



## **L'amélioration des arbres forestiers en Suède et au Danemark - Rapport de Mission Juillet 1953.**

Pierre Bouvarel

### **► To cite this version:**

Pierre Bouvarel. L'amélioration des arbres forestiers en Suède et au Danemark - Rapport de Mission Juillet 1953.. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières, 1954, 14 (1), pp.153-220. <hal-03483749>

**HAL Id: hal-03483749**

**<https://hal.science/hal-03483749v1>**

Submitted on 16 Dec 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# **L'AMÉLIORATION DES ARBRES FORESTIERS EN SUÈDE ET AU DANEMARK**

---

**RAPPORT DE MISSION**  
**Juillet 1953**

PAR

**P. BOUVAREL**

Ingénieur des Eaux et Forêts  
Assistant à la 3<sup>e</sup> Section  
de la Station de Recherches et Expériences  
Forestières



## AVANT-PROPOS

---

En terminant mon rapport sur l'amélioration des arbres forestiers aux Etats-Unis (1), je rappelais les caractères particuliers des techniques d'amélioration de part et d'autre de l'Atlantique: aux Etats-Unis, et notamment à Placerville, la prépondérance est donnée à l'*hybridation interspécifique*, tandis que dans la plupart des pays d'Europe, le travail est centré sur la *sélection* suivie d'hybridations *intraspécifiques*.

Le programme de travaux mis en œuvre par la Station de Recherches et Expériences Forestières de Nancy est, pour la presque totalité des travaux envisagés, une application des principes de la sélection. Ceux-ci font partie intégrante du patrimoine technique des forestiers français, et les peuplements traités depuis plusieurs siècles par la méthode du réensemencement naturel et des éclaircies témoignent de leur intelligente application en sylviculture.

Mais l'application de ces principes, enrichis des acquisitions récentes de la génétique, à l'amélioration des essences de reboisement, pressentie et annoncée depuis le début du siècle dans plusieurs pays, a pris, au Danemark d'abord, puis en Suède, sous l'impulsion de quelques pionniers, une grande importance dans les recherches forestières; l'aboutissement en a été la création d'Instituts spécialisés, dotés de moyens financiers considérables.

Des voyages d'études effectués en Suède par MM. les Ingénieurs VENET et NOISSETTE en 1948 et par M. le Conservateur ROL en 1950, au Danemark, par moi-même, en 1947, nous firent connaître les bases de ces techniques et leurs premières applications: sélection individuelle, multiplication végétative, constitution de vergers à graines.

L'investigation d'un domaine à peu près neuf implique une évolution rapide des techniques; c'est pourquoi le principe d'une mission d'études en Suède et au Danemark fut adopté dès mon retour des Etats-Unis, avec pour but l'étude des progrès récents des méthodes d'amélioration des arbres forestiers. Cette mission fut prise en charge par l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, et par l'Association Française pour l'Accroissement de la Productivité, qui avait déjà financé une partie de mon voyage aux Etats-Unis.

(1) L'amélioration des arbres forestiers aux Etats-Unis. L'Institut de Génétique forestière de Placerville (Californie). *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*, tome XIII, fascicule 1, 1952, p. 205 à 292.

Au cours d'un voyage de deux semaines, de 12 au 26 juillet 1953, j'ai pu visiter les Stations suivantes :

Au Danemark :

- 13 juillet : Arboretum de Hörsholm.
- 14 juillet : Station d'amélioration et de traitement des graines forestières de Krogerup.

En Suède :

- 15 au 21 juillet : Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers : Station centrale d'Ekebo (Scanie) et filiale de Brunsberg (Värmland).
- 22 et 23 juillet : Station d'Amélioration Pratique de Kratte Masugn (dépendant du bureau régional des forêts de Gävle).
- 24 au 26 juillet : Institut des Recherches Forestières de l'Etat, à Stockholm.

J'ai ainsi pu étudier, d'une part les recherches fondamentales, d'autre part leur application pratique, et constater les premiers résultats obtenus.

Parmi les nombreuses publications de ces Associations ou Instituts, seules sont traduites — en anglais généralement — donc accessibles, celles qui ont un caractère général : organisation et but des travaux, ou au contraire étude d'un problème particulier relevant de la génétique théorique. Les détails des techniques, qui seraient intéressants à connaître, font l'objet de publications en danois ou en suédois, à diffusion relativement restreinte. C'est pourquoi je me suis spécialement attaché à l'étude et à l'observation des *méthodes pratiques d'amélioration*, de l'exécution même des travaux, avec les points de détail et les tours de main desquels dépend souvent le succès : techniques diverses de greffage, d'hybridation, de semis, mise en place des plantations comparatives et analyse des résultats, critère du choix des arbres plus.

Je ne saurais terminer cet avant-propos sans faire allusion à l'accueil qui me fut partout réservé : forestiers ou généticiens m'ont, au cours des visites des laboratoires, des pépinières, serres et places d'expériences, souvent dispersées dans les forêts, des peuplements où sont choisis les arbres plus, fourni avec une inlassable complaisance toutes les explications sur leurs méthodes de travail, les buts qu'ils poursuivent et les résultats obtenus. Mais l'accueil des Instituts de Recherches se complétait toujours par une hospitalité cordiale qui m'a permis de connaître mes hôtes mieux que je n'aurais pu le faire par des rapports strictement professionnels, et ainsi d'apprécier le mode d'existence de ces pays du Nord et la civilité de leurs habitants.

Mes remerciements iront, au Danemark, au Dr SYRACH LARSEN, et à son assistant, M. SCHAFFALITZKY DE MUCKADEL, qui me gui-

da dans la visite de Hörsholm et de Krogerup; à M. le Skovrider BENTZEN et à mon camarade Fortskandidat FIND CHRISTENSEN, qui avaient déjà été mes hôtes au cours de mon premier voyage;

à Ekebo, au Dr Helge JOHNSON, directeur, au Dr C.L. KIELLANDER, chargé de l'amélioration des conifères, et au Dr A. LJUNGER, spécialiste des feuillus, qui, tour à tour, me fournirent les renseignements les plus détaillés sur l'organisation de l'Institut, les recherches fondamentales les plus récentes et les expériences sur le terrain;

à Brunsberg, au Jägmästare Bo NILSSON, Directeur de la Station, qui me conduisit dans les forêts du Värmland;

à Kratte Masugn, au Jägmästare E. PERSSON, et au Forstkandidat F. PALUDAN, qui me montra notamment les vergers à graines.

à Stockholm enfin, au Professeur A. GUSTAFSSON, directeur de la section de génétique forestière à l'Institut de Recherches de l'Etat, qui m'accueillit dans ses places d'essai de Bogesund, et à son assistante, Dr Carin EHRENBORG.

Je ne saurais oublier M. le Professeur Olof TAMM, que des liens déjà anciens unissent à l'Ecole de Nancy, qui organisa une partie de mon voyage et m'accueillit à Uppsala et dans sa propriété de Norrtälje.

Mlle Erna BENTZEN, en traduisant du danois et du suédois une partie de ma documentation, m'a apporté une aide extrêmement précieuse.

Je voudrais remercier, en France, les représentants du Comité de la Productivité qui ont accepté de financer une partie de mon voyage.

Enfin, je tiens à exprimer ma respectueuse gratitude à mes Chefs de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, M. l'Inspecteur Général OUDIN, M. le Conservateur ROL et M. l'Ingénieur Principal POURTET, qui m'ont désigné pour ce voyage et m'ont aidé de leurs conseils.

---

## CHAPITRE PREMIER

**ORGANISATION DES RECHERCHES  
DE GÉNÉTIQUE FORESTIÈRE  
AU DANEMARK ET EN SUÈDE**

---

**I. — Le milieu forestier**

A. — DANEMARK. — Plusieurs ouvrages généraux ont décrit les forêts et l'économie forestière danoise — (PERRIN [26], SABROE [28]). Il suffira de rappeler les faits saillants qui expliquent en partie le développement de la génétique forestière: le Danemark, avec 348 000 ha de forêts, a un taux de boisement de 8 % environ; la surface boisée est répartie en un grand nombre de massifs, généralement de faible étendue. Si l'on se souvient du fait que le seul résineux spontané au Danemark est le genévrier (*Juniperus communis*), on mesurera l'effort fait par les reboiseurs depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle par les proportions respectives des forêts feuillues: 43 % et résineuses: 57 %. Les plantations résineuses occupent surtout les sols dégradés des landes du Jutland, et les dunes littorales. L'essence la plus employée, dans les premiers boisements et encore aujourd'hui, est l'épicéa, qui constitue, en peuplements purs, 23 % de la surface totale des forêts; étendu souvent à des stations peu favorables, il y est sujet aux chablis et aux attaques de *Ungulina annosa*. Le pin à crochets occupe la deuxième place, avec 14 % de la surface boisée; il est souvent planté en mélange avec l'épicéa. Le pin sylvestre, le pin noir, le sapin pectiné, le mélèze d'Europe ont été introduits, avec des fortunes diverses, et, plus récemment, *Abies nordmanniana*, *Abies grandis*, le douglas et le mélèze du Japon.

La plantation en peuplements purs et, pour certaines essences, l'état hygrométrique élevé ont favorisé le développement des parasites animaux et végétaux. Aujourd'hui, un choix plus judicieux des essences et la pratique de peuplements mixtes ont réduit la fréquence des invasions; mais on comprendra que la recherche de types résistants d'une part, et l'amélioration de nombreuses espèces étrangères d'autre part, occupent une place importante dans les travaux de génétique.

Le hêtre est l'essence dominante des forêts feuillues spontanées, l'arbre national danois; mais la régénération artificielle, comme d'ailleurs pour le chêne et les autres feuillus, est une règle qui ne souffre que peu d'exceptions: deux raisons sont invoquées pour justifier cette pratique: l'irrégularité des fainées, la forme médiocre des hêtres danois, qu'on remplace par des arbres issus de graines importées des Pays Bas ou d'Europe Centrale.

La raison de cette forme médiocre, qui se traduit surtout par une proportion importante d'arbres fourchus, est à rechercher dans la pratique d'une sélection à rebours, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, à une époque où la mévente du bois de feu amenait à laisser sur pied les plus mauvais arbres qui ne pouvaient produire de sciages.

Donc, pratiquement, *la presque totalité des forêts est renouvelée par plantations*; quel que soit le mode de propriété — état ou particuliers — le traitement est le même; d'ailleurs, les propriétaires forestiers, même s'ils n'ont que quelques hectares, s'unissent en syndicats locaux de façon à pouvoir appointer un Ingénieur qui prendra soin de toutes les forêts des membres.

Les besoins en graines sont donc considérables, et ne peuvent être satisfaits par les graines récoltées dans le pays.

En raison de la pratique ancienne et généralisée de la régénération artificielle et du reboisement, les forestiers danois ont eu leur attention attirée sur le problème de l'origine des graines, et ont été amenés à rechercher une amélioration en qualité et en quantité.

B. — SUÈDE. — En quittant le Danemark, essentiellement agricole, relativement peu boisé, sans résineux indigènes, on trouve en Suède un pays où la forêt, surtout résineuse, joue un très grand rôle, par son étendue et par l'importance de ses produits: elle occupe en effet 23 millions d'ha, soit un taux de boisement de 56 %, et ses produits représentent, en valeur, un tiers du revenu national et plus de la moitié des exportations.

Si l'on excepte la Scanie, province méridionale, qui ressemble au Danemark par sa structure physique et ses forêts peu étendues où le hêtre domine, la forêt résineuse couvre tout le pays, monotone, coupée seulement par les surfaces claires des innombrables lacs. Le pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) et l'épicéa (*Picea excelsa* Link.) sont, de loin, les deux essences principales, soit en peuplements purs, soit, plus souvent peut-être, en mélange. Les pins, de forme en général excellente, fût rectiligne et branches fines, fournissent la plupart des sciages; l'épicéa, plus médiocre, est surtout utilisé comme bois de pâte. Les bouleaux et les trembles qui rompent la monotonie de la sombre forêt résineuse, contribuent à la production du bois à papier; les premiers sont en outre utilisés en charronnage et en ébénisterie (surtout les bouleaux figurés), tandis que les trembles servent à la fabrication des allumettes.



Le nombre des essences indigènes économiquement importantes est donc relativement restreint; *les introductions d'essences nouvelles sont rares; le travail des généticiens est concentré sur l'amélioration des essences indigènes, et, avant tout, le pin sylvestre, l'épicéa et le tremble.*

Alors que la régénération artificielle est la règle au Danemark, on estime que 70 % des forêts suédoises se resèment naturellement. Les 30 % qui restent représentent encore des surfaces considérables, où la régénération est obtenue par plantation ou par semis d'épicéa et de pin sylvestre. Dans la moitié Nord de la Suède surtout, ces pratiques sont nécessaires, car la régénération naturelle, très lente, surtout à cause de la rareté des années de semence, donne des peuplements médiocres.

Actuellement, les besoins en graines de pin et d'épicéa sont donc énormes, et la production ne suffit pas: sur 60 tonnes de graines de pin utilisées annuellement, la Suède doit en importer 40, avec tous les aléas — et il y en a eu — que comporte l'introduction de races mal adaptées au climat nordique.

Mais l'ambition des forestiers suédois est d'augmenter le plus possible, dans l'avenir, les surfaces soumises à la régénération artificielle, et, en même temps, de diminuer la charge et les risques des importations de graines en utilisant des graines indigènes améliorées, produites en abondance dans les vergers à graines. Pour l'épicéa, comme nous le verrons, ce schéma n'est pas tout à fait exact: l'amélioration portera non seulement sur l'épicéa suédois, dont la forme est jugée défectueuse, mais aussi sur des types « continentaux » bien adaptés, qui, dans la moitié Sud du pays, devront supplanter l'épicéa indigène.

*La charge de cette transformation ambitieuse des forêts suédoises repose presque entièrement sur les Instituts de génétique; ils doivent, non seulement, fournir des graines améliorées, mais les produire en très grande quantité; on jugera mieux, de ce fait, leur importance et l'ampleur des moyens mis à leur disposition qui pourraient surprendre de prime abord un observateur non averti.*

## II. — Historique de la génétique forestière

Si on peut relever dans la littérature forestière des XVII<sup>e</sup>, XVIII<sup>e</sup> et surtout XIX<sup>e</sup> siècles maintes observations sur les différentes races d'une même espèce et sur l'importance de l'origine des graines utilisées dans les reboisements, si, dès 1820, Philippe-André de VILMORIN installa aux Barres les premières plantations comparatives entre les races de pin sylvestre, la « prise de conscience » de la génétique forestière date seulement des premières années de ce siècle. En Suède et au Danemark, comme dans beaucoup d'autres pays, des forestiers éclairés commencèrent à chercher l'application des ré-

centes découvertes de la génétique animale et végétale à l'amélioration des essences forestières, et à faire intervenir d'une façon plus scientifique les notions de race et d'hérédité dans la solution du problème de l'origine des graines de reboisement. Ce problème était d'ailleurs particulièrement aigu dans les premières années du  $xx^e$  siècle : on commençait à s'apercevoir des résultats déplorables des reboisements en pin sylvestre effectués avec les graines dont les sécheresses de Darmstadt avaient inondé l'Europe entière ; on peut dire que le caractère spectaculaire de cet échec contribua grandement à orienter les recherches vers les problèmes de l'hérédité.

Dès 1896, en effet, le Suédois THORSTEN OERTENBLAD réclamait « un SVALÖV pour les arbres forestiers » ; il reconnaissait les inconvénients de la sélection massale et recommandait d'utiliser de préférence la sélection individuelle. Un peu plus tard, OPPERMANN, au Danemark, étudiait l'hérédité du caractère « tortillard » chez les hêtres, démontrée par MATHIEU, en France, vers 1875 ; NILS SYLVEN, en Suède, publiait ses premiers mémoires sur les types de ramification d'épicéa en 1909, tandis que GUNNAR ANDERSSON préconisait la sélection et la propagation des « mutations favorables », mettait l'accent sur l'importance de la multiplication végétative comme instrument d'amélioration, en écrivant : « C'est un avantage évident que, suivant l'exemple des horticulteurs, on puisse utiliser largement la greffe pour la multiplication des conifères ».

Toujours dans les premières années du  $xx^e$  siècle, des plantations comparatives furent établies avec des graines de diverses provenances : en Suède par SCHOTTE et WIBECK pour le pin sylvestre, MAASS pour l'épicéa, tandis qu'au Danemark en 1909 L.-A. HAUCH publiait les résultats de ses expériences comparatives sur les provenances de chêne et de hêtre.

Vers le même temps paraissait l'ouvrage capital du grand producteur de graines forestières, Johannès RAFN, sur l'origine des graines : « *Untersuchen von Forstsamen duch 25 Jahre: 1887-1912* ».

Mais les réalisations pratiques de grande envergure ne suivirent que d'assez loin les premières prises de position des forestiers sur ces problèmes. Jusqu'en 1930, les efforts portèrent surtout sur le contrôle de l'origine des graines : en Suède, ils se traduisirent surtout par des mesures restrictives portant sur les importations ; au Danemark au contraire, sous l'impulsion de SYRACH LARSEN, on commençait dès 1926 le recensement des meilleurs peuplements en vue de la récolte des graines. C'est SYRACH LARSEN qui, vers 1930, ayant pris en charge toutes les recherches de génétique forestière, ouvrit la voie aux techniques modernes de l'amélioration, en mettant au point les méthodes de multiplication végétative et de pollinisation artificielle, élaborant le premier programme complet d'amélioration, avec sélection d'arbres plus, plantations comparatives de clones et de descendance individuelles, et établissement de vergers à graines. Ses hybridations et autofécondations de sapins et de mé-

lèzes, ses travaux sur la polyploïdie complètent son œuvre de novateur.

En Suède, la découverte en 1935 par le Professeur NILSSON EMIL d'un tremble triploïde, les études du Professeur BERTIL LINDQUIST sur la variabilité des espèces forestières, celles de HOLGER JENSEN sur le greffage, mirent à nouveau en lumière l'importance de l'amélioration des arbres forestiers, et déclenchèrent, notamment chez les grandes compagnies forestières et papetières, un courant d'intérêt qui aboutit en 1936 à la création de l'Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers; le premier directeur en fut le Professeur NILS SYLVEN, qui n'avait pas cessé de militer en faveur de la génétique forestière.

L'impulsion était donnée; à partir de ce moment, et surtout depuis la deuxième guerre mondiale, les recherches théoriques et les applications pratiques prirent une importance et une extension dont nous espérons donner une idée dans les chapitres suivants.

### III. — Organisation de l'amélioration des arbres forestiers

A. — DANEMARK. — Les recherches fondamentales sont concentrées à l'Arboretum de Hørsholm, sous la direction du Dr SYRACH LARSEN; les résultats obtenus à l'Arboretum reçoivent leur application pratique à la Station d'amélioration du Service forestier danois, à Krogerup.

#### I. — ARBORETUM DE HØRSHOLM.

Il fut créé en 1936, comme extension du vieil Arboretum national de Charlottenlund. Situé dans le Nord-Est de l'île de Zélande, à une vingtaine de kilomètres de Copenhague, il occupe une superficie de 18 ha consacrés, partie aux collections d'espèces introduites, partie aux travaux d'amélioration.

La Station de génétique forestière de Hørsholm est un organisme indépendant, qui reçoit des crédits de plusieurs sources: l'Etat, par l'intermédiaire de l'Ecole Royale Forestière, la Société Forestière Danoise; diverses Sociétés privées peuvent subventionner des recherches spéciales: par exemple, un fonds spécial est attribué pour l'amélioration du hêtre, prise en charge par un des assistants.

a) *Personnel*. — Outre le Dr SYRACH LARSEN, directeur, le personnel comprend:

— 3 assistants ayant le grade de Forstkandidat (Ingénieur forestier): l'un s'occupe de l'Arboretum, l'autre de l'amélioration du hêtre, le troisième de l'amélioration des autres essences, et en particulier des types résistants aux maladies.

— un jardinier-chef,

— 6 ouvriers, qui exécutent les travaux de pépinière, de plan-

tation, et les greffages. Ces ouvriers n'ont reçu aucune éducation spéciale en ce qui concerne le greffage; un entraînement d'une quinzaine de jours suffit à faire d'un ouvrier adroit un bon greffeur. A la saison de greffage, un ou deux ouvriers temporaires sont employés en plus du personnel permanent.

b) *Bâtiments et serres.* — Un bâtiment neuf abrite les bureaux, une bibliothèque et un petit laboratoire. Les serres sont du type ordinaire, à deux versants, avec chauffage aérien. Elles comprennent :

- une serre à greffes,
- une serre pour la récolte du pollen sur branches coupées. Ces deux types de serre sont décrits en détail plus loin,
- deux serres à compartiments, où on peut isoler les arbres à hybrider particulièrement intéressants, et, le cas échéant, accélérer leur floraison par forçage. L'une de ces serres est assez haute pour qu'on puisse y laisser pendant plusieurs années des sujets de 3 ou 4 m de hauteur.

Durant l'été, tous les vitrages sont passés au lait de chaux pour réduire la chaleur absorbée.

c) *Pépinières et terrains d'expériences.* — Deux pépinières servent à élever les plants greffés, les porte-greffes et les semis issus des pollinisations contrôlées. Elles sont complétées par une ombrière et des châssis sous verre destinés aux boutures.

Les plantations comparatives, collections de greffes, etc... occupent les terrains laissés libres par les collections de l'Arboretum, mais la plus grande partie est distribuée dans des placettes louées dans la forêt domaniale voisine de l'Arboretum, au total une douzaine d'hectares. Enfin, d'autres placettes, réparties dans diverses forêts dans tout le pays, portent des plantations comparatives et des vergers à graines.

