

## RÉPARTITION, ÉCOLOGIE ET VARIABILITÉ DES SAPINS DE TURQUIE DU NORD :

*Abies nordmanniana* SPACH, *Abies bornmulleriana* MATTFELD,  
*Abies equi-trojani* ASCHERSON et SINTENIS

M. ARBEZ

*Station d'Amélioration des Arbres forestiers,  
Centre national de Recherches forestières, 54 - Nancy  
Institut national de la Recherche agronomique*

### SOMMAIRE

Ce mémoire apporte une contribution à l'étude d'une essence de reboisement déjà utilisée mais encore mal connue : le Sapin de NORDMANN. On regroupe sous ce vocable trois espèces représentées naturellement en Turquie du nord :

*Abies nordmanniana* dont l'aire orientale se prolonge en URSS (Caucase),

*Abies bornmulleriana* largement distribué dans le secteur central,

*Abies equi-trojani*, dont la distribution se limite à quelques stations du secteur extrême occidental.

Après un rapide aperçu du tempérament et des utilisations (actuelles et potentielles) de l'espèce dans les reboisements français, l'exposé précise successivement :

- la répartition et l'écologie des trois espèces (en soulignant les différences éventuelles avec notre sapin indigène : *Abies alba*),
- l'étagement de la végétation et la flore des sapinières.

Puis il aborde l'important problème de la variabilité, après un bref tableau des différents types de forêts rencontrés.

On distingue trois gradients étudiés dans l'ordre suivant :

- variabilité dans le sens est-ouest (caractères morphologiques),
- variabilité dans le sens nord-sud (caractères de forme et de croissance, adaptation à la sécheresse),
- variabilité altitudinale (caractères de forme et d'adaptation).

Les conclusions et les hypothèses sont replacées dans le cadre plus général de l'évolution des sapins méditerranéens.

Le dernier chapitre propose une classification géographique des régions de provenances, destinée à orienter provisoirement le choix des sources de graines à utiliser dans les reboisements français.

Les résultats complets des observations portant sur la variabilité de quelques caractères des aiguilles et du rameau de l'année sont reportés en annexe, à la fin de l'article.

## INTRODUCTION

Selon LÖFTING, les premières introductions européennes de Sapin de NORDMANN remontent à 1838 : les graines ramenées de Russie par le botaniste finlandais NORDMANN provenaient de Géorgie (Bassin supérieur de la Kura, actuelle zone frontière russo-turque) et les premiers peuplements artificiels d'Europe occidentale en dériveraient.

Cette espèce occupe encore une place assez modeste dans nos reboisements en raison des difficultés d'approvisionnement en graines. Seuls quelques peuplements artificiels français sont en mesure d'y pourvoir. La majorité de ces peuplements sont actuellement testés dans une première série d'expériences de provenances. Ces expériences ont déjà mis en lumière les risques d'hybridation naturelle importants avec d'autres sapins du groupe circum-méditerranéen, lorsque la récolte des graines est effectuée dans ces peuplements le plus souvent d'étendue très limitée et mal isolés.

Les principales qualités forestières de l'espèce lui ouvrent des possibilités d'utilisation plus larges que celles du sapin pectiné (*Abies alba* MILL). En raison de sa plasticité, le sapin de NORDMANN peut être utilisé à basse et moyenne altitude, son débourrement tardif lui confère un avantage certain lorsque la station comporte des risques de gelées tardives et il résiste assez bien à la sécheresse estivale. En plus de son utilisation comme suppléant du Sapin pectiné à plus basse altitude il semble qu'il ait un rôle à jouer dans la mise en valeur des moyennes montagnes méditerranéennes françaises (enrésinement de certains taillis improductifs de Chêne pubescent, introduction en mélange avec le Pin noir d'Autriche ou substitution d'espèce dans les cas les plus favorables).

Par ailleurs, la valeur ornementale du Sapin de Nordmann lui permet d'être utilisé dans l'aménagement de certains massifs touristiques.

Les introductions passées n'ont concerné qu'une portion limitée de l'aire de distribution de l'espèce ; l'exploration systématique de la variabilité naturelle, encore pratiquement inconnue, devrait permettre d'en élargir encore les possibilités d'utilisation forestière.

### I. — OBJECTIFS DE L'ETUDE PRELIMINAIRE

Après l'installation des premiers essais de sources de graines artificielles françaises de Sapin de Nordmann en vue d'apporter une réponse rapide aux questions les plus pressantes, l'inventaire de la variabilité naturelle apparaissait comme le préliminaire indispensable à toute amélioration ultérieure de l'espèce.

L'aire de répartition d'*Abies nordmanniana* se trouve partagée entre l'URSS et la Turquie. Bien que les surfaces les plus importantes se trouvent dans le Caucase, il était pratiquement plus facile d'organiser d'abord une mission d'étude en Turquie. Comme en plus d'*Abies nordmanniana*, deux espèces voisines de Sapin sont représentées dans le nord de ce pays : *Abies bornmulleriana* et *Abies equi-trojani*, il semblait logique d'élargir le cadre de nos préoccupations à l'ensemble des trois espèces. Cette mission avait quatre objectifs principaux :

- préciser nos connaissances sur la répartition géographique des 3 espèces de Sapin de Turquie du Nord,
- réunir les premières informations sur les conditions du milieu,
- étudier l'allure de la variabilité naturelle,
- obtenir quelques lots de graines appartenant à un échantillonnage de populations (ou provenances) représentatif de la variabilité naturelle.

Les préoccupations fondamentales illustrées dans les trois premiers points se rattachent à des études de type génécologique : confrontation des lois de la variabilité infraspécifique (caractères botaniques, forme et croissance des arbres), et même inter-spécifique dans le cas particulier (espèces géographiquement voisines et génétiquement apparentées) avec celles des facteurs du milieu. Les conclusions de telles études renseignent sur :

- L'amplitude de la variabilité naturelle qui conditionne les possibilités maximales de gain génétique par sélection de provenances.
- Les lois de cette variabilité, débouchant sur la classification des populations, l'échantillonnage rationnel de l'aire de répartition (études de provenances) et l'orientation provisoire des achats de graines pour les reboisements.
- Les mécanismes probables de la différenciation (hypothèses explicatives).

Elles fournissent aussi les premiers éléments d'un examen critique des espèces traditionnellement reconnues par les botanistes.

Ces études sont donc particulièrement précieuses pour orienter l'amélioration d'espèces forestières encore mal connues comme les Sapins du Caucase et de Turquie du Nord.

## II. — AIRES DE REPARTITION

Il existe, selon les conceptions botaniques traditionnelles trois espèces de Sapin dans les montagnes de Turquie du Nord. Ce sont respectivement d'est en ouest :

— *Abies nordmanniana* SPACH, dont la portion turque de l'aire naturelle occupe les régions d'Artvin à l'est, Gümüşhane et Sebinkarahisar à l'ouest. Il subsiste au moins un peuplement relique très dégradé entre ces deux grandes régions, immédiatement au sud de Çaykara. Cette aire de répartition se prolonge en URSS (contreforts du Caucase) où elle occupe des surfaces beaucoup plus importantes.

— *Abies bornmulleriana* MATTFELD, séparé des peuplements les plus occidentaux d'*Abies nordmanniana* par près de 300 km en droite ligne, et occupant en Turquie l'aire de répartition la plus étendue des trois espèces citées dans les régions de Kastamonu, Bolu et Bursa.

— *Abies equi-trojani* ASCHERSON et SINTENIS, espèce endémique représentée dans les deux massifs montagneux les plus occidentaux, au sud de M.Kemalpaşa et surtout au nord d'Edremit (Kazdag ou Mt Ida).

Ces espèces de Sapin se rencontrent sur près de 1 400 km d'est en ouest, la distance à la mer variant de quelques kilomètres à 130 km dans la zone centrale.

Pour plus de clarté, on a représenté seulement, en figure 2, les limites des aires de répartition ; étant entendu que le tracé de chaque limite constitue en fait « l'enveloppe » de peuplements éparés, les massifs continus les plus importants se situant apparemment dans les régions de Bolu, Karabük et Artvin.

### III. — ECOLOGIE

#### 3.1. — RELIEF ET GÉOLOGIE

La figure 1 donne une représentation schématique du relief :

— Dans la partie orientale (Artvin, Sebinkarahisar) il est caractérisé par l'existence d'une haute chaîne principale (fréquemment 3 000 m et plus) parallèle à la côte de la mer Noire, à laquelle succèdent plus au sud d'autres chaînes grossièrement parallèles. A l'ouest l'altitude décroît progressivement jusqu'à l'embouchure du Kizilirmak.

— Dans la partie centrale (Kastamonu) on retrouve un schéma analogue mais les reliefs sont plus émousés, les chaînes sont moins élevées (1 600-2 000 m) et séparées par de vastes bassins ou de larges vallées.

— Dans la partie occidentale (de Bolu à Edremit) les chaînes sont progressivement remplacées par de courts chaînons discontinus grossièrement orientés NE-SO ou NO-SE.

Dans chaque secteur la sapinière couvre des formations géologiques extrêmement diverses, les roches cristallines (granite) ou métamorphiques (schistes et micaschistes) sont les plus fréquentes mais on trouve également certains peuplements sur roches éruptives ou sédimentaires (calcaire). Dans la zone orientale la nature des roches varie très rapidement sur de faibles distances.

