

Histoire de l'occupation des sols, cycles du carbone et biodiversité dans la Réserve Naturelle du Plan de Tueda (Savoie, France) - Les enjeux de la gestion / A history of land use, carbon cycles and biodiversity in the Plan de Tueda Natural Reserve, Savoie, France: the management stakes

In: Revue de géographie alpine. 1997, Tome 85 N°3. pp. 27-37.

---

Citer ce document / Cite this document :

Dobremez Jean-François, Eynard-Machet Richard. Histoire de l'occupation des sols, cycles du carbone et biodiversité dans la Réserve Naturelle du Plan de Tueda (Savoie, France) - Les enjeux de la gestion / A history of land use, carbon cycles and biodiversity in the Plan de Tueda Natural Reserve, Savoie, France: the management stakes. In: Revue de géographie alpine. 1997, Tome 85 N°3. pp. 27-37.

doi : 10.3406/rga.1997.3924

[http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga\\_0035-1121\\_1997\\_num\\_85\\_3\\_3924](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga_0035-1121_1997_num_85_3_3924)

---

## Abstract

Abstract : The Plan de Tueda Natural Reserve, covering an area of 600 hectares, is located in the French department of Savoie, near the ski resort of Meribel. It contains the most extensive stands of cembro pines in the northern French Alps. In some areas the stands contain only pines, while in others the pines are mixed with spruce. The reserve also contains several rare or endangered plants, including the *Linnaea boreal*. The history of land use since 1730 has been retraced and mapped using old land registers and aerial photos (dating from 1939). The study shows that the forest has been spreading since the beginning of this century, and particularly since 1972. Plant biodiversity is found to depend on the structure of the stands. Mixed and open stands are richer than the purer and denser stands. Since the forest optimum, attained before the first clearings (3 500 BP), the carbon reserve in the soil has considerably decreased. Now it is being reconstituted with the advance of the forest. The general objectives of managing and maintaining the biodiversity of this area are contradictory since the recommended policy of non-intervention may result in a considerable decrease in the number of plant species.

## Résumé

Histoire de l'occupation des sols, cycles du carbone et biodiversité dans la Réserve naturelle du Plan de Tueda (Savoie, France) : les enjeux de la gestion A history of land use, carbon cycles and biodiversity in the Plan de Tueda Natural Reserve, Savoie, France : the management stakes Jean François Dobremez, Richard Eynard-Machet  
Résumé : La réserve naturelle du plan de Tueda, d'une superficie de 600 ha, se trouve dans le département de la Savoie à proximité de la station de ski de Méribel. Elle héberge les plus vastes peuplements de pin cembro des Alpes françaises du nord, purs ou en mélange avec l'épicéa. Elle abrite plusieurs plantes rares ou menacées dont la Linnée boréale. L'histoire de l'occupation des sols a été retracée et cartographiée depuis 1730 grâce aux cadastrations anciennes et aux photographies aériennes (depuis 1939). La forêt est en expansion depuis le début du siècle et surtout depuis 1972. La biodiversité des plantes est fonction de la structure des peuplements. Les peuplements mixtes et ouverts sont plus riches que les peuplements purs et denses. Depuis l'optimum forestier antérieur aux premiers défrichements (3 500 BP) la réserve en carbone du sol a beaucoup diminué. Elle est en cours de reconstitution en raison de l'avancée de la forêt. Les objectifs généraux de gestion et de maintien de la biodiversité sont contradictoires car la non intervention préconisée risque de diminuer fortement le nombre des espèces végétales.



Malgré cette inflation de titres, aucune méthode générale d'évaluation de la biodiversité ne s'est imposée, aucun consensus sur la signification et la valeur de la biodiversité n'est encore apparu, particulièrement dans le domaine de la biologie de la conservation. Malgré cela, *conserver la biodiversité et si possible l'augmenter* est une constante de tous les plans de gestion des espaces protégés. Souvent d'ailleurs une confusion sémantique mêle le *augmenter la biodiversité* des tenants de la gestion et le *retourner à l'état naturel* des partisans de la « deep ecology ».

A partir de recherches menées dans une Réserve naturelle de Savoie nous proposons quelques éléments de réflexion sur le sujet.

