un **modèle numérique de terrain** (M.N.T.) fourni par l'I.G.N., constitué d'une grille de points cotés au pas de 50 m. Et nous avons bien sûr la localisation précise des **points de relevés**.

Le M.N.T. a été lissé avant extraction d'une grille d'altitude au pas de 5 km superposable à la grille AURELHY et compatible avec les principes d'élaboration de celle-ci. Les formules précédentes ont été appliquées pour obtenir une **grille d'angle de continentalité** à partir des couches d'altitude et de pluviométrie. Une valeur a ensuite été attribuée automatiquement à chaque point de relevé par interpolation linéaire sur la grille, ce qui a permis d'introduire l'angle de continentalité dans l'analyse de données.

Analyse de la totalité des relevés

La première A.F.C. (analyse factorielle des correspondances) a été réalisée sur :

- 416 relevés phytoécologiques
- 293 espèces (présentes au moins 10 fois, sauf quelques endémiques des Alpes maritimes présentes au moins 5 fois)
- 80 variables supplémentaires qui sont des variables disjonctives écologiques : seules ont été conservées les paramètres climatiques (altitude, rayonnement, pluviométrie, continentalité), la roche, le type de sol et les petites régions naturelles.

Les 4 premiers axes représentent 16,3 % de la valeur propre.

Le premier : 5,4 % ; le second : 4,3 % ; le troisième : 3,7 % et le quatrième : 2,9 %

Interprétation des axes

Axe 1 : il exprime un gradient de température et est donc fortement lié à l'altitude avec de part et d'autre de l'axe les espèces liées au subalpin supérieur d'une part, et au montagnard inférieur d'autre part.

Axe 2 : il exprime un gradient d'humidité stationnelle avec d'une part les espèces liées à des conditions de sécheresse, et cela quelle que soit l'altitude :

- *Dryas octopetala*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Buxus sempervirens*
et d'autre part, les espèces hygrométophiles centrées sur le montagnard supérieur :
- *Stellaria nemorum*, *Senecio fuchsii*, *Ribes petraeum*, *Geum urbanum*, *Aegopodium podagraria*.

Axe 3 : c'est encore un axe climatique qui exprime bien les variations de rayonnement. Les variables complémentaires du rayonnement direct sont bien alignées opposant d'une part les ubacs confinés avec des espèces telles que :

- *Saxifraga cuneifolia*, *Lathyrus montanus*, *Maianthemum bifolium*, *Astrantia minor*

et d'autre part les adrets avec des espèces telles que :

- *Laserpitium gallicum* et *L. siler*, *Bupleurum ranunculoïdes*, *Globularia cordifolia*, *Acinos alpinus*, *Carex humilis*.

Une certaine zonation géographique semble identifiable mais elle est très brouillée pour le facteur exposition qui est prépondérant.

Axe 4 :

On retrouve de part et d'autre de cet axe, des formations végétales liées d'une part à l'altitude, et d'autre part à la dynamique de la végétation.

Commentaire sur les plans 1-4 et 2-3

Dans le plan 1-4 qui présente un effet Guttman bien marqué l'altitude a une influence nette sur les 2 axes. Ce plan permet d'avoir une première approche de la répartition des peuplements en fonction de l'altitude et de la dynamique de la végétation.

C'est dans le plan 2-3 que la répartition géographique des espèces est la plus visible, avec une opposition forte entre les Alpes internes et les Alpes ligures d'une part, et entre les Alpes internes et intermédiaires d'autre part. Cependant, le fait que la répartition géographique s'exprime sur le même axe que l'exposition des stations rend l'analyse plus complexe. C'est pourquoi dans un souci de clarté, nous avons refait une AFC uniquement sur les ubacs, afin de bien mettre en évidence le zonage géographique pressenti.

Analyse des ubacs.

La deuxième A.F.C. a été réalisée sur :

- 347 relevés phytocécologiques réalisés en ubac (c'est à dire dont le rayonnement est < KR1)
- 293 espèces (les mêmes que pour la 1^{ère} AFC, toutes encore présentes)

Les mêmes variables supplémentaires ont été conservées (altitude, rayonnement, pluviométrie, continentalité) la roche, le type de sol et les petites régions naturelles.

Les 4 premiers axes représentent 16,5 % de la valeur propre

Le premier : 5,7 % ; le second : 4,5 % ; le troisième : 3,4 % et le quatrième : 2,8 %

Interprétation des axes

L'axe 1 : comme précédemment il exprime un gradient de température et est donc fortement lié à l'altitude.

L'axe 2 : là encore, peu de changement avec le traitement sur l'ensemble des relevés. Il s'agit toujours d'un axe reflétant le bilan hydrique stationnel. On notera également la bonne corrélation et le bon ordonnancement des variables pluviométriques avec cet axe, du plus arrosé sur le côté positif de l'axe, au moins arrosé de l'autre côté.

L'axe 3 : c'est sur cet axe que tout l'intérêt d'une analyse spécifique des ubacs a résidé. En effet, dans l'analyse globale, cet axe opposait les adrets et les ubacs et la répartition géographique des relevés en fonction d'un axe de continentalité était difficile à observer.

Ici, les espèces se répartissent en fonction d'un gradient d'humidité climatique avec :

sur le côté positif de l'axe les espèces telles que : *Juniperus sabina*, *Carex humilis*, *Acinos alpinus*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Phyteuma orbiculare*, *Thalictrum foetidum*, *Bupleurum ranunculoïdes*, etc...

sur le côté négatif : *Saxifraga cuneifolia*, *Lathyrus montanus*, *Maianthemum bifolium*, *Betula pendula*, *Dryopteris filix-mas*, etc...

La répartition des petites régions naturelles est fortement corrélée à l'axe avec, vers le côté positif, le Briançonnais, le Queyras et la Haute Ubaye et, vers le côté négatif, la Haute Tinée (Isola, Roure), la Vésubie et la Roya.

Parallèlement on note une très bonne corrélation liée à un bon ordonnancement des variables descriptives de l'indice de continentalité hydrique de Gams (indice saisonnier d'automne et annuel).

L'axe 4 : si l'observation des variables écologiques utilisées où la répartition des relevés ne permettent pas de donner une interprétation satisfaisante, la flore permet d'identifier des grands types de formations végétales et cet axe reprend la même logique que l'axe 4 dans l'analyse globale.

Sur le pôle positif on trouve à la fois les formations à chênaie pubescente du montagnard inférieur et les pelouses et landes à *Vaccinium uliginosum* du subalpin supérieur à micro-climat présentant un fort contraste climatique ; on peut distinguer les hautes et basses altitudes :

- à basse altitude s'individualisent les formations premières à Bouleau, Erable champêtre, *Carex hallerana*, *Salvia glutinosa*, *Crataegus monogyna*
- les hautes altitudes, sont le domaine des formations de pelouses sous mélèzeins peu pâturées avec : *Luzula nutans*, *Nardus stricta*, *Trifolium alpinum*, *Ranunculus pyrenaicus*, *Carex sempervirens*.

Le pôle négatif est étiré par les formations dont le micro climat est le plus tamponné, qui sont aussi les plus matures en terme de dynamique Ce sont essentiellement les sapinières et leurs cortèges floristiques associés (*Prenanthes purpurea*, *Veronica urticifolia*, *Rubus saxatilis*, *Acer pseudoplatanus*, *Viola sylvatica*, *Lonicera nigra*, *Astrantia major*, etc...).

Analyse des plans factoriels

Plan 1-2 : Trois pôles se distinguent, mettant ainsi en évidence les relations entre le bilan hydrique et l'altitude :

⇒ Un pôle froid et sec, représenté par la lande à éricacées (*Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Rhododendron ferrugineum*) et quelques compagnes comme *Dryas octopetala* ou *Antennaria dioica* assez typiques des milieux froids et secs.

⇒ Un pôle frais et humide caractérisé par la mégaphorbiaie à *Stellaria nemorum*, *Senecio nemorensis subsp. fuchsii*, *Festuca pratensis subsp. apennina*, *Rumex arifolius*, *Aegopodium podagraria* etc.

⇒ Un pôle chaud et sec où le mélèzein vient en contact avec la chênaie pubescente sur les zones les plus basses.

On voit ainsi que les milieux les plus frais ne sont pas aux altitudes les plus élevées (montagnard supérieur et base du subalpin) même si la quantité de précipitation augmente avec l'altitude.

Dans l'étage montagnard les pineraies sèches (sylvestre ou crochet) s'opposent aux mégaphorbiaies.

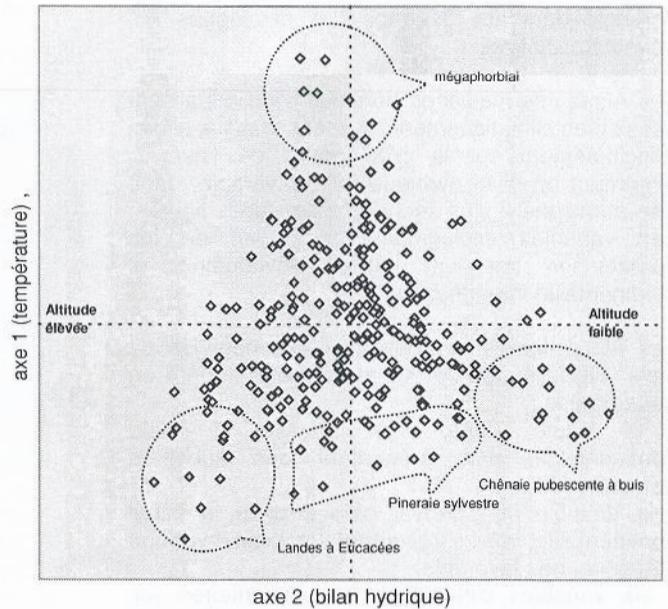
Plan 1-3: La répartition des massifs forestiers :

Ce plan exprime la répartition des massifs forestiers prospectés en fonction d'un gradient d'humidité climatique d'une part et de l'altitude d'autre part.

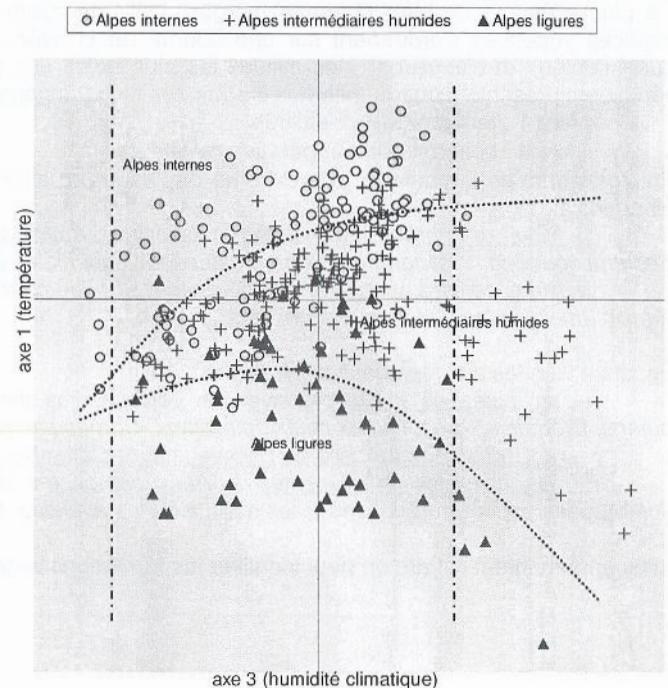
On peut observer assez nettement le zonage géographique des massifs en trois zones qui correspondent au domaine de validité de chacun des 3 catalogues. Les massifs du Briançonnais, du Queyras et de Haute Ubaye sont nettement situés sur le pôle « le plus sec » de l'axe 3. A l'opposé, sur « le pôle humide », on trouve les massifs situés en Haute Tinée, Vésubie et Roya. Entre les deux extrêmes se situe une zone intermédiaire où une légère interpénétration existe compte tenu des compensations sol-climats.

Par rapport à l'altitude on peut distinguer 3 zones :

Plan d'AFC des axes 1 et 2



Plan d'AFC des axes 1 et 3



- une première située dans le subalpin supérieur (≥ 2000 m) où le zonage géographique est beaucoup moins net et où la zone intermédiaire semble disparaître.
- une deuxième située entre 1450 et 2000 m où les 3 zones géographiques sont bien observables.
- la troisième, en dessous de 1450 m où le zonage est également bien observable, mais où l'absence de mélèze marque la zone interne. Dans les Alpes ligures, seule la vallée de la Tinée représente ce compartiment.

L'observation des variables écologiques sur le même plan souligne bien la forte corrélation entre le « pôle humide » de l'axe 3 et une faible continentalité d'une part, et, inversement, forte corrélation entre « le pôle sec » et un indice de continentalité fort. La position des petites régions naturelles est assez bien groupée autour des variables et traduit bien le gradient de continentalité.

On peut noter que les variables pluviométriques ne sont pas ordonnées suivant l'axe 3, montrant ainsi que les valeurs de pluie observées sont situées autour des cols d'Allos, de la Cayolle et de la Bonnette (cf. zonage climatique ci-après)

Plan 2-3 : Répartition climatique des relevés floristiques :

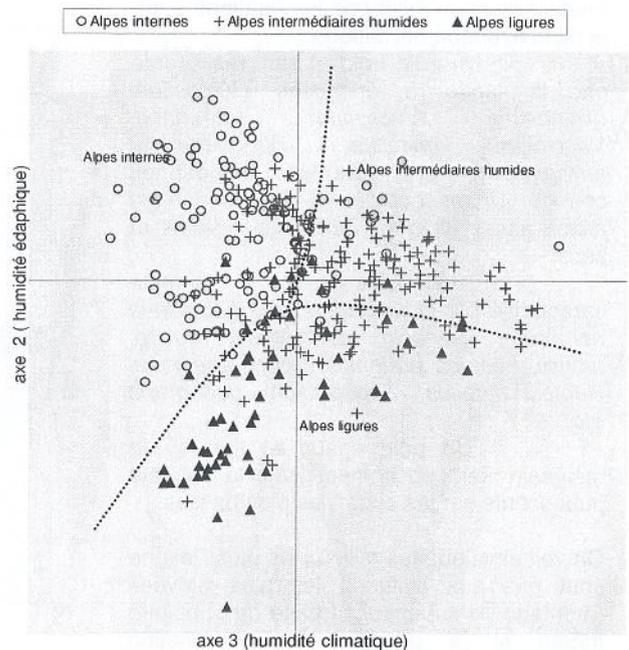
Ce plan se divise en 3 parties assez nettes correspondant aux 3 zones des catalogues (cf. schéma ci-contre).

Les Alpes intermédiaires humides s'individualisent assez bien climatiquement avec ses massifs situés principalement sur le côté positif de l'axe 2, exprimant un bilan hydrique local favorable, dans une atmosphère plus sèche que les Alpes ligures. Les variables écologiques permettent de les caractériser par une forte pluviométrie et continentalité intermédiaire.

Les Alpes ligures occupent la partie négative de l'axe 3 et le nuage de points peut être séparé en deux parties :

- la Haute Tinée, bien arrosée, à faible continentalité mais présentant des substrats défavorables.
- la Vésubie et la Roya, bien arrosée, à faible continentalité, mais présentant un bilan hydrique stationnel très favorable.
- les variables climatiques supplémentaires (cf. graphique page suivante) permettent de bien séparer les zones géographiques.

Plan d'AFC des axes 2 et 3



Plan 1-4 : Les différents types de Mélèzeins :

Ce plan présente un effet Guttman marqué, l'altitude ayant une influence marquée sur chacun des axes. Les espèces végétales s'ordonnent sur une courbe en U avec, d'une part les espèces de milieu chaud (chênaies pubescentes), et d'autre part, les milieux les plus froids (les pelouses du subalpin supérieur), avec au centre les sapinières présentant des amplitudes thermiques plus tamponnées. (Cf. graphique ci-après).

Axe 1 : température \Rightarrow altitude

Axe 4 : contraste de température \Rightarrow altitude

En s'éloignant de la partie la plus extrême de l'axe 4 en allant vers les altitudes les plus élevées on trouve les pineraies à :

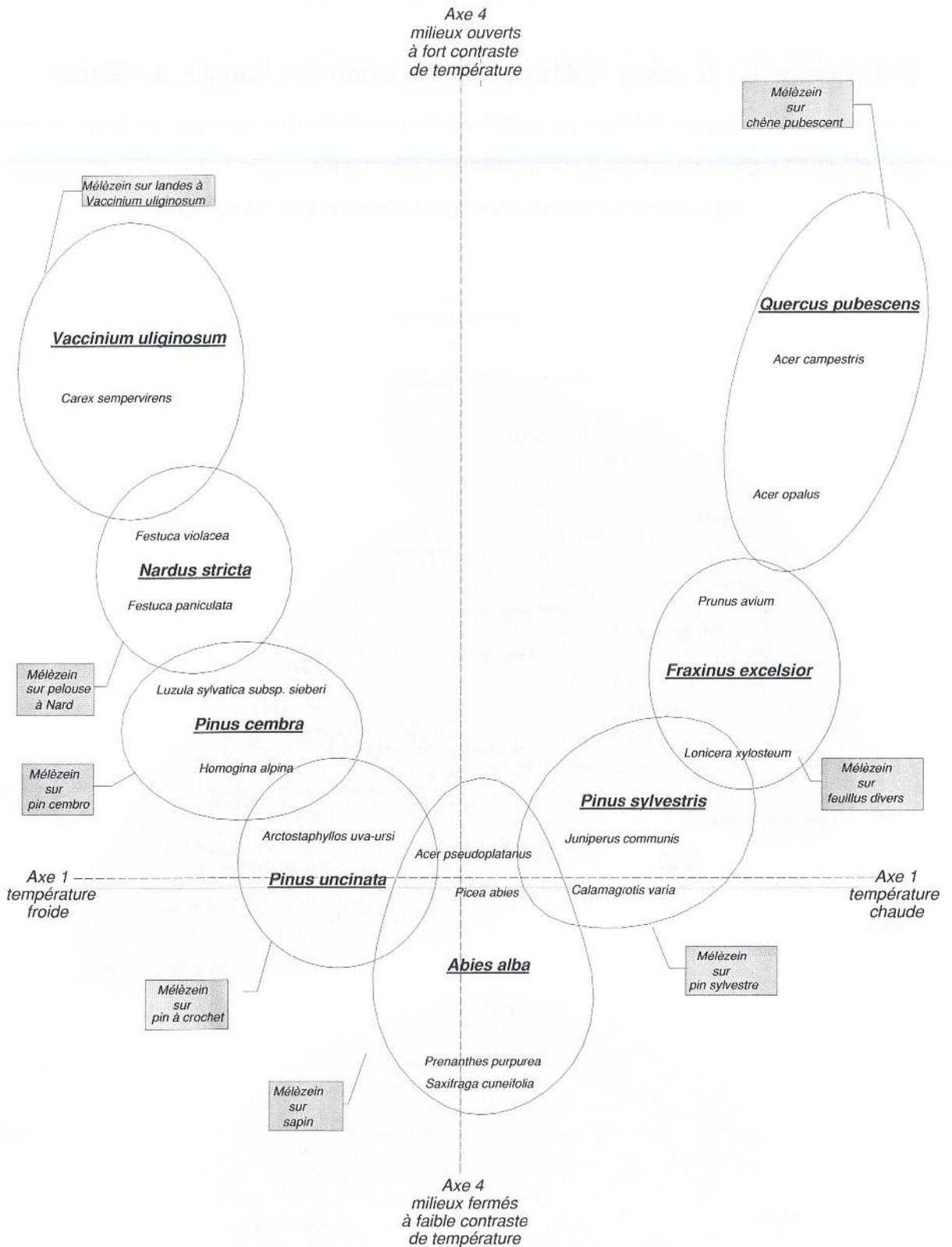
- *Pinus uncinata* et leurs cortèges associés : *Arctostaphylos uva-ursi*, *Pulsatilla alpina*, *Clematis alpina*, *Sesleria coerulea*, *Valeriana montana*, *Festuca flavescens*, *Phyteuma betonicifolium*, etc..
- *Pinus cembra* avec : *Homogine alpina*, *Rhododendron ferruginea*, *Juniperus nana*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Luzula sieberii*, etc...

En allant vers les altitudes basses on trouve :

- les pineraies sylvestres avec un cortège plus thermophile et héliophile : *Pimpinella major*, *Melica nutans*, *Bromus erectus*, *Hylocomium splendens*, *Cornus sanguinea*, *Prunus brigantina*, *Viburnum lantana*, etc..
- des formations fraîches de basses altitudes à feuillus divers tels que : *Fraxinus excelsior*, *Prunus avium*
- les chênaies pubescentes à *Acer campestre* et *Acer monspessulanum* en mélange avec de nombreuses espèces arbustives telles que : *Corylus avellana*, *Cornus sanguinea*, *Coronilla emerus*.

