



ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE



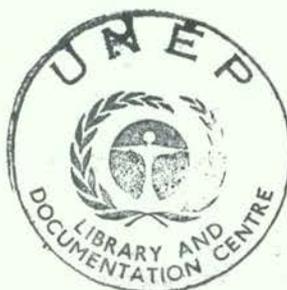
ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR L'ENVIRONNEMENT

~~FP/0604-73-03~~
FP/0604-73-03 F

MÉTHODOLOGIE DE LA CONSERVATION DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES FORESTIÈRES

Rapport sur une Etude Pilote

RAPPORT
SUR UNE ÉTUDE PILOTE
MÉTHODOLOGIE DE LA CONSERVATION
DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES FORESTIÈRES



Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-31

ISBN 92-5-200042-9

Reproduction interdite, en tout ou en partie, par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation écrite de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, seule détentrice des droits. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

© FAO 1976

Le présent rapport a été établi dans le cadre
d'un projet du Programme des Nations Unies
pour l'environnement

intitulé

‘‘Méthodologie de la conservation
des ressources génétiques forestières’’
(Projet N° 0604-73-003)

et entrepris en coopération avec

l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

La FAO rend hommage
au précieux travail du consultant
L.R. Roche
et des auteurs des diverses monographies

FAO/PNUE. Rapport sur une étude-pilote de la méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières, d'après les travaux de M. L.R. Roche et autres auteurs, Rome, 1975 pp., 12 fig.

RESUME

Le présent rapport a pour objet d'énoncer, en matière de méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières, des principes directeurs qui puissent servir de base dans ce domaine à une action à long terme au titre du programme mondial. Il comprend une introduction, dans laquelle sont exposés les principes généraux de la conservation, puis une partie centrale, qui fait état de sept monographies et constitue les deux tiers du rapport, et une partie finale où sont formulées directives et recommandations.

La conservation ne doit pas être considérée isolément, mais bien comme partie intégrante de l'aménagement forestier et des programmes visant à mieux utiliser les ressources génétiques. Les méthodes à employer doivent être adaptées à chaque cas individuel, et la conservation des écosystèmes naturels in situ, des peuplements artificiels ex situ et des graines dans les banques de semences a, dans chacun de ces cas, son propre rôle à jouer.

Les priorités de la recherche et de l'action internationales étant, pour beaucoup, axées sur les pays en développement, il faut un financement et une coordination au niveau mondial: le document de la FAO "Propositions en vue d'un programme mondial pour améliorer l'utilisation des ressources génétiques forestières" jette les bases d'un programme-pilote quinquennal auquel il est recommandé de donner suite dans la mesure où le permettent les fonds disponibles. Les résultats ainsi obtenus serviraient à planifier un programme élargi à long terme. Il faudrait que le PNUE prenne une part majeure au financement des activités de conservation, et qu'une priorité élevée soit accordée à la recherche, à la formation, ainsi qu'au stockage et à la diffusion de l'information pendant la mise en oeuvre de la phase-pilote.

Il faudrait aussi, par l'intermédiaire du groupe international des ressources génétiques végétales, coordonner les travaux relevant de la conservation des ressources génétiques forestières avec les activités complémentaires de même ordre concernant les plantes cultivées.

TABLE DES MATIERES

		Page
RESUME DES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS		ix
INTRODUCTION		1

PREMIERE PARTIE - PRINCIPES GENERAUX

Chapitre

1	Données biologiques de base	L.R. Roche	5
2	Contraintes matérielles	L.R. Roche	19

DEUXIEME PARTIE - MONOGRAPHIES

3	Conservation <u>in situ</u> et <u>ex situ</u> des ressources génétiques de <u>Pinus Banksiana</u> et de <u>Picea Glauca</u>	J.S. Maini C.W. Yeatman, et A.H. Teich	27
4	Résineux californiens	W.J. Libby, D. Kafton et L. Fins	42
5	Pins de l'Amérique centrale	R.H. Kemp	59
6	Feuillus tropicaux	L.R. Roche	69
7	Les Eucalyptus	L.D. Pryor	83
8	Peuplements conservatoires <u>ex situ</u> dans les tropiques	P. Guldager	89
9	Stockage de semences d'arbres et de pollen en vue de la conservation génétique: possibilités et limitations	B.S.P. Wang	99

TROISIEME PARTIE - DIRECTIVES ET RECOMMANDATIONS

10	Directives concernant la méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières	L.R. Roche	113
11	Priorités en matière de recherche et d'action	L.R. Roche	121
12	Recommandations		125
	Glossaire		129

RESUME DES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A. Partie technique

1. La conservation, ou "utilisation judicieuse" des ressources de la forêt, y compris ses ressources génétiques, doit se concevoir comme partie intégrante d'un aménagement forestier dynamique et s'inscrire, en tant que telle, dans tous les plans relatifs audit aménagement.
2. Vu les grandes différences dans la complexité des écosystèmes forestiers, la variabilité génétique et les systèmes de reproduction des différentes espèces, ainsi que dans les contraintes administratives à toute action efficace, il ne saurait y avoir de guide universel de la conservation. Les méthodes à suivre doivent forcément être adaptées aux conditions locales. La conservation des systèmes écologiques naturels in situ, des peuplements artificiels ex situ et des graines dans les banques de semences a, dans chacun de ces cas, son propre rôle à jouer.
3. Il faut évaluer l'état de la conservation avant de pouvoir l'améliorer. Cartes de distribution, données d'inventaires et études de la végétation, cartes de réserves forestières et réserves naturelles intégrales, ainsi que de parcs nationaux sont autant d'instruments utiles pour déterminer jusqu'à quel point des échantillons représentatifs des systèmes écologiques forestiers et des espèces qui les constituent sont déjà convenablement conservés.
4. L'idéal, quand on peut appliquer des mesures de protection efficaces, c'est d'assurer la conservation in situ de l'écosystème dans sa totalité. Il faut, pour cela, établir des réserves naturelles intégrales jouissant d'un statut légal reconnu, à l'intérieur d'unités plus étendues, comme les réserves forestières et les parcs nationaux.
5. La conservation des ressources génétiques forestières doit aussi dans la mesure du possible, être associée à d'autres objectifs, par exemple la conservation de la faune sauvage et des bassins versants, ou des parcs nationaux.
6. Lors de l'établissement de réserves naturelles intégrales, il faudrait toujours veiller à ceindre la partie inviolable d'une ou plusieurs zones tampons, dont l'environnement forestier serait protégé, mais où seraient autorisées, sous contrôle certaines activités d'exploitation sélective ou de tourisme.
7. C'est surtout à la variabilité intraspécifique et au nombre minimum d'individus reproducteurs nécessaires à la viabilité d'un patrimoine génétique qu'il faut accorder de l'importance quand il s'agit de la conservation des ressources génétiques forestières, plutôt qu'à la superficie de la réserve naturelle intégrale per se. On ne peut juger des mérites relatifs d'une seule grande réserve naturelle intégrale par rapport à plusieurs petites qu'en fonction de chaque cas.
8. Dans certaines régions, les pressions locales pour le déboisement total des forêts naturelles en faveur de l'agriculture ou d'autres formes de mise en valeur des terres sont si fortes que la destruction des ressources génétiques in situ devient inévitable. En pareil cas, il faut, avant qu'il soit trop tard, recueillir les graines des espèces qui sont menacées et qui peuvent avoir une importance économique, et les conserver dans des banques de semences, ou encore planter des peuplements conservatoires artificiels ex situ, dans des emplacements où leur protection et leur entretien peuvent être assurés.

B. Aspects administratifs et financiers

1. C'est aux ressources génétiques des essences de valeur dans les régions tropicales, subtropicales, méditerranéennes et arides que revient tout d'abord, bien que pas exclusivement, la priorité en matière de recherche et d'action au niveau international.

2. Un grand nombre des pays situés dans les zones ci-dessus sont des pays en développement qui ne disposent que de fonds très limités pour financer des mesures efficaces de conservation. Aussi, un financement et une coordination de l'action au niveau international s'imposent-ils de toute urgence pour la conservation des ressources génétiques forestières.
3. Le document de la FAO "Propositions en vue d'un programme mondial pour améliorer l'utilisation des ressources génétiques forestières (FO:MISC/74/15, novembre 1974) jette les bases d'un programme quinquennal à cet effet. Il est recommandé que ces propositions soient mises en oeuvre dans la mesure où le permettent les fonds disponibles.
4. Ce programme quinquennal serait à considérer comme une phase-pilote devant aboutir à un programme très élargi à long terme. Les résultats en seraient évalués au bout de cinq ans et serviraient à établir de nouveaux plans.
5. Il est nécessaire que les plans d'action touchant les ressources génétiques forestières soient étroitement coordonnés avec les plans complémentaires relatifs aux cultures agricoles. Le Groupe international des ressources génétiques forestières, récemment créé est bien placé pour assurer une coordination et une direction générales. Il faudrait donc qu'il continue à être tenu au courant des différents aspects de la foresterie par le Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières.
6. Le financement du Programme mondial est censé être assuré par diverses sources. Il est recommandé que le PNUE se charge de financer les parties des propositions qui intéressent directement la conservation des ressources génétiques forestières, c'est-à-dire les activités suivantes:

	Coût total (en milliers de \$) sur 5 ans
1) Collecte de semences pour conservation <u>ex situ</u>	125
2) Etablissement de peuplements pour la conservation <u>ex situ</u> de deux espèces de <u>Pinus</u> et de deux espèces d' <u>Eucalyptus</u> , dix provenances dans onze <u>pays en développement</u>	356
3) Elaboration de projets-pilotes de conservation <u>in situ</u> en Amérique centrale, au Brésil, en Inde et en Afrique occidentale et orientale	310
4) Diffusion des informations sur la conservation des ressources génétiques forestières	60
Total	851

7. Il est recommandé, en outre, au PNUÉ d'envisager la possibilité de financer d'autres activités du programme qui intéressent indirectement la conservation, c'est-à-dire:

	Coût total (en milliers de \$) sur 5 ans
1) Les recherches sur l'entreposage et la manutention des semences	250
2) Les recherches sur les systèmes de saisie et de récupération des données	250
3) L'établissement de peuplements prototypes pour la conservation/sélection <u>ex situ</u>	63
4) L'évaluation des besoins de centres génétiques forestiers internationaux	50
	—
Total	613

8. Il est recommandé d'accorder la priorité à la formation du personnel des pays en développement à la discipline particulière de la conservation des ressources génétiques forestières. Dans plusieurs pays, l'entretien des réserves naturelles intégrales existantes et la création de nouvelles réserves, ainsi que la plantation et l'entretien de peuplements de conservation ex situ justifient l'affectation d'un spécialiste forestier à plein temps.

9. Les principes en matière de conservation des ressources génétiques forestières devraient faire partie intégrante des cours d'aménagement forestier dispensés dans les universités et les écoles forestières.

10. Pour décider des méthodes de conservation convenant le mieux aux conditions locales, il faut intensifier sensiblement la recherche et la collecte de données de terrain. Indépendamment des recherches sur l'écologie et la génétique, il est recommandé d'établir des programmes de recherche sur l'essai et l'entreposage des graines d'essences tropicales. Il faut, en même temps, élaborer des normes d'essai et de certification, ainsi qu'une nomenclature correspondante, pour assurer la reproduction du matériel génétique.

11. Il faut associer aux mesures de conservation des ressources génétiques forestières un système de compilation de renseignements sur ces ressources, et par conséquent mettre sur pied un système de collecte, de saisie et de récupération des données. Pour faciliter cette tâche, il est recommandé, qu'un projet-pilote soit préparé par une institution qui s'occupe déjà de ce genre de travaux et dispose d'ordinateurs.

INTRODUCTION

Les arbres forestiers, vus sous l'angle d'une méthodologie de la conservation, présentent un certain nombre de caractéristiques distinctives. En premier lieu, la plupart en sont encore à l'état sauvage. A l'exception d'un tout petit nombre d'essences qui ont été plantées tant à l'intérieur qu'en dehors de leur aire naturelle, et de différentes formes mutantes d'arbres d'ornement, il n'y a que très peu d'essences adaptées localement (land races) et d'espèces acclimatées. En second lieu, on ignorait tout, il y a peu de temps encore de la biologie de la plupart des arbres forestiers. Même à l'heure actuelle, seules les essences qui ont été exploitées commercialement ont fait l'objet d'études plus ou moins détaillées, et on ne connaît, de la grande majorité des arbres forestiers, en particulier des espèces tropicales et subtropicales, que la taxonomie.

La majorité des forêts du monde sont exploitées depuis des temps immémoriaux comme une ressource non renouvelable; en d'autres termes, on y a davantage puisé qu'on ne les a aménagées. D'où la tendance à voir dans le bois une matière première et à méconnaître les arbres et les forêts en tant qu'entités biologiques.

Hormis quelques exceptions majeures, surtout dans les pays tropicaux, cette attitude a désormais changé et l'on reconnaît de plus en plus que les forêts et leurs ressources doivent être continuellement entretenues et conservées et que l'on peut sélectionner et acclimater les arbres à des fins diverses, tout comme on l'a fait des formes sauvages de nos cultures agricoles et horticoles modernes.

Il s'agit de savoir comment s'y prendre et de déterminer dans quelle mesure les méthodes passées et présentes, ainsi que les préoccupations actuelles des responsables de l'exploration, de la conservation et de l'utilisation des ressources génétiques végétales non forestières peuvent s'appliquer aux arbres dans leurs écosystèmes forestiers naturels ou artificiels. Il faut aussi s'interroger sur le bien-fondé des programmes en cours relatifs à la prospection, la conservation et l'utilisation des ressources génétiques forestières.

La conservation des ressources génétiques forestières est vue ici comme une composante dynamique des plans d'aménagement et d'exploitation d'une ressource naturelle renouvelable, qui se prête aussi à d'autres objectifs, comme la conservation de la faune sauvage, celle des bassins versants et la protection contre l'érosion.

Le présent rapport comprend trois parties: la première énonce des données biologiques de base et indique des contraintes d'ordre pratique, tandis que la seconde fait état de sept monographies sur la conservation des ressources génétiques forestières et que la troisième formule des directives, des priorités et des recommandations.

A noter que les sept monographies en question n'embrassent pas les problèmes que pose la conservation des ressources génétiques forestières dans tous les grands écosystèmes forestiers du monde. On ne trouve pas, par exemple, d'étude de cas sur la conservation des ressources génétiques forestières de la région méditerranéenne ou sur celle des ressources génétiques exotiques adaptées à cette région ou à d'autres zones du monde plus arides, dont le couvert forestier est épuisé. Il se peut néanmoins que ce soit là une lacune plus apparente que réelle, vu que les principes et les méthodes présentés s'appliquent à la généralité des cas.

L'attention est également appelée dans les sections pertinentes de ce rapport sur l'analogie que présente ce dernier avec le projet du programme de l'Unesco sur l'homme et la biosphère (Projet MAB N° 8) qui traite de la conservation des zones naturelles et des ressources génétiques qu'elles contiennent.

L'élaboration d'une méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières n'est pas tâche aisée, et comme le déclarait Dasmann en 1973, la complexité des problèmes que pose la conservation en général ne saurait être surestimée. Toujours

selon Dasmann, il n'est guère facile de définir et peut-être même impossible d'appliquer des principes visant à la conservation des baleines ou des éléphants, des oiseaux migrateurs, des rats-taupes dorés, des plantes annuelles du désert, des orchidées rares, des arbres des forêts humides, des communautés des toundras arctiques ou des invertébrés terrestres de l'antarctique. Ce qui est certain cependant, c'est qu'on peut améliorer une situation dans laquelle les connaissances sont très dispersées et qui laisse encore dans l'ombre certains grands problèmes (Dasmann 1973).

Il faut espérer que le présent document servira à l'amélioration à laquelle Dasmann fait allusion, tout au moins en ce qui concerne l'élaboration d'une méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières.

REMERCIEMENTS

La FAO tient à exprimer sa reconnaissance à tous les auteurs qui ont contribué à la confection des divers chapitres de ce rapport et dont les noms sont cités dans la table des matières. Elle remercie particulièrement le Professeur L.R. Roche qui a rédigé en un temps record la totalité de la première et de la troisième parties du rapport ainsi qu'un chapitre de la seconde partie. Elle exprime aussi ses remerciements à tous ceux qui ont participé à ce travail, soit indirectement par correspondance, soit oralement au cours d'entretiens, ainsi qu'au PNUE pour sa généreuse contribution aux frais.

PREMIERE PARTIE

PRINCIPES GENERAUX

DONNEES BIOLOGIQUES DE BASE

par

L.R. ROCHE

Département de l'aménagement des ressources forestières, Université d'Ibadan

PRINCIPES ET PROBLEMES DE LA CONSERVATION GENETIQUE

Un des exposés généraux les plus récents et les plus complets sur les ressources génétiques végétales, leur prospection, leur conservation et leur exploitation, est celui qui figure dans l'ouvrage de Frankel et Bennett (1970). Cet ouvrage a d'autant plus de valeur qu'il embrasse les ressources génétiques forestières; aussi en résume-t-on au présent chapitre les passages qui ont trait à la présente étude (voir également Unesco 1973).

Les auteurs font une distinction importante entre la conservation de la nature et celle du patrimoine génétique. Selon eux, la conservation de la nature vise à protéger des zones qui représentent des habitats et des communautés qu'on peut identifier. La conservation du matériel génétique va plus loin: elle touche à des différences génétiques qui, bien souvent, ne peut être que soupçonnées, mais non identifiées. Elle exige donc des échantillons de population, si possible le long de transects en latitude et en altitude, le plus souvent sur de vastes étendues. C'est ainsi qu'une "réserve génétique" doit englober toute une gamme de variabilité écologique pour donner le spectre de cette dernière. Il faut donc qu'elle soit très étendue ou dispersée et, dans ce dernier cas, il est difficile, comme les spécialistes de la conservation le savent bien, de la gérer (Frankel 1970).

Il va de soi que la conservation de la nature peut aboutir à la conservation du patrimoine génétique des espèces qui la constituent. Son efficacité, en l'occurrence est étroitement fonction de la dimension, du nombre et de la répartition des réserves naturelles protégées.

D'après Richards (1971), il faudrait une superficie de plus de 100 ha pour contenir une sélection représentative des espèces dans un écosystème forestier de haute altitude en Malaisie où les essences sont très nombreuses, et une superficie plus grande encore sans doute pour qu'une telle réserve s'auto-entretienne. Selon Anderson, cité par Van Steenis (1971), la superficie des parcs nationaux au Sarawak ne doit pas être inférieure à 400 ha, sauf s'il est urgent de conserver des vestiges de végétations ayant une grande valeur scientifique. Van Steenis (1971) recommande un minimum de 500 ha pour une réserve de jungle vierge et Petrides, cité par Hepper (voir Hedberg et Hedberg 1968), estime que la dimension des réserves naturelles intégrales en Afrique ne doit pas être inférieure à 1 000 ha. Pour Nichols (communication personnelle) une superficie de 250 ha conviendrait aux réserves scientifiques des forêts indigènes de Nouvelle-Zélande, tandis que pour Shanklin (1951) 400 ha suffiraient pour n'importe quel type d'essence en Amérique du Nord. Les zones naturelles du Service forestier des Etats-Unis ont au moins 120 ha et il faudrait, selon Franklin et Trappe (1968) qu'elles aient au minimum 200 ha.

Bien que les preuves scientifiques fassent défaut, il apparaît donc, d'après la plupart des avis éclairés, que des échantillons représentatifs de la majorité des écosystèmes forestiers peuvent être préservés moyennant une protection efficace dans des zones d'une dimension variant entre 100 et 1 000 ha.

Si, toutefois, une essence occupe de nombreuses aires naturelles s'étendant sur une vaste gamme de latitudes et d'altitudes comme, par exemple, Pinus contorta au Canada et aux Etats-Unis, une réserve naturelle unique, fût-elle de 1 000 ha, serait à peine suffisante pour la conservation du spectre de la variation génétique de l'essence en question. Il faudrait alors un certain nombre de réserves naturelles intégrales (RNI) disposées stratégiquement de manière à contenir tout l'échantillonnage de la variation écologique si l'on veut conserver convenablement in situ les ressources génétiques de cette espèce.

Pour déterminer dans quelle mesure les ressources génétiques d'une essence sont convenablement conservées dans les réserves naturelles intégrales et dans les parcs nationaux, on peut procéder comme indiqué au chapitre 4 pour les conifères de Californie; de toute évidence, c'est là la première chose à faire en vue de la conservation des ressources génétiques.

Frankel (1970) a identifié les composantes principales dont dépend la stratégie de la conservation génétique. Ce sont la nature du matériel à conserver, d'une part, l'objectif de la conservation et sa portée, d'autre part. La nature du matériel à conserver est définie par la durée du cycle de vie, le mode de reproduction, la taille des individus et leur statut écologique - plantes sauvages, herbes ou plantes acclimatées. De l'objectif de la conservation - recherche, introduction, amélioration, etc. - dépendra le degré d'intégrité qu'il sera nécessaire ou seulement souhaitable de maintenir. Quant à la portée de la conservation, il s'agit du laps de temps pendant lequel on projette de préserver l'espèce et aussi de la superficie ou de l'espace qu'elle intéresse - une localité, une région ou le monde entier. La stratégie déterminera la méthodologie à appliquer, y compris l'effectif ou l'échantillon de population à préserver, et notamment de décider s'il y a lieu de protéger une population en tant que telle ou plutôt son potentiel génétique.

La conservation des ressources génétiques forestières peut se concevoir de plusieurs manières et la méthodologie à suivre dépendra des facteurs susmentionnés. La méthode idéale à long terme est la conservation in situ. Il ne fait guère de doute que les précieux patrimoines génétiques des plantes sauvages que nous utilisons dans les forêts, les pâturages ou ailleurs, ou de nos plantes acclimatées, ne doivent pas seulement être sauvegardés à perpétuité, mais qu'il faut aussi, autant que possible, les maintenir dans leur intégrité génétique de leur état naturel. Une communauté en équilibre avec un environnement stable - étant entendu que la stabilité est assujettie aux caprices habituels des environnements naturels - voilà le modèle idéal d'une conservation à long terme (Frankel 1970).

Cet idéal cependant est souvent inaccessible et les exemples ne manquent pas, dans le monde, d'essences forestières que l'on cultive parce que importantes sur le plan commercial, mais qui, dans leur habitat naturel, connaissent un grave appauvrissement génétique. Pour bon nombre d'essences forestières, feuillues et résineuses, ayant une importance commerciale, les centres de diversité génétique se situent en dehors des zones où elles sont plantées. Il faut donc bien souvent qu'elles soient l'objet d'une conservation ex situ (voir chapitre 8 ainsi que l'exposé sur la conservation ex situ des ressources génétiques de Pinus radiata, Cupressus macrocarpa et Sequoiadendron giganteum au chapitre 4, et de Picea glauca au chapitre 3).

La conservation ex situ des essences forestières, vise davantage à prévenir les pertes, moyennant un choix judicieux de la zone de plantation et l'adoption de pratiques culturelles appropriées, qu'à maintenir des fréquences génétiques spécifiques - ce qui est, de toute façon, impossible comme le fait remarquer Frankel (1970).

Par ailleurs, la conservation ex situ ne peut pour le moment être appliquée aux ressources génétiques d'un grand nombre de feuillus tropicaux qui sont soumis à une exploitation intensive ou dont les écosystèmes sont bouleversés ou détruits. La biologie de ces diverses espèces n'est pas suffisamment connue et des méthodes sylvicoles appropriées restent encore à établir. De plus, nombre de ces espèces sont des constituants de forêts climaciques et la conservation de leurs ressources génétiques dépend de l'intégrité constante des écosystèmes auxquels elles appartiennent. L'élaboration d'une méthodologie pour la conservation des feuillus tropicaux pose par conséquent un certain nombre de problèmes complexes qui sont débattus au chapitre 6.

A bien des égards, il est plus facile de conserver les ressources génétiques des essences héliophiles ou colonisatrices ayant une vaste amplitude écologique que celles des essences des forêts climaciques, parce qu'on peut les cultiver plus facilement et se servir des sources locales de semences pour régénérer une zone exploitée. Il n'est donc pas nécessaire de conserver l'écosystème pour perpétuer ces espèces. Il va de soi que si celles-ci ne sont pas entretenues et sont abandonnées à la régénération naturelle, elles seront au bout d'un certain temps supplantées par des semences de la forêt climacique.

On trouvera au chapitre 5 la description d'une méthodologie de la conservation des ressources génétiques d'une essence colonisatrice Pinus banksiana; bien qu'il s'agisse d'un conifère, il est probable que les principes généraux examinés dans ce cas d'espèce peuvent s'appliquer largement, non seulement à d'autres conifères colonisateurs, mais aussi aux espèces feuillus ayant un statut écologique analogue par exemple les essences héliophiles colonisatrices, à la vie brève, des tropiques.

Les agronomes s'intéressent à la conservation des cultivars primitifs ou des plantations adaptées localement (land races), qui sont les produits des interventions pratiquées par l'homme sur les ancêtres sauvages de ces diverses formes modernes de végétaux. Certaines formes sauvages ont été entièrement perdues pour l'homme, tandis qu'avec l'amélioration des plantes et les techniques agricoles modernes les "land races" tendent à disparaître. Si celles-ci sont d'importance capitale pour l'agriculture, elles le sont moins, du point de vue de la conservation, pour la sylviculture, bien qu'on en connaisse l'existence et que l'on soit documenté à leur sujet dans un certain nombre de cas. La recherche des formes primitives des cultivars modernes en agriculture illustre, cependant, combien il est important de conserver, là où c'est possible, des échantillons des ressources génétiques des écosystèmes forestiers naturels en cours de remplacement par des plantations de matériel sélectionné (Roche 1971).

Il y a évidemment des limites à la conservation et c'est souvent qu'il faudra recourir à des compromis entre facteurs techniques, administratifs et économiques. Mais, comme le souligne Frankel (1970), il est un domaine où apparemment tout compromis serait hors de question, à savoir celui des installations d'entreposage des semences. Celles-ci sont relativement peu coûteuses et n'ont pas besoin d'être complexes. Malgré cela, il n'y a dans le monde qu'un très petit nombre de grandes banques de semences forestières et il n'en existe pour ainsi dire pas dans les pays tropicaux. D'après la conclusion de Frankel (1970) pourtant, le meilleur moyen, et bien souvent le seul, pour préserver tous les patrimoines génétiques qui doivent et méritent d'être conservés, mais ne peuvent l'être dans leur aire naturelle, est d'en emmagasiner des collections chaque fois et partout où cela est possible. Harrington (1970) a examiné assez à fond les méthodes de l'entreposage de semences et du pollen comme moyens de conservation des ressources génétiques végétales en général, et le chapitre 9 du présent rapport traite expressément de l'entreposage de semences et de pollen d'essences forestières. Il ressort clairement de cette analyse que l'entreposage des semences et du pollen des essences forestières est un moyen efficace pour conserver des ressources génétiques de certaines espèces. Toutefois, on ne sait pas encore, faute de données de recherche, jusqu'à quel point cette méthode peut être utilisée pour maintes des essences tropicales qui, jusqu'à présent, ont tendance à perdre rapidement leur viabilité en cours d'entreposage.

Vu les quantités toujours croissantes de ressources génétiques forestières utilisées dans le cadre des divers programmes de prospection, de conservation et d'exploitation, il a fallu élaborer une nomenclature analogue à celle des cultures agricoles et horticoles. Jones et Burley (1973) ont récemment tenté de codifier cette nomenclature. On trouvera à la figure 1 un résumé de leurs recommandations.

La conservation des ressources génétiques forestières doit s'accompagner de la conservation et de la diffusion des données y afférentes. Cette question a été examinée d'une manière générale par Finlay et Konzak (1970), et Burley et al (1974) ont récapitulé la bibliographie relative à la collecte, la saisie et à la récupération des données de sylviculture, et ont signalé l'utilité des programmes d'informatique pour la récupération des données en matière de conservation et d'utilisation des ressources génétiques forestières. Ces auteurs citent aussi l'exemple d'une banque internationale de données au Commonwealth Forestry Institute sur les essences tropicales et les recherches sur les provenances.

Les méthodes des spécialistes de la prospection, de la conservation et de l'utilisation des ressources génétiques végétales non forestières sont souvent applicables aux ressources génétiques d'arbres forestiers et, de fait, elles l'ont été dans de nombreuses parties du monde, comme l'indiquent les monographies (voir également Kemp et al 1972, Fowler et Yeatman 1973, Roche 1971). De plus, le souci qu'ont les forestiers de conserver les écosystèmes des forêts naturelles, en particulier ceux des pays tropicaux, est à présent partagé par les écologistes et les gestionnaires de la faune sauvage. Un effort concerté s'impose car, comme le fait remarquer Richardson (1970), les difficultés que soulève la mise en réserve de peuplements aux seules fins de la génétique forestière exigent de combiner cette dernière à la conservation des ressources dans d'autres buts scientifiques et économiques, comme par exemple l'aménagement de la faune sauvage, les loisirs et l'agrément des sites, la conservation des ressources en eaux et la protection des bassins.

NICHES ECOLOGIQUES DES ARBRES FORESTIERS

Il n'est pas mauvais d'étudier le concept de la niche sous la rubrique générale de la génétique, car ce sont les caractéristiques de la niche qui déterminent l'architecture génétique des essences et de leurs populations. On entend par niche l'ensemble des conditions du milieu qui permettent à une population de survivre en symbiose avec ce dernier (Stern et Roche 1974). L'étude d'une ou plusieurs composantes du milieu permet souvent de déterminer l'amplitude de la niche. C'est ainsi qu'on peut partir de la durée de la saison de la croissance que l'on mesure au début lorsque la somme des températures en degrés/jours atteint un certain seuil au printemps et à la fin lorsque la longueur du jour atteint une certaine valeur critique, en automne. La durée de cette saison peut être aussi fonction des gelées précoces et tardives. Il y a donc au moins quatre facteurs à prendre en considération pour la détermination de la niche: la date et la valeur de la somme des températures requise pour déclencher le cycle végétatif et reproductif (fig. 2 et 3), la fréquence et la distribution dans le temps des gelées printanières et, enfin la date de la longueur du jour critique en automne.

Bien que sous les tropiques, il ne se produise pas de gelées à basse altitude et que par conséquent ce facteur n'entre pas en ligne de compte, il y existe nombre d'autres facteurs qui engendrent la spécialisation d'une multitude de petites niches d'où la présence, dans ces régions, de plus d'espèces différenciées que dans la zone tempérée septentrionale.

Il a paru important d'introduire dans ce contexte la notion de niche pour deux raisons: la première est qu'elle est fondamentale pour bien comprendre les variations génétiques inter et intraspécifiques et la manière de les conserver; la seconde est qu'elle met l'accent non plus sur l'optique traditionnelle en matière d'écologie forestière, mais sur la génétique écologique. Ce changement d'optique s'impose si la distinction ci-dessus que fait Frankel (1970) entre la conservation de la nature et la conservation du patrimoine génétique, doit être incorporée dans une méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières. Cet argument est mis en lumière dans les chapitres 3 et 4 où il est indiqué que les données obtenues expérimentalement sur la génétique des espèces ont servi de critères pour décider de la conservation ex situ ou in situ des ressources génétiques forestières précieuses.

LA VARIATION INTRASPECIFIQUE ET SA CONSERVATION

La quasi totalité des essences forestières qui ont été étudiées ont fait apparaître des variations intraspécifiques, presque toujours frappantes et aisément décelables. Si l'on en comprend facilement les causes, il est plus difficile de les démontrer. La majeure partie des travaux expérimentaux a porté sur des essences de la zone tempérée septentrionale. On a toutefois observé que les espèces tropicales, relativement peu nombreuses, qui ont fait l'objet de recherches, accusent également des variations intraspécifiques. Cette variation pose un problème majeur pour la conservation des ressources génétiques ex situ aussi bien que in situ. Les monographies indiquent comment ce problème peut être résolu

pour certaines espèces et certaines régions, et l'on constate que dans un pays, au moins, de la zone tempérée septentrionale, il existe un programme national bien conçu de conservation des ressources génétiques forestières, qui vise à préserver le spectre complet de la variation génétique des quatre grandes espèces commerciales répandues sur le territoire national. L'importance de ce programme mérite qu'on s'y arrête un peu, car il y aurait intérêt à ce que s'en inspirent les pays possédant des écosystèmes similaires. En outre, il préconise une méthodologie qui, dans sa totalité, ne convient peut-être pas aux pays tropicaux, mais dont une bonne part est applicable à ces écosystèmes.

En Finlande, on choisit et on met en défens des peuplements d'origine naturelle représentant les vastes zones climatiques du pays (fig. 4). Est exclus de ce choix tout peuplement qui risque d'être contaminé par du pollen provenant de populations adjacentes non autochtones. Le plus souvent, ces peuplements standard consistent en une parcelle de 100 x 100 m encadrée d'une bordure d'une largeur de 100 m et située dans un vaste bloc de forêt d'origine indigène. Ainsi, la "zone tampon" est effectivement beaucoup plus étendue que la bordure de 100 m mise en défens, le peuplement standard constituant en fait un échantillon d'une vaste superficie forestière qui permet de préserver l'intégrité génétique à toutes fins utiles.

Après avoir mesuré les dimensions de chaque peuplement et en avoir dressé la carte, on continue l'enregistrement de tous les faits et les données qui le concernent. Toutes les graines nécessaires à l'expérimentation, y compris la recherche génécologique, sont prélevées dans ces peuplements standard et conservées séparément suivant l'arbre d'origine lorsque la quantité de graines récoltées est suffisante. Quand le peuplement standard est suranné, on le régénère, soit naturellement, soit artificiellement en se servant des semences qui en proviennent, et on n'emploie actuellement que des semences récoltées dans des peuplements standard pour l'établissement de plantations locales (Hagman 1971). Plus tard, des lignées améliorées provenant de sources locales seront également utilisées.

Le mérite du programme finlandais est qu'il a été conçu et planifié au niveau national; et qu'il s'inscrit dans un plan dynamique d'aménagement forestier. On y trouve les bases d'un programme d'amélioration génétique et d'exploitation qui est associé et non dissocié du programme national de reboisement. Les recherches phénologiques sur les cycles de végétation et de reproduction dans les différentes zones climatiques fournissent des critères permettant de choisir les emplacements qui conviennent à l'établissement des vergers à graines et les provenances qu'on doit y planter (voir fig. 2 et 3). On arrive ainsi à connaître la variation intraspécifique, à la conserver et à l'exploiter.

STRUCTURE ET EFFECTIF REEL DE LA POPULATION

Ces questions soulèvent des problèmes majeurs qui touchent autant la conservation ex situ que celle in situ et que Stern et Roche (1974), Koski (1974) et Dyson (1974) ont étudiés assez à fond. La structure génétique d'une population est déterminée par son milieu et on peut considérer qu'un ou plusieurs individus constituent un échantillon adéquat de cette population, selon son système de fécondation qui est lui-même sous contrôle génétique. On distingue, en général, trois systèmes de fécondation chez les arbres forestiers: i) la panmixie, dans laquelle il y a une même probabilité de fécondation entre chaque individu et tout autre individu du sexe opposé; ii) la fécondation par affinité génotypique, où la probabilité de fécondation est déterminée par le degré de parenté (la fécondation par affinité génotypique est négative chez les pollinisateurs croisés, et positive chez les auto-pollinisateurs); iii) la fécondation par affinité phénotypique, positive et négative, où les caractères phénotypiques sont responsables de la dérogation à la panmixie (Stern et Roche 1974).

Les systèmes de fécondation d'un certain nombre de résineux de la zone tempérée septentrionale font l'objet de recherches très poussées depuis des années. En outre, les recherches génécologiques à long terme dans lesquelles on a utilisé ces dernières années les techniques aux iso-enzymes les plus récentes pour l'analyse des populations ont permis d'élucider les modèles de la variation intraspécifique, en particulier chez Picea abies et Pinus sylvestris. Malgré ces études minutieuses de longue haleine, les chercheurs ne sont pas encore parvenus à un accord unanime sur la définition de ce qui constitue l'effectif réel d'une population et sur les dimensions que doivent avoir les aires pour perpétuer les populations particulières de ces espèces dans un écosystème donné. La meilleure récapitulation des renseignements disponibles en la matière est fournie par Koski (1974) qui conclut ce qui suit:

Le matériel empirique prélevé sur des populations forestières naturelles à aires continues corrobore, à bien des égards, le modèle basé sur un grand effectif réel de population. Ce modèle, en tant que tel, ne saurait toutefois pas être appliqué à toutes les forêts. Le croisement ne peut en effet se produire à une échelle d'égale envergure, surtout lorsque l'aire entière de dispersion se trouve réduite à des îlots petits ou séparés. Le modèle de croisement revêt incontestablement aussi une forme essentiellement différente lorsque la densité moyenne de la population est très réduite, par exemple de l'ordre d'un arbre par hectare. On ne peut, actuellement, estimer en aucune manière à quel point la population peut être clairsemée ou les vides importants dans une forêt, avant qu'il ne se produise un changement dans la situation de la pollinisation et la structure de la population. En tous cas, les conditions nécessaires à l'existence de grands effectifs de populations prédominant dans les vastes régions forestières de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie (Koski 1974).

La plupart des arbres de la zone tempérée septentrionale sont pollinisés par le vent et sont plus ou moins des pollinisateurs croisés. Aussi l'effectif réel de leur population reproductive dans une forêt continue est-il élevé, comme le pensent Koski (1974) et Toda (1965), qui évaluent cette population à 10 000 individus. En revanche, peu de feuillus tropicaux sont pollinisés par le vent, mais plutôt par les insectes, les oiseaux et les chauves-souris. Contrairement aux résineux septentrionaux, les essences tropicales se rencontrent sous forme d'individus largement dispersés, bien souvent à raison d'un arbre seulement pour un ou deux hectares (voir tableau 1, chapitre 6). En outre, bien que tous les systèmes de fécondation soient répandus chez les feuillus tropicaux, il est manifeste que l'autogamie est courante, d'où sans doute un effectif réel de population reproductive réduit par rapport à celui des essences des zones tempérées septentrionales. Selon Ashton (1969) les forêts de Dipterocarpus de l'Asie du Sud-Est se caractérisent par un système de pollinisation dans lequel l'autogamie est courante, mais où le croisement éloigné entre individus d'un même bouquet d'arbres - et à un degré moindre, mais significatif, entre groupes d'arbres d'une même population - se produit assez fréquemment pour permettre un échange de gènes à l'intérieur des populations dans un habitat continu (voir fig. 2, chapitre 6).

Comme on l'a déjà signalé, le système de fécondation lui-même est sous contrôle génétique et peut se modifier sous la pression du milieu. Il suffit de citer, comme exemples, deux essences tropicales sur lesquelles on est bien documenté. Theobroma cacao est une essence équatoriale dont le centre de distribution se situe au pied des versants orientaux des Andes. Elle y manifeste une ample variation génétique et une auto-incompatibilité. A mesure qu'on s'éloigne du centre de distribution, la proportion d'individus auto-incompatibles diminue, toute comme la variabilité génétique de la population. Theobroma est pollinisée par les moucheron. La pollinisation croisée n'est possible que lorsque des arbres sont groupés en peuplement, comme c'est le cas dans leur aire centrale. Ainsi, la faible densité de population vers les limites de l'aire de distribution peut être la cause de l'accroissement observé de la proportion d'arbres autofécondants. A noter que ces populations périphériques, introduites dans d'autres zones, sont également capables d'autofécondation. Apparemment, des phénomènes similaires se produisent chez une autre espèce des forêts tropicales humides, qui a fait l'objet de recherches: Hevea brasiliensis (Cope, 1962 a, b, Purseglove 1964, cité par Stern et Roche 1974).

Ces deux exemples donnent une idée des quelques grands facteurs biologiques qui influent directement sur la conservation des ressources génétiques. On ne possède sur la plupart des essences tropicales que de rares données expérimentales du genre de celles fournies pour Theobroma et Hevea et Picea glauca et Pinus banksiana au chapitre 3. Cette lacune constitue un obstacle majeur à l'élaboration, à la longue, d'une méthodologie scientifique pour la conservation et l'utilisation des ressources génétiques de ces essences. Il est cependant évident, comme on le souligne ci-dessus et au chapitre 6, qu'on ne peut pas attendre, pour entreprendre des mesures conservatoires, d'avoir davantage de renseignements sur la structure de la population et sur l'effectif réel de la population des feuillus tropicaux. Ce qu'il faut c'est une méthodologie applicable dans l'immédiat. On trouvera, au chapitre 6, la description d'une méthodologie de cet ordre, intéressant l'Afrique en particulier, ainsi qu'à l'appui, l'esquisse d'un programme de recherche. Il est bon à cet égard de se reporter aux articles de Hedberg et Hedberg (1968) et de Finol et Melchior (1969, 1974). Ces deux ouvrages fournissent une importante documentation sur la conservation *in situ* des ressources génétiques des feuillus tropicaux. Le premier traite de la conservation de la végétation dans les états africains au sud du Sahara, et le second décrit la méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières proposée pour les feuillus d'un pays de l'Amérique latine.

Allard (1970) étudie en détail le problème de la structure de la population et l'échantillonnage de la variabilité génétique. Il donne également, pour l'échantillonnage pour la folle avoine (Avena fatua) en Californie centrale, un exemple de méthodologie basée sur des études quantitatives de la variation intraspécifique chez cette espèce. Il signale, en conclusion, que la majeure partie de la variabilité génétique significative chez les espèces de folle avoine dans une zone de Californie s'étendant sur environ 600 km en direction Nord-Sud et 200 km en direction Est-Cuest peut sans doute être comprise dans un échantillon d'un million de graines, à condition que l'échantillon ait la structure suivante: dix graines (une panicule) par plante, 200 plantes par population locale (définie comme occupant un emplacement d'environ 50 m x 50 m), 5 populations locales par région (définie comme une zone d'une superficie d'environ 5 km x 5 km), 20 régions par ligne transversale Est-Ouest et 5 lignes transversales réparties à intervalles de plus ou moins 200 km à partir du nord de la Californie jusqu'à la frontière mexicaine. La distance entre les lignes transversales peut être inférieure à 200 km dans les régions à topographie accidentée, et supérieure en terrain plat.

On doute qu'il soit possible actuellement de formuler des recommandations aussi concrètes pour une seule espèce d'arbres, même si elle a fait l'objet d'études très poussées, comme par exemple Pinus sylvestris et Abies excelsa. Même dans le cas d'autres cultures agricoles, bien rares sont celles qui ont été étudiées assez à fond pour pouvoir en tirer les données nécessaires (Allard 1970).

L'exemple d'Allard n'en est pas moins important sous l'angle des principes d'échantillonnage en général, car, comme il l'indique, pour formuler des méthodes d'échantillonnage applicables à des cas que l'on n'a pas ou peu étudiés, il n'est d'autre solution pratique que d'établir des plans à partir de cas qui ont été examinés à fond, puis de les extrapoler à d'autres pour lesquels on manque de données de base. Même si elles sont loin d'être idéales, mieux valent les indications ainsi obtenues que des données tout-à-fait arbitraires, surtout si on s'en sert en faisant preuve de bon sens sur le plan biologique.

Ainsi donc l'absence de données basées sur des résultats de la recherche et qui permettraient d'évaluer raisonnablement les effectifs réels des populations et la diversité génétique des arbres forestiers, en particulier des essences tropicales, ne doit pas empêcher la mise en oeuvre de programmes en vue de la conservation des ressources génétiques. On manquera longtemps encore de données précises et il faut en attendant prendre de toute urgence des mesures conservatoires. Les directives proposées dans la Troisième Partie de ce document sont destinées à servir de base à une action immédiate. Il y a lieu, bien sûr, d'y apporter des modifications à la lumière de l'expérience acquise et en fonction des conditions locales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

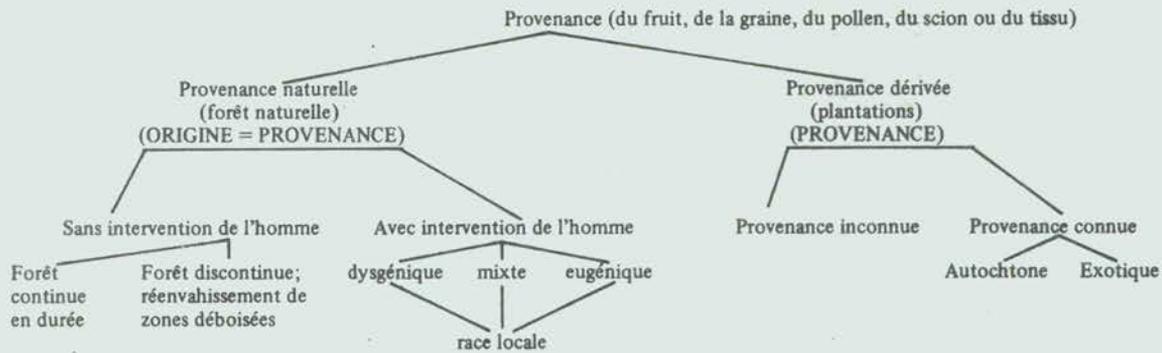
- Allard, R.W., 1970. Population structure and sampling methods. In Frankel and Bennett (eds): Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Ashton, P.S., 1969. Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. Biol. J. Linn. Soc. 1:155-196.
- Burley, J. et al, 1974. Data collection storage and retrieval in Forestry. Proceedings of 10th Commonwealth For. Con. Oxford.
- Cope, F.W., 1962a. The mechanism of pollen incompatibility in Theobroma cacao L. Heredity 17: 157-182.
- Cope, F.W., 1962b. The effects of incompatibility and compatibility on genotype proportions of Theobroma cacao L. Heredity 183-195.
- Dasmann, R.F., 1973. Internal memorandum on the conservation of natural areas and of the genetic material they contain. IUCN Morges.
- Dyson, W.G., 1974. Note sur la conservation des essences forestières in situ. Rapport de la 3ème session du groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières FAO, Rome.
- Finley, K.W. and C.F. Konzak, 1970. Information, storage and retrieval. In Frankel and Bennett (eds.): Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Finol, H. and G.H. Melchior, 1974. Quelques aspects de la conservation des ressources génétiques des espèces forestières indigènes de valeur commerciale courante au Venezuela. Information sur les ressources génétiques forestières N° 3. FAO, Rome.
- Finol, H. and G.H. Melchior, 1969. Unos apuntes sobre la conservación de reservorios de genes de especies forestales indigenas de actual valor comercial en Venezuela. Revista Forestal Venezolana Vol. 8, nos. 19/20.
- Fowler, D.P. and C.W. Yeatman, 1973. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proc. 13th Meeting Committee on Forest Tree Breeding in Canada. Canadian Forestry Service, Ottawa.
- Frankel, O.H. and E. Bennett, 1970. Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Frankel, O.H., 1970. Genetic conservation in perspective. In Frankel and Bennett (eds.): Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Franklin, J.F. and Trappe, J.M., 1967. Natural areas: needs concepts and criteria. Jour. For. 66: 456-461.
- Hagman, M., 1971. The Finnish standard stands for forestry. Proc. 13th Meeting Comm. For. Tree Breeding in Can.
- Harrington, J.F., 1970. Seed and pollen storage for conservation of plant gene resources. In Frankel and Bennett (eds.): Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

- Hedberg, I. and O. Hedberg, 1968. Conservation of the vegetation in Africa south of the Sahara. Acta Phytogeogr. Suec. 54.
- Jones, N. and J. Burley, 1973. Seed certification, provenance nomenclature and genetic history in forestry. Silvae Genetica 22: 53-58.
- Kemp, R.H. et al., 1972. International cooperation in the exploration, conservation and development of tropical and sub-tropical forest gene resources. Seventh World Forestry Congress, document 7CFM/C: V/49.
- Koski, V., 1974. Effective population size in a really continuous forest. Pro. of the joint meeting of IUFRO Working Parties on Population Genetics and Breeding Theory. Stockholm.
- Purseglove, J.W., 1964. The spread of tropical crops. In genetics of colonizing species. Academic Press. New York.
- Richards, P.W., 1971. Some problems of nature conservation in the tropics. Bull. Jard. Bot. Belg. 41: 173-187.
- Richardson, S.D., 1970. Gene pools in forestry. In Frankel and Bennett (eds.): Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Roche, L., 1971. The conservation of forest gene resources in Canada. For. chron. 47: 215-217.
- Sarvas, R., 1968. Investigations on the flowering and seed crop of Picea abies. Comm. For. Finn. 67: 1-84.
- Shanklin, J.P., 1951. Scientific use of natural areas. Jour. For. 49: 793-794.
- Stern, K. and L. Roche, 1974. Genetics of Forest ecosystems. Spring-Verlag. Berlin.
- Toda, R., 1965. Preservation of gene pool in forest tree populations. Pro. IUFRO Working Party. Zagreb.
- UNESCO, 1972a. Educational activities under Man and the Biosphere Programme. Report of the Expert Panel on Education, MAB.
- UNESCO, 1972b. Interactions between environmental transformations and genetic and demographic changes. Report of Expert Panel on Project 12, MAB.
- UNESCO, 1973. Conservation des zones naturelles et des ressources génétiques qu'elles contiennent. Rapport du groupe d'experts sur le projet 8, MAB.
- Van Steenis, C.G.G.J., 1971. Plant conservation in Malaysia. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 41: 189-202.