## 2. — STATION DE KROGERUP.

Depuis 1946, le Service forestier danois possède à Krogerup, à quelques kilomètres de Hörsholm, une station dont l'activité est double : d'une part, exploitation des résultats obtenus à Hörsholm, surtout en ce qui concerne la sélection et la création de vergers à graines, d'autre part, récolte, contrôle, traitement et conservation des graines forestières. Cette formule présente à mon avis de grands avantages : c'est, en définitive, à l'exception des peupliers noirs multipliés généralement par boutures, la graine qui représente l'aboutissement des travaux d'amélioration ; *il est donc logique qu'un même organisme s'occupe d'améliorer la qualité génétique des graines et leurs qualités physiologiques.*

La Station est placée sous la direction de M. BARNER, ancien

adjoint du Dr SYRACH LARSEN, assisté de trois « Skovfoged », dont le niveau d'instruction équivaut à peu près à celui de nos Ingénieurs des Travaux forestiers.

Les bâtiments abritent le matériel de séchage des cônes, les trieurs-désaileurs et les chambres froides. Les graines sont récoltées par escalade sur les peuplements sélectionnés. Les programmes de récolte sont établis d'après les demandes formulées par les différentes Inspections.

Une serre à greffes et une serre à extraction de pollen complètent l'équipement.

Les vastes pépinières et les places d'expériences qui comportent surtout des plantations comparatives de clones, des collections de greffes et des vergers à graines, sont établies sur les terrains d'un domaine agricole acheté par l'Etat.

B. SUÈDE. — Alors qu'au Danemark les recherches de génétique sont concentrées dans un organisme unique, qui travaille en étroite collaboration avec la Station d'application relevant du Service forestier, en Suède elles sont dispersées entre plusieurs organismes d'Etat et des Sociétés indépendantes. On ne peut manquer d'être frappé par cette multiplicité, et par l'indépendance de chacune de ces stations. Faut-il y voir la conséquence, ou la cause de doctrines sensiblement divergentes en ce qui concerne les voies à suivre pour l'amélioration ? En tout cas, le nombre et l'importance des stations traduisent sans nul doute l'existence d'une véritable foi dans les possibilités de la génétique forestière ; foi qui se mesure à l'ampleur des programmes d'amélioration ; foi qui touche tous les milieux forestiers, les services de l'Etat, et, peut-être encore plus, les forestiers privés, propriétaires, industriels, conseils d'administration des grandes Compagnies forestières et papetières.

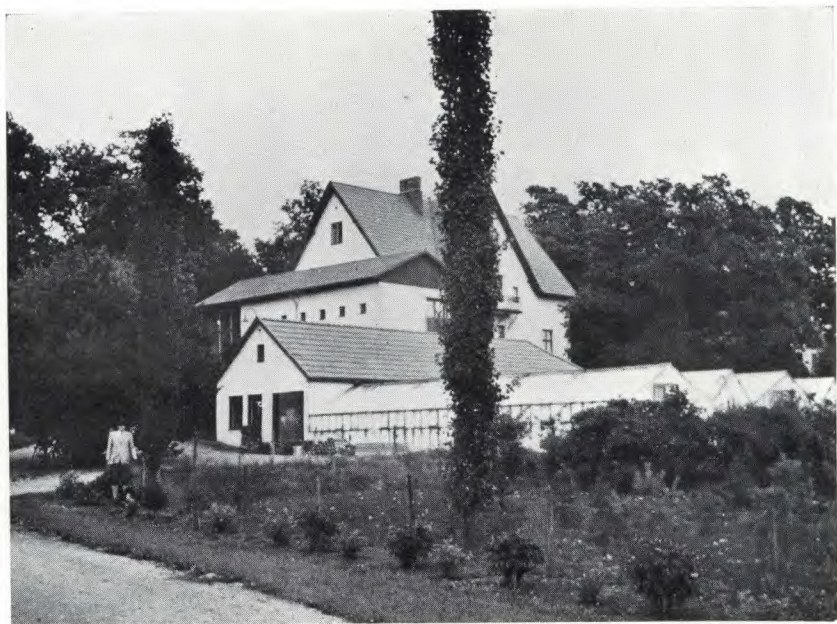
Trois organismes principaux fournissent la plus grande part du travail d'amélioration. Ce sont :

— La section de génétique de la Station de Recherches Forestières de l'Etat (Statens Skogsforskningsinstitut - genetiska avdelingen) fondée en 1946, à Stockholm, sous la direction du Professeur Åke GUSTAFSSON, qui s'occupe surtout des recherches fondamentales orientées principalement vers l'étude de la constitution héréditaire des arbres.

— l'Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers (Föreningen för Växtförädling av Skogsträd), fondée en 1936, dont le siège est à Ekebo, en Scanie, et l'actuel Directeur, le Dr Helge JOHNSON, successeur du Professeur Nils SYLVEN. But : recherches fondamentales, amélioration par sélection, hybridation ou polyploidie ; constitution de vergers à graines, mais seulement avec des arbres dont la valeur a été contrôlée par des croisements et des expériences comparatives.

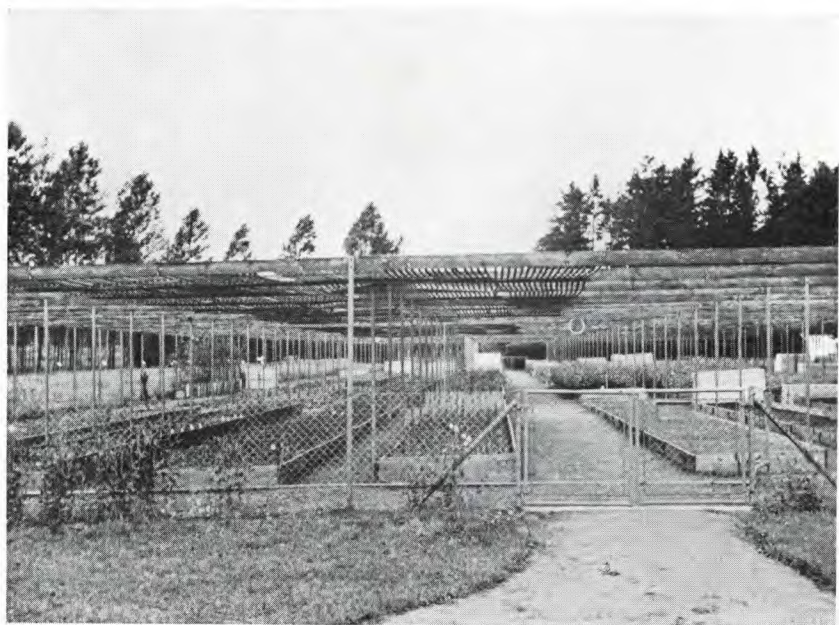


Station de Krogerup.



Station d'Ekebo.  
Au premier plan, *Populus tremula* fastigiés.





Ombrière de la station d'Ekebo.



Station de Brunsberg.

— La Société pour la Pratique de l'Amélioration des Forêts (Sällskapet för praktisk skogsförädling ledamöter) dont l'objet principal est la constitution rapide de vergers à graines à partir d'arbres sélectionnés sur le terrain. Cette Société fut fondée en 1941 ; son premier Directeur fut le Professeur B. LINDQUIST, auquel succéda, en 1945, le Dr Tore ARNBORG.

En fait, les deux sociétés se distinguent parce que, dans l'une on veut avancer pas à pas, mais avec certitude, et ne généraliser l'usage de types améliorés qu'après un contrôle rigoureux, tandis que, dans l'autre, on insiste sur l'urgence de la constitution de vergers à graines étendus pour pallier le plus rapidement possible le déficit en graines de reboisement. Mais les principes de sélection sont à peu près analogues. D'ailleurs, *la sélection des arbres « plus » peut être faite pratiquement par tous les forestiers :*

— par les chercheurs de la section de génétique de l'Institut de Recherches Forestières et des stations de recherches des deux sociétés d'amélioration,

— par les membres de ces sociétés, compagnies forestières ou papetières ou propriétaires particuliers,

— par les Ingénieurs du Service forestier,

— par les bureaux régionaux des forêts (équivalents de nos services des relations extérieures).

Un organisme spécial coordonne la sélection des arbres plus, contrôle la qualité des individus choisis, et leur donne une sorte de « label de qualité » : C'est le Centre de coordination pour l'amélioration et les études sur la génétique des arbres forestiers (Samarbetsnanden för Skogled Växtförädling och Genetik) placé sous la direction du Professeur E. ANDERSSON.

Je donnerai un bref aperçu de l'organisation des stations de recherches ou d'application que j'ai visitées.

#### I. — SECTION DE GÉNÉTIQUE

##### DE LA STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE L'ÉTAT

Elle dispose de laboratoires modernes, très bien équipés, situés dans les bâtiments de la Station de Recherches Forestières, à Experimentalfältet (Stockholm). Ces laboratoires, où s'effectuent surtout les recherches cytologiques, sont complétés par de vastes terrains d'expériences : la section dispose, à Bogesunds, non loin de Stockholm, de 500 ha de terrain, comprenant des terrains de culture où peuvent être établies les plantations, et des forêts de pin et d'épicéa.

Le personnel comprend, outre le Professeur GUSTAFSSON et son collaborateur, le Dr LANGLET :

— assistants : 4,

— personnel de terrain : 7,

— personnel de laboratoire : 4.



Les recherches fondamentales sont orientées, au laboratoire, sur la production artificielle de mutations, et, sur le terrain, sur l'étude des bases génétiques de la sélection : des croisements contrôlés entre des arbres de qualité et d'origine diverses, ainsi que des autofécondations permettent, grâce à des plantations comparatives effectuées avec les descendances de ces croisements, d'avancer peu à peu dans la connaissance de la constitution génétique des arbres forestiers.

## 2. — L'ASSOCIATION POUR L'AMÉLIORATION DES ARBRES FORESTIERS

est une association privée, dont la direction est confiée à un conseil d'administration de 11 membres, où siègent des représentants des industries du bois et du papier, des propriétaires forestiers et de l'Etat — en tant que propriétaire forestier. Les fonds sont fournis directement par les associations groupant les propriétaires ou les industriels du bois ; l'Etat accorde une subvention qui peut atteindre environ la moitié du budget annuel. Celui-ci s'est élevé, pour 1952, à 523 000 S. Kr, soit environ 32 millions de francs.

Les recherches sont réparties en 3 stations qui intéressent chacune environ 1/3 du territoire suédois : Ekebo en Scanie (Suède méridionale), et les filiales de Brunsberg, en Värmland (Suède centrale) et de Sundmo (Suède septentrionale). La répartition des travaux entre ces 3 stations tient compte du fait que la Suède s'étend, du Nord au Sud, sur plus de 1 500 km, avec des conditions climatiques très différentes. Des arbres sélectionnés en Scanie ne peuvent être utilisés en reboisement dans le Norrland, et vice-versa. Aussi, les 3 stations poursuivent-elles des programmes de sélection parallèles, le matériel de sélection étant pris, pour chaque station, uniquement dans la région où elle se trouve.

Le personnel comprend, pour les 3 stations :

- Chercheurs (généticiens ou forestiers) : 7.
- Techniciens : 5.
- Personnel des pépinières (plus des ouvriers temporaires) : 10.
- Personnel de laboratoire : 4.
- Administration : 3.

J'ai visité les stations d'Ekebo et de Brunsberg.

a) *Station d'Ekebo*. — Elle est située à quelques kilomètres de la célèbre station d'amélioration des plantes cultivées de Svalöv ; les rapports entre les deux stations sont constants et fructueux.

Les bâtiments comprennent, outre les bureaux et une vaste bibliothèque, des laboratoires où se fait la plus grande partie des recherches de cytologie et de pathologie poursuivies par l'Association. Les serres, disposées côte à côte, sont du type classique qui sera décrit plus loin. Une batterie de chambres froides permet la conservation des graines et des greffons.

Les terrains dont dispose l'Institut sont d'anciennes terres agricoles, très fertiles. Ils comprennent les pépinières, les collections de clones et un certain nombre de plantations d'expérience, la plupart de celles-ci étant d'ailleurs réparties dans les forêts de la région, sur des terrains loués ou prêtés par des membres de l'Association.

Près des serres, une vaste ombrière abrite une trentaine d'ares de bâches.

b) *Station de Brunsberg*. — Elle est située dans le Sud du Värmland au cœur d'une région très boisée. Fondée en 1941, elle a été agrandie et modernisée en 1950.

La sécherie des graines est équipée pour traiter de petits lots de cônes : ceux-ci sont placés dans des tiroirs grillagés, disposés sur les parois d'une pièce ; une circulation d'air chaud assure le séchage ; la chaleur est fournie par le chauffage central du bâtiment. Les graines sont ensuite désaillées, nettoyées et triées dans de petits tarares électriques.

En plus des serres vitrées normales, on a construit des serres en béton, éclairées artificiellement, qu'on utilise en hiver, au moment où les jours sont très courts et où la neige vient encore obscurcir les vitrages.

Un bâtiment spécial est consacré aux ouvriers ; ils y trouvent une coquette salle à manger, une salle d'eau (obligatoire dans toutes les entreprises) et une « sauna », le bain d'air brûlant cher aux Scandinaves.

D'ailleurs, dans toutes les stations de recherches que j'ai visitées, j'ai été frappé par le souci qu'ont les employeurs d'assurer à leurs ouvriers, non seulement un abri pour les repas, mais un cadre confortable et agréable où passer les heures de détente : ici c'est une cuisine équipée à l'électricité où ils peuvent préparer des repas chauds, là, dans un réfectoire très rustique, aux murs de briques nues, des meubles clairs et des rideaux de couleurs vives, là encore, un « déshabilleur » où les bottes et les vêtements trempés sèchent rapidement.

L'Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers dispose donc de moyens puissants, d'un personnel de grande valeur technique et pratique et d'un budget stable qui permet d'une part l'établissement de programmes de travaux à longue échéance, d'autre part la poursuite de recherches fondamentales. Il est remarquable que l'Etat Suédois, malgré la part importante qu'il prend à son financement, n'exerce que le contrôle auquel lui donne droit sa qualité de membre de l'Association, et lui laisse toute sa souplesse et son autonomie financière. D'autre part, on doit convenir de la largeur de vues et de l'esprit de progrès des industriels et des propriétaires forestiers qui financent directement ces recherches ; il est bien évident qu'ils ne pourront en bénéficier avant les premières exploitations

d'arbres améliorés, c'est-à-dire 30 ou 40 ans au minimum (les premiers bénéficiaires seront sans doute les Sociétés allumettières, qui commencent à planter en grand les trembles hybrides).

### 3. — STATION D'AMÉLIORATION DE KRATTE MASUGN

Elle dépend du Bureau Régional des forêts de Gävle, membre de la Société pour la Pratique de l'Amélioration des Forêts. La Station, doublée d'une Ecole forestière pour contremaîtres et propriétaires forestiers, est située dans la partie Ouest des collines de Dälécarlie, qui descendent en pente douce vers la Baltique, un peu au-dessous du 61<sup>e</sup> degré de latitude.

Le personnel est réduit : un ingénieur forestier et 2 ou 3 aides. Le travail d'amélioration porte uniquement sur la sélection d'arbres plus dans le district de Gävle, le greffage et la constitution de vergers à graines. Le contrôle du matériel par plantations comparatives de clones ou de descendance, et les recherches fondamentales, passent au second plan ; il s'agit, suivant les idées directrices de la Société, en partant d'arbres plus choisis d'après leurs caractères phénotypiques, de constituer aussi vite que possible des vergers à graines en nombre suffisant pour obtenir en *quantité importante* des graines bénéficiant d'une première amélioration.

---

## CHAPITRE II

## AMÉLIORATION PAR SÉLECTION

## I. — Sélection de peuplements

La récolte de graines sur des peuplements de mauvaise forme est responsable d'une grande partie des échecs constatés dans les reboisements depuis une centaine d'années. La récolte de graines exclusivement sur de beaux peuplements, et l'étude des possibilités d'introduction de ces graines dans d'autres régions représentent une amélioration immédiate du matériel de reboisement.

Le recensement des beaux peuplements, ou « *peuplements plus* » a été entrepris au Danemark depuis 1926. La faible étendue des forêts, toutes ou presque toutes inventoriées et aménagées, a facilité cette opération; elle a porté aussi bien sur les peuplements d'espèces introduites (surtout épicéa, mélèze, douglas et pin sylvestre) que sur les peuplements naturels de hêtre et de chêne. Actuellement presque toutes les graines récoltées au Danemark proviennent de peuplements recensés.

L'inventaire et le classement des peuplements en vue de la récolte de graines représentait pour la Suède une tâche plus longue et plus difficile, en raison de l'étendue des forêts, dont la plupart, surtout dans le Norrland, ne sont pas aménagées. D'autre part, la variation étendue des conditions écologiques du Nord au Sud du pays ne permet pas d'utiliser partout les graines provenant d'un peuplement quelconque; il a donc fallu préciser les limites d'utilisation des graines provenant d'une région donnée.

Ce travail fut entrepris voici une dizaine d'années par les diverses Stations de Recherches. Le Professeur B. LINDBQUIST, travaillant pour la Société pour la Pratique de l'Amélioration des Forêts et le Bureau régional des forêts de Gävle, établit, pour le pin sylvestre, un classement des peuplements de la moitié Nord de la Suède :

*Les peuplements plus* ainsi choisis sont ceux dans lesquels dominent très largement les arbres à cime étroite, branches courtes, fines et à peu près horizontales. Les dominés et les arbres à cime large sont exploités, afin de dégager les cimes des meilleurs arbres et d'obtenir une fructification abondante, et aussi pour assurer la pollinisation seulement entre arbres de qualité.

Dans ces « *magasins à graines vivants* », la récolte se fait par escalade ; on peut encore la limiter aux plus beaux arbres, qui sont alors marqués à la peinture. On récolte pendant les années de fructification bonne ou moyenne ; on estime que la récolte d'un arbre portant moins de 75 cônes ne paie pas l'escalade.

*Les peuplements normaux* comportent encore une proportion appréciable d'arbres à cime étroite au milieu des arbres à cime large et fortes branches. Les éclaircies doivent peu à peu éliminer ces derniers, en commençant par les plus mauvais. Lorsque le peuplement en est à peu près complètement purgé, on peut commencer les récoltes sur des arbres abattus au cours des éclaircies. On obtient ainsi des graines de qualité moyenne.

*Les peuplements moins* comportent presque exclusivement des arbres de forme défectueuse. Toute récolte de graines sur ces peuplements doit être proscrite.

Le travail aboutit à la sélection d'environ 150 peuplements plus, couvrant 400 ha, et à la délimitation de régions à peuplements moins, les autres régions portant des peuplements normaux.

Les peuplements moins sont localisés, d'une part dans les montagnes du Nord-Ouest où le pin sylvestre est concurrencé par l'épicéa, et souffre de bris de neige, d'autre part, le long de la côte, dans les forêts exploitées depuis longtemps, où les coupes dites « sélectives » ont, génération après génération, « écrémé » ces forêts des plus beaux arbres.

L'Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers, de son côté, avait commencé la sélection, dès 1938, de bouleaux et trembles. Depuis, on a surtout choisi dans toute la Suède, des peuplements de pin et d'épicéa ; en 1950, on avait repéré :

— 421 peuplements plus de pin.

— 378 peuplements plus d'épicéa.

#### *Plan de récolte du Bureau Régional des forêts de Gävle.*

Le district de Gävle comprend quelques-uns des plus beaux types de pins suédois. 70 peuplements plus y ont été sélectionnés, couvrant 150 hectares. La récolte de ces peuplements plus, par escalade, a produit en 1947 (d'après B. LINDBQUIST) 100 kg de graines. La récolte sur les arbres abattus dans les peuplements normaux, effectuée soit par les propriétaires, soit par les équipes du Bureau des forêts, fournit 800 à 1 000 kg de graines ; ces récoltes suffisent à assurer tous les besoins du district, sans qu'aucune graine soit récoltée sur les peuplements moins, qui couvrent environ la moitié de la surface des forêts.



Pins sylvestres du Värmland. Sol à *Cladonia*, *Vaccinium* et *Calluna*. — Régénération naturelle abondante.



Bouquet de trembles en Dalécarlie.

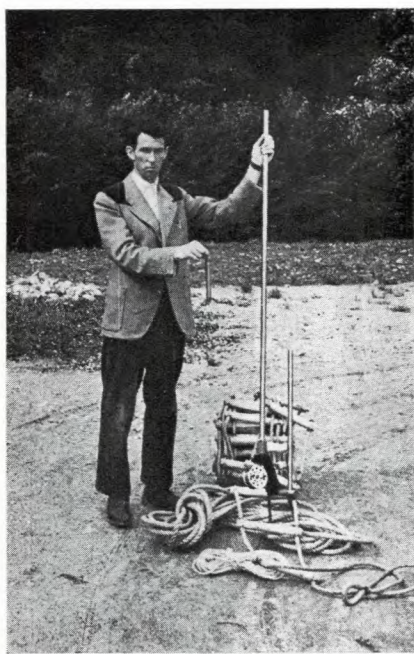


Plantation d'épicéa « continental ».  
Forêt de Boserup (Scanie) - 76 ans.