Ainsi en remontant cet arc on peut identifier les formations végétales selon le schéma suivant :

Répartition des types de mélèzein suivant le plan 1-4 de l'A.F.C.

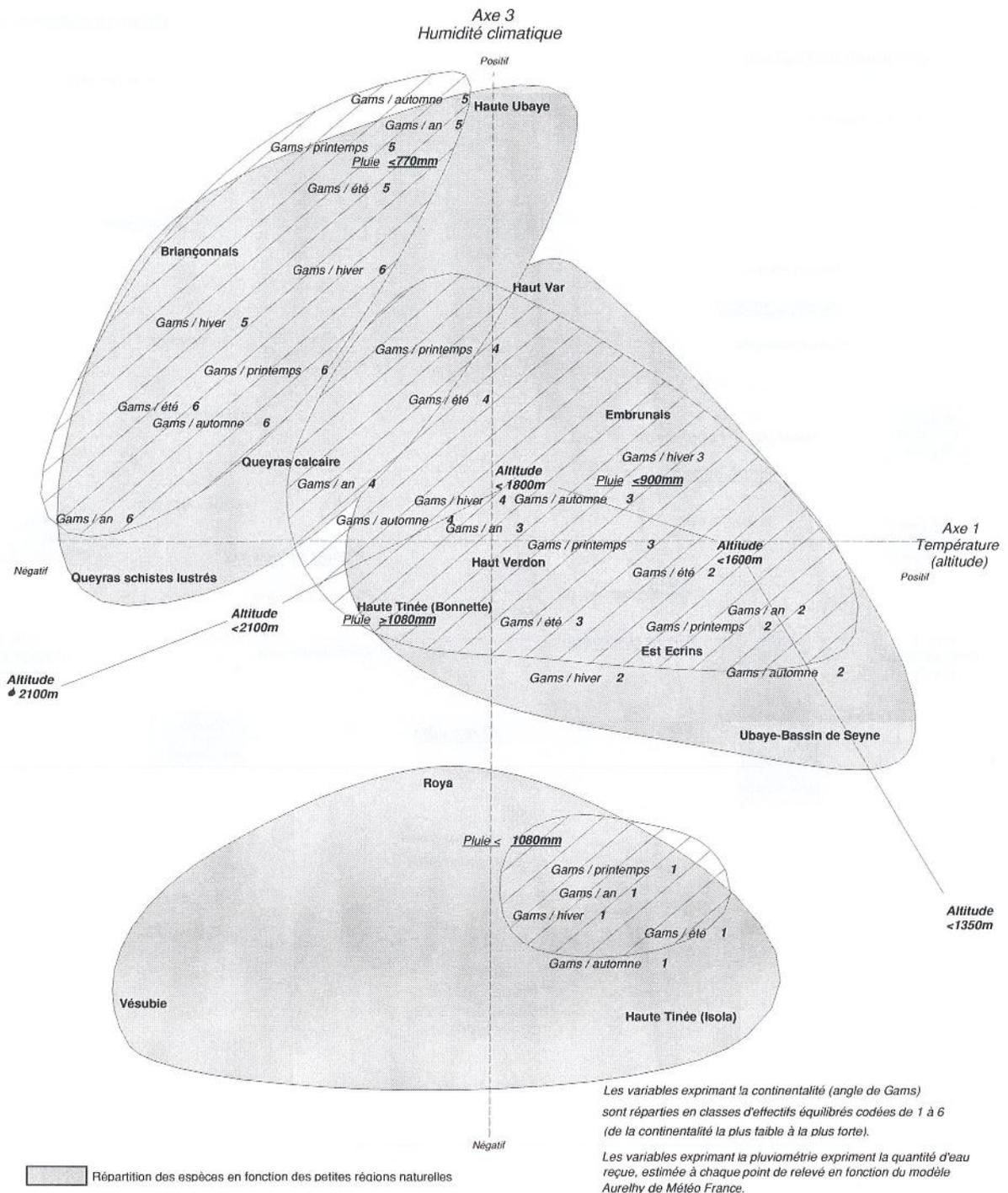


Zonage climatique

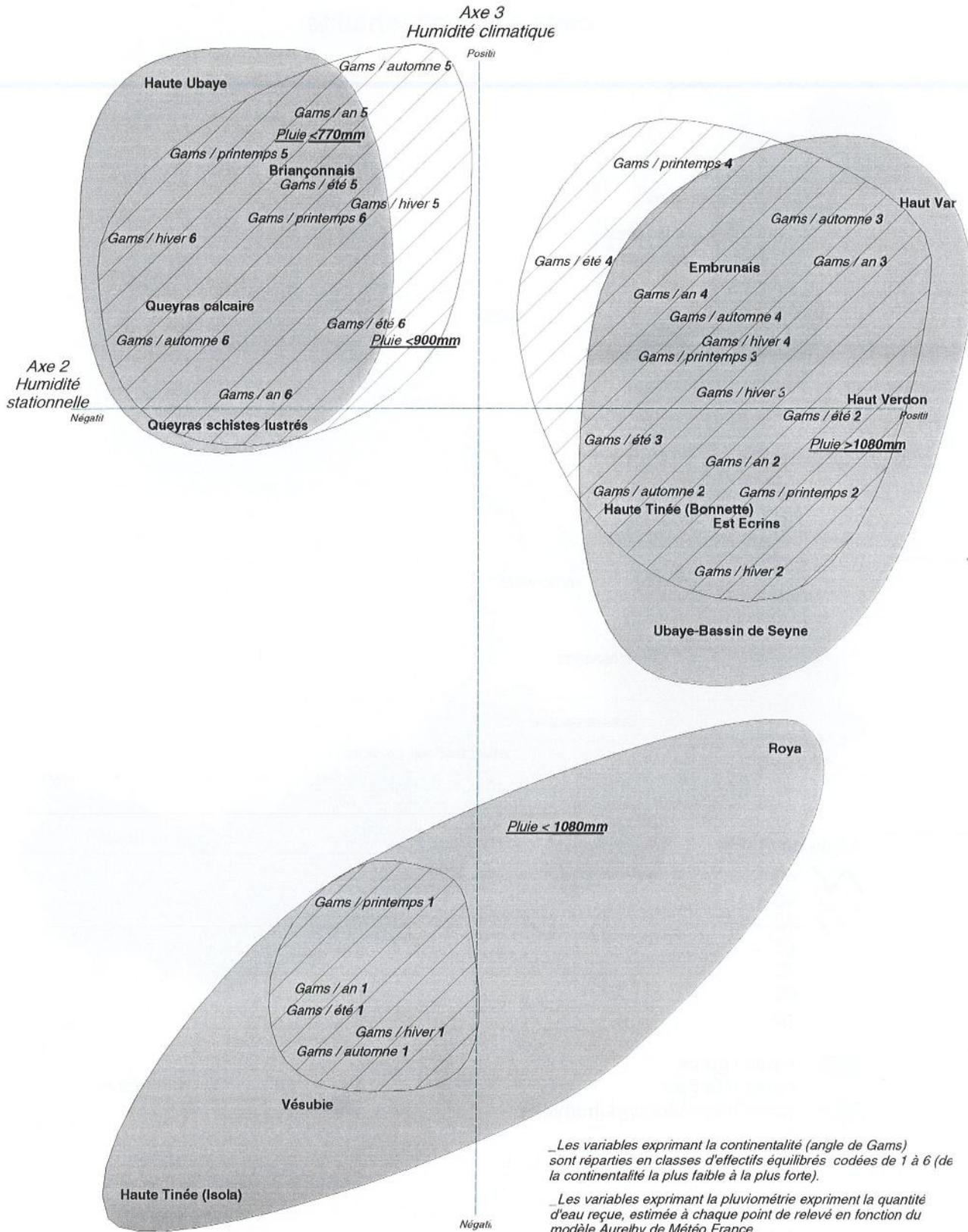
Découpage de la zone d'étude en fonction de l'angle de Gams

Nous avons vu dans l'analyse floristique qu'il existait une forte corrélation entre les valeurs de l'angle de Gams et l'axe 3. Si on observe les plans 1-3 et 2-3 de l'AFC sur les ubacs, il est aisé de juger de la pertinence de l'angle de continentalité hygrique pour effectuer une zonation de la zone d'étude.

Répartition des variables climatiques suivant le plan 1-3 de l'A.F.C.

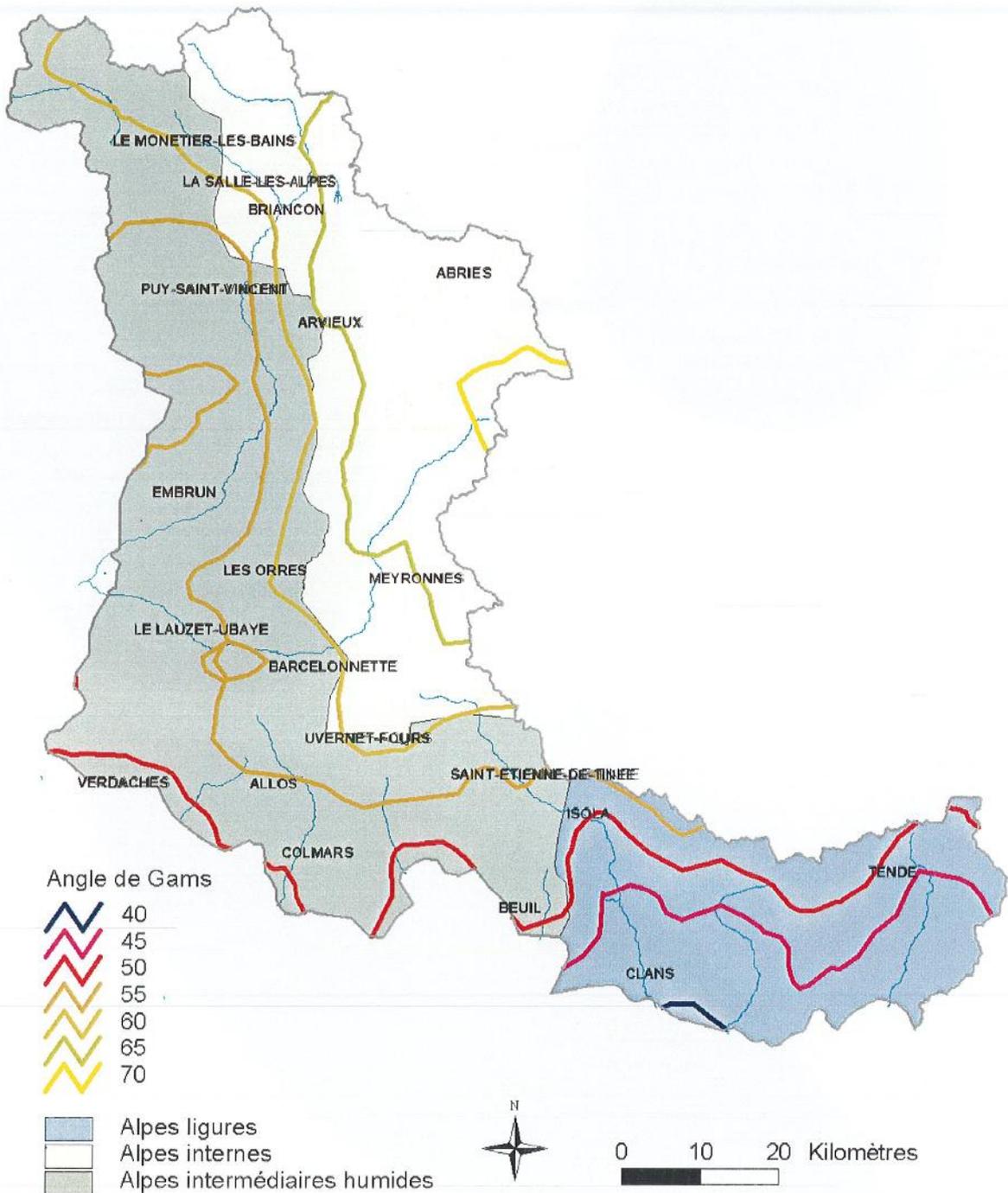


Répartition des variables climatiques suivant le plan 2-3 de l'A.F.C



Les courbes iso valeurs ont été calculées sur SIG. Les valeurs seuils de 60° et 50° sont issues de l'analyse floristique. Elles permettent de délimiter respectivement les Alpes Internes et les Alpes Intermédiaires. Les limites géographiques correspondantes ont ensuite été calées sur le relief pour constituer un découpage pratique sur le terrain. Il faut cependant garder à l'esprit qu'il s'agit de zones de transition et non de limites géographiques précises.

carte de continentalité



Répartition géographique des espèces

Le découpage climatique précédent est basé sur la répartition d'espèces qui ont des préférences climatiques marquées. Ainsi certaines espèces fréquentes dans les Alpes internes traduisent une xéricité climatique propre à cette zone. Elles n'apparaissent ailleurs que sur des stations sèches. Inversement, des espèces fréquentes dans les Alpes ligures ou intermédiaires sont rares ou absentes dans les Alpes internes.

D'autres sont exclusives d'une zone pour des raisons qui ne sont sans doute pas uniquement climatiques

Le tableau et les cartes qui suivent rendent compte des différences de répartition constatées dans les relevés.

Caractérisation floristique de chaque zone climatique (en gras les espèces les plus typées)

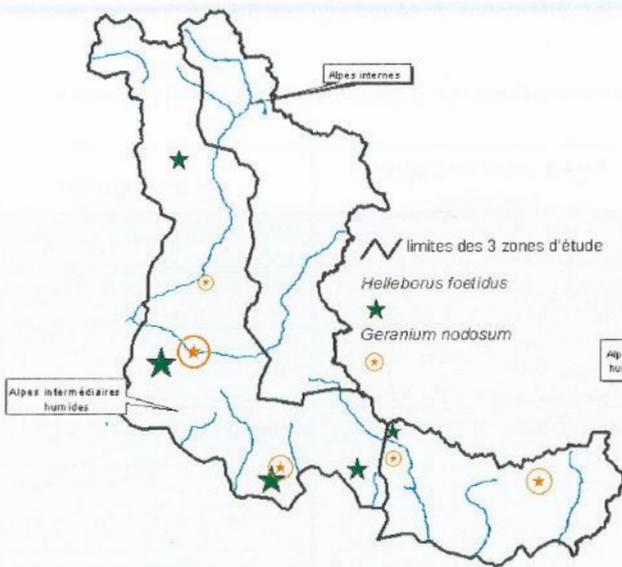
		Alpes internes	Alpes intermédiaires humides	Alpes ligures
Espèces associées aux tendances climatiques de la zone	par leur abondance relative	Arctostaphylos uva-ursi <i>Clematis alpina</i> <i>Helianthemum nummularium</i> <i>Juniperus nana</i> Laserpitium latifolium <i>Leucanthemum atratum</i> Melica nutans <i>Orthilia secunda</i> <i>Phyteuma orbiculare</i> <i>Pinus uncinata</i> <i>Plantago serpentina</i> Polygala chamaebuxus <i>Pulsatilla alpina</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i> Aconitum vulparia Calamintha grandiflora <i>Fraxinus excelsior</i> Geranium nodosum <i>Geum urbanum</i> <i>Helleborus foetidus</i> <i>Rumex arifolius</i> <i>Urtica dioica</i> <i>Veratrum album</i>	<i>Betula pendula</i> <i>Dryopteris filix mas</i> <i>Hypericum richeri</i> <i>Laburnum alpinum</i> <i>Polypodium vulgare</i> <i>Primula marginata</i> <i>Saxifraga cuneifolia</i> <i>Solidago virgaurea</i> <i>Viola biflora</i>
	par leur rareté relative	<i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Aconitum vulparia</i> <i>Dryopteris filix mas</i> <i>Epilobium angustifolium</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Geum urbanum</i> <i>Picea abies</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Prunus avium</i> <i>Ribes uva crispa</i> <i>Rubus idaeus</i> <i>Rumex arifolius</i> <i>Solidago virgaurea</i> <i>Urtica dioica</i> <i>Veratrum album</i> <i>Viola biflora</i>	<i>Clematis alpina</i> <i>Saxifraga cuneifolia</i>	Melica nutans <i>Phyteuma orbiculare</i>
Espèces présentant une distribution géographique réduite	présence sur la zone	Campanula rhomboidalis Geranium rivulare <i>Juniperus sabina</i> Vaccinium vitis-idaea		Aconitum variegatum S.L. <i>Astrantia minor</i> Cirsium montanum Luzula pedemontana Potentilla valderia <i>Quercus petraea</i> <i>Ranunculus lanuginosus</i> Sesleria cylindrica <i>Sphagnum sp</i>
	absence sur la zone	<i>Astrantia minor</i> <i>Betula pendula</i> <i>Calamintha grandiflora</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Festuca pratensis subsp. apennina</i> Geranium nodosum Helleborus foetidus <i>Laburnum alpinum</i>	Arctostaphylos uva-ursi Campanula rhomboidalis Geranium rivulare Vaccinium vitis-idaea	<i>Juniperus sabina</i> <i>Polygala chamaebuxus</i> <i>Vaccinium vitis-idaea</i>

Répartition géographique de quelques espèces caractéristiques

Alpes internes

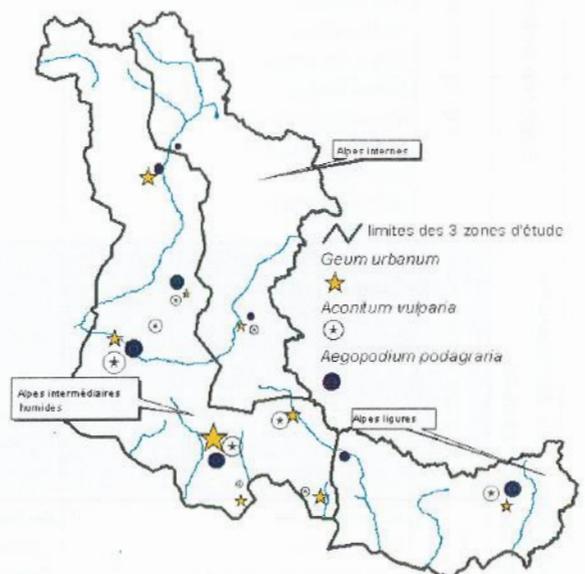
Espèces absentes sur la zone

Espèces propres à la zone



Espèces associées climatiquement

Espèces généralement exclues

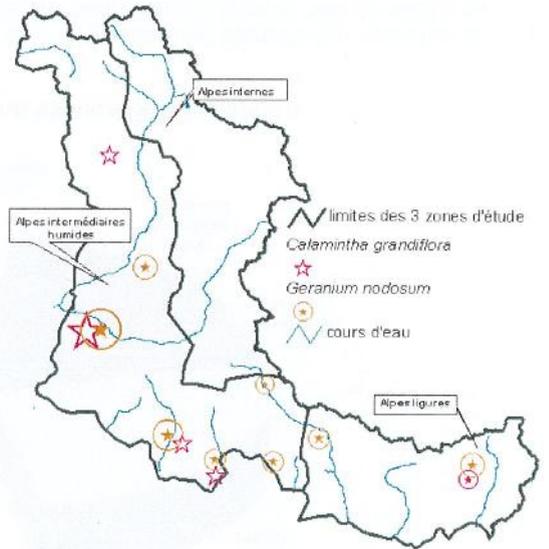
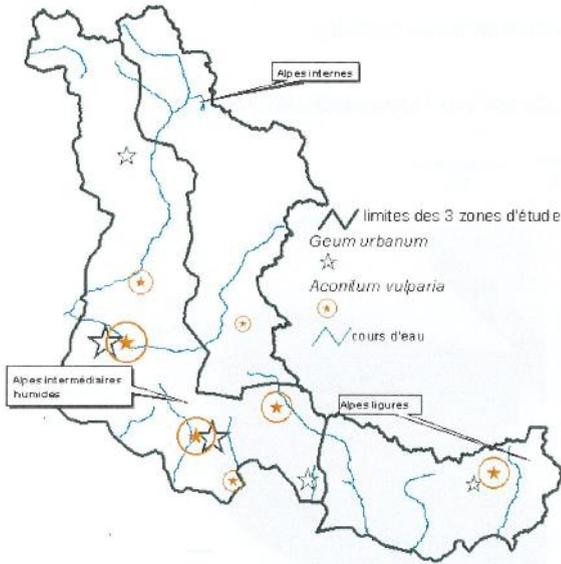


0 20 40 Kilomètres



Alpes intermédiaires humides

Espèces associées climatiquement



Alpes ligures

Espèces associées climatiquement



Espèces propres à la zone



0 20 40 Kilomètres



Répartition géographique des sols

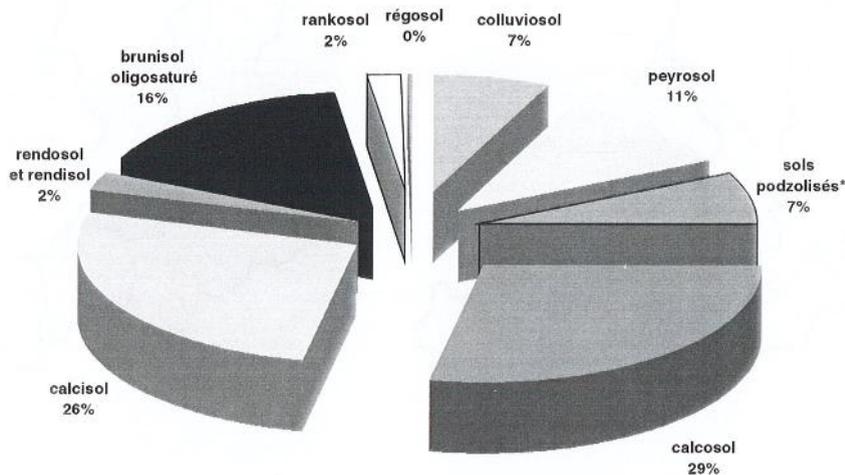
Les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances

L'utilisation de variables supplémentaires dans l'AFC permet d'observer la répartition des sols suivant les zones géographiques.