Figure 1. D'après Jones et Burley (1973)

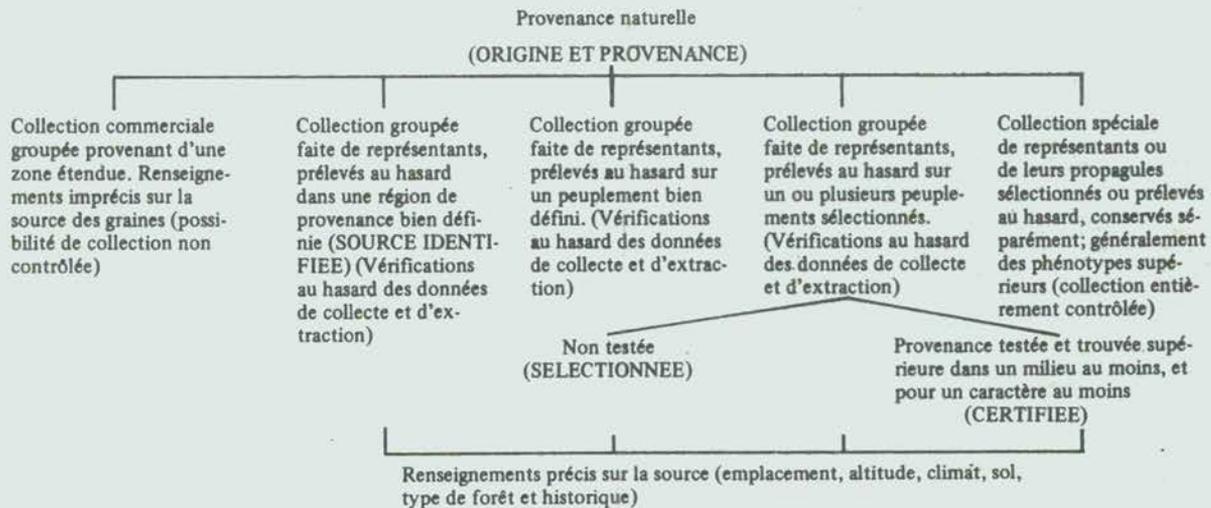
Classification stylisée de l'historique génétique

A. Classification en provenances naturelles et dérivées



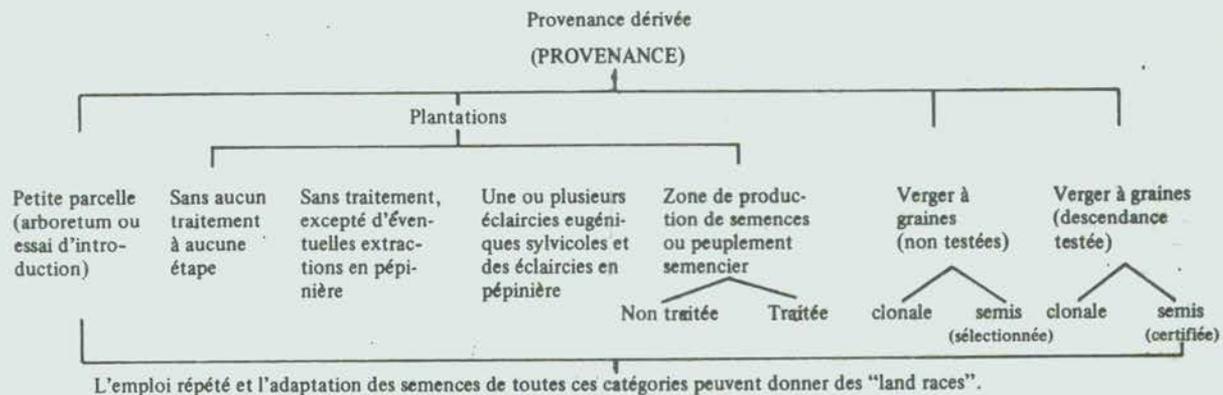
N.B. Le système entier, ou toute partie de ce système, peut être reproduit pour des parentés de l'ordre de 1 arbre générateur, de 2 à 10 arbres générateurs, ou de plus de 10 arbres générateurs; de même par année de collecte. Les termes équivalents tirés du système de l'OCDE sont donnés en lettres majuscules, entre parenthèses.

B. Sous-classification de la provenance naturelle



N.B. Les renseignements, la valeur et la constance augmentent de gauche à droite.

C. Sous-classification des provenances dérivées



N.B. Les renseignements, la valeur et la constance augmentent de gauche à droite.

Figure 2. Picea abies, provenance Brouard. 1, 1964. Distribution de la fréquence cumulative des sommes de températures de syngamie, c'est-à-dire la fusion du noyau fécondant dérivé du pollen (voir fig. 3). La somme des températures est exprimée en degrés jours, la moyenne dans ce cas étant de 401. De cette manière, le cycle reproductif d'une population naturelle d'arbres forestiers se trouve contrôlé en fonction d'un facteur dominant du milieu dans lequel se trouve la population et auquel elle se serait adaptée (d'après Sarvas, 1968).

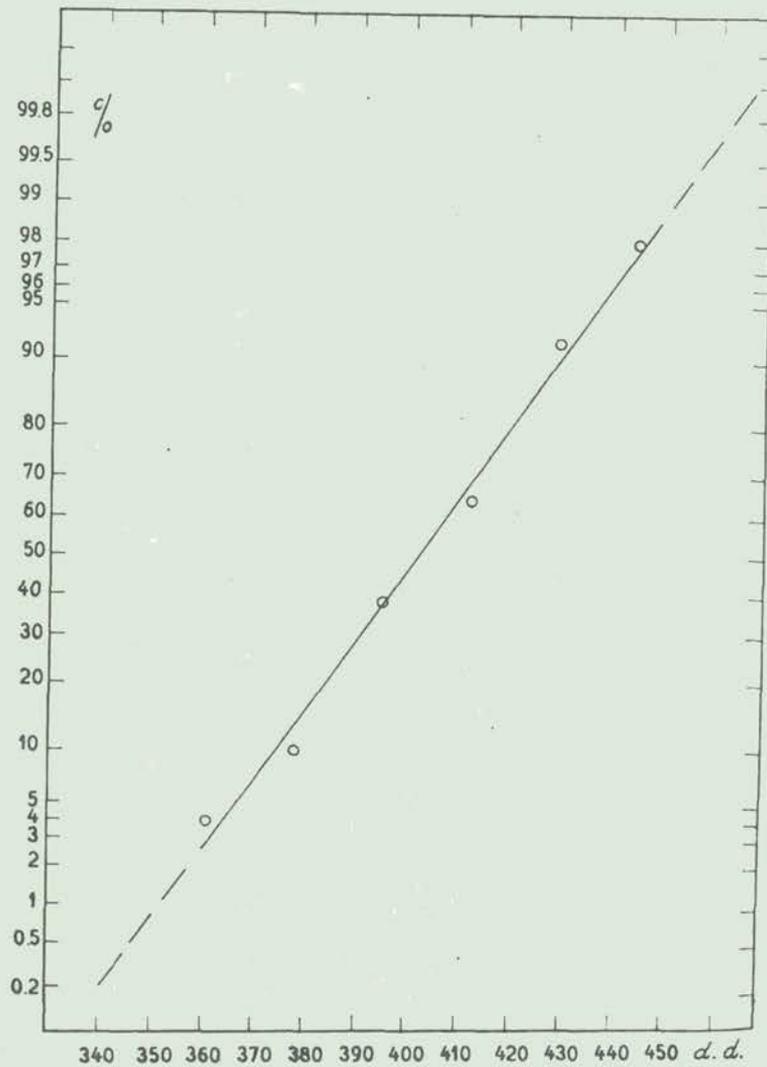


Figure 3. *Picea abies*, provenance Tunsula xxx, 1962. Fréquences cumulatives de sommes de températures des prises de pollen établies sur des fiches de fréquence. La moyenne obtenue sur la ligne résultante est de 131,5 d.j. (degrés jours) et la déviation standard de la distribution $S = 9,0$ d.j. Des observations, telles que celles indiquées ci-dessus et dans la fig. 2, caractérisent bien la population et fournissent des critères pour le choix des lieux d'établissement des vergers à graines, et des provenances à y introduire (d'après Sarvas, 1968).

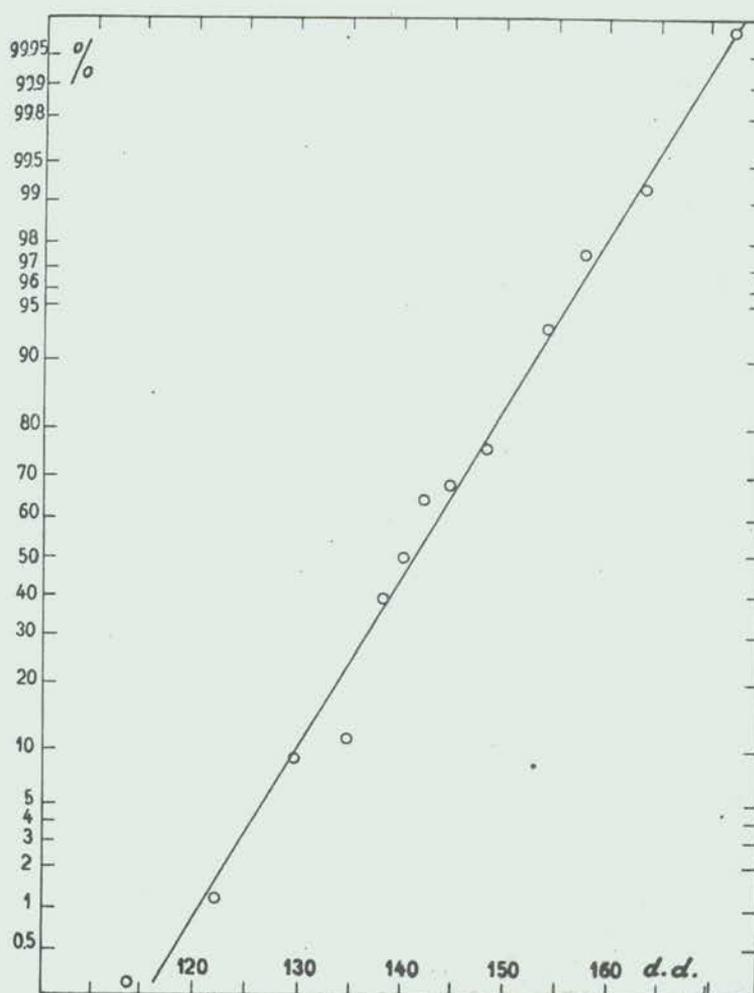
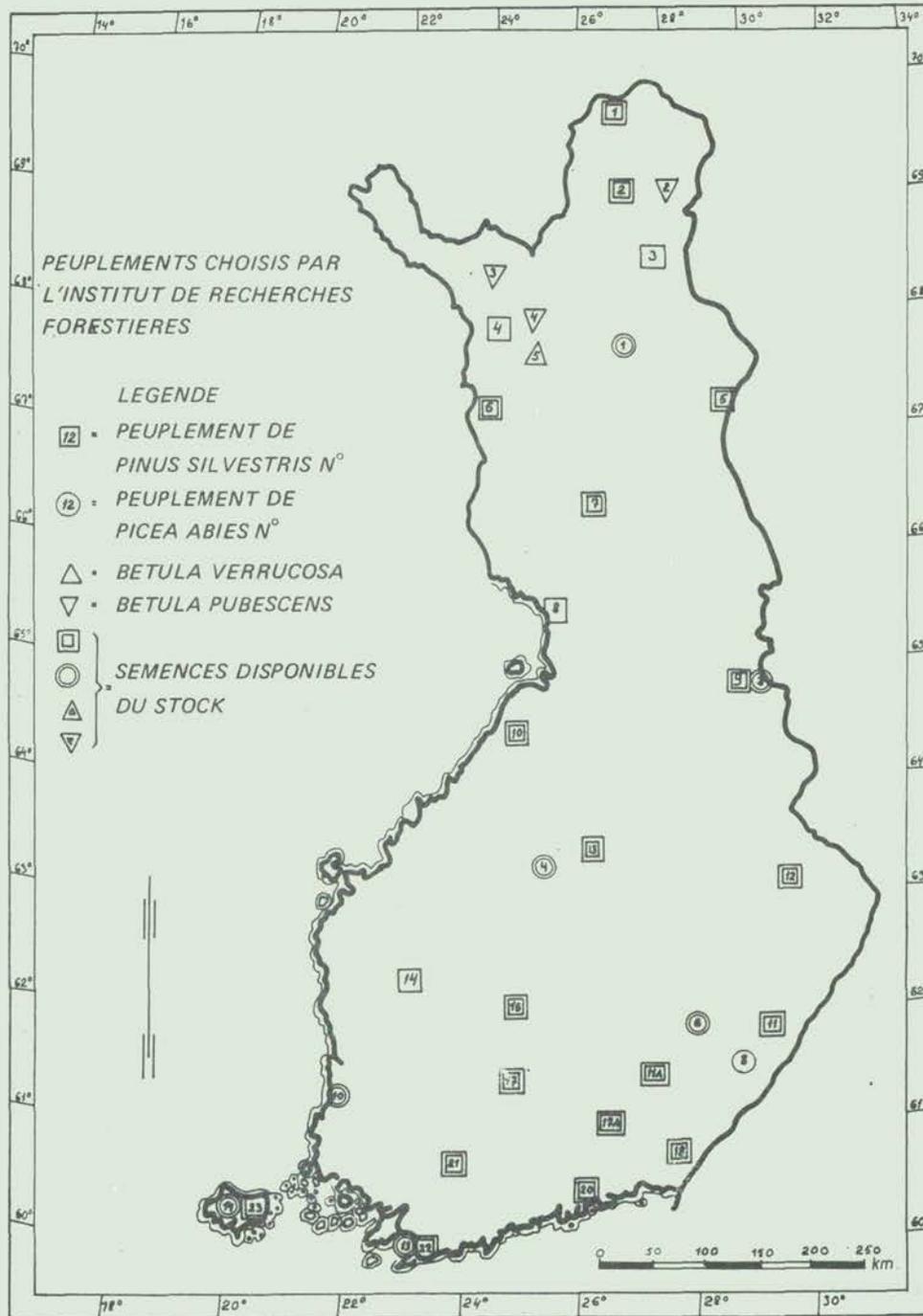


Figure 4. Peuplements standard finlandais destinés aux essais de provenance et de descendance et à la conservation des ressources génétiques (d'après Hagman 1971).



CONTRAINTES MATERIELLES

par

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

DEMANDES CONCURRENTIELLES DE TERRES FORESTIERES

Vu l'accroissement rapide de la population et les aspirations à un niveau de vie supérieur, la pression économique exercée en vue de la conversion des terres forestières à l'agriculture, à d'autres usages ou encore à une exploitation destructive à court terme de la production forestière compromet sérieusement les objectifs de la conservation génétique dans de nombreuses régions. On ne peut résister à cette pression que si l'on envisage la conservation des ressources génétiques comme partie intégrante d'un aménagement dynamique des ressources à long terme.

Il faut donc d'autant plus allier les mesures conservatoires à d'autres activités non destructives, telles que le tourisme et la sylviculture, lorsqu'on le peut. Lorsque, en revanche, la conservation est censée constituer l'objectif dominant de l'aménagement, comme dans le cas des réserves naturelles intégrales, les normes concernant la protection et l'aménagement doivent être observées de façon stricte et inflexible.

EDUCATION, OPINION PUBLIQUE ET POLITIQUE

Education, opinion publique et politique sont interdépendantes, comme le signale Dasmann (cité dans Unesco 1973) à propos du Programme sur l'homme et la biosphère. Selon lui, le seul moyen de remplir au plus tôt ces engagements est d'amener l'opinion publique de chaque pays à l'exiger, et par conséquent de lui faire prendre davantage conscience, non seulement du problème lui-même, mais aussi des moyens et des dispositifs nécessaires à sa solution.

Il faut, en matière de conservation des ressources génétiques forestières, que l'éducation et la diffusion de l'information se fassent en trois étapes. Il convient en effet en premier lieu de faire prendre conscience du problème au public, puis, en second lieu, de sensibiliser les hauts fonctionnaires gouvernementaux chargés de l'aménagement des forêts domaniales au problème et aux méthodes propres à le résoudre et, en troisième lieu enfin, dispenser une éducation au niveau secondaire et former des chercheurs au niveau supérieur dans le domaine de la conservation et de l'utilisation des ressources génétiques forestières. A chacune de ces étapes, les activités des organisations internationales (FAO, IUFRO, PNUE, UICN, Unesco) peuvent avoir une influence prépondérante.

Le programme d'enseignement progressif sur l'homme et la biosphère (Unesco 1972a) aura un rôle important à jouer pour inculquer au public la nécessité de conserver le patrimoine héréditaire. La section du Programme biologique international s'occupant de la conservation des communautés terrestres (Nicholson 1968) a déjà beaucoup fait dans ce sens. Franson et al (1973) ont démontré quelle part importante a pris ce programme à la délimitation des réserves naturelles intégrales en Colombie britannique et à la formulation de leur statut juridique. Les organisations forestières professionnelles doivent de plus en plus, et d'une manière plus intense, participer à part entière à des programmes de cette nature, dans lesquels l'éducation du public entre pour une large part (voir Weetman 1970, Roche 1971, Fowler et Yeatman 1973).

L'analyse du problème de la conservation des ressources génétiques forestières et de la méthodologie à adopter au niveau national pour le résoudre peuvent puissamment aider à formuler la politique gouvernementale (voir FAO, 1969, 1972, 1974). Le programme détaillé et pratique, établi pour le Venezuela par Finol et Melchior (1974), en est un bon exemple. Ce programme a le grand mérite de reposer sur des évaluations pragmatiques de ce qu'on peut faire dans l'immédiat, compte tenu des structures gouvernementales actuelles et du plan d'aménagement forestier en cours. Aussi, déclarent les auteurs, "... nous insistons pour que la politique forestière nationale en matière de conservation soit axée sur l'établissement de réserves forestières rationnellement aménagées." Il y a lieu de répéter ici ce que souligne le chapitre 6 à propos des feuillus tropicaux, à savoir que, dans la plupart des pays d'Afrique tropicale, ainsi que dans d'autres parties du monde, le patrimoine forestier est administré par les services forestiers gouvernementaux alors que, dans quelques autres, il relève des administrations des parcs nationaux. Des mesures de conservation des ressources génétiques forestières ne peuvent donc être mises efficacement en oeuvre que par l'intermédiaire de ces services gouvernementaux. C'est là un fait dont doit tenir compte toute méthodologie proposée.

ASPECTS JURIDIQUES

La conservation des ressources génétiques forestières in situ aussi bien qu'ex situ ne va pas sans poser un certain nombre de problèmes juridiques majeurs. Le chapitre 6 fait allusion à la vulnérabilité des réserves naturelles intégrales (RNI) du Nigeria et de l'Ouganda, auxquelles le statut juridique ne garantit pas l'inviolabilité. Par contre, au Kenya, les RNI jouissent d'une protection légale officielle et d'un statut juridique différent de celui des réserves forestières ordinaires au milieu desquelles elles se situent.

Franson et al (1973) ont illustré, au cours d'un colloque sur les ressources génétiques forestières, les dispositions juridiques et administratives indispensables à l'entretien d'un patrimoine génétique. Leur communication constitue un document important car ils ne font pas seulement preuve d'une bonne connaissance des problèmes juridiques concernés, mais aussi des impératifs écologiques de la conservation des ressources génétiques. En ce qui concerne l'établissement de RNI, les auteurs posent les questions suivantes:

- i) Comment choisit-on les zones appelées à bénéficier d'une tenure à long terme et d'une protection légale contre toute violation par des agents extérieurs et toute utilisation incompatible?
- ii) Comment, une fois établie la réserve écologique, son utilisation est-elle réglementée de manière à en préserver les caractères qui ont motivé son choix?

Les auteurs répondent à ces questions dans une optique fédérale et évoquent la manière dont le programme de la Colombie britannique protège légalement les RNI. Ils concluent, toutefois, que bien des problèmes restent en suspens en ce qui concerne les RNI et que l'utilité de ces dernières est d'autant plus difficile à prouver aux fonctionnaires gouvernementaux. Ceux-ci par exemple voudraient savoir combien coûtera le programme; or l'incertitude, quant au bien-fondé des systèmes de classification (tout comme des données sur l'effectif réel de la population reproductrice, etc.), fait qu'il est impossible de fournir une évaluation réaliste du nombre des communautés végétales à protéger et, par conséquent, de la superficie totale nécessaire. La question se pose aussi, entre autres, de la façon dont il convient d'utiliser ces sites. Dans quelle mesure, par exemple, peut-on penser s'en servir à des fins éducatives, pour les lycéens? On peut se demander aussi si les besoins des chercheurs de la génétique végétale sont compatibles avec les critères d'aménagement des réserves écologiques, ou s'il faut leur réserver des superficies supplémentaires. Plus vite on trouvera des réponses fermes à ces questions, plus vite on pourra convaincre les fonctionnaires que le programme concernant les réserves écologiques est bien conçu et vaut la peine.

Il ne fait pas de doute qu'il faut pousser plus avant l'étude des aspects juridiques des RNI et que, lorsqu'il existe une législation adéquate, comme par exemple aux Etats-Unis, au Canada et au Kenya, il convient de voir si on ne pourrait pas éventuellement l'appliquer ailleurs.

La législation touchant la certification des semences ayant une portée considérable sur la conservation des ressources génétiques forestières, il faudrait examiner, par exemple, celle établie par les Etats Membres de l'OCDE, en fonction des besoins d'autres pays, notamment dans le monde en voie de développement. Jones et Burley (1973) font parfaitement le point de la question concernant la certification des semences d'arbres forestiers, la nomenclature des provenances et l'historique génétique. Les fonctionnaires des pays en développement intéressés par une législation dans ce domaine trouveront d'utiles renseignements dans ce document.

FINANCEMENT ET PERSONNEL

L'insuffisance de crédits, de cadres et de techniciens est une sérieuse entrave à la conservation des ressources génétiques forestières, surtout dans les pays tropicaux. Aussi ceux-ci ont-ils besoin d'être aidés pour former du personnel et mettre en oeuvre des mesures conservatoires. Pour que des institutions s'occupant déjà de conservation des ressources génétiques forestières dans des pays non tropicaux puissent amorcer ou intensifier leurs activités dans des écosystèmes forestiers tropicaux, il faudra en outre que les gouvernements locaux ou les organisations internationales les assistent davantage.

L'absence d'une politique bien définie en matière de conservation des ressources génétiques forestières et le manque de moyens financiers et de personnel sont d'ordinaire interdépendants. Le fait de fournir du personnel et des moyens financiers peut en soi conduire à un renforcement de la politique gouvernementale et de l'éducation du public en matière de conservation.

RECHERCHE

Maintes des difficultés auxquelles on se heurte pour élaborer une méthodologie de conservation des ressources génétiques forestières, particulièrement dans les tropiques, tiennent en grande partie à l'absence de données sur la génétique et l'écologie des essences et des écosystèmes, qu'il s'agisse d'ailleurs des essences non commercialisées, comme des grandes espèces indigènes commerciales. Dans l'immédiat, néanmoins, ce n'est pas tant le manque de données de recherches qui constitue la contrainte principale que l'absence de synthèse et de codification de tous les renseignements disponibles.

Aussi, est-il impératif de procéder à cette synthèse et cette codification avant ou en même temps que l'établissement de programmes de recherches. Les travaux de Hall (1974), Hall et Redhead (1974) et d'Iyamabo et Ola-Adams (1974) sur les feuillus du Nigeria sont de bons exemples de la synthèse et de la codification de l'information pertinente, qui sont indispensables à la mise en oeuvre d'un programme de conservation des ressources génétiques et à l'élaboration d'un programme de recherches à l'appui. Il faudrait que, pour cette tâche, un appui international soit dispensé aux chercheurs oeuvrant dans certaines régions ou travaillant sur des espèces particulières ou des groupes particuliers d'espèces.

Il est évident qu'à la longue l'absence de données de la recherche entravera sérieusement la conservation des ressources génétiques forestières et qu'il y a lieu de dresser des programmes de recherche dans les domaines suivants:

- i) Entreposage et essai des semences, en particulier celles des essences tropicales
- ii) Variation intraspécifique et ses causes
- iii) Systèmes de sélection

- iv) Phénologie de la fructification et de la floraison
- v) Effectif réel des populations
- vi) Dimension nécessaire d'une réserve naturelle intégrale pour assurer l'intégrité de l'écosystème
- vii) Dimension des zones tampons entourant les RNI
- viii) Reproduction sexuelle et multiplication végétative
- ix) Possibilités d'établissement de vergers à graines pour des essences particulières
- x) Aménagement des écosystèmes des forêts naturelles dans les tropiques.

Pour que ces recherches aient l'ampleur voulue et influent positivement sur la conservation des ressources génétiques forestières dans les quinze ans à venir, il faut d'ores et déjà leur assurer un soutien international, tant technique que financier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- FAO, 1969. Rapport de la première session du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières. FAO, Rome.
- FAO, 1972. Rapport de la deuxième session du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières. FAO, Rome.
- FAO, 1974. Rapport de la troisième session du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières. FAO, Rome.
- Finol, H. and G.H. Melchior, 1974. Quelques aspects de la conservation des ressources génétiques des espèces forestières indigènes de valeur commerciale courante au Venezuela. Information sur les ressources génétiques forestières. N° 3, FAO, Rome.
- Fowler, D.P. and C.W. Yeatman, 1973. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proc. 13th meeting Committee on Forest Tree Breeding in Canada. Canadian Forestry Service, Ottawa.
- Franson, R.T. et al 1973. Legal and regulatory aspects of gene pool maintenance in ecological reserves. Symposium on the conservation of forest gene resources Proc. 13th meeting Committee on Forest Tree Breeding in Canada. Canadian Forestry Service, Ottawa.
- Hall, J.A.B., 1974. The ecological basis of silviculture in Nigeria high forest ecosystems. Bull. No.5, Dept. For. Res. Man. Univ. of Ibadan, Nigeria (In press).
- Hall, J.A.B. and J. Redhead, 1974. Nigerian high forest stand tables: Species distribution for sixty forest blocks (unpublished manuscript, Dept. For. Res. Man. Univ. of Ibadan, Nigeria).
- Iyamabo, D.E. and B.A. Ola-Adams, 1974. Conservation of natural vegetation in Nigeria (unpublished manuscript Fed. Dept. of For. Res. Nigeria).
- Jones, N. and J. Burley, 1973. Seed certification, provenance nomenclature and genetic history in forestry. *Silvae Genetica* 22: 53-58.
- Nicholson, E.M., 1968. Handbook on the conservation section of the International Biological Programme (No.5). Beachwell Scientific Publications, Oxford.

- Roche, L., 1971. The conservation of forest gene resources in Canada. For. Chron. 47: 215-217.
- Unesco, 1972a. Educational activities under Man and the Biosphere Programme. Report of the Expert Panel on Education, MAB.
- Unesco, 1973. Conservation of natural areas and of the genetic material they contain. Report of the Expert Panel on Project 8, MAB.
- Weetman, G.F., 1970. The need to establish a national system of natural forested areas. For. Chron. 46: 31-33.

DEUXIEME PARTIE

MONOGRAPHIES

CONSERVATION IN SITU ET EX SITU DES RESSOURCES GENETIQUES
DE PINUS BANKSIANA ET DE PICEA GLAUCA

par

J.S. MAINI, C.W. YEATMAN ET A.H. TEICH

Canadian Forestry Service, Department of the Environment,
Ottawa, Ontario

INTRODUCTION

La croissance de demande mondiale de produits forestiers et les pressions exercées sur les terres forestières par l'agriculture et l'urbanisation, dans plusieurs parties du monde, ne cessent de causer de l'inquiétude parmi les responsables de la gestion entraînant un rétrécissement de l'aire forestière productive qui inquiète ses gestionnaires. L'extinction et la raréfaction de certains types ancestraux nécessaires à l'amélioration génétique des matériels agricoles et horticoles, sous l'effet de longues années de sélection et de culture intensive (FAO 1969, Frankel et Bennett 1970) justifient le souci croissant qu'a le Canada de préserver son patrimoine génétique forestier (Fowler et Yeatman 1973), la quasi-totalité des forêts qui y sont exploitées étant des peuplements primaires dont l'utilisation intensive est assez récente (Maini, 1973). Le présent rapport donne une brève description des forêts canadiennes, de leur composition et leur utilisation ainsi que de la nature et de l'importance de la régénération naturelle et artificielle. Il étudie surtout la conservation des ressources génétiques de deux essences de valeur marchande: Pinus banksiana Lamb. (Pin gris d'Amérique) et Picea glauca (Moench) Voss (épicéa canadien).

LE MILIEU FORESTIER

La ressource forestière

Les forêts constituent le caractère prédominant du paysage canadien; elles s'étendent sur 7 240 km d'est en ouest et couvrent 48% des 922 millions d'hectares du territoire canadien. Environ 50% de ces terres forestières sont capables de produire du bois d'oeuvre conforme aux normes actuelles d'utilisation (Anon. 1970). Le Canada était en majeure partie couvert de glace pendant le pléistocène et les forêts actuelles se caractérisent par leur relative jeunesse; dans les forêts boréales, la terre a été sous couvert d'arbres pendant une période allant de 5 000 à 10 000 ans (Maini 1968). Cent trente espèces environ constituent les forêts autochtones du Canada, et la plupart des essences d'importance commerciale, à l'exception de celles de la Côte occidentale, sont très répandues (Carlisle et Maini 1974).

Impact des activités humaines

Avant l'établissement des Européens au Canada, les activités des indigènes n'avaient apparemment guère de répercussion sur les forêts du pays, notamment sous l'angle des ressources génétiques. Après l'arrivée des Européens, 2% environ des terres forestières ont été défrichées pour l'agriculture et l'urbanisation. Aucune espèce végétale ne s'est éteinte au Canada oriental depuis l'installation des Européens (Rousseau 1966), ce qui semble aussi être le cas dans le reste du pays, particulièrement pour les essences forestières. Cependant, les activités humaines susmentionnées ainsi que la coupe sélective de certains feuillus du sud pour alimenter l'industrie du meuble, ont indubitablement causé un certain appauvrissement des ressources génétiques forestières chez les populations locales.

Actuellement, on exploite environ un million d'hectares de forêt productive par an (coupe à blanc 87%; coupe sélective 12%; autre 1%). Du point de vue du patrimoine génétique, il est significatif de noter que 69% de la surface totale de forêt coupée se régénèrent naturellement, que 14% sont plantés, ensemencés ou assujettis à un traitement sylvicole pour y préparer des planches à semis (pour ensemencement naturel), et que les 17% restants de terre, qui auraient besoin d'être traités, ne le sont pas (R. Waldron, communication personnelle). On évalue à 300 millions environ le nombre de semis d'arbres qui seront plantés au Canada en 1974.

Pinus banksiana et Picea glauca ont une répartition transcontinentale et une grande valeur commerciale. Pinus banksiana est une essence pionnière intolérante qui se reproduit bien à la suite d'incendie et se rencontre ordinairement en peuplements purs très étendus. Quelque 16 000 ha de forêt coupés à blanc sont annuellement plantés ou ensemencés de Pinus banksiana, et il est prévu de porter cette superficie à 27 000 ha en 1980. Picea glauca, par contre, est une essence qui tolère l'ombre assez bien, et qui pousse en association avec un certain nombre d'autres résineux et essences à feuilles caduques. Environ 26 000 ha de forêt coupés à blanc sont annuellement plantés ou ensemencés de Picea glauca, et il est prévu de porter cette superficie à plus de 40 000 ha en 1980. En raison de la valeur commerciale de ces essences et de l'importance des programmes de régénération artificielle, on a commencé à prendre certaines mesures pour préserver des réserves génétiques sélectionnées du pin gris d'Amérique et de l'épicéa canadien in situ (population régénérée naturellement et artificiellement dans son lieu d'origine) et ex situ (plantation d'un échantillon de population dont l'identité sera continuellement préservée artificiellement dans un ou des lieux autres que celui d'origine). Ces mesures sont fondées sur les connaissances actuelles concernant la génétique et l'écologie de ces deux espèces et sur la situation actuelle des populations ayant une valeur particulière pour l'approvisionnement futur en semences de qualité supérieure.

CONSERVATION IN SITU DE PROVENANCES DU PIN GRIS D'AMERIQUE

Aspect sylvicole

Ce pin à deux aiguilles a une répartition transcontinentale au Canada et au nord-est des Etats-Unis; il constitue une importante source de bois d'oeuvre et de fibres dans la majeure partie de son aire de répartition (Fig. 1). L'exploitation actuelle de cette essence est particulièrement intensive dans l'Ontario avec une coupe de quelque 4 millions de m³ par an, dont 80% de bois pour pâte à papier, ce qui représente un tiers de tout le bois récolté dans la province (Anon. 1972, 1973).

Le pin gris d'Amérique (Pinus banksiana Lamb.) ne tolère pas l'ombre et s'accommode bien des sols légers et peu fertiles, mais bien drainés (Rudolf, 1958). Le climat varie, à travers son aire naturelle, de maritime dans l'est à froid continental dans le nord et le nord-ouest. Dans la nature, à la suite d'incendies dans des peuplements ligneux, il se produit ordinairement une régénération par les graines libérées des cônes sérotineux fermés. Les forêts qui en résultent forment des peuplements équiennes de pin gris d'Amérique, purs ou en mélange avec d'autres essences colonisatrices comme le tremble (Populus spp.), le bouleau (Betula spp.) et l'épicéa noir d'Amérique (Picea mariana (Mill.) B.S.P.). Il se produit aussi une régénération sporadique dans les sols réceptifs convenables en l'absence d'incendie, en particulier à partir de jeunes tiges qui portent des cônes ouverts plus fréquemment que les arbres plus âgés.

La régénération naturelle après récolte par coupe à blanc est souvent insuffisante et mal distribuée, d'où la nécessité d'une plantation supplémentaire ou d'un ensemencement direct pour accroître la densité du peuplement et en maintenir la productivité (Cayford et al., 1967). Les prévisions relatives à la régénération artificielle du pin gris d'Amérique font état d'un taux annuel de 16 000 ha dans l'Ontario et de 11 000 ha au Québec, dont deux tiers par ensemencement direct et un tiers par plantation. Ces programmes, à eux seuls, nécessiteront quelque 3 000 kg de semences chaque année. La collecte, l'extraction et la distribution de semences à une telle échelle aboutiront, dans quelques décennies, à un mélange hétérogène de patrimoines génétiques, si l'on ne prend pas des mesures pour protéger l'intégrité génétique des populations naturelles sélectionnées qu'on peut encore trouver à l'intérieur des aires du pin gris d'Amérique de valeur commerciale.

Bien que le pin gris d'Amérique ne soit pas menacé d'extinction, il faut de toute urgence protéger les patrimoines génétiques pour qu'ils ne soient pas perdus ou dispersés dans les régions qui sont soumises à une exploitation intensive et font l'objet d'opérations d'ensemencement et de plantation à grande échelle.

Données génétiques

Les études de provenances en laboratoire et les tests sur le terrain ont toujours fait apparaître de grands schémas de variation clinale associée à l'origine des semences (Schantz-Hansen et Jensen 1952, Rudolph 1964, King 1966, Yeatman 1966, Canavera 1969, Yeatman 1974). La réaction de l'espèce dans toute son aire, du point de vue de sa croissance, de sa résistance au froid et aux maladies, et de ses caractéristiques physiologiques et biologiques témoigne de l'adaptation génétique évolutive de ce pin lorsqu'il a émigré de son refuge glaciaire à la suite du recul de la couche de glace du Wisconsin (Yeatman 1967). Des plantations largement dispersées de provenances prélevées sur toute l'aire démontrent qu'on peut se fier aux semences locales et que celles-ci comptent parmi les meilleures provenances quant à la croissance et à la survie. A défaut de preuves expérimentales bien définies indiquant le contraire, les semences de pin gris d'Amérique destinées au reboisement doivent être récoltées localement, c'est-à-dire dans le secteur écogéographique où elles seront utilisées.

Mesures de conservation in situ

Lorsqu'il s'agit d'une essence indigène largement répandue et économiquement importante, comme le pin gris d'Amérique, la conservation génétique ne vise pas essentiellement le maintien de gènes rares ou uniques. En outre, étant donné que la récolte du bois s'effectue ordinairement par une coupe à blanc et que la régénération se produit à partir des restes des abattages ou par des moyens artificiels, il n'y a pas à s'inquiéter d'une sélection dysgénétique. Ce dont il faut se soucier c'est la fréquence de distribution de certains gènes qui caractérisent le patrimoine héréditaire de populations en équilibre dynamique avec les différents climats au sein desquels elles évoluent et auxquels elles sont adaptées.

Le Canada a fait un premier pas dans ce sens en instaurant des zones semencières conçues pour protéger les ressources forestières des lourdes pertes dues à une localisation erronée des sources de semences (Wang et Sziklai 1969). Ces zones sont plus ou moins nombreuses selon les besoins des provinces et leur tracé est délimité par le climat, la topographie et les associations écologiques existantes. On trouve, parmi les populations de pin gris d'Amérique à l'intérieur de telles régions écogéographiques, des différences substantielles dans le potentiel de croissance et dans la résistance aux ravageurs. On peut tirer profit des meilleures populations si on arrive à les identifier et à les réserver pour la production de semences et l'amélioration de l'espèce (Yeatman et Teich 1969). Des peuplements d'élite de pin gris d'Amérique et de quelques autres essences ont effectivement été réservés pour la collecte de semences dans les provinces de Nova Scotia, de New Brunswick, de Québec et d'Ontario. On entreprend actuellement des essais sur le terrain, en vue de déterminer les peuplements qui sont dotés d'une supériorité génétique. Si entretemps il faut régénérer ces peuplements, on se bornera à le faire par ensemencement naturel ou plantation à partir de matériel provenant de la même source. Les peuplements sélectionnés serviront de sources générales de semences pour le reboisement et, le moment venu, les meilleurs seront aménagés d'une manière intensive en vue de la production en masse de semences de qualité supérieure (Fig. 2 et 3).

Les peuplements de pin gris d'Amérique sont généralement répartis en mosaïque couvrant des stations bien définies dans le paysage forestier, bien qu'ils occupent dans certaines régions de vastes superficies (plusieurs milliers d'hectares). Il est possible de délimiter les grands centres de répartition dans lesquels des zones convenables pourront être choisies pour la conservation des provenances in situ et la préservation ultérieure des patrimoines héréditaires. Pour remplir ce rôle d'une manière efficace pendant un temps indéterminé, ces zones doivent être suffisamment étendues pour conserver un fond de pollen à dominance indigène et délimitées par un des accidents naturels du terrain ou une végétation naturelle. Elles peuvent occuper une superficie de l'ordre de plusieurs centaines à un millier d'hectares, ou davantage. Il n'est pas indispensable, ni même souhaitable, que la forêt désignée à cet effet soit du même âge ou de la même classe de station.

L'établissement de réserves de provenance in situ est des plus efficaces lorsqu'il s'allie à des activités opérationnelles normales et en cours. Il peut être avantageux pour une réserve d'englober divers objectifs et activités, y compris la production de bois, de semences, ainsi que des parcs et des zones naturelles. Dans certains cas, il peut être bon d'inclure deux essences ou plus dans une même réserve génétique, par exemple le pin gris d'Amérique, le pin rouge d'Amérique (*Pinus resinosa* Ait) et l'épicéa noir d'Amérique. Il est nécessaire de prendre les dispositions voulues pour la collecte des semences et de veiller à une régénération convenable des populations protégées.

La condition unique et nécessaire est de régénérer exclusivement les essences protégées de la réserve de provenance à l'aide de semences locales, que ce soit par voie naturelle, par ensemencement direct ou par plantation (Yeatman 1972).

L'établissement d'une réserve de provenance n'exclut pas l'amélioration génétique; il fournit, au contraire, la base de la sélection (Fig. 4) et de l'amélioration, dans des conditions bien établies d'adaptabilité (génétique) et d'environnement. L'équilibre polygénique à l'intérieur d'un patrimoine héréditaire ne peut pâtir du maintien d'une population adéquate aux fins de sélection et d'amélioration. Les populations des zones semencières non améliorées peuvent faire place à des générations successives de populations améliorées d'origine locale, créant ainsi des vergers à graines qui garantissent un approvisionnement régulier en semences et favorisent l'amélioration continue, en qualité et productivité, des provenances sélectionnées. On peut donc établir utilement des plantations destinées aux essais de descendance, aux banques de clones et aux vergers d'arboriculture à l'intérieur d'une réserve de provenance, pourvu que le matériel utilisé soit d'origine locale uniquement.

Pour les essences pionnières intolérantes, comme le pin gris d'Amérique, la conservation des provenances in situ constitue un moyen pratique et efficace de préserver le patrimoine héréditaire. Elle permet, dans l'immédiat, de se procurer, en quantités, les semences d'origine et de potentiel connus dont on a besoin; par ailleurs, un réseau de réserves de provenances fournit, à l'intérieur des régions écogéographiques, un cadre pour les essais et la sélection de populations destinées à fournir des semences dans l'avenir, ainsi qu'une base rationnelle pour une amélioration à long terme. Vu qu'on n'y introduit directement aucun matériel génétique non-local ou inconnu, la réserve de provenance in situ est en soi une garantie, contrairement aux autres méthodes de conservation génétique, comme les banques de semences et les plantations spéciales. Les populations indigènes à grand effectif sont ainsi mieux armées contre les pertes ou la dégradation due à la négligence, aux incendies, aux ravageurs endémiques ou autres catastrophes naturelles ou provoquées.

CONSERVATION EX SITU DE RACES D'EPICEA CANADIEN

Aspect sylvicole

L'épicéa canadien est une essence d'une importance économique considérable au Canada. L'épicéa représente 44% de la récolte totale des résineux dans le pays (Sutton 1969) et l'épicéa canadien (*Picea glauca*) entre pour une grande part dans ce pourcentage. Son aire très étendue (Fig. 5) va du niveau de la mer à 1 500 m d'altitude environ, et il pousse dans des conditions écologiques très variées et sous des climats de froids à subarctiques. On la rencontre dans divers habitats, humides à secs, sur des sols à pH variant entre 5,0 et 7,0 (Sutton, loc. cit.), et en peuplements purs ou en association avec d'autres résineux ou feuillus. Il prédomine surtout dans la forêt boréale.

L'insuffisance de la régénération naturelle après récolte du bois tiendrait à la disparition des sources semencières et, peut-être, aux changements récents de climat: moins de précipitations et des températures plus élevées, par exemple (Sutton, loc. cit.). La régénération artificielle, surtout par plantation, a été pratiquée à raison de 26 300 ha par an (Rennie 1972) à un coût évalué à 6 500 000 dollars. Il est capital de n'utiliser, à cet effet, que des semences ayant une valeur propre, pour garantir un potentiel accru de survie et de croissance aux populations plantées.

Données génétiques

On a observé d'importantes variations génétiques entre provenances et à l'intérieur des provenances (Holst et Teich 1969, Teich et Khalil 1973). La variation interprovenance est la caractéristique la plus utile, car elle permet ordinairement de récolter, dans les peuplements existants d'appréciables quantités de semences de qualité génétique connue. Les provenances de haute valeur reproductive constituent donc une ressource digne d'être conservée. La sélection à l'intérieur d'une provenance se borne à relativement peu d'individus qu'il convient de multiplier pour la production de graines. Les propagules ne produisent guère de graines avant une bonne dizaine d'années.

On a obtenu des provenances ayant une grande valeur pour la sélection en plantant des semences de 100 provenances dans 25 plantations expérimentales dans l'est et le centre du Canada (Teich 1973) et dans le nord-est et le centre-nord des Etats-Unis (Nienstaedt 1969). Celles qui survivent le mieux, qui viennent le mieux, ou encore qui présentent un caractère éminemment souhaitable d'uniformité sont désignées comme races supérieures.

Les races supérieures d'épicéa canadien sont conservées dans des vergers à clones et à semences et dans des banques de semences, car dans leur aire naturelle, les populations originales sont menacées d'extinction. Cette menace tient i) au déboisement aux fins d'urbanisation et d'agriculture, ii) à l'impossibilité de réimplanter ailleurs les peuplements originaux, et iii) à la perte de pureté de la race résultant de la plantation de provenances de qualité supérieure.

Mesures de conservation ex situ

Les races choisies pour la conservation sont celles qui font preuve d'une supériorité génétique ou de caractères génétiques précieux. Cette évaluation s'étaye sur les essais de provenances effectués depuis 40 ans (King et Rudolf 1969) dans pas moins de 13 plantations s'échelonnant de Terre-Neuve à l'est jusqu'à Manitoba dans le Canada central (Teich 1973). On a ainsi sélectionné cinq races.

1. Cobourg, Ontario. Cette race a manifesté une croissance rapide (17% au-dessus de la moyenne) dans 11 stations expérimentales situées entre Terre-Neuve et la frontière de la province de Manitoba, en particulier dans celles à terre calcaire (Teich et Holst 1974) où la plupart des autres provenances cessent de croître.

On n'a pas pu localiser le peuplement d'origine, soit qu'il ait été rasé à des fins agricoles, soit que la description du lieu ait été erronée. On rencontre actuellement dans la région peu d'épicéas canadiens et il s'agit apparemment plus de plantations (par conséquent d'origine inconnue) que de peuplements naturels.

On a sélectionné, dans une plantation expérimentale, 100 individus pour leur taux de croissance et la morphologie de leur fût et de leur cime. On les a multipliés à raison de 5 ramets par clone pour un verger à graines dans la station forestière expérimentale de Petawawa. Le Service forestier de la Colombie britannique a également reproduit quelques-uns de ces clones.

2. Renfrew County (Beachburg, Douglas, Ontario). Des provenances originaires de cette région (Fig. 6) ont eu une croissance satisfaisante (14% au-dessus de la moyenne) dans des stations non calcaires du centre et de l'est du Canada, ainsi que dans le centre-nord des Etats-Unis. L'expérience la plus ancienne au Wisconsin remonte maintenant à une quarantaine d'années. On en a sélectionné 10 individus et on les a multipliés en clones. Vingt autres individus ont été sélectionnés parmi les arbres restants des peuplements originaux (réduits actuellement à quelques milliers d'individus), puis propagés en clones. On a ensuite planté 10 ramets environ de chaque clone dans un verger à clones de la station forestière expérimentale de Petawawa. Des vergers à clones ont de même été installés dans le nord-est et le centre-nord des Etats-Unis. D'autre part, on continue chaque année la collecte de semences du plus grand nombre d'arbres possible dans les peuplements originaux, que l'on conserve dans une banque de semences. Ces individus sont soumis à des tests de descendance et les meilleurs sont retenus aux fins de multiplication.
3. Winchester, Ontario. Sa floraison précoce (dès l'âge de 11 ans) et sa rapidité de croissance dans des stations à sol calcaire font de cette race une provenance hors ligne. Elle est précieuse pour la reproduction et peut être éventuellement utilisée en plantation directe à condition qu'une production massive de cônes ne vienne pas entraver sa croissance végétative dans les stations calcaires (Teich et Pollard 1973). L'urbanisation croissante au voisinage de cette provenance nécessite la mise en oeuvre de mesures conservatoires. La station forestière expérimentale de Petawawa a inclus dans son actuel programme d'amélioration des combinaisons hybrides d'individus de cette provenance sélectionnés pour leur rapidité de croissance, avec des arbres d'élite locaux. Plusieurs clones sont actuellement propagés par le Service forestier de la Colombie britannique.
4. Grand Piles, Québec. Dans cette région, les arbres de cette race poussent rapidement sur sols non calcaires (croissance de 15% au-dessus de la moyenne) et donnent précocement une récolte moyenne de cônes. La pureté du peuplement original est compromise par les plantations expérimentales voisines de Grand Mere qui constituent une source de contamination en pollen et en semences.

Des arbres de cette provenance ont déjà été sélectionnés et devraient être maintenant conservés dans des vergers à clones pour servir en permanence. Le Ministère des ressources naturelles de l'Ontario et le Centre de recherche sur les forêts maritimes du Service forestier canadien, dans le New Brunswick (Ontario Ministry of Natural Resources and the Maritimes Forest Research Centre, Canadian Forestry Service, in New Brunswick) ont déjà fait reproduire quelques hybrides.