Le sol des sapinières de Turquie du Nord semble généralement apparenté au type « sol brun forestier ».

#### 3.2. — CLIMAT

En l'absence de données climatologiques proprement forestières, les renseignements aimablement communiqués par le Service de la Météorologie nationale

à Ankara permettent seulement de mettre en évidence les différences climatiques importantes qui existent entre les grands secteurs de l'aire de répartition naturelle. Les valeurs des paramètres cités devraient être corrigées en fonction de l'altitude des forêts et de leur influence climatique propre (augmentation des précipitations et atténuation des écarts de température).

### 3.21. — *Température*

— Sur la côte, la température moyenne annuelle est voisine de 14 °C, elle augmente légèrement à l'extrême est (Hopa) comme à l'extrême ouest (Çanakkale) tandis que les minimums absolus diminuent assez régulièrement d'est en ouest. Le climat est plus doux et les écarts de température moins accentués dans la partie extrême orientale de la mer Noire (Hopa). Les dernières gelées surviennent généralement en avril (ou même mars).

— La continentalité se traduit par une diminution rapide de la température moyenne annuelle et des minimums absolus :

Kastamonu : alt. 800 m, t. moy. 9,8 °C, mini. absolu -27 °C.

Les dernières gelées surviennent en mai.

### 3.22. — *Précipitations*

— Dans la zone côtière, la pluviométrie moyenne annuelle diminue schématiquement d'est en ouest.

Très forte dans la zone extrême orientale, la pluviométrie diminue ensuite pour accuser un deuxième maximum moins important dans la zone centrale et fléchir nettement plus à l'ouest :

Hopa (2 077 mm), Cide (1 221 mm), Canakkale (627 mm).

*Abies nordmanniana* et *Abies bornmulleriana* ont trouvé leur optimum de végétation et leur extension maximum (nombre et étendue des peuplements) dans les deux secteurs les plus arrosés : les secteurs extrêmes oriental et central. La zone de séparation entre les deux espèces, large d'environ 300 km, correspond précisément à l'abaissement de la chaîne côtière et à la diminution des précipitations annuelles.

Le régime des précipitations est caractérisé par un maximum de saison froide et un minimum de printemps (mai). Dans la zone extrême occidentale, le minimum est atteint en été. Sauf dans cette zone où la saison sèche est plus marquée, les précipitations du mois le plus sec sont toujours supérieures à 30 mm. Dans le secteur extrême oriental, la sécheresse estivale est biologiquement inexistante et les chutes de neige sont beaucoup plus abondantes (sans être cependant plus fréquentes).

— En l'absence de vallée importante favorisant la pénétration des influences maritimes\*, l'action de la continentalité sur le climat des stations intérieures est accentuée par l'orientation et l'altitude des chaînes côtières. Elle se traduit par une diminution rapide des précipitations totales,

Giresun (alt. 33 m) côte de la mer Noire = 1 300 mm ;

Sebinkarahisar (alt. 1 300 m) 70 km au sud = 570 mm

et l'inversion de leur régime : maximum de printemps (mai) et minimum d'été très accusé (précipitations inférieures à 20 mm en août). Les peuplements de la zone occidentale ne subissent pratiquement pas l'influence de la continentalité (maximum de saison froide).

Altitude mise à part, le gradient de différenciation climatique qui se manifeste du nord au sud sous l'influence croissante de la continentalité semble prépondérant. Le gradient est d'autant plus rapide que la chaîne côtière est plus élevée et continue.

Comparée à l'étalement des aires de répartition d'est en ouest (1 400 km) les différences climatiques dans ce sens apparaissent relativement modestes : la mer Noire est un puissant facteur d'uniformisation. Seuls les secteurs extrême occidental (influences méditerranéennes) et extrême oriental sont franchement différenciés.

Le tableau I donne de plus amples détails sur la variabilité des conditions climatiques.

Il est plus difficile de préciser les conditions climatiques propres aux forêts des différentes régions. Partant des renseignements des stations météorologiques les plus proches et des lois de variation moyennes de la température et des précipitations avec l'altitude, on peut obtenir une *estimation* approchée des conditions qui règnent en *limite inférieure de végétation* :

Température : 7,5 à 10,5 °C.

Précipitations : 600 à 1 500 mm.

Indice d'aridité\*\* : 30 à 75.

Par comparaison, rappelons les conclusions de ROUJON concernant les limites de distribution naturelle du Sapin pectiné en France :

Température : 8 °C.

Précipitations : 800 mm.

Indice d'aridité : 45.

Les seuils de végétation du Sapin de NORDMANN diffèrent profondément d'une région de l'aire naturelle à l'autre, en liaison avec la variation génétique de

\* Dans la région d'Artvin, les influences maritimes qui empruntent la vallée de la Çoruh atténuent la continentalité du climat.

\*\* L'indice d'aridité, défini par de MARTONNE, correspond à l'expression  $I = \frac{P}{T+10}$  ( $P$  = précipitations moyennes annuelles en mm,  $T$  = température moyenne annuelle en °C).

TABLEAU 1

Variabilité des conditions climatiques en fonction de la longitude et de la continentalité. (D'après les données du Service de la Météorologie Turque)  
Les stations côtières sont classées d'est en ouest et sont en caractères gras ; les stations intérieures correspondant à chacune d'entre elles lui succèdent immédiatement du nord au sud.

Stations	Altitude (m)	Température moyenne annuelle (°C)	Minima absolus (°C)	Pluviométrie moyenne annuelle (mm)	Quantièmes des mois les moins pluvieux et du minimum ( )	Minimum des précipitations mensuelles (mm)	Quantièmes des mois les plus pluvieux et du minimum ( )
<b>Hopa</b> .....	16	15	- 4,8	2 077	4 à 6 (4)	82,9	9 à 1 (10)
<b>Borçka</b> .....	120			1 180	4 à 6 et 8 (8)	44,0	9 à 3 (11)
<b>Artvin</b> .....	597	12,7	-16,1	654	7 à 9 (8)	22,5	11 à 2 (1)
<b>Savsat</b> .....	1 100			912	(8) et (9)	49,7	3 à 6 (5)
<b>Posof</b> .....	1 550			545	12 à 2 (12)	22,6	4 à 7 (6)
<b>Trabzon</b> .....	37	14,5	- 7,4	831	7 à 8 (7)	36,9	9 à 1 (10)
<b>Gümüşhane</b> .....	1 210			432	7 à 9 (8)	12,5	4 à 6, 10, 11 (5)
<b>Giresun</b> .....	33	14,1	- 9,8	1 305	4 à 6 (5)	61,0	9 à 2 (11)
<b>Sebinkarahisar</b> .....	1 300			568	7 à 9 (8)	6,4	3 à 5 (4)
<b>Samsun</b> .....	44	14,3	- 9,8	719	6 à 8 (8)	29,5	10 à 3 (11)
<b>Gerze</b> .....	10			710	6 à 8 (7)	29,9	10 à 12 (12)
<b>Boyabat</b> .....	350			369	7 à 1 (8)	14,1	4 à 6 (5)
<b>Iskilip</b> .....	750			525	7 à 11 (9)	10,1	12, 1, 3, 5 (5)
<b>Ayancik</b> .....	10			1 020	4, 6 et 7 (7)	30,0	9 à 3 (11)
<b>Inebolu</b> .....	64	13,5	- 8,4	1 068	4 à 8 (5 et 8)	44,1	9 à 3 (11, 12)
<b>Kastamonu</b> .....	800	9,8	-26,9	444	7 à 3 (8)	24,7	4 à 6 (5)
<b>Cide</b> .....	10			1 221	4 à 6 (5)	52,9	10 à 3, 7 à 8 (11)
<b>Araç</b> .....	650			512	7, 8, 10 (8)	22,7	5 à 6 (6)
<b>Zonguldak</b> .....	136	13,4	- 8,0	1 256	4 à 5 (5)	53,6	9 à 3 (11)
<b>Bolu</b> .....	742	10,2	-34	529	7 à 9 (8)	18,0	12 à 2 et 5 (1)
<b>Beypazari</b> .....	682			377	7 à 11 (8)	7,1	12 à 3 et 5 (12)
<b>Akçakoka</b> .....	20			977	4 à 6 et 8 (5)	44,8	10 à 1 (10)
<b>Izmit</b> .....	76	14,4	-18	765	4 à 8 (8)	27,6	9 à 3 (12)
<b>Bilecik</b> .....	526	12,3	-16	430	7 à 9 (8)	9,4	12 à 2 et 5 (12)
<b>Bursa</b> .....	100	14,4	-25,7	709	6 à 8 (8)	15,6	11 à 3 (12)
<b>Uludag</b> .....	1 500			1 217	7, 8 et 10 (8)	14,8	11 à 4 (12)
<b>Çanakkale</b> .....	3	14,8	-11,5	627	6 à 9 (8)	7,8	10 à 3 (12)
<b>Yenice</b> .....	275			955	7 à 8 (8)	1,6	11 à 3 (12)

l'espèce. Comparé au Sapin pectiné, il résiste à des températures supérieures et peut être introduit à basse altitude ; variable et possédant des races intérieures adaptées à de faibles précipitations, il peut coloniser des stations plus sèches.