Elle fait ressortir clairement trois aspects :

- 1- les sols podzolisés se situent essentiellement sur les Alpes ligures
- 2- les calcosols sont centrés sur les Alpes internes
- 3- les brunisols oligosaturés sont centrés sur les Alpes intermédiaires humides

fréquence des groupes de types de sol sur l'ensemble des relevés



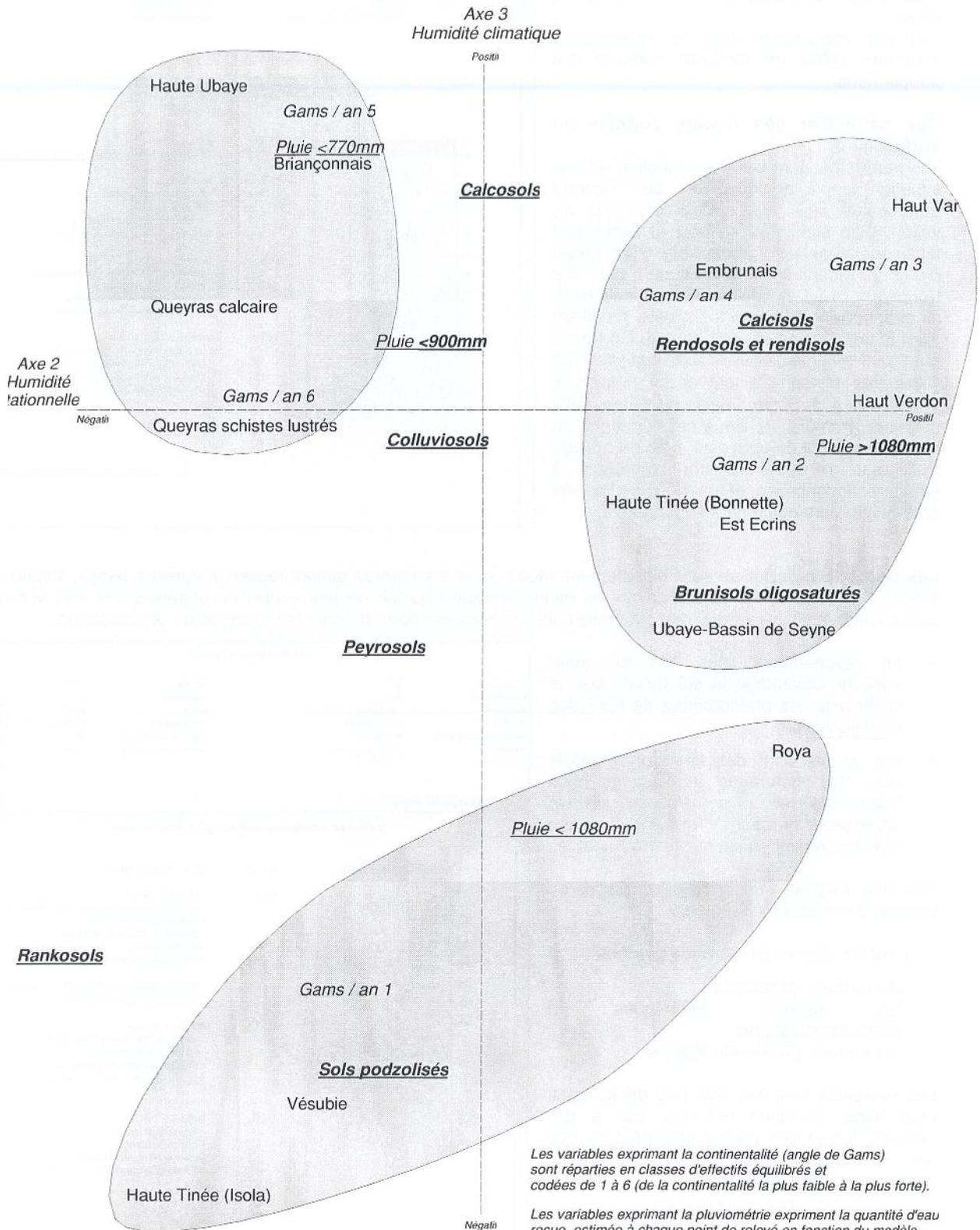
groupe de type de sol	calcosol	calcisol	rendosol et rendisol	brunisol oligosaturé	rankosol	régosol	colluviosol	peyrosol	sols podzolisés*
effectif	112	106	10	64	8	1	27	44	29

Cependant, l'observation des sols, et notamment leur répartition géographique, est à mettre en parallèle avec les variations climatiques. Ce parallèle est plus apparent sur roche siliceuse que sur calcaire. On peut ainsi observer la zone en fonction de deux grandes familles de sol :

- Sols établis sur substrat non calcaire
- Sols établis sur substrat calcaire

On perçoit ainsi nettement un gradient Nord-Sud de sécheresse climatique avec des sols généralement peu évolués dans la zone la plus interne (Briançonnais Queyras, Haute Ubaye). Ils sont globalement, à altitude égale et exposition comparable moins décarbonatés dans les Alpes internes que dans la zone périphérique ou les Alpes Ligures. On note également l'absence de sols podzolisés dans le Briançonnais même sur substrats favorables (quartzites, grès). A l'opposé, dans les Alpes ligures, les sols issus de roche calcaire sont très souvent décarbonatés et ceux établis sur silice très souvent podzolisés. Dans les Alpes intermédiaires humides les zones sur calcaires sont fréquemment décarbonatés mais le phénomène de podzolisation est rarement amorcé et on ne trouve pas de véritable podzol.

Répartition des sols et des petites régions naturelles dans le plan 2-3 de l'A.F.C.



Les variables exprimant la continentalité (angle de Gams) sont réparties en classes d'effectifs équilibrés et codées de 1 à 6 (de la continentalité la plus faible à la plus forte).

Les variables exprimant la pluviométrie expriment la quantité d'eau reçue, estimée à chaque point de relevé en fonction du modèle Aurelhy de Météo France.

Sols établis sur substrat non calcaire

Les podzols meubles sont fréquents dans les Alpes ligures et particulièrement près du col de Salèse en Vésubie. Ils sont présents aussi dans les vallées de la Tinée et de la Roya.

Ont les rencontrent dès le montagnard supérieur (1600 m) jusqu'au sommet des peuplements.

Cas particulier des humus enrichis en surface.

Les humus peuvent varier en fonction de leur situation topographique et de l'activité anthropique liée. Les replats et fonds de vallon, bien alimentés en eau et présentant ainsi une végétation abondante, sont l'objet d'une fréquentation importante par les troupeaux ovins et bovins. Ainsi, localement, ils enrichissent en azote les profils, modifiant ainsi le fonctionnement des humus. On trouve alors des amfimulls avec une épaisseur de litière très mince ≤ 1 cm et un horizon A mince, de 4 à 5 cm, mais avec une belle structure grumelleuse. Sous cet horizon A on retrouve le profil du podzsol avec un horizon E éluvial d'environ 15 cm blanc-gris, à structure floconneuse et un horizon Bs très ocre, à structure également floconneuse.

Les podzols ocriques sont globalement situés dans les mêmes petites régions naturelles (Roya, Vésubie, Tinée). Cependant, leur podzolisation est moins marquée du fait de leur exposition généralement sud à sud-ouest. Cette exposition induit deux facteurs qui se conjuguent pour atténuer le processus de podzolisation.

- Le rayonnement plus fort en adret assèche davantage le sol qu'en ubac et limite ainsi les phénomènes de lixiviation et chéluviation.
- Les adrets sont des lieux préférentiels pour les pâturages (croissance plus importante et plus précoce de la végétation herbacée) qui induit à un enrichissement en azote non négligeable.

Dès lors, il est aisé d'identifier les raisons du blocage d'évolutions observées.

On peut les classer en 3 grands groupes :

- les rankers climatiques
- les rankers climatiques et géomorphologiques
- les rankers géomorphologiques

Les rankosols sont des sols peu différenciés. Leur faible évolution est due soit à des facteurs climatiques (climat trop froid ou trop sec), soit à des facteurs géomorphologiques qui peuvent être de deux sortes :

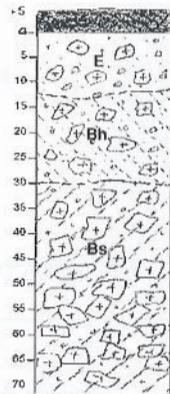
- versant régulièrement rajeuni
- situation topographique très drainante sur substrat filtrant entraînant une sécheresse physiologique ponctuelle du substrat.

exemple type de sol

n° de relevé :	376	altitude :	2160m
département :	6	exposition :	295°
commune :	Valdeblore	pente :	50%
lieu dit :	Col de Salèse	topographie :	haut de versant
petite région naturelle :	Vésubie	angle de Gams annuel :	55
substrat :	éboulis de Granite et Gneiss	précipitation Aurelhy :	1330mm

Profil pédologique

podzsol meuble sur éboulis granitique à mor



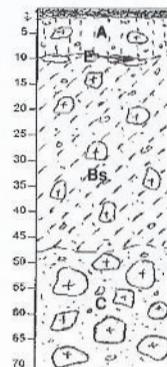
Hz O :	OF + OH (5cm) OH compact sans granule de matière organique
Hz E :	- gris blanc - structure particulaire - texture sableuse - charge en éléments grossiers: 40% de graviers, cailloux, pierres
Hz Bh :	gris beige foncé (2,5 Y 5/2) - structure grumelleuse fine peu stable. - texture sablo-limoneuse - charge en éléments grossiers: 60% de graviers, cailloux, pierres
Hz Bs :	ocre (7,5 YR 4/4) - structure floconneuse peu stable. - texture sablo-limoneuse - charge en éléments grossiers: 60% de graviers, cailloux, pierres

exemple type de sol

n° de relevé :	377	altitude :	2110m
département :	6	exposition :	205°
commune :	Valdeblore	pente :	47%
lieu dit :	col de Salèse	topographie :	mi versant concave
petite région naturelle :	Vésubie	angle de Gams annuel :	55
substrat :	moraine granitique	précipitation Aurelhy :	1330mm

Profil pédologique

podzsol ocrique sur moraine granitique à moder



Hz O :	OF + OH discontinu
Hz A :	- brun (10 YR 4/2) - structure grumelleuse peu nette et peu stable - texture sablo-limoneuse - charge en éléments grossiers: 25% de graviers passage progressif de OH à A
Hz E :	- tâches cendreuse blanc gris à structure particulaire et texture sableuse
Hz Bs :	ocre (7,5 YR 4/4) - structure floconneuse peu stable. - texture sablo-limoneuse - charge en éléments grossiers: 40% de graviers, cailloux, pierres
Hz C :	gris (2,5 Y 6/2) - structure particulaire - texture sableuse - charge en éléments grossiers: 55% de graviers, cailloux, pierres

Les rankers climatiques sont dans la même situation géomorphologique que les substrats des Alpes Maritimes sur lesquels sont établis les podzols meubles ; les altitudes sont également comparables. La comparaison avec les Alpes internes est intéressante dans la mesure où le facteur de variation est la quantité de précipitations reçues, à peu près deux fois plus importante dans les Alpes Maritimes (Roya, Vésubie, Haute-Tinée) que dans le Briançonnais ou le Queyras. Les Alpes intermédiaires humides suivent un itinéraire d'évolution, la encore, à mi chemin entre les deux zones extrêmes. En effet, les sols les plus évolués sont des brunisols oligosaturés podzolisés (sol brun ocreux – CPCS 67), à mi-chemin entre les rankosols bloqués par un climat trop sec, et les podzols meubles très évolués pédologiquement, du fait d'une quantité d'eau importante.

En Haute Tinée, dans les bas de versant sur migmatite, les moraines locales siliceuses ont souvent été reprises par l'érosion et donnent des sols assez jeunes.

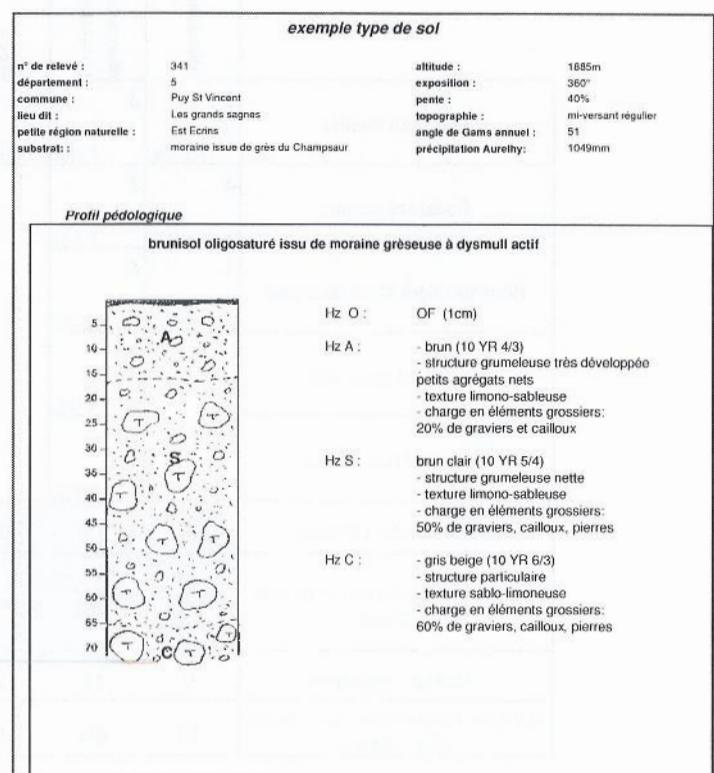
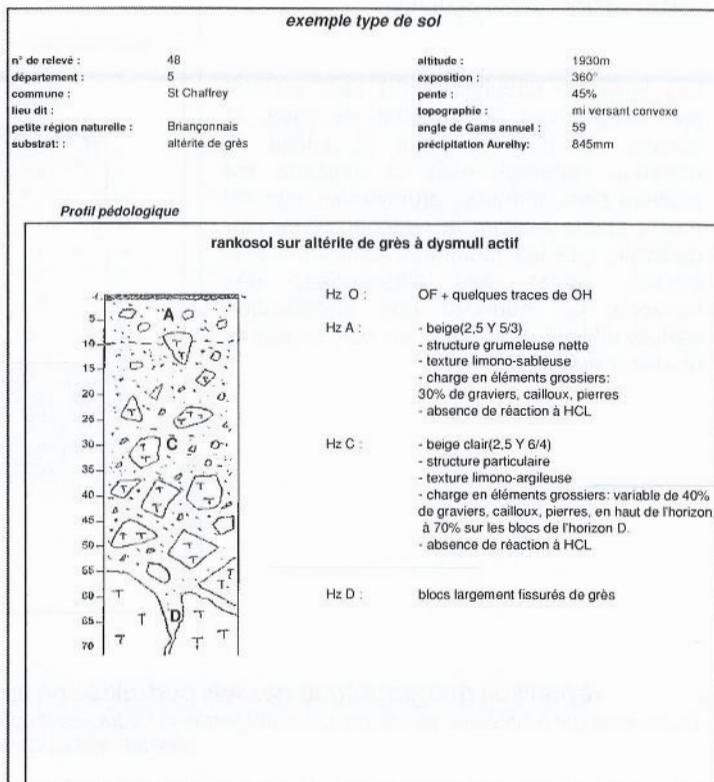
Deux phénomènes se juxtaposent dans cette situation :

- Brunification de la surface du profil avec un horizon A bien structuré avec un humus de type oligomull actif
- Podzolisation directe du substrat plus en profondeur avec un horizon C coloré en ocre (sans que l'on puisse parler de podzol ocrique).

On obtient dès lors, des rankosols podzolisés avec un horizon A brun assez épais \approx 25 cm limono sableux et un horizon C (un Bs faiblement enrichi) ocre à texture sablonneuse et structure particulière.

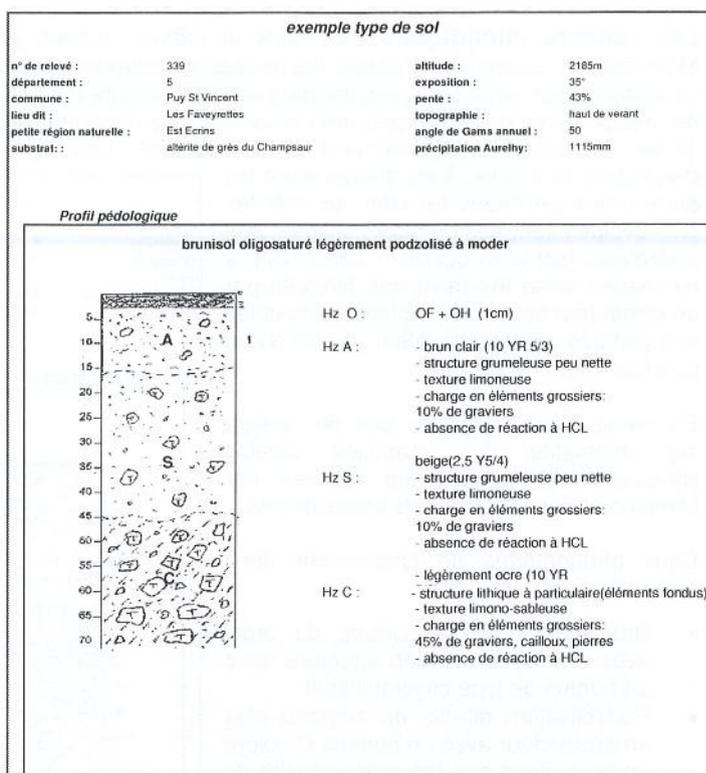
Les brunisols oligosaturés représentent une part importante des sols établis sur silice. Ils sont répartis sur presque l'ensemble de la zone d'étude à l'exception de la Vésubie et de la Roya où la podzolisation est la plus active, du fait des conditions climatiques et lithologiques.

La brunification est donc le processus pédologique dominant dès que le substrat n'est pas calcaire et que les conditions ne sont pas extrêmes en termes d'altitude, de charge en éléments grossiers ou de stabilité des sols.



Ainsi, sur grès houillers, grès du Champsaur, moraine siliceuse, pélite rouge (permienne), et même sur quartzite, les brunisols représentent fréquemment les bonnes stations forestières pour peu qu'ils soient suffisamment profonds.

Les horizons structuraux (S) sont souvent peu différenciés du substrat de base, la couleur est souvent claire et proche du matériau parental, mais la structure est souvent bien marquée, grumeleuse, plus ou moins stable suivant le matériau. C'est sur quartzite que les structures sont les moins stables, assez peu différenciées des horizons C, induisant une identification parfois difficile assez proche des rankosols ou des arénosols.



répartition géographique des sols podzolisés en fonction des petites régions naturelles

le pourcentage à l'intérieur de chaque case représente la fréquence d'apparition du sol par rapport au nombre d'observation sur substrat non calcaire

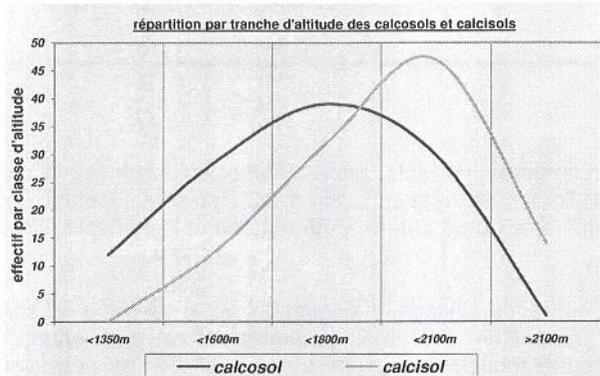
	Vésubie	Mercantour (cristallin)	Roya	Haut Var	Est Ecrins	Haut Verdon	Briançonnais
Podzolos meuble	6 54.5%	3 7.5%	2 25.0%				
Podzolos ocrique	4 36.4%	3 7.5%					
Brunisol oligosaturé podzolisé	1 9.1%	4 10.0%			1 11.1%	1 4.8%	
Rankosol podzolisé		2 5.0%		1 20.0%			
Arenosol podzologique		1 2.5%					
nombre de sols podzolisés	11	13	2	1	1	1	0
fréquence d'observation de sols podzolisés	100%	33%	25%	20%	11%	5%	0%
<i>Brunisol oligosaturé</i>	0	11	4	2	6	18	16
nombre d'observation sur substrat non calcaire	11	40	8	5	9	21	22

Sols établis sur substrat calcaire

Les substrats issus de roches carbonatées ont une évolution qui est liée principalement au phénomène de décarbonatation. Pour progresser rapidement, ce processus nécessite «un climat humide sans forêt» (Ph. Duchaufour, 1984) et un milieu drainé.