5. Kirkland Lake, Ontario. On n'a trouvé qu'une seule provenance nordique ayant une valeur pour la sélection et l'amélioration dans le nord; c'est la provenance Swastika dans le voisinage du lac Kirkland. Ce n'est cependant pas une provenance qui donne des résultats uniformes; elle vient bien dans certaines plantations et médiocrement dans d'autres. Certaines collections de semences, obtenues de peuplements divers dans cette région, accusent une meilleure croissance que d'autres, et seuls les meilleurs peuplements méritent d'être conservés. On conserve actuellement, dans un verger à semis de graines de plusieurs acres de superficie, une provenance de cette région qui a donné de bonnes performances dans un certain nombre de plantations. On en a sélectionné des individus pour leur bonne croissance et leur production précoce de semences, et on les a hybridés avec des arbres d'élite. Il est prévu de conserver les clones à la suite des tests de descendance qui seront pratiqués sur ces arbres.

Impact de la sélection dysgénique

Les coupes sélectives ne devraient guère entraîner de dégénérescence génétique chez l'épicéa canadien. Lorsqu'il arrive, après abattage, que quelques arbres de qualité médiocre demeurent, ces arbres sont souvent renversés parce que leur système racinaire ne leur permet pas de résister à l'action accrue du vent. Il est peu probable que les semences produites par les individus survivants donnent beaucoup de semis viables, à moins d'une scarification intensive du sol (Sutton loc. cit.) favorisant l'exposition des graines à un milieu germinatif convenable. La plupart des semis obtenus proviendraient de graines issues d'une autopolinisation et auraient par conséquent une chance minime de survie, par suite de la diminution de vigueur due à consanguinité. Les quelques hybrides qui survivent peuvent ne pas être significativement différents de la génération précédente en ce qui concerne leur valeur comme reproducteurs, car seule une faible proportion de la variation phénotypique de l'individu est héritable (Holst et Teich loc. cit.).

Une partie seulement de l'aire naturelle de l'épicéa d'Amérique fait l'objet d'études de provenances. Les meilleures provenances sont conservées dans des vergers à clones, des vergers à semis, des banques de semences et des plantations expérimentales. Dans la partie de l'habitat non encore explorée de ce point de vue, on continue cependant de recueillir et d'emmagasiner des semences qu'on conserve pour des essais de provenance futurs et pour garantir le maintien de la provenance dans l'avenir.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonymous, 1970. Canada's Forests. Can. For. Serv. Dept. Fish. Forest. Ottawa. 9 p.
- Anonymous, 1972. Annual report of the Ministry of Lands and Forests of Ontario, 1972. 60 pp.
- Anonymous, 1973. Annual report of the Minister, Natural Resources Ontario, 1973. 26 pp.
- Canavera, D.S., 1969. Geographic and stand variation in jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.). Ph. D. Thesis, Michigan State University, 100 pp.
- Carlisle, A.C., and J.S. Maini, 1974. Forest conservation in Canada. P. 53 - 92. In J.S. Maini and A. Carlisle (editors). Conservation in Canada: A Conspectus. Can. For. Serv. Publ. N° 1340. 441 p.
- Cayford, J.H., Z. Chrosciewicz and H.P. Sims, 1967. A review of silvicultural research in jack pine. Can. Dept. Forest. Rural Develop., Forest Br. Publication 1173. 255 pp.
- Critchfield, W.B. and E.L. Little, 1960. Geographic Distribution of the pines of the world. U.S. Forest Serv. Misc. Publ. 991. 97 pp.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) 1969. Première session du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières. FAO, Rome. 39 p.
- Fowells, H.A., 1965. Silvics of forest trees of United States. U.S. Dept. Agric. Forest Service Agri. Handbook N° 271 762 p.
- Fowler, D.P. and C.W. Yeatman (editors) 1973. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proc. 13th Meeting Comm. Forest Tree Breed. in Can., Part 2. 85 pp.

- Frankel, O.H. and E. Bennett, 1970. Genetic resources in plants - Their exploration and conservation. International Biological Programme Handbook N° 11. Blackwell Publications, Oxford. 554 p.
- Holst, M.J. and A.H. Teich, 1969. Heritability estimates in Ontario white spruce. *Silvae Genetica* 18: 23 - 27.
- King, J.P., 1966. Ten year height growth variation in Lake States jack pine. U.S. Forest Ser. Res. Pap. NC-6: 84 - 88.
- King, J.P. and P.O. Rudolf, 1969. Development of white and Norway spruce trees from several seed sources 29 years after planting. USDA For. Serv. Res. Note NC-70. 4 p.
- Maini, J.S., 1968. Landscape and climate of Canada. P. 1 - 19. In J.S. Maini and J.H. Cayford (editors). Growth and utilization of poplars in Canada. Can. For. Serv. Publ. 1205. 257 p.
- Maini, J.S., 1973. Conservation of forest tree gene resources: An ecological perspective. In D.P. Fowler and C.W. Yeatman (editors). 1973. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proc. 13th Meeting Comm. Forest Tree Breed in Can. Part. 2. 86 p.
- Nienstaedt, H., 1969. White spruce seed source variation and adaptation to 14 planting sites in northeastern United States and Canada. Proc. 11th Meeting Comm. For. Tree Breed. Can., MacDonald Coll., Que. 1958. 183 - 194.
- Rennie, P.J., 1972. Forest fertilization in Canada. VIII World Forestry Cong., Buenos Aires, Argentina. Oct. 1973. 28 p.
- Rousseau, J., 1966. Movement of plants under the influence of man. p. 81 - 99. In R.L. Taylor and R.A. Ludwig (editors). The evolution of Canada's flora. Univ. of Toronto Press. 137 p.
- Rudolf, P.O., 1958. Silvical characteristics of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.). U.S. Forest Serv., Lake States Forest Exp. Sta. Pap. 61. 31 pp.
- Rudolph, T.D., 1964. Lammas growth and prolepsis in jack pine in the Lake States. Forest Sci. Monogr. 6. 70 pp.
- Schantz-Hansen, T., and R.A. Jensen, 1952. The effect of source of seed on growth of jack pine. *J. Forest.* 50: 539-544.
- Sutton, R.F., 1969. Silvics of white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss.). Can. Dep. Fish. Forest., Forest. Br. Publ. 1250. 57 p.
- Teich, A.H., 1973. White spruce provenances in Canada. Environment Canada Forest Service Info. Rep. PS-X-40. 27 p.
- Teich, A.H. and M.J. Holst., 1974. White spruce limestone ecotypes. *Forest. Chron.* 50: 110-111.
- Teich, A.H. and M.A.K. Khalil, 1973. Predicting potential increase in volume growth by progeny testing white spruce plus trees. Environment Canada Forest Service. Bi-mon. Res. Notes 29: 26 - 27.
- Teich, A.H. and D.F.W. Pollard, 1973. Rapid-growing precocious white spruce provenances. Environment Canada Forest Service. Bi-mon. Res. Notes 29: 13 - 14.

- Wang, B.S.P., and O. Sziklai, 1969. A review of forest tree seed certification. Forest. Chron. 45: 378-395.
- Yeatman, C.W., 1966. Geographic variation in jack pine (Pinus banksiana Lamb.) seedlings. Ph.D. Thesis, Yale Univ. 231 pp.
- Yeatman, C.W., 1967. Biogeography of jack pine. Can. J.Bot. 45: 2201-22.
- Yeatman, C.W., 1972. Gene pool conservation for applied breeding and seed production. IUFRO Genetics-SABRAO Joint Symposia, Tokyo, Proceedings: B-8(V), 1 - 6.
- Yeatman, C.W., 1974. The jack pine genetics programme at Petawawa Forest Experiment Station, 1950-1970. Dept. of the Environ., Can. Forest. Serv. Pub. N^o 1331. 30 pp.
- Yeatman, C.W. and A.H. Teich, 1969. Genetics and breeding of jack and lodgepole pines in Canada. Forestry Chron. 45: 428-433.

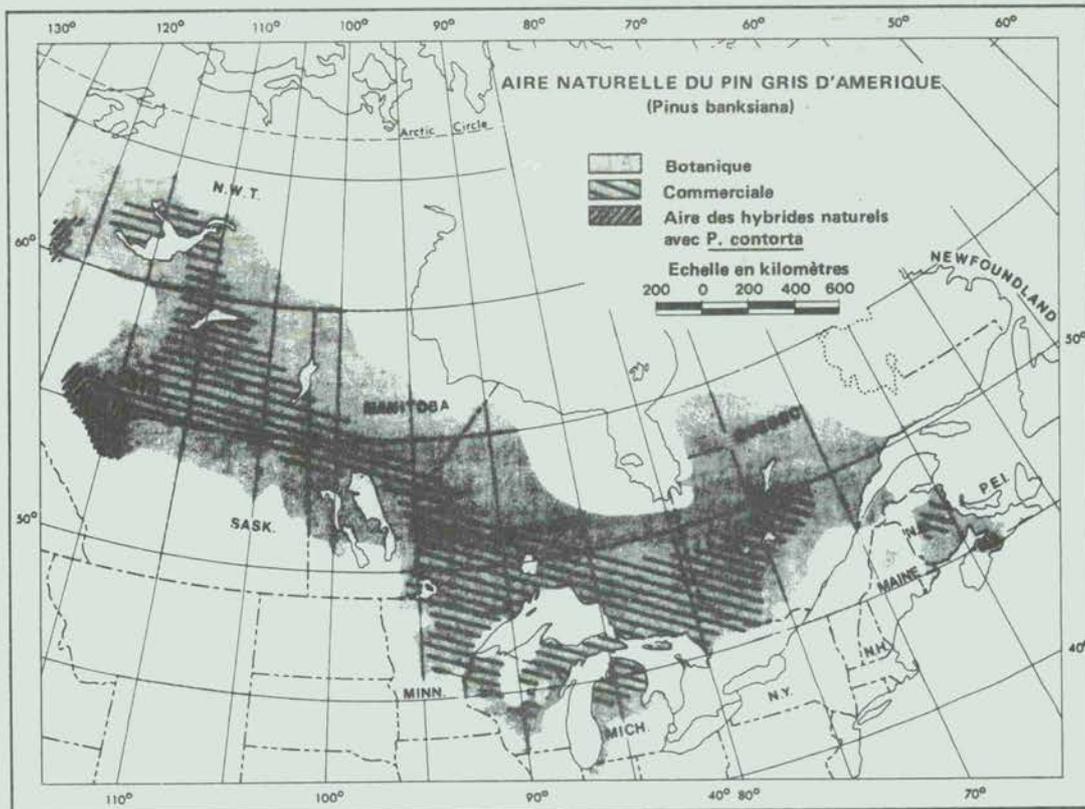


FIGURE 1 Aire botanique et commerciale du pin gris d'Amérique (*Pinus banksiana* Lamb.) (Critchfield et Little, 1966; Rudolf, 1958).

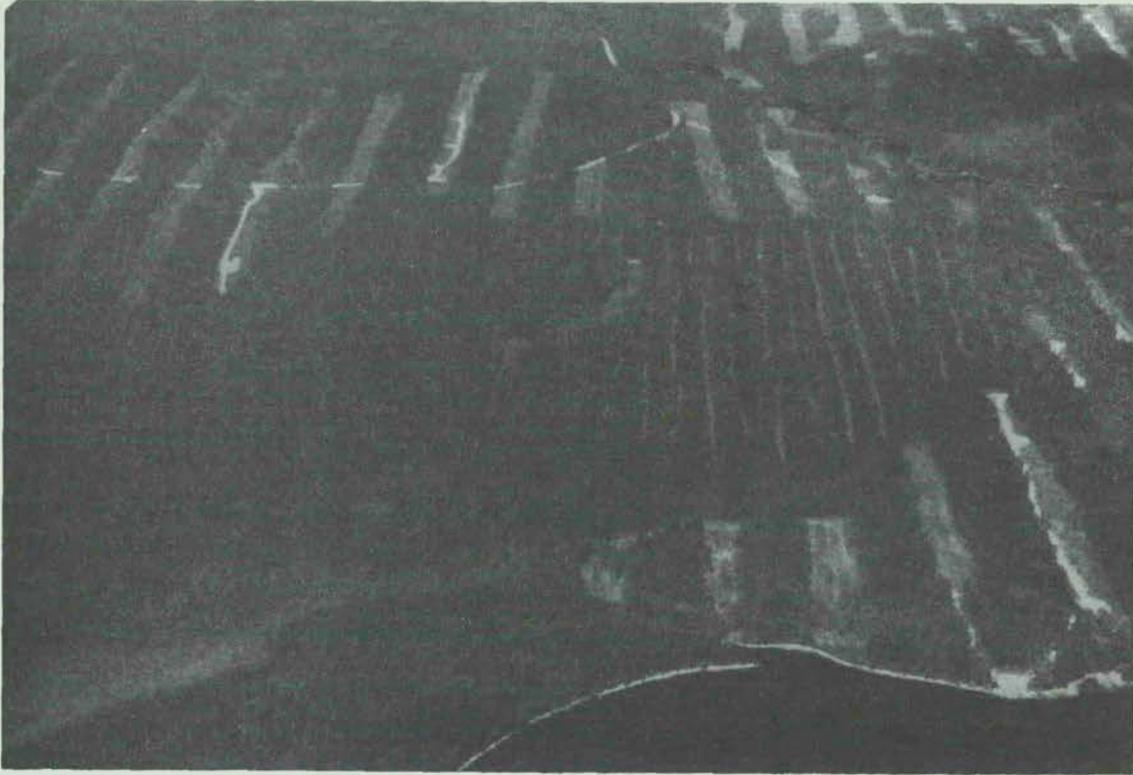


Figure 2. Vue aérienne d'une zone semencière et d'une coupe en coulisse dans un peuplement naturel de pin gris d'Amérique âgé de 50 ans, au Québec occidental (photo, fournie à titre gracieux, de M. H. Bitto, Canadian International Paper Co., Maniwaki, Québec).



Figure 3. Trouée (8 m) aménagée dans la zone semencière pour y pratiquer des éclaircies destinées à améliorer le peuplement et à accroître la production de cônes. On procède périodiquement à des coupes à blanc dans le peuplement restant pour la collecte de semences (photographie de H. Bitto).

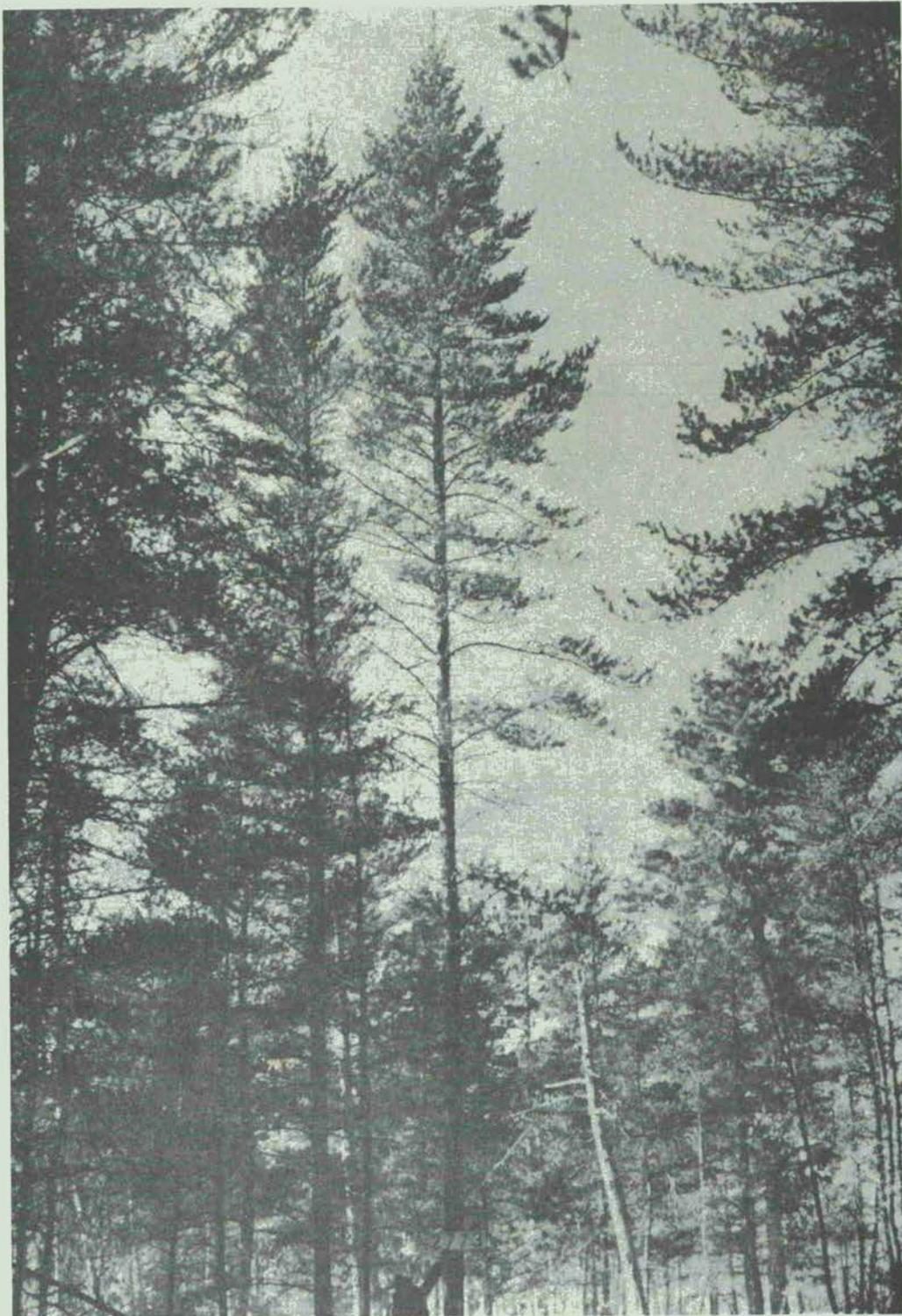


Figure 4. Pin gris d'Amérique, qualifié arbre d'élite, sélectionné pour l'excellence de sa croissance, la rectitude de son fût, l'amplitude de l'angle de ses branches et l'uniformité de la dimension de ses branches.

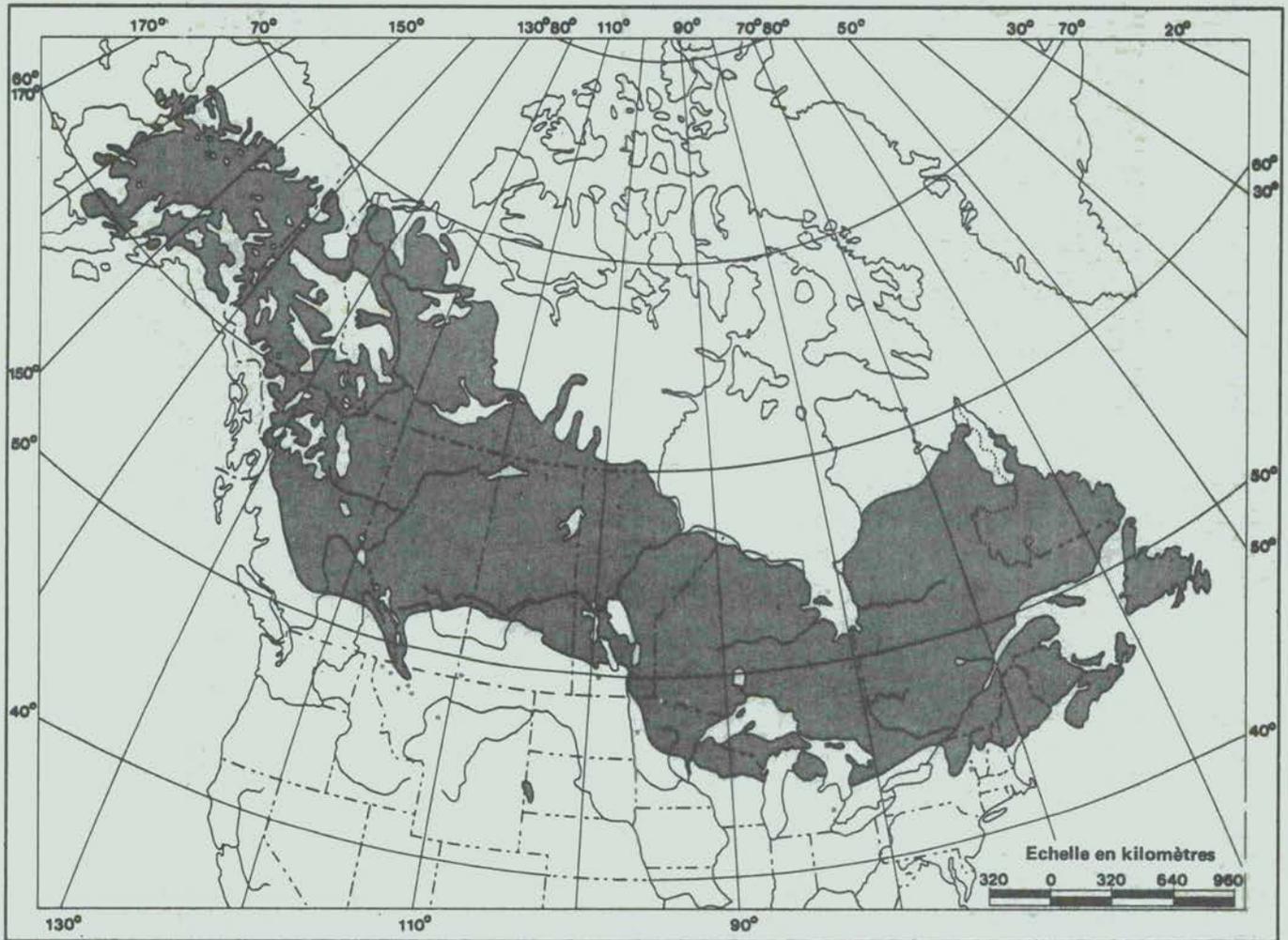


FIGURE 5 Aire botanique de l'épicéa d'Amérique (d'après Fowell, 1965).

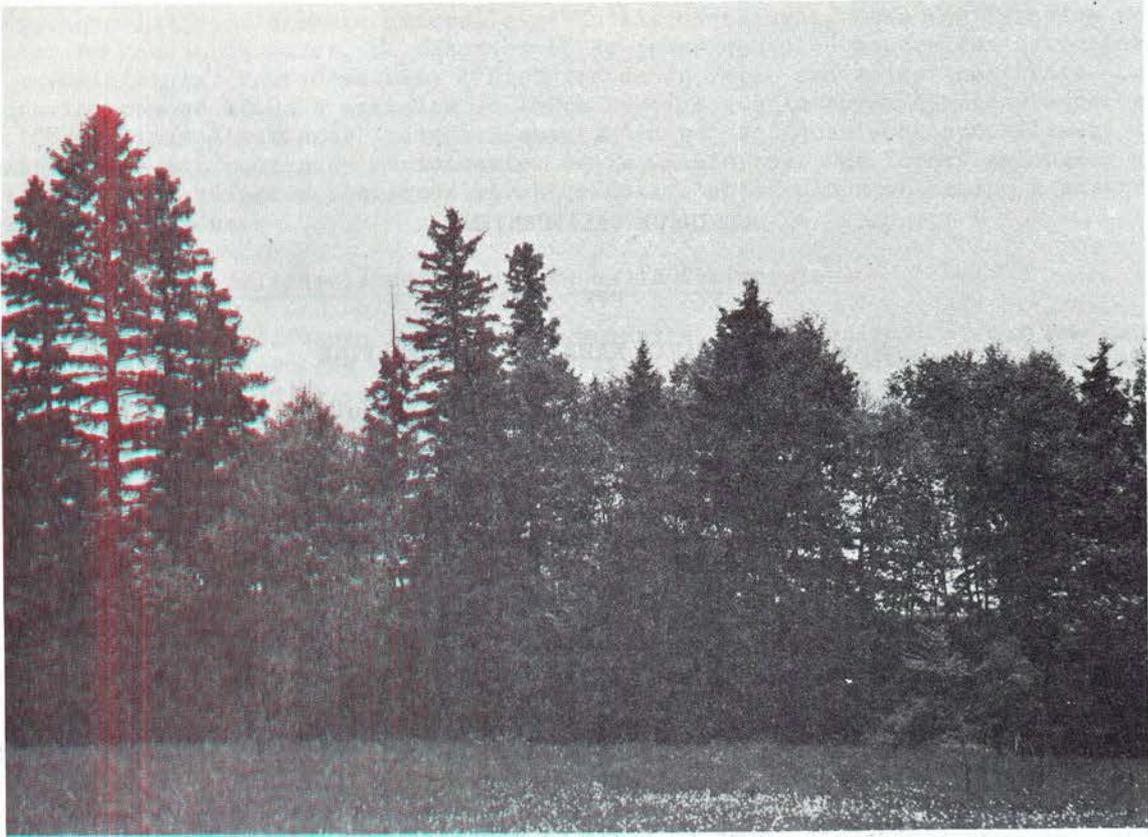


Figure 6. Reliquat d'une race supérieure d'épicéa d'Amérique au voisinage de Beachburg, Ontario.

RESINEUX CALIFORNIENS

par

W.J. LIBBY, DAVID KAFTON ET LAUREN FINS

Department of Genetics, University of California, Berkeley

IMPORTANCE DU PATRIMOINE GENETIQUE DES ESSENCES FORESTIERES CALIFORNIENNES

Limites de l'étude

On a limité la présente monographie aux conifères, en partie parce que la majorité des forêts naturelles de Californie se composent surtout de résineux, et en partie parce que, si les angiospermes, les gymnospermes non conifères et les palmiers naturels de Californie sont importants du point de vue écologique et esthétique, rares sont ceux qui présentent une importance commerciale dans le pays ou dont la plantation soit répandue ailleurs. La plupart des décisions administratives concernant l'utilisation, l'exploitation et la conservation des arbres de Californie sont prises par le gouvernement de cet état, par la Région Cinq du Service forestier des Etats-Unis (dont la ligne de démarcation coïncide largement avec les frontières de l'état) et aussi par des industries privées (qui, pour la plupart opèrent entièrement en Californie ou ont des divisions semi-autonomes dont l'activité est en grande partie limitée à la Californie). Nombre de nos espèces n'appartiennent cependant pas à la Californie seule, mais s'étendent (pour la plupart) au nord et au nord-est dans les grandes régions forestières du nord-ouest du Pacifique et dans l' "Inland Empire". Dans de tels cas, c'est dans le contexte de l'espèce dans son aire entière que nous examinerons les populations californiennes.

La Californie, productrice de bois

La côte septentrionale de la Californie bénéficie d'un climat favorable et d'un sol fertile et profond, possède plusieurs essences naturelles d'excellente qualité, et son relief accidenté et escarpé se prête généralement peu à l'urbanisation et à l'agriculture mécanisée. On envisage d'en consacrer prochainement de vastes superficies à la plantation commerciale d'essences forestières pour la production de bois et de fibre et l'on pense que la productivité de ces stations comptera parmi les plus élevées du monde. Vu les conditions de croissance et la topographie des montagnes frontalières du nord de la Californie (Alpes de la Trinité et Siskiyou), des Cascades et des hauteurs moyennes du nord et du centre de la Sierra Nevada, il est probable aussi qu'une bonne partie des forêts de ces régions servira avant tout à l'exploitation commerciale.

La Californie et son milieu humain

La Californie compte actuellement plus de 20 millions d'habitants, la plupart concentrés sur le littoral du tiers méridional de l'état, au voisinage de la Baie de San Francisco et dans la vallée centrale. Arbres forestiers indigènes et exotiques ont été plantés, là comme ailleurs, aux fins d'urbanisme et d'agrément, généralement en des endroits qui n'étaient pas boisés auparavant. On a beaucoup tâtonné et commencé à organiser les recherches pour adapter ces essences forestières à leurs nouveaux milieux. Il va de soi qu'une large diversité génétique constitue un moyen très utile pour rechercher des arbres adaptés à ces nouvelles niches.

Les amateurs de la forêt se font aussi plus nombreux chaque année. Pour beaucoup d'entre eux, il importe que la forêt demeure naturelle et qu'ils continuent, dans une certaine mesure, de bénéficier du réseau de parcs, de réserves et de zones sauvages naturelles actuellement établi en Californie. Pour d'autres, l'histoire de la forêt est moins importante. La forêt de plantation répond mieux à certains de leurs besoins que la forêt à régénérescence naturelle. Des plantations d'essences indigènes aussi bien qu'exotiques sont actuellement installées à cet effet dans les montagnes méridionales de la Californie. Ces forêts aménagées pour les loisirs et leurs ressources hydriques seront encore l'objet d'une sélection à partir d'une base génétique étendue.

Populations arborées californiennes en dehors de la Californie

Certains résineux de Californie sont plus vigoureux et plus précieux, et ont une croissance plus rapide que la plupart des essences forestières indigènes d'autres régions du monde jouissant d'un climat méditerranéen. Ainsi en va-t-il notamment dans certaines parties de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, de la côte occidentale de l'Amérique du Sud et de l'Afrique du Sud, et autour de la Méditerranée. Les mesures que la Californie a prises pour la conservation des ressources génétiques de ses résineux présentent, sans aucun doute, de l'intérêt et de l'importance pour les habitants et les forêts de ces régions.

ETAT ACTUEL DE LA CONSERVATION GENETIQUE DES RESINEUX AUTOCHTONES DE CALIFORNIE

Le texte qui suit explique et développe le tableau I.

1. Importance des résineux de Californie (tableau I, colonnes 1a à 1g)

Nous avons subdivisé cette section en sept sous-catégories; 1a à 1e se rapportent aux produits coupés, comme le bois en grumes, les poteaux, les piquets, la pâte, les copeaux et les arbres de Noël, tandis que 1f et 1g concernent les arbres vivants.

1a. Résineux ayant actuellement une importance commerciale en Californie

Neuf espèces se rangent sous cette rubrique. Parmi celles-ci, huit ont une importance primordiale comme essences à bois: le sapin de Douglas (Pseudotsuga menziesii), le pin à bois lourd (Ponderosa pine), le pin rouge d'Amérique (Sequoia sempervirens) et le sapin concolore ou sapin du Colorado (Abies concolor) qui sont les essences débitées les plus communes et ayant le plus de valeur en Californie, le pin géant ou pin de Lambert (Pinus Lambertiana), le pin de Jeffrey (Pinus jeffreyi), le sapin rouge californien ou sapin magnifique (Abies magnifica) et le cèdre à crayons (Libocedrus decurrens) qui représentent aussi une bonne partie des coupes annuelles actuellement. La neuvième espèce, le pin de Monterey (Pinus radiata) constitue les plus importantes plantations d'arbres de Noël en Californie, avec Pseudotsuga menziesii, Abies concolor et A. magnifica qui sont également beaucoup exploités à cette fin, que ce soit dans les peuplements naturels ou dans les plantations.

1b. Populations californiennes d'importance commerciale hors de Californie

Pinus radiata est actuellement l'essence la plus répandue dans les plantations du monde, la plupart des gènes de cette espèce, si rapide à s'acclimater, ayant leur origine dans deux populations septentrionales de la côte centrale de la Californie. Dans d'autres régions, on l'exploite surtout pour le bois d'oeuvre, les poteaux, les piquets, la pâte et les copeaux, et peu pour les arbres de Noël. Sous climat méditerranéen, les populations de Pinus ponderosa et de Pseudotsuga menziesii provenant de la côte californienne viennent aussi bien ou même mieux que les populations de ces mêmes espèces provenant d'ailleurs. En Nouvelle-Zélande, les populations de pin lodgepole (Pinus contorta ssp. contorta) de provenance californienne semblent être les meilleures de cette espèce d'importance moyenne. Le bon taux d'accroissement et les excellentes propriétés du bois du cyprès à gros fruits ou de Monterey (Cupressus macrocarpa) sont autant de facteurs qui pourraient encourager la plantation commerciale de cette espèce dans plusieurs pays, si les problèmes que pose continuellement sa vulnérabilité à l'égard des maladies ne mettaient en garde contre l'établissement de trop nombreuses plantations de cette espèce.

1c. Populations californiennes d'importance commerciale potentielle en Californie et ailleurs

Ayant fait leur preuve ailleurs, il est probable que Pinus radiata, P. contorta ssp. contorta et, éventuellement, sa variété édaphique, P. contorta ssp. bolanderi, seront abondamment plantés en Californie pour leur bois, surtout à mesure que s'épuiseront les vieilles forêts californiennes et que s'intensifiera l'aménagement. On s'occupe actuellement beaucoup, en Australie et en Nouvelle-Zélande, de la race bleue de Pinus muricata dont le bois est d'excellente qualité et qui pousse bien dans des stations trop froides pour la bonne venue de P. radiata. Il se pourrait qu'il en aille de même en Californie. Plusieurs pays, dont la France et la Nouvelle-Zélande, envisagent d'établir de modestes plantations de Sequoia sempervirens sur des stations appropriées. On considère sérieusement aussi, en Californie, qu'il importerait d'adjoindre le sequoia géant (Sequoiadendron giganteum) à la forêt de résineux mixtes des montagnes californiennes centrales et septentrionales et à la région située à l'est de l'aire naturelle de Sequoia sempervirens sur la côte septentrionale. A notre avis, quatre autres espèces californiennes ont quelque chance de figurer à la liste mondiale des essences forestières ayant une valeur pour leur bois. Le pin de Torrey (Pinus torreyana), lorsqu'il est planté dans de bonnes stations en Californie et en Nouvelle-Zélande, accuse une croissance rapide, une bonne morphologie et une grande taille, contrairement à l'aspect trapu et noueux qu'il revêt dans ses deux peuplements naturels sur la côte méridionale de la Californie et dans l'île Santa Rosa. Le pin sabine (Pinus sabiniana) pousse bien, quoique sous une forme défectueuse, dans les vastes stations plus sèches et de peu d'altitude de la Californie centrale. Ces stations et ces essences pourraient être mises davantage à contribution à mesure qu'augmentera la demande de bois. Enfin, de même que les populations d'épicéa de Sitka (Picea sitchensis) et de sapin de Vancouver (Abies grandis) de la Californie septentrionale ont fourni la plupart des gènes utilisés actuellement dans les plantations de ces deux espèces introduites en Europe, il se peut que les populations californiennes se révèlent valables elles aussi pour les régions à climat méditerranéen.

1d. Populations non californiennes ayant une importance commerciale en dehors de la Californie

Les 16 espèces et sous-espèces mentionnées sous cette rubrique ont une importance commerciale dans d'autres parties de l'Amérique du Nord. Les populations non californiennes de Pseudotsuga menziesii, Picea sitchensis, Pinus ponderosa et P. contorta ssp. contorta sont également importantes comme espèces exotiques en dehors de l'Amérique du Nord. Actuellement quatre espèces seulement ont des populations d'une grande importance commerciale à l'intérieur de la Californie. Les douze autres ne sont généralement pas exploitées en Californie, mais pourraient être coupées et utilisées au titre d'activités d'exploitation visant des essences associées. Les populations californiennes de ces 16 espèces et sous-espèces pourraient éventuellement servir à accroître le patrimoine héréditaire des populations ayant une importance économique en dehors de la Californie.

1e. Proches parents des espèces ayant une importance commerciale

L'expression "proche" signifie qu'une hybridation interspécifique entre les espèces mentionnées et une ou plusieurs espèces ayant une importance commerciale peut être effectuée par les techniques dont on dispose actuellement. Vingt-six espèces et sous-espèces entrent dans cette catégorie et on pourrait sans doute leur adjoindre plusieurs autres. Beaucoup ont une importance commerciale, d'autres non.

1f. Plantations aux fins d'urbanisme et d'agrément

Nous avons inclus sous cette rubrique les arbres couramment plantés dans les jardins privés, le long des rues et dans les parcs des zones urbaines, tout comme ceux utilisés pour l'ombre et les brise-vent dans les régions agricoles, pour agrémenter les grandes routes et pour stabiliser les sols des bassins versants et pour lutter contre l'érosion dans les régions vierges. Nous avons cité 13 espèces californiennes naturelles ayant une importance pour une ou plusieurs de ces utilisations. La plupart sont utilisées en Californie même, mais plusieurs

sont plantées ailleurs en nombre considérable ^{1/}; ce sont: Pinus radiata, Pseudotsuga menziesii, Abies concolor, A. grandis, Sequoia sempervirens, Sequoiadendron giganteum, Chamaecyparis lawsoniana et Cupressus macrocarpa.

1g. L'esthétique dans l'aire naturelle

La plupart des arbres présentent, dans leur habitat naturel, un attrait esthétique que beaucoup apprécient pour des raisons diverses. Dans cette catégorie d'essences, nous avons appliqué le terme "esthétique" à celles qui possèdent un ou des caractères propres à retenir l'intérêt du public. Parmi les résineux californiens, nous citerons 23 de ces espèces, en nous excusant d'omettre les autres: Picea breweriana et les espèces d'Abies et de Pseudotsuga pour leurs formes superbes; Picea stichensis, Pinus torreyana, P. jeffreyi, P. contorta ssp. bolanderi, Juniperus occidentalis, Cupressus macrocarpa et C. pygmaea pour leurs morphologies insolites; Sequoiadendron giganteum pour sa taille imposante; Sequoia sempervirens pour son haut fût; Pinus aristata pour son grand âge; Pinus ponderosa, Libocedrus decurrens et Juniperus occidentalis pour la beauté de leur écorce sous les rayons du soleil; Pinus lambertiana et P. coulteri pour leurs cônes spectaculaires; P. jeffreyi pour son odeur agréable et, enfin, P. monophylla pour ses pignons savoureux. Rares sont celles de ces essences qui sont menacées, les unes parce qu'elles sont suffisamment communes pour retenir l'attention générale, les autres, dont la répartition est restreinte, parce que l'intérêt qu'elles suscitent accroît leur chance de conservation. Peut-être faudrait-il s'arrêter davantage aux cases vides sous la colonne 1g du tableau, en regard par exemple des pins de haute altitude (P. albicaulis, P. balfouriana et P. flexilis) qui ont incontestablement une valeur esthétique, mais dont profite presque exclusivement la faible partie du public qui a l'occasion de les rencontrer. Vu ce peu d'intérêt du public, ces espèces n'ont pas besoin d'être autant protégées.

2. Degré de protection offert par les actuelles réserves in situ (tableau I, colonne 2)

La Californie possède de nombreux parcs nationaux, d'Etat et locaux des zones vierges et des réserves naturelles. A l'exception de quelques parcs locaux, la plupart de ces unités sont aménagées de manière à perturber le moins possible les écosystèmes naturels. Nous avons tenté de voir si la conservation in situ de chaque espèce de conifère californienne est suffisante, en nous fondant sur le nombre et l'effectif des populations dans les réserves (Griffin et Critchfield 1972), et d'évaluer le degré de protection offert aux "grandes" populations de l'espèce.

Les zones vierges se situent généralement à haute altitude et les parcs à basse altitude. Les populations d'altitude moyenne de la plupart des essences les plus précieuses de Californie ne se trouvent malheureusement que dans quelques réserves. Or, il se pourrait bien que ce soit dans ces populations centrales que se concentrent les meilleurs gènes (du point de vue de la production du bois). Nous nous sommes donc demandés, sans arriver à une solution satisfaisante, si nous devions classer Abies concolor, Pinus ponderosa, P. Lambertiana, P. jeffreyi, Pseudotsuga menziesii et Libocedrus decurrens dans la colonne des essences bien représentées dans les réserves in situ, malgré le fait qu'un grand nombre de populations de ces essences réparties dans les hautes et les basses altitudes semblent bien protégées (voir les points d'interrogation tableau I, colonne 2). Ainsi, parmi les neuf espèces de la Californie d'importance commerciale locale, seuls Sequoia sempervirens et Abies magnifica sont indiquées comme jouissant d'une protection in situ convenable. Quant aux populations californiennes ayant une importance commerciale hors de Californie, on ne trouve des réserves adéquates que pour Cupressus macrocarpa, tandis que Pinus contorta ssp. contorta et P. radiata sont de toute évidence insuffisamment protégés.

^{1/} Bien qu'il ne s'agisse pas d'un conifère, nous avons cru devoir mentionner le "fan palm" californien autochtone (Washingtonia filifera) qu'on plante beaucoup sur les bords des routes et des avenues, ainsi que dans les jardins privés et les parcs en Californie et dans de nombreuses régions subtropicales à travers le monde. Sa répartition naturelle limitée et la fragilité de son habitat font de cette essence un candidat de choix pour la conservation du patrimoine héréditaire qu'on cherche à réaliser en Californie.

3. Menace d'extinction (tableau I, colonnes 3a et 3b)

Toute population limitée dans sa répartition est menacée d'extinction, que ses arbres se trouvent dans une réserve protégée ou non. Les incendies, les maladies, les ravageurs ou l'action de l'homme ne sont que quelques-uns des nombreux facteurs susceptibles de détruire une telle population. Dès l'instant où toute une espèce ne se compose que de quelques petites populations, elle est menacée de disparition.

3a. Les populations importantes menacées d'extinction

La disparition de petites populations individuelles appartenant à la plupart des espèces est chose fréquente et n'a sans doute rien de grave, en général, du point de vue de la conservation génétique. Le phénomène devient plus sérieux lorsqu'il ne reste d'une espèce que quelques populations, ou lorsque l'extinction se généralise. Nous avons, à titre provisoire, relevé onze cas de ce genre (tableau I, colonne 3a), dont cinq concernent de vastes populations de Pseudotsuga macrocarpa, Pinus attenuata, P. coulteri, P. jeffreyi et P. ponderosa dans la zone de smog (pollution de l'air par les hydrocarbures, catalysée par la lumière), en Californie méridionale, où ce type de pollution a déjà provoqué de graves dégâts et des cas mortels. Lorsque les combustibles fossiles viendront à manquer, les concentrations de smog s'atténueront sensiblement et ces populations pourront à nouveau former de vigoureuses forêts dans cette région. Mais d'ici là, les populations adaptées au climat de cette région avant l'ère du smog auront subi d'importantes transformations, si elles n'ont pas disparu. D'autres populations de P. attenuata risquent de se voir remplacées en cas d'aménagement excluant les feux (importants pour leur régénération), ou supprimées en faveur d'espèces plus précieuses. Des populations côtières de P. contorta ssp. contorta et de Cupressus pygmaea pourraient être déplacées pour des raisons d'urbanisme. Cupressus goviana existe dans deux petites populations autochtones, sous forme de réserves toutes les deux, mais la plus étendue se trouve sur un sol sableux (de qualité vitreuse) qui pourrait lui être nuisible. Deux des quatre populations de C. abramsiana ne sont pas protégées; elles sont, de plus, de petite dimension et risquent par conséquent d'être perdues, comme aussi quelques-unes des neuf populations connues de Pinus washoensis et la population de P. torreyana de l'île de Santa Rosa.

3b. Espèces ou sous-espèces entières menacées d'extinction

La plupart des résineux de la Californie ne sont pas en danger immédiat d'extinction; nous avons noté (Griffin et Critchfield 1972) que deux espèces et une sous-espèce sont menacées. Cupressus abramsiana et C. stephensonii sont des cyprès peu connus, de répartition limitée. C. abramsiana existe dans quatre petites populations, tandis que C. stephensonii se trouve dans une seule population, considérablement réduite d'ailleurs à la suite de deux incendies au cours des 25 dernières années. Pinus contorta ssp. bolanderi existe sous une forme édaphique de P. contorta dans les plaines blanches de la côte centrale du comté de Mendocino. On envisage le dragage nucléaire du port avoisinant en vue d'en faire un port d'eau profonde. L'urbanisation qui s'ensuivra nécessitera probablement l'enlèvement de la plupart des arbres de cette sous-espèce, et, avec la plantation urbaine d'autres sous-espèces de P. contorta, la sous-espèce bolanderi risque fort de s'éteindre complètement.

4. Patrimoines héréditaires menacés de contamination

Cette forme de perte de matériel génétique ou d'évolution non naturelle est à craindre en cas de régénération artificielle extensive dans l'aire naturelle de l'espèce. Elle est donc susceptible d'affecter considérablement nos essences les plus précieuses et, dans les zones les plus productives de leurs habitats naturels. Actuellement, elle sévit sensiblement dans les peuplements de Pseudotsuga menziesii de la côte septentrionale, où l'on a beaucoup pratiqué l'ensemencement aérien de graines exotiques; dans les peuplements de Pinus ponderosa de la Sierra Nevada centrale, où de nombreuses plantations ont été établies avec des semis d'origine étrangère, parfois même inconnue; et dans les peuplements de P. radiata et de Cupressus macrocarpa de la péninsule de Monterey, où les plantations urbaines et d'agrément n'ont pas toujours été effectuées avec des semis d'origine locale (Unesco 1973). Il est probable que les programmes moins extensifs de plantation de Pinus Lambertiana, P. coulteri

et P. jeffreyi, ont aussi causé une sensible contamination dans certaines régions importantes de l'aire naturelle de ces essences. Etant donné qu'on plante ou ensemence de plus en plus à mesure que s'intensifie l'aménagement forestier en Californie, le patrimoine héréditaire naturel de plusieurs autres espèces est sérieusement menacé de contaminations (tableau I, colonne 4b). On prévoit une plantation accrue des espèces Abies concolor, Sequoia sempervirens et Sequoiadendron giganteum, mais la plantation de cette dernière espèce ne sera probablement pas, dans la plupart des cas, dans le voisinage de ses peuplements autochtones.

Les espèces de peu d'importance économique, à condition qu'elles se trouvent à l'intérieur d'une réserve, y sauveront généralement leur patrimoine génétique naturel. Mais un problème majeur se pose en ce qui concerne les réserves in situ des espèces ayant une valeur esthétique ou commerciale. Si on procède à des plantations d'agrément ou à un aménagement intensif d'essences précieuses au voisinage de ces réserves, les arbres qui s'y trouvent seront continuellement exposés aux nuages de pollen des arbres voisins. Il se peut par ailleurs que, dans certaines forêts commerciales, on utilise des populations non autochtones, soit par erreur, soit parce que les essais de provenance auront démontré que les essences non autochtones sont plus productives. Lorsqu'on se servira ultérieurement des individus sélectionnés et bien acclimatés de ces populations, ces individus, autochtones ou non à l'origine, seront génétiquement différents des échantillons de la population autochtone maintenue dans les réserves (Libby 1973). Les descendants des "autochtones" seront de plus en plus contaminés par des gènes provenant de ces arbres ou forêts qui les entourent, et le patrimoine héréditaire indigène sera compromis et finalement perdu. Il faut donc conserver ex situ des échantillons de telles populations, chaque fois que l'intervention de l'homme amène une importante altération génétique des peuplements autochtones, sur de vastes superficies de l'habitat de l'espèce.

ESPECES FAISANT L'OBJET DE TRAVAUX EN VUE D'UNE CONSERVATION EX SITU

Nous avons entrepris, en Californie, des travaux en vue de la conservation ex situ de trois résineux: Pinus radiata, Cupressus macrocarpa et Sequoiadendron giganteum. On trouvera dans les pages qui suivent des renseignements d'ordre taxonomique et méthodologique sur ces travaux pour chacune des espèces mentionnées.

Pinus radiata D. Don

Répartition naturelle

On trouve P. radiata dans trois populations continentales sur la côte californienne et dans deux populations insulaires au voisinage de la côte occidentale du Mexique:

<u>Population</u>	<u>Latitude approximative</u>
Año Nuevo	37°07'N
Monterey	36°30'N
Cambria	35°33'N
Ile de la Guadeloupe	29°10'N
Ile Cedros	28°15'N

Superficie totale occupée: 8 000 hectares

Etat des populations autochtones

Population de l'île de la Guadeloupe: menacée. Reproduction arrêtée par le broutage des chèvres.

Populations de l'île de Cedros et d'Año Nuevo: non menacées actuellement. On a commencé des plantations commerciales dans les peuplements d'Año Nuevo.

Populations de Monterey et de Cambria: intégrité génétique menacée. Des plantations d'ornement dans la région ont brouillé les limites naturelles de l'espèce (Griffin et Critchfield 1972). De nombreuses plantations d'origine non locale sont sources d'importantes contaminations génétiques. Ces plantations sont souvent faites avec des semences obtenues de Nouvelle-Zélande où *P. radiata*, en grande partie originaire d'Año Nuevo, est partiellement acclimaté (Unesco 1973).

Mesures de conservation ex situ déjà prises

Méthodes d'échantillonnage

1. Matériel végétal et époque de la collecte: En 1963, nous avons mis en terre des boutures de tiges de 15 génotypes pris au hasard (la plupart des arbres avaient moins de 9 ans) dans dix peuplements de chacune des trois populations continentales (Libby et Conkle 1966). L'échantillon continental était donc fait de génotypes qui s'étaient implantés avec succès sous conditions naturelles. En 1964, nous avons récolté des cônes de 59 et 68 arbres pris au hasard et de 39 et 9 arbres sélectionnés dans les îles de Cedros et de la Guadeloupe respectivement (Libby, Bannister et Linhart, 1968). (L'emploi de semences nous a évité le problème du passage de la frontière mexicaine avec du matériel végétal vert. A noter, toutefois, que les génotypes obtenus ne s'étaient pas implantés avec succès sous les conditions naturelles, mais qu'ils étaient les descendants de génotypes adultes qui, eux, avaient bien réussi.)