## Problématique

Nous nous proposons d'analyser les possibilités de gérer la biodiversité dans la Réserve naturelle de Tuéda et pour cela nous devons répondre à une série de questions :

- comment s'organise actuellement la biodiversité ?
- quelle est la dynamique actuelle, passée et prévisible de la biodiversité ?
- quelles sont les actions (gestion) susceptibles de modifier et d'orienter le dynamisme prévisible de la biodiversité ?
- quelles sont les autres conséquences de ces actions sur l'environnement ?

## Site d'étude et méthodes

Le Comité EGPN (Ecologie et gestion du patrimoine naturel) de Ministère de l'Environnement a confié au Laboratoire « Dynamique des écosystèmes d'altitude » de l'Université de Savoie l'étude de la *dynamique et de la biodiversité des structures des peuplements de pin cembro de la Réserve naturelle du plan de Tueda*. Cette Réserve naturelle, la centième en France a été instituée par décret du 12 juillet 1990. Son origine se fonde essentiellement sur sa richesse écologique, sa valeur paysagère et sa situation à proximité immédiate des stations de Mottaret et de Méribel. La réserve abrite le plus vaste peuplement de pin cembro des Alpes françaises du nord. La forêt, soumise au régime forestier, couvre dans la réserve près de 130 ha et s'étage entre 1 650 m et près de 2 000 m, limite supérieure des arbres en forte élévation depuis quelques années. En effet le pin cembro reconquiert de l'altitude – plus d'une centaine de mètres – soit en raison d'un changement climatique global, soit plus sûrement en raison d'un abaissement historique de sa limite altitudinale, abaissement lié aux défrichements. Le reste du territoire de la Réserve (au total presque 600 ha) s'élève jusqu'à 2 700 m et comporte des pelouses et prairies alpines et subalpines, des landes et des fourrés et des bois de feuillus.

La réserve héberge quelques espèces végétales remarquables :

– des espèces protégées nationalement :

*Aquilegia alpina*, *Clematis alpina*, *Primula farinosa*, *P. hirsuta*, *P. latifolia*, *Pyrola rotundifolia*, *Carex bicolor*, *Carex microglochin* et surtout *Linnaea borealis* petite Caprifoliacée à répartition arcto-alpine dont c'est une des très rares stations françaises.

– des espèces protégées régionalement, :

*Swertia perennis*, *Utricularia minor* et *Trichophorum alpinum*.

– des espèces de la liste des plantes rares et menacées de la Région Rhône-Alpes :

*Lycopodium clavatum*, *L. selago*, *Erigeron atticus*, *Gentiana tenella*, *Geranium rivulare*, *Oxytropis lapponica*, *Pedicularis palustris*, *Pleurospermum austriacum*, *Salix caesia*, *Stemmacantha rhapontica*.

La recherche a porté sur trois domaines complémentaires : l'histoire de l'occupation des terres, la biodiversité des différentes structures de peuplements forestiers et les cycles du carbone.

Des inventaires plus ou moins précis des différents groupes animaux et végétaux ont été réalisés. Nous limiterons cependant nos analyses au groupe des végétaux supérieurs, le mieux connu et le plus aisé à étudier tant au plan qualitatif que quantitatif. La biodiversité des végétaux supérieurs est par ailleurs un très bon indicateur de la biodiversité (à l'échelle des espèces) des autres groupes vivants.

La cellule technique du service départemental de l'Office National des Forêts de la Savoie, la section technique interrégionale (STIR) Alpes de l'ONF et l'équipe « forêt de montagne » du groupement de Grenoble du CEMAGREF ont défini et caractérisé les structures des peuplements. Ces types sont caractérisés, par le recouvrement des houppiers, la densité des tiges, le pourcentage d'épicéa, le nombre de strates, la proportion relative des Petits Bois, Bois Moyens et Gros Bois et la vigueur de la régénération. Chaque placette (unité de base de l'analyse des structures) a été inventoriée en détail sur une surface de 5 ares ; la structure générale du peuplement est analysée sur une surface de 25 ares. L'échantillon comporte 75 parcelles en peuplement mixte et 65 parcelles en peuplement pur. Après traitement statistique on a pu différencier 6 types de peuplements mixtes (épicéa et pin cembro, m1 à m6) et 5 types de peuplements purs de pin cembro (cembraie, p1 à p5).