Les calcisols sont géographiquement répartis sur l'ensemble de la zone d'étude, mais leur répartition altitudinale et l'épaisseur du front de décarbonatation varie en fonction de l'altitude et du matériau d'origine.

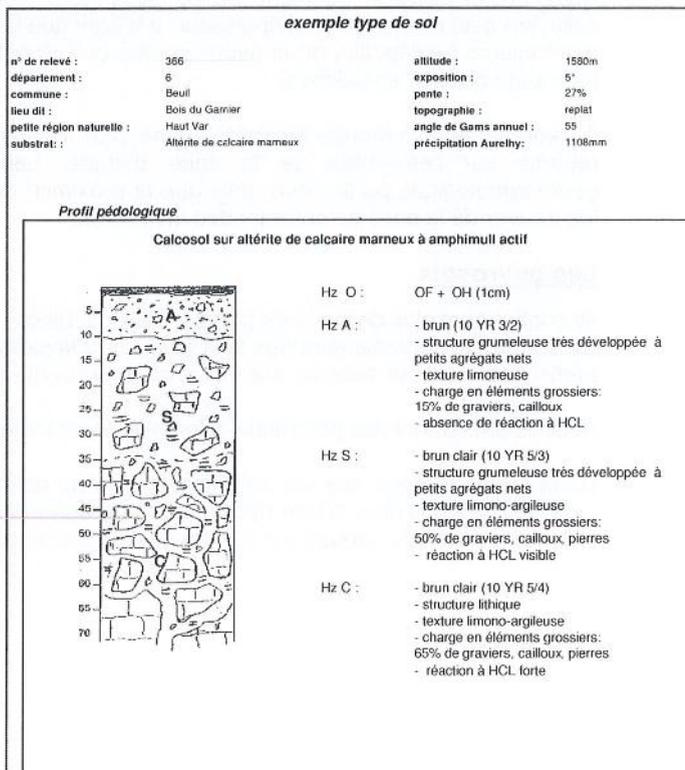
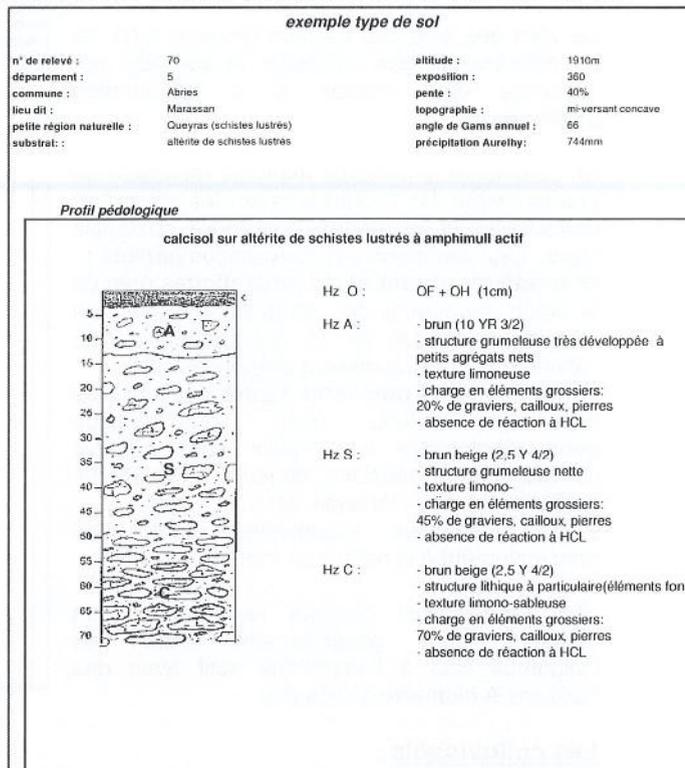
1. L'altitude combine deux facteurs qui se conjuguent :
 - la température : plus il fait froid, plus la dissolution des carbonates est active
 - les précipitations : plus on s'élève en altitude, plus les précipitations sont élevées.
2. Le matériau d'origine :
 - les calcaires siliceux des flyschs à helminthoïdes de l'Ubaye et les schistes lustrés du Queyras sont assez facilement décarbonatés.
 - les calcaires compacts du Briançonnais sont altérés plus lentement.



Au-dessus de 1800 m, **les calcosols** sont rares et ne sont plus présents que sur des calcaires durs ou en situation telle qu'ils bénéficient d'un apport de surface par un colluvionnement superficiel.

En revanche, sur des matériaux plus altérables tels que les schistes lustrés, les calcaires siliceux, le front de décarbonatation peut devenir très important (> 70 cm).

L'influence de l'exposition sur la décarbonatation des sols est probable. En effet, les versants d'ubac voient leurs sols préservés d'une évaporation excessive. La décarbonatation est donc plus régulièrement active grâce à une présence continue d'eau dans le sol. D'autre part l'aspect plus tamponné des températures en Ubac va dans le même sens. Cependant, l'échantillonnage lié lui-même à la répartition des mélèzeins, n'a pas permis de mettre en évidence ce phénomène de façon nette.



Les rendosols et rendisols sont, pour les sols calcimagnésiques, le pendant des rankosols pour les sols siliceux.

Ce sont des sols peu évolués (horizon A/C). Ils se différencient des calcosols et calcisols par l'absence d'un horizon S à structuration pédologique.

En continuant le parallèle avec les rankosols on pourrait relier les rendisols avec les rankosols podzoliques et les rendosols avec les rankosols types. Leur répartition est souvent comparable :
 → **rendisols et rankosols podzoliques** près de la limite supérieure des peuplements avec un blocage climatique de la pédogenèse et où l'altération chimique devient prépondérante.

→ **rendosols et rankosols types**, souvent plus bas en altitude mais en situation géomorphologique telle qu'ils sont rajeunis périodiquement (anciens couloirs d'avalanche, anciennes griffes d'érosion, etc...), Leurs différences essentielles étant liées principalement à la nature du matériau d'origine.

Sur rendosol et rendisol les humus sont variables mais généralement actifs : de l'oligomull actif à l'amphimull actif avec des horizons A biomacro-structurés.

Les colluviosols :

Nous avons utilisé la définition de D. Baize 1992 pour nommer ces sols, avec comme limite principale une colluvion d'au moins 50 cm d'épaisseur. Sachant que la distinction entre la colluvion et l'altérite sous-jacente n'est pas toujours perceptible, nous avons appelé colluviosol, les sols où ce critère a été nettement identifiable, sinon ils ont été classés en calcosol.

Ils représentent un groupe très hétérogène, plus fréquent sur roche calcaire, mais présent aussi sur silice. Ils sont répartis sur l'ensemble de la zone d'étude. Leur répartition est liée généralement à une situation géomorphologique particulière, telle que la proximité de barre rocheuse ou d'une pente très forte, on peut ainsi les trouver de la base au sommet des mélèzeins.

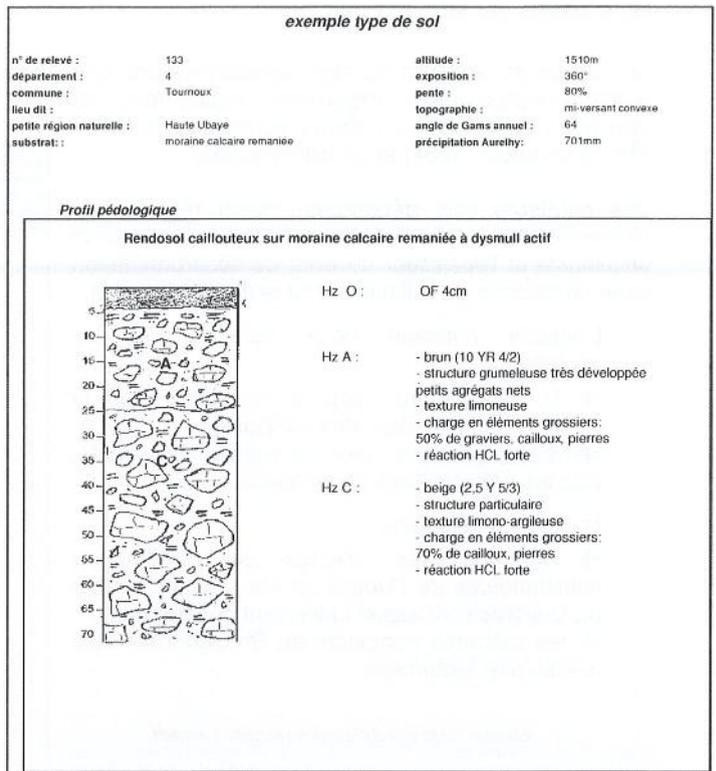
Les peyrosols :

Ils contiennent plus de 60 % de pierres, cailloux, blocs.

Ce sont donc généralement des sols assez peu favorables. Cependant, lorsqu'ils sont établis sur éboulis épais et particulièrement sur silice ou sur moraine, ils peuvent être très favorables.

Ainsi ils présentent des potentialités forestières très variables.

De la même manière que les colluviosols, ils sont généralement liés à une situation géomorphologique telle que la présence immédiate d'une barre rocheuse, une moraine reprise par l'érosion, une situation topographique de crête ou de haut de versant sur altérite. Ils sont présents sur toute la zone d'étude.



Dynamique de la végétation

Rappel de quelques définitions :

La dynamique de la végétation est, en un lieu et sur une surface donnée, la modification dans le temps de la composition floristique et de la structure de la végétation.

Selon que ces modifications se rapprochent ou s'éloignent de la végétation du climax, on parle d'évolution progressive ou régressive.

Le climax : c'est l'état d'un écosystème ayant atteint un stade d'équilibre relativement stable, conditionné par les seuls facteurs climatiques et édaphiques (liés au sol). Dans une région donnée, le climax n'est généralement pas unique et on peut souvent distinguer :

- un climax climatique, en équilibre avec les seules conditions macro et mésoclimatiques
- des climax stationnels, (en particulier édaphiques : sols superficiels, hydromorphie), dont l'existence est liée à l'action locale et prédominante de facteurs écologiques permanents autres que le climat ou l'action de l'homme.

Compte tenu des grandes variations mésoclimatiques observées en montagne, on ne pourra parler de climax qu'en relation avec un compartiment climatique.

Un travail précieux a été réalisé par M. DESBARATS, sur le Parc du Mercantour, pour son mémoire de fin d'études de formation d'ingénieur forestier. Elle a notamment pu tracer des trajectoires dynamiques pour les différents types de mélèzeins. Sa clef des types de mélèzeins et les schémas de la dynamique des mélèzeins sont présents en annexe 1 et 2.

Globalement, et pour avoir une vision synthétique des climax en fonction des compartiments, on peut garder en mémoire le schéma suivant :

Les itinéraires dynamiques des mélèzeins

Les formations végétales

L'analyse floristique (plan d'AFC1-4) a permis d'identifier des groupes d'espèces constituant des formations végétales observables en ubac dans les Alpes du Sud.

L'ensemble des ces formations représente un état des lieux des différents types de mélèze mais parallèlement chaque groupe est aussi un état dynamique de la végétation conditionné par le contexte climatique (compartiment climatique à l'intérieur du climat régional). Elles expriment chacune un aspect particulier des mélèzeins et toutes n'ont pas le même devenir. Certaines sont proches d'un stade climacique, d'autres en sont relativement éloignées.

L'observation de la représentation schématique des différents types de mélèzein et de leur évolution dynamique potentielle permet d'identifier des itinéraires prévisibles de la dynamique végétale.

☞ Deux formations en sont assez proches :

- ✓ les mélèzeins déjà bien colonisés par le Sapin, qui peuvent évoluer rapidement vers la sapinière.
- ✓ les mélèzeins déjà bien colonisés par le Pin cembro, qui peuvent évoluer rapidement vers la cembraie.

☞ Deux formations peuvent avoir des évolutions dynamiques différentes suivant les conditions climatiques :

✓ les mélèzeins à Pins sylvestre, qui peuvent dans les Alpes internes et en dessous de 1400 m évoluer vers une pineraie sylvestre dominante. Dans les autres petites régions naturelles leur évolution se dirige soit vers la sapinière, soit vers la hêtraie sapinière.

✓ les mélèzeins à Chêne pubescent qui peuvent en dessous de 1000 m, évoluer vers la chênaie pubescente dominante, vers la hêtraie au-dessus. Une hêtraie bien souvent appauvrie en hêtre lui-même, puisque sa présence est rare sur l'ensemble de la zone.

*Pour toutes les formations végétales identifiées, il ne faut pas perdre de vue que l'on se trouve toujours **sous un peuplement dominant de mélèze**, qui est donc le dénominateur commun à toutes ces formations. Ainsi, il n'a été pas répété dans chaque liste.*

Formation végétale n°1 : mélèzein thermophile de l'étage collinéen (altitude de 900 à 1100m).

Evolution vers la chênaie pubescente

Quercus pubescens = *Q. humilis*, *Cornus sanguinea*, *Acer campestre*, *Coronilla emerus*, *Carex hallerana*, *Crataegus monogyna*, *Acer opalus*, *Mercurialis perennis*, *Corylus avellana*.

Formation végétale n°2 : mélèzein du montagnard inférieur (altitude de 1100 à 1350m).

Evolution vers la hêtraie (avec ou sans hêtre) dans le bas du compartiment, vers la hêtraie sapinière au-dessus de 1300m.

Quercus petraea, *Prunus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Solidago virgaurea*, *Viburnum lantana*, *Lonicera xylosteum*, *Prunus brigantina*, *Rosa rubiginosa*, *Mycelis muralis*, *Rosa canina*.

Formation végétale n°3 : mélèzein du montagnard moyen (altitude de 1350 à 1600m).

Evolution vers la hêtraie sapinière (avec ou sans hêtre mais abondance de feuillus) dans le bas du compartiment vers la sapinière au-dessus de 1500m.

Cette formation se trouve en situation un peu sèche dans les Alpes périphériques ou Ligures mais constitue la formation modale des Alpes internes à cette altitude où elle peut évoluer vers une pineraie paraclimacique en dessous de 1500m compte tenu de l'absence du hêtre et de la rareté du sapin.

Pinus sylvestris, *Campanula persicifolia*, *Centaurea scabiosa*, *Sorbus aria*, *Vicia incana*, *Thalictrum foetidum*, *Amelanchier ovalis*, *Betula pendula*, *Calamagrostis varia*, *Brachypodium pinnatum*, *Juniperus communis*, *Berberis vulgaris*, *Juniperus sabina*, *Carex humilis*, *Bromus erectus*, *Sedum ochroleucum*, *Rosa montana*.

Formation végétale n°4 : mélèzein du montagnard moyen et supérieur jusqu'à la base du subalpin (altitude de 1300 à 1900m).

Evolution vers la sapinière. Cette formation est fréquente dans les Alpes Intermédiaires Humides ou Ligures où elle peut évoluer vers une sapinière assez rapidement en fonction du compartiment climatique, mais constitue une formation assez rare dans les Alpes internes.

Abies alba, *Senecio nemorensis* subsp. *fuchsii*, *Acer pseudoplatanus*, *Viola sylvatica* s.l., *Picea abies*, *Euphorbia dulcis*, *Aconitum vulparia*, *Ribes alpinum*, *Oxalis acetosella*, *Rubus saxatilis*, *Pulmonaria saccharata*, *Aquilegia atrata*, *Prenanthes purpurea*, *Astrantia major*, *Saxifraga cuneifolia*, *Veronica officinalis*, *Rubus idaeus*, *Phyteuma ovatum*.

Formation végétale n°5 : mélèzein du montagnard supérieur et de la base du subalpin (altitude de 1700 à 2000m).

Evolution lente vers une sapinière sèche. Elle est beaucoup plus présente en adret où elle peut constituer la formation climacique. En ubac elle est repliée sur les situations les plus sèches.

Cette formation est rare dans les Alpes Ligures. Vers le sommet du compartiment climatique elle est généralement dominée par les formations à Pin cembro.

Pinus uncinata, *Carduus defloratus*, *Hieracium murorum*, *Carex montana*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Clematis alpina*, *Leucanthemum atratum*, *Deschampsia flexuosa*, *Orthilia secunda*, *Valeriana tripteris*, *Melampyrum sylvaticum*.

Formation végétale n°6 : mélèzein du subalpin peu anthropisé (altitude de 2000 à 2500m).

Evolution lente vers une cembraie à Mélèze. Elle est présente aussi bien en adret qu'en ubac.

Pinus cembra, *Luzula sylvatica* subsp. *sieberi*, *Soldanella alpina*, *Poa chaixii*, *Agrostis agrostiflora*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Phleum alpinum*, *Luzula luzulina*, *Daphne mezereum*, *Lotus alpinus*, *Juniperus nana*, *Homogyne alpina*, *Sorbus chamaemespilus*, *Rhododendron ferrugineum*.

Formation végétale n°7 : mélèzein du subalpin sur pelouse pâturée (altitude de 2000 à 2500m).

L'évolution lente vers une cembraie à Mélèze passe par l'arrêt (ou au moins un ralentissement important) du pâturage. Elle est présente aussi bien en adret qu'en ubac.

Nardus stricta, *Festuca pucinelli*, *Festuca paniculata*, *Festuca arundinacea*, *Polygonum viviparum*, *Centaurea uniflora*, *Poa alpina*, *Lonicera caerulea*, *Geum montanum*, *Pedicularis* sp., *Leucanthemum atratum* subsp. *coronopifolium*.

Formation végétale n°8 : mélèzein du subalpin supérieur sur pelouse peu pâturée, colonisé ou en voie de colonisation par une lande à éricacées (*Vaccinium uliginosum*). (altitude de 2100 à 2500m)

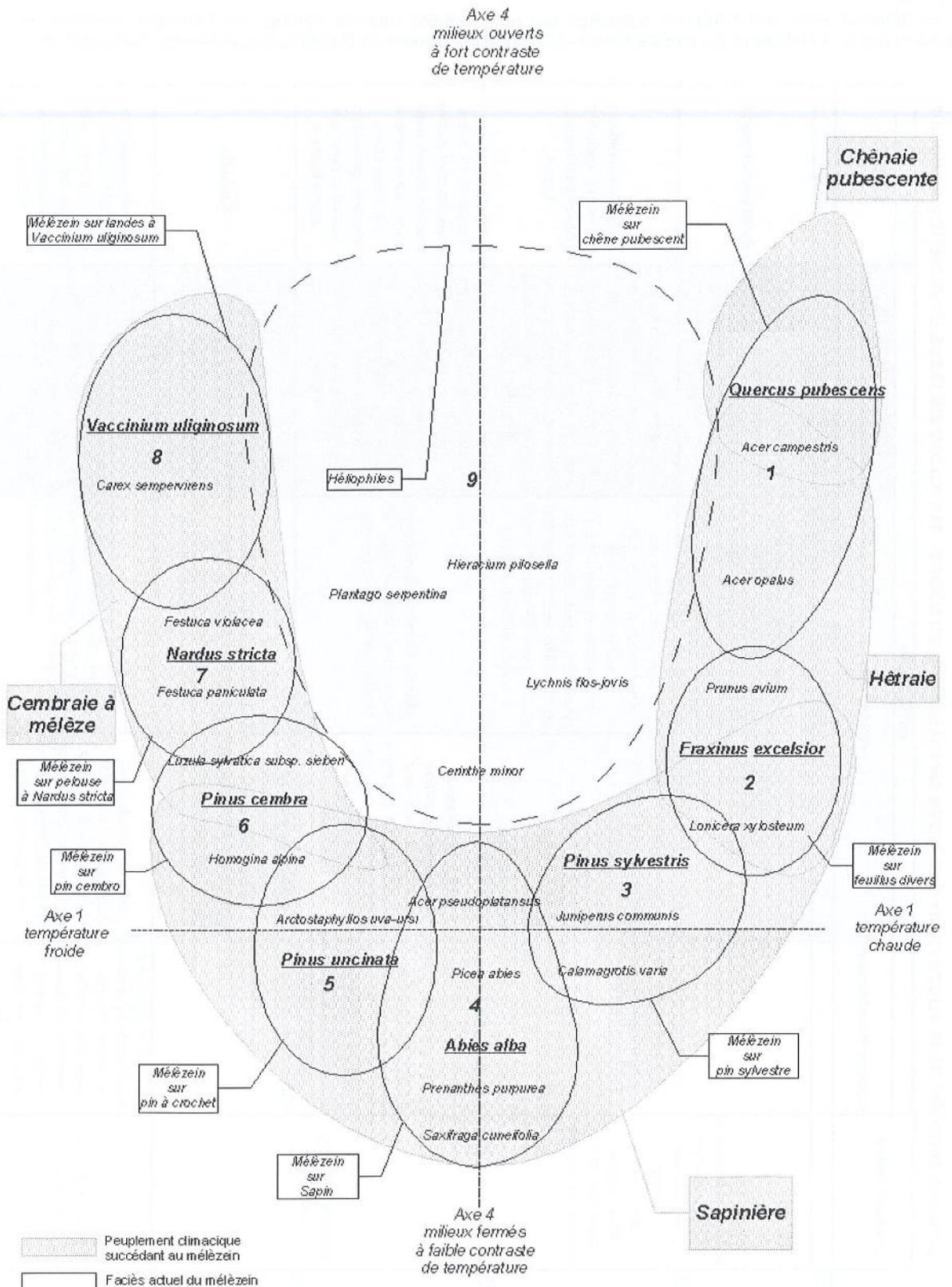
L'évolution lente vers une cembraie à Mélèze passe par l'arrêt (ou au moins un ralentissement important) du pâturage. Elle est présente aussi bien en adret qu'en ubac.