2. Dispositions particulières: Il nous a fallu une autorisation du Gouvernement mexicain pour la collecte des semences et une autorisation du Gouvernement des Etats-Unis pour leur importation. Une inspection phytosanitaire des cônes a été effectuée à la frontière.

Conservation des gènes

Aussitôt après la collecte, nous avons installé, près de Berkeley, deux plantations répétées de banques de gènes de chaque échantillon. Les arbres sont à présent sexuellement mûrs et en 1973 nous avons entrepris un programme de pollinisation contrôlée, pour préserver les gènes des arbres de ces plantations. La pollinisation contrôlée sert à la fois a) à éviter la contamination par du pollen provenant d'autres populations qui se trouvent dans les plantations de banques de gènes, ou par du pollen qui proviendrait d'arbres voisins d'origine différente ou inconnue; et b) à maintenir un pedigree (lignage) précis, de manière à mieux équilibrer les contributions de chaque ancêtre fondateur chez les générations futures et à parer plus facilement au risque de consanguinité chez ces générations. On prévoit un total de 200 croisements afin de préserver l'intégrité génétique de cet échantillon. On pense qu'au cours des premières générations tout au moins, les croisements ne seront effectués qu'entre arbres d'un même peuplement. Des arbres sexuellement mûrs, prélevés dans 50 peuplements, à raison de huit par peuplement (dix par population) ont été désignés aux fins de quatre croisements bi-parentaux par peuplement. De cette manière, les gènes issus de 400 arbres fourniront le patrimoine de conservation à long terme du pin de Monterey. Pour ce projet, nous avons recours à un système de croisement à une seule paire parentale parce qu'il permet d'utiliser, comme parents, le nombre maximum de génotypes par unité de travail, moyennant un minimum de travail d'enregistrement des résultats ^{1/}. Aux termes de ce système,

^{1/} On procède aussi à 300 autres croisements avec cet échantillon d'arbres, afin d'étudier l'hétérosis à l'intérieur des populations et entre celles-ci, et de créer une base à populations multiples pour des travaux futurs de sélection et d'amélioration (Libby 1973).

la première année (1973) a surtout été consacrée à la récolte de pollen, et les deux années suivantes à effectuer les croisements avec du pollen frais et du pollen conservé. Les cônes seront récoltés aussitôt après la maturité et les semences seront extraites et conservées dans les meilleures conditions possibles d'emmagasinage de longue durée. Les cônes provenant des premiers croisements seront récoltés au printemps de 1975.

Maintien des gènes

Il n'est pas facile de prévoir les progrès de la technologie en matière d'emmagasinage des semences. Ce que l'on sait néanmoins c'est qu'il faut conserver les gènes dans les semences aussi longtemps que possible sans perte du pouvoir germinatif et de la viabilité. Il conviendrait à cette fin de tenir compte des possibilités d'adaptation des semences aux conditions d'entreposage, c'est-à-dire choisir celles qui se conservent bien pendant longtemps. Au bout d'un long stockage, certains gènes risquent d'être perdus dans les semences qui ne peuvent survivre en entrepôt.

On doit éviter de planter plus souvent qu'il ne faut des échantillons de ces patrimoines génétiques naturels non sélectionnés. On peut procéder aux pollinisations contrôlées dès que les arbres ont atteint la maturité sexuelle et perpétuer ainsi les patrimoines génétiques. En opérant de la sorte, chaque génération ne perdra que quelques gènes à la dérive. En outre, bien qu'aucune sélection manifeste ne doive être pratiquée, l'échantillon planté aura tendance à s'adapter au milieu dans lequel se trouve la banque de gènes. En prolongeant le cycle de semence à semence et, partant en réduisant le nombre de fois où les semences doivent arriver à maturité et faire l'objet de nouveaux croisements, on atténue au maximum les risques de perte de gènes ou d'altération de la variabilité génétique. Les semences obtenues seront entreposées en Australie et aux Etats-Unis, et éventuellement dans un autre pays.

Distribution des semences

On n'a encore établi aucun principe bien défini pour la distribution de ces semences. Nous suggérons l'ordre de priorité suivant:

- 1) Semences destinées à maintenir l'intégrité génétique de la collection de conservation des gènes.
- 2) Les semences en surplus non requises au titre de l'alinéa 1) pourraient être utilisées par les généticiens pour restaurer la variabilité chez le pin de Monterey acclimaté.
- 3) Les semences non requises au titre des alinéas 1) et 2) pourraient servir à des recherches diverses sur la structure des populations, la variabilité génétique, etc.

Coût de la conservation

Si les dépenses courantes afférentes à la conservation génétique ex situ sont élevées, elles sont probablement insignifiantes quand on considère la valeur des réserves à long terme.

Il est difficile d'évaluer les coûts primaires d'un projet qui vise, simultanément, de nombreux objectifs. Pour effectuer les collectes continentales originales, il a fallu qu'un spécialiste et un assistant de recherche travaillent environ 20 jours sur le terrain. Quant à l'expédition à l'île de la Guadeloupe, trois d'entre nous (Libby, Bannister et Linhart 1968) étaient invités gracieusement à bord du navire de recherche Gringa, par les soins du Scripps Institute of Oceanography. Notre expédition sur le Gringa a duré cinq jours, et nous avons appris que l'exploitation d'un tel bateau revenait à 1 000 dollars par jour. Les expéditions à l'île Cedros étaient financées par des subventions d'un montant global de 2 500 dollars, accordées par The Associates in Tropical Biogeography et la Fondation Wrasse, comportant en outre la rémunération d'un spécialiste et d'un assistant de recherche. L'installation des banques de gènes et les premiers soins qu'elles nécessitaient ont été effectués pendant la durée des deux subventions de la National Science Foundation d'un montant global de 83 400 dollars - durée qui a couvert quatre ans - avec une aide supplémentaire accordée par l'Université de Californie sous forme de salaires et jouissance des serres et du terrain.

Au cours des quelques années suivantes il a fallu, pour l'entretien des banques de gènes, plusieurs semaines/hommes ainsi que plusieurs centaines de dollars par an pour l'équipement et les fournitures. Divers autres essais ont été effectués ou entrepris avec ces mêmes échantillons de population et dans le cadre de ces subventions. Mais, à l'exception de celle de la NSF, les dépenses auraient sans doute été les mêmes si le travail n'avait eu pour objectif que la conservation du patrimoine génétique.

Le programme courant de croisement contrôlé nécessite les services, pendant plusieurs jours, d'un spécialiste, les services à mi-temps d'un assistant de recherche pendant six mois et ceux de six personnes travaillant un quart de temps pendant trois mois, avant, pendant et après la saison de pollinisation. Il faut en outre plus de 1 000 dollars par campagne pour l'équipement et les fournitures (échelles, ceintures de sécurité pour le grimpage, seringues, flacons et sacs à pollinisation non récupérables, etc.). Les moyens matériels et financiers nécessaires à ce projet sont actuellement fournis par les 'Departments of Genetics and of Forestry and Conservation of the University of California' à Berkeley, l' 'Institute of Forest Genetics' à Placerville (U.S. Forest Service) et l' 'Australian State and Federal Forest Services' via le 'Standing Committee of the Australian Forestry Council', de Canberra.

Cupressus macrocarpa Hartw.

Répartition naturelle

La répartition naturelle de C. macrocarpa tient toute dans deux populations situées sur la côte californienne, l'une sur la péninsule Monterey, l'autre à Point Lobos.

<u>Populations</u>	<u>Latitude</u>
Point Cypress	36°34'N
Point Lobos	36°31'N

Superficie totale occupée: 200 hectares environ

Etat des populations autochtones

Point Cypress: La plupart en domaines privés où la reproduction naturelle est limitée. Contamination génétique par des plantations d'ornement.

Point Lobos: La population entière se trouve dans la réserve domaniale de Point Lobos.

Les deux populations sont bien protégées, mais elles sont vulnérables, du fait de leur effectif réduit, aux catastrophes naturelles et à l'impact des activités humaines.

Mesures de conservation ex situ déjà prises

On a fait la collecte d'un échantillon de semences non sélectionnées sur 85 arbres de chaque population, dont une partie sera affectée à la conservation ex situ du patrimoine génétique.

Méthodes d'échantillonnage

1. Matériel végétal et époque de la collecte: Les cônes ont été récoltés au printemps de 1973, généralement sur les cimes supérieures, à l'aide d'une échelle et d'une gaule munie d'un sécateur. A Point Lobos, ils ont été prélevés dans sept peuplements, sur un nombre d'arbres entre 9 et 15, pris au hasard dans chaque peuplement. On en a également prélevé sur 10 arbres supplémentaires, isolés et sélectionnés. A Point Cypress, on a récolté les cônes de 10 à 12 arbres pris au hasard dans les 8 peuplements. On a prélevé en moyenne 25 à 50 cônes par arbre. Les cônes contiennent en moyenne une centaine de semences dont le pouvoir germinatif varie entre 0 et 40 pour cent. Les cônes sérotineux restant sur les arbres sans s'ouvrir pendant un nombre d'années qu'on n'a pas encore déterminé, on peut procéder à la collecte à n'importe quel moment de l'année. Au moment de la collecte, les cônes doivent avoir au moins l'âge de deux saisons de croissance.

2. Dispositions particulières: A Point Lobos, il nous a fallu une autorisation du California State Department of Parks and Recreation pour la collecte des semences. A Point Cypress, nous avons dû solliciter la permission des propriétaires des domaines privés.

Conservation des gènes

On a laissé sécher et s'ouvrir les cônes dans des sacs en papier pendant quatre semaines environ, après quoi on a placé les semences libérées dans des enveloppes et on les a entreposées à -10°C. Pendant plusieurs mois, les cônes ont continué à libérer des semences qu'on a ramassées périodiquement jusqu'à épuisement du cône. On envisage de commencer à planter un échantillon de cette collection au printemps de 1975 et de conserver plus tard les gènes de ces échantillons par croisements contrôlés.

Maintien et distribution des gènes

Par la suite, on se propose d'emmagasiner les semences dans plusieurs endroits non encore déterminés. Les priorités en ce qui concerne le maintien des gènes et la distribution des semences sont les mêmes que celles établies pour P. radiata (voir ci-dessus).

Coût de la conservation

Jusqu'ici, les coûts primaires se sont résumés au salaire d'un étudiant diplômé à mi-temps pendant trois mois environ, plus approximativement 1 500 dollars pour les frais sur le terrain, les fournitures et l'équipement. Les dépenses supplémentaires seront de l'ordre de celles afférentes aux dernières phases du projet sur Pinus radiata (voir ci-dessus). Les locaux et le financement nécessaires à l'exécution de ce projet sont fournis par les "Departments of Genetics and of Forestry and Conservation, University of California" à Berkeley et par la "U.S. Forest Service Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station".

Sequoiadendron giganteum (Lindl.) Buchholz

Répartition naturelle

On trouve le S. giganteum dans 70 bosquets sur le versant occidental de la Sierra Nevada en Californie, couvrant 15 200 ha environ (Wensel 1971). Le bosquet situé le plus au nord (Bosquet Placer) ne compte que six arbres; il se trouve au voisinage de la fourche médiane de l'American River à 39°N environ. A 500 km environ en direction sud, on trouve le bosquet le plus méridional, à Deer Creek dans le comté du Tulare, à 35°50'N. On trouve, à l'intérieur de cette marge latitudinale, des arbres isolés à des hauteurs de 823 m et de 2 683 m (Griffin et Critchfield 1972). La plupart des bosquets de S. giganteum gardent depuis des siècles les mêmes lignes de démarcation (Rundel 1971).

Etat des populations autochtones

Bosquet Placer: menacé. Pas de régénération naturelle. Danger de contamination par une plantation avoisinante qu'on soupçonne être d'origine non locale.

La plupart des bosquets de S. giganteum sont protégés dans des parcs et des parcs et des forêts domaniales, et la plupart des populations ne sont pas actuellement menacées d'extinction. Dans certaines parties de l'habitat de cette espèce, où on veille depuis des années à empêcher les incendies, l'accumulation de litière sur le terrain présente un danger croissant pour les arbres sur pied. De plus, il n'y a pas eu de reproduction importante dans beaucoup de ces régions depuis des dizaines d'années. En introduisant quelques changements dans l'aménagement des parcs de manière à produire de petits feux contrôlés dans les bosquets et dans leur voisinage, on réduirait le risque d'incendies et on ménagerait des emplacements pour de nouvelles reproductions.

Mesures de conservation ex situ déjà prises

Méthodes d'échantillonnage

1. Matériel végétal et époque de la collecte

Bosquet Placer: En 1973, des cônes ont été récoltés sur deux des six arbres du bosquet par des chercheurs de l'Institut de génétique forestière; ces chercheurs ont entrepris de cultiver dans leur pépinière des semis obtenus de ces cônes. Les semences en surplus seront incluses dans notre collection de gènes en conservation.

Collecte d'autres semences: Des cônes seront récoltés sur 600 arbres environ, non sélectionnés, dans l'aire de répartition. D'autres cônes seront également cueillis sur quelques arbres sélectionnés. Nous avons commencé cette collection en été 1973 avec des cônes cueillis sur 31 arbres pris dans six bosquets septentrionaux. On cueillera un cône par arbre, chaque cône ayant approximativement 240 semences (Hartesveldt et al 1970). Le pouvoir germinatif varierait de moins de 1% (Leroy Johnson, Institut de génétique forestière, communication personnelle, 1974) à 75% (Hartesveldt et al 1970).

Les cônes verts de S. giganteum peuvent rester fermés pendant 22 ans ou davantage, la viabilité maximale des graines étant signalée comme se produisant à cinq ans sur l'arbre (Hartesveldt et al 1970). Les branches tombées fournissent quelques cônes verts au printemps et en été, et on peut aussi ramasser des cônes à terre entre la fin de l'été et le début de l'automne lorsque les écureuils "chickory" s'affairent à les couper. Etant donné que les arbres adultes sont généralement assez distants l'un de l'autre dans leurs bosquets naturels, et que leur nombre ne dépasse ordinairement pas 5% du peuplement, on peut identifier de façon assez sûre l'appartenance à tel ou tel arbre des cônes ramassés sur le terrain. Les bosquets sont fréquemment inaccessibles pendant l'hiver à cause du fort enneigement.

2. Dispositions particulières: Il faut une autorisation spéciale de collecte pour pouvoir emporter du matériel végétal des parcs.

Conservation des gènes

On met les cônes à sécher dans des sacs en papier (à l'abri de la chaleur directe et de la lumière solaire) pendant plusieurs semaines jusqu'à ce qu'ils s'ouvrent et que les semences soient libérées. Celles-ci sont alors stockées dans des sacs de plastique à faible teneur hygrométrique et à une température au-dessous de zéro.

Maintien et distribution

Nous envisageons d'emmagasiner, par la suite, des semences de S. giganteum dans différents endroits. Les priorités en ce qui concerne le maintien des gènes et la distribution des semences sont les mêmes que pour P. radiata.

Coût de la conservation

Jusqu'ici, les coûts primaires étaient constitués par le salaire d'un étudiant diplômé employé à mi-temps pendant sept mois environ, plus 3 000 dollars environ de frais sur le terrain, de fournitures et d'équipement. Les premières collectes coûteront probablement l'équivalent de trois mois sur la même base. Les dépenses supplémentaires seront comparables à celles indiquées pour P. radiata (voir ci-dessus). Les locaux et le financement sont assurés par les "Departments of Genetics and of Forestry and Conservation, University of California" à Berkeley et par la Région Cinq du "U.S. Forest Service".

Autres espèces

Les collectes de semences n'ont pas toujours été faites aux fins de conservation des gènes. On ne possède pas cependant d'inventaire complet de ces collections. Stettler et Cummings (1973) ont dressé une liste des plantations, de source ou d'origine parentale connue, qu'on trouve dans l'ouest des Etats-Unis et du Canada. Mais l'utilisation de telles plantations pour la conservation génétique ex situ, est risquée car a) les arbres constituent parfois un échantillon sélectionné; b) il n'y a, en général, que très peu de populations représentées; et c) les gènes se trouvent tous dans des plantations en croissance, donc susceptibles de mortalité. D'autre part, les objections a) et b) s'appliquent aussi, d'une manière générale, aux collections existantes de semences stockées ou qui comprennent de telles semences. A signaler en outre d) que les semences ne sont généralement pas entreposées dans des conditions favorables à la viabilité à long terme; et e) que la conservation génétique n'a pas la priorité dans les attributions futures de semences.

Parmi les espèces californiennes, nous suggérons d'accorder la priorité absolue à la poursuite de la conservation ex situ des populations du littoral nord de Pseudotsuga menziesii, de celles de Pinus ponderosa de la Sierra Nevada et de la Californie méridionale et des populations d'autres espèces de la Californie méridionale qui se trouvent dans la bande de "smog". On s'occupera des autres populations et espèces mentionnées dans les colonnes 4a et 4b du tableau I dans une dizaine d'années, selon que les circonstances le permettront.

Miller (1973) examine le problème de l'érosion génétique dans son ensemble et relève le manque d'intérêt général à l'égard de la conservation des gènes. Elle signale l'effort majeur déployé par la Fondation Rockefeller dans ce domaine, mais fait remarquer qu'il porte sur les gènes ayant un rapport avec l'alimentation, et non sur les gènes des essences forestières (communication personnelle, L.M. Roberts, Associate Director, The Rockefeller Foundation, 25 janvier 1974). Le Service forestier des Etats-Unis, bien que participant activement à la reconnaissance des réserves in situ (Franklin, Jenkins et Romancier 1972; Romancier 1974), n'a pas encore entrepris un programme effectif de conservation ex situ (communication personnelle, S.L. Krugman, Programme Leader, Genetics and Related Projects USFS, 13 septembre 1972). La FAO a commencé à oeuvrer activement dans ce sens particulièrement au Mexique et en Australie, mais les fonds dont elle dispose sont limités si l'on considère l'urgence et l'ampleur des travaux à effectuer au plus tôt (communication personnelle, R.L. Willan, Division des ressources forestières de la FAO, 29 novembre 1973). Il est évident que ce problème appelle une organisation et un financement plus étoffés.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. W.B. Critchfield avec qui ils ont débattu de la question.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Franklin, J.F., R.E. Jenkins and R.M. Romancier, 1972. Research natural areas: contributors to environmental quality programmes. J. Environ. Qual. 1: 133-39.
- Griffin, J.R. and W.B. Critchfield, 1972. The distribution of forest trees in California. U.S.D.A. Forest Service Research Paper PSW 82, 114 pp.
- Hartesveldt, R.J., H.T. Harvey, H.S. Shellhammer and R.E. Stecker, 1970. Giant Sequoias of the Sierra Nevada. U.S.N.P.S. Contract N° 14-10-9-900-254. First rough draft of the manuscript, 219 pp.
- Libby, W.J. and M.T. Conkle, 1966. Effects of auxin treatment, tree age, tree vigour, and cold storage on rooting young Monterey pine. Forest Science 12: 484-502.

- Libby, W.J., M.H. Bannister and Y.B. Linhart, 1968. The pines of Cedros and Guadalupe Islands. *J. For.* 66: 846-53.
- Miller, Judith, 1973. Genetic erosion. Crop plants threatened by government neglect. *Science* 182: 1231-1233.
- Romancier, R.M., 1974. Natural area programmes. *J. For.* 72: 37-43.
- Rundel, P.W., 1971. Community structure and stability in the giant Sequoia groves of the Sierra Nevada, California. *Am. Midl. Nat.* 85: 478-492.
- Stettler, R.F. and J.C. Cummings, 1973. A guide to forest-tree collections of known source or parentage in the western United States and Canada. *Bull. # 3, Coniferous Forest Biome, IBP*, 59 pp.
- Unesco, 1973. Conservation des zones naturelles et des ressources génétiques qu'elles contiennent. *Projet MAB -8. MAB report series N° 12*, 64 pp.
- Wensel, L.C. and R.L. Schoenheide, 1971. Tree volume equations and tables from dendrometer measurements. *Hilgardia* 41: 55-76.

Tableau I

Famille, genre, espèce ^{a/}	(1) Importance							(2)	(3) Menace d'extinction	(4) Patrimoines génétiques menacés de contamination		
	Produits coupés					Arbres sur pied						
	Importance commerciale actuelle en Californie	Populations californiennes ayant une importance commerciale ailleurs	Importance commerciale en puissance	Populations non californiennes ayant une importance commerciale	Proches parents des espèces ayant une importance commerciale	Pour les besoins urbains et l'agrément	Caractère esthétique dans l'aire naturelle					
1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2	3a	3b	4a	4b	
CUPRESSACEAE												
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>				X		X						
<i>nootkatensis</i>				X	X							
<i>Cupressus abramsiana</i>									X	X		
<i>bakeri</i>												
<i>forbesii</i>												
<i>goveniana</i>								X	X			
<i>macnabiana</i>												
<i>macrocarpa</i>		X				X	X	X			X	
<i>nevadensis</i>												
<i>pygmaea</i>							X	X	X			
<i>sargentii</i>												
<i>stephensonii</i>										X		
<i>Juniperus californica</i>												
<i>communis</i>												
<i>occidentalis</i>							X	X				
<i>osteosperma</i>												
<i>Libocedrus (Calocedrus) decurrens</i>	X					X	X	?				X
<i>Thuja plicata</i>				X	X							

a/ Adapté d'après la liste révisée de Leroy C. Johnson, du 8 février 1974, des conifères californiens, qu'on peut obtenir auprès de M. L.C.J., Institute of Forest Genetics, 2480 Carson Road, Placerville, California, 95667.

	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2	3a	3b	4a	4b
PINACEAE												
Abies												
<i>amabilis</i>				X	X		X	X				
<i>bracteata</i>						X		X				
<i>concolor</i>	X			X	X	X	X	?				X
<i>grandis</i>			X	X	X	X	X	X				
<i>lasiocarpa</i>					X		X					
<i>magnifica</i>	X				X		X	X				X
<i>procera</i>				X	X							
Picea												
<i>breweriana</i>							X					
<i>engelmannii</i>				X	X							
<i>sitchensis</i>			X	X	X		X	X				X
Pinus												
subgenus												
Haploxyton												
<i>albicaulis</i>								X				
<i>aristata</i>							X	X				
<i>balfouriana</i>								X				
<i>flexilis</i>								X				
<i>lambertiana</i>	X			X			X	?			X	
<i>monophylla</i>							X					
<i>monticola</i>				X	X			X				
<i>quadrifolia</i>												
subgenus												
Diploxyton												
<i>attenuata</i>					X				X			
<i>contorta</i>												
<i>ssp. contorta</i>		X	X	X	X				X			X
<i>ssp. bolanderi</i>			X		X		X	X		X		X
<i>ssp. murrayana</i>				X	X			X				X
<i>coulteri</i>					X	X	X		X		X	
<i>jeffreyi</i>	X				X		X	?	X		X	
<i>muricata</i>												
blue race			X		X	X		X				X
green races					X							
<i>ponderosa</i>	X	X		X	X	X	X	?	X		X	
<i>radiata</i>	X	X	X			X					X	
<i>sabiniana</i>			X		X							
<i>torreyana</i>			X		X		X	X	X			
<i>washoensis</i>					X			X	X			
Pseudotsuga												
<i>macrocarpa</i>					X		X		X			
<i>menziesii</i>	X	X		X		X	X	?			X	

	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2	3a	3b	4a	4b
<i>Tsuga</i>												
<i>heterophylla</i>				X	X			X				
<i>mertensiana</i>					X			X				
TAXODIACEAE												
<i>Sequoia</i>												
<i>sempervirens</i>	X		X			X	X	X				X
<i>Sequoiadendron</i>												
<i>giganteum</i>			X			X	X	X				X

PINS DE L'AMERIQUE CENTRALE

par

R.H. KEMP

Unit of Tropical Silviculture, Commonwealth Forestry Institute, Oxford

INTRODUCTION

Les pins de l'Amérique centrale constituent un cas d'une importance et d'un intérêt particuliers dans le contexte de la responsabilité internationale en matière de conservation des ressources génétiques, et ce pour les quatre grandes raisons ci-après:

- 1) Les deux espèces principales (Pinus caribaea Mor et P. oocarpa Schiede) sont capitales pour la création de forêts artificielles dans les pays tropicaux et, par conséquent, pour l'approvisionnement futur en bois d'oeuvre. Du point de vue écologique et technique, il est probable qu'elles auront encore plus de valeur à l'avenir.
- 2) On trouve, dans l'aire naturelle de ces deux espèces, d'importantes variations entre les diverses populations où à l'intérieur de chacune d'elles. On vient seulement d'entreprendre l'étude systématique de ces variations en organisant des essais de provenance à l'échelon international, et il faudra longtemps pour mener à bien les opérations de prospection et d'évaluation.
- 3) La destruction des forêts naturelles de pins en Amérique centrale s'est accentuée progressivement au cours des 20 ou 30 dernières années, et de nombreuses populations se sont trouvées sérieusement épuisées; certaines sont en danger d'extinction.
- 4) Les pays de l'Amérique centrale n'ont que peu de moyens financiers et de spécialistes. Vu les problèmes économiques et sociaux qui les assaillent actuellement, la conservation des ressources génétiques dans leurs forêts y passe au second plan, malgré son importance certaine pour le monde entier.

La valeur de ces pins sur le plan technique tient à la qualité de leur bois et à leur taux de croissance. Leur bois se prête en effet à de multiples utilisations, soit directement comme bois d'oeuvre, soit après avoir été soumis à des traitements divers. Cette versatilité, de même que leur taux de productivité élevé dans les peuplements objets d'un aménagement intensif, constituent des qualités qui seront probablement très appréciées dans l'avenir. L'importance écologique de ces essences réside dans leur aptitude à une croissance productive sur des stations des basses terres tropicales, relativement stériles et exposées à la sécheresse en certaines saisons. Face à l'augmentation croissante des demandes compétitives de terre, il devient de plus en plus urgent de faire un meilleur emploi des vastes terres improductives des tropiques, tout en conservant les forêts existantes. C'est pour cette raison et aussi parce qu'on ne peut prévoir avec certitude quelles seront, à la longue, les besoins techniques de bois, qu'il est capital de préserver au maximum la variation génétique de ces populations sauvages altérée par les fortes pressions de l'environnement.

La diversité des pins dans cette région d'Amérique se manifeste surtout au Mexique où on compte une trentaine d'espèces et de nombreuses variétés, principalement à grande altitude. Le nombre des espèces diminue progressivement vers le sud; il est réduit à 10 au Guatemala - la majorité étant toujours dans les hautes terres - et à 3 espèces seulement au Nicaragua, limite méridionale des forêts naturelles de pins sur le continent américain. Ces trois espèces constituent les éléments les plus importants de cette monographie.

LES RESSOURCES

P. caribaea Mor var. hondurensis Barr et Golf

Les peuplements naturels de cette variété se rencontrent principalement dans les plaines côtières de l'Atlantique en Amérique centrale; ils s'étendent sur une bande généralement étroite à partir de la latitude 12°13'N jusqu'à la limite la plus méridionale du Nicaragua, presque à la frontière septentrionale de la Belize, à 18°N environ. A l'extrémité sud de son aire, on rencontre ce pin en petits peuplements épars, séparés par de vastes zones marécageuses où ne poussent que de l'herbe et des roseaux, et isolés des peuplements plus étendus de l'espèce qui se trouvent plus au nord par une forêt dense de feuillus. Bien que la hauteur moyenne des pluies annuelles à cette extrémité de l'habitat atteigne près de 3 800 mm, l'herbe se dessèche suffisamment pendant les trois mois les plus secs pour brûler intensément, surtout dans les années de très forte sécheresse, et on peut attribuer l'existence des peuplements de pins aux incendies périodiques qui se produisent dans les bandes de prairie situées entre les marécages complètement imbibés d'eau et la forêt semper virente dense. Au nord, en remontant l'aire côtière, on note une diminution progressive des précipitations annuelles jusqu'à 1 600 mm dans la Belize septentrionale. Les peuplements côtiers accusent quelques grands vides, particulièrement le long du littoral septentrional du Honduras où les chaînes de montagnes se rapprochent beaucoup de la mer et où il n'y a plus cette large plaine littorale qui se distingue par ses peuplements de P. caribaea.

Tandis que le long du littoral les peuplements se trouvent à faible altitude au-dessus du niveau de la mer, à l'intérieur du pays on rencontre cette essence à des altitudes allant jusqu'à 800 m et à des distances atteignant jusqu'à 300 km de la côte atlantique. La répartition à l'intérieur est, du moins actuellement, nettement discontinue; elle se limite aux vallées et aux pieds des massifs montagneux où elle a pâti de l'intervention de l'homme. Les conditions climatiques dans certains peuplements de l'intérieur sont très différentes de celles de la côte; la saison sèche y est généralement plus longue et plus intense. Les populations exposées aux plus grandes sécheresses se trouvent dans la large vallée supérieure du Rio Choluteca de la République du Honduras; elles sont bordées de basses collines rocheuses et sont à 700 m. environ au-dessus du niveau de la mer. La hauteur moyenne des pluies annuelles dans cette région se situe entre 650 et 900 mm, avec une période ininterrompue de six mois pendant lesquels la moyenne mensuelle des pluies tombe à moins de 30 mm. Les populations de cette région présentent un grand intérêt pour les stations saisonnièrement arides, mais elles ont été fortement décimées au cours des dernières années par suite d'une exploitation intensive suivie d'incendies.

P. caribaea var. hondurensis est déjà abondamment planté dans maints pays tropicaux et devrait l'être en 1975 au rythme annuel de 20 000 ha environ (Lamb, 1973). Presque toutes les plantations existantes dérivent des sources les plus nordiques de la Belize et du Guatemala, les seules auxquelles on avait le plus aisément accès. La demande actuelle de semences provenant de peuplements naturels dépasse de beaucoup l'offre.

P. oocarpa Schiede

L'aire naturelle de cette espèce s'étend du 28°N environ au Mexique, vers le sud jusqu'à 12°N au Nicaragua. Il y a peu de temps encore, on ne savait pas grand chose des populations de cette essence en Amérique centrale et ces provenances des plus tropicales présentent un intérêt particulier comme sources de semences pour les plantations dans les pays tropicaux à saisons sèches. Depuis 1969, on fait des collectes complètes de semences et de matériel botanique en Amérique centrale au titre du programme d'études de provenances concernant cette espèce et on sait qu'il y a de grandes variations entre les populations et à l'intérieur de chacune d'elles dans cette partie de l'habitat.

Dans l'intérieur montagneux et sec de l'Amérique centrale, on trouve ce pin en populations plus ou moins continues entre 700 m et 2 000 m; la moyenne annuelle des précipitations va ordinairement de 700 mm à 1 500 mm, et la saison sèche y est sévère et assez longue. On le trouve également à moins de 800 m en association avec *P. caribaea*. La comparaison entre les répartitions de ces deux espèces dans certaines régions où elles se chevauchent semble indiquer que *P. oocarpa* est celui qui résiste le mieux à la sécheresse, bien que leur faculté diverse d'adaptation aux incendies de surface du sol puisse avoir une certaine influence sur leur répartition relative (Kemp 1973). *P. oocarpa* est courant sur les pentes escarpées au sol peu profond, de bien à excessivement drainé. Etant moins accessibles, ces peuplements n'ont pas été aussi fortement exploités tant que les forêts de *P. caribaea*, plus accessibles, ne sont pas arrivées à épuisement. Le bois des deux espèces jouit actuellement d'une forte demande à l'exportation vers les Etats-Unis et l'Europe, et on en a considérablement intensifié l'exploitation.

P. pseudostrobus Lindl

La gamme latitudinale de cette espèce (y compris l'espèce très voisine *P. tenuifolia* Benth, considérée par certains botanistes comme une variété de *P. pseudostrobus*) est la même que celle de *P. oocarpa*, c'est-à-dire de 27°N environ à 12°45'N environ. On la rencontre rarement au-dessous de 1 200 m et elle apparaît, de manière caractéristique, dans des stations plus favorables que les deux autres espèces, étant apparemment moins résistante aux sécheresses saisonnières et/ou aux incendies. Aussi a-t-elle une moindre valeur potentielle comme essence à planter dans les tropiques. Toutefois, quelques-unes au moins des quelques provenances qui ont été essayées jusqu'ici accusent des taux d'accroissement très élevés dans les plantations. Les répartitions les plus tropicales au Nicaragua et dans le Honduras doivent encore être convenablement prospectées et évaluées. Beaucoup de ces populations sont actuellement isolées et très appauvries, et certaines sont en voie rapide d'extinction.

INFLUENCES DESTRUCTRICES

1. Exploitation

L'exploitation à grande échelle du bois des pins de l'Amérique centrale a débuté, il y a plus de trente ans, dans les régions les plus accessibles, voisines de la côte atlantique. On a commencé par des coupes sélectives, en n'abattant que les arbres les plus grands et les mieux formés, puis on a peu à peu intensifié les opérations à mesure que les réserves diminuaient, pour les étendre finalement à toutes les forêts accessibles de l'intérieur. De nombreuses zones ont été l'objet de deux ou trois coupes, de sorte qu'il ne reste plus que quelques arbres de qualité très médiocre. Comme en général, on ne s'est pas soucié de régénérer ces zones, les meilleurs génotypes de ces peuplements ont non seulement disparu - comme on l'a observé dans des conditions similaires en d'autres endroits (Zobel 1970) -, mais la forêt a aussi été détruite sur de vastes superficies par suite d'incendies qui suivirent l'abattage excessif.

2. Défrichement des terres

Les forêts naturelles de *P. caribaea* et de *P. oocarpa* qui restent en Amérique centrale se réduisent presque entièrement à des stations trop pauvres pour y faire des cultures rentables. L'agriculture itinérante de subsistance continue de faire des ravages dans les forêts de pins moins accessibles pour l'exploitation du bois. Actuellement, *P. pseudostrobus* en pâtit plus que les deux autres espèces, du fait qu'il se trouve sous des conditions de climat et de sol plus favorables, et la culture itinérante est très certainement à la base de la destruction des peuplements naturels de cette essence qui couvraient de grandes surfaces dans les hautes terres du Honduras et du Guatemala. Le défrichement des terres pour procurer du pâturage au bétail s'est progressivement étendu aux forêts de pins comme corollaire à l'exploitation de leur bois, malgré le pâturage très maigre que peuvent produire des terres si peu fertiles. Le brûlis périodique de l'herbe qu'on pratique de pair avec l'élevage est fatal pour la régénération des pins.

3. Incendies

On admet généralement que les forêts de P. caribaea et de P. oocarpa de l'Amérique centrale sont le produit d'une régression provoquée par les incendies (Johannessen 1959; Denevan 1960; Taylor 1963; Hunt 1970), mais depuis qu'on a commencé l'exploitation intensive de la forêt et l'élevage du bétail, les régimes d'incendies sont devenus fatals pour la régénération des pins. On pratique beaucoup la coupe pendant la saison sèche et les incendies sont généralement associés aux opérations d'abattage. Seuls les arbres les plus médiocres demeurent pour profiter de la terre défrichée lors de la saison fructifère suivante. Même si on ne brûle pas délibérément la zone dans l'année qui suit, il y a de fortes chances que l'incendie s'y propagera à partir des régions voisines. On pratique aussi, d'ordinaire, le brûlis annuel lorsqu'on introduit l'élevage. L'introduction de l'herbe africaine Hypparhenia rufa (Nees) Stapf. comme herbe de pâturage a très certainement aggravé les incendies sur de vastes étendues des forêts de pins en Amérique centrale (Kemp 1973). Cette essence pousse beaucoup plus haut que les herbes naturelles et forme, par places, des amas de matière inflammable.

4. Scolytes

Plusieurs espèces de Dendroctonus sont endémiques dans les forêts de l'Amérique centrale, et les proliférations explosives des populations qui se produisent périodiquement ont provoqué de sévères destructions sur de vastes étendues de pins. Lorsqu'une forte attaque provoque de lourdes pertes dans des peuplements bien fournis, elle est souvent suivie d'une régénération dense de pins, de sorte que, malgré la perte d'un volume important de bois sur pied, les ressources génétiques se maintiennent. Lorsque, toutefois, l'attaque s'étend à des peuplements déjà appauvris par une exploitation intense et comprenant un grand nombre d'arbres endommagés ou malsains et décimés par de fréquents incendies fatals à la régénération, elle constitue une autre cause de destruction de la population tout entière.

5. Collecte de semences et de résine

La faveur que rencontrent les semences de P. caribaea sur les marchés internationaux est, dans certaines régions, à la base d'activités destructrices résultant de la fréquence et de l'importance des collectes de semences. L'arrachage de tous les rameaux porteurs de cônes qu'on pratique habituellement a aussi sa part dans la mort que subissent certains arbres dans les régions où la collecte de semences n'est pas convenablement contrôlée. De même, l'emploi de méthodes grossières de gemmage des arbres pour la récolte de résine, comportant le perçage de larges trous dans le tronc, a causé la mort d'un grand nombre d'arbres de P. oocarpa dans certaines régions. Toutes ces opérations ne peuvent que contribuer à la destruction des ressources génétiques lorsqu'elles sont associées aux facteurs importants que nous avons mentionnés: exploitation, défrichement des terres et incendies.

INFLUENCES PROTECTRICES

1. Influences écologiques

Bien que l'exploitation les ait sérieusement amenuisées ces dernières années, les populations naturelles de P. caribaea et de P. oocarpa subsisteront sans doute longtemps encore au centre de leur habitat écologique, c'est-à-dire, respectivement, dans la vaste plaine côtière de l'Atlantique et sur les pentes montagneuses escarpées, peu fertiles et arides en certaines saisons de l'année. Dans ces régions, il est peu probable que l'intervention soutenue de l'homme s'étende au point d'éliminer complètement les pins, et il est vraisemblable que persisteront au moins des poches résiduelles des forêts continues originales. Bien que les géotypes individuels soient voués à la disparition, le patrimoine héréditaire continuera d'exister. Ce qui est plus préoccupant, ce sont les populations, probablement plus spécialisées, qui se trouvent en lisière de l'habitat écologique ou géographique de chaque espèce, où les peuplements qui restent sont déjà isolés des

zones principales du centre de l'habitat; et où toute intensification soudaine des influences destructrices risque de les éliminer complètement. Ainsi se présente la situation à la limite méridionale des deux espèces et également dans les populations de P. caribaea qui se trouvent dans les zones intérieures où règne une sécheresse intense. De nombreuses populations méridionales de P. pseudostrobus sont actuellement menacées, incapables qu'elles sont de résister, comme le font les deux autres espèces, à des conditions aussi défavorables.

2. Influence de l'aménagement

Maintenant que l'on se rend mieux compte de l'importance économique des forêts de résineux en Amérique centrale, leur exploitation est plus rigoureusement contrôlée. Des plans de lutte contre l'incendie visant à assurer la régénération des pins ont été instaurés dans certaines zones où ils ont donné des résultats spectaculaires, comme c'est le cas dans le Mountain Pine Ridge en Belize et dans le nord-est du Nicaragua. Outre ces programmes gouvernementaux, quelques propriétaires privés ont aussi aménagé leurs forêts de résineux de manière à favoriser la régénération naturelle. Toutefois, ces programmes permettent seulement de préserver les ressources en bois d'oeuvre de valeur commerciale et ne s'étendent pas aux populations qui, du fait de leur isolement ou du sévère épuisement qu'elles ont subi, sont sérieusement menacées. En admettant même qu'il existe un cadre juridique pour la protection de ces peuplements, les moyens pratiques de l'assurer font défaut. Dans quelques rares régions, la valeur qu'on accorde aux forêts, en tant qu'agents de protection des bassins de captation des eaux, suffira à assurer très vraisemblablement leur conservation, mais ces conditions ne se rencontrent qu'exceptionnellement.

3. Influence au niveau international

L'intérêt que portent les pays autres que ceux de l'Amérique centrale aux ressources de résineux s'est soldé par l'établissement de parcelles d'expérimentation et de plantations, dont la plupart sont limitées, à l'origine, à quelques sources de semences seulement. Des collectes de semences dans tout l'habitat aux fins de recherches sur les provenances ont commencé en Amérique centrale en 1969 sous égide internationale, et la collecte de semences destinée à la mise en place de peuplements pour la conservation génétique ex situ est actuellement en cours. Telles sont actuellement les seules mesures effectives de conservation génétique des populations les plus menacées dans les forêts naturelles. Une intervention internationale dans la conservation génétique ex situ ne s'impose pas nécessairement pour le choix des emplacements des peuplements assurant cette conservation, étant donné que certains de ces derniers, tout au moins, peuvent fort bien être établis dans leur pays d'origine. Toutefois, la majeure partie des dépenses qu'entraîneront ces opérations devraient être couvertes par des fonds de provenance internationale.

CONSERVATION DES PATRIMOINES GENETIQUES IN SITU

Limitations

Les principaux facteurs qui limitent actuellement l'utilisation de la conservation génétique in situ dans les forêts de résineux en Amérique centrale sont d'ordre social, politique et économique, plutôt que technique. La conservation in situ ne peut être tentée que là où une protection suffisante contre les grandes influences destructrices peut être assurée pendant assez longtemps pour sauvegarder la ressource. La conservation sans un contrôle suffisant ne serait pas non plus payante. La plupart des habitants ruraux en Amérique centrale vivent au niveau de la subsistance et ne peuvent guère compter que sur les ressources naturelles pour leur existence. La mise en défens d'une zone forestière par une autorité extérieure, à des fins de conservation, ne peut que susciter du ressentiment et même un redoublement d'intervention, à moins d'encouragements spéciaux et/ou de mesures de protection particulières. Dans la plupart des régions, la fourniture d'une protection suffisante pose de trop gros problèmes administratifs et coûte trop cher. Il faut donc, pour cela, s'en remettre aux influences écologiques, en s'aidant, s'il y a lieu, de la conservation ex situ.

Font exception les zones bénéficiant d'un certain aménagement visant à assurer la régénération naturelle de la forêt. Dans la mesure où cette pratique est efficace, elle perpétuera le patrimoine génétique; on risque cependant d'introduire plus tard une régénération artificielle en utilisant des semences qui proviennent d'ailleurs. Pour établir les principes et les techniques de la conservation in situ, il est souhaitable de dresser des plans-pilotes dans l'espoir de pouvoir ultérieurement les appliquer plus généralement. Dans ce cas, les zones-pilotes de conservation génétique doivent s'inscrire dans des plus vastes projets d'aménagement.

Choix des zones-pilotes

Les projets d'aménagement les plus grands et les plus rationnels sont ceux actuellement mis en oeuvre dans la partie nord-est du Nicaragua (P. caribaea) et du Mountain Pine Ridge de Bêlize (P. caribaea et P. oocarpa). Ces deux régions se situent aux extrémités opposées de la marge latitudinale et climatique de l'espèce sur la côte, bien que les peuplements importants dans la partie la plus méridionale de l'habitat soient en dehors de la zone actuellement sous contrôle au Nicaragua. Certaines mesures de lutte contre les incendies sont aussi prises dans la plaine côtière de la Bêlize et il est prévu d'étendre cette protection à une zone qui comprendrait 26 000 ha de peuplements côtiers de P. caribaea. Dans le Mountain Pine Ridge, la conservation génétique semble assez bien assurée, étant donné qu'une partie au moins sera gardée comme parc national, en plus des vastes étendues régénérées naturellement, pour la production de bois et de résine. De plus, les populations de P. caribaea du Mountain Pine Ridge sont celles qui sont les mieux représentées parmi les 50 000 ha de plantations déjà effectuées dans d'autres pays. Les deux régions qui conviennent le mieux aux études-pilotes sont donc le nord-est du Nicaragua, où il y a actuellement plus de 330 000 ha sous protection, et la plaine littorale de Bêlize.

Il serait également souhaitable d'y inclure l'autre extrémité de l'aire écologique de l'espèce, à savoir les peuplements de la région sèche intérieure, située dans la vallée supérieure du Rio Choluteca au Honduras. On aurait un avantage supplémentaire, celui de doter ce pays d'un plan-pilote. Il pourrait en être de même pour les intéressants peuplements isolés qui se trouvent au voisinage de Poptun, au Guatemala, mais on se heurterait dans ces régions à de nombreux autres problèmes de conservation in situ et c'est pourquoi, en ce qui concerne le plan-pilote, il vaut mieux concentrer les efforts sur la Bêlize et le Nicaragua.

La dimension de la zone nécessaire dépend en partie du peuplement initial d'individus géniteurs mûrs, et en partie du besoin de rechercher et d'éprouver de bonnes méthodes d'aménagement. En l'absence totale d'incendies pendant une révolution complète (éventuellement 40 à 50 ans), il est probable que le pin ne parviendra pas à se régénérer convenablement face à la concurrence des espèces feuillues. Pour cette raison, et aussi en vue de réduire les risques d'incendie et les dépenses que nécessite la protection, il est souhaitable de provoquer de petits incendies contrôlés, une fois que la régénération est bien en marche. Pour permettre les expériences qui s'imposent, il faut que la zone soit assez étendue et qu'elle comporte des parcelles de résineux aux différents stades de régénération. On devra donc prévoir à toutes ces fins des parcelles d'environ 100 ha chacune, contenant en moyenne de 200 à 300 tiges par hectare d'individus reproducteurs, dans des stations de 15 ans d'âge ou plus. Ainsi, une zone totale de 100 ha contiendrait en permanence de 8 000 à 12 000 arbres reproducteurs sur 40 ha, à côté de 60 ha de peuplements immatures ou en régénération.

Le choix effectif des stations se fera en consultation avec les autorités forestières locales, et moyennant une visite de 3 mois par un consultant d'une Organisation internationale pour arrêter ce choix et prendre toutes dispositions avec les autorités compétentes. Deux ou trois stations peuvent être retenues dans chacun des grands plans d'aménagement. Il faudrait aussi étudier la possibilité d'étendre ces plans-pilotes à d'autres régions, voire d'autres pays.

Coût de la conservation

Comme nous venons de le suggérer, les plans-pilotes s'inscriraient dans de plus vastes programmes d'aménagement, avec lesquels ils auraient en commun des frais généraux et se partageraient les opérations normales de protection de la forêt. Il importe que le plan de conservation génétique soit pleinement intégré et que les autorités forestières le considèrent comme faisant partie de leur propre projet. De toute évidence, le pays en cause ne peut en retirer que des avantages à longue échéance, et on peut considérer que le coût de la zone de conservation entre dans les dépenses normales du programme plus général d'aménagement. Toutefois, en dehors des dépenses du début afférentes au choix et à la délimitation des zones, les opérations plus intensives à entreprendre dans la zone de conservation pour assurer un haut degré de protection et mettre en oeuvre les divers régimes d'incendies contrôlés dans les différentes stations, entraîneront à coup sûr des dépenses annuelles un peu élevées.

Les premières dépenses directes, entièrement à la charge de l'institution internationale patronant le plan-pilote, comprennent le salaire, ainsi que les indemnités de subsistance et les frais de voyage du consultant. Compte tenu de l'augmentation des tarifs aériens, ces dépenses s'élèveraient, au total, à 10 000 dollars E.-U.

Le coût des opérations sur le terrain pour la délimitation des zones, la construction des routes d'accès, l'installation de pare-feux, et le maintien d'un service de détection et de lutte contre les incendies dans la zone ou la menaçant, ne peut être déterminé qu'avec les autorités intéressées.

On trouve, dans un rapport de la FAO sur la lutte contre les incendies dans la région pertinente du Nicaragua (FAO 1973) une estimation du coût annuel de l'extension du projet à la zone proposée; ce coût s'élève approximativement à 237 000 dollars E.-U. pour les trois premières années, compte non tenu de certains frais généraux communs avec d'autres projets, soit 1,8 dollar E.-U. environ par hectare protégé. La superficie totale englobée par le nouveau projet de lutte contre les incendies proposé pour la Bêlize est beaucoup moins étendue et on ne possède encore aucun devis précis pour ce projet. Compte tenu de l'amortissement des véhicules et de l'installation sur 10 ans, ainsi que de celui des bâtiments sur une période allant jusqu'à 50 ans, et en supposant que les salaires du personnel de surveillance ne soient imputables au projet de protection que pendant trois mois et demi par an, le coût annuel s'élèverait à 4,00 dollars environ par hectare. En prenant ce chiffre comme base de calcul, la protection d'une zone de conservation génétique de 100 ha reviendrait à 400 dollars E.-U. si cette zone est traitée sur un pied d'égalité avec tout le reste du programme d'ensemble.