<p><b>m1</b> : futaie moyennement dense multistrate à dominante GB- régénération très faible- 79 % de pin cembro - essentiellement strates 2 et 3 (80 %) - couvert moyen (40 à 60 %) -</p> <p><b>m2</b> : futaie dense multistrate - surtout strates 2 et 3 - surtout PB et BM - régénération faible à dominante épicéa - 46 % de pin cembro - couvert important (supérieur à 70 %) -</p> <p><b>m3</b> : futaie moyennement dense multistrate à dominante PB - régénération abondante à dominante épicéa - 50 % de pin cembro - couvert moyen (40 à 60 %) -</p> <p><b>m4</b> : futaie claire jardinée - régénération faible à dominante pin cembro - 42 % de pin cembro - couvert faible (35 %) -</p> <p><b>m5</b> : futaie claire monostrate (strate 3) à dominante PB et BM - régénération abondante à dominante pin cembro - 99 % de pin cembro - couvert faible (35 %) -</p> <p><b>m6</b> : futaie moyennement dense monostrate (strate 3 &gt; 75 %) à dominance PB et BM - régénération faible à dominante épicéa - 86 % de pin cembro - - couvert moyen (40 à 60 %) -</p>
---

**Tableau 1 : Structures des peuplements mixtes de pin cembro et d'épicéa de la Réserve naturelle du Plan de Tuéda**

Les strates sont définies à partir de la hauteur potentielle des arbres estimée et arrondie à 20 mètres. La strate 1 est 15 à 20 m. La strate 2 : 10 à 15 m. La strate 3 : 5 à 10 m. La strate 4, ou régénération est inférieure à 5 m.

PB = Petits Bois d'un diamètre à 1,30 m ≤ 25cm.

GB = Gros Bois d'un diamètre ≥ 45 cm. BM = Bois Moyens d'un diamètre intermédiaire. (Le couvert est le taux de recouvrement de la projection horizontale des houppiers)

<b>p1</b> : futaie jardinée dense à peu de GB, bien régénérée - 6 % d'épicéa - couvert important (supérieur ou égal à 60 %)
<b>p2</b> : futaie monostrate (strate 3) à PB, très bien régénérée - pas d'épicéa - couvert faible (20 %) -
<b>p3</b> : futaie multistrate claire (strates 2 et 3) très bien régénérée - 1 % d'épicéa - couvert faible (30 %)
<b>p4</b> : futaie multistrate (strates 2 et 3) à PB et BM sans régénération - pas d'épicéa - couvert faible ( $\leq 30$ %) -
<b>p5</b> : futaie multistrate à dominante GB très bien régénérée - pas d'épicéa - couvert moyen (40 %)

**Tableau 2 : Structure des peuplements purs de pin cembro (cembraie) de la Réserve naturelle du Plan de Tueda (même légende que tableau 1)**

Cette caractérisation des structures de peuplement est importante à deux titres : les structures sont le résultat de l'histoire des peuplements et particulièrement le reflet des activités humaines et les structures des peuplements sont – c'est notre hypothèse – à l'origine de la biodiversité.

#### HISTOIRE DE L'OCCUPATION DES TERRES

David (1995) a retracé par analyses palynologiques les grandes étapes de l'évolution des milieux holocènes. On peut la résumer ainsi :

- vers 9 500 BP les premiers ligneux apparaissent,
- vers 6 500 BP c'est l'installation de la forêt, supposée climacique, (sapin, épicéa, pin cembro) en l'absence de toute intervention humaine,
- dès 3 500 BP la cembraie est défrichée par les premiers occupants, les celtes. La présence humaine sera continue jusqu'à nos jours.

La cartographie historique d'occupation du sol du massif de Tueda utilise d'une part les anciens cadastres (Eynard-Machet, 1993) et d'autre part les photographies aériennes (Calmels, 1994).

