

Diss. ETH Nr. 13584

**Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses  
in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neuenburger Jura)**

Abhandlung zur Erlangung des Titels  
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Philippe Duc  
dipl. Forsting. ETH  
von Villars-Bramard (VD)  
geboren am 13.8.1962 in Bern

Angenommen auf Antrag von:  
Prof. Dr. J.-Ph. Schütz, Referent  
Prof. Dr. P. Bachmann, Korreferent

2000

## Zusammenfassung

Die Nachwuchspflege im Plenterwald ist im Gegensatz zur Jungwaldpflege im gleichförmigen Hochwald kaum untersucht. Quantitative Angaben zur Nachwuchspflege werden als Grundlage für die waldbauliche Planung in stufigen Wäldern und für Waldentwicklungsmodelle benötigt. Zudem können davon Impulse zur Rationalisierung der Jungwaldpflege gleichförmiger Wälder ausgehen. Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, den Zustand, die Entwicklung und die heutige Pflege des Nachwuchses im Plenterwald zu analysieren und aus den Ergebnissen ein rationelles Konzept für die Nachwuchspflege im Plenterwald der montanen Stufe abzuleiten.

Im Val-de-Travers (Kanton Neuenburg, Schweizer Jura) wurden in der unteren montanen Stufe 18 zu pflegende Flächen von 0,4 bis 1,0 ha untersucht, nämlich 14 in Nord- und 4 in Südexposition. Der Bestandesaufbau wurde durch Vollkluppierung aller Bäume ab 7,5 cm BHD und durch stichprobenweise Erhebung der Nachwuchsbäume ab 50 cm Höhe bis 7,4 cm BHD erfasst. Die Nachwuchspflege wurde durch die Zahl und die Baumarten- und Durchmesserverteilung der Aushiebe und der Ausleseebäume, durch die Aushiebsgründe, die Eingriffsstärke und die räumliche Verteilung der Ausleseebäume charakterisiert. Sie wurde durch drei Förstergruppen ausgeführt.

An den Ausleseebäumen der Baumarten Tanne (n=271) und Fichte (n=122) im Bereich 2,5 bis 22,4 cm BHD wurden rund 30 waldbauliche und dendrometrische Merkmale erhoben, an jenen der Baumarten Buche (n=90) und Bergahorn (n=22) 10 Merkmale. Zudem wurden 190 Nadelbäume liegend vermessen. An 750 der 1130 Aushiebe wurden Stammscheiben auf Brusthöhe entnommen. Mit Hilfe logistischer Modelle wurde untersucht, ob die wichtigsten Standorts- und Bestandesfaktoren (Exposition, Bonität, Beschattung, Überschildung, Konkurrenz) den Zustand oder die Entwicklung der Nadelbäume im Nachwuchs beeinflussen und ob zwischen Tannen und Fichten signifikante Unterschiede bestehen. Mit einer verbundenen Stichprobe (n= 79) konnten zudem Unterschiede zwischen den Ausleseebäumen und ihren entfernten Konkurrenten geprüft werden.

Die 18 Flächen weisen grosse Unterschiede im Bestandesaufbau auf. Die Stammzahlen (190 - 310 Stk. mit BHD > 17,4 cm), die Basalflächen (21 - 37 m<sup>2</sup>/ha) und die Vorräte (240 bis 430 m<sup>3</sup>/ha) lagen im normalen Streurahmen der regionalen Forsteinrichtungsergebnisse. Auf den meisten Flächen dominierte die Tanne (Vorratsanteil 36 - 74%) vor der Fichte (8 - 57 V%) und der Buche (3 - 34 V%). Mit Hilfe der Clusteranalyse wurden drei Strukturtypen identifiziert.

Die Dichteverteilung der Nachwuchsbäume auf Stichprobeflächen von 100 m<sup>2</sup> entsprach einer negativen Binomialverteilung. Die Zahl der Nachwuchsbäume zwischen 2,5 und 17,4 cm BHD variierte zwischen 300 und 1100 pro ha. Sie nahm von der BHD-Stufe 5 (2,5-7,4 cm BHD) bis zur BHD-Stufe 15 (12,5-17,4 cm BHD) stetig ab. Die Nachwuchsdichte konnte nicht mit der Plenterstruktur erklärt werden.

Die Nachwuchsbäume waren nicht regelmässig verteilt, sondern überwiegend geklumpt. Die Nachwuchsgruppen waren zwischen 30 und 350 m<sup>2</sup> gross und wiesen eine Dichte von 20 bis 90 Bäumen pro Are (100 m<sup>2</sup>) auf. Die Flächen wiesen im Mittel 5 Nachwuchsgruppen pro ha auf.

Die Ausleseebäume wurden in Abhängigkeit der Baumart und der Baumdimension ausgewählt; dabei gab es Unterschiede zwischen den Förstergruppen. Auf den 18 Flächen wurden zwischen 10 und 90 Ausleseebäume pro ha, überwiegend im Bereich von 10,0 bis 22,0 cm BHD, ausgewählt. Die Hälfte aller Ausleseebäume waren Tannen, ein Viertel Fichten und ein Viertel Laubbäume. Die Ausleseebäume wurden meist durch Entfernung eines einzigen Konkurrenten gefördert.

