

La méthode d'inventaire des dommages forestiers appliquée à l'étude de la Cembraie du Vallon de Mollières Parc national du Mercantour

*par Laurence DALSTEIN **

I - Introduction

A la suite de l'étude engagée depuis plusieurs années sur le dysfonctionnement de l'Arolle (Pin cembro) dans la région de Mollières, au cœur du Parc National du Mercantour, les résultats ont confirmé une souffrance bien marquée des arbres dans cette région. Les premières observations de symptomatologie ont montré des jaunissements anormaux d'aiguilles, suivis de la chute prématurée des plus anciennes. Cette décoloration se traduit par une atteinte touchant prioritairement les aiguilles les plus âgées sous forme de ponctuations blanchâtres évoluant vers un jaunissement généralisé. Les cimes des arbres adultes défoliés sont plus claires. La zone couvrant le vallon de Mollières, dans sa totalité (adret et ubac) présente les atteintes les plus sévères. Elle est la plus touchée par les dommages dans ses houppiers et a fait l'objet d'un examen plus approfondi de l'état sanitaire de son peuplement au moyen de la mise en place de l'inventaire du dommage forestier.

* Groupe international d'études des forêts subalpines (GIEFS), 69 av des Hespérides, 06300, Nice

La localisation géographique semble influencer majoritairement l'évolution des dommages observés sur les appareils aériens. D'orientation N-NO / S-SE, cette ancienne vallée glaciaire de l'étage montagnard possède une vaste cembraie située à des altitudes comprises entre 1800 et 2200 m environ, localisée sous la crête frontière franco-italienne. Les vents dominants, en dehors des brises du littoral méditerranéen niçois, proviennent du territoire italien (vent violent, froid et humide, retour d'est : phénomène de Lombarde).

II - Principes généraux

L'évaluation du pourcentage d'arbres endommagés a duré deux années. La zone retenue couvre, d'une part en 1996 le côté adret du vallon près du pont d'Ingolf, d'autre part en 1997, le versant ubac, près de la vacherie du Collet.

En 1996 et 97 respectivement, ont été délimitées au total 49 et 33 parcelles carrées de un hectare (100 x 100 m) au sein desquelles tous les arbres sont notés.

Dans cet inventaire, les notations de décoloration et défoliation suivent les références des protocoles établis par le Département Santé des Forêts et l'Office National des Forêts (D.S.F, 1994 ; Ulrich et Lanier, 1996). De plus, afin d'effectuer cette notation du dépérissement selon une méthode reconnue à l'échelle européenne, les paramètres d'évaluation de la défoliation et de la décoloration des arbres se réfèrent au guide illustré, "Essences Forestières Méditerranéennes", édité par la commission des communautés européennes (CEC-UN/ECE, 1994), dans lequel le Pin noir est le modèle le plus proche de l'Arolle. La transparence du houppier est comparée à partir de ce manuel photographique.

Ainsi, comme dans l'inventaire transnational :

- la défoliation est estimée par tranches de 5%,
- le gradient de jaunissement est estimé par tranches de coefficients entre 0 et 4.

En plus de cette cotation des parcelles, d'autres critères sont appréciés : exposition, pente, altitude, type d'humus, âge approximatif de l'arbre, compétition éventuelle des individus et date d'observation.

La classification de défoliation ou de décoloration se base sur l'inventaire transnational, conformément au règlement C.E.E. n°926/93. Les arbres dont la défoliation est inférieure ou égale à 25% sont considérés comme non endommagés.

A partir de la classe de décoloration 2 ou plus et d'un pourcentage de perte foliaire supérieur à 25%, l'endommagement des arbres est considéré comme significatif.