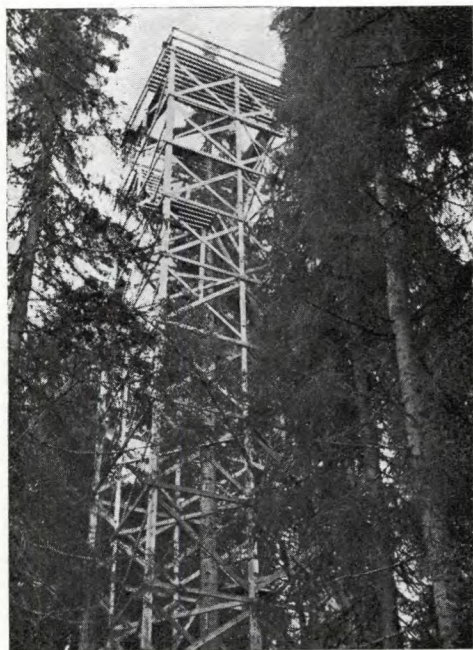




2 pins sylvestres numérotés  
(Brunsberg)



Le fusil à air comprimé danois  
avec le matériel d'escalade.



Echafaudage autour d'un épicéa « plus ».  
Forêt de Mongslidberget (Värmland).

## LIMITE D'UTILISATION DES GRAINES

Les graines sont normalement utilisées dans la région où elles ont été récoltées. Il a fallu cependant envisager les possibilités de transfert de régions excédentaires vers des régions déficitaires et étudier les chances de réussite de ces introductions eu égard aux différences de climat.

Le Professeur LANGLET a étudié ce problème pour le pin et l'épicéa, et a dressé des diagrammes indiquant, à partir d'un point donné, quels changements en altitude et en latitude on peut faire subir aux graines récoltées en ce point. Ces diagrammes confirment le fait connu qu'il est moins risqué d'utiliser des graines provenant d'une latitude et d'une altitude plus basses que l'inverse. Les plants issus de ces graines ont souvent une croissance supérieure aux types locaux : par exemple, dans toute la moitié Sud de la Suède, l'épicéa provenant d'Allemagne pousse plus vite que l'épicéa indigène.

LANGLET admet, pour l'épicéa :

— sous la même latitude, un déplacement maximum de 350 m vers le haut et 200 m vers le bas.

— pour la même altitude, un déplacement de 200 km vers le Sud, et, vers le Nord, de 250 km pour les graines récoltées dans la moitié Nord de la Suède ; les graines récoltées dans la moitié Sud du pays peuvent être utilisées jusqu'à la limite septentrionale de cette région.

Une telle étude, plus difficile en France en raison de la plus grande complexité des climats, serait pourtant nécessaire, surtout pour l'épicéa, largement utilisé en dehors de son aire naturelle dans le Nord-Est et le Massif Central.

La sélection de peuplements constitue en quelque sorte une sélection de masse — ou plutôt un début de sélection de masse. Comme toute sélection de ce type, elle apporte une amélioration rapide, mais limitée ; la sélection individuelle est plus difficile, mais plus substantielle et plus sûre.

**II. — Principes de la sélection individuelle**

La séparation, dans des chapitres distincts, de l'amélioration par sélection individuelle, par hybridation et par production de mutations est assez arbitraire : en effet, la technique de l'amélioration d'une essence quelconque relève au moins de deux de ces méthodes. Par exemple, les pins sélectionnés s'hybrident entre eux dans les vergers à graines ; les trembles subissent, soit une hybridation interspécifique, soit une multiplication du stock chromosomique, mais les arbres mères avaient été sélectionnés.

En fait, *le premier travail est toujours la sélection dans un peuplement d'arbres présentant les qualités recherchées ; mais tandis que*



pour certaines essences (pin, épicéa, hêtre), la sélection individuelle reste le principal procédé d'amélioration, pour d'autres (tremble, mélèze), elle est suivie par une hybridation interspécifique ou une production artificielle de mutations qui constituent alors la source principale de l'amélioration.

Lorsqu'on choisit dans un peuplement un arbre qui présente les caractères recherchés, on suppose que sa supériorité apparente traduit une supériorité réelle, autrement dit que ses caractères extérieurs (*phénotype*) sont l'expression des qualités intrinsèques (*génotype*) héréditaires, donc susceptibles d'être transmises à ses descendants indépendamment des conditions du milieu.

Mais il est possible que ces qualités apparentes soient le résultat d'une action localement favorable du milieu extérieur ; notamment pour le caractère le plus important, la croissance en hauteur et en diamètre, l'arbre le plus haut et le plus gros peut être celui qui « a eu de la chance », lors de son installation ou des avatars successifs du peuplement.

Ce risque est d'ailleurs peu important en Suède où les peuplements sont en général très réguliers, et où l'homme intervient moins et moins tôt qu'en France.

Le choix des arbres reste une opération difficile, et le talent du sélectionneur, pour distinguer dans la manifestation d'un caractère la part due à l'action du milieu de celle due à l'hérédité, compte pour beaucoup.

En tout état de cause, l'hypothèse que l'on fait en sélectionnant un arbre doit être vérifiée : la valeur intrinsèque d'un arbre est contrôlée, soit par des tests de descendance, soit par des comparaisons de clones.

#### A. — *Critères de la sélection des arbres plus.*

Ils ne diffèrent pas sensiblement de ceux que nous employons en France.

Croissance : on mesure en même temps que l'arbre sélectionné 5 arbres pris parmi les plus beaux dans son voisinage, ce qui permet d'estimer dans quelle mesure il leur est supérieur. L'accroissement est jugé par un sondage à la tarière.

Forme : les principaux critères de forme portent sur :

- le fût : rectitude, symétrie,
- la cime : diamètre, longueur, régularité,
- l'élagage : hauteur de la première branche verte, de la première branche sèche,
- les branches : finesse, angle d'insertion, longueur.

La résistance de l'arbre aux parasites (arbre indemne dans un peuplement attaqué), sa fécondité entrent également en ligne de compte ainsi que la vigueur des pousses, condition essentielle pour avoir de bons greffons.

Il est assez curieux de noter que l'arbre idéal présente, quelle que soit l'espèce, à peu près la même silhouette : tronc droit, cime étroite, aiguë, branches fines, peu nombreuses, courtes, perpendiculaires au tronc, si bien qu'un pin sylvestre, un épicéa et même un tremble « plus » se ressemblent souvent de façon frappante.

Les arbres ainsi choisis portent une ceinture et un numéro à la peinture. Ils sont appelés « *arbres plus* » ou « *variants plus* » par opposition aux « *arbres normaux* » qui représentent la moyenne du peuplement, et aux « *arbres moins* » qui s'en distinguent par leur chétivité et surtout par leur forme particulièrement mauvaise.

Les « *arbres plus* » ne sont pas des « *arbres d'élite* » ; ce terme est en effet réservé aux arbres plus qui ont satisfait à toutes les épreuves de contrôle des descendance : il faut de nombreuses années pour juger la valeur d'une descendance ; c'est pourquoi je ne pense pas qu'aucun arbre, à l'heure actuelle, puisse avoir droit sans conteste au titre d'arbre d'élite ainsi défini.

Les mesures et les renseignements pris sur un arbre plus sont rassemblés sur une fiche signalétique, qui comprend en général une photographie de l'arbre et un diagramme montrant la succession des accroissements annuels. Ces fiches portent également des indications succinctes sur les tests de descendance et les greffes faites à partir de cet arbre.

Les fiches employées par les différentes Stations, et les différents pays, portent à peu près les mêmes renseignements. Elles pourraient être facilement normalisées.

En Suède, les arbres plus sont classés, suivant le caractère qui a déterminé leur choix, en :

- volume plus,
- qualité plus,
- volume et qualité plus.

En outre, tous les arbres choisis par divers organismes sont contrôlés par le Professeur E. ANDERSSON qui apprécie leur valeur par une note globale et « harmonise » ainsi les notations des différents sélectionneurs.

Les critères de sélection sont un peu différents pour le pin et l'épicéa : le pin sylvestre, en Suède, donne du bois de sciage, dont le prix au mètre cube augmente beaucoup avec la qualité ; l'épicéa produit surtout du bois de papeterie, dont l'augmentation de prix avec la qualité est beaucoup plus faible.

On choisit donc les pins sylvestres en insistant sur les critères de qualité : finesse des branches, insertion perpendiculaire au tronc, bon élagage ; on est moins exigeant pour l'épicéa sur ce point, mais par contre, on demandera avant tout aux arbres plus de surclasser très nettement leurs voisins en hauteur et en diamètre.

En France, l'épicéa fournit presque partout des bois de papeterie et des sciages courants, mais dans certaines régions, et notamment dans le Haut Jura, les épicéas à accroissements fins et régu-

liers produisent des bois de grand prix, bois de résonance, d'aviation ou de menuiserie fine. C'est pourquoi nous nous attachons avant tout, dans le Haut Jura, aux critères de qualité, et, ailleurs — et notamment dans les forêts de basse et moyenne altitude — aux critères de production en volume.

Une mention spéciale doit être faite pour le bouleau: la sélection porte à peu près exclusivement sur les individus dont le bois, par une disposition particulière des fibres, donne des figures fort appréciées en ébénisterie. Ces arbres se reconnaissent à leur tronc plus ou moins bosselé.

#### B. — *Valeur génétique des arbres plus*

Les exigences des forestiers suédois en ce qui concerne la supériorité en diamètre et en hauteur des arbres plus — même de ceux qui sont sélectionnés d'abord pour la qualité — sont telles qu'il serait difficile de trouver dans nos forêts françaises plus d'une dizaine d'arbres y répondant: en effet, d'après B. LINDQUIST, un pin plus doit avoir un « volume supérieur d'au moins 50 % à la moyenne des 3 plus gros arbres dans son voisinage immédiat », tandis qu'un épicéa plus doit dominer les plus grands de ses voisins d'au moins 4 à 5 m.

Ces conditions sont pratiquement irréalisables en France: en effet, en sélectionnant des épicéas dans toute l'aire française de l'espèce, nous n'avons pratiquement jamais rencontré d'arbre qui, tout en étant d'une façon certaine du même âge que ses voisins, présente sur eux une telle supériorité. Les arbres sélectionnés — d'ailleurs presque toujours dans des peuplements plus — sont exceptionnels plutôt par le fait qu'ils allient plusieurs caractères favorables que par l'intensité même — évaluée par rapport à leurs voisins — d'un ou plusieurs caractères: nous avons par exemple très souvent choisi des arbres de fort diamètre, à cime bien équilibrée, dans des parcelles où on pouvait trouver des arbres plus gros, mais à branches épaisses, et des arbres à branches plus fines, mais à croissance plus faible.

En fait, la plupart des pins ou épicéas plus sélectionnés en Suède le sont aussi sur cette sorte de compromis, et les exigences en ce qui concerne la supériorité en diamètre et en hauteur représentent surtout un idéal. Il n'en reste pas moins qu'on a pu trouver, surtout dans la moitié Nord du pays, plusieurs dizaines d'arbres tranchant nettement sur leurs voisins, surtout en hauteur, dominant de plusieurs mètres un peuplement parfaitement régulier.

Comment expliquer la présence de ces arbres exceptionnels? On ne peut qu'avancer des hypothèses: on peut supposer, tout au moins dans les régions où l'exploitation des forêts a commencé depuis longtemps, qu'il s'agit des reliques d'une sélection à rebours: l'écrémage systématique des peuplements, le maintien sur pied des indi-

vidus indésirables qui assurent la régénération peuvent fort bien, en quelques générations, amener une réduction sensible de la proportion des gènes favorables dans une population. Les combinaisons de gènes favorables que traduisent les individus d'élite deviennent de ce fait exceptionnelles, et d'autant plus facilement décelables que les autres arbres sont uniformément abâtardis.

Au contraire, dans les beaux peuplements français où nous recherchons les arbres plus, la sélection positive au cours des éclaircies, le maintien comme semenciers des meilleurs arbres, pratiqués de longue date, ont augmenté la proportion des bons génotypes de génération en génération, si bien que les tiges qui subsistent dans un peuplement mûr comprennent une majorité de beaux arbres parmi lesquels le choix est difficile.

On peut penser aussi que la sévérité du climat nordique accentue les différences génétiques : des conditions défavorables (saison de végétation courte) imposent à la croissance un seuil que quelques individus, exceptionnellement bien adaptés, peuvent largement dépasser, alors que, sous un climat plus doux, tous les arbres peuvent développer au maximum leurs possibilités de croissance.

Le caractère héréditaire de la supériorité des arbres plus a été démontré dans les plantations comparatives où on cultive côte à côte des descendances — après pollinisation libre ou contrôlée — d'arbres plus, et d'arbres normaux ou moins. Des croisements contrôlés entre les différents types d'arbres ont été pratiqués par la section de génétique de la Station de Recherches de l'État, et les descendances élevées en plantation comparative à Bogesunds. Dès le plus jeune âge, les descendances des croisements « plus  $\times$  plus » (qui sont ceux que nous donneront les vergers à graines) manifestent une supériorité évidente à l'œil nu, tant pour la croissance que pour l'homogénéité des plants. Ce dernier point nous indique que les arbres plus ont une constitution génétique stable ; peut-être leur supériorité — et leur rareté — vient-elle du fait qu'ils sont homozygotes pour un nombre important de gènes polymères (1).

Les descendants des croisements où les arbres moins représentent un des parents ou les deux, montrent de plus grandes variations dans leur croissance qui reste toujours inférieure en moyenne à celle des croisements « plus  $\times$  plus ».

Il faut noter que les croisements avec les arbres moins donnent en général plus de graines, et de meilleure faculté germinative, que les autres croisements. C'est d'ailleurs un fait bien connu et déplorable par l'usage qu'en peuvent faire des producteurs de graines mal avertis des questions d'hérédité, que les arbres malformés, à cime large et grosses branches, portent presque toujours une abondante fructification.

(1) Plusieurs gènes *polymères*, appelés aussi gènes multiples à action cumulative, déterminent ensemble un caractère ; celui-ci s'exprime avec une intensité qui varie graduellement avec le nombre de gènes polymères réunis.

## C. — Exemples d'arbres plus.

Le tableau suivant donne les dimensions de quelques arbres plus sélectionnés en Suède et au Danemark.

Espèces	Institut	Emplacement	Age	Hauteur totale	Hauteur élaguée	Diamètre à 1,30 m
Pin sylvestre.	Uddeholms Aktiebolag.	Brattfors	115 ans	28,5 m	—	45 cm
d°	Brunsborg	Sjögränd (Värmland)	154	34	—	49
d°	Sté pour la Pratique de l'Amélioration	Särna (Dalécarlie, 625 m d'altitude, très mauvais sol)	135	26	—	— (1)
d°	Kratte Masugn	Vikarskogen (Dalécarlie)	98	25,2	12,5 m	37
Épicéa .....	Uddeholms Aktiebolag.	Tönnet	110	40,1	—	62,5
d°	Brunsborg	Mongslidberget (Värmland)	97	29,5	—	47
Hêtre .....	Hörsholm	Stokkebjærg	—	38	—	70
Chêne « Schottes ek ».		Norra Djurgården (Stockholm)	—	—	14	90 (2)
Aune glutineux		Södermanland	60	27	—	42 (2)

(1) Branches extrêmement fines — 6,50 m plus haut que ses voisins

(2) D'après B. LINDQUIST. Genetics in Swedish forestry practice.

Des arbres plus ont été sélectionnés également dans les pays étrangers par les généticiens suédois et danois : le Dr SYRACH LARSEN a ainsi sélectionné des douglas aux Etats-Unis, le Dr Helge JOHNSON des *Populus tremuloïdes* au Canada et aux Etats-Unis, le Dr C.L. KIELLANDER des épicéas dans l'Europe centrale et occidentale et notamment en France. Les greffons (ou le pollen pour *P. tremuloïdes*) sont récoltés par les services forestiers locaux et envoyés par avion.

Les dimensions des arbres plus mentionnés au tableau précédent — qui ne sont d'ailleurs pas les « champions » — ne nous paraissent pas extraordinaires, comparées à celles que les forestiers français sont habitués à trouver à leurs meilleurs arbres, dont on trouvera quelques exemples ci-dessous.

## Exemples d'arbres plus français

Espèce	Emplacement	Nom	Age	Hauteur totale	Hauteur élagée	Diamètre à 1,30 m
Pin sylvestre ..	Forêt domaniale de Dabo (Bas-Rhin)	DAB 1	140 ans	34 m	17 m	60 cm
Epicéa .....	Forêt communale d'Es-serval-Tartre (Jura)	EST 6	230	51	23	104 (1)
Epicéa .....	Forêt domaniale de Vologne (Vosges)	GER 4	170	52	12	89
Douglas .....	Claveisolles (Rhône)	CLA 1	90	46,6	18	79

(1) Cet arbre a été également sélectionné par le Dr C. L. KIELLANDER.

Il faut tenir compte dans cette comparaison du fait que le climat nordique impose une croissance en moyenne plus lente que celle qu'on observe dans notre pays pour la même espèce. Il ne faut pas oublier non plus les qualités de forme qui, pour le pin sylvestre, sont toujours exceptionnelles. Mais il est hors de doute que nos belles forêts peuvent être une source d'arbres plus de grande qualité, qu'il s'agisse des pins sylvestres des Vosges et d'Auvergne, des épicéas du haut Jura, des chênes de Tronçais et de Bercé, et même, en ce qui concerne les espèces introduites, des plus vieux douglas ou pins laricio.

#### D. — *Technique de l'amélioration par sélection individuelle.*

Le processus qui mène de la sélection de l'arbre plus à la production de graines améliorées est bien connu : il comprend trois opérations principales :

- Multiplication végétative des arbres plus par greffage.
- Contrôle de la valeur des arbres plus par croisements contrôlés et plantations comparatives des descendance,
- Etablissement de vergers à graines forestières où les plants greffés, qui possèdent tous les caractères héréditaires des arbres plus à partir desquels ils ont été faits, produiront, par interfécondation réciproque, des graines dont la valeur génétique sera, en gros, la moyenne de celle des arbres plus représentés dans le verger.

Ces trois opérations seront étudiées successivement dans les paragraphes suivants. Pour conclure celui-ci, il faut insister sur l'importance de la sélection individuelle des arbres plus en forêt : la production de plants greffés, et surtout les contrôles par plantations comparatives sont des opérations coûteuses et longues, et il faut bien se dire que, hors le cas bien improbable d'hétérosis, on ne

retrouvera dans les graines des vergers que ce qu'on y aura mis, à savoir, les caractères des arbres et rien d'autre. L'amélioration part donc de la sélection en forêt : c'est pourquoi le choix des arbres plus doit être fait avec le plus grand soin ; mais en outre il est nécessaire d'en choisir un nombre assez grand, afin qu'on puisse sans inconvénient éliminer avec rigueur ceux des arbres qui, dans les plantations comparatives des descendances, ne confirmeraient pas les qualités apparentes qui ont déterminé leur choix.

D'autre part — et ceci est particulièrement vrai en France — nos renseignements sur les races géographiques et leur comportement dans les différentes régions de reboisement sont encore insuffisants pour qu'on puisse, à priori, limiter le choix des arbres à quelques peuplements privilégiés. Nous ignorons par exemple, si les meilleures graines d'épicéa pour les reboisements du Plateau Central doivent être récoltées dans le Jura, les Vosges ou les Alpes. Il faut donc envisager une sélection d'arbres plus dans une aire aussi étendue que possible, les expériences de contrôle des arbres plus étant menées parallèlement avec des plantations comparatives de provenances qui préciseront nos connaissances sur les possibilités d'utilisation des races géographiques.

### III. — Technique du greffage

Le greffage est l'*outil* par excellence de l'amélioration : il permet de « tirer des copies » des arbres plus, de les réunir en un même lieu, de rendre leurs fleurs et leurs graines accessibles. Les vergers à graines, enfin, sont constitués de plants greffés, les greffons étant pris, soit directement sur les arbres plus, soit sur les premières copies végétatives réunies dans un « *parc à clones* ». Ce mode de multiplication végétative est généralement préféré au bouturage, car, pour la plupart des espèces, il est plus facile d'obtenir l'union d'un porte-greffe et d'un greffon que l'émission de racines sur une bouture : d'autre part, il est bien connu que des plants greffés fleurissent plus tôt que des plants francs de pied.

Les généticiens forestiers, prenant comme base de départ les méthodes classiques de greffe utilisées de longue date par les horticulteurs pour la multiplication des formes ornementales, les ont largement perfectionnées et étendues à de nombreuses espèces qui n'étaient pas couramment greffées. Déjà, avant la guerre de 1914, Gunnar ANDERSSON, en Suède, comprenant l'importance de la multiplication végétative, avait étudié les greffes des conifères. Mais le véritable pionnier en cette matière fut le Dr SYRACH LARSEN qui greffa de très nombreuses espèces et mit au point plusieurs techniques originales pour des espèces réputées difficiles à greffer. Un travail analogue fut accompli en Suède par Holger JENSEN, dans les pépinières de Ramlösa, puis par l'équipe d'Ekebo.