Die Wahl der Aushiebe war ebenfalls abhängig von den Baumarten und von den Förstergruppen; sie erfolgte vorwiegend im Bereich von 2,5 bis 17,4 cm BHD. Die Zahl der Aushiebe lag auf den 18 Flächen zwischen 40 und 240 Stk. pro ha und war stark mit der Ausgangsstammzahl korreliert. Entsprechend nahm die mittlere Zahl der Aushiebe mit zunehmendem BHD ab, und die häufigen Baumarten Buche und Tanne waren im Aushieb wesentlich zahlreicher vertreten als die Fichte. Wichtigste Aushiebsgründe waren die Entfernung von Konkurrenten und negative Auslese.

Durch den Vergleich der Nachwuchspflege auf einer Testfläche wurden drei Förstergruppen mit unterschiedlichem Anzeichnungsverhalten identifiziert; mit Hilfe von Aushiebsmerkmalen konnte eine moderne, eine klassische und eine konservative Nachwuchspflege charakterisiert werden.

Mehr als die Hälfte der Ausleseebäume von Tanne und Fichte waren nicht überschirmt, wuchsen in Nachwuchsgruppen mit mindestens 4 Nachbarn auf, wiesen einen bis zwei direkte Konkurrenten auf und wurden durch den Hauptbestand nur mässig beschattet. Überschirmte oder einzeln wachsende Nachwuchsindividuen wurden dagegen selten als Ausleseebäume gewählt. Die Ausleseebäume waren deutlich feinastiger und wurzelten symmetrischer als ihre ausscheidenden Nachbarn. Zudem wiesen sie grössere Baumhöhen, grössere Kronenansatzhöhen und dadurch etwas kleinere relative Kronenlängen auf. Obwohl etwas stärker beschattet und konkurrenziert, wiesen sie in den letzten 20 Jahren einen grösseren Höhenzuwachs auf als ihre Konkurrenten.

Der Schlankheitsgrad (h/d-Wert) der ausgewählten Nadelbäume schwankte zwischen 60 und 120 und hing v.a. von der seitlichen Konkurrenz ab, oberhalb von 10 cm BHD auch vom Standort. Starke Beschattung und grosse seitliche Konkurrenz führten zur Bildung kleinerer Kronenlängen. Tannen und Fichten wiesen bei gleichem BHD ähnliche Baumhöhen und Lichtkronenlängen auf. Die grössere relative Kronenlänge der Fichte war auf eine längere Schattenkrone zurückzuführen. Die astfreie Schaftlänge hing von der Baumdimension, von der Baumart und von der seitlichen Konkurrenz ab. Ab 15 cm BHD wiesen die Tannen eine astfreie Schaftlänge von 2 bis 3 m, die Fichten eine solche von 1 bis 2 m auf. Innerhalb derselben BHD-Stufe waren Fichten nicht feinastiger als Tannen. Die Ausleseebäume von Tanne und Fichte wiesen zwar nur wenig Krankheiten oder Verletzungen auf, erfüllten aber nur zur Hälfte alle waldbaulichen Anforderungen.

Das Alter der Aushiebe streute stark und war mit dem BHD nicht signifikant korreliert. Die Tannenstangen (ab 12,5 cm BHD) wiesen mit 60 bis 140 Jahren das höchste Alter auf. Buchen- und Fichtenstangen wiesen mit 50 bis 100 Jahren keinen Altersunterschied auf, und die übrigen Laubbäume (v.a. Ahorn und Esche) wiesen mit 40 bis 80 Jahren das geringste Alter auf. Die Durchmesserentwicklung der Nachwuchsbäume verlief sehr langsam: 90% der Nadel- und 50% der Laubbäume wiesen einen Engkern mit mittleren Jahrringbreiten von weniger als 1 mm auf. Der Unterdrückungszeitraum schwankte dabei zwischen 10 und 100 Jahren.

Der Durchmesserzuwachs der Ausleseebäume lag in den letzten Jahren zwischen 2 und 8 mm/J. Geringe Beschattung, fehlende Überschirmung und fehlende seitliche Konkurrenz wirkten sich positiv auf den BHD-Zuwachs aus, mittlere bis grosse seitliche Konkurrenz negativ. BHD und relative Kronenlänge erklärten zusammen mit den Merkmalen Beschattung, Überschirmung und Konkurrenz je nach Standort zwischen 26 und 70% der Gesamtvarianz des BHD-Zuwachses. Der Höhenzuwachs der Ausleseebäume schwankte zwischen 5 und 70 cm pro Jahr und war vom BHD und von der Beschattung abhängig, nicht aber von der seitlichen Konkurrenz. BHD und relative Kronenlänge erklärten zusammen mit der Beschattung, der Konkurrenz und/oder der Überschirmung, je nach Standort zwischen 41 und 70% der Gesamtvarianz des Höhenzuwachses.