Adret :

En 1996, l'inventaire des dommages porte sur 49 parcelles. Dans les 13 premières parcelles, seul l'état de défoliation des arbres est noté pour tous les pins cembro mais aussi pour les mélèzes. Ces placettes du fond du vallon se situent dans des tranches altitudinales échelonnées entre 1800 et 1900 m environ. Dans les placettes dites "du haut" (14 à 49), le suivi concerne uniquement l'Arolle et porte à la fois sur la défoliation et le jaunissement. Ces placettes s'étagent entre 1900 et au delà de 2000 m d'altitude.

Ubac :

En 1997, l'inventaire est effectué dans 33 parcelles. Dans les 24 premières parcelles du fond de vallon, l'état de défoliation des arbres et leur décoloration sont notés pour tous les pins cembro. Ces parcelles sont échelonnées entre 1800 et 1900 m d'altitude environ. Dans les parcelles d'altitude (25 à 33), au dessus de 1900 m et jusqu'à plus de 2000 m, comme à l'adret, la notation des arbres porte également sur la décoloration et la défoliation.

III - Résultats et discussion

Versant Adret en 1996

L'inventaire de 1996 porte sur les 2498 arbres échantillons des 49 parcelles (soit 51 arbres/ha en moyenne).

- Au total, sur les 1426 premiers arbres des 13 premières parcelles (110 arbres/ha en moyenne), le pourcentage d'arbres défoliés (à plus de 25% et

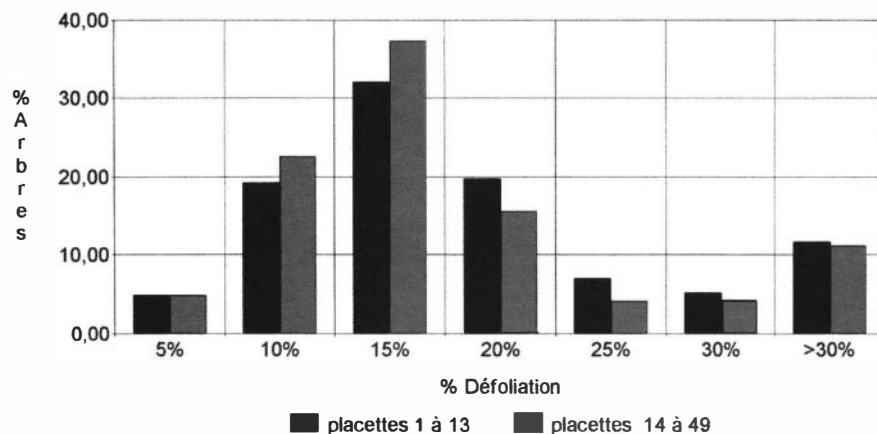


Fig. 1 : Histogramme de répartition des pins cembro par pourcentage de défoliation - Comparatif des parcelles 1-13 et 14-49 à l'adret du vallon de Mollières.

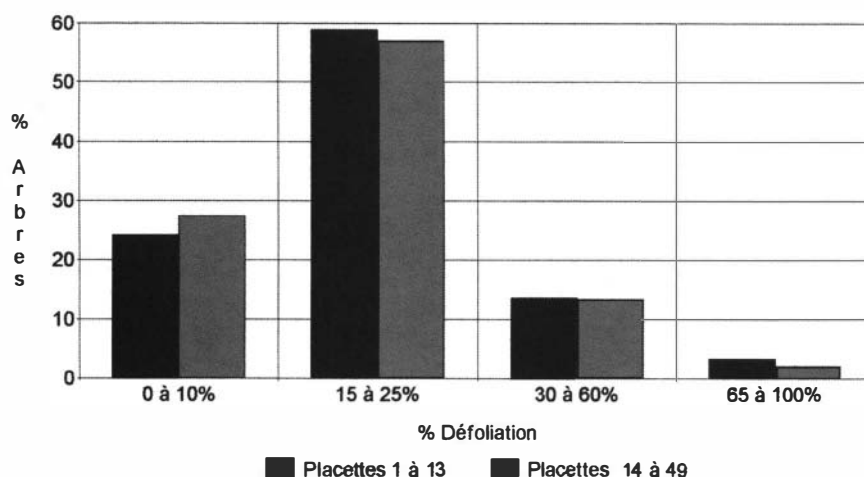


Fig. 2 : Histogramme de répartition des pins cembro par classe de perte foliaire - Comparatif des parcelles 1-13 et 14-49 à l'adret du vallon de Mollières