Les plans cadastraux concernés du *cadastre actuel* ont été mis à jour en 1980 (feuille K5) et en 1983 (feuilles K6, L3, L4), le *registre parcellaire* a été validé au 01/01/1993. Le *premier cadastre français*, continuation tardive de la *cadastration napoléonienne* (ou du Premier Empire) date de 1912. Les *registres d'état de section des propriétés foncières* contenant les données d'occupation des sols sont datés de juillet 1914. Enfin le *cadastre sarde* et en particulier le *cadastre général de la Savoie* a été terminé en 1732 pour la commune des Allues. Ce cadastre a donné lieu à l'établissement des fameuses *mappes* (originale de 1730 et copie de 1732). Les *livres d'estime* décrivant l'occupation du sol datent de 1730. Tous ces documents ont été consultés aux Archives départementales de la Savoie.

Le travail de comparaison des cadastres consiste d'abord à déterminer les analogies entre cadastration concernant les dénominations d'occupation des sols, puis à comparer l'évolution des surfaces couvertes par chaque type.

L'évolution récente de l'occupation des sols s'est fondée sur l'analyse des photographies aériennes (6 missions datées de 1939 à 1990) avec comme vérité terrain la cartographie des unités de végétation en 1993. Pour chacune des dates de prise de vues une carte au 1/5 000 a été dressée. Une carte synthétique diachronique synthétise les résultats.

## BIODIVERSITÉ VÉGÉTALE

La biodiversité des différents types de peuplements et des différentes formations végétales a été analysée pendant l'été 1996. Il s'est d'abord agi de retrouver précisément l'emplacement des placettes « structures des peuplements ». Les bornes de la Réserve naturelle et l'altitude ont permis, grâce à l'utilisation de deux altimètres de précision et d'un topofil, de retrouver le centre des placettes.

La liste complète des végétaux vasculaires (fougères, Gymnospermes, Angiospermes) a été relevée ainsi que le pourcentage de leur recouvrement dans 8 carrés de 1 m x 1 m situés sur un cercle de 15 m de rayon, au centre de la placette. Huit carrés semblent donner une représentation exhaustive de la flore d'une parcelle (aire minimale floristique). Sur les 65 placettes pures, 30 ont été inventoriées et sur les 75 placettes mixtes 49 ont été analysées. En outre des relevés floristiques ont été faits dans les formations non forestières : pelouses, landes, prairies, zone de combat, fourrés d'aune vert.

Pour chaque relevé et ensemble de 8 relevés on a calculé les indices suivants : richesse spécifique, diversité spécifique  $H'$  de Shannon et diversité spécifique fréquentielle (Barbault, 1990).

Tous les relevés et ensembles de relevés ont été comparés par le test de Kruskal-Wallis (Siegel & Castellan, 1988) non paramétrique. En effet les comparaisons portent sur plus de deux échantillons et ceux-ci sont de taille inégale (le nombre de parcelles par groupe de peuplement est variable) et les variables quantitatives ne se distribuent pas toutes selon une loi normale.

## MODIFICATIONS DE LA RÉSERVE DU SOL EN CARBONE ORGANIQUE

L'évaluation de la modification de la réserve du sol en carbone permet :

- de reconstituer en partie l'histoire de l'occupation des sols,
- d'estimer la participation des écosystèmes au changement global (rôle de source ou de puits de dioxyde de carbone).

Les études ont été menées sur les mêmes sites que ceux de l'analyse de la biodiversité. Dans chaque placette ou formation végétale visitée, 4 prélèvements de sol sont effectués, horizon par horizon. Les caractéristiques de chaque horizon et de chaque sol sont notées. Au total, 89 placettes forestières et 12 formations végétales autres ont été échantillonnées, soit 404 profils pédologiques et plus d'un millier d'échantillons collectés.

L'analyse des prélèvements de sol n'a porté que sur les sols les plus caractéristiques de chaque unité de milieu. Le choix des sols retenus s'est fait à partir de leurs caractéristiques morphologiques (épaisseur des horizons, pierrosité, couleur, texture et structure). Finalement on a analysé 10 sols de peuplements mixtes, 8 de cembraie pure et 7 sols d'autres formations soit plus de 100 échantillons.