Das Konzept für die Nachwuchspflege in Plenterwäldern auf Kalkstandorten der montanen Stufe: Innerhalb der visuell erfassbaren Pflegezellen werden alle Nachwuchsgruppen identifiziert. In gemischten Nachwuchsgruppen mit Oberhöhe von weniger als 5 m beschränkt sich die Pflege auf eine allfällige Mischungsregulierung. Die optimale Baumartenmischung wird in Abhängigkeit des Standortes und der Verträglichkeit der beteiligten Baumarten festgelegt. Momentan seltenere, erwünschte Baumarten werden dabei gefördert. Laub- und Nadelbäume sollen wegen ihrer unterschiedlichen Kronengrösse und Entwicklung gruppenweise entmischert werden. Fichten und Tannen dagegen können einzeln bis truppweise gemischt aufwachsen. Vorwüchsige Individuen schlechter Qualität, welche die Entwicklung der Nachwuchsgruppe behindern, sollen entfernt werden. In den aufsteigenden Nachwuchsgruppen mit einer Oberhöhe zwischen 5 und 10 m werden Ausleseebäume im Abstand von 6 bis 8 m ausgewählt und deren schärfster Konkurrent entfernt. Ab 10 m Höhe bzw. 12 cm BHD erfolgt die Auswahl der Ausleseebäume im Abstand von 10 bis 15 m.

Die Ausleseebäume müssen bezüglich der Vitalitäts-, Stabilitäts- und Qualitätsmerkmale die selben Anforderungen erfüllen wie in gleichförmigen Hochwäldern und sollten nicht überschirmt sein. Je nach Zielsetzung und Astigkeit müssen die Nadelbäume allenfalls künstlich geastet werden. In Nachwuchsgruppen mit geringem Höhenzuwachs wird keine positive Auslese durchgeführt.

## Summary

Tending of recruitment is well studied in homogeneous forests, but hardly examined in selection forests. Data on tending are needed as a basis for silvicultural planning in multi-layered forests and for models of forest dynamics. Apart from this, a better understanding of tending in selection forests could provide input to the rationalization of tending in homogeneous forests. The goal of this study was to assess the status, development and current practice of tending of the recruitment in selection forests, and to derive a concept for an effective tending of recruitment in selection forests of the montane altitudinal zone.

In the lower montane zone of Val-de-Travers (canton of Neuchatel, Swiss Jura), 18 plots with an area between 0.4 and 1.0 hectares were studied, namely 14 on north and 4 on south exposure. The stand structure was assessed by full callipering of all trees above 7.5 cm DBH, and by sampling recruitment greater than 50 cm up to 7.4 cm DBH. The tending practice was characterized by the number, the tree species and the diameter distribution of the cuttings and of the elite trees. I additionally recorded the reasons for cutting, the tending impact and the spatial distribution of the elite trees. Three groups of foresters carried out the interventions.

The elite trees of silver fir ( $n=271$ ) and Norway spruce ( $n=122$ ) between 2.5 and 22.4 cm DBH were characterized by approximately 30 silvicultural and dendrometrical measurements, those of European beech ( $n=90$ ) and sycamore maple ( $n=22$ ) by 10 measurements. Stem disks were taken at breast height from 750 of the 1130 cuttings. Besides 190 felled coniferous trees were measured. Logistic regression models were used to examine whether the most important site and stand factors (i.e. exposure, soil fertility, shading, sheltering, competition) influence status or development of the coniferous trees in the recruitment. Different models (GLM, analysis of covariance, logistic regression) were used to test the difference between fir and spruce. Moreover, the differences between elite trees and their cut competitors were analysed with a matched sample ( $n=79$ ).

The 18 plots differed greatly with respect to the stand structure. The stem numbers (190 - 310/ha with DBH > 17.4 cm), the basal area (21 - 37 m<sup>2</sup>/ha) and the growing stock (240 - 430 m<sup>3</sup>/ha) were within the range usually found in regional forest inventories. On most plots fir dominates (36 - 74% of growing stock) before spruce (8 - 57%) and beech (3 - 34%). Three structure types were identified using cluster analysis.

The density distribution of recruitment on sample plots of 100 m<sup>2</sup> corresponded to a negative binomial distribution. The number of young trees between 2.5 and 17.4 cm DBH varied between 300 and 1100/ha. It is highest in in DBH class 5 (2.5-7.4 cm DBH) and decreased constantly to DBH class 15 (12.5-17.4 cm DBH). The density of recruitment did not depend on stand structure. The recruitment was not regularly distributed, but predominantly clustered in groups of 30 to 350 m<sup>2</sup>, with a stand density between 20 and 90 trees/100 m<sup>2</sup>. The study areas contained five groups of recruitment per ha in the average.

The elite trees were selected depending on tree species and tree size. There were significant differences between the groups of foresters. Between 10 and 90 trees/ha were selected on the 18 plots, predominantly within the range of 10.0 to 22.0 cm DBH. Half of the elite trees were firs, a quarter spruce and a quarter deciduous trees. The selected elite trees were usually promoted by cutting a single competitor.

The selection of cuttings depended likewise on tree species and on groups of foresters; it predominantly carried out within the range of 2.5 to 17.4 cm DBH. The number of cuttings within the 18 plots was between 40 and 240 stems/ha and was strongly correlated with the initial stand density. Accordingly, the average number of cuttings decreased with increasing DBH. In comparison to spruce, beech and fir were overrepresented in the cuttings. The most important reasons for cutting a tree were the promotion of an elite tree and negative selection. A tending exercise on a test plot with 12 foresters enabled three groups with different tending behaviors to be identified; a modern, a classical and a conservative tending could be characterized with different indicators.