#### A. — *Emplacement des centres de greffage.*

D'un point de vue économique, il est préférable de concentrer les opérations de greffage dans des stations centrales bien équipées en serres et dotées d'un personnel expérimenté. Mais on peut se demander s'il est possible de greffer avec succès, dans une seule station, des arbres provenant de régions éloignées, soumises à des climats très différents de celui de cette station. Sur cette question, les généticiens suédois ne sont pas d'accord : Holger JENSEN et le Professeur LINDQUIST pensent que les greffes doivent être élevées dans un climat aussi doux que possible, avec un printemps précoce, une température régulière et un long automne (les pépinières de Ramlösa, où Holger JENSEN a poursuivi la plupart de ses expériences, sont situées à l'extrême Sud de la Suède). Au contraire, le Professeur Nils SYLVEN et, avec lui, les généticiens d'Ekebo, estiment que la reprise est moins bonne et la croissance ultérieure plus faible, si on greffe dans une station méridionale des arbres de régions plus septentrionales. C'est une des raisons pour lesquelles l'Association possède trois centres de greffage, l'un pour la Suède méridionale (Ekebo), le second pour la Suède centrale (Brunsberg), le troisième pour le Norrland et le Lapland (Sundmo).

Il est difficile de trancher ce débat, chaque interlocuteur avançant des résultats qui semblent confirmer leur propre opinion. On peut penser cependant que les plants greffés comme les plants normaux sont plus sensibles aux gelées tardives lorsqu'ils proviennent d'une région plus élevée en latitude et en altitude.

#### B. — *Récolte et choix des greffons.*

1. — *Récolte des greffons* : Ils sont généralement récoltés par escalade sur les arbres plus. L'escalade des arbres plus, par définition les plus grands et les mieux élagués de la forêt, est difficile et dangereuse, et demande des grimpeurs expérimentés et hardis. Ceux-ci ont à leur disposition un matériel bien étudié : les *crampons d'élagueur* classiques sont parfois utilisés, moins souvent que des *échelles* spéciales, du type échelle de perroquet, à un seul montant : construites en acier, elles sont un peu plus lourdes que les échelles en duralumin, du type « Ecole forestière » que nous utilisons en France. Elles sont fabriquées en éléments de 3 m. et s'attachent à l'arbre par des lanières de cuir. Un moyen d'escalade pour le moins original est employé depuis quelque temps au Danemark : il s'agit d'un *fusil à air comprimé* qui lance jusqu'à 15 ou 20 m de hauteur, par dessus une branche solide, un obus en acier auquel est fixé un filin de nylon qui s'enroule sur un moulinet de pêche. Grâce à ce filin, on hisse par dessus la branche successivement une cordelette, puis une grosse corde, puis une échelle de corde sur laquelle on grimpe après l'avoir solidement arrimée.



2. — *Choix des greffons: l'emploi de greffons vigoureux est une des conditions essentielles de la réussite de la greffe.* Ces greffons seront récoltés facilement sur les plants greffés des parcs à clones, surtout si on les élève spécialement en vue de cette production. Mais il n'est pas toujours facile de les trouver sur les arbres plus, surtout s'ils sont âgés et ont terminé leur croissance en hauteur. On choisit en général les pousses terminales ou les pousses latérales de premier et deuxième ordre des branches de la partie supérieure de la cime. Un bon greffon de pin ou d'épicéa a 8 à 10 cm de long et la grosseur d'un crayon, avec des bourgeons bien développés. Naturellement, les greffons sont constitués exclusivement de bois de un an; toutefois, on peut réussir des greffes avec du bois de 2 ans ou plus, surtout avec les feuillus (hêtre).

Le nombre et la disposition des bourgeons du greffon ont une importance particulière: pour l'épicéa, des greffons portant un bourgeon terminal entouré de plusieurs bourgeons latéraux (qu'on trouve surtout sur les pousses terminales), donnera plus facilement un plant avec une flèche bien développée et des verticilles symétriques, qu'un greffon avec un seul bourgeon (ce qui est souvent le cas pour les pousses latérales). Le Professeur GUSTAFSSON pense que, chez le pin, on peut prévoir la croissance et le type de branches du plant greffé par l'importance relative du bourgeon terminal et des bourgeons qui l'entourent: si le bourgeon terminal est nettement plus développé que les autres, le plant greffé aura une flèche forte et des branches courtes.

3. — *Conservation et stockage des greffons:* La récolte des greffons se fait autant que possible juste avant l'époque du greffage. Mais la saison principale de greffage étant février-mars, il arrive bien souvent que les récoltes, surtout en région montagneuse, ne puissent se faire à ce moment, en raison de la neige et du froid. D'autre part, les greffages sont souvent étalés sur plusieurs semaines. Enfin, pour les greffes en pépinière, on doit, pour obtenir le décalage de végétation entre le porte-greffe et le greffon, retarder le débouillage de ce dernier — alors que pour les greffes en serre, on peut forcer le porte-greffe. Dans bien des cas, on est donc amené à stocker des greffons pendant un temps qui peut aller jusqu'à quelques mois, et dans des conditions telles qu'ils soient à l'abri à la fois du dessèchement et de la pourriture. Très souvent, on les conserve en chambre froide, à une température de  $-7$  à  $-8^{\circ}$  C. Nous utilisons ce procédé en France pour la conservation des greffons d'épicéa récoltés en montagne en octobre et greffés en février.

On peut employer également des moyens de conservation plus primitifs: à Hörsholm, les greffons sont placés en hiver, enfouis dans du sphagnum, dans des fossés de 50 à 60 cm de profondeur; quand la température se réchauffe, on les refroidit avec de la glace. A Kratte Masugn, les sacs de greffons sont empilés dans des sortes d'igloos construits avec des blocs de neige.

C. — *Les porte-greffes.*

Les dimensions et l'âge des porte-greffes varient avec le type de greffe choisi. Pour la méthode classique de greffage des résineux en serre, on choisit des semis 1-0 ou plus souvent 2-0 (généralement achetés dans le commerce). Ils sont repiqués un an avant la greffe, dans des pots profonds (12 cm de diamètre sur 20 cm de hauteur). Ces pots sont placés dans des bâches et, avant l'hiver, recouverts de feuilles, pour qu'on puisse facilement les retirer, malgré le gel, au fur et à mesure des besoins. On greffe donc sur des plants 2-1 qui ont 30 à 40 cm de haut et 6 à 8 mm de diamètre. Pour la greffe en placage, la plus courante, porte-greffe et greffon doivent être de diamètre sensiblement égal. Pour que les porte-greffes soient bien droits, ils sont tuteurés à la mise en pot. Au même moment, on coupe les pousses inférieures de façon que la base soit bien dégagée sur 10 à 15 cm.

En pépinière, on greffe sur des plants un peu plus forts, de 3 ou 4 ans, repiqués un ou deux ans avant la greffe à 30 × 60 cm environ, élagués et tuteurés. Ces plants ont 8 à 10 mm de diamètre. Pour les espèces qu'on greffe surtout en tête (hêtre, parfois douglas), on emploie des sujets forts, de 1 à 2 cm de diamètre.

Enfin, comme nous le verrons en décrivant les diverses méthodes de greffage, on peut utiliser comme porte-greffes des plants beaucoup plus forts et même de jeunes arbres jusqu'à 5 cm de diamètre.

La plupart du temps, on greffe sur un sujet de la même espèce. Mais on emploie aussi parfois un sujet appartenant à une espèce du même genre, à croissance plus lente, afin de réduire le développement végétatif du plant greffé, et, espère-t-on, stimuler sa fructification. On greffe ainsi *Picea excelsa* sur *P. alba* et *Pinus sylvestris* sur *P. uncinata* ou *P. mugho*. Ces greffes hétérospécifiques ne m'ont pas semblé donner des résultats bien meilleurs que les greffes normales. Je citerai, à titre de curiosité, une greffe de pin sylvestre sur épicéa, réussie à Ekebo.

Il semble que l'on s'oriente plutôt vers la recherche de porte-greffes de la même espèce issus d'arbres de petites dimensions, rabougris, et en même temps très fructifères — ces deux caractères sont souvent liés —. Il est possible qu'on obtienne ainsi une fructification plus précoce des plants greffés; mais ces études sont encore très peu avancées, de même que celles qui seraient basées sur l'affinité du porte-greffe et du greffon, considérée comme un caractère héréditaire de l'un et de l'autre individu, et qui pourraient être fécondes.

L'existence des diverses méthodes de greffe, que nous allons étudier maintenant, se justifie par les raisons suivantes: d'une part, certaines espèces, le hêtre par exemple, ne peuvent être greffées avec succès qu'en employant une technique spécialement adaptée; d'autre part, si certaines méthodes, comme la greffe en placage,

peuvent être employées pour un grand nombre d'espèces, il arrive que l'on soit obligé d'utiliser une technique particulière pour tirer parti de greffons ou de porte-greffes ne répondant pas aux conditions classiques en ce qui concerne la vigueur, l'âge ou les dimensions.

Dans la description des méthodes de greffage, je parlerai non seulement de celles qui ressortissent directement à la sélection individuelle, et ont pour objet la multiplication des arbres plus, mais aussi de celles utilisées dans les autres techniques d'amélioration, soit pour prolonger la vie de branches florifères, soit pour multiplier des individus polyploïdes.

#### D. — *Greffage en serre.*

Le greffage en serre est, jusqu'à présent, le plus commode et le plus sûr. L'usage d'une serre permet de régler à sa guise la température et l'humidité, et de prolonger artificiellement la durée de la saison de végétation, ce qui est particulièrement important dans les pays scandinaves où le printemps est tardif et où les greffes faites en serre en février ont tout l'été pour consolider la soudure et faire une pousse. Par contre, les greffes en serre semblent plus sensibles aux pourritures que celles faites à l'extérieur.

*Les serres.* — Les serres à greffes sont pratiquement toutes du même type : serre vitrée à 2 versants, le plus souvent en bois, avec un chauffage à l'eau chaude. Des coffres en bois placés de chaque côté — les grandes serres comprennent en plus un compartiment central — reçoivent les porte-greffes en pot, puis les plants greffés ; ils ont environ 50 cm de profondeur, et peuvent être fermés par des châssis vitrés, de façon à maintenir dans les coffres une atmosphère saturée.

Dans certaines serres, ces coffres sont démontables et peuvent être remplacés par des cases vitrées pour l'extraction du pollen, ou par des coffres à boutures.

La chaleur de fond est rarement utilisée. Des panneaux de fibre, placés sur les tuyaux inférieurs, permettent soit d'isoler le plancher des coffres, soit de les chauffer.

Les jours trop courts de l'hiver nordique n'apporteraient pas assez de lumière aux greffes mises en serre dès janvier ; on y supplée par un éclairage artificiel, dispensé par des ampoules de 1000 w, pendant 6 à 8 heures par jour.

Les serres étant en général vidées dès le mois de mai, on n'utilise pas les claies d'ombrage ; un badigeonnage des vitres au lait de chaux suffit à protéger les greffes contre le soleil printanier.

Dans les stations plus septentrionales (Brunsberg), l'abondance de la neige qui n'arrive pas à fondre sur le toit des serres vient encore obscurcir les vitrages pendant les quelques heures de jour.

Aussi, a-t-on jugé plus simple de construire des serres en béton, avec éclairage complètement artificiel.

La Station d'Ekebo dispose de 4 serres, ou on peut faire au maximum 4 000 greffes par an. Au Danemark, les serres sont moins vastes et moins nombreuses, car on fait surtout des greffes en plein air.

L'équipe de greffage comprend en général 4 personnes : 2 greffeurs et 2 aides dont l'un apporte et étiquette les porte-greffes, tandis que le second prépare les greffons et tient le livre de greffage. Le plus souvent, les greffeurs sont simplement des ouvriers adroits, qui n'ont reçu d'autre entraînement que celui qui leur est donné à la Station.

Le processus du greffage en serre, valable pour toutes les techniques de greffe — en serre, presque exclusivement des greffes de côté — comprend 3 opérations :

- Mise en végétation du porte-greffe,
- Greffage,
- Elevage du plant greffé.

Les porte-greffes en pot, sont mis en serre, soit en octobre, soit seulement au moment où on commence le chauffage, c'est-à-dire vers la mi-janvier. A Ekebo, on gradue la température de la façon suivante :

10 au 17 janvier : 8°.

17 au 25 janvier : 12°.

après le 25 janvier : 17°.

A Kratte Masugn, on greffe à une température un peu supérieure.

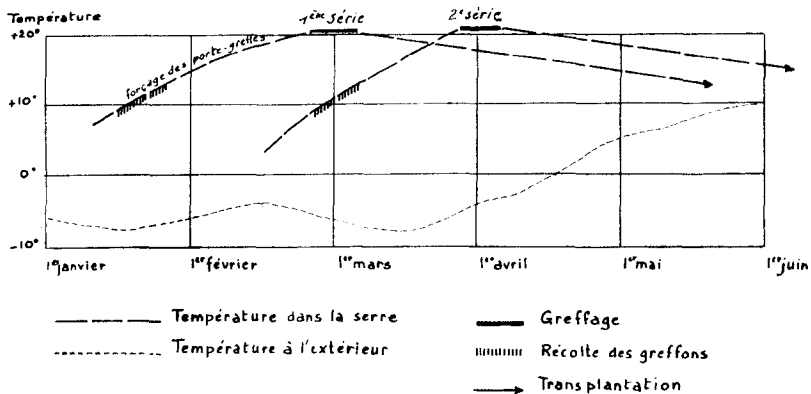


Diagramme de la période de greffage en 1951 à Kratte Masugn  
(d'après F. PALUDAN)

On a fait successivement deux séries de greffes (de pin sylvestre) dans la même serre.

4 à 5 semaines après le début du chauffage, les bourgeons éclatent, et on peut commencer le greffage. Les pots sont sortis des coffres et la greffe se fait sur table. La ligature est faite avec du coton paraffiné, sans mastic. Souvent, au moment du greffage, on écime le porte-greffe. Les plants greffés sont ensuite remis dans les coffres, enterrés jusqu'au-dessus de la greffe dans un mélange de sable et de tourbe. Pendant les premiers jours les arrosages sont supprimés pour éviter tout risque de pourriture. Les coffres sont hermétiquement clos; après une semaine, on commence à donner de l'air; on peut enlever les châssis au bout de 4 semaines environ. Quand le greffon commence à pousser, on sèvre très progressivement le porte-greffe; on sort les greffes de la serre fin mai ou début juin pour les placer, toujours en pot, en ombrière. On sèvre définitivement le porte-greffe à l'automne. Les greffes sont transplantées au printemps suivant en pépinière où elles resteront en général 2 ans avant d'être mises en place.

Le greffage en serre permet des reprises moyennes de 70 à 80 % pour les espèces les plus courantes (pin sylvestre, épicéa). Il n'est pas rare que certaines séries reprennent à plus de 90 %.

#### E. — *Greffage à l'extérieur.*

Les greffages en serre sont limités par les dimensions mêmes des serres (environ 1 000 greffes par an pour une serre moyenne). C'est pourquoi, devant l'importance toujours croissante des programmes, on a dû mettre au point des procédés de greffage à l'extérieur. Les greffes à l'extérieur sont maintenant pratiquées dans toutes les stations, et se développent de plus en plus, particulièrement au Danemark.

Les porte-greffes sont, comme nous l'avons vu, des plants forts en pépinière, ou même de jeunes arbres jusqu'à 5 cm de diamètre.

Le décalage de végétation entre le sujet et le greffon est obtenu, non plus en avançant le débourrage du sujet, mais en retardant celui du greffon, en chambre froide ou dans les glacières rustiques déjà décrites. La greffe se pratique au début de la saison de végétation, en mai, et peut se prolonger jusqu'à la fin de juin. Les plants greffés sont ombrés, souvent avec de longues bandes de papier ayant la largeur d'une planche de pépinière. Le sujet est sevré en 2 fois au moins; généralement on laisse un rameau tire-sève sur le sujet pendant l'hiver qui suit le greffage. Les greffes à l'extérieur, contrairement aux greffes en serre, sont généralement masquées.

Les avantages des greffes à l'extérieur sont évidents: avant tout, prix de revient plus faible que celui des greffes en serre. En contrepartie, les pourcentages de reprises sont moins élevés (de l'ordre de 50 %) et d'autre part, le greffage d'un sujet au ras du sol est plus pénible que la même opération sur table, sur un sujet en pot.



Dr C. L. Kiellander avec une greffe d'épicéa.



Pin sylvestre greffé en 1951. Fructifère.  
(Kratte Masugn).



Greffes de douglas en tête, en pépinière (Hörsholm)





Ekebo — Serre à greffes.



Brunsborg — Serre — A gauche, casiers à greffes. Au centre, casiers à boutures. A droite, cases à extraction de pollen, démontées. Noter les lampes pour l'éclairage d'appoint et le système d'arrosage au-dessus des casiers à boutures.

On réservera donc la serre pour les greffes précieuses : greffage primaire de greffons récoltés sur les arbres plus ; les greffes secondaires, avec des greffons prélevés sur les plants des parcs à clones, seront faites en pépinière.

A Ekebo, on fait annuellement 3 000 greffes en serre, et 7 000 greffes en pépinière, dont 5 000 pins sylvestres et 2 000 épicéas.

#### F. — *Techniques de greffage.*

Les procédés de greffage se répartissent en trois groupes :

- greffe par approche,
- greffe de côté,
- greffe en tête.

Suivant les espèces ou la vigueur des greffons, ces techniques peuvent être utilisées en serre ou à l'extérieur. En fait, presque toutes les greffes en serre sont des greffes de côté, tandis que la plupart des greffes en tête se pratiquent en pépinière.

1. — *La greffe par approche* : Le greffon conserve ses racines, qui continuent à l'alimenter tant que la soudure n'est pas assurée ; on sectionnera ensuite le greffon au-dessous de la greffe. Cette greffe est assez peu employée et sert surtout à la multiplication de feuillus déjà florifères.

*La greffe en bouteille* peut être considérée comme un cas particulier de la greffe par approche : le greffon, au lieu de vivre sur ses racines, est sectionné au-dessous de la greffe et plonge dans un flacon rempli d'eau. Cette méthode est surtout utilisée pour permettre le développement de rameaux florifères femelles de tremble, bouleau, aune, et la production de graines après pollinisation artificielle.

#### 2. — *Les greffes de côté :*

a) *Grefte en placage*. — C'est de loin le procédé le plus couramment employé pour le pin sylvestre et l'épicéa. Le succès est subordonné à l'emploi de porte-greffes et de greffons ayant à peu près le même diamètre ; cela explique la nécessité de trouver des pousses vigoureuses, d'au moins 5 mm de diamètre. Au moment du greffage, on écimé légèrement le sujet.

Les autres procédés de greffage de côté sont surtout employés pour tirer parti de greffons de faible diamètre.

b) *Grefte en incrustation*. — Le greffon est taillé en coin et vient s'insérer dans une encoche en double biseau pratiquée sur le sujet.

#### c) *Grefte sous écorce* :

*Grefte en poche* — le greffon entaillé de côté sur deux faces opposées, est glissé sous l'écorce du sujet par une incision verticale. Cette greffe est très souvent employée pour les greffons faibles de pin sylvestre.

SYRACH LARSEN a mis au point un procédé de greffe en poche



pour le hêtre, essence réputée difficile. Elle se pratique en pépinière, sur des porte-greffes de 4 ans: tous les bourgeons du porte-greffe sont aux trois-quarts sectionnés, excepté 2 ou 3 au sommet. Le greffon — bois de 1 an, plus souvent 2 à 6 ans — est introduit sous écorce par une incision verticale, puis la greffe est mastiquée. Les bourgeons mutilés sont pincés dès que ceux qu'on a laissés intacts débourent. On obtient ainsi 75 % de reprise, mais les pertes au deuxième hiver sont sensibles.

Greffe en T. — L'écorce du sujet est ouverte ici par une incision en forme de T, dans laquelle on insère le greffon taillé comme pour la greffe en placage.

3. — *Les greffes en tête*: Elles sont employées en pépinière et en forêt plutôt qu'en serre. Toutes les espèces, sauf peut-être l'épicéa, peuvent être greffées en tête, par diverses techniques:

a) *Greffe en placage en tête*.

b) *Greffe en incrustation en tête*,

analogues aux greffes de côté correspondantes, mais pratiquées sur un porte-greffe sectionné, et juste au-dessous de la section.

c) *Greffe en fente*. C'est la greffe en tête classique; on la pratique couramment en pépinière ou en forêt, sur des porte-greffes forts. Le mélèze s'y prête bien; le douglas et le pin sylvestre sont souvent greffés par cette méthode, surtout au Danemark. En forêt, on peut mettre plusieurs greffons sur un tronc sectionné.