Les échantillons sont séchés à l'air libre, tamisés à 2 mm, homogénéisés par broyage, séchés à 105° C pendant 48 heures. Le taux de carbone organique (aucun échantillon ne

contenait de carbonates) est analysé par chromatographie en phase gazeuse (combustion à 1 020° C) dans un appareil Carlo Erba- NA 1 500.

Le stock de carbone du sol s'exprime en kg m<sup>-2</sup> ou en T ha<sup>-1</sup>. Les résultats de l'analyse des échantillons sont obtenus en pourcentage massique. Passer d'une valeur à l'autre implique de connaître la densité apparente du sol. Cabidoche (1979) a montré que la densité apparente est une fonction hyperbolique de sa teneur en matière organique. Le stock de carbone dans un horizon s'exprime par l'équation suivante :

$$\text{stock (T ha}^{-1}\text{)} = 10^{-2} C E (100-p)/(0,57 + 0,067 C), \text{ avec}$$

C = pourcentage massique de carbone (résultat de la chromatographie)

E = épaisseur de l'horizon en cm (mesure sur le terrain)

p = pierrosité en pourcentage de volume du sol (estimation sur le terrain + tamisage)

Le stock total dans le profil est la somme des stocks des différents horizons. Chaque formation végétale est donc caractérisée par une valeur de son stock de carbone du sol. On peut calculer des valeurs moyennes par type de milieux (forêt résineuse, forêt feuillue, lande...) en tenant compte des surfaces occupées par les différentes structures de peuplements.

## Résultats

### EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS

Même si les catégories d'utilisation des sols ne sont pas totalement équivalentes entre les cadastres le tableau 3 montre les résultats de l'analyse des cadastres. Ces données ont été cartographiées sous système d'information géographique. Le résultat principal concerne l'évolution de la pression humaine sur le milieu. En effet au début du XX<sup>e</sup> siècle on perçoit une diminution forte des surfaces de forêts, de bois et de landes au bénéfice des pâturages et des broussailles. En revanche la fauche était déjà presque totalement abandonnée.

Depuis 1914 la progression de la forêt et des landes, stade intermédiaire, est très forte au détriment des pâturages. Ceci est tout à fait confirmé par l'analyse des photographies aériennes pour les 60 dernières années.

On a même pu calculer une vitesse moyenne d'avancée de la forêt sur la pelouse, bien que les formations forestières ne soient visibles sur clichés aériens que à partir de l'âge d'une vingtaine d'année. En effet l'avancée actuelle de la forêt, marquée par les semis et germinations de pin cembro et d'épicéa, à la fois dans la zone de combat et dans les clairières n'a pas de signature spectrale. Cette vitesse d'avancée excède plusieurs mètres par an. Dans la prairie traversée par le sentier botanique la progression a été de 120 m de 1939 à 1990, soit 20 m jusqu'en 1972 et 100 m depuis cette date. Près du chalet du Plan la progression a été de 11 m par an depuis 1972 tandis que dans une trouée du versant de la Ramée elle n'a été que de 2,5 m par an. Ces avancées récentes et rapides sont sans doute dues à une forte diminution de la pression pastorale depuis 20 à 25 ans.

	1730	1914	1993
forêt résineuse	Bois noirs 130 ha	Sapins 103 ha	Futaies résineuses (BR) 154 ha
bois de feuillus	Broussailles 26 ha	Bois 18 ha	Taillis simples (BT) 39 ha
fouffrés de feuillus	- 0 ha	Broussailles 23 ha	- 18 ha
Lande à Ericacées	Lottrie 151 ha	- 87 ha	Landes (L) 178 ha
Pelouse alpine	61 ha	61 ha	61 ha
Prairie pâturée	Pâturage 119 ha	Pâturage 228 ha	Pâturages (PA/PAT) 71 ha
Prairie de fauche	Prés/Prés marais 34 ha	Prés marais 1 ha	- 0 ha
Zone humide	Marais	-	-
Rochers/pierriers Gravière/murger	Perrière/roche Glière/Murger 75 ha	Pierrailles/ravin  75 ha	-  75 ha
Bâti et dépendances	Grange/Maison...	Chalet/Bâtiment...	Sols (S)
Surface totale	596 ha	596 ha	596 ha

**Tableau 3 : Analogies des appellations d'occupation des sols entre les cadastrations et évolution des surfaces concernées en 1730, 1914 et 1993.**