Vaccinium uliginosum, *Viola calcarata*, *Dryas octopetala*, *Ranunculus pyrenaicus*, *Luzula nutans*, *Carex sempervirens*, *Antennaria dioica*, *Hippocrepis comosa*, *Veronica allionii*, *Trifolium alpinum*, *Phyteuma michelii*.

Groupe d'espèces n°9 : Ce sont des espèces héliophiles accompagnatrices des milieux ouverts dont on peu retrouver des individus proches de chacune des formations précédentes.

Globularia cordifolia, *Arabis hirsuta*, *Thymus alpestris*, *Plantago serpentina*, *Cerastium arvense*, *Potentilla crantzii*, *Biscutella laevigata*, *Helianthemum nummularium*, *Hieracium pilosella*, *Anthyllis vulneraria*, *Chenopodium bonus-henricus*, *Thymus serpyllum*, *Cerinthe minor*, *Taraxacum* sp., *Euphorbia cyparissias*, *Acinos alpinus*, *Silene nutans*, *Lychnis flos-jovis*, *Fourrea alpina*, *Primula veris* s.l., *Plantago media*, *Sanguisorba minor*.

**Interprétation du plan 1-4 de l'AFC :
correspondance entre les mélèzeins actuels et les stades climaciques**



Cette analyse nous a conduit à identifier des itinéraires dynamiques valides pour l'ensemble des mélèzeins de la zone étudiée.

Les deux tableaux ci-dessous présentent en fonctions des substrats, de l'altitude et de l'évolution dans le temps des peuplements, la succession des formations végétales, de la moins évoluée (pelouse initiale) à la plus mature (climax).

Ces tableaux sont des schémas simplifiés qui ne prennent pas en compte les blocages éventuels de la dynamique du à l'influence du compartiment stationnel proprement dit (topographie, profondeur prospectable).

		mélèzein sur			climax	
		pelouse transformée	landes	mélèzein à faciès de maturation avancé, proche du climax		
subalpin supérieur	2500m	pelouse en festons à <i>Festuca varia</i> s.l. (généralement <i>Festuca scabriculmis</i> sur silice <i>Festuca quadriflora</i> et <i>F. violacea</i> sur calcaire)	lande à <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Luzula sieberii</i> , <i>Daphne mezereum</i> et <i>Aichemilia alpina</i>	Landes à éricacées avec <i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> +/- colonisée par <i>Pinus cembra</i> (peu fréquent dans les Alpes intermédiaires humides)	Jeune Cembraie sur lande à éricacées avec <i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> (peu fréquent dans les Alpes intermédiaires humides)	Cembraie à mélèze
	2100m	pelouse à <i>nardus stricta</i> , <i>Carex sempervirens</i> et/ou <i>Festuca paniculata</i>	lande à éricacées avec <i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> +/- colonisée par <i>Pinus cembra</i> (peu fréquent dans les Alpes intermédiaires humides) ou colonisée par <i>Picea abies</i> dans les Alpes à influence ligure.	Landes à éricacées avec <i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> +/- colonisée par <i>Pinus cembra</i> (peu fréquent dans les Alpes intermédiaires humides) ou colonisée par <i>Picea abies</i> dans les Alpes à influence ligure.	Jeune Cembraie sur lande à éricacées avec <i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> (peu fréquent dans les Alpes intermédiaires humides) ou jeune pessière sur lande à éricacées dans les Alpes à influence ligure.	Cembraie à mélèze ou Pessière dans les Alpes à influence ligure.
subalpin inférieur	1970m	pelouse à <i>Sesleria coerulea</i> et <i>Geranium sylvaticum</i> et/ou <i>Ranunculus montanus</i>	pelouse à <i>Festuca flavescens</i> sur milieu mésophile, pelouse à <i>Sesleria coerulea</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> et/ou <i>Ranunculus montanus</i> en milieu hydrocline	pelouse à <i>Festuca flavescens</i> colonisée par <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>Rhododendron ferrugineum</i>	Colonisation par <i>Abies alba</i> dans les Alpes internes et intermédiaires, par <i>Picea abies</i> dans la zone ligure. Une colonisation rapide par ces espèces peu évite l'envahissement par la lande à éricacé.	Sapinière dans les Alpes intermédiaires, plus ou moins mêlé avec <i>Pinus cembra</i> dans les Alpes internes, pessière-sapinière dans les Alpes ligures
montagnard supérieur	1800m	pelouse à <i>Sesleria coerulea</i>	pelouse à <i>Sesleria coerulea</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> et/ou <i>Ranunculus montanus</i>	pelouse à <i>Geranium sylvaticum</i> et/ou <i>Ranunculus montanus</i> partiellement colonisé par <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>Rhododendron ferrugineum</i>	Formation à <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Sambucus racemosa</i> en voie de colonisation par la sapinière	Sapinière
montagnard mogen	1600m	mélèzein sur pelouse à <i>Brachypodium pinnatum</i> et fruticé à <i>Prunus brigantina</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Viburnum lantana</i> (<i>Juniperus sabina</i> dans les Alpes internes)	mélèzein sur pelouse à <i>Calamagrostis varia</i> et/ou <i>Melica nutans</i> et <i>Polygala chamaebuxus</i> . Concurrence fréquente de <i>Pinus sylvestris</i> en dessous de 1500m	mélèzein sur pelouse à <i>Calamagrostis varia</i> et/ou <i>Melica nutans</i> et <i>Polygala chamaebuxus</i> lentement colonisé par <i>Abies alba</i> dans les Alpes internes, assez rapidement dans les Alpes intermédiaires ou Ligures. Sur ces dernières un faciès transitoire à <i>Acer pseudoplatanus</i> est assez fréquent.	Hétraie-sapinière potentielle (la rareté du Hêtre sur la zone, réduit souvent le stade ultime de développement à la sapinière)	
montagnard inférieur	1350m	pelouse à <i>Bromus erectus</i>				

schéma simplifié de la succession des types de mélèzins en ubacs , sur substrats issus de matériaux siliceux

		mélèzein sur			mélèzein à faciès de maturation avancé , proche du climat		climat		
		pelouse transformée		landes					
subalpin supérieur	2500m	pelouse en festons à <i>Festuca varia</i> s.l. (généralement <i>Festuca scabriculmis</i> sur silice <i>Festuca quadriflora</i> et <i>F. violacea</i> sur calcaire)		Landes à éricacées avec Rhododendron ferrugineum, <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> +/- colonisée par Pinus cembra (peu fréquent dans les Alpes Intermédiaires humides)		Jeune Cembraie sur lande à éricacées avec Rhododendron ferrugineum, <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> (peu fréquent dans les Alpes Intermédiaires humides)		Cembraie à mélèze	
	2100m	pelouse à <i>nardus stricta</i> , <i>Carex sempervirens</i> et/ou <i>Festuca paniculata</i>		lande à <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Luzula sieberii</i> , <i>Daphne mezereum</i> et <i>Aichemilla alpina</i>		Jeune Cembraie sur lande à éricacées avec Rhododendron ferrugineum, <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>V. uliginosum</i> +/- colonisée par Pinus cembra (peu fréquent dans les Alpes Intermédiaires humides) ou Jeune pessière sur lande à éricacées dans les Alpes à influence ligure.		Cembraie à mélèze ou Pessière dans les Alpes à influence ligure.	
subalpin inférieur	1970m	pelouse à <i>Festuca flavescens</i> et <i>Deschampsia flexuosa</i> , en milieu mésophile		pelouse à <i>Festuca flavescens</i> colonisée par <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>Rhododendron ferrugineum</i>		Jeune peuplement d' Abies alba sous le mélèzein dans les Alpes Internes et Intermédiaires, de Picea abies dans la zone ligure. La lande à éricacées est bien présente		Sapinière dans les Alpes Intermédiaires, plus ou moins mêlé avec Pinus cembra dans les Alpes Internes, Pessière-sapinière dans les Alpes ligures	
montagnard supérieur	1800m	pelouse à <i>Festuca flavescens</i> et <i>Geranium sylvaticum</i> , en milieu hygrocline		pelouse à <i>Festuca flavescens</i> et <i>Geranium sylvaticum</i> partiellement colonisée par <i>Vaccinium myrtillus</i> et <i>Rhododendron ferrugineum</i>		Jeune peuplement d' Abies alba sous le mélèzein dans les Alpes Internes et Intermédiaires, de Picea abies dans la zone ligure. Une colonisation rapide par ces espèces peu éviter l'enrichissement par la lande à éricacé.		Sapinière Pessière	
montagnard moyen	1600m	mélèzein sur pelouse à <i>Brachypodium pinnatum</i> et <i>Deschampsia flexuosa</i> et fruticée à <i>Rosa pimpinellifolia</i> , <i>Amelanchier ovalis</i> , <i>Sorbus aucuparia</i>		Formation à <i>Mélangium sylvaticum</i> , <i>Hieracium prenanthoides</i> , <i>Luzula nivea</i> et <i>Hepatica nobilis</i> . Le pin sylvestre est fréquemment en concurrence avec le mélèze en dessous de 1500m		formation précédente lentement colonisée par Abies alba dans les Alpes Internes, assez rapidement dans les Alpes Intermédiaires ou Ligures. Sur ces dernières un faciès transitoire à Acer pseudoplatanus est assez fréquent.		Hétraie -sapinière potentielle (la rareté du Hêtre sur la zone, réduit souvent le stade ultime de développement à la sapinière)	
	1350m	pelouse à <i>Bromus erectus</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Arrhenatherum elatius</i> et <i>Festuca laevigata</i>							

Ces schémas montrent bien la fragilité du mélèze et la question de sa présence dans le paysage des alpes du sud va se poser à plus ou moins long terme. Il est difficile aujourd'hui de proposer des scénarios liés à une échelle de temps. L'influence de ce paramètre sera variable suivant l'action plus ou moins forte de l'homme. Pour maintenir la place actuelle des mélèzeins il devra agir dans plusieurs domaines : maintien, voir intensification du pâturage, travaux forestiers. Ses motivations peuvent être de plusieurs ordres : besoins agro-pastoraux, demande du marché du bois, pression touristique, seront elles suffisantes pour stopper la dynamique végétale ? il n'est pas possible de le dire actuellement.

Schéma des climax climatiques

Altitude	Ubac			Altitude	Adret		
	Alpes internes	Alpes intermédiaires humides	Alpes ligures		Alpes internes	Alpes intermédiaires humides	Alpes ligures
2300	Pin Cembro - Mélèze	Pin Cembro - Mélèze	Pin Cembro - Mélèze	2300	Pin Cembro - Mélèze	Pin Cembro - Mélèze	Pin Cembro - Mélèze
2100	Pin Cembro	Pin Cembro	Pin Cembro	2100	Pin Cembro	Pin Cembro	Pin Cembro
2000	Sapin cembro	sapinière	Epicea	1900	Pin à crochet	Pin à crochet	Sapin et Epicea en conditions stationnelles favorables sinon Pin à crochet
1800	sapinière		Epicea - Sapin	1600	Pin à crochet- Pin sylvestre	Sapin et Epicea en conditions stationnelles favorables sinon Pin à crochet	
1600		pinerale sylvestre	sapinière	1350	Pin sylvestre	Hêtraie sèche	Hêtraie sèche potentielle (le hêtre est souvent absent de la zone)
1350	Hêtraie sapinière potentielle		Hêtraie sapinière potentielle (absence ou presque du Hêtre sur la zone)	Pin sylvestre		Pin sylvestre	

Les variations stationnelles peuvent faire varier ce modèle en bloquant ou en favorisant le développement d'une espèce par rapport à une autre.

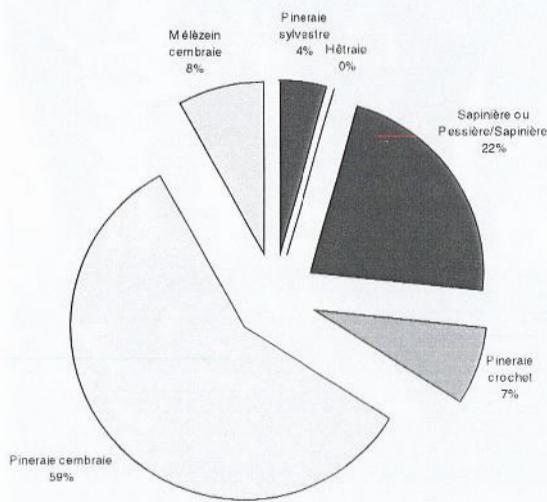
Spatialisation de la dynamique des peuplements

Le schéma des climax climatiques présenté précédemment a été spatialisé à l'aide du système d'information géographique et du modèle numérique de terrain régional. En ce qui concerne les forêts bénéficiant du régime forestier, nous avons pu, Grâce à ces outils, quantifier les surfaces de mélèze en mise en jeu et les surfaces des peuplements climatiques susceptibles de les remplacer à terme.

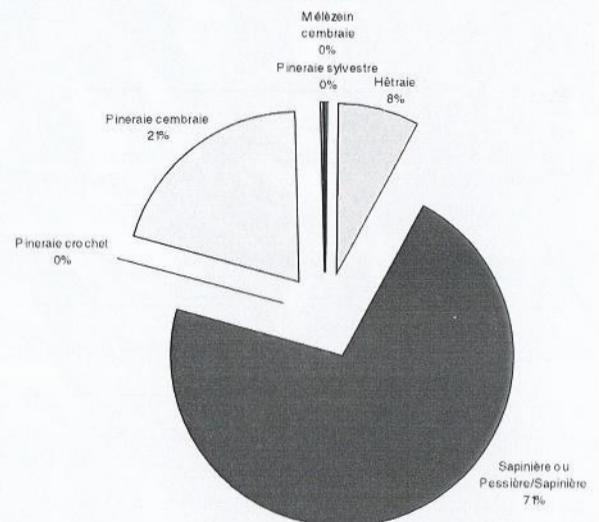
végétation climacique potentielle	Alpes Intermediaires Humides	Alpes internes	Alpes ligures	Total (ha)	Total %
Pineraie sylvestre	56	885	22	963	2
Hêtraie	1038	0	694	1732	3
Sapinière ou Pessière/Sapinière	16243	4389	6262	26894	49
Pineraie crochet	1828	1480	0	3308	6
Pineraie cembraie	6043	11553	1818	19414	36
Mélèzein cembraie	483	1580	25	2088	4
Total	25691	19887	8821	54399	100
Total en %	47	37	16	100	

Ce tableau montre clairement l'avenir des mélèzeins si l'homme laisse agir la dynamique naturelle : quasi-disparition des mélèzeins du paysage montagnard. Cela est particulièrement aigu dans les Alpes Ligures. C'est dans les Alpes Internes qu'il gardera la place la plus grande ne représentant plus que 8% de la surface actuelle. Notons toutefois que ces chiffres ne prennent pas en compte les zones d'avalanches et d'érosions régulièrement rajeunies qui sont les milieux favoris d'installations du Mélèze

Evolution climacique des mélèzeins dans les Alpes Internes

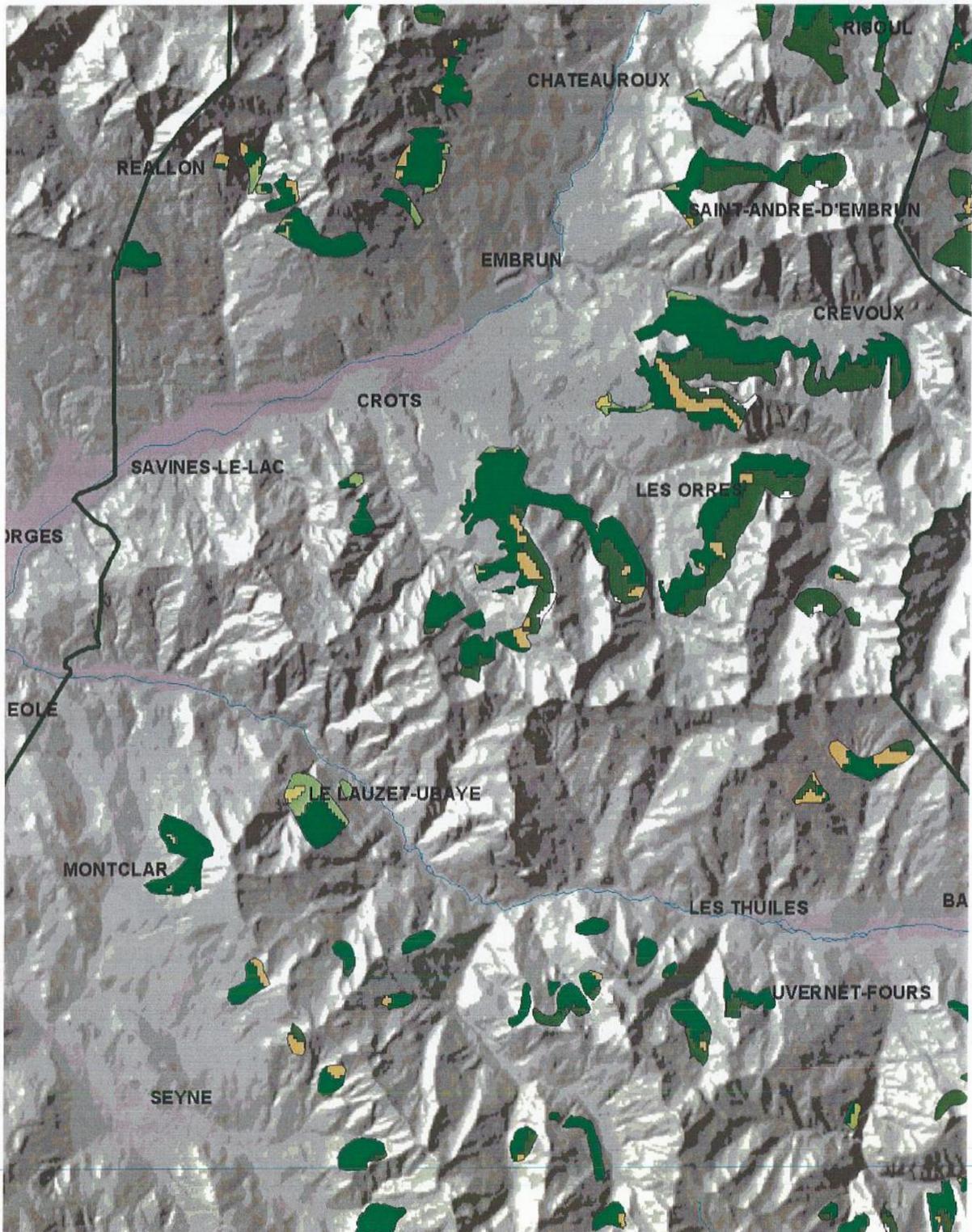


Evolution climacique des mélèzeins dans les Alpes Ligures



Les cartes ci-après sont des "zoom" sur des petites régions naturelles assez proches et bien représentatives des divers scénarios possibles. Elles illustrent l'évolution potentielle des mélèzeins actuels.

L'Embrunais Ubaye, dans les Alpes intermédiaires humides, illustre bien le devenir des peuplements de mélèze si l'homme n'intervient pas dans le peuplement. Ici on perçoit nettement que la dynamique naturelle de la végétation emmène les mélèzeins majoritairement vers la sapinière. La cembraie domine au-dessus de 2000m et la hêtraie en dessous de 1350m avec une modification radicale du paysage et la quasi-disparition du mélèzein qui ne trouve que quelques îlots refuges sur les sommets les plus élevés.