plus) est de 16,92% pour le pin cembro et de 20,4% pour le mélèze. Ce dernier présente des signes de dépérissement prononcé bien que le jaunissement de ses aiguilles ne soit pas marqué. Mais il faut signaler l'intervention de la tordeuse grise du mélèze, sur quelques foyers localisés d'infestation en 1996. L'année précédente, l'épicentre des dégâts se situait dans le vallon de Mollières. Aucune infestation de la tordeuse sur le pin cembro n'est cependant repérée en 1996.

- Concernant les 1072 autres Arolles suivis sur les 36 autres parcelles : 14 à 49 (30 arbres /ha en moyenne), le

pourcentage d'arbres jaunissants notés 2 ou plus (c'est-à-dire présentant plus de 25% d'aiguilles jaunes) atteint 28,6%. Le pourcentage d'arbres défoliés (supérieurs à 25%) est de 15,5%, très légèrement inférieur à celui des 13 premières parcelles (16,9). Il faut remarquer qu'au cours de ces notations, aucun arbre mort n'est pris en compte, ce qui aurait augmenté sensiblement les pourcentages précédents.

Le pourcentage de jaunissement est donc important.

Ces relevés montrent que sur l'adret et dans les parcelles les plus élevées, le taux d'arbres jaunes dépasse, pour

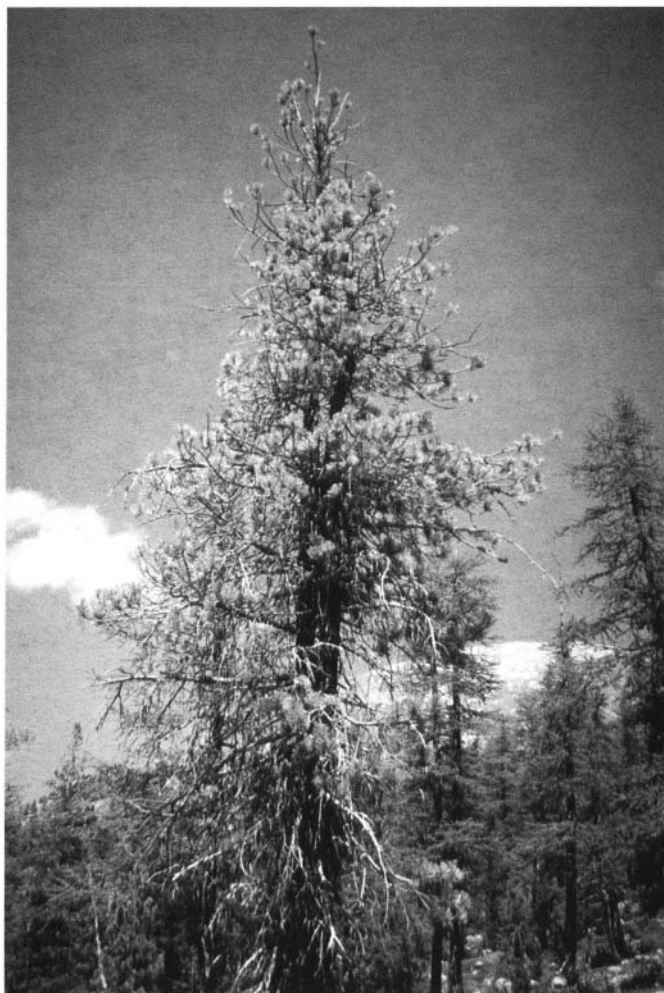


Photo 1 : Cembro déperissant (sur tourbière) dans le Vallon de Mollières
Photo G.B.C.

les conifères, la moyenne établie pour l'ensemble des forêts des Etats membres de l'Union Européenne (17%) (rapport CE-NU/CEE, 1994).