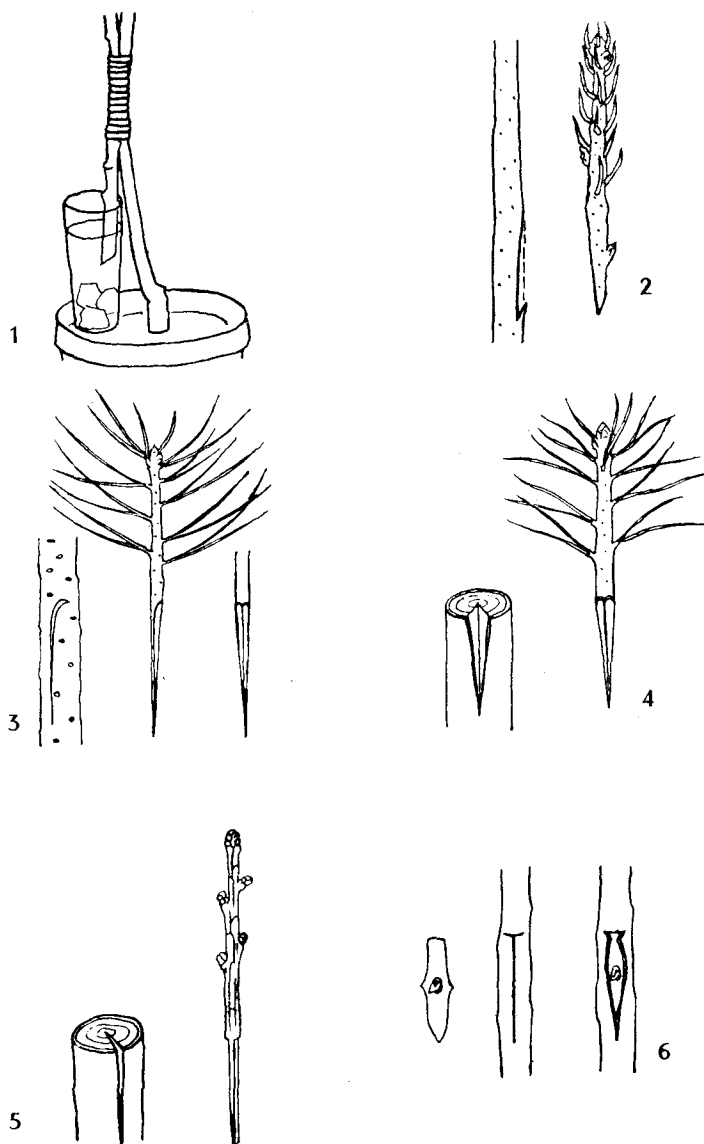
4. — *L'écussonnage*: peut être employé pour certains feuillus: à œil poussant (début de l'été) pour le bouleau, à œil dormant (fin de l'été) pour le tremble et le frêne.

La diversité et la souplesse des techniques de greffage permettent, dans presque tous les cas, quelles que soient l'espèce et la qualité du greffon, de constituer des copies végétatives des arbres plus, de les multiplier à leur tour, en y prélevant des greffons — généralement vigoureux — pour constituer le matériel des vergers à graines.

La réussite d'une greffe ne peut être jugée qu'après 2 ou 3 ans, car des greffes mal soudées peuvent vivre quelques années avant de dépérir. Les pourcentages de reprise définitifs sont, dans l'ensemble, rarement inférieurs à 50 %.

Toutes les espèces ne se greffent pas avec la même facilité: les espèces à feuilles caduques, qui n'évaporent pas au moment du greffage, sont a priori plus faciles à greffer que les espèces à feuilles persistantes: c'est ce qui explique la remarquable facilité du greffage du mélèze et son choix pour les premiers travaux d'amélioration. Parmi les feuillus, toutefois, le chêne et surtout le hêtre se greffent difficilement.

Pour les résineux, les meilleurs pourcentages de reprise sont enregistrés chez les pins; puis vient l'épicéa, enfin le douglas.



*Schémas des différents types de greffe.*

(D'après E. ANDERSSON et B. O. JANSSON [2] et SYRACH LARSEN et E. MAGIUS: Podning og okulering af skovtraeer).

1. Greffe en bouteille.
2. Greffe en placage de côté (épicéa).
3. Greffe en poche de côté (pin sylvestre).
4. Greffe en incrustation en tête (pin sylvestre).
5. Greffe en fente (mélèze).
6. Ecussonnage.

#### G. — *Comparaison avec la méthode de greffage employée en France.*

Nous avons employé jusqu'ici en France, pour l'épicéa, le douglas, les sapins et les pins laricio, une technique différente de celle pratiquée en Suède et au Danemark : on utilise comme porte-greffes des semis de 2 ans vigoureux ou des plants de 3 ans bien droits ; on greffe en placage, sur table, à racines nues, des greffons de grosseur moyenne (on élimine en général les pousses fortes de la cime). Les plants greffés sont immédiatement repiqués dans des planches de terre de bruyère et maintenus sous cloche et sous ombrière pendant la reprise.

Cette méthode a l'incontestable avantage de la facilité et de la rapidité d'exécution ; elle nous a permis, avec un seul greffeur, une cadence annuelle de 4 à 5 000 greffes. Elle présente cependant 3 inconvénients :

- les greffons « moyens » sont souvent plus difficiles à trouver que les greffons forts,
- les pertes du 2<sup>e</sup> hiver sont importantes (20 %) en raison de soudures incomplètes qui tiennent probablement au fait que les porte-greffes ne sont pas en végétation au moment du greffage,
- la croissance des plants greffés est assez lente.

Pour ces raisons, nous avons, cette année, fait une partie de nos greffes primaires sur des porte-greffes forts, en pot, en serre, par la méthode classique décrite plus haut. Il est certain que la méthode française gardera son intérêt pour la multiplication rapide d'un matériel abondant, et moins précieux que les greffons primaires, prélevés à grands frais dans la cime des arbres plus. Il est probable que les techniques éprouvées dans les pays scandinaves pourront être simplifiées sous notre climat plus chaud et plus lumineux ; je pense notamment que les greffes en pépinière pourront nous donner de bons résultats, à moindres frais que les greffes en serre, à condition d'avoir des greffeurs à l'échine souple !

#### H. — *Parcs à clones.*

Ce sont les « conservatoires » des arbres plus : chacun d'eux y est représenté par quelques plants greffés : à Hörsholm, 3 plants espacés à 1 m  $\times$  1 m, à Ekebo, 4 plants à 3 m  $\times$  3 m. Ces plants sont utilisés pour la production de nouveaux greffons, et, lorsqu'ils commencent à fleurir, pour les croisements contrôlés.

### IV. — **Contrôle de la valeur des arbres plus**

Même si on estime, avec la Société pour l'Amélioration Pratique des Arbres Forestiers, que le premier objectif à atteindre est la création immédiate de vergers à graines aussi nombreux et étendus que possible, à partir de tous les arbres plus choisis en forêt, il est

difficile de penser que cette seule sélection, basée sur des caractères phénotypiques, puisse être le terme du travail d'amélioration. Il faut retrouver ici les principes généraux de l'amélioration des plantes cultivées : une amélioration véritable et définitive ne peut être obtenue qu'avec un matériel dont on connaît la constitution héréditaire, autrement dit le *génotype*, et le mode de transmission héréditaire des qualités que l'on recherche.

La deuxième étape de la sélection individuelle — la plus importante, mais aussi la plus difficile et la plus longue — portera donc sur *l'estimation du génotype* des arbres plus. Pour cela, il faut résoudre trois problèmes :

- classement des arbres plus suivant leur origine : comparaison des provenances, étude des races,

- comparaison des arbres plus entre eux, dans des conditions de milieu identiques,

- comparaison entre les descendances des divers arbres plus :

- soit après fécondation libre,

- soit après fécondation contrôlée, entre les divers arbres plus.

Ce dernier point est le plus important : les arbres qu'on compare ainsi sont « de la même génération » que ceux qu'on obtiendra à partir des graines récoltées dans les vergers. Ces comparaisons doivent être répétées dans diverses stations, afin de connaître pour quelle région un arbre plus donné produira les meilleurs plants.

On le voit, la méthode employée est, quelque soit le matériel, races, arbres plus, ou descendances d'arbres plus, *la méthode des plantations comparatives*.

*Caractères communs aux plantations comparatives : emploi de la méthode statistique.*

Quels que soient les arbres que l'on compare, qu'il s'agisse de races, de descendances individuelles ou de clones — et tout aussi bien d'hybrides ou de polyploïdes — il est nécessaire, pour obtenir des résultats indiscutables, d'éliminer l'influence des variations locales du milieu. Pour cela, les plantations comparatives doivent être disposées avec plusieurs *répétitions* de chaque lot, réparties au hasard. Le degré de probabilité des résultats est apprécié par le calcul statistique.

L'utilisation des méthodes statistiques, adaptées à l'expérimentation biologique et agricole en premier lieu par R. A. FISHER, puis par YATES et SNEDECOR, est d'un usage tout à fait général en Suède : on ne saurait y concevoir l'expression chiffrée d'un résultat sans l'accompagner de son degré de probabilité, et une comparaison entre 2 grandeurs sans apporter la preuve que la différence constatée est statistiquement significative.

Les expériences comparatives sont disposées très généralement suivant la *méthode classique des blocs*, plus rarement, en disposi-

tifs dérivés du carré latin. Cependant, lorsqu'on doit comparer plus de 15 lots, les blocs deviennent trop étendus et le risque de variation non contrôlée intra-bloc est alors trop grand : on utilise alors, soit *la méthode des blocs avec un témoin*, qui demande des calculs assez compliqués, soit le plus souvent *la méthode des blocs incomplets* de YATES.

#### A. — *Comparaison des provenances* (provenance tests).

Les expériences comparatives qui ont permis de mettre en évidence les différentes races ne s'écartent pas sensiblement de celles qui sont poursuivies dans d'autres pays, sinon par l'emploi systématique des méthodes statistiques. La répartition des races climatiques, dans un pays peu montagneux comme la Suède, où le climat varie régulièrement avec la latitude, est relativement moins complexe qu'en France.

L'observation de la variabilité d'une essence sur le terrain, par exemple le travail de LINDQUIST sur les races d'épicéa, basé sur la pubescence des pousses, permet seulement d'émettre des hypothèses quant à l'existence de races distinctes, hypothèses qui doivent être confirmées par des plantations comparatives.

Les comparaisons de races sont plus difficiles à conduire que les comparaisons de descendance, car à la variabilité raciale que l'on veut mettre en évidence, s'ajoute la variabilité individuelle : la variation d'un arbre à l'autre dans chaque placeau oblige à les faire assez étendus pour que la variabilité raciale reste significative. En Suède, les comparaisons de descendance sont en général faites par les diverses Sociétés, tandis que les comparaisons de provenances, ou races, sont faites par la Station de Recherches de l'Etat.

La connaissance des races climatiques permet un classement hiérarchique des arbres plus et indique dans quelle région on doit rechercher les arbres plus intéressants pour une région donnée. Dans l'état actuel de nos connaissances sur leur constitution héréditaire, on pense qu'il est prudent de réunir dans un verger à graines des arbres plus appartenant à la même race. D'après ces expériences, la Suède a été divisée, en ce qui concerne le pin sylvestre, en dix régions représentant chacune une « provenance » distincte. Chaque région aura ses propres vergers à graines, constitués — pour l'instant — exclusivement d'arbres plus de cette région.

Dans le même ordre d'idées, un travail intéressant sur les races d'épicéa a été récemment mené à bien par C. L. KIELLANDER [23, 24] : il a mis en évidence la supériorité de l'épicéa « continental » sur l'épicéa suédois dans le Sud de la Suède. Sur bon sol, l'épicéa continental (surtout les provenances autrichiennes) a une croissance en volume supérieure d'environ 20 % ; de plus, il est beaucoup moins sensible aux gelées de printemps ; sa forme par contre, est un peu

moins bonne. Il ne peut être utilisé dans la moitié Nord de la Suède : déjà, dans la pépinière de Brunsberg, les semis d'épicéas autrichiens sont tués par le froid.

B. — *Comparaison des descendance d'arbres plus* (progeny tests).

Bien plus que les comparaisons de races, les comparaisons des descendance individuelles sont un élément primordial du travail de sélection.

Le problème qui se pose est de savoir au bout de combien d'années on peut juger la valeur d'un arbre plus sur les qualités de ses enfants ; tous les forestiers ne sont pas d'accord sur ce point : certains pensent qu'on peut apprécier sur des plants de moins de 10 ans la valeur future d'un arbre, d'autres qu'il faut attendre 30 ou 40 ans. En fait, la durée minimum de l'expérience varie, pour une espèce donnée, avec le caractère envisagé : il est sans doute possible de savoir très tôt quel sera le type de branche (longueur, finesse, angle d'insertion) de l'arbre adulte. Il n'en est pas de même pour la croissance, l'allure des courbes de croissance étant différente suivant les individus. Ce caractère étant essentiel, il semble bien qu'il faille prolonger au moins jusqu'à une trentaine d'années les tests de descendance.

Helge JOHNSON [13], analysant des descendance de bouleau (376 arbres plus ou provenances diverses, groupés en 15 expériences, totalisant 46 869 arbres!) a trouvé une corrélation très faible ( $r = + 0,173$ ) entre la croissance en hauteur mesurée à 2 et 6 ans ; entre 7 et 11 ans, par contre, la corrélation est certaine ( $r = + 0,947$ ). Il en conclut — en admettant que cette forte corrélation se maintiendra — que des mesures faites entre 5 et 10 ans permettent, pour cette espèce, de juger le développement ultérieur d'un arbre.

A Ekebo, on ne fait aucune comparaison en pépinière, car les causes de variation extrinsèques sont trop grandes ; on estime que des mesures poursuivies pendant un tiers de la rotation normale de l'arbre donnent des résultats valables.

Il faut, de plus, si on veut obtenir des chiffres de production à l'ha, avoir des parcelles unitaires assez étendues pour qu'on puisse conserver, après les éclaircies normales, un nombre d'arbres suffisant. Si on songe que plusieurs milliers d'arbres plus ont été sélectionnés en Suède, on se rend compte que les tests de descendance représentent un travail énorme, en étendue et en durée, même si on peut éliminer rapidement une certaine proportion des arbres plus dans la descendance desquels on aura pu déceler précocement des caractères défavorables.

1. — *Comparaison des descendance obtenues par fécondation libre* : on compare les plants issus de graines récoltées sur les arbres plus. On ignore donc les pères, ce qui introduit un facteur de varia-

tion supplémentaire. La plupart des tests de descendance installés jusqu'à maintenant sont de ce type. Je citerai deux exemples :

— Comparaison des descendances de 81 frênes provenant du Sud de la Suède, en forêt de Trollenholm, près d'Ekebo. Chaque arbre plus est représenté par 240 descendants, répartis en 4 répétitions (4 rangées de 15) et plantés à 1,20 m  $\times$  1,20 m. L'expérience est disposée suivant la méthode des blocs incomplets de YATES. Les arbres ont 10 ans ; les meilleurs ont 7 m de hauteur environ.

— Comparaison des descendances de 36 épicéas plus (près de Brunsberg) — 64 arbres par parcelle à 1,20 m  $\times$  1,20 m et 6 parcelles par bloc. Disposition en blocs incomplets. Les plants ont été mis en place en 1948, après 5 ans de pépinière ; les mesures commenceront en 1954 ; hauteur totale et longueur des pousses des 3 dernières années.

2. — *Comparaison des descendances obtenues après fécondation contrôlée* : à mesure que les plants greffés, copies végétatives des arbres plus, fleurissent, on procède à des croisements contrôlés et on étudie en plantations comparatives les plants issus des graines ainsi obtenues. Ces expériences donnent sur la constitution héréditaire des arbres plus des renseignements plus précis que les précédentes, car on connaît ici l'un et l'autre parent.

Dans ce cas, on ne recherche plus, comme dans la comparaison après fécondation libre, à juger l'arbre plus à travers sa descendance, mais la descendance elle-même, puisque, produit de 2 arbres plus, elle représente précisément ce qu'on obtiendra des graines récoltées dans les vergers.

Ces expériences permettent également de déceler les incompatibilités qui peuvent interdire, dans les conditions de la nature, le croisement entre deux arbres plus ; elles sont souvent dues à une trop grande différence entre les dates de floraison des deux arbres. Si un arbre plus ne peut produire de graines fertiles lorsqu'on le croise successivement avec plusieurs autres, il sera éliminé.

Mais le nombre des greffes qui ont commencé à fleurir est encore restreint, et les premières fleurs peu abondantes. Aussi, pour les arbres plus jugés particulièrement intéressants, on pratique la fécondation contrôlée sur les arbres eux-mêmes : on construit autour d'eux des échafaudages en bois qui atteignent parfois plus de 30 m de hauteur avec une ou plusieurs plates-formes à différents niveaux de la cime qui permettent d'accéder aisément aux fleurs. Mais on conçoit qu'on ne puisse le faire pour tous les arbres plus !

### C. — *Comparaison des clones (Tree shows).*

Les comparaisons des descendances sont des expériences longues et coûteuses, qui demandent des investissements considérables, en terrain, et en personnel pour les mesures et l'interprétation statistique

des résultats. On a pensé — et l'idée et sa mise en pratique reviennent au Dr SYRACH LARSEN — qu'on pouvait connaître d'une manière plus économique les caractères des arbres plus en comparant, dans un même milieu, des clones constitués à partir de ces arbres eux-mêmes. Il est, en effet, frappant de constater comment la répétition de copies végétatives identiques peut mettre en lumière des caractères qui n'apparaissent pas avec la même évidence sur l'individu isolé. Par exemple, s'il est parfois malaisé de reconnaître le type d'un peuplier isolé, la détermination est beaucoup plus facile si on observe une plantation comportant un grand nombre d'individus du même type.

Le principe des comparaisons de clones, qui sont surtout développées au Danemark, est donc simple : on plante côte à côte des rangées de copies végétatives des différents arbres plus, obtenues par bouture ou plus souvent par greffe. Pour que les comparaisons soient valables, les greffes ou boutures doivent être récoltées de façon homogène sur tous les arbres à comparer. On peut de cette façon faire des *observations* sur des caractères tels que la rectitude du plant, la forme des branches, les attaques des parasites, les dates de débourrage, de chute des feuilles, la couleur des feuilles, des rameaux, etc... Les mesures de croissance sont moins faciles, car la greffe ou le bouturage modifient dans une certaine mesure — variable suivant les espèces — la croissance normale de l'arbre. Cependant, on peut estimer des différences de croissance entre deux clones lorsqu'elles sont grandes.

Ce procédé n'est donc pas aussi rigoureux que la comparaison des descendance, mais il est beaucoup plus facile à aménager et à conduire.

#### Clone de référence

+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+
×	×	o	o	.	.
×	×	o	o	.	.
×	×	o	o	.	.
×	×	o	o	.	.
×	×	o	o	.	.
×	×	o	o	.	.

1            2            3

Clones à comparer



Les différences morphologiques apparaissant très nettement, un petit nombre d'arbres (10 à 20 par clone) suffit; souvent, pour faciliter les comparaisons, on plante un clone de référence, perpendiculairement aux rangées des clones à comparer.

Toutes les essences ne se prêtent pas à la comparaison des clones avec la même facilité: le sapin greffé garde un port de branche et les observations sur la forme et la croissance en sont rendues très difficiles; il en est de même, quoiqu'à un degré moindre, pour l'épicéa, qui fait une flèche après quelques années mais conserve un port asymétrique, et pour le hêtre. Par contre, les pins sylvestres greffés et aussi les mélèzes sont absolument identiques aux plants issus de graines, et permettent des comparaisons valables même pour les différences de croissance. Voici quelques exemples de comparaisons de clones que j'ai vues à Krogerup:

— *Hêtre*: 16 arbres par clone à 2 m  $\times$  3 m sur 3 rangées, avec un clone de référence. Greffage en 1945. On observe les différences concernant les dates de débourrage, la couleur des feuilles, la forme des bourgeons. On ne tient pas compte de la forme générale, qui est fortement influencée par la greffe. Les arbres ont, suivant les clones, 1 à 3 m de hauteur.

— *Mélèze*: les greffes de 1945, ont une forme analogue à celle des plants normaux, et atteignent 4 m de hauteur. On reconnaît parfaitement de légères différences de port: tous les individus d'un même clone, par exemple, ont un tronc sinueux avec la même courbure.

L'exemple suivant est emprunté à SYRACH LARSEN [35]; il montre que les comparaisons de clones sont précieuses pour déceler les différences individuelles dans la sensibilité à divers parasites:

— *Douglas*: mesures des hauteurs, en 1953, des arbres de 2 clones greffés en 1946:

V 1049 Gold River Vancouver Island	V 1063 Wind River Washington
1,80 m	2,05 m
1,80 m	2,90 m
1,50 m	2,80 m
1,85 m	2,95 m
1,90 m	2,00 m
Moyenne 1,77 m	2,73 m

Tous les arbres du clone V 1049 sont sévèrement attaqués par *Adelges* (*Gilletteella*) *cooleyi*, tandis que tous ceux de V 1063 sont indemnes.

Les comparaisons de clones ne peuvent remplacer toutes les comparaisons de descendance; elles peuvent cependant permettre un



Collection de greffes de pin sylvestre (greffés en 1947) Kratte Masugn.



Parc à greffes d'épicéa (Brunsberg).





Verger à graines de mélèze hybride (Krogerup).



Trembles hybrides de l'année repiqués sous ombrière (Ekebo).

*premier tri des arbres plus*, suffisant pour constituer les premiers vergers à graines. Plus économiques, plus faciles à conduire, elles peuvent être multipliées et je pense qu'elles peuvent remplacer avantageusement les comparaisons portant sur les descendances obtenues par fécondation libre, coûteuses et longues, et qui somme toute ne permettent pas un classement bien plus précis des arbres plus. La meilleure formule pour le contrôle de la valeur des arbres plus est à mon sens la suivante :

— Comparaison des clones pour réaliser un premier tri des arbres plus et mettre en évidence les traits marquants de la « physionomie » de chacun en vue des premiers vergers à graines.

— Comparaison des descendances obtenues par fécondation contrôlée entre arbres plus, pour compléter le tableau de la constitution héréditaire de l'arbre plus et connaître son comportement en tant que géniteur mâle ou femelle dans le verger à graines.

## V. — Vergers à graines

Le verger à graines est l'aboutissement et le couronnement de la sélection individuelle. Le principe en est maintenant bien connu : les plants greffés, copies végétatives des arbres plus, sont réunis dans une plantation où, lorsqu'ils commencent à fleurir, ils s'interfécondent et produisent des graines ; ces graines donneront des plants dont on peut espérer qu'ils seront supérieurs aux plants normaux, puisque les deux parents sont des arbres plus.