Au cours de la première année, le coût de l'aménagement des routes d'accès aux peuplements désignés pour la conservation et de sentiers ou tranchées pare-feu autour d'eux sera légèrement supérieur à la moyenne générale des dépenses annuelles, et il se peut que la délimitation des parcelles et le dénombrement des arbres entraînent des frais supplémentaires. Mais les routes qu'on aura établies et les données qu'on aura recueillies serviront aussi au programme général d'aménagement. Nous suggérons donc de partir des estimations suivantes: contribution initiale pour les opérations sur le terrain pendant la première année; 1 000 dollars E.-U. pour chaque station de conservation de 100 ha; et contribution annuelle pour les mesures de protection pendant les 10 premières années, 500 dollars E.-U. par station. On peut aussi considérer les contributions qu'on aura évaluées pour une période de 10 ans pour toutes les stations désignées pour la conservation dans un plan général d'aménagement comme une seule contribution à inclure dans les dépenses initiales pour achat d'équipement.

La sécurité à long terme des zones de conservation dépendra de l'intérêt soutenu qu'y porteront les fonctionnaires locaux responsables. Il serait bon que ces derniers se rendent dans d'autres pays où l'on entretient des zones de conservation génétique, et il faudrait prévoir à cet effet, une somme de 10 000 dollars E.-U.

Les dépenses totales sur dix ans, y compris celles afférentes aux premières visites d'un consultant dans quatre pays, au choix et à l'aménagement de six projets-pilotes de conservation génétique dans deux pays, et aux bourses de voyage pour le personnel local s'élèveraient approximativement à 53 000 dollars E.-U. Cette mise de fonds est modeste au regard de la contribution internationale requise pour financer la conservation génétique ex situ, indispensable à la sauvegarde des populations les plus en danger dans l'immédiat.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Denevan, W.M., 1960. The upland pine forests of Nicaragua. Univ. of Calif. Publ. in Geography Vol. 12 No.4, Berkeley, U.S.A.
- F.A.O., 1973. Investigacion sobre el fomento de la produccion de los bosques del Noreste de Nicaragua. FO: SF/NIC 9, Informe tecnico 4, Rome.
- Hunt, D.R. 1970. Some observations on the pine savannas of British Honduras. Intern. Rep. Roy. Bot. Gdns., Kew, London.
- Johannessen, C.L., 1959. Geography of the savannas of interior Honduras. Dept. of Geogr. Univ. of Calif., Berkeley, U.S.A.
- Kemp, R.H., 1973. International provenance research on Central American pines. Comm. For. Rev. 52 (1) 55-66.
- Taylor, B.W., 1963. An outline of the vegetation of Nicaragua. J. of Ecol. 51 (1).
- Zobel, B., 1970. Mexican pines. In Genetic resources in plants - their exploration and conservation. ed. O.H. Frankel and E. Bennett, Blackwell Scientific Publications, Oxford. I.B.P. Handbook No. 11.

FEUILLUS TROPICAUX

par

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

INTRODUCTION

Les espèces de feuillus tropicaux sont très nombreuses et leurs écosystèmes, bien que très fragmentés, se rencontrent partout sous les tropiques. La majorité de ces espèces ne sont connues que du point de vue taxonomique, et on ne sait pas grand chose de leur écologie et de leur génétique. Leur répartition est en régression constante et le reste des écosystèmes dans lesquels on les rencontre sont amplement disloqués. Aussi les feuillus tropicaux ont-ils plus besoin d'être préservés que tout autre écosystème forestier au monde. A part un très petit nombre d'entre elles, ces espèces ne sont pas cultivées et ne se trouvent qu'à l'état sauvage. C'est pourquoi l'existence de la plupart de ces espèces dépend de l'intégrité continue de leurs écosystèmes.

L'insuffisance des renseignements et l'ampleur du problème ne permettent pas de traiter en détail la méthodologie des feuillus tropicaux pour chacune des trois grandes régions où ils se trouvent. Aussi avons nous limité cette monographie à l'Afrique, et en particulier au Nigeria, tout en nous plaçant dans l'optique du problème mondial.

Dans la plupart des pays d'Afrique tropicale, le domaine forestier, qui comprend une grande partie des forêts denses restantes, est administré par les Services forestiers de l'Etat. Dans d'autres, de vastes zones forestières sont régies par les administrations de parcs nationaux. On ne peut donc entreprendre des mesures efficaces en vue de la conservation des écosystèmes forestiers tropicaux et des ressources génétiques des espèces feuillues qui le constituent que par l'intermédiaire de ces services officiels. Nulle projet de méthodologie de conservation ne saurait ignorer ce fait.

Les écosystèmes forestiers tropicaux servant aussi d'habitat à toute une variété d'espèces sauvages rares, leur conservation intéresse également les zoologistes, les écologistes et les spécialistes de l'aménagement de la faune sauvage. De plus, en assurant l'intégrité d'un grand nombre de ces écosystèmes menacés, on préservera celle de nombreux bassins versants importants et on freinera l'érosion. Pour toutes ces raisons, il est évident que les forestiers et tous ceux qui oeuvrent à la conservation de l'héritage forestier africain et de ses ressources doivent conjuguer leurs efforts et se tenir en contact étroit les uns avec les autres.

ECOSYSTEMES DE FEUILLUS TROPICAUX

Répartition, structure et composition

Les écosystèmes de feuillus tropicaux se rencontrent dans trois régions du monde. Ce sont les parties boisées de l'Afrique, de l'Asie du Sud-Est et de l'Amérique centrale et du Sud, situées entre les tropiques du Cancer et du Capricorne.

On en connaît trois grandes formations, à savoir les forêts de pluie sempervirentes, les forêts humides sempervirentes et les forêts sèches sempervirentes, et c'est dans ces trois formations, en particulier les deux premières, qu'on trouve les feuillus tropicaux en quantités commerciales.

Presque toutes les espèces et la plupart des familles qu'on rencontre dans chacune de ces trois formations varient d'une région géographique à l'autre. Cependant, la structure des écosystèmes forestiers primaires, ainsi que les étapes successives de leur développement dans chaque région se ressemblent beaucoup et il n'y a pas, en général, d'écosystèmes forestiers tropicaux qui possèdent des "synusiae" qu'on ne trouve pas ailleurs (Richards 1952).

Dans chacune de ces trois régions, les écosystèmes forestiers se caractérisent par de très nombreuses espèces dont aucune ne prédomine par la fréquence et dont la grande majorité n'est représentée que par très peu d'individus à l'hectare (Tableau 2, Fig. 1). Cette dernière caractéristique pourrait être adaptative et basée sur des rapports hôte-parasite (Connell 1970).

Les écosystèmes plurispécifiques et très stables se rencontrent généralement dans des milieux offrant des conditions de croissance optimales et jouissant de stabilité depuis longtemps. De tels environnements se trouvent surtout dans les écosystèmes des régions tropicales humides et subtropicales (Stern et Roche 1974).

Malgré leur uniformité écologique apparente, les écosystèmes forestiers tropicaux présentent une multitude de niches, qui ont pu être peuplées en partie par l'effet du hasard, mais principalement par les facteurs spéciaux qui les caractérisent. Il se peut que cette spécialisation n'affectant que quelques caractères, par exemple, la taille des arbres adultes, le taux de croissance, la durée du cycle de vie, la tolérance à l'ombre, la stratégie de la reproduction, le type du dispositif de dispersion, la phénologie de la feuillaison, de la floraison et de la fructification (voir Richards 1969). Il se peut aussi qu'ils y ait des zones où les niches sont plus ou moins fréquentes, comme celles où le sol n'est pas partout du même type et celles où les tendances des valeurs climatiques moyennes le long des versants montagneux sont différentes, ce qui favorise les cloisonnements dans la répartition de l'espèce ou certaines évolutions dans la fréquence des espèces. Une structure d'écosystème dont la complexité s'accroît avec le temps peut aussi fournir d'autres occasions de spécialisation. La profusion d'espèces dans les forêts tropicales ne tient donc pas seulement à la stabilité du milieu et aux conditions de croissance optimales qui favorisent les spécialisations extrêmes à l'intérieur des niches étroites, mais aussi à l'âge de ces systèmes. Tout processus évolutif prend du temps. Plus le temps passe en milieu constant, plus il s'y forme d'espèces. (Stern et Roche 1974).

EFFETS DE L'INTERVENTION DE L'HOMME

Stern et Roche viennent d'étudier les effets de l'intervention de l'homme sur les écosystèmes forestiers tropicaux (1974). On trouvera ici un résumé des passages pertinents de cette étude.

Le couvert végétal africain original a tellement changé sous l'effet des activités humaines qu'il est difficile, sinon impossible, de dresser la carte de sa végétation en fonction d'un concept de gradation climatique, et que nombre de chercheurs ont préféré le faire sur la base de la végétation naturelle existante (Shantz et Turner 1958). Richards (1952) signale qu'à moins d'efforts résolus pour arrêter la destruction, toute la forêt tropicale humide risque de disparaître au cours de la génération actuelle, à l'exception des rares zones inaccessibles et de quelques réserves forestières artificiellement entretenues pour leurs ressources en bois.

On a estimé (Shantz 1948) que la superficie occupée alors par des forêts à population dense, en Afrique tropicale, était d'environ 530 millions d'hectares. La savane et les herbages adjacents, dérivés principalement de la destruction des forêts s'étendaient sur près de 900 millions d'hectares, dont la plus grande partie, voire la totalité, serait susceptible, avec un aménagement approprié, de produire à nouveau une forêt. Shantz (1948) conclut que les forêts à population dense de l'Afrique tropicale étaient déjà, à cette époque, réduites au tiers de ce qu'elles avaient probablement été à l'origine, et qu'elles régressaient encore rapidement. Ce bouleversement généralisé des écosystèmes forestiers épuise les ressources

génétiques d'un grand nombre de feuillus tropicaux et met en danger l'existence d'espèces entières. On trouvera un exposé détaillé de la situation actuelle en ce qui concerne la conservation de la végétation naturelle de l'Afrique dans la publication "Conservation of the Vegetation South of Sahara" (Hedberg et Hedberg 1968).

Le reliquat des écosystèmes forestiers tropicaux se limite actuellement dans maintes parties du monde, à des réserves forestières domaniales. Il ne s'ensuit pas pour autant que les espèces autochtones qui s'y trouvent sont régénérées aux fins d'usage futur. L'abattage continue et les zones défrichées sont parfois plantées d'espèces arborées exotiques à croissance rapide comme *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Pinus* et *Eucalyptus* spp. Presque partout en Afrique, on a jugé plus facile d'établir des plantations d'essences exotiques que d'aménager des écosystèmes naturels de forêts de haute futaie hétérogènes, riches en espèces. Ainsi, les pratiques forestières modernes, en de nombreuses parties des tropiques, et en Afrique certainement, tendent-elles à remplacer les écosystèmes forestiers naturels par de vastes étendues de plantations d'une seule espèce d'origine exotique.

Malgré l'exigüité du domaine forestier réservé dans beaucoup de pays tropicaux (moins de 2 pour cent des terres sont couvertes de réserves de forêts de haute futaie au Nigéria), de fortes pressions s'exercent en faveur de la conversion des terres forestières. Depuis la seconde guerre mondiale, et sous l'effet d'une densité de la population sans cesse croissante, de vastes étendues de terres forestières réservées ont été livrées à l'agriculture ou occupées par des communautés agricoles qui quittent les zones aux sols appauvris qu'elles exploitaient à la périphérie des réserves.

Dans les tropiques, les écosystèmes forestiers naturels sont détruits définitivement ou massivement désorganisés à un rythme qui ne cesse de croître. En outre, il semble qu'on n'ait que relativement peu avancé dans l'étude de ces écosystèmes du point de vue de l'écologie et de la génétique au cours des trente dernières années, période pendant laquelle ils ont été soumis à l'exploitation la plus intensive. De nombreux écosystèmes tropicaux à travers de vastes régions géographiques, ainsi que les espèces qui les constituent, risquent fort d'être définitivement perdus, et ce avant même qu'on ait pu en faire une étude biologique minutieuse pour juger de leur utilité présente ou future pour l'homme.

RESSOURCES GENETIQUES DES FEUILLUS TROPICAUX

La propagation du pollen et celle des semences ont leur importance dans la création de la diversité spécifique et son maintien. Elles déterminent l'effectif réel de la population des espèces aussi bien que les dérives génétiques et les effets connexes. La pollinisation est fonction de la distance de la présence de vecteurs et de l'époque de la floraison. La propagation des semences est généralement limitée et la régénération en bouquets n'est pas rare. Ainsi, bien que la faible densité de population et l'autogamie soient des traits caractéristiques d'espèces appartenant à de nombreux écosystèmes tropicaux, la présence de petits bouquets d'arbres facilite la pollinisation croisée. En outre, il se peut que le caractère dioïque, qui fait que la pollinisation croisée est obligatoire, soit fréquent dans certains écosystèmes tropicaux. On a constaté, dans une forêt humide du Sarawak, que 26 pour cent de 711 espèces d'arbres de plus d'un pied de circonférence étaient dioïques, contre des pourcentages estimés à 2 pour cent pour la flore britannique et à 5 pour cent pour les plantes à semences dans l'ensemble du monde. La plupart des espèces dioïques ont été trouvées dans les strates inférieures. La pollinisation par le vent est rare et les principaux vecteurs sont les insectes, les oiseaux, les chauves-souris et les petits animaux. A Brunei, sur une superficie de 100 acres (40 ha), on a trouvé une seule espèce arborée sur 760 se pollinisant par le vent. Elle poussait - fait caractéristique - au sommet des montagnes. La pollinisation par le vent est plus fréquente dans les stations extrêmes comme les rives de cours d'eau, les landes, les sommets des montagnes (Ashton 1964, 1969 - voir Poore 1968 pour les recherches complémentaires sur les forêts humides de Malaisie).

L'interdépendance de la flore et de la faune des écosystèmes tropicaux est souvent le résultat d'une co-adaptation. On a démontré, par exemple, que chez 40 espèces de Ficus explorées en Amérique centrale, chacune avait son propre vecteur de pollen; une seule espèce en avait deux. Des deux grandes catégories taxonomiques de Ficus étudiées, chacune avait sa propre espèce de guêpe (Agaonidae) comme vecteur de pollinisation, en fonction de sa croissance. Les espèces de Ficus introduites n'ont pas produit de semences lorsque l'agent pollinisateur faisait défaut (Ramirez 1970). Cette interdépendance entre vecteur et espèce semble indiquer que si l'écosystème se disloque de manière que le vecteur ne soit plus présent en nombre suffisant pour assurer la pollinisation, la formation de semences se réduit et l'espèce est éventuellement éliminée, à moins qu'il ne se produise une modification dans le système de fécondation. Il y a cependant des preuves qu'un changement dans le système de fécondation est susceptible de se produire si un tel changement favorise la survie de l'espèce.

La dispersion des semences est un mécanisme de migration plus efficace que la propagation du pollen. Là aussi, les semences légères que le vent propage sont rares dans les écosystèmes forestiers tropicaux; il y a cependant des exceptions, comme par exemple Bombax buonopozense et Ceiba pentandra (Hall 1974). On trouve en prédominance, dans ces écosystèmes, des fruits lourds contenant de grosses réserves alimentaires, qui favorisent l'installation de semences à l'ombre. La dissémination par les animaux est fréquente. Selon Osmatson (1965), la roussette (Eidolon helvum) peut consommer plus de 500 graines de Chlorophora excelsa - espèce feuillue dioïque commerciale - en se nourrissant de ses fruits pendant une seule nuit, puis les disséminer par la fiente.

L'adoption exigée d'une population varie avec la position que l'espèce occupe dans la succession. La succession commence à partir des espèces-pilote et se termine avec la prédominance d'espèces ortho-écologiques ou avec une végétation sous-climacique. Les deux types d'espèce se colonisent ou se recolonisent d'une manière différente, et demandent à leur milieu respectif des éléments également différents (Stern et Roche 1974).

Les écosystèmes forestiers climaciques sont périodiquement victimes de catastrophes naturelles qui peuvent causer de grands vides dans la forêt. Les processus naturels du vieillissement et de la mort font de petites trouées qui permettent à l'écosystème de se régénérer. Les espèces-pilote qui, en général, ont besoin de lumière, croissent rapidement, ont une vie courte et colonisent les grands vides. C'est ainsi qu'on trouve Cecropia et Ochroma spp. dans les espaces vides de la forêt primaire de l'Amérique du Sud; Musanga cecropioides et Maesopsis eminii respectivement en Afrique occidentale et orientale; Macaranga en Malaisie et les espèces Adinandra, Mallotus, Melochia et Trema en Asie du Sud-Est (Richards 1971). A leur tour, ces essences-pilote auront des successeurs qui passeront par divers stades de succession. On a, en outre, beaucoup de preuves qu'une combinaison d'espèces d'un système ortho-écologique, dans un endroit et à une époque donnés, n'a pas pour lui succéder, à la suite d'une production de vides à l'intérieur de la forêt, les éléments de la même combinaison, mais une combinaison différente. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'une zone très étendue de forêt mixte, il y a de nombreuses chances que toutes les combinaisons soient représentées. On peut en conclure que l'équilibre dynamique des combinaisons d'espèces dans des systèmes ortho-écologiques, bien qu'il soit variable dans l'espace et dans le temps, est pratiquement constant dans une zone de grande étendue. Les petites trouées causées par exemple par la mort d'un dominant peuvent être occupées par de jeunes plants tolérant l'ombre, qui croissent rapidement, une fois disparue la cime dense sous laquelle ils avaient réussi à s'installer. La trouée est ainsi comblée par une espèce qui s'est trouvée là par hasard et qui est capable de réagir à un surcroît de lumière solaire (Richards 1971, Baker 1959).

Du point de vue génétique, la corrélation variation/habitat a été démontrée pour presque toutes les espèces arborées de la zone tempérée septentrionale qui ont été étudiées, mais on ignore à quel degré ce phénomène s'applique aux feuillus tropicaux. Il est cependant très probable que des essences feuillues tropicales ayant une large répartition dans des milieux très variés, comme par exemple Khaya grandifolia au Nigéria, accusent également des variations intraspécifiques. Les essences d'importance commerciale, qui poussent en milieu tropical ou subtropical, comme Tectona grandis, et un certain nombre d'espèces d'Eucalyptus qui ont été étudiées confirment cette hypothèse.

Limitations de la conservation

Bien que très fragmentée et éparpillée, l'information sur l'écologie et la génétique des écosystèmes forestiers tropicaux de l'Afrique met en lumière l'interdépendance de leur flore et de leur faune et fait état des difficultés qu'il y aurait à élaborer une méthodologie de la conservation des espèces sans tenir compte de leur écosystème. En l'absence de renseignements suffisants sur la biologie et la sylviculture de la grande majorité des feuillus tropicaux, ces difficultés sont d'autant plus aiguës et insurmontables dans l'avenir immédiat.

En raison de leur faible densité là où elles se trouvent, et de l'insuffisance de données sur la définition précise d'une population reproductrice réelle, la dimension exacte que doit avoir une zone destinée à assurer la conservation in situ des ressources génétiques d'une espèce particulière est encore plus malaisée à déterminer dans le cas des forêts tropicales (voir chapitre 10). Le plus souvent, tout ce que l'on peut faire, à l'heure actuelle, c'est de s'assurer que les espèces menacées sont représentées par le plus grand nombre possible d'individus dans les écosystèmes forestiers appelés à faire partie des réserves naturelles intégrales ou des parcs nationaux.

De même, le manque de données sylvicoles limite les possibilités de conservation ex situ de beaucoup de feuillus tropicaux.

On ignore souvent si les populations d'une espèce dont la répartition est limitée et qui occupe un seul habitat sont en voie d'augmentation ou de diminution dans un écosystème donné. Il est donc possible qu'à l'avenir les populations qu'on souhaite garder soient éliminées d'un écosystème conservé. Dans de pareils cas, et en appliquant des techniques d'aménagement appropriées, un écosystème peut être maintenu dans un stade sous-climacique, de manière à favoriser la pérennité de l'existence d'une espèce particulière. "Il existe toutefois des limites naturelles et économiques à la conservation, et viser la réalisation d'une couverture intégrale est moins réaliste et moins efficace que la conception biologique saine de systèmes de conservation, quels que soient les biocénoses qu'ils doivent protéger. Si l'extinction d'une espèce protégée devait intervenir à un moment quelconque dans l'avenir, elle devrait être imputable à des causes liées à l'évolution naturelle et non à des conditions de mise en réserve insuffisantes" (Unesco 1973).

Conservation in situ

Dans les tropiques, les services forestiers de l'Etat ont conscience du besoin de conserver des reliquats de forêts naturelles dans différentes zones de végétation, et c'est pourquoi un grand nombre de pays africains ont délimité de vastes étendues forestières pour en faire des réserves naturelles, des réserves naturelles intégrales ou des parcelles inviolables. L'expression "réserve naturelle intégrale" (Strict Natural Reserve, SNR) est celle qui est employée, approuvée et définie par l'Organisation de l'Unité africaine (O.U.A. 1968), qui suit une politique bien arrêtée de conservation de la nature et des ressources naturelles. La "réserve naturelle intégrale" est définie par l'O.U.A. comme suit:

- i) Réserve placée sous le contrôle de l'Etat et dont nul ne peut modifier les lignes de démarcation ou aliéner une partie quelconque, si ce n'est l'organe législatif compétent.
- ii) Réserve où sont strictement interdites toutes activités en rapport avec la foresterie, l'agriculture ou l'exploitation minière, tout pâturage et tous travaux d'excavation, de prospection, de forage, de nivellement ou de construction, tous travaux de nature à modifier la configuration du sol ou la nature de la végétation; toute pollution d'eau et, en général, toute intervention susceptible de nuire ou de perturber la faune ou la flore, y compris l'introduction d'espèces zoologiques ou botaniques, autochtones ou importées, sauvages ou domestiques.
- iii) Réserve où il est interdit de résider, d'entrer, de traverser ou de camper, de survoler à basse altitude sans autorisation spéciale écrite des autorités compétentes, et où on ne peut entreprendre des recherches scientifiques (y compris l'enlèvement d'animaux et de plantes dans le but de conserver un système écologique) qu'avec la permission des autorités compétentes.

Comme signalé plus haut, les Services forestiers de beaucoup de pays africains ont déjà un programme de conservation bien défini pour les grands massifs forestiers de leur territoire; ces programmes, bien que mis en oeuvre avant la convention de l'O.U.A. sur la conservation des ressources naturelles, s'inscrivent bien dans la ligne de ses recommandations et définitions. Par exemple, le Kenya possède 4 réserves naturelles intégrales, l'Ouganda 10 et le Nigeria 7, et, dans chacun de ces pays, d'autres zones ont été délimitées aux fins de conservation. Certaines de ces réserves ont été établies aux alentours des années quarante et ont contribué au maintien de l'habitat de beaucoup d'animaux importants, comme par exemple Gorilla gorilla dans la réserve forestière de Bwindi en Ouganda.

Le statut juridique des réserves naturelles intégrales au Nigéria et en Ouganda est identique à celui des réserves forestières; elles demeurent donc vulnérables, rien ne s'opposant aux droits traditionnels de la population locale. Au Kenya par contre une réserve naturelle intégrale jouit d'un statut juridique qui lui confère une protection plus grande que celle d'une réserve forestière. Nous citons ci-après le passage de la loi du Kenya sur la forêt (Kenyan Forest Law) s'y rapportant:

- i) Le ministre a pouvoir, par notification dans la Gazette, de déclarer réserve naturelle toute zone forestière ou partie de celle-ci, afin d'en préserver le charme naturel ainsi que la flore et la faune, et de déclarer, de la même manière, que toute réserve naturelle cesse d'être considérée comme telle.
- ii) Dans toute réserve naturelle, sont interdits: la coupe, le pâturage, l'enlèvement de produits forestiers ou la perturbation de la flore, sauf permission du Conservateur en chef, permission qui ne sera accordée que dans un but de conservation de la flore naturelle et des agréments de la réserve.
- iii) La chasse, la pêche et la perturbation de la faune sont prohibées, sauf si elles sont autorisées par le Conservateur en chef après consultation avec le Garde-chasse en chef; cette autorisation ne peut être accordée que si le Conservateur en chef, après consultation avec le Garde-chasse en chef, considère qu'il est nécessaire ou souhaitable de capturer ou d'abattre une espèce donnée.

Les Etats africains ont donc une politique et des définitions bien arrêtées en ce qui concerne les réserves naturelles intégrales. On peut, à partir de cette politique, et en s'inspirant des perfectionnements déjà apportés à la méthodologie dans un grand nombre de pays, élaborer un programme d'action pour la conservation des ressources génétiques des essences feuillues tropicales. A souligner toutefois que ces programmes appelleront l'appui des organisations internationales et que leur élaboration ne peut se faire qu'avec la participation des services gouvernementaux existants s'occupant déjà de conservation des ressources génétiques.

Une fois que les pays africains auront établi suffisamment de plantations pour répondre aux besoins nationaux, la conversion des forêts de haute futaie se ralentira considérablement. Les réserves forestières n'en continueront par moins d'être soumises à de fortes pressions de la part des populations agricoles locales. Il est donc certain qu'on ne peut s'attendre à un accroissement du domaine forestier réservé dans les pays africains, mais bien au contraire à une régression dudit domaine à mesure de la libération des terres forestières; d'où la nécessité urgente d'installer davantage de réserves naturelles intégrales.

Les grandes lignes de la conservation in situ étant énoncées au chapitre 10, il n'y a pas lieu de les répéter ici. Peut-être est-il bon cependant d'insister à nouveau sur la nécessité d'établir des critères rigoureux pour l'établissement des réserves naturelles intégrales et leur aménagement ultérieur. Comme indiqué au chapitre 10, il est peu probable que les superficies forestières simplement mises en réserve dans l'intention déclarée de conserver les ressources génétiques forestières demeureront inviolées; de plus, on ne pourra en tirer l'information qu'on aurait pu obtenir, concernant ces ressources, si les objectifs de la conservation étaient incorporés dans les plans d'aménagement forestier.

Conservation ex situ

Une bonne méthodologie de la conservation des feuillus tropicaux doit être fondée sur une synthèse de toute l'information disponible sur la composition, l'écologie et la génétique de leurs écosystèmes et tenir compte de la mesure dans laquelle ces écosystèmes ont été rompus par l'homme. Cette information doit être incorporée dans des propositions concrètes de délimitation et d'aménagement de SNR par les services gouvernementaux. Toutefois, si l'établissement de SNR s'avère impossible à réaliser dans une région où des populations à caractère unique d'une espèce donnée sont en danger d'extinction, il sera alors nécessaire de trouver les méthodes qui conviennent pour la conservation ex situ.

En vue d'assurer la pérennité de telles populations, on les multipliera, soit végétativement dans des banques de clones, soit en se servant de semences. Celles-ci seront recueillies autant que possible dans les peuplements originaux, puis plantées soit sur place, soit dans un autre pays disposé à coopérer à la conservation des ressources génétiques de l'espèce. Lorsqu'on ne pourra pas assurer, localement, la reproduction des populations menacées d'une espèce, du fait d'assauts chroniques par des pathogènes, comme par exemple Lovoa swynnertonii au Kenya, on aura recours à une aide qui permette d'installer des plantations dans un autre pays où de tels pathogènes n'existent pas ou y sont moins virulents.

Il n'y a qu'assez peu de feuillus tropicaux ou subtropicaux dont la sylviculture soit suffisamment connue pour garantir le succès des plantations, soit dans le pays d'origine, soit dans d'autres pays. Parmi ces feuillus, les espèces de beaucoup les plus importantes au niveau international sont Tectona grandis, Gmelina arborea et certaines espèces d'Eucalyptus. Toutes ces espèces ont été plantées partout dans les tropiques et elles ont fait l'objet de mesures de conservation ex situ, en particulier Tecona grandis et Eucalyptus spp.

On trouvera au chapitre 8 une méthodologie de conservation ex situ et une description des principaux facteurs dont il convient de tenir compte lors de l'élaboration d'un programme à cet effet. Il n'est guère douteux que des méthodes de conservation analogues s'imposeront pour quantité de feuillus tropicaux pour lesquels on n'a encore mis au point aucune technique appropriée d'entreposage des semences, d'établissement des plantations ou de reproduction végétative. Aussi convient-il d'accorder la priorité aux programmes de recherche susceptibles de procurer ces renseignements. A noter cependant que de nombreux feuillus tropicaux d'importance commerciale sont des espèces appartenant à des écosystèmes forestiers climatiques et qu'il sera très difficile, sinon impossible, d'en installer des plantations pures. Les espèces qui se prêtent le mieux à la conservation ex situ sont celles qui exigent de la lumière et les espèces aptes à s'établir dans d'autres pays, lesquelles, en général, ne posent pas de problèmes de conservation.

Recherches nécessaires

Les programmes de conservation de feuillus tropicaux, actuellement entrepris par les Services forestiers gouvernementaux pourraient bénéficier de l'appui de programmes de recherche pertinents menés par des comités nationaux composés de spécialistes scientifiques provenant de sections universitaires ou de services gouvernementaux compétents. Ces programmes porteraient sur l'étude et la classification des écosystèmes, ainsi que sur la génétique et l'écologie des espèces menacées ou appauvries. On s'attacherait tout particulièrement aux études à l'intérieur des réserves pour déterminer entre autres la taille des arbres adultes, le taux d'accroissement, la durée de vie, la tolérance à l'ombre, la stratégie de la reproduction, le type de mécanisme de dispersion et la phénologie de la floraison et de la fructification. On examinerait aussi les problèmes de récolte, d'entreposage et d'essai des semences de feuillus tropicaux.

Les résultats de ces programmes de recherche auront une portée directe sur la conservation puisque c'est seulement en possession de ces résultats qu'il sera possible d'aménager, sur une base scientifique, les reliquats des réserves forestières des hautes futaies qui entourent les réserves naturelles intégrales pour lesquelles la conversion en plantations d'espèces exotiques n'a pas été planifiée. L'élaboration de techniques sylvicoles pour chaque espèce de feuillus et la domestication ultérieure de ces espèces dépendront aussi, il va de soi, des résultats que donneront ces programmes de recherche.

LA SITUATION AU NIGERIA

Comme il n'est guère possible de traiter en détail la méthodologie de la conservation de tous les feuillus tropicaux dans tous les pays du monde où ils se trouvent, ou même dans les seuls pays africains, on se contentera de décrire assez à fond le programme qu'exécute actuellement un pays, où on a arrêté une méthodologie et où le besoin de conservation génétique est évident.

Bien que le Nigeria compte près de 80 millions d'habitants deux pour cent seulement de sa superficie sont sous réserves forestières de haute futaie (tableau 1). On a tout d'abord tenté d'aménager ces forêts selon les "tropical shelter wood systems-TSS", (coupes progressives) mais ces tentatives ont été en très grande partie abandonnées et on s'attache surtout maintenant à convertir les écosystèmes des futaies en plantations artificielles d'espèces exotiques. Cette conversion se fait ordinairement par le système Taungya, c'est-à-dire que les fermiers locaux sont invités dans les réserves pour y défricher des zones déjà exploitées mais encore fortement boisées, en échange de quoi ils sont autorisés à y pratiquer leurs propres cultures jusqu'à ce que la cime du peuplement planté se referme. Les cultivateurs sont alors transférés dans une autre zone.

Bien que le Nigeria ne possède pas la multitude d'espèces qu'on rencontre dans certains pays tropicaux, on y trouve néanmoins quelques espèces de feuillus d'une très grande importance commerciale. Certaines de ces dernières ont été si intensivement exploitées qu'elles se font de plus en plus rares, d'autant qu'elles ne sont guère plantées à grande échelle (tableau 3). Leur exploitation reste intensive et s'accentuera encore sans doute du fait de la demande croissante du marché intérieur. Cette exploitation jointe à la conversion de la futaie en plantations, à la libération de réserves, aux empiètements agricoles sur les réserves forestières et aux perturbations passées sont cause de la quasi-disparition de tout écosystème primaire intact de futaie. Les efforts actuellement déployés en faveur de la conservation ont pour objectif d'enrayer une situation qui se détériore rapidement car, pour le moment, aucune annonce n'a paru dans la Gazette concernant l'affectation de parcs ou de réserves de faune dans les régions forestières les plus sérieusement touchées.

Conservation in situ

On prépare actuellement une carte de la végétation du pays et on a déjà établi sept réserves naturelles intégrales dans un certain nombre de grandes formations forestières. Des indications concernant l'emplacement et la dimension de ces SNR figurent au tableau 1, et on trouvera au tableau 4 une description détaillée de l'une d'elles. Des renseignements similaires concernant les autres SNR sont enregistrés. Pour la constitution de SNR on a veillé à choisir:

- i) Des zones contenant un échantillonnage suffisant de grandes formations écologiques typiques à peu près intactes.
- ii) Des zones où croissent des espèces végétales très rares ou présentant un intérêt hors ligne.
- iii) Des zones contenant des espèces en péril ou en voie d'appauvrissement génétique.
- iv) Des zones accessibles, mais pas trop proches des grandes routes, des plantations ni des agglomérations.
- v) Des zones suffisamment grandes pour que le type de végétation ne risque pas d'être disloqué par un changement survenant dans la végétation qui l'entoure.

Pour sélectionner et établir une réserve naturelle intégrale:

- i) On délimite les régions potentielles par photographie aérienne.
- ii) On fait la reconnaissance de la région ainsi délimitée pour repérer la zone particulière qui convient à la constitution d'une réserve naturelle intégrale.
- iii) On sollicite du Conservateur en chef des forêts de l'Etat concerné l'autorisation de convertir la partie choisie du massif forestier en réserve naturelle intégrale.
- iv) Une fois obtenue cette autorisation, on fait une levée de plan de la zone et on en délimite le pourtour au moyen de bornes en ciment.
- v) On établit la description de la végétation et on dresse la liste de la flore de la réserve, puis on trace le profil de la structure forestière et on détermine le type de sol.
- vi) On établit un dossier individuel de la réserve, dans lequel seront enregistrés toutes les données qui la concernent.

Les contours des SNR qui ne comportent pas de clôture sont défrichés chaque année par le personnel des Services forestiers de l'Etat et des Services forestiers fédéraux, et une inspection est effectuée à l'intérieur des réserves. Il est manifeste que le statut juridique actuel des réserves naturelles intégrales au Nigéria laisse à désirer, car, contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays africains, comme le Kenya, les droits traditionnels continuent de s'exercer dans les réserves forestières, où la population locale chasse, ramasse du bois de feu et autres produits forestiers divers, et cause ainsi de graves perturbations.

On reconnaît qu'au Nigeria les réserves naturelles intégrales ne sont pas assez nombreuses et que beaucoup de formations forestières contenant d'importantes populations de feuillus n'y sont pas représentées; aussi a-t-on proposé d'en établir de nouvelles. Charter (1968) donne une liste des types de végétation et des réserves forestières dans lesquelles il est suggéré d'établir de nouvelles réserves naturelles intégrales.

Toute la responsabilité du programme de conservation in situ incombe au Service fédéral de la recherche forestière, en collaboration étroite avec les services forestiers de chacun des 12 états.

Conservation ex situ

On récolte les semences de plusieurs grandes espèces de feuillus. Les semences des espèces pour lesquelles on a mis au point une méthodologie de la conservation sont conservées en chambre froide indéfiniment. Les semences d'un certain nombre de feuillus sont fournies aux états de la Fédération et à d'autres pays. On a élaboré en vue de déterminer la biologie et la sylviculture de deux feuillus importants: Triplochiton scleroxylon et Terminalia ivorensis, un vaste programme de recherches qui assurera, à longue échéance, la pérennité de ces espèces en plantations et leur domestication ultérieure. Ces programmes sont menés sous l'égide du Service fédéral de la recherche forestière, avec l'aide financière et technique d'organismes extérieurs.

Programme de recherches à l'appui

Le Service fédéral de recherches forestières a inauguré un programme d'étude et de développement des feuillus tropicaux, axé sur les sept SNR déjà installées. Ce service a également formulé des propositions visant à installer d'autres SNR et à élaborer un programme de recherches connexes en vue de la conservation des ressources génétiques actuellement non protégées (Iyamabo et Adams 1974).

Un programme d'études génécologiques sur les feuillus tropicaux est actuellement mis en oeuvre au Département de l'aménagement des ressources forestières de l'Université d'Ibadan; des tableaux illustrant les peuplements, ainsi que des cartes de répartition des principales espèces de feuillus, sont en préparation (Hall et Redhead 1974, Redhead 1971).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ashton, P.S. 1964. Ecological studies in the mixed Dipterocarp forests of Brunei State. Oxford For. Memoirs No. 25.
- Ashton, P.S. 1969. Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. Biol. J. Linn. Soc. 1:155-196.
- Baker, H.G. 1969. Reproductive methods in speciation in flowering plants. Cold Spring Symp. Quant. Biol. 24: 177-191.
- Charter, J.R. 1968. Nigeria: in "Conservation of vegetation in Africa south of the Sahara" (Eds. I and O. Hedberg). Acta Phytogeogr. Suec. 54:91-94.
- Connell, J.H. 1970. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rainforest trees. Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Numbers Papal. Oosterbeek.
- Hall, J.B. and Redhead, J.F. 1974. Nigerian high forest stand tables: Species distribution for sixty forest blocks. (Unpublished manuscript. Dept. of For. Res. Man. Univ. of Ibadan, Nigeria).
- Hedberg, I. and Hedberg, O. (Eds.) 1968. Conservation of vegetation in Africa south of the Sahara. Acta Phytogeogr. Suec. 54.
- Iyamabo, D.E. and Ola-Adams, B.A. 1974. Conservation of natural vegetation in Nigeria. (Unpublished manuscript Fed. Dept. of For. Res. Nigeria).
- Jones, A.P.D. 1948. The natural forest inviolate plot. Nigerian For. Dept. pub.
- Koski, V. 1974. On effective population size in areally continuous forest. Proceedings of the joint meeting of IUFRO Working Parties on Population Genetics and Breeding Theory. Stockholm.
- O.A.U. 1968. Report of the meeting on the draft African Convention for the Conservation of Nature and Natural Reserves. Addis Ababa.
- Osmaston, H.A. 1965. Pollen and seed dispersal in Chlorophora excelsa and other Moraceae and in Parkia filicoidea (Mimosaceae) with special reference to the role of the fruit bat Eidolon helvum. Commw. For. Rev. 44: 97-105.
- Poore, M.E.D. 1964. Integration in the plant community. Jour. Ecol. 52. (suppl.) 213-226.
- Poore, M.E.D. 1968. Studies in the Malaysian rain forest. Jour. Ecol. 56: 143-196.
- Ramirez, B.W. 1970. Host specificity of fig-wasps (Agaonidae). Evolution 24: 680-691.
- Redhead, J.F. 1971. The timber resources of Nigeria. The Nigerian J. of For. 1:7-11.
- Richards, P.W. 1952. The tropical rain forest. Cambridge Univ. Press.
- Richards, P.W. 1969. Speciation in the tropical rain forest and the concept of the niche. Biol. J. Linn. Soc. London 1:149-153.
- Richards, P.W. 1971. Some problems in nature conservation in the tropics. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 41:173-187.
- Shantz, H.L. 1948. An estimate of the shrinkage of Africa's tropical forests. Unasylya 2:66-67.
- Shantz, H.L. 1958. Vegetational changes in Africa. Rep. No. 169 College of Agriculture, Univ. of Arizona.
- Stern, K. and Roche, L., 1974. The genetics of forest ecosystems. Ecological studies No. 6. Springer-Verlag, Berlin.
- Unesco 1973. Conservation of natural areas and the genetic material they contain. Report of Expert Panel on Project 8:MAB.

Tableau 1: Superficie des domaines forestiers réservés au Nigéria, par types de végétation, et superficie des réserves naturelles intégrales

Zone de végétation	Superficie (km ²)	Pourcentage par rapport à la surface des terres	Superficie de la réserve forestière (km ²)	Pourcentage par rapport à la surface de terres	Nombre de réserves naturelles intégrales	Superficie totale (ha)
Sahel	31 463	3	2 571	0,3	-	-
Savane soudannienne	342 158	35	31 247	3,2	1	142
Savane guinéenne (y compris le plateau le Bauchi)	400 168	40	38 271	3,9	1	170
Savane dérivée*	75 707	8	3 208	0,3	1	145
Forêt humide des basses terres**	95 372	10	19 986	2,0	4	620
Communautés des marais d'eau douce	25 563	3	256	-	-	-
Forêts de mangrove et végétation côtière	12 782	1	522	0,1	-	-
TOTAL	983 213	100	96 061	9,8	7	1 077

* Y compris les forêts humides isolées semi-feuillues.

** Y compris une faible proportion de forêts humides semi-feuillues.

Tableau 2: Essences de la futaie nigérienne: les trente espèces les plus fréquentes (Hall et Redhead 1974)

Ordre	Essence	Tiges par hectare (de plus de 60 cm de circonférence)	Ordre	Essence	Tiges par hectare (de plus de 60 cm de circonférence)
1	<i>Strombosia pustulata</i>	6,65	16	<i>Pausinystalia Talbotii</i>	1,66
2	<i>Celtis zenkeri</i>	3,46	17	<i>Brachystegia</i> spp.	1,61
3	<i>Diospyros suaveolens</i>	3,29	18	<i>Pausinystalia macroceras</i>	1,53
4	<i>Scottellia coreacea</i>	3,11	19	<i>Combretodendron macrocarpum</i>	1,51
5	<i>Anonidium manni</i>	2,72	20	<i>Hylodendron gabunense</i>	1,43
6	<i>Elaeis guineensis</i>	2,52	21	<i>Bosqueia angolensis</i>	1,43
*7	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	2,48	22	<i>Mansonia altissima</i>	1,16
8	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	2,47	23	<i>Alstonia boonei</i>	1,14
9	<i>Sterculia rhinopetala</i>	2,13	24	<i>Celtis mildbraedii</i>	1,11
10	<i>Cola gigantea</i>	2,03	25	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	1,09
11	<i>Celtis brownea</i>	2,00	26	<i>Strombosia grandifolia</i>	1,04
12	<i>Hunteria umbellata</i>	1,85	27	<i>Diospyros alboflavescens</i>	0,99
13	<i>Anthostema aubryanum</i>	1,83	28	<i>Xylopia quintasii</i>	0,99
14	<i>Uapaca</i> spp.	1,75	29	<i>Diospyros piscatoria</i>	0,96
15	<i>Terminalia superba</i>	1,71	30	<i>Berlinia</i> spp.	0,91

* Seule essence dont le bois présente actuellement une grande importance économique (voir Redhead 1971)

Tableau 3: Essences plantées dans les Etats Ouest et Centre-Ouest du Nigéria (Redhead 1971)

Etat Ouest - jusqu'en 1968

Essences	Superficie (acres)
<i>Cedrela odorata</i>	30
<i>Gmelina arborea</i>	4 642
<i>Entandrophragma utile</i>	20
<i>Khaya ivorensis</i>	29
<i>Lavoa trichilioides</i>	10
<i>Mansonia altissima</i>	20
<i>Nauclea diderrichii</i>	533
<i>Tectona grandis</i>	12 919
<i>Terminalia ivorensis</i>	966
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	293
	<hr/>
	19 492

Etat Centre-Ouest - jusqu'en 1969

Essences	Superficie (acres)
<u>Plantations pures</u>	
<i>Cedrela odorata</i>	187
<i>Eucalyptus</i> spp.	25
<i>Gmelina arborea</i>	5 225
Meliaceae	1 645
<i>Mitragyna ciliata</i>	16
<i>Nauclea diderrichii</i>	5 601
<i>Tectona grandis</i>	4 987
<i>Terminalia ivorensis</i>	5 903
<i>Terminalia</i> spp.	1 638
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	809
Autres	3
<u>Mélanges</u>	
<i>Nauclea</i> / <i>Meliaceae</i>	14 269
<i>Nauclea</i> / <i>Mel</i> / <i>Term.</i>	2 401
<i>Nauclea</i> / <i>Triplochiton</i>	30
Divers	996
	<hr/>
	43 735

Tableau 4: Emplacement, dimension et composition d'une RNI au Nigéria

RESERVE NATURELLE INTEGRALE N° 2 RESERVE FORESTIERE: AKURE

1. ZONE ECOLOGIQUE: Forêt humide feuillue de basses terres.
2. EMPLACEMENT: au nord d'Akuré, à 1,2 km avant la scierie-pilote (7-7,5°E), état de l'Ouest.
3. SUPERFICIE: 32 hectares
4. ALTITUDE: 250 m
5. SOL ET ROCHE MERE: Dans son ensemble, la zone recouvre des roches cristallines, principalement de gneiss, de composition minérale très variée, tandis que les inselbergs sont, soit de granit, soit de gneiss granitoïde dur riche en quartz.
6. TOPOGRAPHIE: La parcelle suffisamment plane est traversée grosso modo au nord et au sud par la vallée d'un petit cours d'eau. Topographiquement, elle se situe entièrement sur la hauteur, à l'exception des bords de la vallée colluviale.
7. PLUVIOSITE: La moyenne annuelle des précipitations est de 1 500 mm.
8. FACTEURS BIOTIQUES: On y trouve couramment des potamochères des antilopes et des céphalopous géants. De temps à autre, les chasseurs posent des pièges le long des bordures de la parcelle.
9. HISTORIQUE: L'historique de la zone est peu connu. Des artifacts, y compris des sculptures, des figurines et des fragments de poteries domestiques ont été découverts en plusieurs points de la réserve forestière d'Akuré, notamment lors des travaux d'excavation sur l'emplacement de la scierie et de la construction des routes d'accès à cette dernière.

Des fragments de poterie ont été trouvés dans l'une des cavités du sol de la parcelle elle-même, et tous les profils du sol semblent indiquer d'anciennes exploitations agricoles. Tout cela, combiné avec la forte densité par acre de dominants et de grandes espèces dans les peuplements principaux, semble indiquer que la zone aurait fait partie d'une mosaïque d'exploitations agricoles à une époque pas très éloignée, vraisemblablement quelque 150 à 200 ans.
10. VEGETATION: Environ 70 pour cent de la zone sont couverts par la futaie, 30 pour cent étant constitués par des clairières, des brise-vent et des peuplements discontinus de densités diverses. Les dominants, 160 au total (appartenant à 20 espèces), consistent essentiellement en Triplochiton scleroxylon, Klainedoxa gabonensis, Terminalia superba, Entandrophragma utile, E. angolense, Alstonia congensis, Khaya grandifoliola, Cylicodiscus gabonensis, Piptadeniastrum africanum et Amphimas pterocarpoides.

Ces dominants se rencontrent aussi bien dans la futaie que dans les parties dégagées qui en dérivent

Dans les bouquets d'arbres de la futaie on trouve beaucoup (1 000 au total) de grands arbres d'étage moyen (appartenant à 32 espèces) qui consistent essentiellement en Hexalobus crispiflorus, Strombosia pustulata, Sterculia rhinopetala, Cola gigantea, Scottellia coriacea, Nesogordonia papaverifera, Celtis mildbraedii, Diospyros piscatoria, Pterygota macrocarpa et Chrysophyllum delevoiyi.

Le sous-étage est assez bien développé. On y trouve 1 105 arbres appartenant à 30 espèces qui consistent principalement en Annonidium manni, Anthonotha macrophylla, Lychnodiscus reticulatus, Hunteria umbellata, Diospyros dendo, Fagara macrophylla, Trichilia heudelotii et Desplatzia subericarpa.

On rencontre occasionnellement de jeunes plants de 2 à 5 pieds de hauteur de *Mansonia altissima*, *Nesogordonia papaverifera*, *Celtis mildbraedii*, *Entandrophragma utile*, *Cola lateritia* et *Sterculia rhinopetala*, relégués aux bords des clairières et dans les endroits ouverts. Sous les forêts dégagées et la futaie, la terre est recouverte d'une couche d'herbe assez épaisse (Jones 1948).

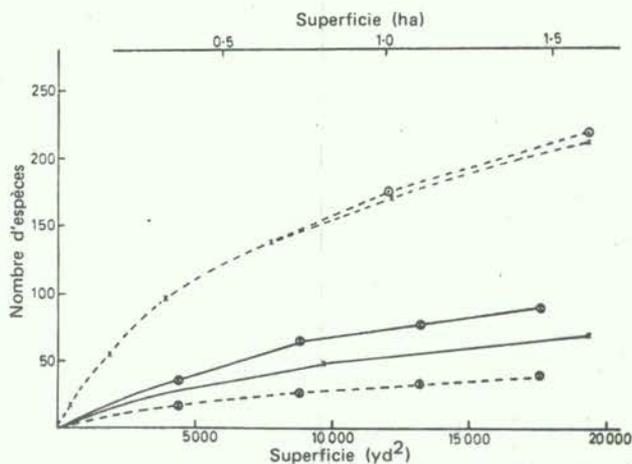


Fig. 1. Courbes espèces/superficie tirées de la forêt tropicale humide. (a) arbres de plus de 10 cm de diamètre dans les forêts mixtes, Guyane anglaise (⊗—⊗); (b) arbres de plus de 30 cm de diamètre dans les forêts mixtes de la Guyane anglaise (⊗---⊗); (c) arbres de plus de 10 cm de diamètre, à Bukit Lagong, Malaisie (○---○); (d) arbres de plus de 10 cm de diamètre à Sungei Menyala, Malaisie (x---x); (e) arbres de plus de 28 cm de diamètre à Sungei Menyala, Malaisie (x—x); (a) et (b) d'après Richards (1952); (c), (d) et (e) tirées de données (non publiées) de Wyatt-Smith (Poore 1974).