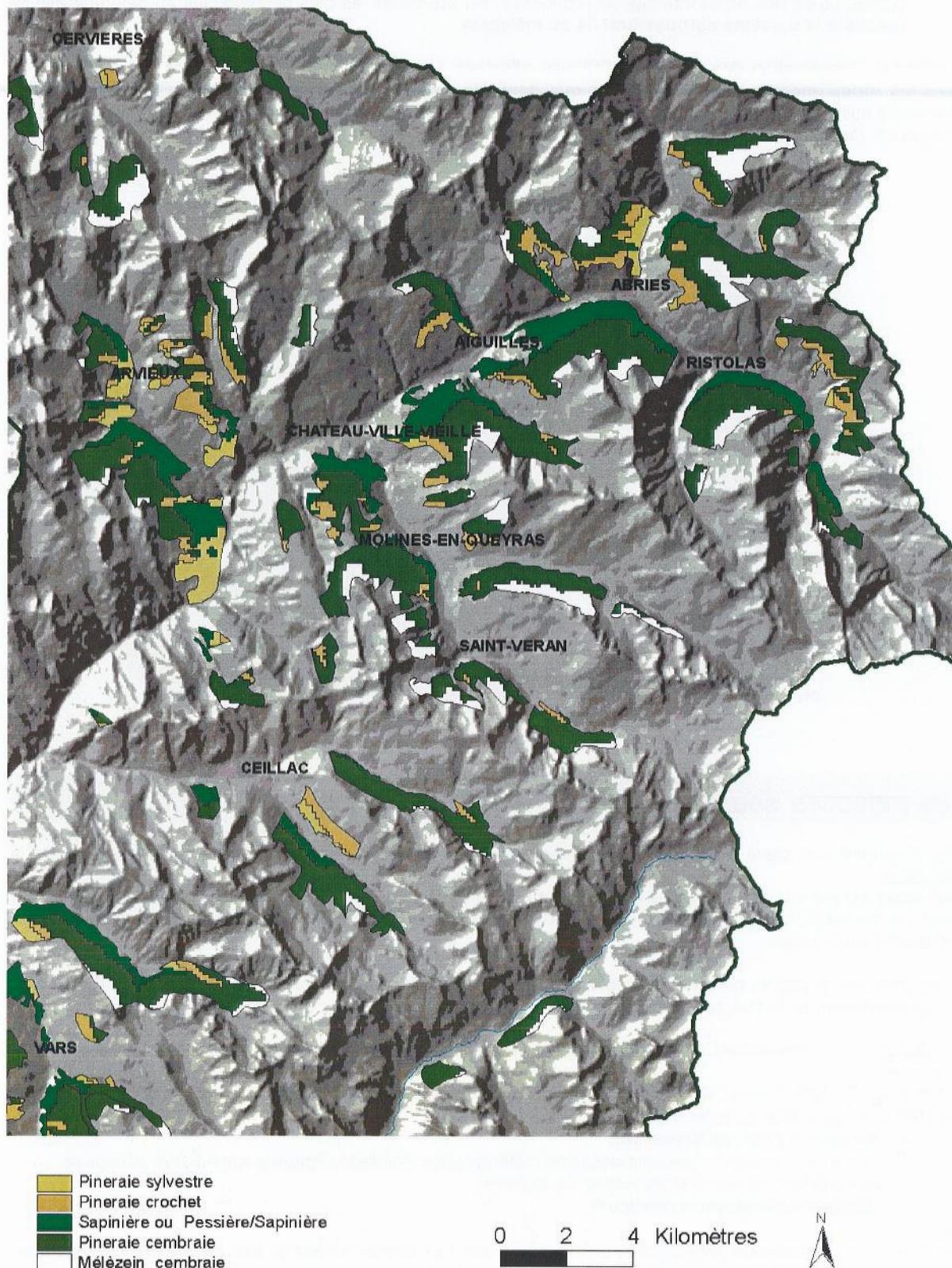


- Pineraie sylvestre
- Hêtraie
- Sapinière ou Pessière/Sapinière
- Pineraie crochet
- Pineraie cembraie
- Mélèzein cembraie
- limite climatique

0 2 4 Kilomètres



Le Queyras dans les Alpes internes montre une évolution assez différente avec d'une part la sapinière qui s'étend sur l'ensemble des ubacs <1900m, le hêtre étant absent des Alpes Internes la sapinière peu descendre jusque dans les fonds de vallons. D'autre part, au-dessus de la sapinière, si la cembraie devient majoritaire à terme, elle laisse malgré tout un espace plus important au mélèzein avec lequel elle peut constituer des peuplements en mélange très haut en altitude (actuellement 2350m mais en voie de colonisation jusque vers 2500m). C'est tout le paysage queyrassan qui serait là bouleversé, le mélèzein étant réduit à la partie supérieure du paysage.



Remarque :

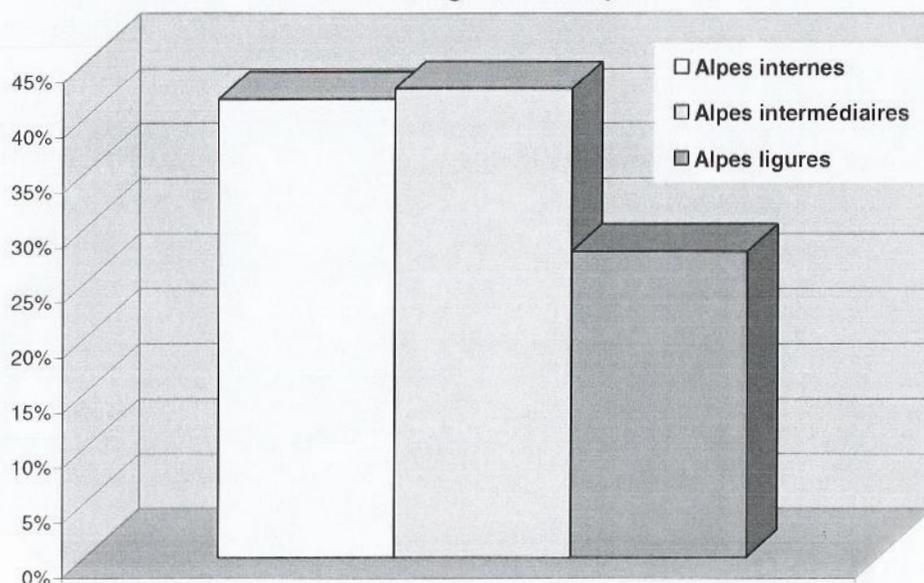
Les sapinières sont relativement rares dans les Alpes internes. Il y a probablement 2 raisons majeures à cela :

1 un climat plutôt défavorable au sapin qui induit chez lui une croissance assez lente.

2 le fait même de cette croissance assez lente a permis à l'homme de supprimer cette essence d'une grande partie des Alpes internes, le repoussant sur les zones les plus défavorables au pâturage afin de favoriser le système agropastoral lié au mélèzein.

Cependant, l'observation des relevés floristiques effectués en 1996 montre une **fréquence de régénération dans les Alpes internes aussi importante que dans les alpes intermédiaires humides**. Elle est même plus importante que dans les alpes ligures. Ceci peut s'expliquer en partie par la relative jeunesse des mélèzeins de la Roya et par la forte concurrence de l'épicéa sur le sapin.

Fréquence d'apparition des semis de sapin en fonction de la région climatique



Les pelouses sous mélèzeins

Elles occupent une place prépondérante et intègrent à la fois l'aspect stationnel et l'aspect dynamique de la végétation.

Leur étude est par conséquent assez complexe et tirer une typologie de l'analyse de leur composition n'est pas l'objet de ce rapport, cependant de 1600 à 2000m il est possible de tirer des éléments d'information assez intéressants sur le milieu.

Je me propose de décrire quelques exemples de pelouses bien typés et de leur différentes formes en fonction de leur compartiment et de leur zone climatique.

On peut dire en schématisant qu'il existe trois grandes tendances d'évolution des pelouses colonisées par les mélèzeins.

Ces pelouses transformées (M.Desbarat 1999), classées en fonction de leur affinité vis à vis du bilan hydrique (mésophile à hygrocline) sont les suivantes :

- ✓ pelouse à *Festuca flavescens*
- ✓ pelouse à *Hieracium prenanthoides* (en mélange avec *Solidago virgaurea* sur substrat siliceux et *Ranunculus montanus* sur substrat issu de roche calcaire)
- ✓ pelouse à *Geranium sylvaticum*

Les formations à *Hieracium prenanthoides*, présentant une très grande variété et des caractères intermédiaires aux deux autres, ne seront pas traitées ici.

Pelouses à *Festuca flavescens*

La pelouse à *Festuca flavescens* est un faciès assez caractéristique des peuplements de mélèze. Elle peut être complète et dominer l'ensemble du tapis herbacé. Elle est plus abondante sur substrat siliceux et présente là, une amplitude altitudinale très importante (de 1300m à 2200m). Sur substrat issu de matériau calcaire, elle ne devient abondante qu'à partir du moment où une décarbonatation (au moins en surface) a eu lieu, condition qui est fréquemment atteinte au-delà de 1800m.

Ses exigences vis-à-vis de l'eau sont assez faibles (pour une formation végétale à fort recouvrement).

Centré sur des compartiments climatiques généralement bien arrosés elle représente le pôle « sec » des ubacs. Il ne s'agit pas pour autant d'une formation xérophile, formations qui elles, ne sont plus à fort recouvrement comme les pelouses. On peut la qualifier à la fois mésophile et de sciaphile.

Alpes à influences ligures

Subalpin inférieur **mésophile**

Exemple type : Vallon des Minières Roya 06

Altitude	1840m
Rayonnement direct (KR)	0,47
Relevé n°	398

***Festuca flavescens* 5, *Alchemilla hoppeana* 2, *Astrantia minor* 2, *Hepatica nobilis* 2, *Hieracium murorum* 2, *Homogyne alpina* 2, *Melampyrum sylvaticum* 2, *Rhododendron ferrugineum* 2, *Viola biflora* 2, *Aconitum vulparia* 1, *Anthoxanthum odoratum* 1, *Daphne mezereum* 1, *Deschampsia flexuosa* 1, *Festuca laevigata* 1, *Luzula nivea* 1, ***Luzula sylvatica subsp.sieberi* 1**, *Phleum alpinum* 1, *Solidago virgaurea* 1, *Trifolium pratense* 1, *Ranunculus montanus* +, *Rhytiadelphus triqueter* +, *Fragaria vesca* +, *Sorbus aucuparia* +, *Vaccinium myrtillus* +, *Viola sylvestris s.l.* +, *Achillea millefolium* +, *Carlina acaulis* +, *Sesleria albicans* +, *Veratrum album* +, *Campanula rotundifolia* +, *Leucanthemum coronopifolium* +, ***Plantago atrata subsp. fuscescens* +**, *Primula marginata* +.**

Le compartiment climatique est caractérisé par les espèces telles que : *Homogyne alpina*, *Rhododendron ferrugineum*, *Daphne mezereum*, *Luzula sylvatica subsp.sieberi* et l'influence ligure est soulignée par la présence de *Plantago atrata subsp. fuscescens*, et *Primula marginata* assez fréquente.

Montagnard moyen **mésophile**

Exemple type : Forêt de la Fracha Haute Tinée 06

Altitude	1410m
Rayonnement direct (KR)	0,44
Relevé n°	408

***Festuca flavescens* 5, *Rhytiadelphus triqueter* 3, *Hylocomium splendens* 2, *Vaccinium myrtillus* 2, *Brachypodium pinnatum* 1, ***Corylus avellana* 1**, *Deschampsia flexuosa* 1, *Fragaria vesca* 1, *Hieracium murorum* 1, *Hieracium prenanthoides* 1, *Juniperus communis* 1, *Lathyrus montanus* 1, *Lathyrus pratensis* 1, *Orthilia secunda* 1, ***Rhododendron ferrugineum* 1**, *Alchemilla hoppeana* +, *Solidago virgaurea* +, ***Saxifraga cuneifolia* +**, *Rubus idaeus* +, *Oxalis acetosella* +, *Ribes uva crista* +, *Picea abies* +, *Prenanthes purpurea* +.**

L'originalité de ce type de situation, visible dans la vallée de la Tinée, est due à l'altitude relativement basse pour ce type de formation végétale.

Alpes intermédiaires humides

Subalpin inférieur **mésophile**

Exemple type : Estenc Haut Var 06

Altitude	1860m
Rayonnement direct (KR)	0,32
Relevé n°	277

***Festuca flavescens* 4, *Solidago virgaurea* 2, ***Aquilegia alpina* 2**, *Phyteuma betonicifolium* 2, *Ranunculus montanus* 1, *Hieracium prenanthoides* 1, *Alchemilla hoppeana* 1, *Carex montana* 1, *Hepatica nobilis* 1, *Festuca laevigata* 1, *Hieracium murorum* 1, *Valeriana montana* 1, *Euphorbia dulcis* 1, *Gentiana lutea* 1, *Leucanthemum atratum* 1, *Phyteuma orbiculare* 1, *Rhytiadelphus triqueter* 1, *Helictotricon sedenensis* 1, *Leontodon pyrenaicus* 1, *Luzula nivea* 1, *Pulsatilla alpina* 1, *Bupleurum falcatum* 1, *Thesium alpinum* 1, *Sesleria albicans* +, *Sorbus aucuparia* +, *Carlina acaulis* +, *Rubus idaeus* +, *Euphorbia cyparissias* +, *Lotus alpinus* +, *Astrantia major* +, ***Daphne mezereum* +, *Soldanella alpina* +**.**

C'est la situation typique des Alpes intermédiaires humides, généralement sur calcaire siliceux .

Aquilegia alpina est assez fréquente dans le Haut Var et la haut Verdon.

Alpes internes

Subalpin inférieur **mésophile**

Exemple type : Arvieux Queyras 05

Altitude	1925m
Rayonnement direct (KR)	0,43
Relevé n°	87

***Festuca flavescens* 4, *Ranunculus montanus* 2, *Luzula nivea* 2, *Melampyrum sylvaticum* 2, *Vaccinium myrtillus* 2, *Hieracium prenanthoides* 1, *Hepatica nobilis* 1, *Juniperus communis* 1, *Lathyrus pratensis* 1, *Pulsatilla alpina* 1, *Deschampsia flexuosa* 1, *Leucanthemum atratum* 1, *Euphorbia dulcis* 1, *Juniperus nana* 1, *Sesleria albicans* 1, *Carlina acaulis* 1, *Luzula sylvatica* subsp. *sieberi* 1, *Phyteuma orbiculare* 1, *Rosa pimpinellifolia* 1, *Alchemilla hoppeana* 1, *Daphne mezereum* 1, ***Homogyne alpina* 1**, *Phyteuma ovatum* +, *Hieracium murorum* +, *Lotus alpinus* +, *Poa chaixii* +, *Viola sylvestris* s.l. +, *Galium mollugo* +, ***Rhododendron ferrugineum* +**, *Ranunculus nemorosus* +, ***Vaccinium vitis-idaea* +**.**

C'est la situation typique des Alpes internes .

La flore reflète très bien le coté xérophile de la région naturelle avec des espèces telles que : *Juniperus communis*, *Juniperus nana*, *Carlina acaulis*, *Cotoneaster nebrodensis* et *Vaccinium vitis-idaea*. Elle est à comparer avec celle des Alpes à influence ligure et des alpes intermédiaires humides qui ce trouvent dans le même étage de végétation sur des substrats comparables en terme de profondeur prospectable.

Pelouses à hautes herbes à *Geranium sylvaticum*

Le *Geranium sylvaticum* a une amplitude écologique très large. Il apprécie particulièrement le couvert du mélèze où il est présent dans presque l'ensemble des peuplements à l'exception des situations les plus extrêmes. Pour autant, il ne forme de véritable pelouse que lorsque le bilan hydrique stationnel est suffisant (mésophile) pour lui permettre un développement important. Il est assez peu sensible à la nature de la roche en place.

On peut observer 3 faciès principaux :

- ✓ **un mésophile** avec une juxtaposition d'espèces mésoxérophiles et hygroclines assez typique des Alpes internes
- ✓ **un mésohygrocline** avec une juxtaposition d'espèces mésophiles et hygroclines
- ✓ **un hygrocline** (voir hygrophile) avec abondance des espèces hygroclines (avec *Cirsium montanum* caractéristique de l'influence ligure).

Alpes à influence ligure

Montagnard supérieur **hygrocline**

Exemple type : Vallon des Minières Roya 06

Altitude	1720m
Rayonnement direct (KR)	0,80
Relevé n°	400

***Geranium sylvaticum* 4, *Rumex arifolius* 3, *Hepatica nobilis* 2, *Sorbus aucuparia* 2, *Rubus idaeus* 2, *Viola biflora* 2, *Myosotis sylvatica* 2, *Aconitum vulparia* 2, *Phleum alpinum* 2, *Peucedanum ostruthium* 2, *Dactylis glomerata* 1, *Urtica dioica* 1, *Veratrum album* 1, ***Cirsium montanum* 1**, ***Saxifraga rotundifolia* 1**, *Hieracium murorum* 1, *Veronica chamaedrys* 1, *Alchemilla hoppeana* 1, *Achillea millefolium* 1, *Festuca flavescens* +, *Melampyrum sylvaticum* +, *Viola sylvestris* s.l. +, *Geum urbanum* +, *Luzula nivea* +, *Sesleria albicans* +, *Dryopteris filix-mas* +, *Campanula scheuchzeri* +, *Cruciata laevipes* +, *Dactylorhiza fuchsii* +, *Hieracium laevigatum* +, *Poa chaixii* +,**

Alpes intermédiaires humides

Subalpin inférieur **mésophile** (à mésohygrophile)

Le faciès à *Chaerophyllum villarsi* est abondant sur cette zone et dans les Alpes internes. C'est une espèce centrée dans les étages subalpin et montagnard supérieur. Plus bas, dans le montagnard moyen *Chaerophyllum hirsutum*, très proche morphologiquement, la remplace.

Exemple type : forêt de Crévoux Embrunais 05

Altitude	1850m
Rayonnement direct (KR)	0,64
Relevé n°	213

Geranium sylvaticum 4, *Anthoxanthum odoratum* 3, *Chaerophyllum villarsi* 3, *Ranunculus montanus* 2, *Alchemilla hoppeana* 2, *Festuca rubra* 2, *Poa pratensis* subsp. *angustifolia* 2, *Brachypodium pinnatum* 1, *Hieracium prenanthoides* 1, *Sesleria albicans* 1, *Melampyrum sylvaticum* 1, *Fragaria vesca* 1, *Sorbus aucuparia* 1, *Aconitum vulparia* 1, *Oxalis acetosella* 1, *Hieracium murorum* 1, *Rubus idaeus* 1, *Deschampsia flexuosa* 1, *Poa trivialis* 1, *Viola sylvestris* s.l. 1, *Euphorbia dulcis* 1, *Juniperus nana* 1, *Phyteuma ovatum* 1, *Homogyne alpina* 1, *Pinus cembra* +, *Vicia sepium* +, *Leontodon pyrenaicus* +, *Dactylis glomerata* +.

Alpes internes

Montagnard moyen **mésophile**

Le faciès à *Geranium rivulare* est abondant dans les Alpes internes. C'est une espèce, comme son nom ne l'indique pas, un peu moins exigeante en eau que *Geranium sylvaticum*. Ainsi elle concurrence fortement cette dernière dans les situations un peu plus sèches, fréquentes dans le Briançonnais, le Queyras calcaire, et la haute Ubaye.

Exemple type : Villar st Pancrace, Briançonnais, 05

Altitude	1500m
Rayonnement direct (KR)	0,50
Relevé n°	2

Geranium sylvaticum 3, *Euphorbia dulcis* 3, *Geranium rivulare* 2, *Hepatica nobilis* 2, *Rosa montana* 2, *Juniperus communis* 2, *Pulsatilla alpina* 1, *Alchemilla xanthochlora* 1, *Valeriana tripteris* 1, *Sorbus aucuparia* 1, *Pinus sylvestris* 1, *Brachypodium pinnatum* 1, *Lonicera xylosteum* 1, *Festuca flavescens* 1, *Ranunculus montanus* 1, *Trollius europaeus* +, *Abies alba* A +, *Melampyrum sylvaticum* +, *Dicranum scoparium* +, *Valeriana montana* +, *Fragaria vesca* +, *Berberis vulgaris* +, *Veronica officinalis* +, *Trifolium alpestre* +, *Campanula persicifolia* +, *Polygala chamaebuxus* +, *Amelanchier ovalis* +, *Ribes uva crispa* +.