### 3.3. — VÉGÉTATION

#### 3.31. — *Etagement*

— Dans le secteur extrême oriental côtier (Çaykara) aux expositions nord, la forêt feuillue occupe le flanc des collines qui bordent la mer Noire jusqu'à 600 ou 700 m d'altitude, le Hêtre (*Fagus orientalis*), les érables, le Charme, l'*Ostrya*, le Châtaignier, quelques chênes, le Noisetier et l'Aulne (en bordure de cours de cours d'eau) constituent les éléments dominants de cette forêt souvent luxuriante. L'Épicéa (*Picea orientalis*) apparaît généralement dès 700 m en peuplement dense et mélangé, le Sapin s'y ajoute à partir de 1 300 ou 1 400 m. En Europe, les espèces homologues s'étagent dans l'ordre inverse. La pelouse à rhododendron succède à la forêt résineuse vers 2 000 - 2 100 m.

Les chênes puis le Pin sylvestre occupent les versants sud.

Dans le secteur extrême oriental intérieur (Ardanuç) plus sec, un maquis de chênes et de genévriers (oxycèdre) occupe les premiers niveaux, *Picea orientalis* n'apparaît guère avant 1 200 m et le sapin vers 1 400 m. La culture extensive du Maïs remonte jusqu'à 1 400 m.

— Dans le secteur central côtier (Gerze), aux expositions nord, le maquis de genévriers et de chênes, par endroit remplacé par quelques bouquets de *Pinus brutia*, s'étagent entre les rivages de la mer et 500 m d'altitude. *Platanus orientalis* reste localisé en bordure de cours d'eau. Une formation basse et pâturée de Charme et de Chêne succède parfois au maquis jusqu'à 800 m, le Hêtre et les premiers sapins apparaissent ensuite. *Pinus nigra* ssp *pallasiana* occupe fréquemment les versants sud entre 1 100 m et 1 300 m d'altitude.

*Pinus sylvestris* absent des forêts strictement côtières, apparaît un peu plus au sud, il est présent dès 800 m sur versant nord mais ne pénètre guère dans la sapinière, il occupe le versant sud à partir de 1 000 m.

Dans la zone interne (Boyabat, Baldiran, Araç) la limite inférieure des principales espèces forestières se relève pour atteindre 1 300 à 1 500 m en ce qui concerne le Sapin (versant nord), par ailleurs le Pin sylvestre persiste en proportion variable dans la sapinière.

— Dans le secteur extrême occidental (Kazdag), à l'exposition nord et succédant au maquis, *Pinus brutia* s'étagent entre 200 et 400 m d'altitude, il fait ensuite place à *Pinus nigra* ssp *pallasiana*, mélangé aux chênes d'abord puis constituant de beaux peuplements jusqu'à 1 300 m d'altitude. Le Sapin est bien représenté dès 1 100 m, par très larges bouquets dans les pins ou en mélange avec le Hêtre. Le caractère méditerranéen de la flore est marqué jusqu'à 400 m d'altitude par la présence de *Pistacia terebinthus* et *Styrax officinalis*.

## 3.32. — Flore des sapinières

De prime abord et malgré l'apparition d'éléments pontiques, la flore des sapinières de Turquie du Nord ne diffère pas profondément de celle de nos sapinières indigènes. Il existe une certaine continuité entre les éléments floristiques montagnards d'Europe et de Turquie, elle se traduit par la présence d'espèces européennes et d'espèces vicariantes d'espèces européennes, à côté d'éléments strictement orientaux. Un relevé effectué dans une sapinière à « mull-modér actif » de Bolu par E.F. DEBAZAC vient à l'appui de cette remarque ; il comprenait les espèces suivantes :

*Espèces d'Europe occidentale :*

<i>Euphorbia amygdaloides</i>	<i>Asarum europaeum</i>
<i>Viola odorata</i>	<i>Dentaria bulbifera</i>
<i>Luzula forsteri</i>	<i>Potentilla micrantha</i>
<i>Sanicula europaea</i>	<i>Pirola secunda</i>
<i>Mercurialis perennis</i>	<i>Pirola uniflora</i>
<i>Asperula odorata</i>	

*Espèces « vicariantes » d'espèces européennes :*

<i>Helleborus orientalis</i>	<i>Daphne pontica</i>
<i>Doronicum caucasicum</i>	<i>Lonicera orientale</i>

*Espèces orientales :*

*Trachystemon orientale*

On pourrait y ajouter *Oxalis acetosela*, *Prunus laurocerasus* et *Rhododendron ponticum*, présents dans de nombreuses sapinières.

La flore des sapinières intérieures est plus pauvre par le nombre des espèces représentées, *Pirola secunda* semble à première vue l'un de ses éléments les plus constants.

## IV. — TYPES DE FORETS ET VARIABILITE NATURELLE

## 4.1. — TYPES DE FORÊTS

— La liste des forêts visitées figure au tableau 2.

— Exceptée dans la zone extrême occidentale (*Abies equi-trojani*) et à la limite méridionale de l'aire de répartition d'*Abies bornmulleriana*, les sapinières de Turquie du Nord sont de très belles forêts, denses et bien élaguées, souvent mélangées (fig. 4 et 5). Très schématiquement, la hauteur des peuplements diminue d'est en ouest et du nord au sud : 25 à 35 m dans tout le secteur extrême oriental (les arbres de 40 m sont fréquents et il subsiste encore quelques sujets de plus de 50 m de haut) et le secteur côtier central, 15 à 25 m dans le secteur extrême occidental, 20 à 30 m dans le secteur intérieur.

TABLEAU 2

Liste des forêts visitées  
Le numéro affecté à chaque forêt permet un repérage rapide sur la carte des aires de répartition

Espèce	N°	Forêt	Direction Régionale	Exploitation	Altitude m
A. nord.	1	Düdümet	Artvin	Ardanuç	1 400 - 2 000
—	2	Uçsu	—	—	1 600 - 2 100
—	3	Meseköy	—	—	2 100
—	4	Karanlık Mese	—	—	—
—	5	Papart	—	Savsat	1 400 - 2 000
—	6	Cancir	—	—	1 800 - 2 100
—	7	Atila	—	Artvin	900 - 2 000
—	8	Sarıçam	Trabzon	Surmene	1 300 - 2 000
—	9	Kozluca	—	Torul	1 530 - 1 900
—	10	Yasmese	—	—	1 400 - 1 900
—	11	Manza	—	Gümüşhane	1 450 - 2 000
—	12	Karanlıkdere	—	—	1 700 - 2 100
—	13	Çomaklı-Çileklidüz	Giresun	Sebinkarahisar	1 650 - 2 050
—	14	Arpa Deresi	—	—	—
—	15	Gangali	—	—	2 000
—	16	Baliklioglu	—	—	1 500 - 2 100
—	17	Duduyalak	—	Giresun	1 500 - 1 900
A. born.	18	Gerze-Göktepe	Kastamonu	Sinop	1 000 - 1 700
—	19	Boyabat-Göktepe	—	Boyabat	1 200 - 1 600
—	20	Çangal-Yemisli	—	Ayaçık	850 - 1 450
—	21	Küreçay	—	Taçköprü	1 100 - 1 550
—	22	Baldıran	—	Kastamonu	1 400 - 1 700
—	23	Kızılkize	—	—	1 500 - 1 750
—	24	Ballıdağ	—	Daday	1 050 - 1 700
—	25	İsrganlıdere	—	Araç	1 300 - 1 680
—	26	Sarıçiçek	Bolu	Karabük	1 050 - 1 680
—	27	Cökeren	—	Kibriscik	1 400 - 1 850
—	28	Sarımistan	—	Bolu	1 100 - 1 680
—	29	Yukari Batik Pinar Altı	—	—	1 200 - 1 500
—	30	Asitoprağı	Bursa	Bilecik	900 - 1 700
—	31	Kirazliyayla	—	Uludağ Mili Parki	1 540 - 2 000
A. eq. troj.	32	Biçki Deresi Sirti	—	M. Kemalpaşa	800 - 1 200
—	33	Kazdağ-Gürgendağ	—	Yenice	1 100 - 1 460
—	34	Kazdağ-Gürgendağ	—	Edremit	1 460

L'état sanitaire est généralement excellent. Les dégâts enregistrés restent toujours d'importance très limitée : quelques dorges çà et là dans certains peuplements, la pourriture du cœur des arbres surannés et le gui surtout présent dans quelques sapinières du secteur occidental.

La régénération naturelle est abondante et vigoureuse partout, à moins que le pâturage ou la concurrence (*Rhododendron ponticum*) ne s'y oppose.

La périodicité des années de bonne fructification est en moyenne de 2 ans (3 ans dans les cas les plus défavorables).

— Schématiquement, *Abies nordmanniana* est mélangé avec *Picea orientalis* à l'est (Artvin) et dans la portion de son aire ouverte aux influences maritimes (Çaykara — quelques peuplements de la région de Torul, et du sud de Giresun).



FIG. 4. — *Abies bornmulleriana*.  
Forêt de Baldiran (n° 22), altitude :  
environ 1 550 m, peuplement dense  
et bien élagué âgé de 100 ans (hauteur  
comprise entre 20 et 35 m).