LES EUCALYPTUS

PAR

L.D. PRYOR

Department of Botany, Australian National University, Canberra

INTRODUCTION

Les eucalyptus sont confinés en Australie, à l'exception d'une espèce qu'on rencontre à Timor et dans les îles indonésiennes avoisinantes, et d'une autre qu'on trouve en Nouvelle-Guinée-Papouasie, dans les Célèbes et à Mindanao. Une demi-douzaine d'espèces, qui, par ailleurs, se rencontrent en Papouasie, se trouvent aussi dans le nord de l'Australie et se ressemblent étroitement dans les deux habitats. Bien que les deux espèces qui sont autochtones en dehors de l'Australie et pas en Australie même aient une importance particulière, le grand nombre d'espèces du genre Eucalyptus qui se trouvent presque exclusivement en Australie présentent également un intérêt considérable pour la sylviculture. Certaines sont très répandues, d'autres sont limitées à leur aire géographique (Blakely 1965; Forestry and Timber Bureau 1953 ; Pryor et Johnson 1971). On trouve ordinairement, dans les espèces largement réparties, une grande diversité due à leur présence dans des endroits très différents à l'intérieur du pays.

Depuis l'installation des Européens, de grands changements sont intervenus dans la végétation australienne, beaucoup de populations d'eucalyptus ayant été sensiblement réduites, encore qu'aucune espèce ou provenance importante n'ait sans doute été perdue. Etant donné toutefois l'évolution rapide de l'utilisation des terres, certaines génotypes risquent fort, à moins de mesures énergiques pour les conserver, d'être perdus. Il est vrai que bon nombre d'espèces sont de petits arbres, comme les "mallees", qui ont de l'importance pour la conservation du sol et comme plantes d'agrément plutôt que comme essences forestières. D'autres forment de vastes massifs boisés qui n'ont également qu'une importance marginale en sylviculture pour la production de bois. La préservation de ces essences n'est en aucune façon garantie, et certaines espèces des forêts claires ont vu leurs populations se réduire substantiellement car c'est dans ces zones principalement que se trouvent largement concentrées les cultures vivrières, soit en culture directe, comme c'est le cas pour le blé, soit en production de pâturages pour les moutons et le bétail. Par ailleurs, les principales espèces productrices de bois sont amplement représentées dans les forêts domaniales, puisque en Australie la majeure partie de la forêt de production fait partie des domaines publics qui, dans chaque cas, sont gérés par le Service forestier de l'état en cause. Ces espèces n'appellent aucune mesure particulière de conservation.

1. EUCALYPTUS "UROPHYLLA" (PAU PRETO)

Cet arbre ne se trouve pas en Australie, mais on en rencontre d'assez vastes peuplements naturels sur le sol non calcaire de la partie portugaise de l'île Timor. On le trouve également, bien que moins répandu, dans la partie indonésienne de l'île et dans plusieurs autres îles indonésiennes. On a signalé que les peuplements de Solor avaient complètement disparu, mais qu'il en subsiste dans les îles Flores, Wetar et Alor. Les renseignements que l'on possède sur cette espèce dans ces îles sont plutôt vagues, et le premier pas à faire en matière de conservation serait de procéder à une visite d'exploration pour se rendre compte de l'état actuel des peuplements, d'effectuer des collectes de semences pour des essais de provenance, et de juger de la situation actuelle en ce qui concerne la conservation de l'espèce dans chaque île, travail préliminaire indispensable avant de pouvoir suggérer la

méthode de conservation la mieux appropriée. Les eucalyptus de la Timor portugaise revêtent une importance particulière vu qu'on y trouve la population la plus vaste. Elle s'étend sur des habitats très variés dont les altitudes vont de 500 m environ au voisinage de Dili au point culminant du pays, le mont Talamalau, à 3 000 m environ. C'est là la gamme altitudinale la plus étendue couverte par une seule espèce d'eucalyptus. *E. "urophylla"* offre de grandes possibilités en foresterie tropicale. D'après de petits essais effectués ces dernières années, cette essence serait particulièrement indiquée pour l'établissement de plantations aux fins de production de bois industriel et autres produits ligneux dans des régions tropicales ayant une pluviosité modérée à élevée. Il en existe quelques plantations expérimentales restreintes, mais très prometteuses au Brésil, dont certaines à une latitude de 23°S et une altitude de 1 000 m, et d'autres à une latitude de 17°S et 1 000 m d'altitude (Pryor 1971).

Il est également manifeste que c'est une des espèces relativement peu nombreuses d'eucalyptus que l'on peut propager sous les tropiques en plantations à basses altitudes et latitudes, bien que les limites exactes qui conditionnent le succès de son introduction ne soient pas encore précisées. *E. "urophylla"* est une espèce qui présente une large variation de provenance. Pour la plus grande partie de son aire de répartition dans la Timor portugaise, c'est le seul eucalyptus qu'on rencontre, bien qu'on trouve, dans la zone inférieure, jusqu'à 1 000 m d'altitude, une certaine mosaïque de peuplements de cette espèce et de *E. alba*. Les hybrides de ces deux espèces sont rares. Dans l'ensemble, *E. "urophylla"* est le seul qui soit présent sur tous les reliefs et dans tout l'éventail altitudinal. C'est là cas exceptionnel chez les eucalyptus, étant donné que dans les endroits où l'on trouve plusieurs espèces au lieu de l'unique paire présente à Timor, des variations similaires d'altitude et de topographie donnent des stations couvertes par plusieurs espèces, couramment au nombre de 10 à 12 en Australie. Du point de vue biologique, il semble que l'occupation en grande partie par *E. "urophylla"* de la zone couverte par les eucalyptus tiennes à ce qu'il n'existe dans l'île qu'un patrimoine génétique limité; en d'autres termes, la région ne compte que deux espèces d'eucalyptus, dont une seule a occupé la plupart des stations. Rien d'étonnant par conséquent à ce qu'il y ait de grandes variations chez les populations dans les différentes parties de la région. L'évaluation de la constitution génétique par culture de semis récoltés dans divers peuplements révèle, entre ces populations, des différences que l'on observe très nettement chez les descendants. Les différences de formes les plus extrêmes chez cette espèce se rapprochent en effet de celles qui caractérisent des sous-espèces dans d'autres situations. Mais si l'on devait faire des sous-espèces en partant uniquement des diverses formes que l'on peut reconnaître facilement, il y en aurait beaucoup et elles seraient, de plus, difficiles à séparer, vu qu'il y a des peuplements qui possèdent des caractères intermédiaires.

D'une manière générale, on distingue trois sortes d'habitat dans l'île Timor. Ce sont, d'abord, les pentes escarpées de la côte septentrionale, en particulier au sud de Dili où elles s'étagent de 500 m à 2 000 m environ d'altitude et dont une grande partie se trouve dans une véritable ceinture de brouillard. Cela influe évidemment sur le caractère du peuplement et se manifeste dans la constitution génétique de la population. En second lieu, une zone montagneuse de moyenne altitude qui s'étend approximativement d'Aileu jusqu'à Hato Builico et comprend des zones à l'est et à l'ouest de cette ligne; enfin, une zone subalpine partant de Hato Builico à 2 000 m environ jusqu'au sommet du Mont Talamalau à 3 000 m d'altitude.

Des études effectuées sur des descendants provenant d'une pollinisation libre ont démontré clairement que les arbres situés dans la ceinture de brume sont mieux adaptés aux terres tropicales basses et humides que les arbres provenant d'ailleurs, et qu'ils accusent une croissance rapide et une assez bonne morphologie lorsqu'ils sont plantés dans des stations de basse altitude - basse latitude dans les régions tropicales modérément humides à humides. C'est sans doute dans la zone montagneuse de moyenne altitude que l'on trouve les arbres les mieux formés, qualité que l'on retrouve dans les plantations qui en sont issues. Les stations de cette zone sont vraisemblablement plus exposées à la sécheresse entre les moussons et cela se reflète sans aucun doute dans la physiologie du matériel qu'on y prélève. Aux altitudes supérieures à 2 000 m, la taille des arbres diminue, les caractéristiques de l'écorce changent et on note des différences dans la morphologie des feuilles et des fruits, sans

qu'il y ait cependant de rupture nette; on observe plutôt une gradation morphologique générale en fonction de l'altitude. Néanmoins, il reste un niveau de variations élevé dans chacune des stations, qui illustre l'isolement génétique incomplet des différents peuplements ainsi que l'adaptation incomplète des peuplements naturels à chacune des stations. Au sommet du Mont Talamalau, les arbres réduits à l'état de simples buissons de deux ou trois mètres de haut, sont brûlés de temps à autre. Même si on excluait les incendies, il est peu probable qu'ils dépassent jamais quatre ou cinq mètres.

Il va sans dire que toutes les populations ont une valeur sylvicole considérable et sont précieuses pour les résidents locaux de Timor. Là comme ailleurs dans le monde, la pression démographique se solde fatalement par le déboisement toujours plus intense des terres forestières pour les convertir d'abord à une culture de transition, comme la pomme de terre, puis au pâturage. Depuis quelque temps, on voit beaucoup d'arbres annelés au voisinage de Hato Bulico, tout comme on remarque que, sur de très vastes étendues, les peuplements existants se bornent à des recrûs disparates résultant d'opérations similaires passées. Vu le niveau de développement économique de la Timor portugaise, l'application peu rigoureuse de la législation concernant la préservation des forêts, et les moyens disponibles pour les aménager, les peuplements survivants, bien qu'encore assez étendus, sont pour la plupart sensiblement altérés et en situation précaire. On ne saurait prétendre que l'espèce, dans son ensemble, est sérieusement menacée d'extinction, mais certaines de ces provenances sont si limitées qu'elles risquent d'être largement éliminées, si ce n'est entièrement, par la lente usure de la vie coutumière dans le pays.

Ces provenances peuvent être victimes d'une catastrophe, comme celle que serait une collecte excessive de semences aux seules fins économiques d'établir de grandes plantations d'une provenance déterminée de l'espèce dans d'autres pays. Même si l'on peut, par une opération bien conçue, réaliser, sans dégâts durables, une importante collecte de semences en n'élaguant que des branches, on sera toujours fortement tenté d'abattre des arbres. Que cela se fasse également ou non, certaines stations s'en trouveront sans doute plus endommagées, par suite des besoins de la population en combustible. A l'heure actuelle, certaines zones peuplées de provenances particulières de *E. "urophylla"* se prêteraient aussi à l'agriculture et le désir de les utiliser à cette fin risquerait de compromettre toute mesure de protection.

Un programme de conservation de cette espèce devrait comprendre tout d'abord une étude détaillée de la situation, suivie d'essais de provenance, de manière que les peuplements qui représentent des provenances d'une valeur particulière puissent être retenus et protégés dans Timor même, autant que cela est possible dans le contexte social du pays. Bien que cette mise en réserve soit déjà prévue dans la législation en vigueur à Timor, tout système efficace exige des moyens de surveillance et de protection des peuplements que le pays ne peut guère mettre en oeuvre vu l'insuffisance de ses ressources actuelles, financières et autres. En second lieu, il est capital désormais d'établir hors de l'île des zones semencières de provenances sélectionnées. Les peuplements de ces zones doivent avoir leur identité enregistrée et être convenablement isolés du point de vue reproduction afin de garantir leur intégrité génétique. S'il faut enfin encourager une collecte soigneusement contrôlée de semences pour des essais de provenance et pour la conservation *ex situ*, il convient pour le moment d'interdire la collecte massive dans l'île Timor aux fins d'établissement de plantations industrielles.

On trouvera à la page de l'annexe une estimation provisoire des coûts de conservation de *E. "urophylla"*.

E. EUCALYPTUS CAMALDULENSIS

E. camaldulensis est peut-être l'eucalyptus le plus planté dans le monde; c'est aussi l'espèce la plus répandue dans l'aire naturelle australienne. On le rencontre dans tous les Etats du continent australien, à l'exception de la Tasmanie, depuis la côte méridionale dans l'état de Victoria et dans l'Australie du Sud jusqu'à proximité de la côte septentrionale dans Queensland, l'Australie occidentale et au voisinage de Darwin. Une zone très caractéristique où pousse *E. camaldulensis* est celle qui borde les cours d'eau éphémères et

sableux du bassin de drainage de l'hinterland de l'Australie, où il n'y a de l'eau qu'à des intervalles très éloignés, lorsque les conditions saisonnières favorisent la tombée des pluies d'inondation. L'utilisation des terres sur une grande partie de l'habitat d'*E. camaldulensis* n'est guère intense, et on ne prévoit aucun changement de situation pouvant avoir un effet significatif sur la survie de cette espèce dans les vastes étendues où elles se trouvent. Il y a aussi le fait que certaines populations figurent comme forêts domaniales déclarées, ce qui garantit leur survie.

Comme chez d'autres espèces très répandues, on trouve dans les diverses parties de l'aire naturelle de cette espèce des différences marquées dans la composition génétique (Karschon 1967; Pryor et Byrne 1969; Turnbull 1973). Au sens large, il y aurait une sous-espèce Nord et une sous-espèce Sud qui se rejoignent à la latitude 26°S approximativement. Comme avec *E. 'urophylla'*, on distingue dans chacun de ces deux grands groupes beaucoup de variantes du point de vue génétique. L'une des caractéristiques particulièrement intéressantes de cette espèce est sa tolérance aux sols calcaires. Cette tolérance ne s'observe que rarement et la plupart des peuplements naturels ne viennent pas sur des terres à pH élevé. Ça et là, cependant, on rencontre de petits peuplements d'*E. camaldulensis*, comme au voisinage de Port Lincoln en Australie méridionale, qui poussent sur des venues massives de calcaire miocène. En pareils cas, il est vraisemblable que la population est, en quelque sorte, déjà adaptée aux conditions des sols calcaires, et on a quelques preuves d'une adaptation physiologique de cette nature. Il se peut que des peuplements de ce genre se trouvent sur des terres privées ou des terres dépendant de l'administration locale, et, dans l'affirmative, rien ne garantit que le nouveau propriétaire continuera à les préserver. Tout dépend, le plus souvent, des pressions économiques locales et il n'y a, dans ces conditions, aucune garantie de continuité de la conservation.

Il faudrait, pour reconnaître l'existence de peuplements de ce genre, ou d'autres peuplements adaptés à des types différents mais spéciaux de stations, prospecter davantage qu'on ne le fait actuellement, afin d'identifier les stations qui revêtent une importance particulière. Le meilleur moyen de les préserver serait alors de prendre les dispositions nécessaires pour désigner des zones appropriées qui seraient affectées à une administration gouvernementale, de sorte qu'un programme gouvernemental d'aménagement ayant pour objectif la conservation des ressources en question puisse être mis en oeuvre. Bien souvent, il suffirait à cette fin de veiller à stopper les abattages et à reconnaître la station comme étant destinée à la conservation de la ressource génétique pour la collecte occasionnelle de semences selon les besoins. On pourrait se contenter de mettre cette zone en réserve sous forme de parc national, où la collecte de semences s'effectuerait dans des conditions bien déterminées. Cette conservation s'impose surtout du fait de l'importance que revêt l'espèce du point de vue de son utilisation comme essence exotique hors de l'Australie.

3. EUCALYPTUS PARVIFOLIA

En ce qui concerne cette espèce, la situation est différente de la précédente. C'est un petit arbre à cime arrondie, ayant la forme d'un arbre sylvestre plutôt que d'un arbre de la forêt et dont la taille dépasse rarement 10 mètres. On a remarqué, à la suite de plantations de cet eucalyptus comme ceinture de protection, principalement au Royaume-Uni, qu'il était une des rares espèces capables de supporter des basses températures à des altitudes élevées sous un climat de type atlantique, caractéristique des stations de l'Angleterre occidentale où il a été planté. Il manifeste une aptitude physiologique peu commune de résistance aux basses températures, aptitude qui pourrait se transmettre aux hybrides pour la production d'arbres résistants au froid, ce qui permettrait d'étendre l'éventail des plantations d'*Eucalyptus* à la production de bois ou d'autres usages, dans les régions à altitude élevée, plus qu'on ne peut le faire actuellement dans l'hémisphère Nord. On s'est déjà bien rendu compte de cette possibilité et c'est la qualité de la ressource génétique qui lui donne sa valeur.

E. parvifolia se rencontre en groupes d'arbres épars dans une zone restreinte du sud-est de la Nouvelle-Galles du Sud, s'étendant sur une distance de moins de 100 km en direction nord-sud, le long d'une bande étroite d'un kilomètre ou deux de large sur l'escarpement littoral. La plupart des peuplements se trouvent sur des terres privées, en lots de 500 ha à 1 000 ha consacrés au pâturage des moutons et du bétail. On a, par le passé, quelque peu défriché ces domaines pour favoriser la formation d'un pâturage grossier ou même d'un pâturage sensiblement amélioré. Ainsi, bon nombre d'arbres ont déjà été perdus, et il n'en reste probablement que quelques centaines d'individus. On les trouve généralement en bordure de terres marécageuses, qui vu le mode actuel d'utilisation des terres, risquent peu d'être défrichées; si, toutefois, les pressions exercées pour mettre les terres en valeur afin d'intensifier la production devaient s'associer à des projets de drainage, la majeure partie des populations restantes risquerait d'être éliminée. Aucune publication n'indiquant la répartition complète de cette espèce, il faudrait, pour l'établir procéder à une enquête. Cette dernière pourrait révéler l'existence de petits peuplements dans les forêts domaniales; dans la négative, la préservation de l'espèce dans son aire naturelle pourrait être assurée par l'achat de propriétés en pâturage appartenant actuellement à des particuliers et leur rattachement aux forêts domaniales administrées par le gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud. L'enquête pourrait aussi révéler qu'il y aurait intérêt (1) à acquérir deux ou trois de ces propriétés privées et à les rattacher aux domaines administrés par l'Etat, d'autant plus que, du fait de la dispersion des réserves qui en résulterait, il y aurait une certaine garantie contre les pertes que pourraient occasionner les tempêtes ou les incendies, (2) à inclure dans les peuplements de l'espèce quelques peuplements séparés, ce qui permettrait d'étendre la gamme de diversité génétique qu'on cherche à préserver, bien qu'on ne dispose, dans l'état actuel des choses, d'aucune expérience quant à l'existence ou non d'une variation génétique significative. Le premier objectif de l'aménagement de ces terres serait donc la préservation de l'espèce en question, dont la survie serait ainsi assurée.

E. parvifolia n'est certainement pas un cas unique à cet égard et se trouve dans une situation analogue à celle d'un certain nombre d'eucalyptus en Australie du sud-est, qui n'ont que relativement peu d'importance dans leur habitat naturel, mais qui pourraient avoir, en raison de leur constitution génétique, une très grande valeur dans l'avenir comme éléments de sélection et de reproduction, et qui méritent par conséquent d'être conservés comme ressources génétiques. Ainsi en va-t-il par exemple de *E. neglecta* dans l'Etat de Victoria et de *E. morrisbyi* en Tasmanie, situation qu'on retrouve dans chaque Etat australien. Pour être efficace, la préservation de peuplements naturels exige généralement des moyens financiers pour dédommager le propriétaire des terres passant aux pouvoirs publics, et adopter une politique d'aménagement des peuplements, propre à conserver l'espèce. Et quand, par la suite, on se proposera d'utiliser la ressource génétique de l'espèce, la zone où elle aura été conservée pourra fournir la petite quantité de semences nécessaire à l'établissement d'un peuplement semencier pour une plus large utilisation en dehors de l'Australie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blakely, W.F., 1965. A key to the Eucalypts (Third Edition), Forestry and Timber Bureau, Canberra.
- Forestry and Timber Bureau, 1953. The Natural Occurrence of the Eucalypts. Canberra.
- Karschon, R., 1967. Ecotypic Variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Contributions on Eucalypts in Israel, III.
- Pryor, L.D. and Johnson, L.A.S., 1971. A Classification of the Eucalypts. ANU Press, Canberra.
- Pryor, L.D. and Byrne, O.R., 1969. Variation and Taxonomy of *Eucalyptus camaldulensis*. *Silvae Genetica*, Vol. 18, Heft 3, pp. 64-71.
- Pryor, L.D., 1971. The Cultivation of Eucalypts in Brazil. IPEF 2/3: 53-9. (Forestry abstract 34 (2) p. 79, 1973).
- Turnbull, J.W., 1973. The Ecology and variation of *Eucalyptus camaldulensis*. In Forest Genetic Resources Information No. 2, FAO Rome.

ANNEXE

CONSERVATION DE E. 'UROPHYLLA'. PROJET DE BUDGET

PHASE I

\$E.-U.

Enquête dans l'île Timor et en Indonésie

Evaluation biologique et collecte de semences

1 Forestier (spécialiste)

1 Assistant de terrain

6 mois

18 000

Evaluation des frais administratifs

Elaboration de plans de conservation in situ dans l'île Timor (un responsable portugais ayant l'expérience de la législation et de la foresterie)

3 mois

6 000

PHASE II

Programme similaire dans les îles indonésiennes

Evaluation des frais administratifs

3 mois

6 000

PHASE III

Conservation ex situ

Plantation de 100 ha pourvue de rideaux de

E. citriodora pour l'isolement

50 000

Pays hôte, où les pratiques forestières dans les terres basses humides sont bien évoluées; pays tropical, comme la Malaisie, la Nouvelle-Guinée ou le Brésil, ou éventuellement deux pays.

La conservation ne peut être réalisée en Australie, où il s'est avéré que de jeunes plants préalablement introduits, en provenance de Timor, sont très sensibles à l'attaque des insectes infestant les eucalyptus des régions avoisinantes.

Ces opérations pourraient s'effectuer en accord avec un travailleur forestier et sous la direction technique d'un forestier convenablement rémunéré. Pour 100 ha, des travaux de ce genre requièrent les services, à mi-temps, d'un spécialiste en recherches forestières; les dépenses s'élèveraient à quelque 7 000 dollars des E.U. par an.

PEUPLEMENTS CONSERVATOIRES EX SITU DANS LES TROPIQUES

par

P. GULDAGER

Département de la génétique, Université royale de science
vétérinaire et d'agriculture, Copenhague

INTRODUCTION

On se rend compte, depuis quelques années, que la conservation des ressources génétiques forestières est une tâche urgente et importante, et ce pour deux raisons, à savoir que:

- 1) il est indispensable de disposer de semences d'espèces et de provenances exotiques qui s'avèrent prometteuses pour mettre en oeuvre des programmes d'amélioration et de plantation;
- 2) le potentiel génétique d'un grand nombre d'espèces est menacé d'érosion par suite de l'exploitation croissante des ressources naturelles.

Dans le présent exposé, on s'efforce de dégager brièvement les facteurs à prendre en considération lors de l'élaboration de projets de conservation ex situ, ainsi que l'utilisation éventuelle des plans établis. Un exemple est donné, succinctement, d'une région qui pourrait convenir à l'établissement de peuplements de conservation, à savoir la zone de savanes du Nigéria.

NECESSITE DE L'INSTALLATION DE PEUPLEMENTS
DE CONSERVATION EX SITU DANS LES TROPIQUES

Nécessité d'assurer la production semencière d'espèces et de provenances qui s'avèrent prometteuses comme espèces exotiques pour la plantation forestière dans les tropiques

Le rythme des installations de plantations forestières tropicales s'est rapidement accéléré au cours des vingt dernières années. C'est un phénomène de grande importance pour l'économie des pays en développement, comme pour l'approvisionnement en bois dans le monde à longue échéance. Dans la plupart des cas, on s'est basé, pour le choix des essences et des provenances, sur de petits essais d'espèces et de provenances, ou sur des plantations pilotes qui ne représentaient que de petites fractions des variations génétiques disponibles. Néanmoins, on observe une curieuse coïncidence dans le choix des espèces pour l'établissement de plantations d'un bout à l'autre de la ceinture tropicale. Des essences comme Pinus caribaea, P. oocarpa, P. kesiya, P. patula, Euc. grandis, E. tereticornis, Tectona grandis et Gmelina arborea sont largement répartis, et avec succès, dans les plantations tropicales.

S'étant rendu compte de la base génétique relativement restreinte dont on s'était servi pour le choix des provenances qui se sont établies avec succès, on a déployé et on déploie encore une activité considérable pour l'élargir à l'échelon national et plus particulièrement à l'échelon international. De fructueux projets de collecte de semences et l'établissement d'essais de provenance de toute première qualité à l'échelon international ont ainsi été réalisés. Il y a actuellement plusieurs centaines de provenances établies sous forme d'essais répétés sur toute la ceinture tropicale et on commence à récolter des données et des informations sur ces provenances. On a trouvé des différences très distinctes entre les provenances; par exemple, dans un essai de provenances de E. camaldulensis dans la zone de savanes du Nigeria, la production des meilleures provenances est le triple (en volume) de celle des plus médiocres (4 ans d'âge).

Mais on ne peut se réapprovisionner en semences pour l'établissement de plantations et l'amélioration des essences que pour un nombre très limité de provenances

Une action internationale en vue d'assurer l'obtention de semences des provenances prometteuses est la suite logique et nécessaire à donner aux essais de provenances internationaux si l'on veut utiliser le potentiel économique des provenances génétiquement supérieures que les essais auront mises en évidence. Le moyen le plus sûr et le plus efficace pour assurer à longue échéance l'obtention de semences consiste très souvent à établir des peuplements de conservation ex situ dans les pays où les programmes de plantation sont les plus actifs.

Besoin universel de conserver les gènes et les patrimoines génétiques menacés d'extinction

Outre la nécessité urgente et bien établie de conserver les provenances qui promettent un bon succès sous les tropiques, il faut tenir compte de la nécessité universelle de conserver les gènes et les patrimoines génétiques en péril. A cet effet, la conservation ex situ serait opportune là où la conservation in situ des écosystèmes se révèle irréalisable.

STRATEGIE DE LA CONSERVATION EX SITU: CONSIDERATIONS GENETIQUES FONDAMENTALES

Nous donnons ci-après un choix de quatre objectifs pour la conservation ex situ d'une population (provenance):

- A. Etablir et maintenir des peuplements conservatoires caractérisés autant que possible par les mêmes fréquences de génotypes que la population originale (provenance); conservation statique (types de gène).
- B. Etablir et maintenir des peuplements conservatoires caractérisés autant que possible par les mêmes fréquences de gènes que la population originale (évitant ainsi la perte totale d'un allèle quelconque); conservation statique (patrimoines héréditaires).
- C. Etablir des peuplements conservatoires où les fréquences des gènes ont la possibilité de changer librement sous l'effet de forces sélectives naturelles; conservation évolutive.
- D. Etablir des peuplements conservatoires où les fréquences d'éléments génétiques sont modifiées à dessein par l'homme en vue de conserver des caractéristiques importantes pour l'économie de plantation dans une région et, en même temps, d'éliminer les caractéristiques non souhaitables; conservation sélective.

Objectif A - Cet objectif qui exprime "le plus haut degré de conservation" est théoriquement réalisable par la multiplication végétative de clones individuels. C'est la méthode normale employée pour la multiplication chez Populus, Salix et Crytomeria, et elle a permis d'obtenir des résultats encourageants avec Triplochiton au Nigeria. Néanmoins, pour beaucoup d'essences tropicales, il est probable qu'en raison de problèmes techniques et de quarantaine, les semences demeureront l'élément et le moyen de multiplication le plus pratique. La réalisation de l'objectif B impliquerait qu'aucune information génétique n'a été perdue et qu'en principe quel génotype présent dans la population originale peut être reproduit, bien que la fréquence génotypique dans les peuplements ex situ de la première génération puisse être différente de celle de la population originale. Le transfert de gènes, par l'entremise des semences, de la population originale au peuplement conservatoire serait plutôt une réalisation de l'objectif B que de l'objectif A, mais, dans la pratique, un changement appréciable dans les fréquences de gènes est vraisemblablement provoqué par des facteurs incontrôlables, comme ceux que nous décrivons ci-après sous le titre "Maintien de l'intégrité génétique...".

L'action selon l'objectif C implique la création de plates-formes artificielles pour induire une "évolution naturelle nouvelle".

Objectif D. En réalité, c'est une "évolution assujettie à la volonté de l'homme"; c'est l'expression qu'a employée Vavilov pour désigner l'amélioration des végétaux. La conservation des gènes et des complexes de gènes qui contrôlent les caractères importants du point de vue économique présente une importance capitale pour les programmes d'amélioration et de plantation, comme nous l'avons indiqué ci-dessus. Les problèmes que soulève la conservation en général sont les suivants:

- a) La définition des caractères ayant une importance économique est susceptible de changer avec le temps. Il est fort probable que des caractères comme la rectitude du fût, une grande production en volume, des branches de diamètre réduit, une bonne adaptation à l'environnement, la résistance aux maladies auront de l'importance pour l'avenir, tout comme il est invraisemblable que des arbres à croissance lente et à fût sinueux puissent présenter un intérêt quelconque. Toujours est-il que l'évaluation comparative de telles propriétés n'est pas absolue, mais variable, et il se pourrait qu'à l'avenir on exige, pour les travaux de sélection et d'amélioration, des propriétés non encore étudiées (par exemple, résistance à de nouvelles maladies, certaines propriétés du bois). Aussi longtemps qu'une gamme de variations suffisamment étendue est maintenue, et à condition que les caractères souhaités pour l'avenir de l'espèce ne soient pas liés à des caractères indésirables actuellement, on doit pouvoir maintenir le potentiel d'amélioration génétique de l'espèce pour l'avenir.
- b) Une forte réaction réciproque génotype/environnement est susceptible de provoquer une réduction désastreuse du potentiel génétique lors de l'installation de futures plantations dans des environnements différents de celui dans lequel se trouve le peuplement conservatoire. Dans le cas où la conservation sélective est la seule pratiquée, il devient nécessaire de faire des répétitions des peuplements dans les différents milieux susceptibles de faire l'objet de plantations.

Pour la conservation sélective, la demande immédiate de semences nécessaires aux travaux d'amélioration et à l'établissement de plantations peut être, dans une grande mesure, satisfaite. A longue échéance, les méthodes conservatoires sélectives seront confrontées avec les mêmes problèmes (maintenir la variation génétique, éviter la consanguinité) que ceux qu'on rencontre lorsqu'on se propose d'élaborer des programmes d'amélioration à long terme.

MAINTIEN DE L'INTEGRITE GENETIQUE DANS LA CONSERVATION EX SITU

De nombreux problèmes d'ordre pratique se posent lorsqu'on cherche à réaliser les divers objectifs de la conservation. Dans le contexte actuel, les problèmes fondamentaux de cet ordre relèvent des trois étapes principales de l'opération conservatoire, qui sont:

- 1) l'échantillonnage des génotypes (semences) dans la population originale,
- 2) la survie et la croissance des génotypes prélevés ex situ,
- 3) le croisement entre les génotypes prélevés ex situ.

Echantillonnage des génotypes dans la population originale (provenance)

Il est tout naturel que les premiers projets de conservation concernant les essences tropicales aient pour point de départ les collectes internationales de provenances (semences), telles qu'elles sont effectuées par les centres de semences internationaux. En bref, la méthode normale d'échantillonnage des résineux consiste à recueillir des cônes sur 15 à 25 arbres pris au hasard, mais pas en sous-étage, dans un peuplement, à raison de 10 à 50 litres de cônes par arbre. Les zones de collecte peuvent être choisies de différentes manières, par exemple, suivant le système à treillis, le système de parallèles

à des gradients inhérents au milieu ambiant, tels que l'altitude, la pluviosité, etc.), toutes visant à prélever des échantillons de diversité génétique connue ou présumées.

Bien que les méthodes de collecte internationale appliquées au cours des dix dernières années soient, du point de vue sylviculture appliquée, d'un niveau jugé très satisfaisant, une erreur dans l'échantillonnage pourrait, pour ce qui est de la génétique d'une population, revêtir une grande importance:

- 1) La zone de collecte peut ne pas bien représenter la population (sous-population) qui s'y trouve.
- 2) Un nombre très réduit d'arbres échantillonnés par peuplement donne lieu à de grandes erreurs d'échantillonnage. Par exemple, si, parmi un million d'arbres semenciers, 500 seulement possèdent un certain gène spécifique, la probabilité que ce gène se trouve inclus dans l'échantillon n'est que de un pour cent si les semences sont récoltées sur 20 arbres choisis au hasard.
- 3) La collecte ne peut être effectuée que sur des génotypes fructifères.
- 4) Le pourcentage de demi-fratries dans un lot de semences récoltées sur 20 arbres, sans compter un faible pourcentage de fratries pouvant s'y trouver, est d'au moins cinq pour cent.

Les plans de collecte peuvent être spécifiquement organisés pour s'adapter aux programmes de conservation; malgré cela, on peut s'attendre à de très grandes erreurs d'échantillonnage. (Dans l'exemple précédent, la probabilité de collecte du gène mentionné augmente de 1 à 5 pour cent si les semences sont récoltées sur 100 arbres au lieu de 20). La fréquence du gène dans l'échantillon de semences peut ainsi être considérablement différente de sa fréquence dans la population originale.

Au stade actuel où aucun gène n'est tout à fait défini dans les essences des plantations tropicales en question, et où toute information sur les génotypes ne résulte que des observations effectuées dans des plantations situées dans des milieux en dehors de l'aire naturelle de répartition, il y a très peu de possibilités d'exercer un bon contrôle sur la méthode initiale d'échantillonnage. On doit donc tenir compte, lorsqu'on envisage les étapes successives d'un projet de conservation, des erreurs d'échantillonnage relativement grandes qui peuvent se produire. Il serait inopportun de consacrer beaucoup d'efforts et d'argent en vue de maintenir des fréquences de gènes dans les peuplements conservatoires lorsque les fréquences de gènes ont déjà été considérablement modifiées au cours de la phase initiale de l'échantillonnage. On peut, en revanche, soutenir que la variation génétique en soi a son importance et qu'on doit prendre toutes les précautions possibles pour maintenir la fréquence des gènes dans l'échantillon de semences. L'entreposage pendant les longues périodes ou des erreurs de traitement dans la manutention et l'emmagasinement des semences sont d'autres facteurs susceptibles d'affecter la fréquence des gènes.

Survie et croissance des génotypes des échantillons prélevés ex situ

On peut conserver, dans les arbres vivants, les fréquences des gènes qu'il y avait dans les échantillons de semences, pendant 30 à 50 ans, ou davantage (selon les espèces), à condition que l'on puisse assurer la survie de ces arbres et leur croissance raisonnable. Pour les essences tropicales qui réussissent bien, on arrive maintenant à combiner, d'une part, la sélection de stations convenables avec, d'autre part, l'emploi de techniques efficaces de plantation en pépinière et de techniques d'installation par la suite, de manière à assurer une survie d'à peu près 100 pour cent sur le terrain, condition première pour la conservation statique d'une espèce. La concurrence peut certainement jouer, défavorisant les génotypes les moins aptes à survivre au fur et à mesure de la maturation du peuplement. La concurrence peut toutefois être évitée dans une grande mesure si le peuplement conservatoire est disposé suivant les espacements qu'on applique aux vergers à graines (9 x 9 m par exemple), ou si l'on y pratique des éclaircies mécaniques.

Dans la conservation sélective, la définition des critères de la sélection sont d'une importance qui peut être décisive. Il peut être souhaitable d'axer l'attention sur des caractères intéressants l'économie, mais de faible héritabilité (au sens strict), comme la vigueur, caractères qu'il est généralement plus difficile d'améliorer par la sélection et l'amélioration individuelles que les caractères de forte héritabilité, comme la forme du fût.

Croisement entre les génotypes des échantillons prélevés ex situ

La conservation à longue échéance des gènes et des fréquences de gènes constitue la partie la plus difficile d'un programme de conservation. On arrive, par l'application de techniques appropriées, à assurer la conservation durant quelque 30 à 50 ans, mais au-delà, toute une série de problèmes surgissent qu'on ne peut envisager de traiter, à part quelques-uns, pendant la phase d'établissement. La transmission précise d'une information génétique d'un peuplement conservatoire ex situ de la première génération au peuplement de la génération suivante dépend des facteurs suivants: type de croisement, effectif de la "population" (dérive génétique, consanguinité) et migration.

Dans le cas où tous les individus sont en floraison, le croisement fortuit (probabilités égales pour toutes les combinaisons) peut être assuré en théorie par l'application de la méthode de pollinisation contrôlée, mais cette pratique pourrait s'avérer très onéreuse. Mis à part (1) le choix de milieux susceptibles de stimuler la production de semences, (2) la non-suppression des individus caractérisés par une production de semences médiocre, et (3) les dispositions nécessaires pour s'assurer un peuplement d'un effectif raisonnable, on ne peut guère oeuvrer pour garantir un croisement fortuit. Quant à la migration, en ce sens qu'elle représente une contamination par du pollen étranger, elle peut être réduite au minimum grâce à un isolement adéquat des peuplements.

On peut réduire l'influence de la dérive génétique et de la consanguinité en installant des peuplements conservatoires "raisonnablement vastes". On présume que la dérive génétique et les croisements consanguins seront négligeables, au moins pendant les deux ou trois premières générations (60 à 90 ans), dans des peuplements bien aménagés d'une superficie de 10 à 30 ha, établis sur la base des plans internationaux de collecte de provenances.

Malgré la proportion relativement élevée de fratries et de demi-fratries dans ces collections de semences, le croisement dans les peuplements ex situ est souvent considéré comme un "croisement éloigné" eu égard aux conditions prévalentes dans un peuplement naturel du fait du mélange de semences d'arbres mères bien disséminés dans la population originale. Ce phénomène est probablement à la base, en partie bien sûr, de l'amélioration surprenante de la vigueur que l'on observe chez la seconde génération dans les plantations ex situ.

Contrôle des paramètres génétiques dans la conservation ex situ

L'étude de la génétique des populations forestières a connu un grand essor au cours des dernières années, de même que celle des méthodes d'identification des génotypes et des gènes (en particulier, les méthodes chémotaxonomiques; les méthodes basées sur la présence d'iso-enzymes, d'huiles volatiles, de dérivés flavonoïdes, etc.). Il est à prévoir que les possibilités de vérification et de contrôle des paramètres génétiques d'une population dans les programmes de conservation iront en augmentant de façon significative au cours des prochaines décennies. Au stade actuel, on considère ces méthodes trop compliquées et trop coûteuses pour être appliquées dans les projets de conservation en général.

Le maintien de l'identité dans la descendance d'un arbre particulier est une méthode de contrôle précieuse, surtout pour la conservation sélective. Dans les cas de forte interaction génotype/environnement, un peuplement conservatoire ayant pour base des semences de 15 arbres peut fort bien finir avec 3 à 5 familles seulement. Ce genre de contrôle nécessite donc une cartographie de chaque arbre dans le peuplement conservatoire. Ajoutons que la méthode, bien que sa mise en oeuvre comporte certaines exigences, est satisfaisante du point de vue pratique. La disposition arbre par arbre permettra en outre d'éviter les croisements entre fratries (modèles de polycroisements, diminution des croisements consanguins).

Il y a lieu de tenir compte des méthodes précitées dans l'établissement des projets de conservation. Il est toutefois utile de souligner que, dans la situation d'urgence actuelle, il n'y a pour ainsi dire pas de doute que toute installation ex situ d'une provenance prometteuse s'avérera profitable, pourvu qu'elle survive.

CRITERES POUR LA SELECTION D'ESPECES ET DE PROVENANCES
AUX FINS DE CONSERVATION EX SITU

Le potentiel économique, les difficultés de réapprovisionnement en semences et le danger d'extinction devraient être les critères principaux pour l'établissement d'une liste de priorité d'espèces et de provenances en vue de l'établissement de peuplements conservatoires ex situ. Sur la base de ces critères, les pins tropicaux récemment choisis, à savoir P. caribaea et P. oocarpa (Kemp 1973) devraient bénéficier d'un ordre de priorité élevé. La plupart des essais de provenance de ces espèces sont de fraîche date et leur potentiel économique est difficile à évaluer, mais on possède déjà certaines indications tirées de ces récents essais.

Dans les cas où l'on peut compter sur un approvisionnement suffisant en semences, mais sur un financement plutôt limité pour l'établissement, on pourrait établir 5 à 10 provenances réparties dans un seul peuplement, selon la disposition arbre par arbre, et éliminer ensuite toutes les provenances, sauf la provenance particulière la plus prometteuse, lorsqu'on aura recueilli de l'expérience les renseignements sur le potentiel des provenances. Le peuplement constituerait ainsi un essai de provenances formé de parcelles d'arbres individuels pendant la première partie de la révolution, et se transformerait en peuplement conservatoire de la meilleure provenance.

Indépendamment des critères que nous avons mentionnés, on pourrait ajouter à la liste, mais à un rang de priorité moins élevé, des provenances qui ne sont pas menacées d'extinction et dont le réapprovisionnement ne pose pas de problèmes, afin de constituer une représentation ex situ assez large de la variation de la provenance. Cela pourrait s'avérer utile pour les études sur la sélection et pour les programmes d'amélioration futurs dans une région donnée.

CHOIX DES REGIONS SUSCEPTIBLES D'“ACCUEILLIR”
DES PEUPELEMENTS CONSERVATOIRES

Les semences qui peuvent servir à l'établissement de peuplements conservatoires sont en général plutôt rares et coûteuses, et l'établissement et l'entretien dans de bonnes conditions sont également onéreuses. Dans bien des cas, l'établissement de peuplements conservatoires ne peut être réalisée sans une aide financière considérable de la part des organisations internationales. Une autre condition qui s'impose lors de l'établissement d'un peuplement conservatoire dans une région consiste à disposer d'une expérience technique suffisante et à être sûr d'une organisation stable du travail, de manière à pouvoir garantir que l'aménagement sera et demeurera longtemps de haute qualité. Un projet d'établissement de peuplements conservatoires sera d'autant plus profitable et voué au succès que l'intérêt suscité dans la région pour les provenances qui en font l'objet sera plus intense, tant du point de vue de l'amélioration de l'espèce que de celui des plantations qui suivront. Il faut aussi que les conditions du milieu soient adéquates.

Les projets de conservation régionaux doivent être conçus en fonction d'un plan d'ensemble de conservation globale de l'espèce en question.

CHOIX DES STATIONS POUR LA CONSERVATION EX SITU

Pour ce choix, on peut appliquer les mêmes critères que ceux qui servent de base au choix des stations pour l'installation de vergers à semences (milieu favorable à une forte production en semences; pas de danger de contamination par le pollen; protection contre les dégâts pouvant être causés par l'homme, les animaux, les incendies, l'érosion, les inondations, etc., être accessibles, proches des sources de main-d'oeuvre disponible se prêter à l'entretien mécanisé).

Dans de nombreuses régions tropicales dotées de plantations, on ne connaît qu'imparfaitement le potentiel de production semencière, les plantations étant encore de fraîche date. Bien qu'il semble possible de se fier, en quelque sorte, à la prévision d'une production semencière sur la base de renseignements généraux sur les provenances, cela ne va pas sans quelque risque. Mais, même en supposant le pire (peu ou pas de production de semences), il est probable qu'un peuplement conservatoire s'avérera utile à d'autres égards (voir ci-après: Utilisation des peuplements conservatoires).

Les peuplements conservatoires statiques devraient être établis là où règnent des conditions de milieu optimales, de manière à s'assurer la survie du plus grand nombre possible de génotypes. Les peuplements conservatoires pour la sélection peuvent être établis dans des milieux plus extrêmes, mais ces milieux doivent tout de même posséder les conditions des régions favorables à la plantation. On a instauré plusieurs projets de plantations tropicales dans des milieux où les conditions sont en tous points les meilleures de la région. L'expansion de l'agriculture pourrait refouler le développement des plantations forestières vers les terres médiocres, ce qui inciterait à l'utilisation de ces régions pour la conservation sélective.

ETABLISSEMENT ET TRAITEMENT DES PEUPELEMENTS CONSERVATOIRES EX SITU

Disposition

Comme il est probable que tout projet régional de conservation intéresse plusieurs espèces et provenances, l'isolement à réaliser entre les provenances et les espèces susceptibles d'hybridation peut susciter certains problèmes. Une possibilité d'isolement consiste à disposer les blocs de provenances en file, perpendiculairement à la direction des vents dominants pendant la saison de floraison, et d'éviter qu'il y ait des lisières contiguës entre les provenances (espèces) aptes à l'hybridation. Il est préférable que les provenances adjacentes aient des âges de révolution comparables.

Traitement en pépinière

L'ensemencement direct, une semence par pot, tel qu'il est pratiqué dans certaines pépinières tropicales, est considéré comme le procédé idéal pour éviter les pertes. Les descendants provenant d'arbres uniques devraient être gardés séparément dans la pépinière pour pouvoir vérifier: 1) le nombre de descendants par arbre choisi; 2) s'il s'est produit une hybridation accidentelle; 3) s'il y a eu réduction de vigueur accompagnant une consanguinité prolongée (inbreeding depression), et 4) variation entre familles.

Transplantation et traitement ultérieur

Dans la mesure du possible, les méthodes doivent être normalisées et spécifiées dans les plans de contrôle. Les régimes d'éclaircies doivent faire l'objet d'une attention particulière.

UTILISATION DES PEUPEMENTS CONSERVATOIRES

En dehors des avantages que l'on peut tirer, à longue échéance, de la conservation des provenances possédant des caractères génétiques connus, les peuplements conservatoires offrent d'intéressantes possibilités d'utilisation à court terme.

Pour la production de semences

Les peuplements conservatoires peuvent être utilisés pour la production de semences en vue

- 1) de l'établissement de plantations;
- 2) de l'établissement de peuplements semenciers,
- 3) de l'établissement de vergers à semis (provenant de semences d'arbres sélectionnés);
- 4) de la production d'étalons dans des essais de provenance, de descendance et autres.

Comme patrimoine pour la sélection

Les peuplements conservatoires constituent des patrimoines où l'on pourra sélectionner des individus destinés à l'établissement de vergers à graines clonales, à des expositions d'arbres, et à des banques de clones. Bien qu'ils soient de dimension relativement réduite (10 à 30) ha et d'un effectif de 10 000 à 30 000 arbres à l'origine), on peut attendre de ces peuplements des gains génétiques considérables par la sélection en vue de favoriser des caractères de forte héritabilité, comme la forme du fût.

Les peuplements conservatoires constituent enfin une source précieuse pour des études générales sur les provenances (héritabilité; caractéristiques de la fleur, de la graine et de la production; etc.) comme aussi sur la génétique des populations.

ACCORDS INTERNATIONAUX

Les plans établis pour le contrôle des peuplements conservatoires ex situ installés sous des auspices internationaux devraient comporter des accords concernant l'établissement, le traitement et l'aménagement de ces peuplements. Une proportion préalablement fixée de la récolte en semences doit être mise à la disposition d'autres pays, de même qu'il sera accordé à ces pays des possibilités d'obtention de propagules végétatifs et de pollen. La proportion de la récolte en semences à distribuer aux autres pays pourrait être établie en fonction de la proportion des ressources financières internationales investies dans le programme de conservation en question.

PEUPEMENTS CONSERVATOIRES DANS LA ZONE DES SAVANES DU NIGERIA

Depuis plusieurs années, la fourniture de semences d'E. camaldulensis est insuffisante. Les provenances Katherine et Petford sont censées donner un rendement supérieur de 30 à 50 pour cent à celui des provenances ordinairement utilisées, mais il n'y a pas eu suffisamment de semences pour suffire à l'établissement de plantations à grande échelle. Parmi les pins tropicaux, P. oocarpa et P. caribaea se sont avérés très prometteurs dans les essais de provenance, et on envisage actuellement d'établir des plantations de ces deux espèces. L'obtention de grandes quantités de semences des provenances qui ont donné des résultats encourageants pose un problème difficile.

Etant donné l'intérêt manifesté dans la région pour les espèces mentionnées et l'expérience technique qu'on trouve sur place, on ne peut que recommander l'établissement de peuplements conservatoires des espèces en question. En raison de la sévérité de la saison sèche, on doit pratiquer la conservation sélective et non la conservation statique. Il est recommandé d'établir des peuplements de deux provenances de E. camaldulensis et de trois provenances de chacun des résineux P. oocarpa et P. caribaea, à raison de 20 ha par peuplement, dans la partie orientale d'Àfaka F.R. dans le voisinage de Kaduna; dans cette région, les critères énumérés plus haut pour le choix des stations sont suffisamment satisfaits. On évalue le coût de l'établissement de ces peuplements, y compris les travaux en pépinière

et les soins culturaux pendant cinq ans, à \$ E.-U. 400 par hectare. Il est recommandé que la sélection dans les peuplements conservatoires soit axée en premier lieu, uniquement sur la vigueur (adaptabilité) et l'obtention de sujets sains. Les individus dotés de caractères extraordinaires, autres que la vigueur, pourraient être conservés dans des banques de clones dans le cas où ils seraient désignés et marqués pour l'éclaircie. A des stades ultérieurs, on peut axer la sélection sur des caractéristiques uniques de forte hérédité, par exemple, la forme du fût.