More than half of the elite trees of fir and spruce are not sheltered, grow up in groups of recruitment with at least 4 neighbours, have one or two direct competitors and are only moderately shaded from the main stand. Young trees under the shelter of bigger trees or trees growing individually were rarely selected as elite trees. The selected elite trees have thinner branches and more symmetrical roots than their felled neighbours. Moreover, they are taller and their crown base is higher, so that they have a smaller relative crown length than their competitors. Although the elite trees were slightly more shaded and experienced higher competition, they had grown faster in height in the last 20 years than their competitors.

The coefficient of slenderness ( $h/d$  value) of the investigated conifers varied between 60 and 120 and depended at first on lateral competition, and above 10 cm DBH also on site conditions. Strong shading and strong lateral competition were connected to shorter crowns. Fir and spruce of similar DBH showed similar tree height and light crown length. The larger relative crown length of spruce trees was due to a longer shaded crown. The length of the stem section free of branches depended on tree size, tree species and lateral competition. The length of the stem section free of branches was, in trees with more than 15 cm DBH, 2 - 3 m in fir, and 1-2 m in spruce. Within the same DBH class, the branches of spruce trees were not thinner than those of fir. Although the elite trees of fir and spruce had only few diseases or injuries, only have of them meet all desirable silvicultural requirements.

The age of the analyzed cuttings highly varied and was not significantly correlated with the DBH. Fir trees above 12.5 cm DBH had the highest age with 60 to 140 years, the remaining deciduous trees had the lowest age with 40 to 80 years. Beech and spruce trees were usually 50 to 100 years old. The diameter increment of the recruitment was very small: 90% of the coniferous and 50% of the deciduous trees had a narrow ring with average annual ring widths below 1 mm. The suppression period varied between 10 and 100 years.

The diameter increment of the elite trees ranged between 2 and 8 mm/year in the last few years. Low shading, missing shelter and missing lateral competition were positively correlated to the DBH increment, while moderate to strong lateral competition had a negative effect. DBH and relative crown length explain, together with shading, sheltering and competition, between 26 and 70% of the total variance of DBH increment. The height increment varied between 5 and 70 cm/year and depended likewise on DBH and shading, but not on lateral competition. DBH and relative crown length explained, together with shading, competition and/or sheltering, between 41 and 70% of the total variance of the height increment.

The following concept for tending in selection forests of the lower montane zone on limestone is as follows: Within visually detectable tending areas, all groups of recruitment are identified. In mixed recruitment groups with dominant height of less than 5 m the tending is limited to a potential mixture adjustment. The optimal tree species mixture is determined depending on site conditions and the mutual compatibility of the tree species involved. Rare and silviculturally desirable tree species are thereby promoted. Mixture of deciduous and coniferous trees are separated groupwise because of their different crown size and crown development. Spruce and fir, on the other hand, can grow up mixed individually or in small groups ( $< 500 \text{ m}^2$ ). Predominant individuals of low quality, which impede the development of the recruitment groups, are removed. In recruitment groups with a dominant height between 5 and 10 m and with trees that show their potential to reach the canopy, elite trees are selected at a distance varying from 6 to 8 m, and the strongest competitor of each elite tree is removed. Above 10 m height or 12 cm DBH, the elite trees are selected at a distance of 10 to 15 m. The elite trees must meet the same requirements regarding vitality, stability and quality as do elite trees in homogeneous forests. Moreover, they should not be sheltered. Depending on management objective and branchiness, coniferous elite trees should be pruned. In groups of recruitment with small height increment, no positive selection is executed.

## Résumé

Les soins culturaux apportés au recrutement dans la forêt jardinée n'ont pas fait l'objet de nombreuses études, contrairement à celles portant sur les soins aux jeunes peuplements dans la futaie régulière. Les soins au recrutement nécessitent donc d'être documentés par des données chiffrées qui serviront de base à la planification sylvicole dans les forêts étagées ainsi qu'aux modèles de développement de la forêt. Ces données pourront également suggérer de nouvelles idées utiles à la rationalisation des soins aux jeunes peuplements des forêts régulières. Ce travail a pour objectif d'analyser l'état et le développement du recrutement en forêt jardinée, de dresser le bilan des soins qui lui sont actuellement apportés et d'utiliser les résultats pour établir un concept rationnel des soins au recrutement en forêt jardinée à l'étage montagnard.

L'étude porte sur 18 placettes de 0,4 à 1,0 ha sélectionnées dans le Val de Travers (canton de Neuchâtel, Jura suisse). Situées à l'étage montagnard inférieur, 14 de ces placettes sont exposées au nord et 4 au sud. La structure du peuplement a été déterminée par un inventaire intégral des arbres d'un DHP supérieur à 7,5 cm et par un relevé par échantillonnage d'arbres d'une hauteur de 50 cm et plus et d'un DHP allant jusqu'à 7,4 cm. Les soins culturaux ont été caractérisés par les critères suivants: nombre d'arbres d'élite et d'arbres coupés, répartition du diamètre de ces arbres et des essences auxquelles ils appartiennent, cause de l'élimination, intensité de l'intervention et répartition spatiale des arbres d'élite. Ces soins ont été apportés par trois groupes de forestiers.