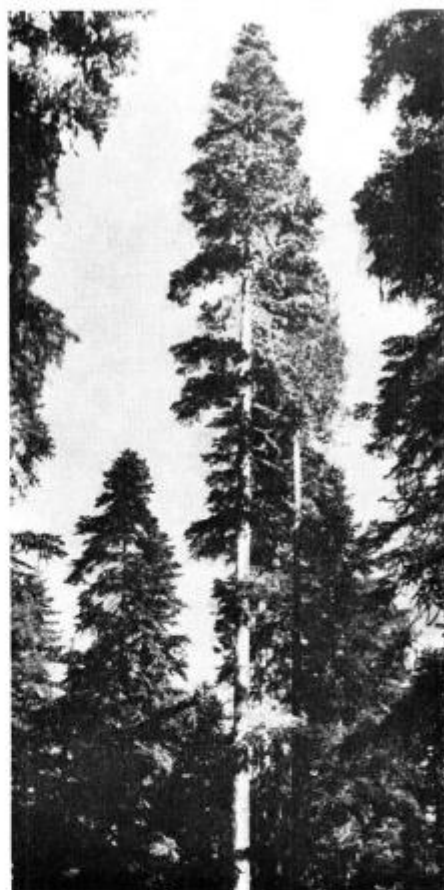


FIG. 5. — *Abies bornmulleriana*.  
Forêt mélangée (avec *Pinus sylvestris*)  
de type intérieur, à Boyabat-Göktepe  
(altitude 1 350 m environ). Beau  
sapin de 35 m de haut, bien élagué.

*Fagus orientalis* est strictement limité aux peuplements les plus côtiers, très rare dans la région d'Artvin (présent par pieds isolés à Atila) il est plus abondant à l'ouest (au sud de Çaykara et de Giresun). A l'ouest dans les régions intérieures de Gümüşhane et Sebinkarahisar où l'influence de la continentalité est nettement marquée, *Abies nordmanniana* est en mélange avec *Pinus sylvestris*.

Ces forêts s'étagent invariablement de 1 400 m à 2 000 m (2 100 m extrême limite). Dans certaines forêts très hygrophiles sous influence maritime, le Sapin descend jusqu'à 900 m, voire même 400 m par pieds isolés (Atila, sud-ouest d'Artvin).

— Dans la partie côtière de l'aire d'*Abies bornmulleriana*, *Picea orientalis*, dont l'aire s'arrête avec celle d'*Abies nordmanniana*, est remplacé par *Fagus orientalis*, la proportion de Hêtre en mélange dans les peuplements augmente au fur et à mesure que l'on progresse vers l'ouest pour atteindre un maximum dans la région de Bolu.

Dans la partie intérieure, le Sapin existe en mélange avec *Pinus sylvestris*, le Pin est prédominant dans les peuplements les plus marginaux.

Les montagnes sont moins élevées que dans l'aire d'*Abies nordmanniana* et en raison des effets de crête la limite supérieure de végétation est plus basse. Les forêts s'étagent entre 1 100 m et 1 700 m en moyenne mais la variabilité demeure assez importante :

850-1 450 m à Çangal (au sud-ouest d'Ayançik)  
et 1 500-2 000 m à l'Uludag (immédiatement au sud de Bursa).

— *Abies equi-trojani* se trouve le plus souvent par grands bouquets disséminés dans les hêtres. Il occupe des altitudes comprises entre 800 et 1 200 m au sud de M. Kemalpaşa et entre 1 100 et 1 460 m au Kazdag (nord d'Edremit), dans cette dernière station il voisine avec *Pinus nigra* ssp *pallasiana*.

Surtout dans l'est, beaucoup de ces forêts naturelles ne possédaient pas de pistes d'accès carrossables il y a cinq ans, certaines sont encore inaccessibles aux camions ; dans ces forêts de nombreux cantons sont pratiquement vierges. La structure est alors quasi régulière par larges bouquets, les arbres sont souvent surannés et une épaisse couche de débris ligneux en voie de décomposition couvre le sol. Hormis le forestier, lorsque l'homme est intervenu, il l'a fait de façon anarchique et négative dans les parties les plus accessibles : pâturage, exploitation des plus beaux arbres, mutilation des fûts consécutive au prélèvement des petites pièces de bois servant à la couverture des toits. Rares sont cependant les forêts dont l'existence même est menacée (Çaykara).

#### 4.2. — VARIABILITÉ NATURELLE

##### 4.21. — Variabilité dans le sens est-ouest

Elle se traduit essentiellement par des différences d'ordre botanique ayant motivé la reconnaissance de trois espèces distinctes. La littérature en donne les descriptions suivantes :

— *Abies nordmanniana* : insertion des aiguilles en brosse rabattue, absence de stomates sur la face supérieure, bourgeons non résineux, rameaux de l'année glabres ou faiblement pubescents.

— *Abies bornmulleriana* : insertion en brosse rabattue ou parfois relevée, stomates à la face supérieure, bourgeons résineux, rameaux de l'année parfaitement glabres.

— *Abies equi-trojani* : se distingue assez peu de l'espèce précédente ; ses aiguilles auraient cependant la particularité de présenter toutes les formes de transition entre l'apex échancré et l'apex pointu.

En fait, selon les observations effectuées sur les échantillons prélevés dans les peuplements naturels (tableau 5 en annexe) il n'y a pas de discontinuité brutale entre les deux premières espèces. Sur le plan morphologique, la plupart des caractères importants attribués à *Abies bornmulleriana* sont déjà présents dans

FIG. 6

*Variabilité du caractère « pubescence du rameau de l'année ».*

*Echantillon très pubescent prélevé en forêt de Papari.  
(Abies nordmanniana, peuplement n° 5).*

*Pubescence moyenne sur un échantillon prélevé en forêt d'Atila.  
(Abies nordmanniana, peuplement n° 7).*

*Echantillon rigoureusement glabre prélevé en forêt de Manza.  
(Abies nordmanniana, peuplement n° 11).*

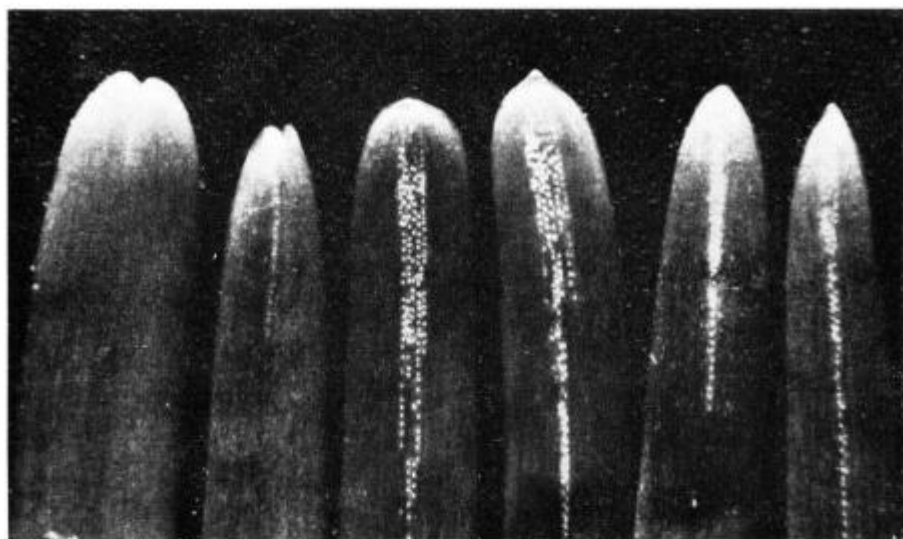


FIG. 7. — Diverses formes d'apex de l'aiguille (rameau stérile, aiguilles insérées latéralement)

Les deux aiguilles de gauche correspondent à la forme arrondie-bilobée et ogivale-échancrée (note 1).

Les deux aiguilles du milieu correspondent à la forme arrondie, avec et sans mucron (note 2).

Les deux aiguilles de droite correspondent à la forme pointue, émoussée et piquante (note 3).

les populations les plus occidentales d'*Abies nordmanniana*, mais à une fréquence plus faible.

Dans le secteur oriental de l'aire d'*Abies nordmanniana* (Artvin) 30 % seulement des individus possèdent des rameaux de l'année strictement glabres ; les individus faiblement pubescents sont les plus fréquents, ceux possédant une pillosité abondante (de couleur claire) sont plus rares bien qu'incontestablement présents dans certaines populations, (fig. 6).

A l'ouest de l'aire, au contraire, les individus strictement glabres sont prédominants ; leur fréquence atteint pratiquement toujours 100 % dans les populations d'*Abies bornmulleriana* et *equi-trojani*.

Les fréquences d'individus possédant des stomates à la face supérieure de leurs aiguilles ou des efflorescences résineuses sur leurs bourgeons (couleur blanche) augmentent également d'est en ouest dans l'aire d'*Abies nordmanniana* pour atteindre ensuite leurs maximums avec *Abies bornmulleriana*.

La longueur des lignes de stomates, à la face supérieure des aiguilles qui en comportent, généralement inférieure à 0,7 mm chez *Abies nordmanniana*, comprise entre 1 et 7 mm chez *Abies bornmulleriana* et *Abies equi-trojani*, discrimine bien les populations rattachées à la première espèce. Il semble toutefois



FIG. 8. — *Abies bornmulleriana*  
Forêt de Küreçay (N° 21); altitude : environ 1 450 m ;  
Arbre de « type côtier » à cime large.