Le test du χ^2 effectué sur le nombre d'arbres présents dans les catégories 0-25% et 30-100% de défoliation dans les parcelles 1 à 13 et 14 à 49 n'est pas significatif. La figure n°1 qui exprime le pourcentage d'arbres dénombrés dans chaque classe indique que l'endommagement réel est du même ordre en haut et en bas de versant et la tendance à une défoliation plus importante dans les parcelles les plus basses est trop faible pour être significative.

Les individus adultes des parcelles 1 à 13 sont en moyenne un peu plus âgés que ceux poussant à des altitudes supérieures et sur milieu sec. Il semblerait que l'âge intervienne, la défoliation serait perçue comme l'expression normale du vieillissement des arbres adultes. Cependant, la régénération plus abondante en fond de vallée est également sensible au jaunissement (notation visuelle seulement).

La majorité des arbres défoliés se situe dans la tranche de 15 à 25% (Cf. Fig. 2).

Les conditions écologiques notées pour chaque arbre nous renseignent sur le contexte stationnel local touchant notamment l'alimentation hydrique. L'humidité excessive du fond du vallon semble être un facteur défavorable à l'état du houp-

pier. En revanche, il ne semble pas y avoir de corrélation entre le jaunissement et la défoliation d'une part et l'exposition ou la pente d'autre part.

Versant Ubac en 1997

L'inventaire de 1997 porte sur 656 Arolles échantillonnées et concerne 24 parcelles en fond de vallée (1 à 24) et 9 en haut de versant. Défoliation et jaunissement sont également notés dans ces 33 parcelles (20 arbres/ha en moyenne).

- Sur les 449 premiers arbres des vingt quatre parcelles, le pourcentage d'arbres jaunissants (c'est-à-dire présentant plus de 25% d'aiguilles jaunes) notés 2 et plus est de 22,9 % mais les arbres défoliés (à plus de 25%) atteignent 39,9%.

- Concernant les 207 autres Arolles suivis sur les parcelles 25 à 33, le pourcentage d'arbres jaunis notés 2 ou plus, atteint 37,20 % alors que le nombre d'arbres défoliés à 25% est de 39,6%. Il faut rappeler qu'au cours de ces notations, aucun arbre mort n'est pris en compte, ce qui aurait augmenté sensiblement le pourcentage d'arbres endommagés.

Le pourcentage de jaunissement est important et bien visible dans cette forêt .

Ces relevés montrent que le taux d'arbres défoliés à plus de 25 % et dont le taux de jaunissement est de 2 ou plus, atteint 19,5% dans cette zone située à l'ubac du vallon de Mollières. Il dépasse, là encore, pour les conifères, la moyenne établie pour l'ensemble des forêts des Etats membres de l'Union Européenne (17%) (rapport CE- NU/CEE, 1994).

Concernant les parcelles de fonds de vallon (1 à 24) ou de crêtes (25 à 33), le test du χ^2 pour la défoliation a été effectué afin de déceler une différence significative entre les deux altitudes.

Ce test n'est pas significatif. Le pourcentage d'arbres défoliés à plus de 25% n'est donc pas différent en haut et en bas de versant. La figure 3 confirme cette uniformité.

En revanche, en ce qui concerne le jaunissement, le χ^2 est très significatif (à 1 pour mille), il est donc plus fort en haut qu'en bas de versant.

Le tableau I résume les pourcentages de défoliation et de jaunissement à l'ubac en fonction de l'altitude.