Subalpin supérieur **mésophile**

Dans les mélèzeins d'installation assez récente et si les conditions édaphiques sont favorables, les pelouses à *Géranium* peuvent s'élever très haut en altitude et former une mégaphorbiaie pérenne pendant plusieurs dizaines d'années avant d'être lentement colonisée par la lande à rhododendron et la cembraie.

Exemple type : forêt de Marassan Queyras 05

Altitude	2150m
Rayonnement direct (KR)	0,92
Relevé n°	P. Varèse

Geranium sylvaticum 4, *Alchemilla xanthochlora* 2, *Pinus cembra* 2, *Salix glaucosericea* 2, *Gentiana lutea* 1, *Abies alba* A 1, *Sesleria albicans* 1, *Luzula sylvatica* subsp. *sieberi* 1, *Hieracium prenanthoides* +, *Ranunculus montanus* +, *Rhinanthus* sp. +, *Leucanthemum atratum* +, *Phyteuma ovatum* +, *Hieracium murorum* +, *Lotus alpinus* +, *Poa chaixii* +, *Poa nemoralis* +, *Rhododendron ferrugineum* +, *Aster bellidiastrum* +, *Lonicera caerulea* +, *Salix reticulata* +, *Trifolium badium* +.

Conclusion

L'étude des **stations** forestières sous mélézeins a mis en évidence les facteurs abiotiques qui structurent le milieu. Elle se prolonge par d'autres travaux visant à affiner les règles de gestion en fonction du type de station. Une première série de mesures dendrométriques semble montrer que la **production** dépend surtout des qualités physiques du substrat. L'examen en parallèle des conditions de **régénération** naturelle a montré que, au moins sur pente faible, la régénération est indépendante du type de station mais nécessite des interventions adaptées.

La grande diversité floristique des mélézeins des Alpes de sud amène, à l'échelle régionale, à distinguer les Alpes internes, les Alpes intermédiaires et les Alpes ligures, qui ont fait l'objet de 3 catalogues de stations distincts. Cette subdivision climatique proposée par Ozenda (1985) pour l'ensemble de l'arc alpin correspond notamment à un gradient de l'angle de continentalité de Gams. La spatialisation de l'angle de continentalité sur S.I.G. et l'affectation d'une valeur précise à chaque point de relevé nous ont permis d'en affiner les limites *a posteriori*. La validité du découpage ainsi obtenu dépasse le cadre des mélézeins ; il représente une avancée dans la connaissance du **climat régional** et constitue une référence de base pour l'étude de la végétation des Alpes du sud.

La principale particularité des mélézeins est qu'ils représentent le plus souvent un stade forestier transitoire. Ce travail vient compléter la connaissance de leur **dynamique naturelle**. Les itinéraires dynamiques diffèrent selon la région naturelle et le compartiment climatique. Les éléments présentés permettent de se repérer parmi les faciès de mélézeins et de prévoir leur évolution. Ce document est donc un outil de prédiction pour le gestionnaire forestier qui a de plus en plus besoin de connaître le devenir des peuplements : soit l'évolution prévue est acceptable, soit le maintien du mélézein est jugé nécessaire, auquel cas il faut intervenir à temps pour permettre sa régénération.

Il propose de plus une carte de **spatialisation** de cette dynamique, d'où il ressort que 95% environ des mélézeins actuels disparaîtront sans intervention humaine, les peuplements constitués relictuels se situant surtout dans les Alpes internes. Le Mélèze pourrait ainsi retrouver sa position originelle marginale dans le couvert forestier, cantonné aux couloirs d'avalanches et aux pré-bois d'altitude. L'enjeu est de taille car ces peuplements présentent un intérêt écologique mais aussi économique et social comme cadre d'activités sylvo-pastorale et touristique importantes dans de nombreuses vallées alpines.

Bibliographie

De nombreuses personnes ont contribué à l'obtention de ces résultats :

M. Jean LADIER, responsable de la CRAT, pour son aide constante dans la mise au point de la méthode et le traitement des données.

M. le professeur Jean-Claude RAMEAU pour ses conseils et ses observations sur la dynamique de la végétation,

Melle Marina DESBARAT, étudiante ingénieur forestier, pour sa contribution à la compréhension de la dynamique de la végétation.

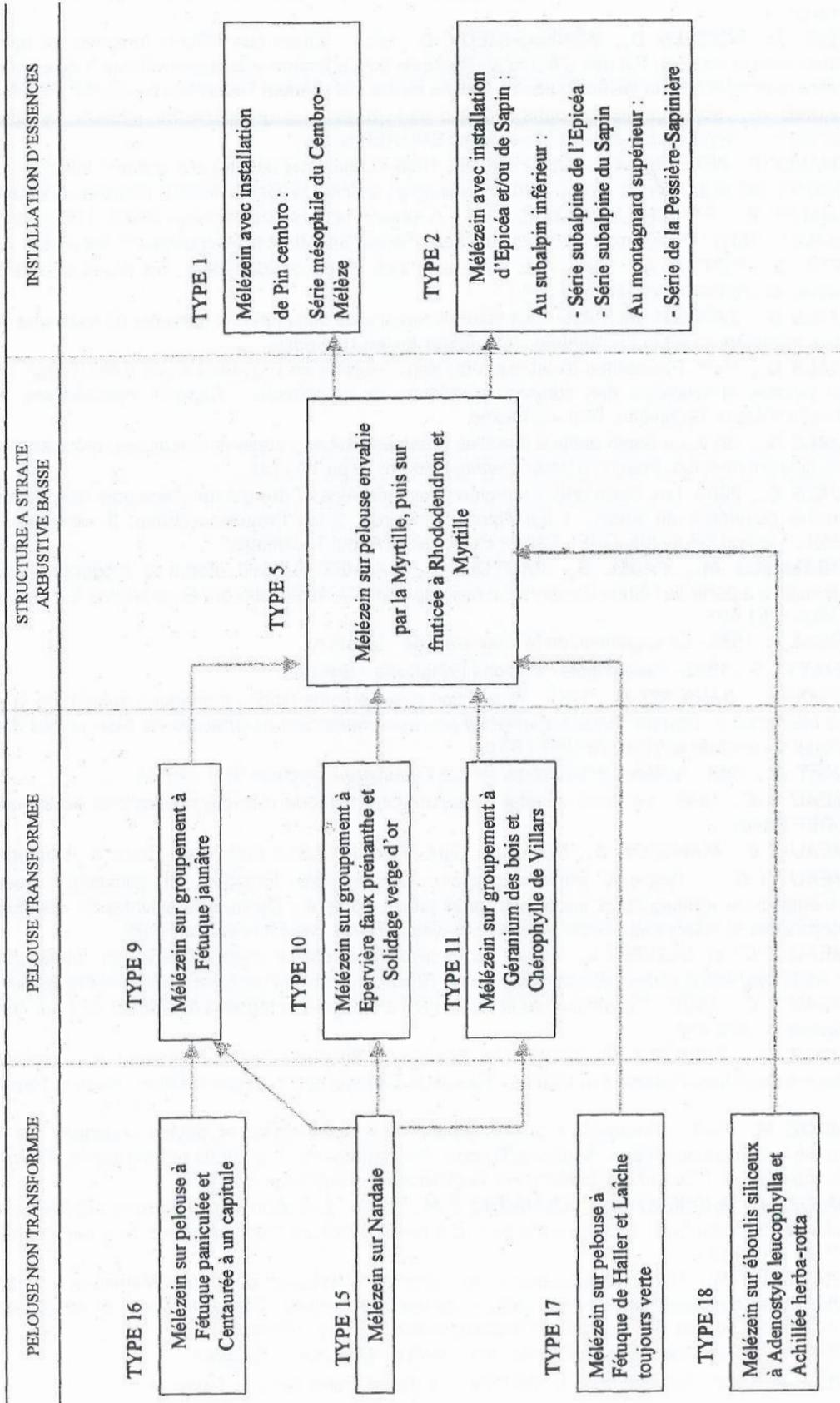
Bibliographie

- ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ETUDE DES SOLS (AFES)** 1992 - Préréfentiel pédologique INRA.
- BARBERO M.**, 1983 - Evolution des Mélézeins dans les Alpes-Maritimes. Compte-rendu de pré-étude. Formations pâturées d'altitude. Bulletin de liaison (3) : 17 p.
- BECKER M.**, 1984 - Indices de climat lumineux selon la pente et l'exposition pour les latitudes 40 à 50° - Bulletin écologique.
- BOISSEAU B., NOUALS D., RIPERT C.**, 1992 - Guide technique du forestier méditerranéen français « Stations forestières » - Cemagref Aix-en-Provence.
- BONNASSIEUX D., J. LADIER** 1997. Catalogue des types de stations forestières sous les mélèzeins dans les Alpes du sud : 1 - Briançonnais, Queyras, Haute Ubaye et Haut Verdon. ONF - Cellule Régionale d'Appui Technique, 127 p + annexes.
- BONNASSIEUX D.**, 1998. Catalogue des types de stations forestières sous les mélèzeins dans les Alpes du sud : 2 - l'est Ecrins, l'Embrunais, le haut-Var et le haut-Verdon. ONF - Cellule Régionale d'Appui Technique, 91 p + annexes.
- BONNASSIEUX D.**, 1999. Catalogue des types de stations forestières sous les mélèzeins dans les Alpes du sud : 3 - Haute Tinée, Vésubie, Roya, Valberg. ONF - Cellule Régionale d'Appui Technique, 111 p + annexes.
- BONNIER G.**, 1990 - La Grande Flore en couleurs de Gaston Bonnier - Editions BELIN.
- BOURCET J.**, 1984 - Le Mélèze dans les Alpes internes - Revue Forestière Française - Tome XXXVI-1.
- BRETHES A.**, 1989 - La Typologie des stations forestières, recommandations méthodologiques - Revue forestière française - XLI-1.
- BRGM** - cartes géologiques - feuille Gap 1/250 000 - feuilles St-Etienne de Tinée, Embrun, Aiguilles de Chambeyron, Barcelonnette 1/50 000.
- CADEL G. et GILOT J.C.**, 1963 - Feuille de Briançon XXV-36 ; Doc. pour la carte de végétation des Alpes I (91-139), Grenoble.
- CERPAM - ONF.**, 1994 - Aménagement et gestion sylvopastorale du Mélèzein des Alpes du Sud. Mise en place d'un site de référence en forêt communale de Mouriaie, Saint-Vincent les Forts (04). *Centre d'Etudes et de Réalisations Pastorales Alpes-Méditerranée, Manosque* : 42 p + Annexes.
- CHASSE.**, 1994 - Atlas de la Flore des Hautes Alpes - Conservatoire botanique national alpin de Gap-Charance.
- COSTE H.**, 1990 - Flore descriptive et illustrée de la France - Librairie scientifique et technique Albert Blanchard - Paris.
- DAGET Ph., GODRON M.**, 1985 - Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés - Masson.
- DELISLE P. et LACOSTE A.**, 1982 - Les phytocénoses à Mélèze (*Larix decidua* Mill.) de l'étage subalpin en Haute-Tinée (Alpes Maritimes) : essai de typologie. Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude ; Documents d'Ecologie Pyrénéenne, III-iv : 029-037.
- DESBARAT Marina**, 1999 - Les mélèzeins du Parc National du Mercantour : Reflexions sur leur intérêt patrimonial, Typologie et propositions de gestion. Mémoire de fin d'étude FIF-ENGREF.
- DOREE A.**, 1995 - Flore Pastorale de Montagne - Tome 1 : les graminées - Editions Boubee - Cemagraf.
- DOUGUEDROIT A. et M.F. de SAINTIGNON**, 1974 - A propos des Alpes françaises du Sud, un nouveau mode de représentation des températures moyennes en montagnes : l'orothermogramme.
- DUBOST-BARBERO M.**, 1987 - Communication au séminaire « MAB » sur les « Dehesas » et systèmes sylvo-pastoraux similaires - Le mélèzein des Alpes méridionales.
- DUBOURDIEU J. et DOUMERET J.**, 1977 - La régénération naturelle des Mélèzeins. *Bulletin technique de l'Office National des Forêts* (9) : 55-59.
- DUCHAUFOR Ph.**, 1952 - Etude sur l'écologie et la sylviculture du Mélèze - Pédologie et facteurs biotiques - Annales de l'ENGREF, Tome XIII, fascicule 1.
- DUCHAUFOR Ph.**, 1995 - Pédologie, sol, végétation, environnemen, 4^{ème} édition - Masson.
- DUHAMEL G.**, 1994 - Flore pratique illustrée des Carex de France - Editions Boubee.
- FOUCAULT A., RAOULT J.F.**, 1995 - Dictionnaire de géologie, 4^{ème} édition - Masson.
- FOURCHY P.**, 1952 - Etude sur l'écologie et la sylviculture du Mélèze - Ecologie du Mélèze particulièrement dans les Alpes françaises - Annales de l'ENGREF, Tome XIII, fascicule 1.
- FOURNIER P.**, 1990 - Les Quatre Flores de France - Editions Lechevalier.
- GRESLIER N.**, 1993 - Inventaire des forêts subnaturelles de l'Arc alpin français - Mémoire de 3^{ème} année de formation des ingénieurs forestiers - Engref.
- GREY-WILSON C. et BLAMEY M.**, 1990 - Guide complet des fleurs de Montagne - Delachaux et Niestlé.
- JABIOL B., BRETHES A., PONGE J.F., TOUTAIN F., BRUN J.J.**, 1995 - L'Humus sous toutes ses formes - ENGREF Nancy.
- KERGUÉLEN M. et PLONKA F.**, 1989 - Les Festuca de la Flore de France - Bulletin de la Société botanique du Centre-ouest, numéro spécial 10.

- LACOSTE A.**, 1965 - Etude phytosociologique des forêts de Mélèzes dans les Alpes-Maritimes ; Leurs relations avec les pelouses mésophiles subalpines et les rhodoraies. *Revue Générale de Botanique*. Tome 72 : 603-614.
- LACOSTE A.**, 1975 - La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes Maritimes). *Extrait de Phytocoenologia*, 3 (1) : 83-122.
- LADIER J., BOISSEAU B.**, 1994 - Typologie des stations forestières du massif de Ste-Victoire - Cemagref Aix-en-Provence.
- LADIER J., NOUALS D., BONNASSIEUX D.**, 1996 - Etude des Milieux forestiers et de la Dynamique végétale dans la zone du Pin noir d'Autriche (Préalpes du Sud marno-calcaires) - Tome 3 Substrats et Paysages, première approche des unités écologiques. Cellule Régionale d'Appui Technique de l'O.N.F.-PACA.
- LAVAGNE A.**, 1954 - Le Mélèze dans la vallée de l'Ubaye - ses groupements naturels - le phénomène « per descendum » - Annales des sciences forestières ENGREF Nancy.
- MICHALET R., PETETIN A., SOUCHIER B.**, 1995 - Catalogue détaillé des stations forestières du Sud Isère. Laboratoire des écosystèmes alpins, Centre de biologie alpine, Université Joseph Fournier, Grenoble.
- MICHALET R., G PACHE, S. AIME**, 1996 - A seasonal application of the GAMS (1932) method, modified MICHALET (1991) : the exemple of the distribution of some important forest species in the Alps.
- MOTTA R., DOTTA A.**, 1995 - Les Mélèzeins des Alpes occidentales : un paysage à défendre. *Revue Forestière Française XLVII* (4) : 329-342.
- NOUALS D., JAPPIOT M.**, 1996 - Les stations forestières des plateaux et monts de Vaucluse et des versants sud des montagnes de Lure et Ventoux - Cemagref Aix-en-Provence.
- NOUALS D.**, 1997. Possibilités d'extension du Sapin pectiné en Provence Alpes Côte d'Azur - Autécologie du Sapin pectiné et typologie des stations forestières sous sapinière - Rapport intermédiaire. ONF - Cellule Régionale d'Appui Technique, 72 p + annexes.
- NOUALS D.**, 1998. Le Sapin pectiné dans les préalpes sèches : stations forestières, croissance, état sanitaire, possibilités d'extension. *Forêt méditerranéenne*, t.XIX, n° 2, pp 127-134.
- NOUALS D.**, 2000. Les Sapinières en région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Typologie des stations forestières, Extension potentielle du Sapin : 1 les Alpes pré-ligures, 2 les Préalpes sèches, 3 les Alpes intermédiaires humides, 4 le sud Dauphiné, ONF - Cellule Régionale d'Appui Technique.
- OBERLINKELS M., CADEL G., PAUTOU G., LACHET B.**, 1990. Zonation biogéographique des Alpes dauphinoises à partir de l'étude comparative des sapinières à *Abies alba* et des pessières à *Picea abies* - Ann. Sc For. 20 p - 461 481.
- OZENDA P.**, 1985 - La végétation de la chaîne alpine - Masson.
- PIGNATTI S.**, 1982 - Flora d'Italie - Editions Edagricole - Bologne.
- POIRION L., BARBERO M.**, 1967 - Répartition des éléments biogéographiques au sein de la végétation des Alpes Maritimes et Ligures. *Bulletin trimestriel de l'association des naturalistes de Nice et des Alpes Maritimes*. Fascicule du quatrième trimestre 1967 : 83 p.
- PONCET A.**, 1954 - Mélèzes et pâturage. *Revue Forestière Française VI*, 1 : 19-24.
- RAMEAU J.C.**, 1986 - Le Tapis végétal : structuration, méthode d'étude, intégrations écologiques - Brochure ENGREF Nancy.
- RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G.**, 1984 - Flore Forestière Française - Tome 2 - Montagnes I.D.F.
- RAMEAU J.C.** - Typologie phytosociologique des habitats forestiers et associés. Types simplement représentatifs ou remarquables sur le plan patrimonial. Tome 4 : Complexes sylvatiques des forêts résineuses montagnardes et subalpines. *Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts*.
- RAMEAU J.C. et OLIVIER L.**, 1991 - La biodiversité forestière et sa préservation. Intérêt patrimonial de la flore, de la végétation et des paysages forestiers. *Revue Forestière Française XLIII*, numéro spécial : 19-27.
- RAMEAU J.C.**, 1992 - Dynamique de la végétation à l'étage montagnard des Alpes du Sud. *Revue Forestière Française*, 5 : 393-414.
- SANDOZ H., BARBERO M.**, 1974 - Les Fruticés à Rhododendron ferrugineum et Juniperus nana et les mélèzeins des Alpes maritimes et Ligures - *Revue de Diologie et d'écologie méditerranéenne* Tome 1 n° 3 pp 63 - 96.
- SANDOZ H.**, 1987 - Recherches taxonomiques, biogéographiques et phytoécologiques sur les principaux conifères subalpins des Alpes : Mélèze d'Europe, Pin cembro, Pin à crochets et Pin mugho. *Thèse de l'université d'Aix-Marseille III - Faculté des Sciences et Techniques Saint Jérôme*. 650 pp.
- SANDOZ H., BARBERO M., SOLICHON J.M.**, 1998 - Evolution et devenir des Mélèzeins dans les Alpes Maritimes (Alpes du Sud - France) suite au déclin des activités anthropozoogènes en haute montagne. *Ecologie*, t29 (1-2) : 317-322.
- SOLICHON J.M.**, 1993 - Structuration et évolution des Mélèzeins des Alpes Maritimes à partir de méthodes diachroniques comparatives ; régénération et dynamique spatiale. *Thèse de Doctorat en Sciences, Université d'Aix-Marseille III, Fac. Sci. Tech. Saint Jérôme, Marseille* : 89 p - Annexes.
- VARESE P.**, 1989 - Approche stationnelle de la Forêt de Marassan - Queyras.
- VARESE P.**, 1989 - Prétude pour la typologie des stations forestières du Queyras