FIG. 9. — *Abies bornmulleriana*  
Forêt de Baldıran (N° 22); altitude : environ 1 550 m ;  
Arbre de « type intérieur » à cime étroite.

que ce caractère soit mieux extériorisé chez les arbres jeunes et bien éclairés, les longueurs enregistrées les plus importantes pourraient coïncider avec une erreur d'échantillonnage dans ce sens.

L'apex des aiguilles est généralement échancré ou bilobé, mais les aiguilles à l'apex arrondi ou pointu sont en moyenne plus fréquentes chez *Abies bornmulleriana* ou *equi-trojani* que chez *Abies nordmanniana*, (fig. 7).

Les dimensions des aiguilles sont dans l'ensemble assez peu variables, signalons seulement la longueur et l'épaisseur plus faible des aiguilles appartenant aux populations d'*Abies nordmanniana* du secteur extrême oriental (Artvin) ainsi que la largeur réduite des aiguilles de certaines populations d'*Abies bornmulleriana* et de celles d'*Abies equi-trojani*.

*Abies equi-trojani* ne se distingue pratiquement pas d'*Abies bornmulleriana*. L'hypothèse d'une certaine introgression des caractères d'*Abies cephalonica*, avancée par certains auteurs n'était pas à exclure a priori ; nos observations ne permettent cependant pas de l'accréditer. Si on observe effectivement une certaine fréquence d'individus possédant des aiguilles à l'apex pointu (mais généralement non piquant), cette fréquence n'apparaît pas plus forte que dans quelques populations d'*Abies bornmulleriana*.

Toutes ces différences sont à l'échelle de la variabilité infraspécifique et il apparaît plus logique de ne retenir qu'une seule espèce : *Abies nordmanniana* pour l'ensemble des sapins du Caucase et de Turquie du Nord. DAVIS intervient d'ailleurs dans le même sens tout en conservant à *Abies equi-trojani* une originalité contestable\*.

Sur le plan forestier par ailleurs (forme et croissance), les populations côtières de la mer Noire (indépendamment de l'espèce à laquelle on les rattache) sont très semblables.

#### 4.22. — Variabilité dans le sens nord-sud

Excepté dans le secteur occidental, on peut opposer les peuplements de type côtier, hygrophiles, caractérisés par des arbres à cime large et assez claire (branches longues et fines, parfois pendantes, allant jusqu'à rappeler chez certains le port de nos épicéas de basse altitude), aux peuplements de type intérieur relativement plus xérophiles et caractérisés par des arbres à cime plus étroite et sans doute plus dense (fig. 8 et 9). L'opposition type côtier type intérieur paraît plus accentuée dans l'aire d'*Abies nordmanniana* et à la limite orientale de celle d'*Abies bornmulleriana*. La verticillation semble toujours plus nettement marquée que chez notre Sapin pectiné (nombre de branches par verticille plus important).

L'influence de la continentalité ne se traduit pas par une augmentation de la niviosité, c'est même sans doute le contraire, mais elle a pour conséquence l'apparition d'une saison sèche marquée en été et peut-être aussi la diminution de

\* Cet auteur subdivise en effet la nouvelle espèce *Abies nordmanniana* en trois sous-espèces distinctes : *nordmanniana*, *bornmulleriana* et *equi-trojani*.



FIG. 10. — *Forme et longueur des bractées du cône*

*Cône d'Abies bornmulleriana* prélevé en forêt de Baldiran (N° 22), bractée longue (comparable à celle observée en forêt de Boyabat-Göktepe N° 19 et de Baliklioglu N° 16).

*Cône d'Abies bornmulleriana* prélevé en forêt de l'Uludag (N° 31), bractée de longueur moyenne (comparable à celle observée en forêt d'Asitoprasi N° 30, du Kazdag N° 34, de Çangal N° 20).

l'humidité atmosphérique et des brouillards. La supériorité des arbres à cime étroite et dense dans les peuplements intérieurs pourrait peut-être s'expliquer par une meilleure résistance à la sécheresse estivale (diminution de la transpiration). Ces populations semblent avoir une croissance plus lente en rapport avec leurs conditions de végétation moins favorables.

Cette différenciation dans le sens nord-sud sous l'action des facteurs climatiques affecte essentiellement des caractères de forme et de vigueur en épargnant la plupart des caractères morphologiques (aiguilles, rameaux, bourgeons). Rappelons que c'était exactement l'inverse dans le sens est-ouest. Les bractées du cône semblent cependant plus longues dans certaines populations intérieures (Sebinkarahisar, Eoyabat, Baldiran), figure 10.

#### 4.23. — Variabilité altitudinale

L'adaptation aux conditions d'altitude n'apparaît pratiquement vers 2 000 m que dans certains peuplements du secteur oriental (*Abies nordmanniana*). Elle se traduit par une forte proportion d'arbres à cime très étroite (columnaires à la limite) susceptibles de résister sans dommage à l'action du givre, de la neige et du vent. De telles populations se rencontrent sur les flancs du Karçkal (Papart, Cancir), important massif montagneux de la zone extrême orientale caractérisé par d'importantes chutes de neige, et dans les peuplements de crête de la zone



FIG. 11. — *Abies nordmanniana*  
Adaptation à l'altitude (forme colonnaire)  
vers 2 000 m, en forêt de Baliklioglu (n° 16)

occidentale intérieure (Sebinkarahisar, figure 11). Ces populations semblent n'accuser aucune réduction importante de vigueur.

A l'inverse, la fréquence très importante des bris de cime dans de nombreux peuplements d'*Abies bornmulleriana* et *equi-trojani* (parfois encore accentuée par la présence de gui) démontre une adaptation incomplète aux conditions de station. D'autre part, si l'opposition entre population de type côtier et populations de type intérieur est particulièrement nette dans l'aire d'*Abies nordmanniana* et la portion orientale de l'aire d'*Abies bornmulleriana* (provenances 19, 22, 23, 25) elle semble beaucoup plus difficile à mettre en évidence dans la portion occidentale. Là, il existe en quelque sorte un décalage entre l'adaptation apparente et les conditions climatiques. Malgré des indices d'aridité relativement faibles, les populations des régions de Karabük (indice d'aridité estimé  $I = 40$ ) de Bolu ( $I = 38$ ) de Bilecik ( $I = 30$ ) ne semblent guère s'être différenciées de celles du secteur côtier.

Vis-à-vis de la continentalité, comme de l'altitude, l'adaptation semble moins poussée dans le secteur occidental, ce qui permet de supposer que l'installation du Sapin y est plus récente et que par conséquent une migration s'est effectuée d'est en ouest.

Il semble intéressant de replacer cette hypothèse dans le cadre de l'évolution des sapins méditerranéens. On admet généralement qu'ils dérivent d'un ancêtre commun ; la facilité des hybridations interspécifiques au sein du groupe renforce d'ailleurs cette thèse. Le Sapin de Nordmann (*Abies nordmanniana*) et ses espèces affines *Abies bornmulleriana* et *Abies equi-trojani*) et le Sapin pectiné (*Abies alba*) ne se sont séparés que très récemment. L'ouverture des détroits reliant la mer Noire et la Méditerranée ne date que du quaternaire. Par ailleurs la séparation de la Grèce et de l'Asie mineure (mer Egée) remonterait à la fin du tertiaire (Pliocène).

Le Rhodope (*Abies alba*) et le Mont Ida (*Abies equi trojani*) ne sont séparés que par moins de 300 km en droite ligne, cette distance n'est pas supérieure à celle qui sépare actuellement *Abies nordmanniana* d'*Abies bornmulleriana* ou deux stations isolées d'*Abies alba*.

*Fagus orientalis*, *Prunus laurocerasus* et *Rhododendron ponticum*, présents dans les sapinières de Turquie du nord, se retrouvent aussi en Thrace et au Rhodope\*.

Où est apparu pour la première fois l'ancêtre de nos sapins actuels ? Si l'hypothèse d'une migration est-ouest du Sapin de NORDMANN est vérifiée, c'est logiquement dans le Caucase qu'il faudrait rechercher ce centre d'origine. A l'inverse, faire l'hypothèse que les stations actuelles de Sapin de NORMANN correspondent aux dernières étapes d'une migration partie d'Europe, cadrerait assez mal avec la variabilité importante qui existe encore dans cette partie de l'aire. Parallèlement, on peut aussi remarquer que la Géorgie fut le centre d'origine ou de

\* E.F. DEBAZAC : communication personnelle.

diversification de nombreuses espèces cultivées (Cerisier, Amandier, Figuier, Blé dur et d'autres céréales, etc.). Cet enchaînement d'hypothèses repose incontestablement sur des bases fragiles, ce sont autant de problèmes à résoudre.

#### V. — ENSEIGNEMENTS PRATIQUES

Les plantations comparatives multistationnelles permettront seules de sélectionner de façon rigoureuse les provenances les mieux adaptées aux diverses conditions des reboisements français. De tels résultats ne seront pas disponibles avant une quinzaine d'années, à défaut de certitudes lointaines nous émettrons cependant quelques hypothèses provisoires.

Très schématiquement, on peut distinguer 9 régions de provenances correspondant à la figure 3.