Les résultats de défoliation montrent l'égalité sur l'ubac entre le bas du vallon (39,9%) et le haut (39,6%). La différence se joue sur le jaunissement qui est plus élevé sur les parcelles du haut (37,2%) que sur celles du fond de vallon (22,9%).

	Parcelles 1 à 24	Parcelles 25 à 33
Défoliation supérieure à 25 %	39,9	39,6
Jaunissement supérieur ou égal à 2	22,9	37,2

Tab. I : Comparaison des facteurs d'endommagement entre les parcelles basses (1 à 24) et hautes (25 à 33) à l'ubac du vallon de Mollières.

L'analyse par classe de perte foliaire sur l'ubac (Cf. Fig. 3) montre qu'un tiers des Arolles se retrouve dans le stade d'avertissement, soit entre 15 et 25% et un autre tiers dans des tranches d'endommagement comprises entre 30 et 60%.

La luminosité moindre sur le versant ubac par rapport à l'adret semble être un facteur défavorable à l'état du houppier. Le jaunissement faible est prépondérant sur l'adret (notation 1). A partir de la notation 2 et au delà, le versant ubac présente les jaunissements les plus importants (Cf. Fig. 4). Cela se traduit par un endommagement (combinant la défoliation supérieure à 25% et le jaunissement noté 2 et plus) plus marqué côté ubac (23%) par rapport à l'adret (8%) sur les hauts de pente (les placettes du bas de l'adret n'ayant pas eu de note de jaunissement n'ont pas pu être comparées).

Globalement, c'est tout le versant ubac qui est plus atteint que celui de l'adret. Les différences altitudinales pour la défoliation sont moins importantes à l'ubac à l'exception toutefois de la tranche des 40%. La défoliation sur l'ubac atteint en 1997 sur toutes les parcelles environ 40% contre 17% sur l'adret relevée en 1996.

Le jaunissement et, par delà, l'endommagement réel sont nettement plus marqués en haut de pente sur le versant exposé au Nord.

En conclusion, bien que les notations n'aient pas été effectuées la même année, les résultats obtenus, surtout sur l'ubac et dans une moindre mesure sur l'adret, sont inquiétants. La comparaison montre un endommagement supérieur à la moyenne nationale et à la moyenne européenne. La sensibilité génétique, l'âge des arbres, les aquifères de pente circulants susceptibles de lessiver les éléments nutritifs les plus mobiles, pourraient intervenir lorsqu'il existe des conditions pédologiques difficiles sur les hauts de versants. Mais ceci ne se répercute pas en bas de pente où l'asphyxie racinaire ne permet pas aux arbres de profiter de l'apport de nutriments provenant du haut (DALSTEIN, 1997).

Les épisodes de pollution aigüe par l'ozone, déjà constatés dans cette vallée (DALSTEIN et al, 1996 ; DALSTEIN, 1997), pourraient aggraver l'action

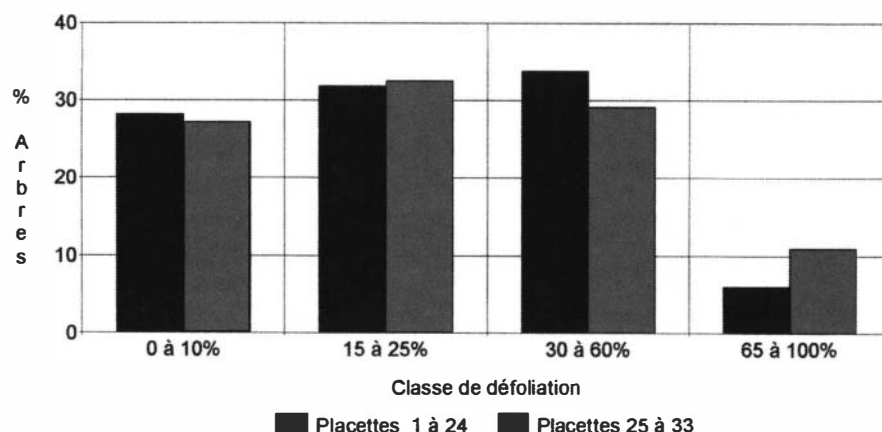


Fig. 3 : Pourcentage d'arbres par classe de défoliation - Comparatif des parcelles 1 à 24 et 25 à 33 sur l'ubac du vallon de Mollières