La récolte de ces graines sera aisée, car les plants greffés, qui restent plus petits que des arbres normaux, seront maintenus par la taille aux dimensions d'un arbre fruitier ordinaire. La taille sera conduite de façon à augmenter la production de graines — on sait déjà que les plants greffés sont en général plus fructifères que les plants normaux. D'autres moyens sont envisagés pour ce même but : travail du sol, engrais, protection contre les gelées printanières. En somme, un verger à graines n'est autre chose qu'un verger fruitier ordinaire, constitué avec des arbres forestiers.

Tous les organismes qui s'occupent de sélection commencent à établir des vergers à graines, bien que l'on ne connaisse pas encore les résultats des tests de descendance de la plupart des arbres plus qui y seront employés. Mais ces tests de descendance sont très longs, et d'autre part, un verger à graines commence à produire seulement 5 à 10 ans après la plantation. Aussi pense-t-on, avec raison, qu'il faut commencer de suite, quitte à éliminer dans les vergers qu'on établira plus tard, ceux des arbres plus dont les tests de descendance n'auront pas été favorables.

Malgré cette unité de vues en ce qui concerne la nécessité d'établir de suite les programmes de vergers à graines, il est certain que la doctrine des diverses sociétés diffère sensiblement : la So-

ciété pour la Pratique de l'Amélioration des Forêts envisage l'amélioration par le seul moyen de la sélection individuelle, travaille surtout sur le pin sylvestre, et son but est la création immédiate de grandes étendues de vergers; les tests de descendance sont relativement peu importants. Au contraire, l'Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers mène parallèlement à la sélection d'autres méthodes d'amélioration: hybridation, polyploidie; méthodes appliquées à de nombreuses essences, résineuses et feuillues. Enfin, les tests de descendance représentent une part très importante de son activité.

#### A. — *Constitution des vergers à graines.*

1. — *Emplacement*: il est évident que le verger à graines doit être placé hors d'atteinte des pollens étrangers de la même espèce. Théoriquement, aucun emplacement n'est, à ce point de vue, parfaitement isolé, et on peut toujours trouver quelques grains de pollen emmenés par le vent à des distances considérables de l'arbre qui les a produits. En fait, les distances pratiques de dispersion du pollen, c'est-à-dire celles à partir desquelles l'apport étranger de pollen peut être considéré comme négligeable par rapport à la masse du pollen produit par les arbres du verger, sont relativement faibles, comme l'ont montré les expériences de J. W. WRIGHT aux Etats-Unis. Presque toutes les stations adoptent des distances de sécurité de 1 km en terrain nu, de 6 à 700 m si le verger est situé dans un peuplement d'une espèce différente.

2. — *Nombre minimum de clones qui doivent constituer un verger*: en règle générale, un verger à graines classique comprend 25 à 30 clones différents. L'emploi d'un nombre de clones plus restreint amènerait, à la F<sub>2</sub>, une consanguinité trop forte et un risque grave d'« inbreeding depression » — on appelle ainsi une diminution de la vigueur des plants issus de parents ayant eux-mêmes une parenté génétique étroite, et qu'on constate notamment dans les résultats des autofécondations. Or, les Suédois envisagent la régénération naturelle des peuplements issus de graines récoltées dans les vergers. On risquerait donc, en partant d'un nombre trop restreint de parents, de voir une diminution sensible de la vigueur dans la 2<sup>e</sup> génération. Ce risque est moins grave si on prévoit la régénération artificielle des peuplements améliorés; cependant, en utilisant seulement 2 ou 3 clones, on risquerait une hétérofécondation incomplète, en raison des différences possibles entre les dates de floraison de ces clones.

3. — *Répartition des clones et espacement*: pour assurer la meilleure interfécondation, les différents clones doivent être répartis régulièrement sur toute la surface du verger. Pour cela, on adopte

la disposition en parcelle unitaire, comprenant un exemplaire de chaque clone, et répétée autant de fois qu'il est nécessaire.

Souvent, la parcelle unitaire comprend non pas un, mais deux exemplaires de chaque clone; les plants sont disposés en quinconce à  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ . Lorsque les arbres auront grandi et étalé leurs branches (cette disposition est surtout valable pour les pins), une éclaircie enlèvera un arbre sur deux, laissant un exemplaire de chaque clone, à  $7\text{ m} \times 7\text{ m}$  environ.

<u>9</u>	18	<u>22</u>	2	<u>11</u>	7
5	<u>7</u>	12	<u>23</u>	19	<u>2</u>
<u>14</u>	21	<u>15</u>	1	<u>12</u>	25
7	<u>3</u>	25	<u>19</u>	9	<u>4</u>
<u>17</u>	8	<u>1</u>	17	<u>2</u>	5
22	<u>20</u>	14	<u>8</u>	10	<u>21</u>
<u>10</u>	24	<u>18</u>	20	<u>24</u>	3
16	<u>6</u>	3	<u>25</u>	15	<u>16</u>
<u>5</u>	13	<u>21</u>	6	<u>4</u>	12
11	<u>16</u>	4	<u>13</u>	<u>23</u>	<u>19</u>
<u>20</u>	15	<u>24</u>	3	<u>7</u>	<u>22</u>

0      5      10      15 m

*Disposition d'un verger à graines*

(d'après Tore ARNBORG et Gustav HADDERS [3]).

On a représenté seulement une parcelle unitaire, comprenant 2 arbres de chacun des 25 clones, à  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ . Quand les arbres seront trop serrés, on enlèvera ceux dont les numéros sont soulignés, et il restera 1 exemplaire de chaque clone, à  $7\text{ m} \times 7\text{ m}$  environ.

Des dispositions différentes peuvent être adoptées dans des cas particuliers: à Krogerup, un verger à graines de frêne comprend des lignes alternées 2 par 2 de clones à floraison presque exclusivement mâle et de clones à floraison presque exclusivement femelle.

La surface d'un verger à graines peut être très variable, de moins de 1 ha à plusieurs dizaines d'ha. A Ekebo, on compte 5 ha pour un verger moyen.

B. — *Traitement des arbres du verger à graines.*

1. — *Travail du sol*: très souvent les vergers sont établis sur des terrains cultivés ou des pâtures. Dans certains cas, on se contente de faucher l'herbe périodiquement (Kratte Masugn); souvent on travaille le sol, soit au pied des plants, soit par bandes, plus rarement en plein. Une expérience installée dans une plantation d'épicéas greffés dépendant de Brunsberg mettra en évidence l'influence du travail du sol: des bandes perpendiculaires aux lignes de clones comportent alternativement: travail en plein; travail au pied des plants (plaques de gazon retournées); témoin (gazon). Les arbres sont trop jeunes (4 ans) pour que les résultats soient visibles.

2. — *Taille des arbres greffés*: les arbres du verger sont taillés de façon à ce qu'ils gardent une hauteur réduite telle que les cônes soient toujours accessibles. On cherche à leur donner la forme d'arbres fruitiers de plein vent: tronc court et cime large, de façon à ce que toutes les branches soient bien ensoleillées et portent le maximum de fleurs. C'est assez facile pour les feuillus (bouleau, aune, frêne), beaucoup moins pour les résineux qui supportent assez mal la suppression, année après année, des flèches qu'ils s'obstinent à former. L'épicéa surtout résiste assez mal à ce traitement.

La taille doit être surtout un moyen d'orienter et de stimuler la fructification; en cette matière, tout ou presque reste à faire, surtout en ce qui concerne les résineux, pour mettre au point des techniques de taille aussi précises que celles qui permettent d'obtenir des arbres fruitiers une production précoce, régulière et abondante.

3. — *Stimulation de la fructification*: d'autres moyens sont employés pour stimuler la fructification, dans un double but:

- amener des arbres à fleurir avant l'âge normal,
- augmenter la production de cônes.

De nombreuses techniques sont essayées, plutôt sur des arbres isolés ou en petites expériences que dans les vergers à graines: les principales sont: la strangulation ou l'annélation partielle du tronc, la suppression d'une partie des racines, cette dernière paraissant donner les meilleurs résultats. On a ainsi obtenu, à Ekebo, quelques cônes en 1949 sur des épicéas greffés en 1944; la première année, l'arbre jaunait et produisait des aiguilles courtes; la 2<sup>e</sup> année, des pousses courtes et des aiguilles plus longues; on peut espérer obtenir quelques fleurs l'année suivante.

Mais dans l'ensemble, les résultats sont décevants. Aussi compte-t-on surtout sur la greffe elle-même pour accélérer la fructification des plants des vergers à graines. A cet égard, les essences qui normalement fructifient le plus tôt sont également celles qui, en plants greffés, donneront le plus tôt des cônes: il est fréquent de voir des pins greffés donner quelques fleurs un an ou deux après la greffe;

les mélèzes, les frênes greffés fructifient également très tôt, alors qu'il faut quelquefois attendre une dizaine d'années avant de voir apparaître les premières fleurs sur les greffes d'épicéa, de douglas ou de sapin.

D'après le Professeur GUSTAFSSON, le greffage aurait une influence — heureuse — sur la production de graines : les plants greffés donneraient des cônes plus grands, et des graines plus grosses, avec une meilleure faculté germinative que celles récoltées sur des arbres francs de pied.

### C. — Programmes de création de vergers à graines.

Des plans d'établissement échelonné de vergers à graines sont prévus, en Suède, pour les 2 essences principales : pin sylvestre et épicéa. Pour les autres espèces, les besoins en graines de reboisement sont infiniment moins grands, et quand il s'agit d'espèces feuillues produisant un très grand nombre de petites graines, comme les bouleaux ou les aunes, de très petits vergers suffisent. C'est le cas également pour les frênes, qui, en plants greffés, produisent des graines en abondance : 2 kg sur un frêne greffé de 12 ans, à Hörsholm.

Les programmes les plus vastes sont établis évidemment pour le pin sylvestre. L'Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers prévoit la création, en 15 ans, de 500 ha de vergers de pin. Une première tranche de 75 ha (25 ha pour chacune des 3 stations) a été mise en route en 1952, pour être achevée en 1958. Dans le cadre de ce programme, 30 000 greffes ont été faites en 1953, ce qui représente, avec une reprise moyenne de 70 % et 600 greffes par ha, 35 ha de vergers.

La durée de ces vergers est estimée à 40 ans.

*Ces vergers seront établis et entretenus par les particuliers, membres de l'Association, à qui celle-ci vend les greffes prêtes à être plantées.* Le prix de vente des greffes est de 3 couronnes (environ 184 F) pour une greffe faite en pépinière, 5 couronnes pour une greffe en serre ; à titre de comparaison, un épicéa de 4 ans vaut environ 4 F.

*La production des vergers* ne peut être qu'estimée, en extrapolant les résultats obtenus sur quelques arbres greffés assez âgés, car il n'existe pas encore de verger d'une essence principale en pleine production : on compte qu'un verger de pins produira au minimum 15 kg de graines par hectare, suffisants pour le reboisement, par plantation, d'environ 400 ha de terrain.

Actuellement, les vergers à graines existants sont encore peu nombreux. Au Danemark, quelques vergers expérimentaux (production de mélèze hybride) ont une dizaine d'années. En Suède, les plus anciens ont été établis en 1948. Les programmes démarrent seulement depuis 1952-53, mais ils démarrent vite : dans 2 ou 3



ans, on pourra sans doute compter plusieurs dizaines d'ha de vergers de pin en Suède, et, au Danemark, surtout des vergers de hêtre.

La sélection individuelle d'arbres plus, suivie de la constitution de vergers à graines, représente actuellement la part la plus importante du travail poursuivi par les généticiens suédois. Mais la place prépondérante qu'elle occupe par rapport aux autres méthodes d'amélioration tient peut-être au fait que la principale essence suédoise, le pin sylvestre, se prête particulièrement bien à cette méthode d'amélioration, théoriquement la plus simple de toutes :

- les caractères morphologiques présentent une variation individuelle étendue, qui facilite le choix des arbres plus.
- la greffe en serre et en pépinière est facile,
- les comparaisons de clones sont possibles, car les plants greffés prennent rapidement la forme d'arbre,
- les plants greffés fleurissent tôt et abondamment.

C'est ce dernier avantage surtout qui a permis aux généticiens suédois de s'engager hardiment dans de vastes programmes de vergers à graines, avec la certitude que les vergers produiront vite et beaucoup.

Pour les autres essences, il ne s'agit plus de certitude, mais d'espoir : pour l'épicéa, par exemple, la production abondante de cônes est encore hypothétique, et sûrement assez tardive : c'est pourquoi, malgré l'enregistrement d'un nombre d'épicéas plus à peu près égal à celui des pins sylvestres, le programme de vergers d'épicéa est comparativement plus timide.

En fait, le choix d'une méthode d'amélioration est le plus souvent imposé par les caractères intrinsèques de l'espèce : la facilité relative du bouturage de l'épicéa permettra peut-être la propagation de clones sélectionnés ; de même, c'est l'aptitude au bouturage des peupliers noirs qui a permis la culture des clones hybrides euraméricains ; l'hétérosis de l'hybride *Larix*  $\times$  *eurolepis* est à la base de l'amélioration du mélèze ; la production de graines sur branches coupées et les bons résultats de l'hybride *P. tremuloïdes* permettent de tourner la difficulté du bouturage du tremble.

Nous verrons dans les chapitres suivants quelques exemples de ces diverses techniques d'amélioration, distinctes de la technique de sélection individuelle telle que je viens de l'exposer, mais qui peuvent être considérées comme des développements du principe de la sélection, car le matériel initial est toujours constitué par des arbres plus.

---

## CHAPITRE III

**AMÉLIORATION PAR HYBRIDATION  
INTERSPÉCIFIQUE**

---

Les vergers à graines sont un exemple d'hybridation *intraspécifique*; nous étudierons donc seulement dans ce chapitre l'hybridation *interspécifique*, c'est-à-dire le croisement artificiel entre parents d'espèces différentes.

L'amélioration par hybridation n'occupe pas dans les pays scandinaves la place qu'elle tient dans les stations de génétique forestière américaines. Surtout, la conception en est différente : aux États-Unis, on croise deux espèces, sans tenir compte de la variabilité individuelle de chacune, autrement dit, on se préoccupe assez peu des qualités individuelles des parents; en Suède et au Danemark au contraire, *une sélection individuelle rigoureuse est le travail préliminaire à toute hybridation interspécifique*.

L'objet de l'hybridation est la réunion dans un type d'arbre nouveau des qualités de l'une et l'autre espèce choisies comme parents. Le succès de l'opération dépend donc de la façon dont se combineront les gènes ou groupes de gènes contenus dans le patrimoine héréditaire de ces espèces, et, en dernière analyse, des modalités de la dominance de ces gènes ou groupes de gènes. De plus, *l'hétérosis*, récompense difficilement prévisible de l'hybrideur, vient parfois donner à l'hybride une vigueur supérieure à celle de l'un et l'autre parent. En fait, en Suède et au Danemark, les seuls hybrides reconnus intéressants pour la pratique sont ceux qui bénéficient de l'hétérosis.

**I. — Technique classique des hybridations**

La technique classique est bien connue : on isole les fleurs femelles avant leur ouverture ; on apporte le pollen récolté sur les fleurs mâles après l'ouverture des fleurs femelles ; on maintient l'isolement tant que la fleur femelle fécondée n'est pas refermée. Les moyens d'isolation varient :

— sacs en papier cristal doublé dans lesquels on enferme une ou au maximum quelques fleurs.

— *tentes* en toile à parachute avec lesquelles on encapuchonne l'arbre après avoir enlevé toutes les fleurs mâles. La pollinisation se fait soit par poudrage, soit en déposant un peu de pollen avec un pinceau sur chaque fleur femelle. Cette méthode est bien plus rapide que l'isolement par les sacs.

— *tubes en matière plastique* de 5 cm de long et 1 cm de diamètre, où l'on enferme les fleurs; les tubes sont fermés aux deux bouts par un tampon de coton, qu'on enlève pour effectuer la pollinisation, au pinceau.

Les qualités des hybrides sont en général jugées, dans des plantations comparatives, avec la descendance par fécondation libre de l'un ou des deux parents.

Ces techniques de pollinisation contrôlée sont également valables pour les croisements entre arbres plus d'une même espèce, pratiqués, comme nous l'avons vu, pour obtenir des renseignements sur la constitution héréditaire des arbres plus et de reconnaître les meilleurs génotypes. Ces techniques classiques ont permis de réussir un très grand nombre d'hybridations, dans presque tous les genres, et notamment les mélèzes, sapins et hêtres au Danemark, les bouleaux et les aunes en Suède. Certaines expériences ont permis d'éclaircir la taxonomie et la constitution héréditaire de certains genres; en particulier, les hybridations effectuées par Helge JOHNSSON [11] sur différentes espèces de bouleaux, ayant des nombres chromosomiques différents (*B. verrucosa* a  $2n = 28$  chromosomes; *B. pubescens*, sans doute allopolyploïde a  $2n = 56$  chromosomes). Mais la production en masse des hybrides reconnus intéressants se fait par des méthodes différentes des techniques classiques d'isolement des fleurs femelles; nous allons en voir deux exemples.

## II. — Hybridation du Mélèze Production de *Larix* × *eurolepis*

L'hybride *Larix europaea* D.C. × *Larix leptolepis* Murr. = *L. × eurolepis* Henry fut observé dans la nature pour la première fois au début du siècle en Ecosse, où, dans la propriété de Dunkeld, une dizaine de Mélèzes du Japon voisinent avec de nombreux et fort beaux Mélèzes d'Europe qui leur apportent leur pollen.

Les hybrides sont intermédiaires entre les deux parents pour plusieurs caractères, notamment la couleur des rameaux, jaune rosé, qui permet de les distinguer facilement des Mélèzes d'Europe aux rameaux gris jaunâtre, et des Mélèzes du Japon aux rameaux brun-rouge.

Cet hybride présente une croissance remarquablement rapide, supérieure à celle de ses parents: dans les pépinières de Dunkeld, les hybrides sont triés, simplement d'après leur vigueur, parmi les plants issus de graines récoltées sur les Mélèzes du Japon (qui com-

prennent évidemment une certaine proportion de plants de l'espèce pure, résultat du croisement entre deux Mélèzes du Japon.

*L. × eurolepis* a fait l'objet, dans plusieurs pays, de plantations comparatives qui ont confirmé sa croissance rapide et mis en évidence sa résistance à *Dasyscypha wilkommi*. A Ekebo, par exemple, des Mélèzes hybrides âgés de 10 ans ont 10 à 12 cm de diamètre, et une forme excellente, tandis que les Mélèzes d'Europe (arbres plus) auxquels ils sont comparés n'ont que 7 à 8 cm de diamètre. Son utilisation dans la pratique des reboisements est donc intéressante, si on arrive à produire d'une façon économique une quantité importante de graines hybrides.

A cet effet, des vergers à graines d'un type spécial ont été mis en place en Suède et au Danemark. Ils sont en général établis sur le type suivant : lignes alternées de plants greffés de Mélèze d'Europe et de Mélèze du Japon ; un des deux parents est représenté par un seul clone, l'autre par plusieurs clones : de cette façon, en récoltant les graines sur le parent représenté par un seul clone, on obtient presque exclusivement des graines hybrides — en admettant que le pourcentage d'autofécondité de ce clone est très faible.

A Krogerup, un tel verger — où le parent représenté par un seul clone est le Mélèze d'Europe —, constitué par des plants greffés en 1943, a fourni de bonnes récoltes en 1950 et 1951.

La récolte sur les arbres de l'autre espèce fournit également une certaine proportion de graines hybrides ; on peut trier les plants hybrides en pépinière, ou compter sur les éclaircies pour éliminer les plants d'espèce pure qui sont normalement les moins vigoureux.

On peut aussi constituer de tels vergers d'une façon plus économique et plus rapide, en se basant sur la facilité de greffage du mélèze sur de jeunes arbres : en forêt de Kongsøre (district d'Odsherred, Danemark), dans une plantation de Mélèzes des Sudètes effectuée en 1938, on a, en 1944, greffé une ligne sur deux avec des Mélèzes du Japon ; les jeunes arbres, qui atteignaient 7 à 8 cm de diamètre, ont été greffés en tête à 1 m du sol.

De nombreuses hybridations ont été faites, au Danemark comme en Suède, entre les diverses espèces de Mélèzes. Outre *L. leptolepis*, *L. gmelini* Pilger, et *L. sibirica* Ledeb. sont le plus souvent utilisés dans les croisements avec *L. europaea*.

### III. — Production de Trembles hybrides

Le tremble est sans doute, en Suède, le feuillu le plus important au point de vue économique : pâte à papier et allumettes. Aussi, les généticiens suédois se sont-ils attachés depuis longtemps à la recherche et à la multiplication de types améliorés ; leurs travaux sont plus avancés que pour n'importe quelle autre essence, puisque ces types améliorés, et notamment les trembles hybrides,

sont depuis plusieurs années employés dans la pratique des reboisements.

#### A. — INTÉRÊT DES TREMBLES HYBRIDES

Depuis 1935, plusieurs stations de génétique forestière ont étudié les croisements intraspécifiques dans la section *Leuce* du genre *Populus*. Plusieurs de ces croisements ont donné des hybrides plus vigoureux que les parents; von WETTSTEIN, en 1937, obtenait chez certains hybrides *P. tremula*  $\times$  *P. alba* un accroissement en hauteur supérieur de 30 % à celui du meilleur parent. Mais l'hybride le plus intéressant est sans doute *P. tremula*  $\times$  *P. tremuloïdes*, qui joint à un heterosis indiscutable dans beaucoup de croisements, une grande résistance aux parasites du feuillage: teigne et rouille. En outre, il est en général plus tardif. Le tableau ci-dessous (d'après Helge JOHNSON [9]) exprime la supériorité des hybrides âgés de 6 ans.