Comme il a été dit précédemment : dans la portion occidentale de l'aire d'*Abies bornmulleriana*, on constate un décalage entre la sécheresse du climat et l'apparition du « type intérieur ». La limite climatique ( $I = 35$ ) peut être représentée par une droite passant par Karabük, Bolu et Bilecik.

Bien que portant sur un nombre d'échantillons insuffisants, le tableau 3 donne une idée des largeurs de cernes moyennes enregistrées entre 40 et 60 ans dans les différentes régions de l'aire naturelle (les prélèvements à la tarière de PRESSLER faisaient défaut dans la région III et portaient sur des arbres trop jeunes dans la région IX). Ces échantillons ont été étudiés par la Station de recherches sur la qualité des bois du CNRF.

TABLEAU 3

*Largeur moyenne des cernes annuels entre 40 et 60 ans*

Régions naturelles	Nombre d'échantillons	Largeur moyenne des cernes annuels entre 40 et 60 ans (mm)	Largeurs minimum et maximum entre 40 et 60 ans (mm)
I	6	1,96	1,05 - 2,50
II	7	1,41	0,85 - 1,85
IV	10	0,94	0,45 - 2,50
V	7	1,48	1,00 - 2,05
VI	11	1,51	0,60 - 2,50
VII	8	1,65	1,05 - 2,55
VIII	11	1,43	0,65 - 2,55

Les premières introductions réalisées en Europe s'apparentaient à la région III. Ces introductions ont donné d'excellents résultats et ces sources de graines peuvent être conseillées pour la plupart de nos reboisements de basse et moyenne altitude (plateaux calcaires du nord-est et contreforts ouest du Massif Central : Dordogne en particulier).

TABLEAU 4

Liste des provenances provisoirement recommandées

Zone d'introduction proposée	Espèce	Provenance	N°	Exploitation	Altitude
<i>Basse et moyenne altitude</i>					
— Régions sous influence océanique (Bretagne intérieure - Collines du Perche - Limousin - Pays Basque)	A.nord.	Atila	7	Artvin	1 500
	—	Düdüyalak	17	Giresun	1 600
	A.born.	Çangal-Yemisli	20	Ayaçık	1 100
	—	Küreçay	21	Taçköprü	1 300
— Contreforts ouest du Massif Central (en particulier Dordogne) et plateaux calcaires du nord-est	A.nord.	Üçsu	2	Ardanuç	1 700
	—	Düdümet	1	—	1 600
	A.born.	Ballıdağ	24	Daday	1 500
— Moyennes montagnes méditerranéennes (sud des Alpes et du Massif Central : étage du chêne pubescent en versant nord)	A.nord.	Balıklıoğlu	16	Sebinkarahisar	1 600
	A.born.	Boyabat-Göktepe	19	Boyabat	1 400
	A.équii-troj.	Kazdağ	34	Edremit	1 300
<i>Haute altitude</i>					
Secteur humide	A.nord.	Papart	5	Savsat	2 000
Secteur méditerranéen	—	Balıklıoğlu	16	Sebinkarahisar	2 000

N.B. Le numéro affecté à chaque provenance permet un repérage rapide sur la carte des aires de répartition.

Les provenances des régions côtières, I (surtout orientale) et VI, VII (centrale et occidentale), plus productives peut-être mais adaptées à des conditions hygrométriques très favorables, seront réservées à des secteurs de reboisement sous influence océanique (Bretagne intérieure, Normandie, Limousin, Pays Basque).

Les régions méditerranéennes de moyenne altitude exigent au contraire des populations susceptibles de résister à la sécheresse estivale. Les provenances intérieures (V, VIII) et extrême occidentales (IX) semblent a priori les mieux adaptées à ces problèmes particuliers. Si le choix des premières, effectivement soumises à des influences méditerranéennes, se justifie aisément, celui des secondes peut soulever quelques objections de principe. Bien que possédant aussi une sécheresse d'été marquée, le climat des régions intérieures diffère en effet du climat méditerranéen. Le succès des introductions de certaines espèces forestières nord américaines (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus radiata*) dans des régions du monde de climat différent de celui de l'aire d'origine, prouve cependant que de telles différences ne s'opposent pas forcément à la réussite des introductions.

Certaines populations à cime très étroite des régions II et V, particulièrement résistantes à la neige et au givre, pourraient donner d'excellents résultats dans les reboisements d'altitude, respectivement en climat humide (II) ou méditerranéen (V). La liste des provenances provisoirement recommandées figure au tableau 4.

Ces quelques hypothèses devront nécessairement être confrontées avec les résultats d'une expérimentation rigoureuse portant sur plusieurs stations françaises, seule susceptible de révéler des différences d'ordre génétique (concernant en

particulier certains caractères économiquement essentiels : production, débournement végétatif) et de porter un jugement certain sur les performances et l'adaptation des différentes provenances dans quelques régions d'utilisation actuelle de l'espèce.

Ces plantations comparatives étant obligatoirement en nombre restreint (de l'ordre de trois), il conviendrait parallèlement d'envisager l'installation d'une petite collection de provenances très représentatives dans un éventail de stations plus vaste. L'opération utiliserait le réseau des arboretums existants et fournirait des informations précieuses sur l'écologie d'introduction du Sapin de NORDMANN. Faute de pouvoir envisager immédiatement la constitution de vergers à graines, la réalisation de quelques placeaux conservatoires convenablement isolés permettrait à l'avenir de livrer à la consommation des quantités limitées de graines mais spécifiquement pures et appartenant aux meilleures provenances.

#### CONCLUSIONS

Sur le plan fondamental, cette étude préliminaire met en évidence deux gradients de variabilité géographiques, l'un concernant essentiellement certains caractères morphologiques dans le sens est-ouest, l'autre concernant la forme et probablement la croissance et l'adaptation à la sécheresse dans le sens nord-sud. Ce modèle de différenciation rappelle assez celui décrit par LACAZE chez *Abies grandis*.

Pour le forestier, principalement concerné par les caractéristiques d'adaptation et de production, le gradient nord-sud semble le plus intéressant.

Pour le botaniste, au contraire, la loi de variabilité est-ouest des caractères morphologiques prédomine et le conduit traditionnellement à reconnaître trois espèces distinctes. Mais d'une part, les différences entre *Abies equi-trojani* et *Abies bornmulleriana* sont difficiles à mettre en évidence, d'autre part le phénotype attribué à *Abies bornmulleriana* existe déjà dans les populations les plus occidentales d'*Abies nordmanniana*. La séparation des aires est probablement récente et il paraîtrait extrêmement intéressant de vérifier cette hypothèse par la recherche de témoins polliniques fossiles entre les deux aires actuelles.

Vis-à-vis de l'altitude comme de la continentalité, l'adaptation semble moins poussée dans le secteur occidental, ce qui laisserait supposer que l'installation du Sapin y est plus récente et que par conséquent la migration s'est effectuée dans le sens est-ouest. Par ailleurs, rien dans cette étude préliminaire ne permet d'accréditer l'hypothèse d'une introgression des caractères d'*Abies cephalonica* dans les populations extrême occidentales.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les forestiers turcs de toute appartenance (Administration, Recherche, Enseignement supérieur) pour la cordialité de leur accueil et l'aide déterminante qu'ils ont apportée à la réalisation de cette étude préliminaire, et plus particulièrement Monsieur VEDAT ERDER, Ingénieur de l'Institut de Recherches forestières d'Ankara.

Je suis aussi particulièrement reconnaissant à MM. E.F. DEBAZAC, P. BOUVAREL et R. MORANDINI dont les critiques et les idées ont contribué à la mise en forme de cet article.

## SUMMARY

DISTRIBUTION, ECOLOGY AND VARIABILITY OF FIR TREES  
IN NORTHERN TURKEY*Abies nordmanniana* SPACH*Abies bornmulleriana* MATTFELD*Abies equi-trojani* ASCHERSON ET SINTEN S

In French reforestation programmes, *Abies nordmanniana* still occupies a modest place. Its desirable forestry characteristics (in particular its plasticity, which is greater than that of *Abies alba*), coupled with the absence of information on its ecology during the initial stages and above all its variability have prompted a tour of investigation in the fir forests of northern Turkey. This study has been extended to cover two neighbouring species, *Abies bornmulleriana* and *Abies equi-trojani*.

*Abies nordmanniana* occupies an area at the eastern end of the Black Sea, at an altitude of 1,400 - 2,000 m, extending into the USSR, where it reaches its maximum distribution. *Abies bornmulleriana* is largely represented in the central Black Sea sector at mean altitude levels between 1,100 and 1,700 m. *Abies equi-trojani* only occupies two locations in the extreme western sector (between 1,100 and 1,450 m on the slopes of Mt. Ida).

The mountains in this area have a general east-west orientation, which accentuates the climatic differences between the coastal and inland sectors: the total precipitations and the mean temperature decrease from north to south. In the coastal sector the precipitations decrease in overall terms from east to west, although the temperatures exhibit little variation. The limiting climatic conditions, which the fir can tolerate at the lower boundary of its forests are :

temperature : 7.5 - 10.5 °C,

precipitations : 600 - 1,500 mm,

or in terms of aridity indices (DE MARTONNE) between 30 and 75. By comparison with the silver fir *Abies alba* Mill.) in France, the firs of Northern Turkey appear to possess a greater variability, with in particular inland varieties better adapted to low precipitation levels.