La décision, quant au choix des provenances à conserver, ne peut être prise que peu avant l'établissement (ou les collectes supplémentaires de semences), de manière à s'assurer qu'on possède les derniers renseignements, aussi précis que possible, concernant les essais de provenances. A l'heure actuelle, les provenances Petford et Katherine d'E. camaldulensis semblent des candidats imbattables.

Il y a lieu de considérer des répétitions des peuplements conservatoires dans d'autres régions, dans un proche avenir, ne fût-ce que comme moyen de sauvegarde, avec la perspective d'établissement éventuel de plantations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barner, H., 1971. Procurement of douglas fir seed for provenance research. 15th IUFRO Congress, Gainesville, Florida, U.S.A. (W.G., Sec. 22 and 24).
- Frankel, O.H. and Benett, E., 1970. Genetic resources in plants - their exploration and conservation. IBP Handbook No. 11, Oxford.
- Kemp, R.H., 1973. International provenance research on central American pines. Com. For. Rev. Vol 52, No. 151.
- Kemp, R.H., Burley, J., Keiding H. and Nickles, D.G., 1972. International cooperation in the exploration, conservation and development of tropical and subtropical forest gene resources. Proc. VII World For. Cong., Argentine.
- Fowler, D.P. and Yeatman, C.W., (Eds.) 1971. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proceedings of the thirteenth meeting of the Committee on forest tree breeding in Canada, part 2, Prince George, B.C. Canada.
- Willan, R.L. et Palmberg, C., 1973. Meilleure utilisation des ressources génétiques forestières. Rapport du Centre de formation FAO/DANIDA sur l'amélioration des essences forestières. Kenya, pp. 90-101. FAO, Rome.

STOCKAGE DE SEMENCES D'ARBRES ET DE POLLEN EN VUE
DE LA CONSERVATION GENETIQUE:
POSSIBILITES ET LIMITATIONS

par

B.S.P. Wang

Patawawa Forest Experiment Station, Canadian Forestry Service,
Department of the Environment, Chalk River, Ontario

INTRODUCTION

Les généticiens, sélectionneurs, pathologistes, évolutionnistes et autres spécialistes se rendent de plus en plus nettement compte que dans de nombreuses régions du monde les réserves génétiques forestières sont en train de décroître à un rythme inquiétant, et que des mesures de protection s'imposent d'urgence (Jasso 1971).

Du fait que les arbres forestiers sont des espèces sauvages, d'un long cycle de vie et largement répandues, on considère que la conservation des ressources génétiques forestières a plus de chance d'être efficace si elle a lieu dans leur milieu naturel (Bouvarel 1970, Frankel 1970, Yeatman 1971).

Dans l'état actuel de nos connaissances sur la physiologie et la biochimie des semences, la préservation des ressources génétiques forestières par stockage, dans des conditions contrôlées, de semences, pollen ou cultures de tissus peut être efficace lorsqu'elle est utilisée comme solution de remplacement à court ou à long terme, et comme complément à la conservation in situ ou ex situ (Wang 1971).

On peut stocker les semences de certaines espèces (par exemple, Acacia, Eucalyptus et Pinus spp.) pendant de longues périodes (plus de 15 ans); pour d'autres espèces (la majorité des résineux et des feuillus), seul le stockage à court terme (0 à 3 ans) et à moyen terme (4 à 15 ans) peut être réalisé avec succès.

Dans la conservation génétique, le but du stockage de semences, de pollen ou de cultures de tissus est de fournir les matériels conservés pour une utilisation future dans les plantations servant de banques de gènes, et de conserver ces matériels dans des conditions optimales de manière à maintenir le pouvoir germinatif, la vigueur et l'intégrité génétique qu'ils avaient à l'origine. On doit pouvoir, toutefois, distribuer au cours de la période de stockage, des quantités déterminées des matériels génétiques stockés pour les besoins de la recherche et de la production de semences.

Le stockage de cultures de tissus comme moyen de conservation génétique est une perspective d'avenir intéressante, mais elle semble encore peu pratique au niveau actuel de nos connaissances (Frankel 1970, Lata 1971, Nag et Street 1973). Le stockage de pollen est une opération valable lorsqu'il s'agit de conservation à court et à moyen terme, mais il offre moins de sûreté que le stockage de semences et la conservation est de moindre durée.

Le présent chapitre récapitule les connaissances actuelles en matière de stockage de semences et de pollen, et offre une étude des possibilités de stockage et des limitations de son application en vue de la conservation des ressources génétiques. Le stockage des semences y est tout spécialement traité.

MANIERES DE STOCKER LES MATERIELS GENETIQUES

La conservation des gènes par le stockage de semences ou de pollen devient intéressante lorsqu'il n'est pas possible de préserver, in situ, des populations forestières données, lorsque l'installation de réserves clonales ou de vergers à graines doit être différée, ou lorsque des peuplements naturels importants, mais non testés, sont menacés de disparition. Le stockage peut être entrepris comme mesure de sauvegarde dans le cas de population non testées, ou dont les tests de descendance sont en cours d'exécution, comme c'est le cas de Picea glauca (Moench) Voss (voir chapitre 3 ci-dessus). Dans ce cas, le stockage est une garantie contre la perte partielle ou totale de plantations conservées (Schreiner 1968).

En raison de sa fertilité imprévisible, le stockage de pollen est une technique qui peut être pratiquée utilement dans la recherche sur la génétique et sur l'amélioration des arbres, mais seulement pour des périodes de courte et de moyenne durée; on ne peut trop compter sur le stockage de pollen pour la conservation des ressources génétiques.

LONGEVITE DES MATERIELS GENETIQUES STOCKES

Longévité des semences stockées

La période pendant laquelle une graine donnée peut germer varie énormément selon l'espèce, la qualité de la semence au départ et les conditions de stockage. On dispose actuellement de plus de connaissances en la matière et de méthodes modernes qui permettent de stocker pendant plus longtemps de nombreuses espèces d'arbres qui, croyait-on précédemment, avaient des semences de courte durée de vie. Les semences de beaucoup de pins, de sapins et de feuillus à petites graines tolèrent un séchage poussé et supportent les températures de scellage et de sous-congélation; elles peuvent ainsi garder leur pouvoir germinatif pendant plus de 40 ans. Les graines d'Acacia spp., Gleditsia triacanthos L., certains Pinus spp., et Robinia pseudoacacia L. ont un tégument dur et imperméable et peuvent conserver leur capacité de germination pendant 50 ans (Barton 1961, Harrington 1972). Pour les semences du dernier groupe mentionné, les conditions de stockage ne jouent pas un grand rôle (Harrington 1972). Quant aux semences qui ne peuvent tolérer qu'un séchage moyen (une majorité de résineux et de feuillus), elle ne peuvent être stockées que dans des récipients scellés, à des températures de 0° à -18°C et la durée de stockage ne peut dépasser 4 à 15 ans.

Le problème essentiel en matière de stockage de semences ne se pose cependant qu'avec des semences à cycle de vie court des espèces suivantes: Acer macrophyllum Pursh, A. saccharinum L., A. negundo L., A. plantanoides L., Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze, A. heterophylla (Salib.) Franco, A. hunsteinii K. Schumann, Castanea spp., Cedrela odorata L., Chamaecyparis obtusa (Sieb. & Zucc.) Endl., Cryptomeria japonica (L.f.) D. Don., Fagus spp., Juglans nigra L., Libocedrus decurrens Torr., Populus deltoides Bartr., P. trichocarpa Torr. & Gray, P. nigra L., Quercus spp. et Salix spp. Les semences de ce groupe ne tolèrent qu'un séchage très réduit et ne supportent pas les températures de la sous-congélation et du scellage; elles ne peuvent par conséquent être stockées que pendant de courtes périodes, allant de quelques semaines à 3 ans, et cela avec une diminution du pouvoir germinatif.

La dormance, autant interne qu'externe, est un facteur qui contribue pour beaucoup à l'extension de la durée de stockage que peuvent supporter les semences (Barton 1961, Harrington 1970). Ainsi, il est de la plus haute importance de protéger le tégument des semences contre tout ce qui peut nuire à la dormance, comme une récolte prématurée, des dégâts d'origine mécanique au cours du désailage, et aussi les milieux peu favorables, de manière à tirer le plus grand avantage possible de la dormance des semences stockées.

Qualité de la semence au départ

Toutes les semences récoltées sur des populations données doivent faire l'objet d'un contrôle soigné de la qualité d'origine au cours de toutes les phases concernant: la collecte, la manutention, l'extraction et le nettoyage, les essais et le stockage (Wang 1971). Ce contrôle comprend 1) la vérification de l'origine des peuplements choisis, la surveillance de la récolte des cônes et des fruits, l'identification et l'étiquetage des cônes et des fruits récoltés; 2) la vérification de la maturité des cônes et des fruits, ainsi que la fixation de l'époque de la collecte dans les années de floraison abondante; 3) l'emballage convenable, l'expédition, le traitement, ainsi que l'extraction et le nettoyage des cônes ou des fruits récoltés, et enfin 4) un test efficace et sûr des semences extraites.

Les semences récoltées avant la maturité naturelle sont susceptibles d'avoir un faible taux de germination, d'être rapidement détériorées au cours de l'entreposage et d'être endommagées lors de l'extraction ou du nettoyage (Allen 1956, 1957, 1958; Ching et Ching 1962, Huss 1956). Harrington (1970) indique que la baisse plus rapide du pouvoir germinatif pendant le stockage des graines non mures par rapport aux graines mures serait due au développement incomplet des premières. Il se peut que certains composés (y compris les corps qui induisent l'entrée en dormance, les antioxydants des lipides et les substances énergétiques) ne se soient pas encore formés dans les graines immatures, ou que certaines protéines n'y aient pas encore atteint leur structure finale.

L'entreposage des cônes ou des fruits récoltés dans un endroit frais et bien aéré de manière à éviter l'échauffement, la fermentation et la prolifération de moisissures, est la clef du succès des opérations d'extraction et de nettoyage. Pour certaines espèces (Abies procera Rehd., par exemple), il ne suffit pas que les cônes soient mûrs pour obtenir le maximum de pouvoir germinatif, à moins de laisser les semences compléter leur maturation dans les cônes pendant une certaine période, au cours de laquelle il se produit un transfert de substances organiques du cône aux semences (Rediske et Nicholson 1965).

Dans les opérations d'extraction et de nettoyage des semences, l'élévation de la température et du taux d'humidité dans la sécherie ou au cours du désailage sont les sources les plus fréquentes des dommages qu'elles peuvent subir (Allen 1957, Eliason et Heit 1940, Gordon et al. 1972). Les semences endommagées ne sont pas bonnes pour l'entreposage, même à court terme, du fait de leur taux de respiration élevé et de l'échauffement spontané qui s'opère en leur sein (Holmes et Buszewicz 1958, Kamra 1967, Zeleny 1954). Pour éviter de tels dégâts, il importe que l'extraction des semences fasse l'objet de beaucoup de prudence et que le désailage soit effectué à la main ou selon des techniques par voie humide (Wang 1974).

La teneur en eau de la semence est l'un des facteurs les plus critiques qui affectent sa longévité (Harrington 1972). Chez certaines espèces (par exemple, Abies et la plupart des feuillus) il suffit d'un séchage à l'air pour réduire la teneur en humidité des semences à un niveau convenable et sans risques; par contre, les semences d'autres espèces, en particulier celles qui nécessitent un désailage par voie humide et un nettoyage, doivent faire l'objet d'un séchage artificiel pour réduire davantage leur teneur en humidité. D'après Wakeley (1954), l'exposition directe des semences de pin aux rayons solaires est un procédé de séchage meilleur que l'application de la chaleur artificielle, bien qu'il y ait un certain risque d'accroître la dormance des semences et un danger d'attaque par les rongeurs et les insectes. Selon lui, les semences ne subissent aucun dommage. Il faut toutefois tenir compte, en raison de la capacité des semences à absorber l'humidité du fait que le succès du séchage à l'air dépend du degré hygrométrique de l'atmosphère qui varie, lui-même, selon la localité et l'époque de l'année (Barton 1961, Heit 1967 b).

La composition chimique des semences varie selon les espèces; c'est pourquoi les semences de certaines espèces (par exemple, *Abies alba* Mill. et les pins du sud) tolèrent mieux un séchage lent à des températures peu élevées qu'un séchage rapide à température élevée (Magini et Cappelli 1964, Wakeley 1954). Mieux encore, Harrington (1972) a signalé que des semences d'espèces différentes n'atteignent pas le même équilibre de teneur en humidité lorsqu'elles sont exposées à des atmosphères de même degré hygrométrique. Par exemple, à une température et une teneur en humidité données, les semences à haute teneur en protéines ou en amidon et à faible teneur en matière grasse absorbent plus d'humidité de l'air que celles à haute teneur en matière grasse. Wakeley (1954) estime que la connaissance des pourcentages qui correspondent à l'équilibre de la teneur en humidité des semences de différentes espèces d'arbres lorsqu'elles sont exposées à des combinaisons diverses de conditions de température et d'humidité atmosphériques, trouvera une large application dans la pratique du séchage et de l'entreposage de ces semences.

Wang (1974) a étudié les teneurs en humidité critiques (au-dessus et au-dessous desquelles le pouvoir germinatif des semences subit une rapide détérioration) de diverses espèces; il estime qu'elles fournissent des indications utiles pour effectuer un entreposage sans risques. L'importance d'une fluctuation manifeste dans la teneur en humidité des semences emmagasinées a été démontrée par Barton (1961).

Le rapport que les semences peuvent tolérer entre leur teneur en humidité et la période d'entreposage peut être illustré en appliquant aux espèces arborées la méthode empirique de Harrington (1972) utilisable pour la plupart des semences agricoles. Il indique que lorsque la teneur en humidité se situe entre 5 et 14 pour cent, la période d'emmagasinement double pour chaque réduction d'un pour cent de cette teneur. Pour les semences d'arbres qui tolèrent un séchage moyen à très poussé, on doit réduire la teneur en humidité à un niveau inférieur à 8 pour cent (poids frais) à des températures allant de 20° à 35°C. L'application, au cours des dernières années, de la technique de lyophilisation aux semences d'arbres a donné des résultats prometteurs. Surber et al. (1973) ont signalé que des semences de *Picea abies* Karst. ayant une teneur en humidité de 10 à 12 pour cent ont été amenées directement à une teneur de 2,4 pour cent par la méthode de lyophilisation et qu'elles ont ensuite été conservées avec succès pendant 6 ans dans des récipients en verre scellés à - 25°C. Ils ont observé que des semences ayant une teneur en humidité initiale de plus de 12 pour cent doivent être ramenées à ce niveau par un séchage préliminaire avant de pouvoir faire l'objet d'un séchage direct par congélation qui soit sans préjudice (exemple, *Abies* spp.).

Le séchage excessif des semences peut être préjudiciable à leur pouvoir germinatif et à la durée d'entreposage qu'elles peuvent tolérer (Barton 1961), Harrington 1972, Roberts 1972). Roberts (1972) indique que le chauffage des semences jusqu'à une teneur en humidité inférieure à 2 pour cent peut être nuisible dans le cas de certaines espèces.

Bien qu'il soit vérifié qu'une haute teneur en humidité au cours de l'emmagasinement et préjudiciable aux semences qui tolèrent le séchage, nombre de grosses semences de feuillus requièrent cette forte teneur en eau comme condition physiologique nécessaire au maintien de leur pouvoir germinatif et de leur vigueur. Il faut aux semences de ces feuillus une teneur en humidité variant, selon l'espèce, entre 25 et 79 pour cent pour conserver leur capacité de germination pendant une période de stockage allant de quelques mois à 3 ans. Aussi, les possibilités de conservation génétique de ce groupe par stockage des semences sont-elles limitées.

Conditions d'entreposage

Sous ce titre sont comprises les méthodes et les températures appliquées à l'entreposage. Pour des semences d'une espèce donnée, la méthode d'entreposage qui convient varie selon les caractéristiques de la semence, sa qualité initiale et la durée présumée du stockage. Il y a deux types de méthodes d'entreposage: la méthode par voie sèche et celle par voie humide, seule la première ayant de l'importance lorsqu'il s'agit d'un stockage en vue de la conservation génétique de l'espèce. Dans l'entreposage par voie sèche, le pouvoir germinatif est mieux conservé à basse température et dans des récipients scellés.

Le scellage maintient la constance de la teneur en humidité des semences, réduit le taux de respiration au fur et à mesure que le gaz carbonique augmente et que l'oxygène diminue, et protège les semences contre les insectes et les maladies (Harrington 1970, Wang 1974). On évitera toute fluctuation de la teneur en humidité des semences stockées en se gardant de briser le scellage des récipients avant le moment d'utilisation. Si le retrait des semences stockées s'avère nécessaire, on aura soin de laisser les récipients scellés que l'on aura extraits des chambres frigorifiques revenir à la température ambiante avant de les ouvrir, pour éviter toute condensation d'eau dans le récipient et à la surface des semences (Wang 1974).

D'autre part, le stockage prolongé en récipients scellés peut nuire aux semences qui ont besoin d'une teneur en humidité élevée (Wang 1974). Des glands de Quercus robur L. et de Q. borealis Michx. f. entreposés dans un local sans aération perdent leur pouvoir germinatif (Korneeva 1966, Serenkov et Kuznetsova 1952, Suszka 1974, Yevreinova et Yerofeyev 1956). Il semble que les semences de ce groupe aient besoin d'un échange gazeux pour le maintien du pouvoir germinatif au cours de l'entreposage.

La température à laquelle s'effectue l'entreposage est un autre facteur critique qui influe sur la longévité des semences. L'importance de la température d'entreposage pour le maintien de la qualité des semences d'arbres a été examinée à fond par plusieurs auteurs (Barton 1961, Harrington 1972, Holmes et Buszewicz 1958, Heit 1967a, 1967b, Wang 1974). D'une manière générale et dans les limites de température tolérables pour une espèce donnée de semences, plus la température d'emmagasinement est basse, plus la durée d'entreposage possible est grande. D'après la méthode empirique de Harrington (1972), l'effet de la température d'entreposage est qu'entre 0° et 50°C la durée de viabilité à l'entreposage est doublée pour chaque abaissement de température de 5°C. Pour l'entreposage à court ou à moyen terme de semences, il semble qu'il convienne de le faire à une température entre 0° et 5°C (Huss 1967, Wakeley 1954). Par contre, pour l'emmagasinement à long terme, en particulier des semences d'espèces qui tolèrent les basses températures d'entreposage (comme par exemple Abies et Populus spp.), il s'est avéré que les températures de sous-congélation (jusqu'à -25°C) donnaient de meilleurs résultats que celles qui vont au-delà de la congélation (Surber et al. 1973, Wang 1974). On a démontré, en outre, que plus la température de sous-congélation appliquée est basse (-4°C à -18°C), plus les semences entreposées retiennent leur pouvoir germinatif (Barton 1961). Il y a lieu de souligner, cependant, que l'entreposage en sous-congélation ne peut être appliqué à toutes les semences d'arbres. Celles qui ne tolèrent pas le séchage ou le tolèrent peu (c'est-à-dire la plupart des grosses semences de feuillus) ne supportent ni l'emmagasinement en sous-congélation, ni le scellage, bien que des glands de Quercus robur et de Q. borealis ayant une teneur en humidité de 40 à 45 pour cent n'aient subi aucun dommage à la suite d'un stockage de 33 à 40 mois, à -3°C, dans des récipients fermés mais non scellés, en mélange avec du sable ou de la tourbe préalablement séchés à l'air (Suszka 1974 et une communication personnelle). Apparemment, les semences de quelques espèces appartenant à ce groupe tolèrent dans une certaine mesure un entreposage en sous-congélation d'un certain degré.

Bien que l'on pratique pour les semences de ce groupe l'entreposage à court terme dans des conditions contrôlées, l'entreposage à long terme en sous-congélation, comme indiqué ci-dessus, pourrait s'avérer particulièrement utile là où le climat hivernal est relativement doux ou variable.

Conservation du pollen

Soumis aux techniques de séchage et aux conditions de stockage actuellement connues, le pollen a une durée de vie plus courte que celle des semences.

Comme on l'a fait pour les semences, on a conservé avec succès du pollen provenant d'un grand nombre d'espèces à des températures allant de 5° à -23°C et à un degré hygrométrique situé entre 0 et 50 pour cent, et cela pour des périodes variant entre quelques mois et 13 ans selon l'espèce et la qualité initiale (Alam et Grant 1971, Barber et Stewart 1957, Bingham et Wise 1968, Bingham et al 1971, Callaham et Steinhoff 1966, Duffield et Callaham 1959, King 1965, Popnikola 1971, C.W. Yeatman, communication personnelle). Au cours des dernières années, les techniques de basse congélation et de séchage lyophilisation se sont avérées efficaces pour augmenter la durée de conservation du pollen (Ching 1968, Duffield et Callaham 1959, Ichikawa et Shidei 1971, 1972b, King 1965).

A la station forestière expérimentale de Petawawa, on a réussi avec quelque succès à conserver du pollen de Picea abies, P. glauca, P. mariana (Mill) B.S.P., P. rubens Sarg. et P. mariana x P. rubens pendant 11 à 13 ans dans des récipients bouchés avec de l'ouate, disposés dans des dessiccateurs sur du gel de silice (humidité relative 0 à 1 pour cent), en basse congélation à -18°C (C.W. Yeatman, communication personnelle). Toutefois, lorsque le pollen a été utilisé pour la pollinisation, on a obtenu un rendement faible et variable en semences (10 pour cent à 14,3 pour cent); certains lots de pollen avaient même complètement perdu leur capacité de germination au cours des années de conservation. On a obtenu de bons résultats en utilisant une technique similaire pour conserver du pollen de pin pendant 10 mois (Duffield et Callaham 1959).

King (1965) a essayé la technique de lyophilisation pour la conservation du pollen; il est parvenu avec succès à conserver du pollen d'un grand nombre d'essences, sous vide ou en atmosphère d'azote dans des récipients scellés, pendant une période allant jusqu'à 3 ans, et cela dans des conditions non contrôlées de température ambiante. C'est une méthode unique en son genre parce que le scellage permet l'expédition du pollen à de grandes distances, et le pollen ainsi conservé peut être congelé et déshydraté (Harrington 1970).

Ichikawa et Shidei (1972b) ont conservé du pollen de 30 espèces de résineux et de feuillus dans de l'azote liquide à -196°C; ils ont observé que la plupart avaient gardé leur capacité de germination pendant 5 à 7 ans; la teneur en humidité variait de 10 à 23 pour cent.

Dans un essai de pollinisation artificielle sur Cryptomeria japonica, sur plusieurs espèces de Pinus et sur Larix leptolepis Henry, ils n'ont observé aucun échec dû à la basse congélation du pollen. Ils estiment que la teneur en humidité critique pour la conservation à long terme du pollen dans l'azote liquide à -196°C est d'environ 10 pour cent, teneur au-dessus de laquelle le pollen est endommagé par le phénomène de congélation intracellulaire (Ichikawa et Shidei 1972a).

La détérioration du pollen au cours de sa conservation peut résulter de différentes causes: 1) épuisement du substrat respiratoire, 2) inactivation des enzymes, des hormones de croissance et de l'acide pantothénique, 3) dommages produits par la dessiccation, 4) accumulation de produits métaboliques secondaires, et 5) modifications des lipides de l'exine de l'enveloppe du pollen, et l'auto-oxydation des lipides (Harrington 1970, King 1965).

EVALUATION DE LA QUALITE DU MATERIEL STOCKE

Conserver avec soin des semences ou du pollen morts ou de qualité médiocre est une vaine tentative. Il est donc indispensable de déterminer la teneur initiale en humidité et le pouvoir germinatif du matériel génétique avant et pendant l'emmagasiner, et cela par des méthodes officielles normalisées, et en se basant sur des critères valables en ce qui concerne le pouvoir germinatif. On peut ainsi s'assurer de la valeur du matériel conservé et déceler tout changement qui pourrait se produire dans la teneur en humidité ou dans la capacité de germination.

Pour l'entreposage à long terme, on a intérêt à établir un seuil de germination acceptable auquel doit satisfaire le matériel au moment du stockage; les réserves de semences et de pollen seront réapprovisionnées ou rajeunies lorsque le pouvoir germinatif du matériel stocké tombera au-dessous du seuil établi (Wang 1971).

LIMITATIONS DANS LA CONSERVATION DE MATERIEL GENETIQUE

Le vieillissement des semences et du pollen est un processus naturel. Selon Helmer et al (1962), les semences et le pollen atteignent le summum de la qualité à leur maturité physiologique, à partir de laquelle la qualité commence à baisser. Le taux de dégénérescence dépend du degré de déviation des conditions génétiques et de celles du milieu par rapport aux conditions optimales.

En raison du processus de vieillissement inévitable, il y a toujours à craindre qu'il se produise, avec le temps, des altérations de nature génétique, physiologique ou biochimique dans les semences ou le pollen conservés; cela pourrait arriver même dans des conditions de conservation optimales, surtout dans le cas d'entreposage prolongé. Ces modifications se traduisent ordinairement par des pertes de vigueur et de pouvoir germinatif, bien que Abdul-Bakiet Anderson (1972) aient observé que le premier abaissement décelable du pouvoir germinatif ne coïncide pas avec le déclenchement de la détérioration (pour ce qui est de la synthèse glucidique et protéique).

Modifications génétiques dues au stockage

L'un des arguments les plus forts contre le stockage à long terme comme moyen de conservation des ressources génétiques est la crainte que partagent les généticiens et les sélectionneurs de voir se produire, même dans des conditions de stockage idéales, des changements génétiques dans les semences ou le pollen conservés, de sorte qu'après de nombreuses années les populations seraient génétiquement différentes des populations originales (Frankel 1970, Harrington 1970, 1972). De tels changements génétiques peuvent avoir pour cause 1) des différences de survie entre les divers génotypes dans un lot de semences entreposées, du fait d'une perte considérable du pouvoir germinatif initial, ou 2) des mutations en plus grande proportion (Allard 1970, Bouvarel 1970, Harrington 1972). On peut cependant éviter les deux formes de modifications génétiques, ou tout au moins les minimiser en satisfaisant à toutes les conditions requises aux diverses étapes qui suivent la récolte: manutention, extraction et nettoyage, jusqu'à l'entreposage (Harrington 1972). Bien que l'on possède d'abondantes preuves d'aberrations chromosomiques chez les semences agricoles âgées, les résultats obtenus à la suite d'études sur le stockage à long terme, effectuées à la station forestière expérimentale de Petawawa et ailleurs, indiquent que des modifications génétiques de ce genre ne sont pas chose fréquente chez les semences d'arbres (Barnett 1972, Heit 1967a, Eliason et Heit 1973, Wang 1974). Une illustration du pouvoir germinatif et de la vigueur de semences âgées entreposées en comparaison avec des semences fraîches de plusieurs pins épicéas est donnée à la figure 1.

On ne doit pas oublier, d'autre part, que certaines semences sont sensibles à l'entreposage (par exemple *Pinus lambertiana* Dougl.). Stone (1957) a signalé, par exemple, que l'effet retardateur exercé sur la germination et sur la vigueur de l'allongement de l'embryon, causé par un entreposage de 30 mois (à 2°C) chez des semences de *P. lambertiana* n'a pas pu être complètement compensé par le traitement par refroidissement, bien qu'on ait réussi, par un traitement similaire, à amortir l'effet provoqué par un entreposage de 6 mois.

La baisse du taux de germination et de la vigueur des semis qui en résulte, remarquée chez des châtaignes à la suite d'un entreposage pendant $2\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{2}$ ans à une température de 1° à 2°C, est un autre exemple du même genre (Jaynes 1969).

Semences de courte durée de vie

Les semences de courte durée de vie (par exemple, *Quercus*, *Salix* spp.) sont difficiles à conserver pendant de longues périodes, même dans des conditions d'entreposage idéales. L'expérience a montré qu'en raison de leurs besoins spéciaux en humidité et en échange gazeux et de leur intolérance aux températures de sous-congélation, les semences de ce groupe se détériorent inmanquablement lorsque la durée de l'entreposage se prolonge (Suszka 1974 et communication personnelle).

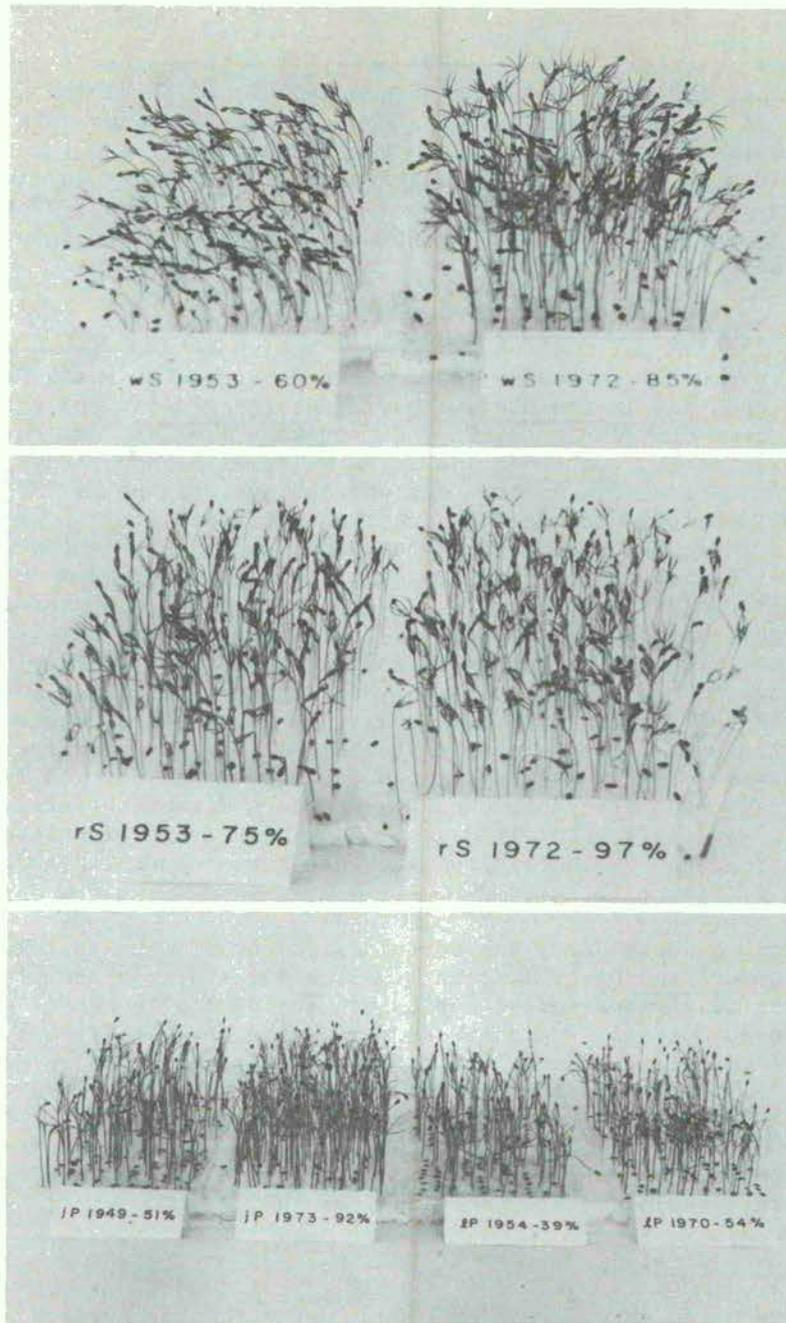


FIGURE 1. Bien que les pourcentages de germination totale accusent des différences, on n'observe que peu ou pas de différence dans la vigueur germinative entre les semences âgées entreposées (teneur en humidité de 7,2 à 8,9 pour cent du poids frais) et les semences fraîches ou relativement fraîches (teneur en humidité de 4,5 à 7,7 pour cent) des espèces suivantes: *Picea glauca* (wS), *P. rubens* (rS), *Pinus banksiana* (jP) et *P. contorta* Dougl. (lP). Les chiffres indiquent l'année de la collecte des semences, d'une part, et le pourcentage de la germination totale au bout de deux semaines. Toutes les semences étaient conservées dans des récipients étanches à une température de 1° à 2°C.

Il ressort des renseignements dont on dispose actuellement que la durée de conservation maximale des semences de courte durée de vie est inférieure à trois ans (Bonner 1971, Harrington 1970, Suszka 1974 et communication personnelle, Wang 1974). On peut en déduire que la conservation des ressources génétiques des espèces appartenant à ce groupe, par le stockage des semences, est limitée.

Rajeunissement des stocks

A la différence des semences agricoles, il est beaucoup plus difficile de réapprovisionner les stocks de semences d'arbres avec des semences plus jeunes, étant donné que la plupart des arbres ont besoin d'une dizaine d'années pour atteindre la maturité sexuelle, et 20 ans au moins pour produire des semences très fertiles. C'est pour cette raison, en effet, que l'on ne doit récolter les semences ou le pollen que dans les années de floraison abondante, lorsque les gènes de la population choisie sont fortement représentés.

Manque de fiabilité des tests et germination erratique du pollen après conservation

Il est de toute première importance que le pollen soit 1) viable et apte à féconder, et 2) capable d'accomplir les processus physiologiques et chimiques jusqu'au développement de la graine (Ching 1969). On ne peut toutefois pas compter sur des tests de viabilité in vitro pour l'évaluation de la qualité du pollen in vivo, le pollen viable n'étant pas nécessairement fertile (Callaham et Steinhoff 1966, Cumming et Righter 1948, King 1965, C.W. Yeatman communication personnelle). En raison de ces phénomènes contradictoires, le stockage du pollen serait une pratique utile de conservation à court terme pour la recherche en matière de génétique et d'amélioration, mais beaucoup moins sûre pour la conservation des ressources génétiques.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier MM. A. Carlisle, C.W. Yeatman et A.B. Berry du Canadian Forestry Service d'avoir bien voulu revoir son manuscrit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In Seed biology, Vol. 2. Edited by T.T. Kozlowski, Academic Press, New York and London, pp. 283-309.
- Alam, M.T., and Grant, W.F. 1971. Pollen longevity in birch (Betula). Can. J. Bot. 49, 497-498.
- Allard, R.W. 1970. Problems of maintenance. In Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel and E. Bennett, IBP Handbook No. 11, Blackwell Sci. Pub., Oxford and Edinburgh, pp. 491-494.
- Allen, G.S. 1956. The effect of date of cone collection upon the viability, germination behaviour, and storage characteristics of western hemlock seed. For. Chron. 32, 262-263.
- Allen, G.S. 1957. Better handling of a scarce commodity. Brit. Columbia Lumberman 41, 32-36.
- Allen, G.S. 1958. Factors affecting the viability and germination behaviour of coniferous seed. For. Chron. 34, 266-298.
- Barber, J.C., and Stewart, D.M. 1957. Vacuum storage of pollen proves feasible. Univ. Minn., Sch. For., St. Paul, Minn., For. Notes No. 62.
- Barnett, J.P. 1972. Southern pine seeds germinate after forty years' storage. J. For. 70, 629.
- Barton, L.V. 1961. Seed preservation and longevity. Leonard Hill Book Ltd., London.
- Bingham, R.T., and Wise, K.C. 1968. Western white pine cones pollinated with 1- to 3-year-old pollens give good seed yields. U.S.D.A., For. Serv., Intermountain For. & Range Exp. Sta., Ogden, Utah, Res. Note INT-81.
- Bingham, R.T., Hoff, R.J., and Steinhoff, R.J. 1971. Genetics of Western white pine. U.S.D.A., For. Serv. Res. Pap. WO-12.
- Bonner, F.T. 1971. Storage of acorns and other large hardwood seeds - problems and possibilities. Proc. Southeast. Nurserymen's Conf., Southeast. Area, State and Private For., Atlanta, Ga., pp. 77-82.
- Bouvarel, P. 1970. The conservation of gene resources of forest trees. In Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel and E. Bennett, IBP Handbook No. 11, Blackwell Sci. Pub., Oxford and Edinburgh, pp. 523-529.
- Callahan, R.Z., and Steinhoff, R.J. 1966. Pine pollen frozen five years produce seed. U.S.D.A., For. Serv., Lake States For. Exp. Sta., Joint Proc. 2nd Genetics Workshop Soc. Amer. For. and 7th Lake States For. Tree Impr. Conf., Res. Pap. NC-6, pp. 94-101.
- Ching, K.K. 1969. Pollen and seed: a good linkage for reforestation. In Symposium Proc. Regeneration of ponderosa pine, Edited by R.K. Hermann, Oregon State Univ., Sch. For., Corvallis, Oregon, pp. 19-21.
- Ching, T.M., and Ching, K.K. 1962. Physical and physiological changes in maturing Douglas-fir cones and seed. For. Sci. 8, 21-31.
- Cumming, W.C., and Righter, F.I. 1948. Methods used to control pollination of pines in the Sierra Nevada of California. U.S. Dep. Agr., Washington, D.C., Circular No. 792.

- Luffield, J.W., and Callahan, R.Z. 1959. Deep-freezing pine pollen. *Silvae Genet.* 8, 22-24.
- Eliason, E.J., and Heit, C.E. 1940. The results of laboratory tests as applied to large scale extraction of red pine seed. *J. For.* 38, 426-429.
- Eliason, E.J., and Heit, C.E. 1973. Red pine seed shows high germination after 42 years in storage. *J. For.* 71, 776.
- Frankel, O.H. 1970. Genetic conservation in perspective. In Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel and E. Bennett, IBP Handbook No. 11, Blackwell Sci. Pub., Oxford and Edinburgh, pp. 469-489.
- Gordon, A.G., Esteban, I.D., and Wakeman, D.C. 1972. Cone handling, seed quality and seed testing of Pinus merkusii. *Commonwealth For. Rev.* 51, 70-75.
- Harrington, J.F. 1970. Seed and pollen storage. In Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel and E. Bennett, IBP Handbook No. 11, Blackwell Sci. Pub., Oxford and Edinburgh, pp. 501-521.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. In Seed biology, Vol. 3. Edited by T.T. Kozlowski, Academic Press, New York and London, pp. 145-240.
- Heit, C.E. 1967a. Propagation from seed. Part 10. Storage methods for conifer seeds. *Amer. Nurseryman* 126(8), 14-15, 38-54.
- Heit, C.E. 1967b. Propagation from seed. Part 11. Storage of deciduous tree and shrub seeds. *Amer. Nurseryman* 126(10), 12-13, 86-94.
- Helmer, J.D., Delouche, J.C., and Lienhard, M. 1962. Some indices of vigour and deterioration in seeds of crimson clover. *Proc. Ass. Off. Seed Anal.* 52, 154.
- Huss, E. 1954. Studies of the importance of water content for the quality of conifer seed during storage. *Medd. Skogsforskningsinst.* (Stockholm) 44(7), 52-60.
- Huss, E. 1956. On the quality of conifer seed and other factors affecting the plant %. *Medd. Skogsforskningsinst.* (Stockholm) 46(9). (*For. Abstr.* 18, 1754, 1957).
- Huss, E. 1967. Long-term storage of conifer seed (Pinus sylvestris L., Picea abies Karst., Abies lasiocarpa Nutt.). *Stud. For. Suec. Skogshögskölan* (Stockholm) 46. (*For. Abstr.* 29, 2184, 1968).
- Holmes, G.D., and Buszewicz, G. 1958. The storage of seed of temperate forest tree species. *For. Abstr.* 19, 313-322, 455-476.
- Ichikawa, S., and Shidei, T. 1971. Fundamental studies on deep-freezing storage of tree pollen (I). *Bull. Kyoto Univ. For.*, 42, 51-82.
- Ichikawa, S., and Shidei, T. 1972a. Fundamental studies on deep-freezing storage of tree pollen (II). *Bull. Kyoto Univ. For.* 44,3, 9-21.
- Ichikawa, S., and Shidei, T. 1972b. Fundamental studies on deep-freezing storage of tree pollen (III). *Bull. Kyoto Univ. For.* 44, 47-67.
- Jasso, M.J. 1971. Altérations des ressources génétiques forestières dues aux interventions de l'homme. *Unasylva* 24, 70-75.
- Jaynes, R.A. 1969. Long-term storage of chestnut seed and scion wood. 60th Annu. Rep. Northern Nut Growers' Ass. (East Lansing, Mich.), 38-42.
- Kamra, S.K. 1967. Studies on storage of mechanically damaged seed of Scots pine (Pinus sylvestris L.) *Stud. For. Suec. Skogshögskölan* (Stockholm) 42.
- King, J.R. 1965. The storage of pollen - particularly by the freeze-drying method. *Bull. Torrey Bot. Club* 92, 270-287.

- Korneeva, A.M. 1966. Lipids of *Quercus robur* acorns. I. Content of and changes in lipids during acorn storage. *Nauc. Dokl. Vyss. Skoly (Biol. Nauki)*, Mosk. 3, 174-176. (For. Abstr. 28, 2116, 1967).
- Lata, R. 1971. Preservation of suspension cultures of plant cells by freezing. *Can. J. Bot.* 49, 1253-1254.
- Magini, E., and Cappelli, M. 1964. Cold storage of *Abies alba* seed. *Ital. For. Mont.* 19, 189-198. (For. Comm. Transl. 240).
- Nag, K.K., and Street, H.E. 1973. Carrot embryogenesis from frozen cultured cells. *Nature* 245, 270-272.
- Popnikola, N. 1971. Study of the morphological and physiological characteristics of pollen of *Abies alba* in relation to its hybridization. *Sum. List* 95, 291-308. (For. Abstr. 33, 5800, 1972).
- Rediske, J.H., and Nicholson, D.C. 1965. Maturation of noble fir seed - a biochemical study. *Weyerhaeuser Co., For. Res. Centre (Centralia, Wash.), Weyerhaeuser For. Pap* 2.
- Roberts, E.H. 1972. Storage environment and the control of viability. *In Viability of seeds*. Edited by E.H. Roberts, Chapman and Hall Ltd., London, pp. 14-58.
- Schreiner, E. 1968. Sélection des essences forestières. *Unasylya* 22 (3) 3-9.
- Serenkov, G.P., and Kuznetsova, V.S. 1952. The change in carbohydrate complex of acorns during storage. *Vestn. Mosk. Univ.* 7(2), Ser. Fiz. - Mat. - Estestv. Nauk 1, 119-125. (Chem. Abstr. 46, 9669, 1952).
- Stone, E.C. 1957. Embryo dormancy and embryo vigour of sugar pine as affected by length of storage and storage temperatures. *For. Sci.* 3, 357-371.
- Surber, E., Kálin, I., Simonett, A., and Frehner, E. 1973. Freeze-drying of forest tree seeds especially of spruce (*Picea abies* Karst.) for long storage. *Proc. IUFRO Int. Symp. on Seed Processing, Bergen, Norway, 1973, Vol. 1, Pap. No. 24.*
- Suszka, B. 1974. Studies on the long-term storage of acorns. *Polish Acad. of Sci., Inst. Dendrol. and Kórnik Arboretum, Kornik near Poznan, 4th. Ann. Rep.*
- Wakeley, W.C. 1954. Planting the southern pines. *U.S.D.A., For. Serv. Agr. Monogr.* 18.
- Wang, B.S.P. 1971. The role of forest tree seed storage in gene conservation *Proc. 13th Meet. Comm. For. Tree Breed. Can., Part 2, 24-27.*
- Wang, B.S.P. 1974. Tree-seed storage. *Dep. Environ., Can. For. Serv. Pub. No. 1335.*
- Yeatman, C.W. 1971. Gene conservation in relation to forestry practice. *Proc. 13th Meet. Comm. For. Tree Breed. Can., Part 2, 19-24.*
- Yevreinova, T.N., and Yerofeyev, N.G. 1956. Amylase in acorns stored under various conditions. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. Biol. Pochvoved Geol. Geogr.* 2, 39-43. (Biol. Abstr. 35, 8487, 1960).
- Zeleny, L. 1954. Chemical, physical and nutritive changes during storage. *In Storage of cereal grains and their products*. Edited by J.A. Anderson and A.W. Alcock, *Amer. Ass. Cereal Chem., St. Paul, Minn., pp. 46-76.*

TROISIEME PARTIE

DIRECTIVES
ET
RECOMMANDATIONS

DIRECTIVES CONCERNANT LA METHODOLOGIE DE LA CONSERVATION
DES RESSOURCES GENETIQUES FORESTIERES

par

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

INTRODUCTION

La conservation des ressources génétiques forestières s'entend avant tout comme "une utilisation avisée des ressources pour le bien du plus grand nombre et le plus longtemps possible (G. Pinchot, cité dans le New Zealand Journal of Forestry 1973). La conservation, prise dans ce sens, a une longue et remarquable histoire dans un grand nombre de pays où la foresterie tient une place importante et continue d'être à la base de programmes de régénération tant naturelle qu'artificielle.

L'introduction de coupes d'abri sur de grandes surfaces pour favoriser la régénération naturelle dans les forêts tropicales n'est cependant pas un système efficace en matière de conservation tant pour des raisons pratiques que biologiques de sorte qu'il faut une méthodologie de la conservation répondant à la demande croissante de produits ligneux tropicaux sur le marché. Toutefois, les méthodes modernes d'aménagement des ressources naturelles renouvelables, qui donnent la première place à la conservation comme élément dynamique dans les plans d'aménagement, méritent d'être appliquées dans de nombreux écosystèmes forestiers tropicaux et subtropicaux dans le monde.

Une méthode unique de conservation des ressources génétiques forestières ne peut avoir une application universelle. Les systèmes écologiques forestiers qu'on rencontre dans le monde sont trop différents, et les limitations pratiques changent tellement d'un pays à l'autre que les solutions locales aux problèmes locaux prennent souvent le pas sur les principes théoriques. Un autre facteur d'importance en la matière est que les renseignements d'ordre biologique et autres, qui peuvent avoir une portée directe sur la méthodologie et l'ordre des priorités en matière de conservation sur le plan local - par exemple, les données d'inventaire et les renseignements sur les exigences de la conservation - font souvent défaut ou ne sont pas facilement accessibles aux responsables de l'aménagement forestier.

Il est cependant souhaitable que des lignes directrices générales soient formulées pour faciliter l'élaboration de programmes locaux. Les sept monographies qui constituent la seconde partie de cette étude illustrent avec plus ou moins de détail, pour des espèces et des systèmes écologiques donnés, les différentes solutions possibles; la possibilité d'application à d'autres espèces des méthodes qui sont présentées devra être définie avant la planification des programmes locaux.

La récapitulation des directives générales contenues dans ce chapitre est un essai de synthèse des enseignements tirés de ces monographies et d'autres sources, à l'intention de ceux qui s'occupent de planification en matière de conservation, mais ces informations doivent être interprétées avec souplesse, compte tenu des conditions locales.

ETUDE DE LA SITUATION ET EVALUATION

La première étape dans tout programme de conservation des ressources génétiques forestières consiste à déterminer la mesure dans laquelle les échantillons représentatifs des écosystèmes forestiers et les espèces qui les constituent sont déjà conservés dans des parcs nationaux existants ou des réserves naturelles intégrales (RNI); on se proposera ensuite de reconnaître ceux qui, bien que menacés actuellement, ne sont pas suffisamment protégés. Les données que fournissent les inventaires forestiers, la cartographie de la végétation, les cartes de la répartition d'espèces et d'écosystèmes particuliers, les archives des herbiers et les cartes donnant le tracé des réserves forestières et des parcs nationaux représentent les principales sources d'information sur lesquelles on peut se baser pour décider des moyens de conservation à appliquer à toute espèce et tout écosystème particulier. Une grande partie de ces travaux préliminaires peut être exécutée par l'intermédiaire des comités nationaux du programme sur l'homme et la biosphère (PHB) là où ces comités existent.

L'évaluation de la situation actuelle en matière de conservation d'une espèce fera souvent le point non seulement sur le besoin de conservation, mais aussi sur les mesures les plus appropriées à la conservation de cette espèce. Dans le cas où une espèce en péril représente une importante communauté dans un écosystème forestier climacique, ne se régénère pas suffisamment après les coupes et n'est pas cultivée, ou ne peut pas être facilement cultivée vu l'état actuel des connaissances en ce qui la concerne, il est probable que la conservation in situ s'avérera le moyen le plus approprié dans l'immédiat. Dans ce contexte, la conservation in situ exclut l'exploitation commerciale et la conservation de l'écosystème climacique dont l'espèce est une composante.