	<i>P. tremuloïdes</i> $\times$ <i>P. tremula</i>		<i>P. tremula</i> $\times$ <i>P. tremula</i>	
	croisement n° 41-19	croisement n° 41-21	croisement n° 41-2	croisement n° 41-29
Hauteur en cm .....	423	420	207	333
Hauteur à 1,30 m en cm .....	3,5	3,4	1,0	1,9

A Hörsholm, des hybrides obtenus en 1943, plantés à 2 m  $\times$  2 m puis éclaircis, ont actuellement, à 10 ans, 10 m de hauteur et 10 à 12 cm de diamètre, alors que les *P. tremula* témoins ont seulement 4 m de hauteur moyenne. La forme de l'hybride est en général inférieure à celle des plus beaux trembles, mais on espère l'améliorer par une sélection sévère des parents.

D'autres combinaisons sont essayées entre les diverses espèces des *Populus* section *Leuce*, notamment avec *P. grandidentata*, *P. alba* et aussi avec des trembles de Sibérie; mais pour l'instant, seul l'hybride *P. tremula*  $\times$  *P. tremuloïdes* est représenté par des arbres assez âgés pour qu'on soit assuré de ses qualités et qu'on ait pu, avec une garantie suffisante pour l'avenir, envisager une production en masse.

De nombreux essais de multiplication végétative, par les méthodes les plus diverses, ont amené les forestiers danois et suédois à la conclusion suivante: malgré les avantages de la propagation de clones, le bouturage des trembles présente de tels aléas qu'il est difficilement utilisable dans la pratique; les pourcentages de reprise sont toujours faibles, et les pourritures très actives.

C'est pourquoi la multiplication par semis est la seule envisagée pour la production en masse des trembles améliorés.

La multiplication végétative du tremble garde cependant son intérêt, soit pour les expériences comparatives de clones, soit pour la multiplication d'arbres mères particulièrement intéressants. Aussi, nous donnerons à la fin de ce paragraphe un bref aperçu des techniques employées, leur diversité même prouvant bien qu'aucune n'est parfaite.

B. — PRODUCTION EN MASSE DE L'HYBRIDE  
*P. TREMULA* × *P. TREMULOIDES*

La méthode utilisée pour la production des graines de trembles est celle qui a été mise au point en 1937 par W. von WETTSTEIN; elle est basée sur le fait que le temps de maturation des graines de tremble est très court: des branches florifères femelles, coupées et placées dans l'eau peuvent survivre assez longtemps pour que les bourgeons s'ouvrent, et que les fleurs fécondées donnent des capsules contenant des graines fertiles: les graines sont très petites et très nombreuses (1 000 à 2 000 graines par inflorescence); quelques dizaines de branches florifères permettent d'obtenir plusieurs millions de graines. On conçoit donc que cette production artificielle, même si elle requiert l'usage d'une serre et des manipulations délicates, soit économiquement rentable.

1. — *Production du pollen*: les *P. tremuloïdes* entrant dans les croisements sont représentés par quelques individus assez âgés existant dans les collections, mais surtout par des arbres sélectionnés en Amérique du Nord — notamment dans la région des Grands Lacs — par Helge JOHANSSON au cours d'un voyage qu'il fit en 1948; des rameaux prélevés sur ces arbres ont permis de constituer en Suède, une collection d'arbres mères, par greffage. Mais les plants greffés produisent encore relativement peu de fleurs. Aussi la plupart des croisements se font, à l'heure actuelle, en utilisant du pollen récolté en Amérique sur ces arbres et envoyé par avion en Suède. Les *P. tremula* utilisés dans les croisements sont, évidemment, des arbres plus, sélectionnés dans toute la Suède.

Quand le parent mâle existe en Suède, on obtient souvent le pollen de la manière suivante: on coupe des rameaux portant des bourgeons à fleurs mâles, pendant l'hiver, et on les dispose dans des vases contenant de l'eau: chaque bouquet est placé dans un compartiment vitré d'une serre spéciale assez étanche pour qu'aucun passage de pollen ne puisse avoir lieu d'un compartiment à l'autre. Les fleurs s'ouvrent et on peut récolter le pollen, souvent en secouant les fleurs mûres contre les parois d'un petit récipient cylindrique. Cette méthode est également valable pour d'autres essences, même les résineux; pour les essences à forte production de

pollen, comme les pins, on peut le récolter au moyen d'un aspirateur. Le pollen est conservé à  $+ 1$ ,  $+ 2^{\circ}$  C, en air sec.

2. — *Production des graines*: Les branches portant des bourgeons à fleurs femelles sont coupées en janvier-février et mises dans des vases plein d'eau, dans une serre où la température ne dépasse pas  $18$  à  $20^{\circ}$  C. La serre doit être munie d'un éclairage d'appoint, fourni par une batterie de lampes de  $1\ 000$  w. On commence cette opération le plus tôt possible en saison, afin de pouvoir semer très tôt les graines obtenues et donner au semis une longue saison de végétation.

L'eau des vases doit être changée, et la section des branches rafraîchie très souvent, pour éviter le développement de pourritures bactériennes, qui, en envahissant la partie inférieure des branches, gêneraient l'ascension de l'eau. Les bourgeons s'ouvrent en une semaine environ et les fleurs peuvent être pollinisées au bout d'une dizaine de jours. On pollinise chaque fleur avec un pinceau à poils souples; il faut très peu de pollen; il est inutile de séparer les divers croisements si on opère en air calme.

Les graines sont mûres 2 semaines environ après la fécondation; pendant la maturation, il faut prendre garde aux attaques de chenilles qui se développent sur les capsules et détruisent les graines; des poudrages d'insecticides de contact permettent d'en venir à bout.

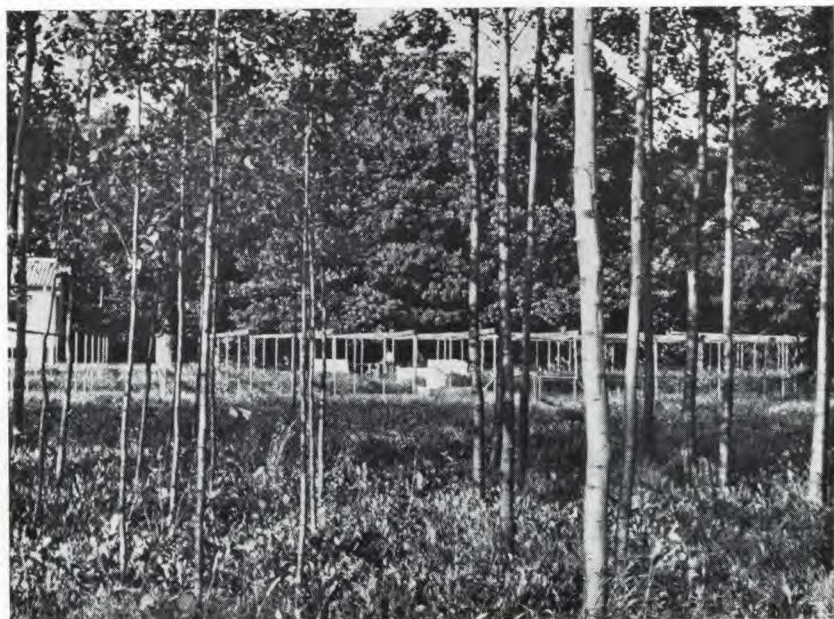
3. — *Pratique des semis et production de plants*: La fertilité du croisement *P. tremula*  $\times$  *P. tremuloïdes* est très bonne: d'après Helge JOHNSON [16], on obtient une moyenne de 6,9 graines par capsule, contre 8,7 à 9,7 pour un croisement entre deux *P. tremula*. La faculté germinative, immédiatement après la récolte, est voisine de 100 %.

Les graines sont semées de suite; on utilise des caissettes en bois remplies de sable, avec, en surface, une couche de tourbe finement pulvérisée sur laquelle on applique le coton qui les enrobe. Ces caissettes sont placées en serre, recouvertes d'un verre pendant les premiers jours. Les semis lèvent très vite. Les graines de tremble n'ayant pas de réserves, et le sable étant à peu près stérile, il est nécessaire de les arroser avec une solution nutritive (solution de Knop par exemple).

Le plus grave danger qui menace les semis est le développement de maladies cryptogamiques, qui se traduisent par une fonte brutale, et contre lesquelles les fongicides classiques sont à peu près inefficaces. Pour les combattre, il faut semer assez clair, dans un milieu aussi stérile que possible, et doser soigneusement les arrosages, la température — qui ne doit pas dépasser  $18^{\circ}$  C — et la lumière. Les semis sont repiqués lorsqu'ils ont leurs deux premières feuilles, à 1 mois environ, dans des caissettes contenant un

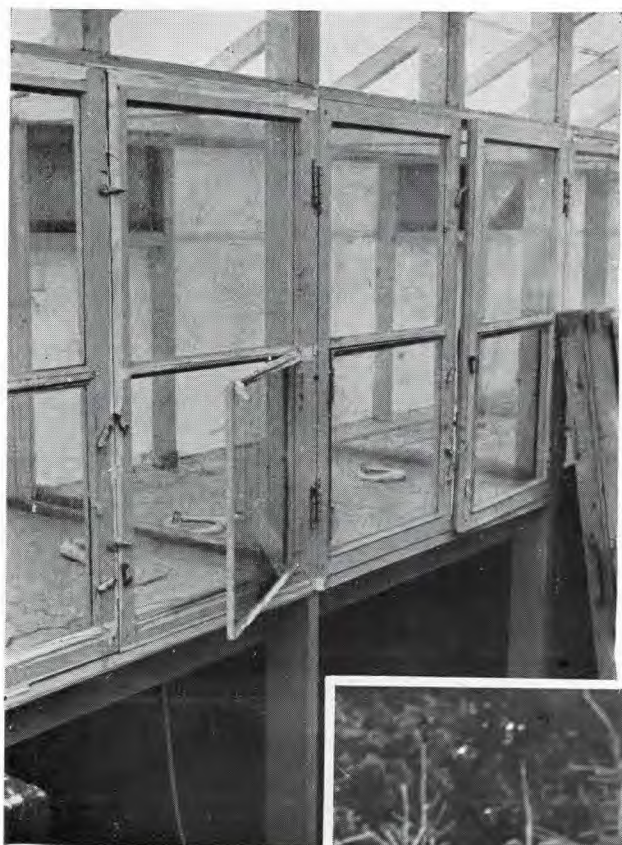


Plantation comparative de tremble hybride (au centre) et de tremble normal  
(à droite). Plantation en 1941 (Brunsberg).



A droite, tremble triploïde hybride.  
A gauche, tremble normal.  
Ekebo.





Cases hermétiques et démontables pour l'extraction du pollen (Krogstrup).

Epicéa tétraploïde (Co 1941). La branche tenue à la main, pour montrer la différence de forme des aiguilles, provient d'un épicea normal.



mélange de sable et de tourbe ou de terreau. On continue l'arrosage avec les solutions nutritives. Ils restent ainsi, en serre, jusque vers le 15 mai, puis ils sont repiqués une deuxième fois à l'extérieur, sous ombrière, dans une bonne terre.

À la fin de la saison de végétation, des semis de *P. tremula* obtenus par cette méthode atteignent 60 à 70 cm ; les semis d'hybrides peuvent atteindre plus de 1 m. Ils sont mis en place dès le printemps suivant. Cette méthode constitue donc un véritable forçage, et permet un gain de temps considérable sur la technique normale de pépinière.

Les populations d'hybrides présentent des différences très nettes, suivant les parents utilisés, notamment en ce qui concerne la croissance en hauteur ; chaque population est en général assez homogène. Par contre, la F<sub>2</sub>, obtenue par croisement entre hybride mâle et femelle de la F<sub>1</sub>, est très variable et le plus souvent très mauvaise. Cela n'a pas une grande importance, car les plantations d'hybrides F<sub>1</sub> se perpétueront vraisemblablement par drageons après la coupe. Toutes les populations hybrides obtenues sont comparées entre elles, de façon à déterminer quels sont les meilleurs parents, et comparées d'autre part à des populations de tremble normal.

La production en masse des hybrides est réalisée notamment par une des plus importantes sociétés allumettières suédoises, à Jonköping : une station de production, fondée en 1950, fournit 250 000 plants chaque année. De très importantes plantations de trembles hybrides sont effectuées sur les terrain appartenant à la Société. On espère que l'utilisation des hybrides permettra d'exploiter ces arbres pour la fabrication des allumettes, à 30 ans, au lieu de 60 pour les trembles normaux.

### C. — ESSAIS DE BOUTURAGE DU TREMBLE

Le greffage du tremble, surtout en placage et en bouteille, est très facile et employé couramment pour la multiplication du matériel précieux. Par contre, le bouturage est très difficile, et les nombreux essais qui ont été faits en vue de la multiplication en grand de trembles sélectionnés ou d'hybrides n'ont en fait jamais donné des pourcentages de reprise suffisamment élevés et constants pour pouvoir être utilisés dans la pratique.

Je citerai ici, à titre d'indication, quelques-uns des essais faits à Ekebo et mentionnés par Helge JOHANSSON [7].

Extraction de drageons racinés — Boutures de fragments de racines. — Les résultats sont faibles et incertains : les racines de l'arbre mère sont sensibles à la pourriture, et l'alimentation en eau du plant est insuffisante.

Bouturage de drageons herbacés — la méthode mise au point par Hölger JENSEN à Ramlösa est une variante du bouturage de racines :

des fragments de racines sont mis en végétation dans du sphagnum humide, puis dans la terre d'une bêche; de jeunes pousses se développent sur ces fragments; on enduit leur base avec une pâte à la lanoline contenant 1 % d'acide indol butyrique, puis on enterre la partie enduite, où se développent bientôt de nouvelles racines; le jeune drageon peut alors s'affranchir du fragment de racine initial. Dans l'expérience citée par Helge JOHNSON, sur 5 248 fragments de racines, 30 % ont donné des pousses, et 24 % se sont enracinées. La reprise est variable suivant la grosseur des fragments de racine (les meilleurs ont environ 2 cm de diamètre) et surtout suivant les clones employés.

Cette méthode assez délicate et compliquée a été simplifiée par MUHLE LARSEN [27], à Hörsholm: les jeunes drageons émis par les fragments de racines sont coupés lorsqu'ils atteignent 4 à 5 cm de longueur et bouturés dans du sable. La reprise est souvent très bonne (variable également suivant les clones), mais ces jeunes pousses très tendres sont extrêmement sensibles à la pourriture, si bien que cette méthode qui présente un intérêt certain pour la multiplication de matériel précieux est encore trop délicate pour pouvoir être étendue aux conditions de la pratique.

Boutures couchées — des boutures vigoureuses sont enterrées horizontalement; on enduit avec une pâte contenant une phytohormone la base des branches latérales qui, elles, se développent plus ou moins verticalement. Des racines apparaissent sur la partie traitée et, au printemps suivant, on peut séparer les plants racinés de la bouture mère.

Helge JOHNSON conclut son étude sur la multiplication végétative du tremble en écrivant que « si on continue les recherches sur le bouturage, pour l'instant, la seule méthode pratique reste la reproduction par graines ». Cette étude date déjà de 1942, mais je ne crois pas que d'autres travaux importants concernant le bouturage du tremble aient été entrepris en Suède depuis cette date (au Danemark, MUHLE LARSEN a mis au point, en 1946, la méthode de bouturage de drageons herbacés citée plus haut).

Je crois cependant qu'il faudrait accorder une grande importance aux variations de la reprise suivant les clones: il ne doit pas être impossible, en partant d'un grand nombre de clones, de sélectionner ceux ayant un pouvoir d'enracinement suffisant pour que, en utilisant des boutures ligneuses vigoureuses et avec l'aide de phytohormones, le bouturage devienne possible dans des conditions se rapprochant de la pratique courante.

---

## CHAPITRE IV

**AMÉLIORATION PAR PRODUCTION DE MUTATIONS  
OU UTILISATION DE POLYPLOIDES SPONTANÉS**

---

La production artificielle de mutations, par des agents physiques ou chimiques permet, en modifiant la constitution chromosomique caractéristique d'une espèce, d'obtenir des types nouveaux, parmi lesquels on pourra sélectionner ceux qui présentent les caractères les plus favorables.

Cette méthode d'amélioration fait l'objet d'études approfondies, d'une part au laboratoire de génétique de la Station de Recherches Forestières de Stockholm, d'autre part à Ekebo.

A Stockholm, Dr. CARIN EHRENBORG emploie les rayons X pour provoquer des mutations: par irradiation des graines elle obtient un certain pourcentage de plants à constitution chromosomique anormale.

Mais l'agent mutagène de loin le plus employé est la *colchicine*: le traitement des graines ou des plantules aboutit à la production de plants anormaux parmi lesquels un nombre appréciable présente une multiplication du stock chromosomique normal (polyploïdie). Le nombre normal de chromosomes, soit  $2n$  est souvent doublé: on obtient un individu *tétraploïde* à  $4n$  chromosomes.

Suivant les espèces, ces plants polyploïdes ont une croissance nettement supérieure à celle des plants normaux ou, au contraire, une croissance nettement ralentie, si bien qu'ils restent à peu près nains. Pour expliquer ce fait, on peut avancer l'hypothèse suivante: il existe pour chaque espèce un nombre chromosomique optimum, qui est le plus souvent le nombre normal  $2n$ , mais peut être quelquefois supérieur:  $3n$  ou  $4n$ . Lorsque le nombre optimum est atteint, la plante présente sa croissance maximum; s'il est dépassé, au contraire, le métabolisme est troublé et la plante, quand elle peut vivre, a une vigueur réduite.

Cependant, toutes les plantes polyploïdes ont en commun un caractère qui permet de les reconnaître: les feuilles, et les aiguilles des résineux, sont épaissies et comme succulentes. De plus, les stomates sont nettement plus grands que ceux des individus diploïdes.

Ces caractères sont les premiers critères qui servent à déterminer

la constitution polyploïde d'individus anormaux que l'on peut trouver dans la nature, et qui peuvent être, comme nous le verrons pour le tremble, le point de départ de la production de types améliorés.

Mais le caractère polyploïde d'un arbre doit toujours être confirmé par l'examen des chromosomes. Les techniques caryologiques modernes (en particulier la méthode d'examen à la quinoléine qui disperse les chromosomes dans la cellule) sont adaptées à l'examen des arbres, notamment dans les laboratoires d'Ekebo, en vue d'un comptage rapide des chromosomes.

### I. — Production de trembles triploïdes

La découverte par Nilsson EHLE, en 1936, d'un tremble mâle triploïde spontané fut le point de départ des études sur l'utilisation de la poliploïdie chez le tremble entreprises par l'Association pour l'Amélioration des Arbres Forestiers.

Par croisement avec un tremble femelle normal, on obtint une descendance dans laquelle se trouvaient quelques individus tétraploïdes. Contrairement au parent mâle triploïde à croissance plus forte que la normale, les descendants tétraploïdes avaient une vigueur très réduite. Ils présentaient cependant un grand intérêt pour la production en masse de trembles triploïdes.

Les premiers tétraploïdes ainsi obtenus fleurirent pour la première fois en 1944 et furent croisés avec des diploïdes; le croisement fut très fertile et on obtint une grande quantité de graines triploïdes (voir schéma n° 1).

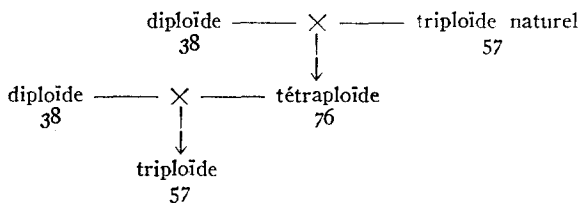


Schéma N° 1. — Production de trembles triploïdes à partir d'un triploïde naturel — d'après Helge JOHNSON [9].

Les plants obtenus, analysés à l'âge de un an, par comparaison avec une descendance diploïde (même mère) donnèrent les valeurs moyennes suivantes (Helge JOHNSON [15]), en prenant la valeur 100 pour les diploïdes :

Dimensions des feuilles .....	156
Épaisseur des feuilles .....	114
Longueur des stomates .....	126
Hauteur des plants .....	94

On notera que, à l'âge de 1 an, les plants triploïdes ont une hauteur moyenne inférieure à celle des diploïdes. De plus, le nombre chromosomique des triploïdes n'est pas absolument constant; il varie entre 47 et 59, le nombre exact  $3n = 57$  étant relevé chez 46,3 % d'entre eux. Cette variation est sans doute due à des irrégularités dans la méiose du parent tétraploïde.

Un certain nombre de ces descendance furent plantées, en comparaison avec des diploïdes (même mère) dans une expérience à long terme, à Mykinge, dans le district de Jonköping. Helge JOHNSON, dans un article récent [15] donne les résultats des mesures effectuées sur ces arbres alors âgés de 9 ans. Ces mesures montrent que les populations triploïdes sont beaucoup plus variables que les diploïdes; cette variabilité semble due surtout à la présence d'individus à vigueur réduite, qui possèdent sans doute un nombre chromosomique s'écartant plus ou moins de l'optimum. Malgré cela, avant la première éclaircie, les triploïdes excédaient les diploïdes de 14,1 % en hauteur et 60,3 % en volume, et, après l'éclaircie, de 24,1 % en hauteur et 86,1 % en volume.