They form in general fine, dense forests, frequently mixed with *Picea orientalis* (*Abies bornmulleriana*), *Fagus orientalis* (*Abies bornmulleriana*, *Abies equi-trojani*) or *Pinus sylvestris* (inland forest stands). The flora of the fir forests of Northern Turkey do not differ fundamentally from those of Western Europe; it is a form of transition flora from the western zone. The division of the vegetation by elevation levels is described in summary terms in each of the major divisions of the natural region. The mean height of the forest stands varies between 15 and 35 m, their state of health and their natural regeneration being in general excellent. Damages caused by grazing are to be deplored, but the actual existence of the forests is only in very exceptional cases threatened.

If the east-west direction the variability relates mainly to certain morphological characteristics : hairiness of annual twigs, presence of stomata on the upper face of the needles, resin on the buds. These differences have led botanists to differentiate three distinct species. On the one hand, however, the differences between *Abies equi-trojani* and *Abies bornmulleriana* are difficult to demonstrate and, on the other, the phenotype attributed to *Abies bornmulleriana* is already present with a lower frequency among the most western forest stands of *Abies nordmanniana*. Under these circumstances it would appear more logical to

retain only a single species : *Abies nordmanniana* for all the firs of the Caucasus and Northern Turkey.

In the north-south direction the difference is manifested primarily in the adaptation characteristics (crown shape, growth, drought resistance). It is possible to contrast forest stands of the coastal type, which are very hygrophilic, having a characteristically high frequency of occurrence of trees with wide, fairly open crowns, with those of the inland type, which are relatively more xerophilic and characterized by the higher frequency of trees with narrower and denser crowns.

In the *Abies nordmanniana* area (Saysat, Sebinkarahisar), toward 2,000 metres, it is possible to find some populations well adapted to high elevation conditions (columnar crown shape).

In relation to the inland conditions, as also to the altitude, the adaptation of fir populations in the western sector appears to be still incomplete. The hypothesis may, therefore, be put forward that their installation stems from a more recent time and that, in consequence, the direction of migration of the fir has been from east to west. Logically this hypothesis would lead us to suppose that the common ancestor of the fir species belonging to the mediterranean group may well have made its first appearance in the Caucasus.

In practical terms the conclusions, relating to climate and phenotypic variability, lead us to assume provisionally 9 regions of origin, corresponding to the figure 3. This classification could serve as a guide for the choice of sources of seed for reafforestation, until we receive the first results from comparative experiments on different seed sources, which are at present being carried out.

## ZUSAMMENFASSUNG

### VERTEILUNG, OEOLOGIE UND VARIABILITÄT DER TANNEN AUS NORD-TÜRKEI

*Abies nordmanniana* SPACH  
*Abies bornmulleriana* MATTFELD  
*Abies equi-trojani* ASCHERSON UND SINTENIS

In den französischen Wiederaufforstungen, nimmt die Nordmanntanne (*Abies nordmanniana*) noch einen bescheidenen Platz ein. Ihre Forsteigenschaften (und besonders ihre ausgeprägtere Plasticität im Vergleich mit *Abies alba*) und das Fehlen von Angaben über ihre Einführungsökologie und besonders über ihre Variabilität waren der Grund zu einer Studienreise in die Tannenwälder der Nord-Türkei. Der Rahmen dieser Untersuchung wurde auf zwei weitere, sehr benachbarte Arten erweitert : *Abies bornmulleriana* und *Abies equi-trojani*.

Die Zone von *Abies nordmanniana* liegt zwischen 1400 und 2000 m Höhe im Ost-Pontus und geht bis in die U.R.S.S., wo sie seine maximale Ausdehnung findet. *Abies bornmulleriana* ist weit verbreitet in dem zentralen Gebiet des Pontus zwischen durchschnittlich 1100 und 1700 m Höhe. Es ist zu vermuten, dass *Abies equi-trojani* nur zwei Standorte im äussersten westlichen Gebiet des Pontus (zwischen 1100 und 1450 m Höhe bei dem Berg IDA) aufweist.

Das pontische Gebirge ist durch eine allgemeine ost-westliche Orientierung charakterisiert, die die klimatischen Unterschiede zwischen dem Küstenabschnitt und den inneren Gebieten verschärft : die gesamten Niederschlagsmengen und die Temperatur nehmen vom Norden gegen Süden zu ab. Im Ganzen nehmen die Niederschlagsmengen des Küstenabschnittes vom Osten gegen Westen zu ab ; die Temperaturen verändern sich nur wenig. Die von der Tanne an der unteren Waldgrenze ertragenen klimatischen Grenzbedingungen sind die folgenden :

Temperatur : 7,5 bis 10,5 °C,

Niederschlagsmengen : 600 bis 1500 mm

d.h. Dürrekoeffizienten (DE MARTONNE) zwischen 30 und 75. Verglichen mit der Weisstanne in Frankreich weisen die Tannen der Nord-Türkei eine bedeutendere Variabilität auf ; insbesondere die Rassen im Inneren des Landes, die schwächeren Niederschlagsmengen angepasst sind.

Sie bilden im allgemeinen schöne dichte Wälder, wo sie häufig mit *Picea orientalis* (*Abies nordmanniana*), *Fagus orientalis* (*Abies bornmulleriana*, *Abies equi trojani*), oder *Pinus sylvestris* (Bestände im Landesinneren) gemischt sind. Die Flora der Tannenwälder der Nord-Türkei weicht nicht wesentlich von derjenigen der westeuropäischen Tannenwälder ab. Es handelt sich um eine Uebergangsflora zu dem orientalischen Gebiet. Die Zonierung der Vegetation wird in jeder der grossen Abteilungen des natürlichen Raumes kurz beschrieben. Die durchschnittliche Höhe der Bestände wechselt zwischen 15 und 35 m ; der Gesundheitszustand und die natürliche Verjüngung sind im allgemeinen vortrefflich. Bedauerlich sind die durch Weidetiere verursachten Beschädigungen. Die Existenz selbst der Wälder scheint jedoch nur sehr ausnahmsweise bedroht zu sein.

In der ost-westlichen Richtung zeigt sich die Variabilität besonders an einigen morphologischen Merkmalen : Flaumhaarigkeit des Jahrestriebes, Stomata auf der Oberfläche der Nadeln, harzige Ansätze auf den Knospen. Diese Unterschiede haben die Botaniker veranlasst, drei verschiedenen Arten zu unterscheiden. Einerseits jedoch können die Unterschiede zwischen *Abies equi trojani* und *Abies bornmulleriana* schwer aufgezeigt werden, und andererseits besteht der der *Abies bornmulleriana* zugeschriebene Phänotyp schon mit einer schwächeren Frequenz in den äussersten westlichen Beständen von *Abies nordmanniana*. Unter diesen Umständen wäre es vernünftiger, nur eine einzige Art : *Abies nordmanniana* für die gesamten Tannen des Kaukasus und der Nord-Türkei vorzusehen.

In der nord-südlichen Richtung, bezieht sich die Differenzierung besonders auf Anpassungsmerkmale (Form, Wachstum, Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit). Man kann gegenüberstellen die sehr hygrophilen Bestände des Küstentypus, die durch zahlreiche Bäume mit breiten und ziemlich dünnen Kronen charakterisiert sind und die relativ mehr xerophilen Bestände des Innenlandes, die durch einen beträchtlichen Prozentsatz an Bäumen mit schmäleren und dichteren Kronen charakterisiert sind.

Im Gebiete der *Abies nordmanniana* (Savsat, Sebinkarahisar) findet man auf etwa 2 000 m Höhe Bestände, die an die Höhenlage sehr gut angepasst sind (Säulenform).

Der Kontinentalität als auch der Höhenlage gegenüber scheint die Anpassung der Bestände des westlichen Sektors noch unvollständig zu sein. So wird die Hypothese aufgestellt, dass ihr Auftreten erst kürzlich erfolgte und dass infolgedessen die Wanderung der Tanne von Ost nach West stattfand. Folgerichtig führt diese Hypothese zur Vermutung, dass die gemeinsame Abstammung der Tannen der mittelländlichen Gruppe wahrscheinlich im Kaukasus liegt.

In der Praxis führen die Schlussfolgerungen betreffend Klima und phenotypische Variabilität zu einer vorläufigen Annahme von 9 Wuchsgebieten (Provenienzen) die der Abb. 3 entsprechen. Diese Klassifizierung könnte, in Erwartung der ersten Ergebnisse der Provenienzversuche, die gegenwärtig durchgeführt werden, als Richtlinie für die Wahl von Samen für Wiederaufforstungen dienen.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARBEZ M., 1967. *Abies nordmanniana* SPACH, *Abies bornmulleriana* MATTFELD. Premiers résultats d'une étude de provenances en pépinière : contrôle de pureté spécifique des provenances d'origine artificielle, tardiveté du débourrement et croissance initiale. *Ann. Sci. Forest.*, **24** (2), 121-156.
- AYTUG, B., 1967. *Morphologie des pollens et recherches palynologiques sur les gymnospermes de Turquie les plus importantes*. Université d'Istanbul. Faculté forestière.
- DAVIS, 1965. *Flora of Turkey, Gymnosperm*. Vol. 1, Edimburg University Press.
- DEBAZAC E.F., 1964. *Manuel des conifères*. Jean Imprimeur, Gap.
- DEBAZAC E.F. Communications personnelles.
- Direction Générale des Forêts de Turquie, 1947. (Excursion botanique en Anatolie du nord). Publ. n° 32.
- DURAN F.S., 1965. *Büyük Atlas*. Cografya Enst. Ed. Hölzel Istanbul.
- ELICIN G., 1967. Particularités des pollens d'*Abies* du groupe circum-méditerranéen. *Univ. d'Istanbul, Fac. forest. A.*, XVII, 1, 156.