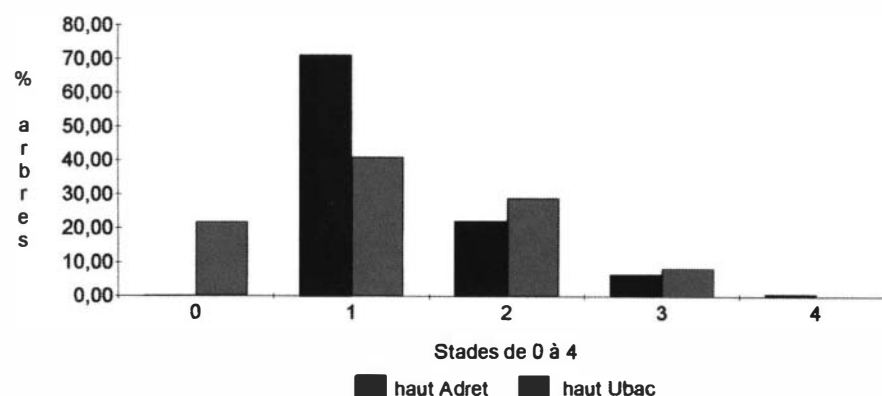


Fig. 4 : Histogramme de répartition des arbres par stades de jaunissement de 0 à 4. - Comparatif des parcelles 14 à 49 et 25 à 33 sur les parties hautes de l'adret et l'ubac du vallon de Mollières

d'autres agents telle qu'une malnutrition. L'absorption du polluant à l'ubac serait favorisée par l'ouverture plus facile des stomates (HILDEBRAND, 1994 ; HILDEBRAND *et al*, 1996). L'humidité souvent repérée, couplée à un ensoleillement moindre du versant nord, seraient des facteurs défavorables, fragilisant l'état de santé général des houppiers.

Dans ces zones peu fréquentées, on note également une fermeture du couvert et un vieillissement du peuplement parmi les résineux. Toutes les transformations de conditions de milieu liées aux modifications de l'occupation des sols peuvent intervenir dans l'interprétation de l'état de santé général de ces arbres surtout parmi les plus anciens.

Les actions simultanées du milieu, de l'exposition et des apports atmosphériques fourniraient donc une explication pluricausale aux endommagements visibles : plus marqués dans la saison de végétation sur les versants ombragés et humides en raison de la capacité d'ouverture stomatique accrue des arbres occupant ces milieux. La fragilité des arbres serait ensuite accentuée par l'infestation de petits pathogènes secondaires (cryptogames : *Lophodermium pinastri* ; *Leptostroma pinorum* ou pucerons : *Pineus cembrae* et *Cinara cembrae*) se développant sur les individus affaiblis, comme les études précédentes ont pu le montrer (DALSTEIN, 1997).

Toutefois, une notation simultanée faite la même année sur l'ubac et sur



Photo 2 : Cembro jaunissant dans le Vallon de Mollières

Photo G.B.C.

l'adret semble indispensable pour confirmer les différences, notées grâce aux premières investigations, entre les deux expositions. Les variations inter-annuelles semblent en effet pouvoir être de forte amplitude. De plus, un suivi à long terme de l'évolution de cette forêt fournirait des éléments enrichissants pour la connaissance d'écosystèmes évoluant naturellement dans des sites protégés tels que ceux des Parcs Nationaux.

L.D.