L'utilisation de trembles triploïdes aboutit donc, semble-t-il, à un accroissement dans la production par unité de surface. Un point restera à vérifier: les triploïdes ne contiennent-ils pas une proportion de matière sèche moins élevée que les diploïdes (ce fait a été constaté pour certaines espèces herbacées), ce qui restreindrait leur intérêt, notamment pour la papeterie?

Le tremble triploïde spontané qui a servi de point de départ à cette expérience était un arbre assez médiocre du Sud de la Suède. Depuis, une vingtaine d'autres arbres triploïdes ont été trouvés, dans le Nord et le Centre du pays; certains paraissent être d'excellents génotypes; on a déjà obtenu, à partir de ces arbres, un certain nombre de plants tétraploïdes, et on espère avoir bientôt les descendance triploïdes.

Un des inconvénients de cette méthode, qui utilise comme tête de lignée les triploïdes naturels, est la très faible fertilité de ces arbres. Aussi a-t-on commencé la production directe de tétraploïdes par traitement de graines diploïdes à la colchicine. Le traitement se fait en plaçant des graines sur un papier filtre imbibé d'une solution de colchicine à 0,2-0,3 % (voir schéma n° 2).

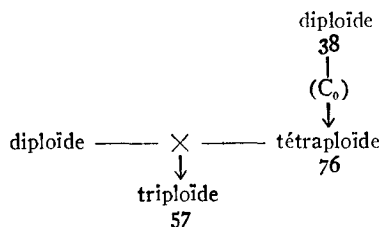


Schéma N° 2. — Production de trembles triploïdes à partir de diploïdes traités à la colchicine.

Parmi les semis obtenus, un certain nombre ont une forme anormale et quelques-uns se révèlent, après examen des extrémités des racines, être tétraploïdes. La plus grande difficulté de cette technique est, d'une part, la faiblesse des racines des semis colchicinés, qui aboutit à la mort très précoce du plus grand nombre, d'autre part, la production fréquente de chimères mixoploïdes qui, souvent, retournent plus ou moins rapidement à l'état diploïde.

Actuellement, ces recherches se poursuivent activement, en partant d'arbres plus diploïdes ou triploïdes. On espère aussi obtenir de bons résultats d'hybrides triploïdes, obtenus par le croisement d'un *P. tremula* tétraploïde avec un *P. tremuloïdes* diploïde.

## II. — Utilisation de la polyplôidie pour d'autres essences

1) *Aunes*: Les généticiens d'Ekebo ont déjà produit des plants triploïdes d'*Alnus glutinosa* en partant, suivant le même schéma décrit ci-dessus pour le tremble, de tétraploïdes obtenus par traitement de graines à la colchicine. (Helge JOHNSON [12]).

En 1941, des graines d'*A. glutinosa* placées sur des papiers filtres imbibés d'une solution de colchicine à 0,2 %, donnèrent des plants anormaux dont une vingtaine survécurent. Ces arbres ne sont pas des tétraploïdes complets, mais des chimères péricleinales, dans lesquelles l'épiderme reste diploïde tandis que les tissus internes sont tétraploïdes, ou l'inverse. Un de ces arbres fleurit en 1948, et 4 autres en 1949. L'étude de ces fleurs a permis de reconnaître des gamètes diploïdes (donc une constitution somatique tétraploïde) chez 4 d'entre eux.

Par croisement de ces arbres avec des aunes diploïdes de même origine, on a obtenu des triploïdes reconnaissables aisément à leurs très grandes feuilles.

On constate, comme chez les trembles, que les populations triploïdes sont plus variables que les diploïdes.

Dans une expérience comparative installée près de Hälsingborg (plantation printemps 1951), les triploïdes ont une croissance nettement supérieure aux diploïdes. Les tétraploïdes sont médiocres et très variables.

Dans la même expérience, on a introduit un hybride *A. glutinosa* × *A. rubra* qui se montre excellent (2,50 m de hauteur à 3 ans) : 1,20 m de pousse en 1952; on notera que les *A. rubra* plantés comme témoin sont détruits par le froid.

2) *Bouleaux*: La découverte de deux *Betula verrucosa* triploïdes a permis d'effectuer une série de croisements contrôlés où entrent, outre ces deux arbres, des *B. verrucosa* ( $2n = 28$ ) et des *B. pubescens* ( $2n = 56$ ) normaux. (Helge JOHNSON [8]).

Le croisement triploïde × triploïde s'est montré le plus fertile, et a donné des descendants dont les nombres chromosomiques va-

rient de 29 à 51. Certains de ces plants ont une forte croissance. Le croisement triploïde  $\times$  diploïde, dont on attendait, comme pour le tremble, quelques individus tétraploïdes, n'a donné aucun semis.

3) *Epicéa*: Le traitement de graines d'épicéa par des solutions de colchicine à 1,25-1,50 % (KIELLANDER [21]) a donné des semis aberrants parmi lesquels on a trouvé des tétraploïdes à 48 chromosomes; ces plants, âgés maintenant d'une dizaine d'années, sont caractérisés par des aiguilles courtes et épaisses, et une croissance considérablement ralentie. Plusieurs sont des chimères sectoriales (la plante possède à la fois des rameaux diploïdes et d'autres tétraploïdes). De plus, par un examen attentif de planches de semis d'épicéa, on a pu trouver, sur 1 200 000 semis de 2 ans, 93 individus anormaux: 22 étaient tétraploïdes et 1 triploïde, tous nettement plus petits que les semis normaux.

Bien qu'il faille attendre pour conclure que les plants tétraploïdes commencent à fleurir, on peut penser (KIELLANDER [21]), que chez l'épicéa, le nombre chromosomique optimum est le normal normal  $2n = 24$ , et que toute déviation aboutit à la formation d'individus à croissance réduite.

Autant qu'on puisse en juger par les expériences entreprises sur quelques essences, il semble donc que la production de polyploïdes soit beaucoup moins intéressante pour les résineux que pour les feuillus.

---



## CONCLUSION

---

Nous pensons, au terme de cette étude, qu'il est souhaitable d'en dégager quelques faits ou idées qui nous paraissent essentiels :

1° Si on devait caractériser en quelques mots les travaux d'amélioration des arbres forestiers en Suède et au Danemark, on pourrait souligner *l'unité de principe et la diversité des techniques*.

— Unité de principe : il faut partir de ce que la nature nous offre de mieux dans la multitude des individus différents qui constituent une espèce. Ce « mieux » s'applique, en gros, aux qualités suivantes : croissance, forme, qualité du bois, résistance aux parasites, adaptation à une station donnée. Toute amélioration repose donc, à l'origine, sur une *sélection individuelle précise et patiente*, impliquant de longues prospections dans un très grand nombre de forêts.

Cette sélection est difficile, car il faut à tout instant essayer d'induire de l'aspect extérieur d'un individu, résultante de l'action de deux forces, hérédité et milieu, la valeur respective de chacune de ces forces. L'estimation du génotype se poursuivra, pas à pas, par des plantations comparatives et des croisements contrôlés. Tenant compte de la difficulté de cette appréciation, et pour augmenter les chances d'avoir de bons génotypes, il faut sélectionner au départ un grand nombre d'arbres.

— diversité des techniques : les particularités propres de chaque espèce, son mode habituel de reproduction, ses exigences écologiques, imposent la mise en œuvre de méthodes et de techniques variées : multiplication végétative, hybridations intra et interspécifiques, utilisation ou production de mutations.

L'étude de ces techniques, qui vont de pratiques horticoles empiriques plus ou moins modifiées jusqu'aux méthodes les plus fines d'analyse carvologique, était l'objet principal de notre mission. Nous pensons que certaines, notamment les greffages à l'extérieur et le « forçage » des semis de tremble, pourront, après avoir été légèrement modifiées pour tenir compte des différences de climat, être utilisées en France avec profit.

2° Quelle que soit la variété des méthodes d'amélioration, ces méthodes se réfèrent sans exception aux lois fondamentales de la génétique. Or, ces lois ont été établies, dans la très grande majorité des cas, en utilisant comme matériel d'étude des plantes annuelles

ou vivaces, de dimensions réduites, et susceptibles de donner une nouvelle génération chaque année. Les arbres forestiers ont été à peu près complètement laissés de côté, en raison de leur hauteur, qui rend les fleurs difficilement accessibles, et du grand nombre d'années qui séparent deux générations successives.

C'est pourquoi les généticiens forestiers, en essayant de tourner ces difficultés, poursuivent, parallèlement aux recherches appliquées, des recherches théoriques de caractère fondamental portant par exemple sur l'analyse de certains genres par hybridations intraspécifiques, la variation de caractères morphologiques sans intérêt pratique, les anomalies chromosomiques, les techniques d'examen carvologique adaptées aux arbres, etc.. Ces recherches, que nous avons à peine évoquées dans ce travail, représentent une part notable de l'activité des stations; d'elles dépend au moins en partie la réalisation plus ou moins rapide du but pratique que se sont fixé les chercheurs.

3° La place qu'occupent les plantations comparatives de descendance dans les programmes de travaux est déjà considérable, et ne fera qu'augmenter dans l'avenir (à mesure que les greffes des arbres « plus » commenceront à fleurir). Or, leur installation et leur conduite sont délicates, et demandent une surveillance étroite et une organisation très méthodique, durant les 20 ou 30 ans pendant lesquels chaque expérience sera poursuivie. Elles constituent donc une charge très lourde et immobilisent des surfaces de terrain très importantes. Toute méthode qui permettrait d'abréger leur durée représenterait un allègement très sensible des budgets des stations.

4° L'importance de la recherche de types améliorés en vue du reboisement masque peut-être un autre aspect de la génétique forestière: l'étude de la constitution héréditaire des peuplements forestiers, de son évolution sous l'influence des traitements, peut apporter une lumière nouvelle à la sylviculture moderne. Déjà, en Suède et au Danemark, les sylviculteurs tiennent compte des recherches poursuivies dans les stations d'amélioration en ce qui concerne la génétique des populations.

5° On aura peut être remarqué la disproportion qui semble exister entre, d'une part, l'ampleur des programmes de recherches et les moyens mis en œuvre, et, d'autre part (si l'on excepte les graines récoltées sur des peuplements sélectionnés), le petit nombre de types améliorés utilisés actuellement dans la pratique des reboisements: seulement le mélèze et le tremble hybrides. En fait, ces quinze dernières années ont été employées en Suède et au Danemark à la réalisation de la phase initiale du travail d'amélioration: mise au point des techniques, sélection des arbres mères et rassemblement du matériel. Cette première étape indispensable est maintenant fran-

chie, et les applications pratiques vont devenir, dès les années prochaines, de plus en plus nombreuses, et de moins en moins discutables. Mais ceux qui poursuivent des travaux d'amélioration des arbres forestiers, dans chaque pays, ne doivent pas oublier que la patience reste une vertu cardinale lorsqu'il s'agit de soumettre les arbres de nos forêts aux exigences économiques des hommes.

---

## BIBLIOGRAPHIE

1. ANDERSSON (Enar). — Pollen and Seed Setting Studies of an Asyndetic Spruce and some Normal Spruces; and a Progeny Test of Spruce. *Särtryk ur Svensk Papperstidning*, n° 4, 7, 1947, 22 pp.
2. ANDERSSON (E.) och JANSSON (B.-O.). — Frilandsympning av barrträd vid Brunsberg, Fiskeby, Hällefors och Uddeholm. *Föreningen för Växtförädling av Skogsträd*. Arsberättelse, 1951, p. 72-89.
3. ARNBORG (Tore) and HADDERS (Gustaf). — The Society for practical forest improvement. *Medd.*, n° 59, 1953, 13 pp.
4. BORNEBUSCH (C.-H.). — Meddelelse fra Dansk Skovforenings Frøudvalg. *Dansk Skovforenings Tidsskrift*, n° 30, 1945, p. 425-39.
5. BOUVAREL (P.). — Les expériences sur la reproduction végétative des arbres forestiers à l'Arboretum de Hörsholm (Danemark). *Revue Forestière Française*, n° 4, juillet 1949, p. 224-238.
6. GUSTAFSSON (Ake). — Seed Plantations, their Structure and Genetic Principles. *Proc. of. third World Forest Congress*, Helsinki, n° 4, 1949, p. 37.
7. JOHNSON (Helge). — Generativ och Vegetativ Föroökning av *Populus tremula*. *Svensk Botanisk Tidskrift*, Vol. 36, n° 2, 3, 1942, p. 177-199.
8. JOHNSON (Helge). — Progeny of triploid *Betula verrucosa* Erh. *Botaniska Notiser*, n° 2, 1946, p. 285-290.
9. JOHNSON (Helge). — Tio ars aspförädling vid Föreningen för Växtförädling av Skogsträd. *Särtryk ur Svensk Papperstidning*, n° 17, 19 et 20, 1947, 9 pp.
10. JOHNSON (Helge). — Björk, asp. och poppel fran Nordamerika — en Reseberättelse. *Medd. fran Föreningen för Växtförädling av Skogsträd*, n° 50, 1949, 14 pp.
11. JOHNSON (Helge). — Studies on Birch species hybrids. I. *Betula verrucosa* × *B. japonica*, *B. verrucosa* × *B. papyrifera* and *B. pubescens* × *B. papyrifera*. *Hereditas*, Vol. XXXV, 1949, p. 115-135.
12. JOHNSON (Helge). — On the C<sub>0</sub> and C<sub>1</sub> generations in *Alnus glutinosa*. *Hereditas*, vol. XXXVI, 1950, p. 205-219.
13. JOHNSON (Helge). — Avkommeprövning av björk — preliminära resultat fran unga försökplanteringar. *Särtryk ur Svensk Papperstidning*, n° 11-12, 1951, 30 pp.
14. JOHNSON (Helge). — Einige Fragestellungen der forstlichen Nachkommenschaftsprüfung. *Z. Forstgenetik*, vol. 2, n° 1, 1952, p. 2-7.
15. JOHNSON (Helge). — Development of Triploid and Diploid *Populus tremula* during the juvenile period. *Z. Forstgenetik*, vol. 2, n° 4, 1953, p. 73-77.
16. JOHNSON (Helge). — Lövträd. *Särtryk ur Svensk växtförädling*, p. 759-828.
17. JOHNSON (Helge). — Skogsträdförädlingens historia. *Särtryk ur Svensk växtförädling*, p. 399-412.
18. JOHNSON (Helge). — Skogsträdsförädlingens hortikulturella och tekniska hjälpmedel. *Särtryk ur Svensk växtförädling*, p. 583-606.
19. JOHNSON (Helge). — Skogsträdsförädlingens metoder. *Särtryk ur Svensk växtförädling*, p. 489-518.

20. KIELLANDER (C.-L.). — Om barrträdsförädling och barrträdsympning. *Särtryk ur Svensk Papperstidning*, n° 23-24, 1946, 16 pp.
21. KIELLANDER (C.-L.). — Polyploidy in *Picea Abies*. *Hereditas*, XXXVI, 1950, p. 513-516.
22. KIELLANDER (C.-L.). — Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schweden. *Z. für Weltforstwirtschaft*, vol. 13, n° 10-12, 1950, 11 pp.
23. KIELLANDER (C.-L.). — Kontinentgranen. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift*, n° 2, 1953, p. 45-62.
24. KIELLANDER (C.-L.). — Om Kontinentgranen — hårdighet, rasförädling och fröförsörjning. *Särtryk ur Svensk Papperstidning*, n° 23-24, 34 pp.
25. LINDQUIST (Bertil). — Genetics in Swedish forestry practice. *Svenska Skogsvårdsföreningens. Stockholm. The Chronica Botanica C°*, Waltham, Mass. U.S.A., 1948, 173 pp.
26. LINDQUIST (Bertil). — The main varieties of *Picea Abies* (L) Karst in Europe, with a contribution to the theory of a forest vegetation in Scandinavia during the last Pleistocene glaciation. *Acta Horti Bergiani*, vol. XIV, n° 7, 1948, p. 249-342.
27. MUHLE LARSEN (C.). — Experiments with softwood cuttings of forest trees. *Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark*, XVII, 1946, p. 289-443.
28. PERRIN (H.). — Le Danemark forestier. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*, tome I, fasc. 1, 1923, p. 3-105.
29. ROMELL (L.-G.). — La question de la provenance en Suède. *Rapport au Premier Congrès International de Sylviculture*, Rome, vol. IV, 3<sup>e</sup> Section, 1925, p. 682-694.
30. SABRØ (Alex.-S.). — Forestry in Denmark. *The Danish Forest Society*, Copenhagen, 1947, 114 p.
31. SCHAFFALITZKY DE MUCKADELL (M.). — Forest tree breeding at the Arboretum of Hörsholm. *Danish outlook*, 1952, p. 483-488.
32. STEFANSSON (E.). — Ympning av barrträd på friland. *Föreningen för Växtförädling av Skogsträd*. Arsberättelse, 1951, p. 45-71.
33. SYRACH-LARSEN (C.). — The employment of species, types and individuals in forestry. *Royal Veterinary and Agricultural College. Yearbook 1937* (reprint), 154 pp.
34. SYRACH-LARSEN (C.). — Estimation of the genotype in forest trees. *Royal Veterinary and Agricultural College. Yearbook 1947*, p. 87-128.
35. SYRACH-LARSEN (C.). — Forest Genetics. Reprint from the *Proceedings of the third world forestry Congress*, 1949, 9 pp.
36. SYRACH-LARSEN (C.). — Studies of diseases in clones of forest trees. *Hereditas*, XXXIX, 1953, p. 179-192.
37. SYRACH-LARSEN (C.). — The possibilities of improving forest trees. *Forestry*, vol. XXIV, n° 1, 1951, p. 19-21.
38. VENET (J.) et NOISETTE (A.). — La Suède forestière. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*, tome XI, fasc. 2, 1949, p. 499-652.

## SUMMARY

---

The importance of tree-breeding research programs in Denmark and Sweden during the last twenty years justify the trip performed in these countries with the following purpose: study of recent advances of tree breeding methods, with particular attention drawn to the details of the technics concerning grafting, hybridization and establishment of progeny tests and seed plantations.

The tree breeding work is focused, in Danmark, on Beech and exotic species (Larch, Douglas fir) and in Sweden, on Scot Pine, Norway Spruce and Aspen.

An accurate selection of parent individuals, followed by intra-specific hybridization in seed plantations, takes the first place in the breeding programs. Several thousands of plus trees were selected and multiplied by graft. While the greenhouse technics give highly successful grafts, important studies lead to good outdoor grafting technics during the recent years. The first seed orchards from an important program are planted in these years.

Hybrid Larch and hybrid Aspen are bred by interspecific hybridization; they are used already in reforestation practice.

Induced polyploidy or spontaneous polyploids used as mother trees open new ways for investigations, and hope for valuable improvements, especially with broadleaved trees.

These both breeding technics — interspecific hybridization and polyploidy — are dealt with selected plus trees as mother trees.

Progeny tests established and judged with the help of statistical analysis, take more and more place in the breeding work.

In the both countries, governments, forests owners associations, timber and pulp industries, give their financial support to forest tree breeding research. The people interested in forest activities pay the greatest attention to the advancement of the research programs.

---

## ZUSAMMENFASSUNG

---

Die Wichtigkeit der Pflanzenzüchtung in Dänemark und Schweden in den letzten 20 Jahren rechtfertigt das in diesen Ländern unternommen.

Dieses hatte folgenden Zweck: Studieren der gegenwärtigen Fortschritte in Methoden der Pflanzenzüchtung mit besonderem Augenmerk auf technische Einzelheiten, die die Pfropfung, Kreuzung, Anlage von Nachkommenschaftstests und von Pflanzengärten betreffen.

Die Arbeit auf pflanzenzüchterischem Gebiet erstreckt sich in Dänemark auf Buche und exotische Arten (Lärche, Douglas) und in Schweden auf schottische Kiefer, norwegische Fichte und Aspen.

Eine sorgfältige Auslese der Elterngeneration gefolgt durch intraspezifischen Kreuzung in Pflanzengärten, nimmt den 1. Platz im Programm der Pflanzenzüchtung ein.

Einige Tausend Plusbäume wurden ausgewählt und durch Pfropfung vervielfältigt. Während die Gewächshaus-Technik sehr erfolgreiche Pfropfungen ergab, führten wichtige Studien der letzten Jahre zu guten Pfropfungs-techniken im Freien. Die ersten Samenplantagen eines wichtigen Programmes sind in diesen Jahren angelegt.

Hybridisierte Lärche und hybridisierte Aspe wird durch intraspezifischen Kreuzungen gezüchtet. Sie werden schon in der Wiederaufforstungspraxis verwendet.

Künstlich erzeugte oder natürlich entstandene Polyploide, als Mutterbäume gebraucht, öffnen der Forschung neue Wege und geben Anlass zu Hoffnung auf wertvolle Bereicherungen an grossblättrigen Bäumen.

Diese beiden Zucht-Techniken — interspezifischen Kreuzung und Polyploidie werden ausgeführt an sorgfältig ausgewählten Plusbäumen und an Mutterbäumen.

Nachkommenschaftstests, angestellt und beurteilt mit Hilfe statistischer Analysen nehmen mehr und mehr Raum in der Pflanzenzüchtung ein.

In beiden Ländern wird die Forstpflanzenzüchtung durch Regierung, durch Verbände der Waldbesitzer, durch Bau- und Faserholzindustrie finanziell unterstützt. Der an der Leistungsfähigkeit der Forsten interessierte Personenkreis zollt dem Fortschritt in der Forschung die grösste Aufmerksamkeit.