- FLOUS F., 1967. Transmission des caractères chez les hybrides de sapins. *C.R. Acad. Sci.*, **204**, 802-804.
- FLOUS F., 1936. Classification et évolution d'un groupe d'Abiétinées. *Trav. Lab. for. Toulouse*, I. Vol. II, 1-283.
- GÖKMEN, 1962. *Carte de distribution des espèces forestières en Turquie*. Direction générale des Forêts et Direction géographique générale de Turquie.
- GUINIER P. et MAIRE R., 1908. Remarques sur quelques *Abies* méditerranéens. *Bull. Soc. bot. Fr.*, **8**, (4), 10.
- GUINIER P., 1955. Quelques cas de disjonction d'aire pour des espèces ou groupes systématiques de végétaux ligneux. Colloque sur les groupes et espèces à aire de répartition disjointe (2<sup>e</sup> partie), 27 p. *C.R. Soc. Biogéogr.*, (277).
- KAYACIK H., 1967. (*Systématique des arbres forestiers et d'ornement*). Istanbul Universitesi, Orman Fakültesi.
- LACAZE J.F. et TOMASSONE R., 1967. Contribution à l'étude de la variabilité infraspécifique d'*Abies grandis* LINDL. (caractéristiques juvéniles). *Ann. Sci. forest.*, **24** (4), 277-325.
- LÖFTING E.C., 1961. *Abies nordmanniana* i Kaukasus. *Saerfr. Dansk Skovfor. T.*, **46**, 426-455.
- MARTONNE (de), 1926. L'indice d'aridité. *Bull. Assoc. géogr. Fr.*
- POURTET J., 1965. Quelques aspects de la végétation forestière en Turquie occidentale. *Rev. forest. fr.*, n° 6, 417-426.
- ROCHE L., 1968. The value of short term studies in provenance research. *Common. Forest. Rev.*, **47** (1), n° 131.
- Service de la Météorologie turque, 1967. Bulletin météorologique (moyennes et extrêmes). *Ankara Basım ve Cillevi*.
- STEBBINS G.L., 1950. *Variation and evolution in plants*. Columbia University Press, New York.
- VAISSIERE (de) et al., 1960. Notes forestières sur l'ouest de l'URSS de Léningrad à la Géorgie. *Rev. forest. fr.*, n° 6, 382-407.
- VIGUIÉ M.Th., GAUSSEN H., 1928-1929. Révision du genre *Abies*. (Trav. Lab. For. Toulouse). *Soc. Hist. nat. Toulouse*, 57, (1928, 369-434) et 58, (1929, 245-564).

## ANNEXE

RÉSULTATS COMPLETS DES OBSERVATIONS  
PORTANT SUR LA VARIABILITÉ DE QUELQUES CARACTÈRES  
DES AIGUILLES ET DU RAMEAU DE L'ANNÉE (Tableau 5)1. — *Echantillonnage*

Pour des raisons matérielles il n'a pas été possible, en général, de prélever et d'examiner plus de 6 échantillons par provenance. Dans certains cas, le plus souvent par suite d'une mauvaise conservation (dessiccation et chute des aiguilles), ce nombre était inférieur et a conduit à regrouper a posteriori dans le même échantillon des provenances différentes mais très comparables pour les caractères mesurés ; les provenances 11, 32, et 33-34 comptaient plus de 6 échantillons chacune et les résultats des mesures de dimension s'écartent assez peu de ceux que l'on aurait obtenus sur 6 individus seulement prélevés au hasard. Il n'en reste pas moins que l'estimation des pourcentages portant sur un nombre aussi restreint d'individus est très peu précise.

Dans chaque population, les rameaux ont été prélevés sur des individus différents et pas trop voisins. On a choisi des rameaux d'un an, stériles et de vigueur comparable, appartenant si possible à des individus jeunes et bien éclairés. Les observations ont porté séparément sur 2 aiguilles insérées sur les génératrices supérieures du rameau et 4 aiguilles sur les génératrices latérales au milieu de la pousse de l'année. Seuls les résultats concernant les aiguilles latérales sont reproduits ici. Les aiguilles supérieures sont généralement plus courtes et l'apex plus fréquemment arrondi ou pointu que sur les aiguilles latérales. La pousse centrale du rameau a fait l'objet des observations de pubescence (face ventrale) et d'efflorescences résineuses (bourgeons terminal et subterminaux).

2. — *Mesures*2.1. — *Mesures de dimension*

La longueur des aiguilles a été mesurée à la règle graduée à 1 mm près. La largeur des aiguilles et la longueur des stomates ont été mesurées à l'aide d'une loupe pourvue d'un micromètre oculaire. L'épaisseur des aiguilles a fait l'objet d'une mesure au comparateur d'épaisseur à 1/10 de mm près (pression de mesure constante).

2.2. — *Notation des caractères qualitatifs*

L'apex des aiguilles a été noté suivant une échelle à trois classes :

- 1 — apex bilobé ou échancré
- 2 — apex arrondi (avec ou sans mucron)
- 3 — apex pointu (émoussé ou piquant)

illustré par la figure 7.

Les autres caractères ne faisaient appel qu'à 2 classes de notation seulement (présence : 1 ou absence : 0).

TABLEAU 5

Variabilité de quelques caractères des aiguilles et du rameau de l'année.

Espèce	Provenance N°	Nbre d'individus	Rameaux glabres %	Bourgeons résineux %	Apex des aiguilles % par classe			Aiguilles possédant des stomates à la face supérieure ; pourcentage	Aiguilles possédant des stomates à la face supérieure ; longueur moyenne (mm)	Longueur des aiguilles (mm)	Largeur des aiguilles (mm)	Épaisseur des aiguilles (mm)	Observations
					1	2	3						
A. nord.	1 et 2	3	33	0	92	8	0	25	0,58	23,58	1,85	0,45	regroupement
	5 et 6	9	22	22	80	17	3	31	0,39±0,11	24,36±1,13	1,90±0,06	0,45±0,01	
	7	3	33	0	100	0	0	33	0,69	32,58	1,94	0,44	regroupement
	8	3	33	100	100	0	0	8	0,25	23,42	1,92	0,45	
	9 et 10	5	100	80	80	20	0	15	0,50	28,05±0,68	2,06±0,06	0,44±0,03	
	11	15	53	67	95	5	0	60	0,55±0,11	27,50±0,92	2,01±0,04	0,44±0,02	
	13	6	67	50	66	34	0	71	1,17±0,39	23,25±0,68	1,99±0,05	0,59±0,03	
	16	6	100	83	96	4	0	46	0,70±0,19	27,08±2,11	2,16±0,06	0,56±0,03	
	17	2	0	0	100	0	0	63	0,53	28,38	2,03	0,41	
	A. born.	18	6	100	83	84	16	0	96	1,27±0,27	28,29±1,82	1,93±0,04	0,44±0,03
19		6	100	100	87	13	0	96	3,08±1,18	27,46±0,97	1,96±0,05	0,49±0,03	
20		6	100	100	87	13	0	96	1,13±0,22	28,50±1,46	1,89±0,03	0,38±0,03	
21		6	100	100	83	17	0	100	2,69±0,77	28,42±1,29	1,97±0,03	0,54±0,05	
22		6	100	83	62	25	13	83	2,30±0,98	28,13±1,37	1,97±0,04	0,51±0,03	
24		6	100	100	50	46	4	100	2,43±0,46	29,17±1,47	1,96±0,06	0,54±0,03	
25		6	100	100	54	29	17	100	3,90±1,27	26,13±1,57	1,85±0,06	0,58±0,02	
27		6	100	100	83	17	0	100	2,15±0,67	24,03±0,96	1,80±0,08	0,51±0,06	
28		6	100	50	83	17	0	71	1,47±0,34	26,96±1,31	1,86±0,04	0,52±0,05	
29		6	100	100	83	13	4	100	2,72±1,10	29,46±1,32	2,00±0,04	0,54±0,03	
30		6	100	83	41	42	17	100	2,99±0,60	23,04±1,87	1,75±0,06	0,54±0,04	
31		6	100	83	71	29	0	100	7,63±1,91	25,79±1,28	1,82±0,06	0,62±0,03	
A. equi-trojani		32	12	100	50	56	44	0	100	6,72±1,13	27,83±0,91	1,71±0,05	0,54±0,06
	33 et 34	49	100	65	70	20	10	95	2,81±0,34	27,80±0,48	1,76±0,02	0,49±0,02	

Note : Les moyennes de caractères quantitatifs sont exprimées sous la forme  $\bar{x} \pm \frac{2 \sigma x}{\sqrt{n}}$

( $\bar{x}$  moyenne arithmétique,  $\sigma x$  écart-type de la distribution des données élémentaires,  $n$  nombre des données élémentaires intervenant dans le calcul de la moyenne).