## BIODIVERSITÉ DES VÉGÉTAUX

Lors de l'élaboration du plan de gestion de la réserve 263 espèces de plantes avaient été recensées. Les travaux sur la biodiversité ont ajouté 22 espèces. C'est donc au minimum 285 espèces qu'hébergent les 596,5 ha de la réserve. Ces espèces sont réparties de la façon suivante :

formation végétale	richesse floristique	% de surface occupée	% des espèces
cembraie pure	108	15 %	36 %
cembraie mixte	148	11 %	52 %
total cembraie	178	26 %	61 %
aunaie verte	10	8 %	3 %
aunaie-sorbiers	14	2 %	5 %
landes	22	30 %	8 %
pelouses-éboulis	48	10 %	17 %
prairies	50	12 %	18 %
autres	ns	12 %	ns

**Tableau 4 : Richesse floristique totale des formations végétales de la réserve naturelle de Tueda**

Les peuplements mixtes sont plus riches que les peuplements purs ; en moyenne 28 espèces par parcelles pour les mixtes contre 18 pour les purs. L'indice de diversité de Shannon est de 2,3 pour les mixtes et de 1,7 pour les purs ; la diversité fréquentielle est plus importante aussi pour les peuplements mixtes ce qui signifie qu'il y a moins d'espèces peu présentes (accidentelles). Ces différences sont toutes significatives selon le test de Kruskal-Wallis.

Dans le détail des peuplements, il faut distinguer trois groupes statistiquement différents de peuplements purs et mixtes (voir tableaux 1 et 2 pour la signification des sigles) :

- le plus riche comprend m3, m4, m5 et p2 qui ne sont pas statistiquement différents, vient ensuite m1,
- le plus pauvre rassemble m2, p1, p3, p4 et p5 qui ne sont pas statistiquement différents.

Si l'on se réfère aux caractéristiques de ces peuplements, diversité spécifique et richesse en espèces diminuent avec l'augmentation du couvert des arbres. Les autres facteurs qui interviennent statistiquement pour augmenter la diversité sont :

- une altitude modérée, en effet au dessus de 1 800 m dans les versants Bois Marin et Creux de l'Ours et au dessus de 1940 m dans la Ramée, les peuplements purs dominant,
- l'exposition sud est la plus favorable,
- la variété des roches mères,
- l'absence de landes et aunes vert en sous bois,
- présence d'éboulis en sous bois,
- présence d'un humus de type mull sur un sol brun acide (l'humus de type mor sur podzol ou sol brun ocreux est défavorable).

#### RÉSERVE DU SOL EN CARBONE ORGANIQUE

Sur les 600 ha de la réserve, la masse de carbone contenue dans les sols est d'environ 85 000 tonnes réparties de la façon suivante :

formation végétale	stock de carbone en T/ha	stock total de la formation
pelouse alpine	93	5 626
prairie de fauche	123	0
prairie pâturée	136	9 717
forêt résineuse mixte	149	} 24 034
forêt résineuse pure	182	
fourrés de feuillus	160	2 104
bois de feuillus	210	10 464
landes	182	32 458
rochers et éboulis	0	0
<b>total</b>		<b>84 403</b>

**Tableau 5 - Stock de carbone des sols de la Réserve naturelle du Plan de Tueda**

La valeur des stocks des différentes formations est liée surtout à l'épaisseur des sols et aux apports par la végétation (productivité).

Grâce aux données concernant l'histoire de la végétation et l'évolution de l'occupation des sols on peut essayer de simuler l'évolution du stock de carbone des sols de la réserve. On fait l'hypothèse que le stock est fonction du type de formation végétale (Tableau 5).

On peut même imaginer que l'histoire du stock de carbone à Tueda a commencé à la fin de la glaciation würmienne, époque à laquelle, bien entendu le stock était nul. C'est

vers 9 500 BP qu'apparaissent les premiers végétaux et donc que s'accumule le carbone. Il y a 6 500 ans on aurait un étagement reconstitué suivant :

- 1 700 à 1 900 m : cembraie mixte
- 1 900 à 2 300 m : cembraie pure
- 2 300 à 2 600 m : pelouse et landes

De façon globale et hypothétique on peut imaginer que les forêts avaient un recouvrement supérieur à 40 % (forêt non perturbée) et donc des stocks de carbone respectivement de 149 tonnes par hectare pour la cembraie mixte et 182 tonnes par hectare pour la cembraie pure (chiffres actuels du tableau 5).