Chez les arbres d'élite, 30 critères d'ordre sylvicole et dendrométrique ont été relevés sur les sapins (n=271) et les épicéas (n=122) d'un DHP entre 2,5 et 22,4 cm; 10 de ces critères ont été relevés sur les hêtres (n=90) et les érables sycomores (n=22). En outre, un grand nombre de données ont été collectées sur 190 résineux couchés. Un disque de bois a été prélevé, à hauteur de poitrine, sur 750 des 1130 arbres coupés. Des modèles logistiques ont permis d'étudier si les principaux facteurs liés à la station et au peuplement (exposition, fertilité, ombrage, recouvrement, concurrence) avaient influencé l'état ou le développement des résineux dans le recrutement et s'il existait des différences significatives entre les sapins et les épicéas. A l'aide d'un échantillon apparié (n= 79), nous avons examiné les différences entre les arbres d'élite et leurs concurrents destinés à l'élimination.

Les 18 placettes présentent de grandes différences dans la structure du peuplement. Le nombre d'arbres (190 à 310 individus d'un DHP > 17,4 cm), la surface terrière (21 à 37 m<sup>2</sup>/ha) et le matériel sur pied (240 à 430 m<sup>3</sup>/ha) se situaient dans la marge de dispersion normale des résultats régionaux de l'aménagement forestier. Les essences dominantes ont été le sapin (taux de présence 36 à 74%), l'épicéa (8 à 57 %) et le hêtre (3 à 34 %) sur la plupart des placettes. Trois types de structure ont été caractérisés sur la base d'une analyse de classification.

La répartition de la densité du recrutement, observée sur des placettes d'échantillonnage de 100 m<sup>2</sup>, correspondait à une répartition binomiale négative. Le nombre d'arbres d'un DHP entre 2,5 et 17,4 cm a varié entre 300 et 1100 pieds par ha. Puis il a constamment diminué à partir de la classe de DHP 5 (2,5 à 7,4 cm de DHP) jusqu'à la classe 15 (12,5 à 17,4 cm de DHP). Aucune relation n'a pu être établie entre la densité du peuplement et la structure de la forêt jardinée. Les arbres du recrutement n'étaient pas régulièrement répartis mais ils formaient généralement des groupes serrés. Ces derniers occupaient une surface de 30 à 350 m<sup>2</sup> et comptaient entre 20 et 90 arbres par are (100 m<sup>2</sup>). Les surfaces présentaient en moyenne 5 groupes d'arbres par ha.

Les arbres d'élite ont été choisis en fonction de l'essence et de la dimension de l'arbre; soulignons ici que le choix a été différent d'un groupe à l'autre. Les 18 placettes comptaient entre 10 à 90 arbres d'élite par ha; la plupart de ces arbres présentaient un DHP entre 10,0 et 22,0 cm. La sélection a porté sur 50% de sapins, 25% épicéas et 25% de feuillus. En général, les forestiers ont éliminé un seul concurrent pour élargir l'espace nécessaire aux arbres d'élite.

Le choix des arbres destinés à la coupe sur ces 18 placettes s'est également effectué en fonction de l'essence; il a aussi dépendu de l'appréciation du groupe de forestiers; il s'agissait principalement

d'arbres d'un DHP de 2,5 à 17,4 cm. On en a compté entre 40 et 240 par ha; le choix des arbres à éliminer était en étroite corrélation avec le nombre initial de tiges. En conséquence, le nombre moyen d'arbres coupés a diminué avec l'augmentation du DHP; il était beaucoup plus élevé chez le hêtre et le sapin que chez l'épicéa. La nécessité d'éliminer un concurrent ainsi que la sélection négative ont été les principaux facteurs qui ont dicté ce choix.

Une comparaison des soins culturaux apportés au recrutement sur une surface-test a permis de caractériser trois groupes de forestiers dans leur approche lors du martelage; d'après les critères utilisés pour juger des paramètres portant sur la coupe, la pratique des soins culturaux a reflété trois méthodes: une méthode moderne, une méthode classique et une méthode conservatrice.

Plus de la moitié des sapins et des épicéas choisis comme arbres d'élite n'étaient pas sous couvert; ils grandissaient dans des groupes d'arbres comptant 4 voisins au moins; ils avaient un ou deux concurrents directs et étaient modérément ombragés par le peuplement principal. Par contre, les arbres sous couvert ou ceux du recrutement qui croissaient isolément n'ont été que rarement sélectionnés. Les arbres d'élite choisis présentaient des branches plus fines et des racines plus symétriques que celles de leurs voisins destinés à la coupe. Ils étaient aussi plus grands, la base du houppier était plus élevée et ce dernier était donc un peu moins allongé. Bien que ces arbres aient été un peu plus ombragés et davantage exposés à la concurrence, leur accroissement en hauteur a été meilleur, ces 20 dernières années, que celui de leurs concurrents.

Le coefficient d'élancement (valeur h/d) des résineux choisis a varié entre 60 et 120; il a dépendu entre autres de la concurrence latérale ainsi que de la station pour les arbres d'un DHP supérieur à 10 cm. Un large ombrage et une forte concurrence latérale ont exercé une influence négative sur la longueur du houppier. Les sapins et les épicéas de même DHP présentaient des hauteurs semblables; il en fut de même pour la longueur des houppiers de lumière. Si le houppier était un peu plus long chez les épicéas, cela est dû au fait que le houppier d'ombre est aussi plus long.