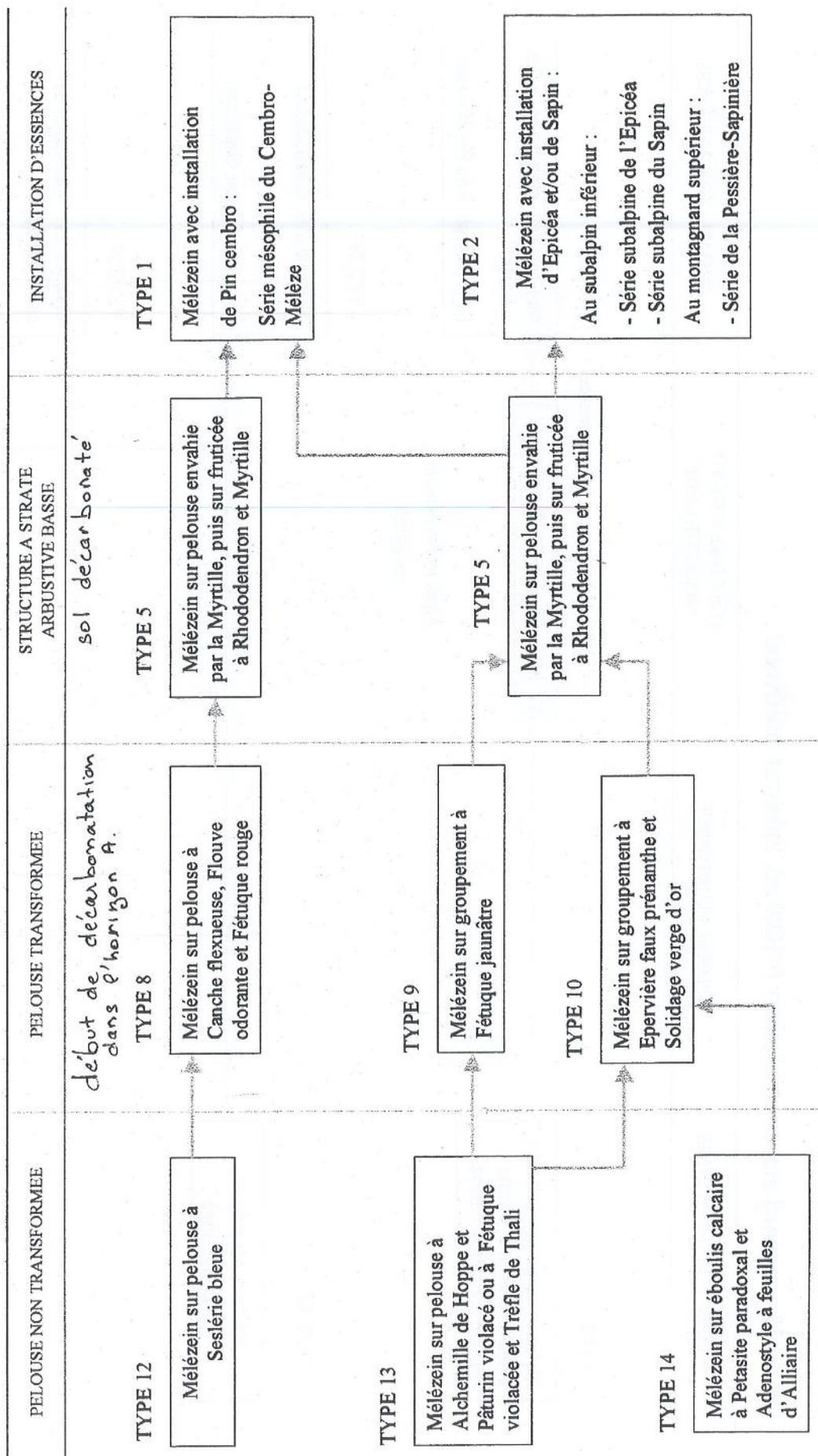
Annexe 1 Schémas de la dynamique des mélèzeins du Parc National du Mercantour

Ubac, Subalpin et Montagnard supérieur (>1600 m), Substrat siliceux, ou calcaire avec profil décarbonaté



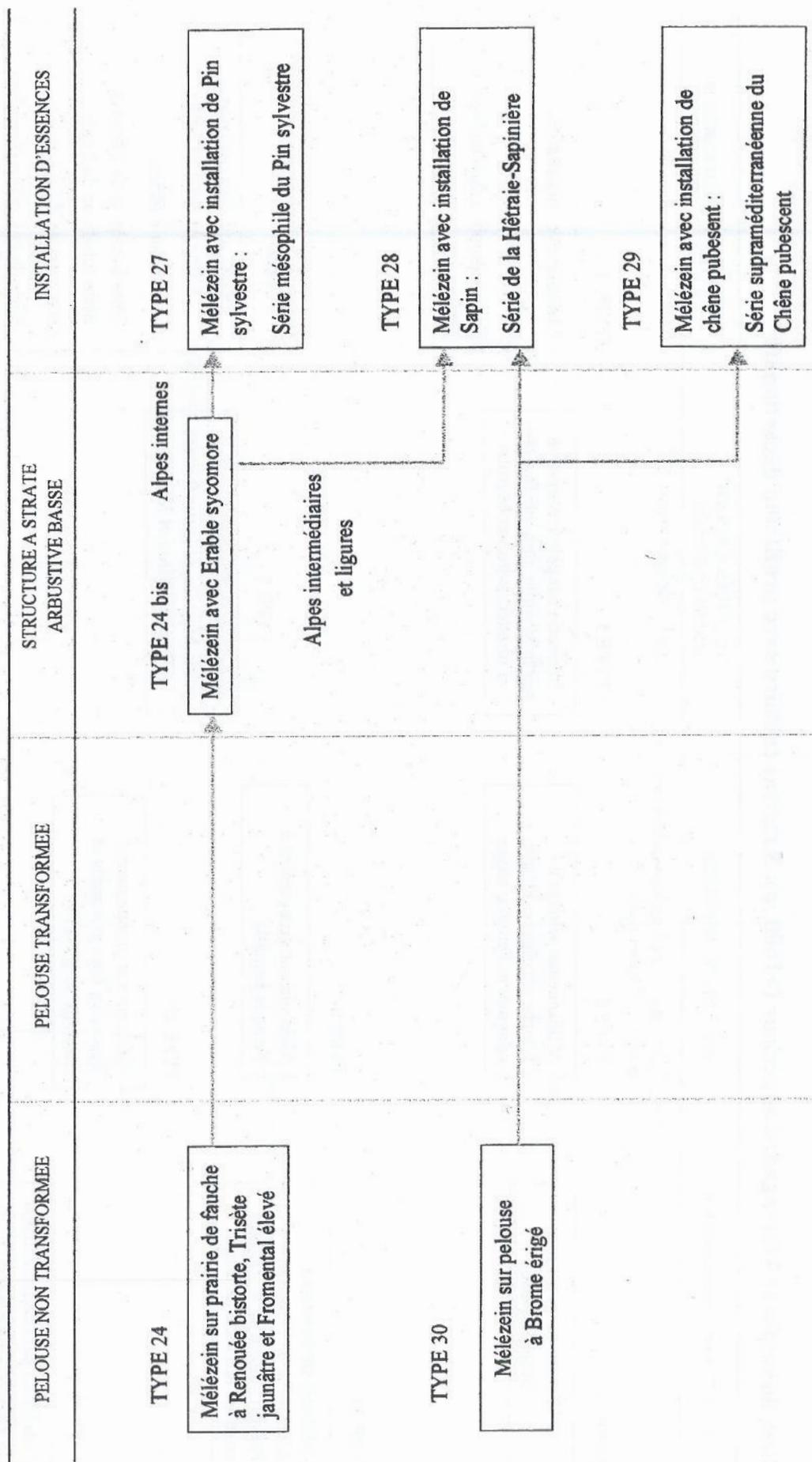
document extrait du mémoire de fin d'études de formation d'ingénieurs forestiers de Marina Desbarats

Ubac, Subalpin et Montagnard supérieur (>1600 m), Substrat calcaire avec profil non décarbonaté



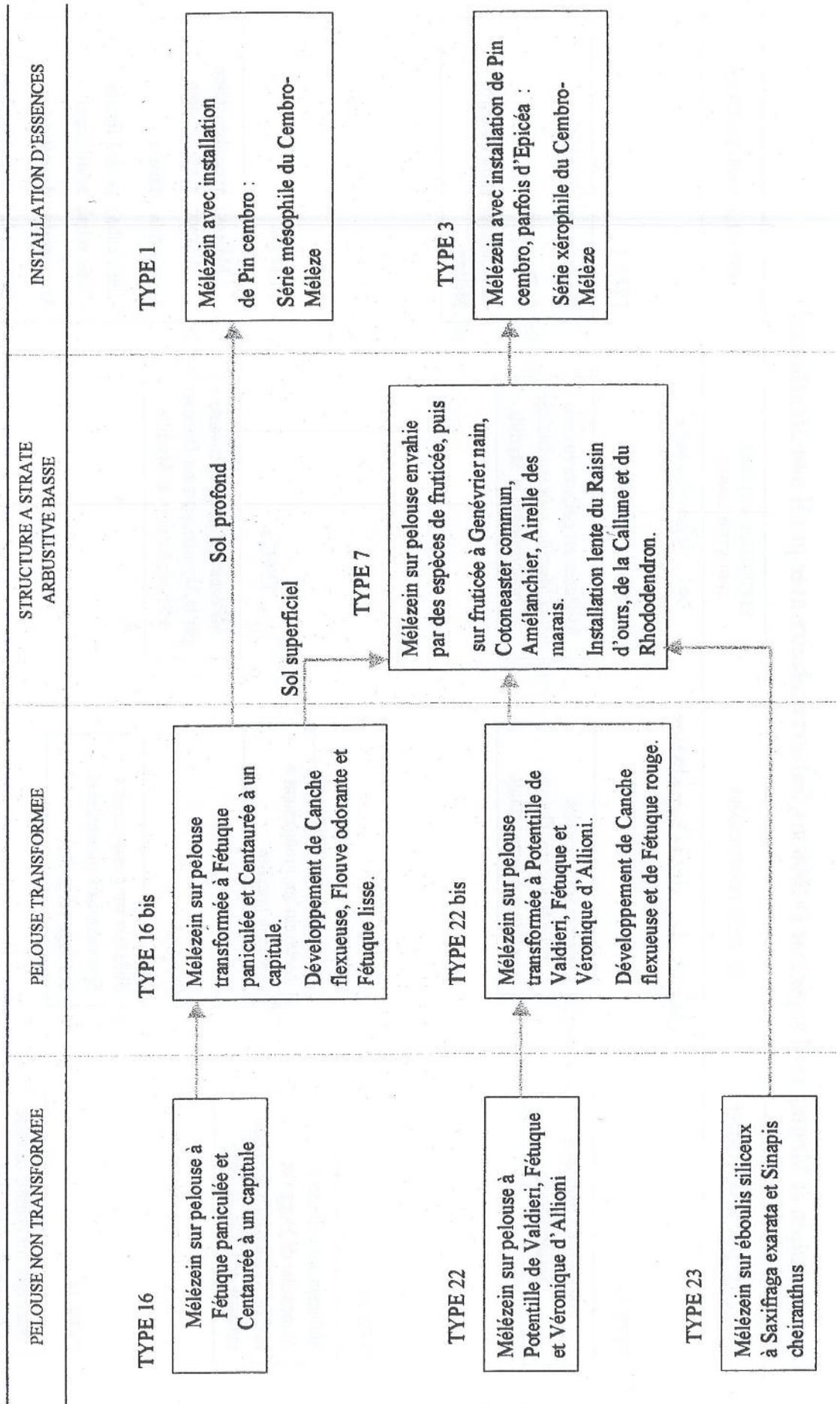
document extrait du mémoire de fin d'études de formation d'ingénieurs forestiers de Marina Desbarats

Ubac, Montagnard moyen et inférieur (<1600 m), Substrat indifférent



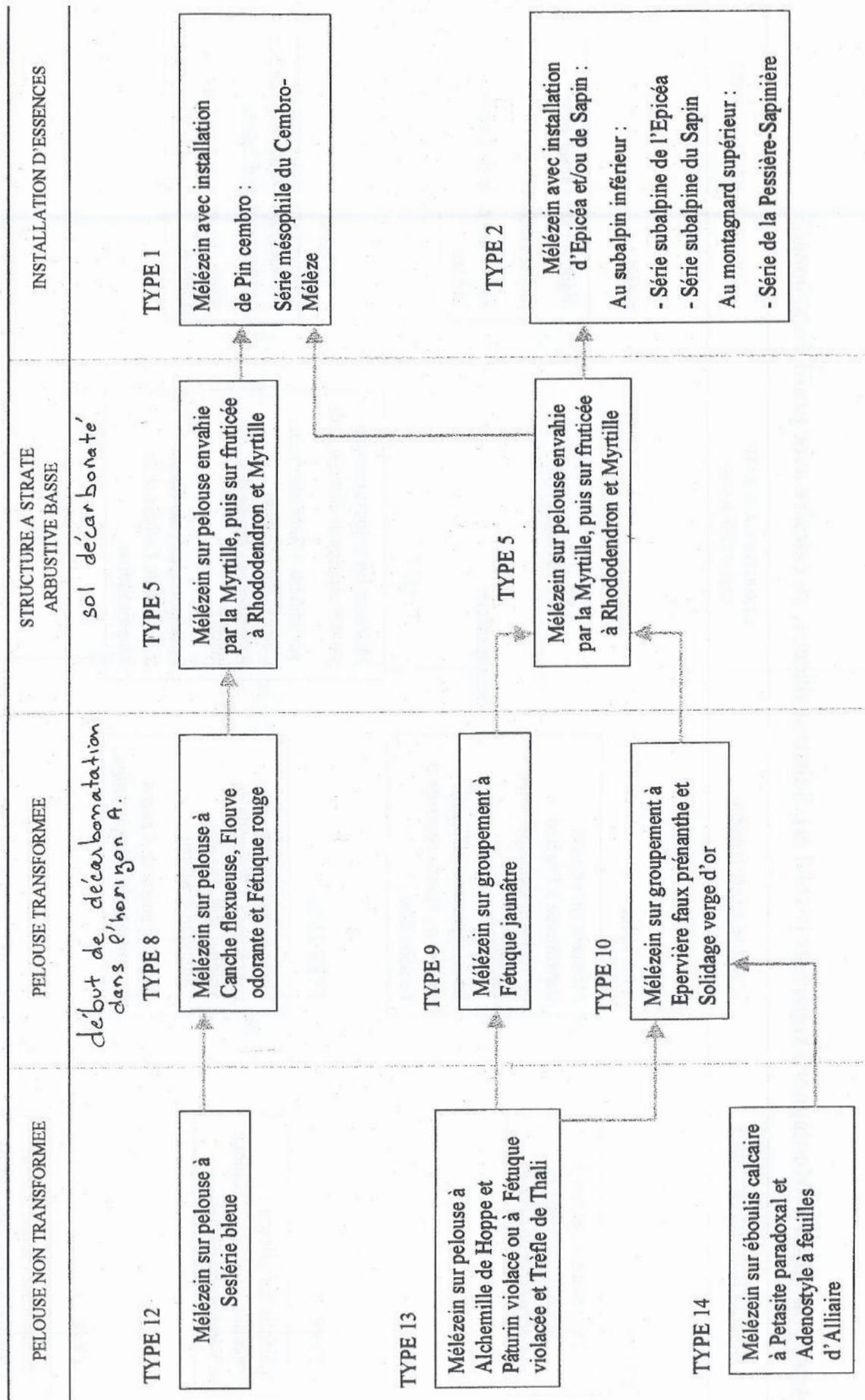
document extrait du mémoire de fin d'études de formation d'ingénieurs forestiers de **Marina Desbarats**

Adret, Subalpin et Montagnard supérieur (>1600 m), Substrat siliceux, ou calcaire avec profil décarbonaté



document extrait du mémoire de fin d'études de formation d'ingénieurs forestiers de Marina Desbarats

Ubac, Subalpin et Montagnard supérieur (>1600 m), Substrat calcaire avec profil non décarbonaté



document extrait du mémoire de fin d'études de formation d'ingénieurs forestiers de Marina Desbarats

**Annexe 2 Liste des associations végétales présentes au sein des mélèzeins
du Parc National du Mercantour**

Groupements de pelouses, prairies, mégaphorbiaies et éboulis sous Mélèzein

ADRET :

Classe	Ordre	Alliance	Type définit dans la clé	Association
<i>Festuco-Brometea</i>	<i>Brometalia</i>	<i>Mesobromion</i>	30	
		<i>Ononidion striatae</i>	21	<i>Astragalo-Onosmetum</i>
<i>Seslerietea</i>	<i>Seslerietalia</i>	<i>Avenion sempervirentis</i>	19	<i>Festucetum dimorphae</i>
			19	<i>Helictotrichum sempervirentis</i>
		<i>Avenion montanae</i>	20	<i>Hieracio-Avenetum montanae</i>
<i>Elymo-Seslerietea</i>	<i>Seslerietalia coeruleae</i>	<i>Seslerion coeruleae</i>	12	<i>Seslerio-Avenetum montanae</i>
<i>Thlaspietea rotundifolii</i>	<i>Androsacetalia alpinae</i>	<i>Androsacion alpinae</i>	23	<i>Saxifrago-Brassicetum montanae</i>
			22	<i>Festuco-Potentilletum valderiae</i>
<i>Caricetea curvulae</i>	<i>Caricetalia curvulae</i>	<i>Festucion variae</i>	16	<i>Centaureo uniflorae-Festucetum spadiceae</i>

UBAC :

Classe	Ordre	Alliance	Type définit dans la clé	Association
<i>Arrhenatheretea</i>	<i>Arrhenatheretalia</i>	<i>Trisetio-Polygonion bistortae</i>	24	<i>Meo athamantici-Trisetetum flavescens</i>
<i>Mulgedio-Aconitetea</i>	<i>Adenostylalia alliiariae</i>	<i>Adenostylion alliiariae</i>	25	<i>Circo montanae-Adenostyletum alliiariae</i>
<i>Melampyro-Holcetea</i>	<i>Melampyro-Holcetalia</i>		8	<i>Anthorantho-Deschampsietum</i>
			15	<i>Potentillo-aureae-Nardetum strictae</i>
			15	<i>Nardetum alpigenum</i>
			15	<i>Leontodo helvetica-Alchemilletum alpinae</i>
<i>Caricetea curvulae</i>	<i>Caricetalia curvulae</i>	<i>Nardion strictae</i>	15	<i>Phyteumo michelii-Poetum violaceae</i>
		<i>Caricion curvulae</i>	17	<i>Festucetum hailerii-Caricetosum sempervirentis</i>
		<i>Festucion variae</i>	16	<i>Centaureo uniflorae-Festucetum spadiceae</i>
			13	<i>Poeto violaceae-Alchemilletum alpinae</i>
<i>Elymo-Seslerietea</i>	<i>Seslerietalia coeruleae</i>	<i>Caricion ferruginae</i>	13	<i>Festuco violaceae-Trifolietum thalii</i>
		<i>Seslerion coeruleae</i>	12	<i>Seslerio-Avenetum montanae</i>
<i>Thlaspietea rotundifolii</i>	<i>Thlaspietalia rotundifolii</i>	<i>Petasition paradoxii</i>	14	<i>Petasietum paradoxii</i>

Complexes forestiers vers lesquels évoluent les Mélèzeins

ADRET :

Classe	Ordre	Alliance	Type définit dans la clé	Association
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	<i>Juniperetalia nanae</i> Sous-ordre : <i>Juniperenalia abietis</i>	<i>Juniperion nanae</i>	3	<i>Cotoneastro integerrimae-Pinetum cembrae</i> Cembraie sèche à Genévrier nain et Cotoncâster
<i>Erico carnea-Pinetea sylvestris</i>	<i>Buxo sempervirentis-Pinetalia sylvestris</i>	<i>Cephalantero rubrae-Pinion sylvestris</i>	4	<i>Buxo-Pinetum sylvestris</i> série supérieure du Pin sylvestre

UBAC :

Classe	Ordre	Alliance	Type définit dans la clé	Association
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	<i>Piceetalia abietis</i> Sous-ordre : <i>Rhododendro-Vaccinienea</i>	<i>Rhododendro-Vaccinion</i>	1	<i>Vaccinio myrtilli-Pinetum cembrae</i> Cembro-Mélèze mésophile
	<i>Piceetalia abietis</i>	<i>Piceion abietis</i> Sous-alliance : <i>Vaccinio-Piceenion</i>	2	<i>Homogyno-Piceetum</i> Pessière subalpine à Homogyne alpine
	<i>Piceetalia abietis</i> Sous-ordre : <i>Abieti-Piceenalia abietis</i>	<i>Piceion abietis</i> Sous-alliance : <i>Rhododendro-Abietenion</i>	2	<i>Rhodoreto-Abietetum</i> Sapinière à Rhododendron ferrugineux
		<i>Piceion abietis</i> Sous-alliance : <i>Vaccinio-Abietenion</i>	2	<i>Veronico urticifoliae-Abietetum albae</i> Pessière-Sapinière montagnarde
<i>Erico carnea-Pinetum sylvestris</i>	<i>Buxo sempervirentis-Pinetalia sylvestris</i>	<i>Cephalantero rubrae-Pinion sylvestris</i>	27	<i>Buxo-Pinetum sylvestris</i> série mésophile du Pin sylvestre
<i>Quercu-Fagetea sylvaticae</i>	<i>Fagetalia sylvaticae</i> Sous-ordre : <i>Abieti-Fagenalia</i>	<i>Fagion sylvaticae</i>	28	<i>Geranio nodosi-Faginion</i> (série <i>abietis</i>) Hêtraie-Sapinière
	<i>Fagetalia sylvaticae</i> Sous-ordre : <i>Cephalantero-Fagenalia</i>	<i>Cephalantero-Fagion</i>	29	<i>Cephalantero-Fagium</i> Chênaie pubescente supraméditerranéenne, de substitution