A 3 500 BP, les défrichements commencent et le stock de carbone diminue. On ne peut connaître l'ampleur de cette diminution, mais la grande quantité de charbons de bois fossiles trouvés dans les sols d'altitude, dès qu'on les cherche, laisse envisager une destruction très forte des écosystèmes forestiers. Ce sont sans doute plusieurs dizaines de milliers de tonnes de carbone qui ont été rejetées dans l'atmosphère par les défrichements (carbone de la biomasse et carbone du sol). Actuellement ce sont plus de 100 tonnes de carbone qui chaque année sont fixées dans les sols en raison de l'évolution de la végétation et de l'extension de la forêt. Il faut ajouter à cela la fixation dans les troncs et les branches d'une quantité encore plus grande de carbone. Source de carbone depuis 3 500 BP le territoire de la réserve est devenu puits de carbone après 1914.

9 500 BP ? (€)	3 500 BP 91 355 T	1730 79 391 T	1914 76 519 T	actuel 84 403 T
-------------------	----------------------	------------------	------------------	--------------------

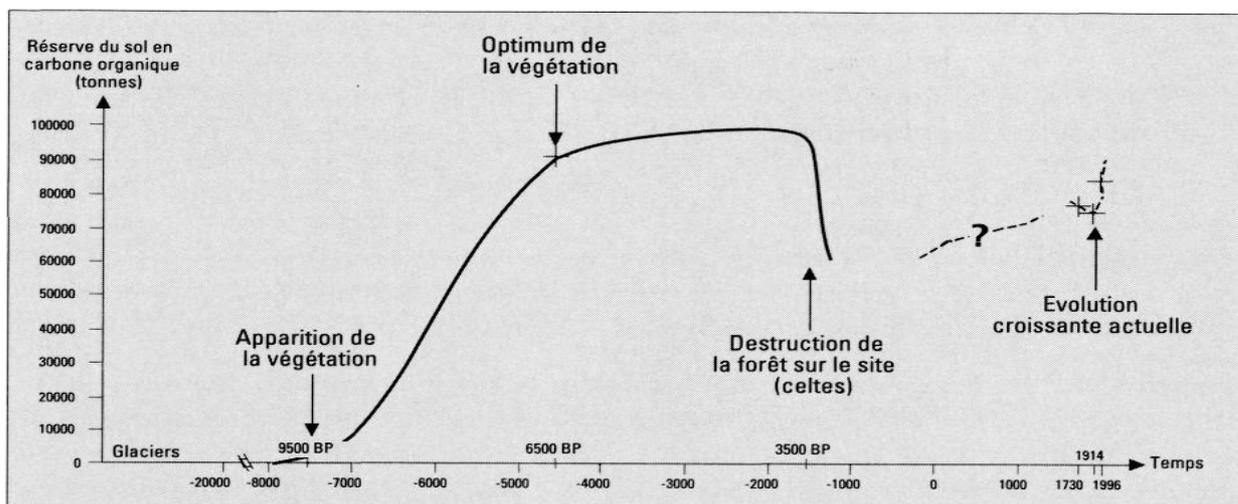
Tableau 6 : Stock en carbone des sols de la Réserve naturelle du Plan de Tueda

Ces chiffres sont à manipuler avec beaucoup de prudence, mais ils sont très significatifs si on les compare à la quantité de carbone contenue dans l'atmosphère au dessus de la réserve. Au taux actuel de 350 ppmv de dioxyde de carbone, le total de l'atmosphère au dessus des 600 ha ne dépasse pas 6 000 tonnes de carbone.

## Discussion et conclusion

Un des modes de gestion préconisé est la non intervention ou non gestion. Dans ces conditions, l'avancée de la forêt continuerait aux dépens des landes et des pelouses et les peuplements forestiers deviendraient de plus en plus denses et de plus en plus fermés avec sans doute une prédominance du pin cembro.