La longueur de la tige dépourvue de branches a dépendu de la taille de l'arbre, de l'essence et de la concurrence latérale. Elle était de 2 à 3 m chez les sapins et de 1 à 2 m chez les épicéas lorsque ces arbres atteignaient 15 cm de DHP. A ce même stade de développement, les branches des épicéas n'étaient pas plus fines que celles des sapins. Parmi les arbres d'élite, le sapin et l'épicéa n'ont présenté que peu de maladies ou de blessures certes, mais ils ne répondaient qu'à la moitié des exigences sylvicoles.

L'âge des arbres coupés était très variable; aucune corrélation significative n'a pu être établie entre ce facteur et le DHP. Au stade des perchis (à partir de 12,5 cm de DHP), les sapins représentaient l'essence la plus âgée (entre 60 et 140 ans); les hêtres et les épicéas avaient généralement entre 50 et 100 ans; les autres feuillus (érables et frênes entre autres) étaient les plus jeunes (entre 40 et 80 ans). L'accroissement en diamètre des arbres du recrutement a suivi une évolution très lente: 90% des résineux et 50% des feuillus présentaient un cœur serré avec une largeur moyenne de cernes inférieure à 1 mm. Cette période de compression oscillait entre 10 et 100 ans.

L'accroissement en diamètre des arbres d'élite a été de 2 à 8 mm/an ces dernières années. Un faible ombrage, l'absence de recouvrement et de concurrence latérale ont eu un effet positif sur l'accroissement en DHP tandis qu'une concurrence latérale moyenne à forte a été négative. Le DHP et la longueur relative des houppiers, ainsi que l'ombrage, le recouvrement et la concurrence, ont expliqué entre 26 et 70% de la variance globale de l'accroissement en DHP. Ces taux sont différents d'une station à l'autre.

L'accroissement en hauteur des arbres d'élite a varié entre 5 et 70 cm par année. Il a dépendu également du DHP et de l'ombrage mais il n'était pas lié à la concurrence latérale. Le DHP et la longueur relative des houppiers, ainsi que l'ombrage, le recouvrement et/ou la concurrence, ont expliqué entre 41 et 70% de la variance globale de l'accroissement en DHP. Ces taux sont différents d'une station à l'autre.

Concept de soins culturaux dans les forêts jardinées, sur des stations au sol calcaire, à l'étage montagnard inférieur: les groupes d'arbres du recrutement sont à recenser sur un périmètre équivalant au champ de vision de l'observateur. Dans les groupes d'arbres d'une hauteur dominante inférieure à 5 m, les soins se limiteront à une éventuelle régulation du mélange. Le mélange optimal dépendra de la station et de la compatibilité des essences en question. C'est à ce stade qu'il conviendra de favoriser les essences, momentanément rares, que l'on désire incorporer au mélange. Les résineux et les feuillus formeront des groupes séparés car leur développement et la taille de leur houppier sont différents. Les épicéas et les sapins par contre pourront croître en étant mélangés individuellement ou par touffe. Les individus prédominants de mauvaise qualité qui empêchent le développement d'un groupe d'arbres seront éliminés. Dans les groupes prometteurs d'une hauteur dominante entre 5 et 10 m, le choix des arbres d'élite se portera sur des individus séparés par une distance allant de 6 à 8 m et leurs concurrents les plus redoutables seront éliminés. A partir d'une hauteur 10 m et d'un DHP de 12 cm, cette distance sera de 10 à 15 m. Les arbres d'élite devront remplir les mêmes exigences, en termes de vitalité, de stabilité et de qualité, que ceux des futaies régulières et ils ne devront plus être sous couvert. Selon les buts à atteindre et la nodosité des arbres d'élite, l'élagage artificiel de certains résineux sera éventuellement nécessaire. On s'abstiendra d'effectuer des sélections positives dans les groupes d'arbres présentant un faible accroissement en hauteur.

Traduction: Monique Dousse

### Riassunto

Le cure colturali alla rinnovazione nel bosco disetaneo non sono state studiate quasi per niente, a differenza di quelle al bosco giovane nella fustaia regolare coetanea. Dati quantitativi sulla cura della rinnovazione vengono richiesti quale base per la pianificazione selvicolturale in boschi irregolari e per modelli sullo sviluppo del bosco. Oltre a ciò da questi possono venire nuovi impulsi per una razionalizzazione delle cure dei giovani boschi regolari. Lo scopo di questo lavoro è quello di analizzare lo stato, lo sviluppo e l'attuale cura della rinnovazione nel bosco disetaneo, e formulare, grazie ai risultati, un programma razionale per la cura della rinnovazione nel bosco disetaneo del piano montano.