Bibliographie

- CE-NU/CEE., (1994).- Etat des forêts en Europe. Résultats de l'inventaire 1993. Commission européenne. Commission économique pour l'Europe des Nations Unies. CE-NU/CEE, Bruxelles, Genève, 45 p.
- CEC-UN/ECE., (1994).- Essences forestières méditerranéennes. Evaluation de l'état des huppriers. Commission des Communautés Européennes. Commission économique pour l'Europe des Nations Unies. CEC-UN/ECE, Brussels, Geneva.
- DALSTEIN L., (1997). - Etat physiologique des cembraies du Mercantour et du Queyras en liaison avec la pollution

atmosphérique et les facteurs écologiques. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Aix-Marseille, 229 p.

DALSTEIN L., GARREC J.P., BONNEAU M., (1996) - La santé de la forêt d'Arolle du Mercantour. *For. Med.*, t XVII, n°2, pp 89-96.

DALSTEIN L., GARREC J.P., BONNEAU M., (1997) - Jaunissement et vitalité du Pin cembro dans le Mercantour. *Rev.For.Fr.*, XLIX, n°1, pp 41-48.

DEPARTEMENT DE LA SANTE DES FORETS., (1994).- Protocole pour les observations. Réseau de surveillance de l'état sanitaire des forêts (réseau européen). Ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation. DERF, Paris, 107 p.

HILDEBRAND ES., (1994).- Incidence of ozone-induced injury on sensitive hardwood species in Shenandoah National Park, VA. MS Thesis The Pennsylvania State University, University Park, 198 p.

HILDEBRAND ES, SKELLY JM, FREDERICKSEN TS., (1996).- An analysis of three year (1991-1993) trend plot data on the foliar response of ozone-sensitive hardwood tree species in the Shenandoah National Park, Virginia. *Can J. For. Res* n°26, pp 658-669.

ULRICH E, LANIER M., (1996).- RENE-COFOR- Etat sanitaire des peuplements du réseau en 1994 et 1995. O.N.F., département des recherches techniques. I.S.B.N.2- 84207-047-X, 36 p.

Remerciements :

Je remercie Monsieur M.Bonneau pour les nombreux conseils fournis dans l'interprétation des résultats. Je remercie également madame Normand, messieurs Benezit et Robini pour leur aide technique. Cette étude a bénéficié de l'appui financier du Ministère de l'Environnement, du Conseil Régional de Provence Alpes Côte d'Azur, des Parcs Nationaux et Régionaux du Mercantour et du Queyras et de GDF des Alpes Maritimes.

Résumé

Des dommages foliaires sont observés depuis plusieurs années parmi les conifères d'altitude du Parc National du Mercantour. Jaunissement et défoliation ont ainsi été repérés sur pins cembro et mélèzes. Durant deux années, cette étude a évalué le pourcentage d'arbres endommagés observés dans le vallon de Mollières. Afin de mieux comprendre les causes susceptibles d'intervenir dans ces anomalies foliaires, des critères ont été pris en compte : exposition, pente, altitude, type d'humus, âge approximatif des arbres.

Summary

Foliage damage has been observed for several years among the high-altitude conifers of the Mercantour National Park. Many Larch and Arolla pines turn yellow or shed their needles. For two years, the present study has assessed the percentage of damaged trees in the Mollières vale. In order to better understand, the factors likely to cause foliage damage we have taken into account several criteria such as: exposure, gradient, altitude types of soil and approximate age of the trees.

Riassunto

Da alcuni anni si sono osservati danni fogliari fra le conifere d'alta quota del Parco Nazionale del Mercantour. Si sono così rinvenuti ingiallimento e defogliazione su pino cembro e larice. Nell'arco di due anni questo studio ha valutato la percentuale di alberi danneggiati nel vallone di Mollières. Per meglio comprendere le possibili cause che intervengono in queste anomalie fogliari, si sono tenuti in conto alcuni parametri: esposizione, altitudine, pendenza, tipo d'humus, età approssimativa degli alberi.