Cette évolution augmenterait fortement la fixation du carbone dans les sols et dans la biomasse ce qui aurait un effet très positif – bien que limité même à l'échelle locale et régionale – sur le contenu en dioxyde de carbone de l'atmosphère, responsable pour partie de l'effet de serre. En effet c'est l'équivalent du carbone contenu dans 200 tonnes de produits pétroliers ou de charbon ou de 400 tonnes de matière organique qui serait fixé dans les sols et la biomasse. La reconstitution du stock initial de carbone prendrait une cen-



**Figure 1 :**  
Essai de reconstitution de l'évolution de la réserve en carbone des sols de la Réserve naturelle du Plan de Tueda

taine d'années. Mais cela diminuerait fortement la biodiversité végétale favorisée par le mélange des essences, la faible densité des arbres et l'ouverture des milieux.

En revanche, *Linnaea borealis*, espèce emblématique de la réserve, qui ne se trouve que dans les peuplements purs serait sans doute favorisée.

On voit donc bien que la gestion des milieux est à la fois une gageure et un défi car il n'y a pas d'idéal en matière de nature. Il faut choisir entre la notion de réserve intégrale dont on ne sait pas encore quels résultats elle peut donner et la notion de maintien de l'état actuel ou de restauration d'un état ancien, mais connu. Cependant restaurer ou maintenir nécessite des interventions et des pratiques (fauche, pâturage, exploitation forestière...) qui ont disparu. On ne peut raisonnablement imaginer des substituts aux pratiques anciennes ou alors à un coût très élevé et insupportable.

L'évolution des milieux amorcée depuis le début du siècle et qui s'accélère depuis 25 ans va se poursuivre. Les recherches menées dans la réserve naturelle du Plan de Tueda permettent au moins de comprendre les évolutions passées et de prévoir les modifications à venir.

*Cette recherche a été soutenue par une aide du Comité Ecologie et Gestion du Patrimoine Naturel (EGPN), du ministère de l'Environnement.*

## Bibliographie

- BARBAULT R., 1990. – *Structure et fonctionnement de la biosphère*. Masson, Paris, 269 p.
- BOUDIN G., 1996. – *Evaluation des modifications de la réserve du sol en carbone organique ; Réserve naturelle du Plan de Tueda (Savoie, France)*. Mémoire MST Montagne, Univ. de Savoie, 20 p.

- CABIDOUCHE Y. M., 1979 – Contribution à l'étude des sols de haute montagne. Analyse des relations sols milieux dans les Pyrénées occidentales cristallines et calcaires. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 157 + 61 p.
- CALMELS P., 1994. – *Photointerprétation et cartographie de la dynamique de la végétation du massif de Tueda entre 1939 et 1990 (Savoie, France)*. Mémoire DEA Gestion des Espaces Montagnards ; Société et Environnement, Univ. Joseph Fourier, Grenoble, 90 + 28 p.
- DAVID F., 1995. – Mise en place des forêts d'altitude en Vanoise et périphérie. *Travaux Sc. du Parc National de la Vanoise*, XIX, 91-106.
- EYNARD-MACHET R., 1993. – Anciens cadastres et évolution des paysages : cartographie historique de l'occupation du sol dans les Alpes de Savoie. *Revue de Géographie Alpine*, LXXXI, 3, 51-66.
- EYNARD-MACHET R., 1995. – *Cartographie historique d'occupation du sol du massif de Tueda ; Réserve naturelle du Plan de Tueda (Savoie, France)*. I.DEA, Univ. de Savoie, 13 p.
- FAILLIE C., 1996. – *Biodiversité des structures de pin cembro ; Réserve naturelle du Plan de Tueda (Savoie, France)*. Mémoire MST Montagne, Univ. de Savoie, 25 p.
- HAILA Y., KOUKI J., 1994. – The phenomenon of biodiversity in conservation biology. *Ann. Zool. Fennici*, 31, 5-18.
- SIEGEL S. & CASTELLAN J., 1988. – *Non parametric statistics for the behavior sciences*. Mc Graw-Hill, New York, 399 p.

*Manuscrit reçu : juillet 1997 ; accepté : septembre 1997.*