In Val-de-Travers (Cantone Neuenburg, Giura svizzero), nel piano montano inferiore, sono state studiate 18 aree di 0,4-1,0 ettari (14 esposte a nord, 4 a sud) dove si doveva applicare cure colturali. La struttura del popolamento è stata rilevata mediante cavallettamento totale di tutti gli alberi con diametro a petto d'uomo superiore a 7,5 cm e attraverso il rilievo su base campionaria degli alberi della rinnovazione di altezza superiore ai 50 cm e con diametro fino a 7,4 cm. La cura alla rinnovazione è stata caratterizzata attraverso il numero degli alberi da favorire (alberi d'élite) e di quelli da tagliare, la loro composizione specifica e distribuzione dei diametri, i motivi della scelta, l'intensità dell'intervento e la distribuzione spaziale degli alberi d'élite. Queste cure sono state effettuate da tre gruppi di forestali.

Sugli alberi d'élite di abete bianco (n=271) e di abete rosso (n=122), con diametro compreso fra 2,5 e 22,4 cm, sono state rilevate 30 caratteristiche selvicolturali e dendrometriche, su quelli di faggio (n=90) e di acero di monte (n=22) 10 caratteristiche. Inoltre, sono state misurate 190 conifere atterrate. Da 750 dei 1130 alberi eliminati sono state prelevate rotelle ad altezza 1,3 m (a petto d'uomo). Con l'aiuto di modelli logistici, si è indagato per accertare se i più importanti fattori stazionali e del popolamento (esposizione, fertilità, ombreggiamento, dominanza, concorrenza) avessero influito sullo stato o lo sviluppo delle conifere in rinnovazione e se fra abeti bianchi e abeti rossi siano esistite differenze significative. Con un campionamento appaiato (n=79) possono inoltre venire provate le differenze fra alberi d'élite ed i loro concorrenti eliminati.

Le 18 aree mostrano notevoli differenze nella struttura del popolamento. Il numero di alberi (190-310 individui con diametro superiore a 17,4 cm), l'area basimetrica (21-37 m<sup>2</sup>/ha) e la provvigione (240-430 m<sup>3</sup>/ha) si situano nella normale variabilità dei risultati di assestamento forestale per la regione. Sulla maggior parte delle aree domina l'abete bianco (dal 36 al 74% della provvigione),



prima che l'abete rosso (8-57 %) e il faggio (3-34 %). Con l'aiuto dell'analisi *cluster* sono stati identificati tre tipi strutturali.

La distribuzione della densità della rinnovazione sulle aree campionate di 100 m<sup>2</sup> corrispondeva ad una distribuzione binomiale negativa. Il numero, ad ettaro, di alberi di diametro fra 2,5 e 17,4 cm è variato tra i 300 e i 1100. Poi è costantemente diminuito a partire dalla classe di diametro 5 (da 2,5 a 7,4 cm) fino alla classe 15 (da 12,5 a 17,4 cm). Non si è potuto stabilire nessuna relazione fra la densità del popolamento e la struttura della foresta disetanea. Gli alberi della rinnovazione non erano regolarmente ripartiti ma formavano generalmente dei gruppi serrati. Questi ultimi occupavano una superficie da 30 a 350 m<sup>2</sup> e contavano fra 20 e 90 alberi ad ara (100 m<sup>2</sup>). Le superfici presentavano in media 5 gruppi d'alberi ad ettaro.

Gli alberi d'élite sono stati scelti in funzione della specie e della dimensione dell'albero; vorremmo qui sottolineare che la scelta è stata differente da un gruppo di forestali all'altro. Le 18 aree contavano da 10 a 90 alberi d'élite ad ettaro; la maggior parte di questi alberi presentavano un diametro fra 10 e 22 cm. Sono stati scelti per il 50% abeti bianchi, per il 25% abeti rossi e per il 25% latifoglie. In generale i forestali hanno eliminato un solo concorrente per dare lo spazio necessario agli alberi d'élite.

La scelta degli alberi destinati al taglio su queste 18 aree è stato ugualmente effettuato in funzione della specie; è anche dipeso dalla valutazione del gruppo di forestali; si trattava principalmente di alberi di un diametro compreso fra 2,5 e 17,4 cm. Ne sono stati contati fra 40 e 240 ad ettaro; la scelta degli alberi da eliminare è stata strettamente correlata con il numero iniziale di alberi. Di conseguenza, il numero medio di alberi tagliati è diminuito con l'aumentare del diametro; esso è stato molto più elevato per il faggio e l'abete bianco che per l'abete rosso. La necessità di eliminare un concorrente, così come la selezione negativa, sono stati i principali fattori che hanno dettato questa scelta.

Un confronto delle cure colturali a favore della rinnovazione su una superficie sperimentale ha permesso di caratterizzare tre gruppi di forestali, per quanto concerne il loro approccio durante la martellata; secondo i parametri giudicati da considerare per il taglio, la pratica delle cure colturali ha riflesso tre metodi: un metodo moderno, un metodo classico ed un metodo conservatore.

Più della metà degli abeti bianchi e degli abeti rossi scelti come alberi d'élite non erano cresciuti sotto copertura; essi crescevano in gruppi di alberi di almeno 4 vicini; essi avevano uno o due concorrenti diretti ed erano moderatamente ombreggiati dal popolamento principale. Al contrario, gli alberi sotto copertura o quelli della rinnovazione che crescevano isolatamente non sono stati selezionati che raramente. Gli alberi d'élite presentavano dei rami più fini e delle radici più simmetriche di quelli dei loro vicini destinati al taglio. Essi erano anche più grandi, la base della chioma era più elevata e la lunghezza relativa della chioma era dunque un po' più corta. Nonostante questi alberi fossero stati più ombreggiati ed esposti a concorrenza, il loro accrescimento in altezza è stato migliore, questi ultimi 20 anni, di quello dei loro concorrenti.

Il coefficiente di snellezza (rapporto h/d) delle conifere scelte è variato fra 60 e 120; è dipeso fra l'altro dalla concorrenza laterale, così come dalla stazione per gli alberi di un diametro superiore a 10 cm. Un grande ombreggiamento ed una forte concorrenza laterale hanno esercitato un'influenza negativa sulla lunghezza della chioma. Gli abeti bianchi e gli abeti rossi dello stesso diametro presentavano delle altezze simili; lo stesso dicasi per la lunghezza delle chiome di luce. Se la lunghezza relativa della chioma era un po' più elevata negli abeti rossi, questo era dovuto al fatto che la chioma di ombra è pure più lunga.

La lunghezza del getto sprovvisto di rami è dipesa dalla dimensione dell'albero, dalla specie e dalla concorrenza laterale. Essa era di 2-3 m nell'abete bianco e di 1-2 m negli abeti rossi quando questi alberi raggiungevano 15 cm di diametro. Considerando alberi delle stesse dimensioni, i rami degli abeti rossi non erano più fini di quelli degli abeti bianchi. Fra gli alberi d'élite, l'abete bianco e

l'abete rosso non hanno presentato che poche malattie o chiare ferite, ma, ciononostante, essi non rispondevano che alla metà delle caratteristiche selvicolturali richieste.

L'età degli alberi tagliati era molto variabile; non è stato possibile stabilire alcuna correlazione significativa fra questo fattore ed il diametro. Allo stadio di perticaia (a partire da 12,5 cm di diametro), gli abeti bianchi rappresentavano la specie più vecchia (fra i 60 ed i 140 anni); i faggi e gli abeti rossi avevano generalmente fra 50 e 100 anni; le altre latifoglie (aceri e frassini fra gli altri) erano più giovani (fra 40 e 80 anni). L'accrescimento in diametro degli alberi della rinnovazione ha seguito un'evoluzione molto lenta: il 90% delle conifere ed il 50% delle latifoglie presentavano un cuore serrato con una larghezza media degli anelli di accrescimento inferiore ad 1 mm. Questo periodo di compressione oscillava fra 10 e 100 anni.

L'accrescimento in diametro degli alberi d'élite è stato da 2 a 8 mm/anno, in questi ultimi anni. Un debole ombreggiamento, l'assenza di copertura e di concorrenza laterale hanno avuto un effetto positivo sull'accrescimento in diametro, mentre una concorrenza laterale da media a forte è risultata negativa. Il diametro e la lunghezza relativa delle chiome, così come l'ombreggiamento, la copertura e la concorrenza hanno spiegato, secondo la stazione, fra il 26 ed il 70% della varianza globale dell'accrescimento in diametro.

L'accrescimento in altezza degli alberi d'élite è variato fra 5 e 70 cm ad anno. Esso era, ugualmente, influenzato dal diametro e dall'ombreggiamento, ma non era legato alla concorrenza laterale. Il diametro e la lunghezza relativa delle chiome, come anche l'ombreggiamento, la copertura e/o la concorrenza hanno spiegato, secondo la stazione, fra il 41 e il 70% della varianza globale dell'accrescimento in diametro.

Programmazione di cure colturali nelle foreste disetanee, in stazioni su suolo calcareo, nel piano montano inferiore: i gruppi di alberi della rinnovazione vanno identificati su un perimetro equivalente al campo visivo dell'osservatore. Nei gruppi di alberi di un'altezza dominante inferiore a 5 m, le cure si limiteranno ad una eventuale regolazione del grado di mescolanza. Il grado di mescolanza ottimale dipenderà dalla stazione e dalla compatibilità delle specie in questione. È a questo stadio che converrà favorire le specie, al momento rare, che si desidera avere. Le conifere e le latifoglie formeranno dei gruppi separati poiché il loro sviluppo e la dimensione delle loro chiome sono differenti. Gli abeti rossi e gli abeti bianchi invece potranno crescere mischiati individualmente o a "truppe" (1-5 are). Gli individui predominanti di cattiva qualità che impediscono lo sviluppo di un gruppo di alberi saranno eliminati. Nei gruppi promettenti di un'altezza dominante compresa fra i 5 ed i 10 m, la scelta degli alberi d'élite cadrà su individui separati da una distanza compresa fra i 6 e gli 8 m. I loro concorrenti più forti saranno eliminati. A partire da un'altezza di 10 m e da un diametro di 12 cm, questa distanza sarà di 10-15 m. Gli alberi d'élite dovranno soddisfare le stesse esigenze, in termini di vitalità, di stabilità e di qualità, delle fustaie coetanee e non dovranno più essere sotto copertura. Secondo gli scopi da raggiungere, e la nodosità degli alberi d'élite, la potatura dei rami di alcune conifere sarà eventualmente necessaria. Ci si asterrà dall'effettuare della selezione positiva nei gruppi di alberi che presentano un debole accrescimento in altezza.

Traduzione: Dr. Paolo Cherubini