Quant aux espèces qui se régénèrent naturellement après les coupes ou qui peuvent être facilement cultivées, il convient beaucoup mieux de les conserver in situ. Dans ce cas, rien ne s'oppose à leur exploitation, et la conservation peut être assurée par l'application de pratiques sylvicoles normales, que ce soit par régénération naturelle ou artificielle. Là où la régénération artificielle est pratiquée, les plantes doivent être issues de semences provenant de la population locale.

Par contre, pour une espèce qui peut être cultivée, mais qui ne peut se régénérer facilement dans son aire naturelle, c'est la conservation ex situ qui convient le mieux. La conservation ex situ est le seul moyen de conservation possible lorsque les populations naturelles sont exposées à la destruction du fait de pressions sociales ou économiques irrésistibles tendant à la mise en valeur des terres à des fins étrangères à la foresterie. Les ressources dont on dispose pour la conservation ex situ étant limitées, on accordera la priorité aux espèces dont l'importance économique a été prouvée. La conservation sous forme de semences peut s'avérer efficace pour un grand nombre d'espèces importantes et pour plusieurs dizaines d'années, et elle représente une méthode de conservation provisoire très précieuse, qui permet de gagner du temps en attendant la réalisation de recherches sur les méthodes de culture d'espèces délicates et la formation d'un personnel capable d'aménager les peuplements conservatoires ex situ. Pour d'autres espèces, la viabilité des semences étant de courte durée, l'importance de la conservation sous forme de banques de semences se trouve considérablement limitée.

CONSERVATION IN SITU DANS LES RESERVES NATURELLES INTEGRALES

L'exclusion de l'abattage et la conservation in situ d'un échantillonnage représentatif d'un écosystème dans son état naturel peuvent être mieux assurées par l'instauration d'une réserve naturelle intégrale (RNI) à l'intérieur de grandes unités de réserves forestières ou de parcs nationaux.

Législation

A défaut de voies légales adéquates pour l'instauration et la protection de RNI, les services de la foresterie devraient solliciter des services gouvernementaux qualifiés la promulgation

de telles lois. A cet égard, les comités nationaux du programme "l'homme et la biosphère" de l'Unesco peuvent jouer un rôle important. Dans certains cas les RNI ont qualité pour faire partie du réseau international des réserves de la biosphère en vertu du programme "l'homme et la biosphère" (Unesco 1974).

Dimensions des RNI

On a vu au chapitre 1 des estimations "de pure conjecture" de la superficie minimale qui serait probablement nécessaire pour la conservation à long terme d'un échantillonnage d'un écosystème forestier. Ces estimations variaient de 100 et 1 000 hectares. Il importe maintenant de savoir jusqu'à quel point des superficies de cet ordre, protégées sous forme de RNI, conviendraient à la conservation d'un patrimoine héréditaire local viable des espèces qui le constituent.

Lorsqu'on dispose de données d'inventaire forestier, il est possible de déterminer la répartition générale d'une espèce, aussi bien que sa fréquence (voir chapitre 6, tableau 2). Ainsi, pour une région et un écosystème donnés, le nombre de tiges sur une superficie donnée peut être évalué et comparé avec le chiffre théorique considéré comme convenable.

Le nombre minimal de tiges d'une population en péril, nécessaire pour constituer un patrimoine génétique viable, varie selon les espèces. Il est probable, par exemple, qu'il soit relativement important lorsqu'il s'agit des résineux de la zone tempérée septentrionale, qui sont pollinisés par le vent et chez qui les croisements éloignés sont excessivement fréquents. Toda (1965) propose pour ces espèces un chiffre de 10 000 individus. Il va de soi que pour d'autres espèces un effectif de reproducteurs de bien moindre importance pourrait être suffisant. Dyson (1974) propose un effectif de 200 individus, estimation basée sur des expériences avec des espèces animales. Toutefois, en l'absence de données expérimentales sur des essences forestières, il serait prudent, dans la pratique, de doubler le chiffre indiqué par Dyson. En tout cas, lorsqu'il s'agit de feuillus tropicaux qui sont surtout fécondés par l'intermédiaire des insectes, des oiseaux ou des chauves-souris, et dont la plupart sont aptes à l'autofécondation, il est probable que l'effectif nécessaire sera considérablement inférieur à celui que requièrent les résineux anémophiles du Nord.

Néanmoins, en raison des différences considérables entre les degrés de densité des peuplements, la superficie requise pour contenir une population effective minimale de reproducteurs peut être grande pour une essence feuillue tropicale et relativement petite pour un résineux de la zone tempérée septentrionale. Dans le dernier cas, la forêt ne comprend qu'un petit nombre d'espèces arborées, par exemple les associations de Picea engelmannii et de Abies lasiocarpa des régions forestières subalpines du Canada, ou les associations de Pinus sylvestris et de Picea excelsa de la Scandinavie, et la superficie minimale nécessaire pour assurer la pérennité d'un patrimoine génétique viable dans le système écologique sera donc vraisemblablement inférieure à 100 ha. Mais, dans le cas où les écosystèmes comprennent de grands nombres d'espèces, par exemple les écosystèmes d'essences feuillues tropicales, la superficie minimale nécessaire pour assurer la continuité de toute une diversité d'espèces de l'écosystème devra alors être considérablement plus grande. On trouve, en utilisant le tableau 2, chapitre 6, qu'une superficie de 60 ha suffirait pour contenir 400 tiges de Strombosia pustulata, tandis qu'il faudrait 160 ha pour le même nombre de tiges de Triplochiton scleroxylon, et 440 ha pour Berlinia spp.

Ainsi, l'éventail des superficies estimées nécessaires pour la conservation d'une population effective minimale de reproducteurs d'une espèce particulière dont on connaît la fréquence de répartition correspond raisonnablement à l'éventail indiqué ci-dessus (100 à 1 000 ha) pour la conservation des écosystèmes. Ce sont là des estimations approximatives et on a présumé qu'il n'y avait pas d'agglomérations marquantes d'arbres en bouquets.

Il est toutefois certain qu'il n'est pas possible de généraliser en ce qui concerne ces estimations, que ce soit celle du nombre de tiges qui constitue la population effective minimale de reproducteurs ou celle de la superficie minimale nécessaire pour conserver un écosystème particulier. Dans chaque cas envisagé - espèce unique ou écosystème comprenant un certain nombre d'espèces - la décision ne peut être prise qu'en tenant compte de l'inventaire total et des données biologiques disponibles, aussi bien que des limitations d'ordre pratique. Nous n'avons donné les chiffres mentionnés ci-dessus qu'à titre indicatif.

Répartition des RNI

Lorsqu'une espèce est largement répartie dans toute une gamme de milieux, il est possible d'y trouver des variations intraspécifiques, et il y aurait lieu, par conséquent, d'instaurer un certain nombre de RNI englobant les extrémités et le centre de son aire de répartition. En l'absence de données génécologiques, on se basera sur les inventaires et les cartes de répartition de l'espèce pour décider du nombre de RNI qu'il faudra pour assurer la conservation des ressources génétiques d'une espèce donnée. Dans le cas où l'espèce ne comporterait qu'un seul type végétatif et serait limitée à un milieu relativement homogène, une seule RNI suffirait. D'autre part, si l'espèce est répartie dans des milieux couvrant une vaste gamme de latitudes (par exemple Pinus contorta) il faudra probablement au moins trois RNI pour garantir un bon échantillonnage de ses ressources génétiques. Ces réserves devront être réparties de manière à en avoir une au centre écologique de l'aire de répartition de l'espèce et les deux autres à ses deux extrémités.

Si le milieu varie rapidement sur une distance relativement courte, par exemple du fond d'une vallée jusqu'à la crête de la chaîne, il peut être possible d'assurer la conservation d'une gamme de variations écologiques et génétiques au moyen d'une seule grande RNI englobant le bassin entier. L'instauration d'une vaste RNI permettrait, en outre, de conserver la série des stades successifs de l'espèce, ainsi que la végétation climatique. Les RNI ne doivent pas être limitées aux forêts vierges; il est aussi important d'en instaurer dans des forêts secondaires exploitées lorsqu'elles contiennent des ressources génétiques utiles, ce qui est le cas de la majeure partie des domaines forestiers dans un grand nombre de pays.

Zones-tampon

En Afrique, les RNI sont normalement établies dans les réserves forestières, bien qu'on en installe aussi dans les parcs nationaux. Quel que soit l'endroit où se trouve la RNI, elle doit être entourée d'une zone-tampon de forêt indigène aménagée en exploitation continue, mais non assujettie à des coupes à blanc et au remplacement par des plantations. Au Nigeria, au Kenya et en Ouganda, les RNI sont installées bien à l'intérieur des réserves forestières et souvent dans des zones reculées, loin des routes. De la sorte, elles sont entourées de tous côtés par de vastes étendues de forêt réservée, ce qui est une situation idéale. Si, par contre, les ressources génétiques forestières destinées à la conservation se trouvent à proximité de la bordure de la réserve forestière, on ne doit ménager aucun effort pour que la RNI soit entourée d'une zone-tampon d'au moins 300 m de largeur.

Il se peut qu'on ait besoin de plus d'une zone-tampon, comme cela a été proposé dans le PHB pour les réserves de la biosphère (Unesco 1974). Le patrimoine héréditaire doit être aménagé et utilisé, autant que conservé, ce qui implique des collectes périodiques de semences. Une zone constituant un noyau central demeuré intact, dans laquelle toute intervention de l'homme est exclue, à l'exception des observations scientifiques, pourrait être utilisée à cet effet; elle serait entourée d'une zone-tampon intérieure de réserve du patrimoine héréditaire et d'autres zones-tampon extérieures destinées au tourisme et à l'exploitation forestière commerciale.

Objectifs combinés

L'instauration d'une RNI limitée à des objectifs spécifiques de conservation des ressources génétiques forestières peut être irréalisable. Pour cette raison, il est toujours souhaitable de combiner ces objectifs avec d'autres qui intéressent les spécialistes de l'aménagement de la faune et de la flore sauvages et ceux de la conservation des ressources en sols et en eaux. On pourrait déterminer ces autres objectifs et les combiner avec les premiers dans une planification commune de l'aménagement, ce qui justifierait davantage le besoin de la conservation in situ de toutes les ressources que possède la région. Dans ces cas-là, la dimension et la forme d'une réserve unique de grande superficie seraient conditionnées par la conformation du terrain, la présence de surfaces de captation des eaux, etc., ainsi que par les exigences de la conservation des ressources génétiques.

Une zone réservée de grande dimension et destinée à servir des objectifs multiples, comme indiqué ci-dessus, serait digne d'être utilisée comme réserve de la biosphère en vertu du PHB (Unesco 1974). Une zone de ce genre, située, par exemple, sur un sommet de montagne dans les tropiques aurait, en aval, en ordre décroissant d'altitude, des forêts d'essences nivéales, alpines, éricacées, des forêts de montagne et des ceintures de savanes; elle se trouverait à la fois dans un noyau demeuré intact et dans des zones-tampon de réserves forestières. On pourrait également réserver une zone pour l'éducation et le tourisme.

Aménagement des RNI

On ne saurait trop souligner que si les RNI doivent jouer un rôle important dans la conservation des ressources génétiques forestières, on doit s'évertuer à satisfaire à des critères rigoureux tant pour l'instauration de ces réserves que pour leur aménagement ultérieur. Des zones de terres forestières prévues uniquement pour conserver les ressources génétiques, sans qu'il soit clairement spécifié qu'elles seront incorporées dans des plans d'aménagement, ne pourraient vraisemblablement pas demeurer intactes. En outre, ces formes statiques de conservation des ressources génétiques forestières ne pourraient pas fournir, sur ces ressources, une somme de renseignements telle qu'on en obtiendrait par les moyens dynamiques de conservation faisant partie d'un plan global d'aménagement forestier. A longue échéance, et si elles sont étudiées et aménagées convenablement, les RNI n'assureraient pas seulement la conservation des ressources génétiques forestières, mais elles constitueraient également une source continue d'informations concernant ces ressources, informations qui pourraient servir à leur éventuelle domestication et, dans le cas des feuillus tropicaux, à l'élaboration de plans d'aménagement d'écosystèmes naturels des espèces en question.

Le maintien de ressources génétiques particulières dans une RNI nécessite une certaine intervention dans l'écosystème lorsque les espèces en cause sont des formes sériales qui ont tendance à diminuer ou à disparaître au fur et à mesure que l'écosystème tend vers une situation de climax. Il y a lieu, dans de tels cas, de préparer des plans d'aménagement si l'on veut s'assurer que les objectifs de la conservation à l'intérieur d'une RNI sont atteints, et le mieux serait d'incorporer ces plans dans le plan global d'aménagement de la réserve forestière dans laquelle se trouve la réserve naturelle intégrale.

Dans bien des cas, il faut tenir compte, lors de l'élaboration de plans d'aménagement, de l'éventualité de visites organisées d'écoliers ou d'autres personnes dans les RNI. ...L'impact humain sur les zones mises en réserve, sauf s'il est intense et généralisé, ne devrait pas gêner la structure de la population de la grande majorité des espèces, au point d'entraîner des conséquences d'ordre génétique. Il est essentiel de maintenir cet impact dans des limites raisonnables. Toute infraction à l'intégrité écologique et génétique doit être compensée par une sécurité à long terme de l'usufruit: la conservation est, et elle restera probablement, en équilibre incertain au gré des générations, des communautés et des gouvernements. Une mise en exploitation raisonnée par notre espèce humaine dominante peut avoir pour effet d'échanger une perte prévisible d'intégrité biologique contre un gain de dimension, de diversité et de sécurité pour les zones mises en réserve (Unesco 1972 b).

CONSERVATION EX SITU

La conservation in situ n'est pas toujours possible, ni même souhaitable. Là où il n'existe aucun système de réserves forestières et où s'exerce une forte pression pour un déboisement massif des forêts naturelles en faveur de l'agriculture, les ressources génétiques de certaines populations se trouvent en danger de disparition complète. En d'autres endroits, l'intégrité génétique pourrait être menacée par l'invasion de pollen provenant de vastes plantations avoisinantes de provenance exotique. Il arrive fréquemment que les populations d'essences forestières mises en péril par ces influences destructrices ne puissent être préservées que par des mesures de conservation ex situ, c'est-à-dire (1) par l'établissement de peuplements artificiels, transférés de leur aire d'origine naturelle, dans de nouvelles stations où leur protection peut être assurée au moyen d'un aménagement intensif, ou (2) par le stockage de semences dans des banques de semences dans des conditions de température, d'humidité, etc., soigneusement contrôlées.

La plantation et l'entretien de peuplements pour la conservation ex situ sont des opérations coûteuses. Aussi, n'y a-t-on recours que lorsqu'il s'agit d'espèces d'une valeur économique certaine ou potentielle. Et en ce qui concerne ces espèces, on doit conserver du matériel génétique de toutes les populations menacées comme source éventuelle de gènes intéressants, comme par exemple ceux qui commandent la résistance à la sécheresse ou au froid et qui pourraient se trouver dans des populations isolées ou périphériques. Les peuplements destinés à la conservation ex situ doivent être établis aussi bien dans le pays d'introduction que dans celui d'origine. Il faut faire en sorte que le nouveau milieu soit, dans la mesure du possible, similaire au milieu dans lequel se trouvaient les plantations dans le pays d'origine, et ne pas grouper des semences de provenances différentes obtenues de milieux différents.

L'affectation de 10 à 30 hectares par provenance ou par population dans chaque station semble adéquate. Pour se prémunir contre d'éventuelles déconvenues, il faudrait planter chaque population dans deux stations au moins. Il est indispensable que la plantation, l'entretien et la protection soient effectués suivant des normes très strictes. Dans la mesure du possible, les plantations devront être isolées des autres provenances susceptibles de se croiser avec les essences qu'elles contiennent, mais cela pourrait être difficile dans la pratique. Dans de tels cas, la multiplication végétative ou la pollinisation contrôlée permettrait de conserver un haut niveau d'intégrité génétique dans la génération suivante.

De nombreux pays en développement sont très intéressés par l'essai d'espèces exotiques - les pins tropicaux par exemple - et la conservation de leur variation génétique, mais ne sont pas à même de financer ces opérations. Il y a là une occasion merveilleuse de coopération internationale. Les organisations internationales devraient financer l'établissement de peuplements destinés à la conservation d'un patrimoine héréditaire pendant une période de cinq ans, moyennant quoi les pays 'hôtes' s'engageraient à mettre à la disposition d'autres pays la moitié de la récolte des semences produites.

CONSERVATION SOUS FORME DE SEMENCES

Lorsqu'on dispose d'installations pour l'entreposage de semences et lorsque les conditions de stockage qu'exigent les semences des espèces ou des populations en péril sont connues, il y a lieu de récolter aussi fréquemment que possible des semences de ces peuplements et de les emmagasiner jusqu'au moment où on pourra les utiliser pour établir des peuplements conservatoires ex situ. Les aspects techniques du problème du stockage des semences ont été traités à fond au chapitre 9. Les avantages que présente le stockage des semences en matière d'économie d'espace sont évidents. Le stockage joue déjà un rôle important dans la conservation des ressources génétiques dans certains pays et ce rôle s'accroîtra considérablement lorsqu'on connaîtra mieux les conditions qu'exige le stockage des différentes espèces dans les pays tropicaux, domaine très peu exploré jusqu'ici.

CONSERVATION DE L'INFORMATION

Les mesures de conservation des ressources génétiques forestières doivent, dans tous les cas, aller de pair avec des mesures visant à conserver les informations qui s'y rapportent; il est donc indispensable que chaque organisme élabore un système de collecte, de saisie et de récupération de l'information sur les ressources génétiques. En même temps, il faudrait instaurer des procédés normalisés en matière de nomenclature et d'enregistrement des ressources génétiques et, à plus longue échéance, d'homologation des semences.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dyson, W.G., 1974. A note on the conservation of tree species in situ. In Report of the third session of the FAO Panel of Experts on Forest Gene Resources, Rome, 1974.
- New Zealand Journal of Forestry 1973. Editorial comment - Essay on the West Coast Beech Scheme, N.Z. J. of For. Vol. 18 No. 2, pp. 161-167.

- Toda, R., 1965. Preservation of gene pool in forest tree populations. Special meeting of Section 22 I.U.F.R.O., Zagreb.
- Unesco, 1973. Programme sur l'homme et la biosphère. Groupe d'experts sur le projet 8: Conservation des zones naturelles et des ressources génétiques qu'elles contiennent (Rapport final N^o 12).
- Unesco, 1974. First draft report of task force on conservation of natural areas and of the genetic material they contain, in the framework of the Man and Biosphere Programme, Paris.

PRIORITES EN MATIERE DE RECHERCHE ET D'ACTION

par

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

ZONES

L'actuel programme mondial de recherches sur la génétique et l'écologie des essences forestières dans les régions tempérées est arrivé à un stade suffisamment avancé pour permettre la mise en oeuvre d'une méthodologie de la conservation des ressources génétiques de beaucoup de ces espèces. De plus, les institutions nécessaires à l'élaboration et à l'application d'une telle méthodologie sont en place. Le programme finlandais concernant les résineux et les feuillus, de même que ceux décrits aux chapitres 3 et 4 concernant les conifères de l'Amérique du Nord, attestent les progrès réalisés jusqu'à ce jour dans ce domaine et on peut certainement espérer un avancement rapide.

Naturellement, il ne faudrait pas en conclure que la conservation dans les régions tempérées ne se heurte à aucun problème d'importance. Au contraire, les chercheurs de nombreuses parties du monde en dehors des tropiques luttent continuellement contre les dangers qui menacent des populations uniques de beaucoup d'essences forestières. Toutefois, dans la plupart des cas, des mesures sont prises, comme par exemple pour les populations uniques de Picea glauca dans la vallée de l'Ottawa, décrites au chapitre 3, et les résineux californiens décrits au chapitre 4. Les priorités en matière de recherche et d'action internationale portent donc essentiellement, bien que non exclusivement, sur les ressources génétiques des essences de valeur dans les zones tropicales, subtropicales, méditerranéennes et arides.

ESPECES

A l'heure actuelle, la recherche sur la génétique et l'écologie des essences tropicales et subtropicales se limite à un très petit nombre d'espèces qui présentent en ce moment un grand intérêt commercial comme arbres de plantation, par exemple Tectona grandis, certaines espèces d'Eucalyptus et de Pinus, Cedrela odorata et Gmelina arborea. On devrait développer davantage les importantes études actuellement en cours sur les espèces qu'on destine à la plantation, et les étendre à d'autres espèces.

On a déjà souligné, au chapitre 5, l'importance et la vulnérabilité des ressources génétiques des pins de l'Amérique centrale. Une description de la méthodologie de la conservation in situ de ces ressources génétiques figure au même chapitre et celle de leur conservation ex situ au chapitre 8. Ces espèces méritent une haute priorité en matière de recherche et d'intervention internationale, de même que les pins tropicaux et subtropicaux de l'Asie méridionale et du Sud-Est.

En ce qui concerne le chapitre 7, sur Eucalyptus spp. il faut faire observer que les ressources génétiques d'un grand nombre de ces espèces intéressent au plus haut point toutes les régions tropicales, subtropicales et les savanes du monde entier, bien que le centre de la diversité du genre Eucalyptus soit limité à l'Australie. On rencontre cependant en dehors de l'Australie, deux espèces d'importance majeure en foresterie tropicale dont les ressources génétiques sont en péril. On peut conclure que les ressources génétiques des espèces d'Eucalyptus doivent continuer à bénéficier d'un ordre de priorité élevé.

Par ailleurs, la restauration des terres déboisées dans les zones arides et autour du bassin Méditerranéen mérite aussi une priorité de haut rang. Au fur et à mesure qu'augmentera la pression sur la terre dans les régions tropicales et subtropicales, on exigera une

productivité de plus en plus élevée des terres marginales des zones arides et subarides. L'étude de la variabilité génétique et de sa conservation dans les régions sèches a été en général négligée, et il y a lieu de renforcer les travaux sur les genres suivants, tant autochtones qu'exotiques: Acacia, Tamarix, Zizyphus, Conocarpus, Prosopis, Callistris, Casuarina, Eucalyptus et Pinus.

On trouvera une liste plus détaillée des espèces, disposées d'après la classe de priorité qui leur est attribuée, dans les rapports du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières (FAO 1969, 1972 et 1974b).

ACTIVITES

La conservation in situ des écosystèmes naturels dans les réserves naturelles intégrales et la conservation ex situ de populations individuelles d'espèces ayant une importance économique dans des peuplements conservatoires plantés ont un rôle important dans la conservation des ressources génétiques forestières au niveau mondial. L'une et l'autre méritent un financement substantiel de la part des organisations internationales. Cette observation s'applique également à l'entreposage dans les banques de semences qui, pour certaines espèces, représente un moyen de conservation des ressources génétiques fiable et permettant une économie d'espace. Il va de soi que l'importance de ces méthodes varie d'un pays à l'autre. Ces trois méthodes de conservation sont incluses aux fins de financement dans le programme mondial proposé par la FAO concernant les ressources génétiques forestières (FAO 1974a).

Les obstacles pratiques à la conservation des ressources génétiques forestières sont fréquemment plus importants que ceux d'ordre biologique. Ils sont dus au manque de personnel qualifié et de moyens financiers, et souvent aussi au fait qu'on est mal informé sur la méthodologie de la conservation et insuffisamment conscient de la nécessité de cette dernière. Il y a d'autres limitations dans le domaine pratique également qui tiennent au peu d'intérêt que représente la conservation pour le public, d'où un soutien politique négligeable et, partant, l'absence de toute ligne d'orientation officielle et d'une législation en matière de conservation des ressources génétiques forestières dans certains pays. Cela résulte souvent d'une mauvaise information du public qui peut elle-même être attribuée à l'insuffisance de personnel possédant une expérience professionnelle dans ce domaine, au sein des organismes gouvernementaux responsables de l'aménagement des ressources forestières. Il faut donc donner la priorité à la formation et au financement d'un personnel spécialisé dans les pays en développement où on pourrait alors faire prendre mieux conscience aux autorités et au grand public de l'importance de la conservation génétique. On doit en même temps attirer davantage l'attention sur la diffusion, en plusieurs langues, de l'information sur les méthodes disponibles.

Plusieurs publications attirent l'attention sur le besoin de mesures urgentes pour la conservation des ressources génétiques forestières des espèces et des écosystèmes tropicaux. Il est cependant exceptionnel de trouver une publication qui fournisse des renseignements quantitatifs sur une méthodologie de la conservation. Des questions sur la manière de conserver les ressources génétiques d'une espèce donnée ou d'un écosystème particulier demeurent encore sans réponse. La raison principale de cette lacune est qu'on ne dispose pas d'information fondamentale en la matière ou, lorsqu'on en possède, qu'elle ne fait pas état des mesures à prendre pour réaliser la conservation. La synthèse et la codification des données locales existantes en ce qui concerne la conservation des ressources génétiques mérite un ordre de priorité élevé.

La documentation ayant un rapport avec les méthodologies de la conservation des ressources génétiques forestières est souvent inaccessible aux responsables de l'aménagement forestier dans les pays tropicaux, justement là où elle serait le plus nécessaire. On a besoin d'un manuel qui traiterait cette matière du point de vue pratique, serait d'une lecture facile et contiendrait des exemples particulièrement applicables aux tropiques. Le rapport présenté ici pourrait constituer la base d'un tel manuel qu'on modifierait et perfectionnerait au fur et à mesure que les données sur ce sujet s'accumuleraient.

Afin de déterminer la méthode la mieux appropriée pour la conservation des ressources génétiques dans les conditions locales, il faut intensifier considérablement la recherche et obtenir des données expérimentales sur le terrain, en particulier dans les pays tropicaux et subtropicaux. On donnera, à cet effet, la priorité à l'établissement d'inventaires précis et à jour à utiliser comme base pour déterminer l'état de conservation des écosystèmes et le degré d'appauvrissement génétique des espèces soumises à une exploitation ou à une conversion intensives, de même qu'à la recherche à long terme en matière d'écologie, de génétique et de physiologie sur les espèces importantes, recherche qui portera également sur la physiologie et l'emmagasinage des semences et l'élaboration de normes pour l'homologation des semences au niveau international.

On devrait mettre davantage l'accent sur la méthodologie de la conservation dans les programmes d'études tant au niveau universitaire qu'au niveau technique. Il faut aussi un appui et un encouragement sur le plan international en vue d'organiser des réunions et des colloques sur la conservation des ressources génétiques forestières dans les pays tropicaux qui ont, dans ce domaine, des problèmes manifestes, sans y trouver de solutions. Jusqu'à présent, ces réunions et colloques se sont tenus en dehors des pays tropicaux, fréquemment avec une aide financière internationale.

Les services gouvernementaux et autres institutions des pays tropicaux responsables de l'aménagement du domaine forestier ont besoin d'une aide financière, d'une assistance technique et de données appropriées pour incorporer dans leurs plans d'aménagement forestier une méthodologie de la conservation des ressources génétiques forestières et former des experts indigènes dans ce domaine. Les institutions qui s'occupent de recherche sur l'aménagement forestier sous les tropiques devraient être encouragées, par une aide financière, à s'intéresser d'une manière plus particulière aux problèmes concernant la conservation des ressources génétiques forestières. Quant aux institutions situées en dehors des tropiques et que ces problèmes intéressent tant du point de vue théorique que du point de vue pratique, elles devraient être encouragées, moyennant un soutien financier, à étendre leur sphère d'activité aux écosystèmes des forêts tropicales.

ASPECTS INTERNATIONAUX

L'ordre de priorité, que ce soit entre les diverses espèces ou entre les différentes méthodes de conservation, varie d'un pays à l'autre. En même temps, le fait qu'un grand nombre d'espèces soient autochtones dans certains pays, alors qu'elles ont été introduites dans d'autres, rend nécessaire la coordination internationale. Le meilleur moyen d'assurer cette coordination serait d'adopter un programme mondial pour les ressources génétiques forestières tel que celui proposé par le Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières (FAO 1974a). Un tel programme devrait assurer l'intégration de mesures de conservation avec les activités tout aussi importantes d'exploration, de collecte et d'utilisation. De plus, l'efficacité de toutes ces activités se trouvera améliorée grâce à la coordination des efforts consentis, non seulement par les nombreux pays intéressés, mais aussi par les diverses organisations internationales concernées. Un autre besoin se fait sentir: celui d'une étroite coordination entre tout programme sur les ressources génétiques forestières et des programmes similaires relatifs aux diverses cultures. Le moyen d'y parvenir serait de confier la direction de tous les programmes au Conseil international des ressources génétiques végétales récemment institué et qui est financé par le Groupe consultatif de la recherche agricole internationale (GCRAI) dont il relève.

On verra au chapitre 12 une étude des propositions visant l'établissement d'un programme mondial.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- FAO 1969. Rapport de la première session du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières. FAO, Rome.
- FAO 1972. Rapport de la deuxième session du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières. FAO, Rome.

- FAO 1974a. Proposals for a global programme for improved use of Forest Genetic Resources. FO/MISC/74/15 FAO, Rome.
- FAO 1974b. Rapport de la troisième session du Groupe FAO d'experts des ressources génétiques forestières. FAO, Rome.

RECOMMANDATIONS

par

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

RECOMMANDATIONS GENERALES

1. La conservation des ressources génétiques forestières doit être considérée comme partie intégrante de l'aménagement forestier et, à ce titre, prévue dans les plans d'aménagement forestier.
2. La conservation in situ est la forme idéale de conservation d'écosystèmes dans leur totalité et devra être appliquée partout où cela est possible. Cela n'est pas toujours réalisable du point de vue pratique et, en pareil cas, on devra élaborer des mesures de conservation ex situ pour les espèces présentant une importance économique potentielle.
3. Une méthodologie de la conservation in situ des ressources génétiques forestières dans les réserves naturelles intégrales a été élaborée par les services forestiers gouvernementaux de certains pays et fait partie intégrante de leurs plans d'aménagement forestiers. Elle devrait être étendue à beaucoup d'écosystèmes actuellement en péril et en particulier aux écosystèmes de feuillus tropicaux.
4. Dans certains pays, les réserves naturelles intégrales ont un statut juridique qui garantit leur inviolabilité; cela n'est pas le cas dans d'autres pays, et les zones mises en réserve sont donc exposées à des perturbations plus ou moins importantes et assez souvent à la destruction totale. En conséquence, les pays qui n'ont pas de législation garantissant l'invocabilité des écosystèmes forestiers menacés devraient prendre les mesures nécessaires pour promulguer les lois appropriées. Les organisations internationales devraient encourager par tous les moyens toute action à cet effet.
5. La conservation des ressources génétiques forestières devrait être combinée, chaque fois que possible, avec d'autres objectifs conservatoires, comme la conservation de la faune et de la flore sauvages, des bassins versants et des parcs nationaux.
6. La conservation des ressources génétiques forestières ne dépend pas uniquement de la protection, à l'intérieur des réserves naturelles intégrales, des populations menacées d'extinction mais aussi de leur plantation et de leur culture. A l'heure actuelle, les programmes de recherche en vue d'obtenir des données qui permettent la plantation et la culture des espèces tropicales et subtropicales importantes ne sont pas du tout suffisants et ils devraient être élargis.
7. Dans les pays en développement, l'introduction d'une sylviculture privée, fondée sur la plantation d'espèces exotiques à croissance rapide pour remplacer la jachère de brousse à l'extérieur des réserves forestières, pourrait alléger la pression exercée en faveur de la conversion des réserves de futaies en plantations. Une politique de ce genre pourrait, à longue échéance, se révéler très profitable à la conservation des ressources génétiques forestières et devrait donc être encouragée.
8. Des programmes de recherche concernant l'essai et l'emmagasinage des semences d'essences tropicales doivent être élaborés. Il faudrait, en même temps, établir des normes pour l'essai et la certification des semences et en dresser la nomenclature de manière à garantir que le matériel génétique se répète de génération en génération.

9. Dans certains pays, les travaux requis, d'une part, pour entretenir les réserves naturelles intégrales existantes et en établir de nouvelles, et, d'autre part, planter et entretenir des peuplements conservatoires ex situ justifieraient l'engagement d'un agent forestier à temps complet qui assurerait la responsabilité de toutes les activités en matière de conservation des ressources génétiques forestières. Dans les pays en développement, les activités de cet agent devraient être, en certaines circonstances, financées par des fonds internationaux.

10. Les données provenant de toutes sources telles que littérature spécialisée, inventaires forestiers et registres d'herbiers, sur les espèces menacées devraient être synthétisées selon un modèle semblable à celui des fiches de description "Data Book" de l'UICN sur les angiospermes et celui utilisé par le Groupe de travail de l'IUFRO sur la conservation des ressources génétiques. Il importe tout autant que ces renseignements soient signalés à l'attention du personnel des services forestiers gouvernementaux responsables des mesures de conservation. Il faudrait donc qu'un soutien financier soit apporté pour la publication et la diffusion de l'information.

11. Les principes de la conservation des ressources génétiques forestières devraient faire partie intégrante des cours donnés dans les universités et dans les écoles de foresterie sur l'aménagement forestier. L'organisation de conférences et de colloques sur ce sujet doit être encouragée et faire l'objet d'un soutien financier.

12. Les mesures en vue de la conservation des ressources génétiques forestières doivent être accompagnées par la conservation des informations sur lesdites ressources. Il est donc indispensable que chaque institution intéressée élabore un système permettant de rassembler, saisir et récupérer l'information. On a déjà élaboré des systèmes de ce genre, qu'on peut imiter en y apportant des modifications répondant bien aux besoins locaux. Au début, il faudrait toutefois établir un projet pilote dans une institution qui s'occupe déjà de ces questions et qui dispose d'ordinateurs.

PROPOSITIONS EN VUE D'UNE ACTION A L'ECHELON INTERNATIONAL

Le programme mondial pour les ressources génétiques forestières, proposé par le Groupe FAO d'experts à troisième session (FAO 1974a) est un projet quinquennal vaste et équilibré dont la conservation forme partie intégrante, ainsi que d'autres opérations essentielles comme la prospection, la collecte, l'utilisation et la documentation. Il est recommandé de l'adopter comme base de l'action internationale à entreprendre dans les cinq années à venir et d'en prévoir le financement dans la mesure du possible.

Il importe au plus haut point que les programmes d'action en faveur des ressources génétiques forestières soient étroitement coordonnés avec des plans complémentaires concernant les plantes cultivées. Le Conseil international des ressources génétiques végétales, récemment institué et qui est financé par le Groupe consultatif de la recherche agricole internationale (GCRAI) dont il relève, fournit les moyens d'une coordination et d'une direction générale de ces plans.

Pour nombre d'espèces forestières, l'élaboration d'une méthodologie fiable concernant la conservation des ressources génétiques attend encore que soient disponibles les résultats de la recherche. L'urgence du problème appelle cependant une action immédiate. Le programme mondial qui doit être mis en oeuvre durant la période 1975-79 pourrait donc être considéré comme une phase pilote qui déboucherait sur un programme considérablement étendu et à longue échéance. Les progrès réalisés devront être évalués vers la fin de la période quinquennale et les résultats obtenus serviront de base pour des plans ultérieurs.

Les propositions d'action visant à la conservation, contenues dans le programme mondial, sont récapitulées ci-dessous en deux groupes:

- A. Mesures à financer directement par le PNUE
- B. Mesures susceptibles d'être financées par le PNUE, par d'autres organismes internationaux ou bilatéraux.

A. Mesures à financer directement par le PNUE

Coût total (milliers de \$)
pour une période de cinq ans

1) Collecte de semences pour la conservation <u>ex situ</u>	125
2) Coût d'établissement de peuplements conservatoires <u>ex situ</u> de deux espèces de <u>Pinus</u> et de deux espèces d' <u>Eucalyptus</u> ; dix provenances dans onze pays en développement	356
3) Elaboration de projets pilotes pour la conservation <u>in situ</u> en Amérique centrale, au Brésil, en Inde et en Afrique occidentale et orientale	310
4) Diffusion de l'information sur la conservation des ressources génétiques forestières	60
Total	851

B. Mesures à financer par le PNUE ou d'autres organismes

1) Recherches sur l'emmagasinement et la manutention des semences	250
2) Recherches sur l'emmagasinement et la récupération des données	250
3) Etablissement de prototypes de peuplements pour la sélection/conservation <u>ex situ</u>	63
4) Etudes concernant la nécessité de créer des centres internationaux de gènes d'essences forestières	50
Total	613

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

FAO, 1974a. Proposals for a global programme for improved use of forest genetic resources. FO: MISC/74/15, FAO, Rome.

GLOSSAIRE

Composé, avec quelques modifications, principalement d'après les publications suivantes:

Allards, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. 485 p.

Knight, R.L. 1948. Dictionary of Genetics. Chronica Botanica Co. Waltham, Mass.

Snyder, E.B. 1959. Glossary for tree improvement workers. Southern For. Exp. Sta., USDA.

-
- ADAPTATION : Le processus d'ajustements évolutifs (génétiques), permettant à des groupes biologiques de s'adapter à leur environnement. Souvent la structure ou la fonction modifiée est elle-même qualifiée d'adaptation.
- AGRI-SYLVICULTURE : Voir Taungya
- ALLELE : Un des gènes d'une série pouvant être situé à une certaine position (locus) dans un chromosome donné. Les effets alternatifs (phénomène Mendélien) sur le même caractère sont produits par des allèles différents, comme par exemple chez les semis verts ou albinos. Si la série contient plus d'une paire d'allèles, les gènes sont désignés comme "allèles multiples" qui résultent de mutations répétées d'un gène, chacune produisant des effets différents. Deux allèles seulement peuvent être présents en même temps chez un individu diploïde.
- ANEMOPHILE : Plante pollinisée par le vent.
- REPRODUCTION ASEXUEE : Reproduction sans fécondation, à partir d'organes végétatifs comme les tubercules, les bulbes, les tiges enracinées, ou à partir de parties sexuelles comme les oeufs non fécondés ou d'autres cellules de l'ovule.
- AUTOGAME : Plantes qui sont autofécondées.
- AUTOGAMIE : Autofécondation.
- ARBORETUM DE MULTIPLICATION, DE REPRODUCTION ET D'AMELIORATION GENETIQUE : Zone dans laquelle des espèces ou des arbres sélectionnés sont plantés aux fins de multiplication, de reproduction et d'amélioration génétique. Lorsque la collection est conservée végétativement, on l'appelle parfois banque de clones. L'espacement, les pratiques culturales et les moyens de protection sont étudiés de manière à stimuler la précocité de la floraison et son abondance en vue d'une pollinisation contrôlée et d'une bonne récolte de semences.
- SYSTEME DE REPRODUCTION ET D'AMELIORATION GENETIQUE : Une des combinaisons par lesquelles des individus sont assortis par paires en vue d'une reproduction sexuée. 1) Croisement fortuit: l'appariement des individus est le fait du hasard. 2) Croisement entre individus génétiquement analogues: croisement entre individus plus proches l'un de l'autre que dans le cas du croisement fortuit. 3) Croisement entre

SYSTEME DE REPRODUCTION
ET D'AMELIORATION GENETIQUE
(suite)

- : individus génétiquement dissemblables: croisement entre individus moins proches l'un de l'autre que dans le cas du croisement fortuit. 4) Croisement entre phénotypes identiques: croisement entre individus plus ressemblants en apparence que la moyenne. 5) Croisement entre phénotypes dissemblables: croisement entre individus moins ressemblants en apparence que dans le cas du croisement fortuit.
- HOMOLOGUE : Se dit de graines commerciales et de propagules produites dans des conditions répondant aux normes spécifiées et garanties par un certificat délivré par un organisme officiel.
- CARACTERE : Particularité ou trait distinctif, mais pas nécessaire invariable, de tous les individus d'un groupe, susceptible d'être décrit ou mesuré, comme par exemple la couleur, la taille, la performance. Tel ou tel caractère d'un individu donné aura un certain phénotype (état) déterminé par le génotype de l'individu et le milieu.
- CLIMAX : Stade final, très stable, de la succession évolutive d'une plante dans un milieu donné.
- CLINE : Gradient géographique d'un caractère phénotypique ou d'un génotype à l'intérieur de la gamme de l'espèce. La détection d'un cline génétique nécessite un test dans un seul et même milieu. La variation clinale résulte ordinairement d'un gradient du milieu. Des portions d'une population manifestant des modifications clinales (continues) de ce genre, d'une région à une autre, ne doivent pas être qualifiées d'écotypes, races, géographique ou taxa.
- CHROMOSOME : Corpuscule microscopique, ordinairement en forme de bâtonnet, qui porte les gènes. Le nombre, la dimension et la forme des chromosomes sont généralement invariables pour chaque espèce.
- POLLINISATION CROISEE : Fécondation d'une plante avec du pollen provenant d'une plante génétiquement différente.
- DEGRE/JOURS : Nombre de degrés au-dessus d'un seuil, par exemple 10°C par jour, multiplié par le nombre de jours nécessaires pour produire un effet biologique déterminé.
- DIOÏQUE : Plante chez laquelle les fleurs mâles et les fleurs femelles sont portées séparément par des individus unisexués distincts.
- DYSGENIQUE : Qui tend à diminuer la qualité génétique chez les générations futures. Le terme s'applique particulièrement à la détérioration provoquée par une intervention de l'homme, comme les pertes dues à la surexploitation d'un peuplement.
- ECOSYSTEME : Système autorégulateur de populations de plantes, d'animaux et de leurs environnements réagissant les uns sur les autres. Utilisé de plus en plus à la place de biocénose.
- ECOTYPE : Race adaptée à l'action sélective d'un milieu particulier. La plupart des différences entre écotypes ne se manifestent que lorsque les différents écotypes sont essayés dans un milieu uniforme. Les écotypes peuvent être climatiques, édaphiques, etc.

- ENDOGENE : Prenant naissance à l'intérieur de l'organe qui l'engendre.
- ENTOMOPHILE : Plante pollinisée par les insectes.
- ENVIRONNEMENT (milieu) : Ensemble des conditions externes qui influent sur la croissance et sur le développement d'un organisme.
- EPIPHYTE : Plante qui germe sur d'autres plantes, sans être parasite.
- FECONDATION : Union du noyau et d'autres constituants cellulaires d'un gamète mâle (sperme) avec ceux d'un gamète femelle (oeuf) pour former un zygote. Chez certaines espèces, la fécondation peut se produire plusieurs mois après la pollinisation.
- AMELIORATION GENETIQUE DES ARBRES FORESTIERS : Application des principes de la génétique à la production d'arbres dotés de caractères spécifiques. Dans le sens le plus strict, elle s'applique à la multiplication par pollinisation artificielle, Dans le sens le plus large, elle se rapporte à des systèmes d'amélioration très variés: depuis la récolte de semences provenant uniquement des meilleurs arbres ou des meilleures sources de semences (sélection massale) jusqu'aux programmes très poussés de pollinisation contrôlée à phases multiples et chez des générations multiples.
- GAMETE : Cellule sexuelle mûre, soit le sperme, soit l'oeuf.
- GENE : La plus petite unité de matériel génétique transmissible et uniformément associée à un seul effet génétique spécifique. Les gènes sont ultra-microscopiques et agissent comme s'ils étaient disposés en ligne à des emplacements fixes (loci) sur le chromosome. Par interaction avec d'autres gènes et avec le milieu, chaque gène commande un effet physiologique dans la cellule et se manifeste sous forme d'un ou de plusieurs caractères chez l'individu.
- GENECOLOGIE : Etude de la variation à l'intérieur d'une espèce, fondée sur la génétique et en corrélation avec l'habitat.
- FREQUENCE DES GENES : Proportion dans laquelle se trouvent les allèles alternatifs d'un gène dans un population.
- PATRIMOINE GENETIQUE : La totalité de l'information génétique que possèdent les membres reproducteurs d'une population d'un organisme qui se reproduit sexuellement.
- GENOTYPE : La constitution génétique entière d'un individu.
- INTERACTION GENOTYPE/MILIEU : L'incapacité des populations différentes d'une espèce de se maintenir aux mêmes rangs et aux mêmes niveaux relatifs de différence des uns par rapport aux autres, lorsqu'elles sont mises à l'essai dans des milieux dissemblables. Cette interaction est testée par plantation dans plusieurs emplacements et plusieurs conditions culturelles différentes.
- VARIATION GEOGRAPHIQUE : Se dit des différences phénotypiques entre arbres autochtones d'une espèce qui croissent dans des parties différentes de son habitat. Lorsque les différences relèvent surtout de la constitution génétique plutôt que du milieu, la variation est ordinairement qualifiée de raciale, écotypique, clinale, etc.

- HETEROGENEITE : Dissimilarité entre membres d'un groupe (population).
- HETEROSIS : Vigueur hybride manifestée lorsque la moyenne des phénotypes des hybrides F1 dépasse la gamme de vigueur des parents. Statistiquement: augmentation par rapport à la moyenne qu'accusent les parents. S'applique généralement à des caractères tels que la taille ou la bonne venue des arbres.
- HETEROZYGOTE : Qui possède une ou plusieurs séries d'allèles dissemblables, par exemple, le gène dominant avec le gène récessif. Ainsi, une cellule ou une plante Aa est hétérozygote tandis que les cellules ou les plantes AA' et aa' sont homozygotes. S'applique également aux différences dans la disposition des gènes sur le chromosome. La reproduction d'un organisme hétérozygote n'est généralement pas fidèle aux gènes par rapport auxquels il est qualifié d'hybride.
- HOMOZYGOTE : Qui possède des allèles semblables à des loci correspondants sur des chromosomes homologues. Un organisme peut être homozygote à un, plusieurs ou tous les loci.
- HYBRIDE : Produit d'un croisement entre parents de constitution génétique différente.
- ISOENZYME : Se dit des formes multiples d'une seule enzyme. La présence ou l'absence d'isoenzymes peut être l'indice d'une variabilité génétique. Méthode utilisée de plus en plus pour évaluer la variation intraspécifique chez les espèces forestières.
- FORME DE VIE : La forme de végétation caractéristique d'une plante: arbre, arbrisseau, herbe, plante grimpante, etc.
- MONOÏQUE : Caractère d'une plante dont les fleurs staminées et pistillées (mâles et femelles) sont séparées mais portées par la même plante.
- MUTATION : Changement brusque et héréditaire de la constitution génétique ou de la structure du chromosome.
- NICHE : Milieu localisé où les facteurs écologiques se combinent pour favoriser la survie permanente d'une population particulière. Un tel habitat peut être discontinu ou faire partie d'un gradient. Certaines niches ont pour caractéristique de favoriser l'apparition d'hybrides, de mutants, etc. qui ne trouveraient pas de conditions favorables dans d'autres milieux.
- PHENOLOGIE : Etude des rapports entre les stades de développement d'une plante et les changements saisonniers du climat, par exemple, la température ou la durée quotidienne d'éclairement; principalement dans la mesure où ces changements influencent des phénomènes périodiques comme le débourrage, la floraison et l'entrée en dormance.
- PHENOTYPE : La plante ou le caractère d'une plante, tels que nous les voyons; l'état, la description ou le degré d'expression d'un caractère; le produit de l'interaction des gènes d'un organisme (génotype) avec le milieu.

- POPULATION : Sur le plan génétique, groupe d'individus similaires qui ont une origine commune et dont la gamme est limitée par des facteurs endogènes ou écologiques de sorte qu'ils peuvent être considérés comme une unité. Chez les organismes obtenus par hybridation, la population est souvent définie comme groupe d'intercroisement.
- PROPAGULE : Partie de plante, telle qu'un bourgeon, un tubercule, une racine, une pousse ou un rejet, utilisée pour la reproduction végétative d'un individu.
- PROVENANCE : Origine géographique d'une source de graines, de pollen ou de propagules.
- RACE : Population qui, au sein d'une espèce, présente des caractéristiques génétiques générales discontinues et distinctes d'autres populations. C'est ordinairement une unité d'intercroisements. Une race est appelée "écotype" si ses caractères distinctifs sont adaptatifs, et la race sera définie, en fonction de cela, comme climatique, édaphique, etc.
- FORET SECONDAIRE : Forêt résultant d'une forêt primaire modifiée par l'intervention humaine.
- ZONE DE COLLECTE DE GRAINES : Zone destinée à la collecte de graines et occupée par des arbres de composition génétique (raciale) relativement uniforme et établie d'après des essais de descendance sur des semences de diverses sources. La zone ainsi définie a ordinairement des limites géographiques, des conditions climatiques et de croissance bien déterminées, par exemple une certaine gamme d'altitudes. Une race géographique unique peut être partagée entre plusieurs zones.
- SELECTION : Terme souvent synonyme de sélection artificielle qui est le choix, fait par le sélectionneur, d'individus parmi une grande population en vue de les multiplier. La sélection artificielle peut avoir comme objet un ou plusieurs caractères souhaitables et se faire à partir de l'arbre lui-même (phénotypique) ou bien de la descendance ou d'autres individus apparentés à l'arbre (génotypique).
- AUToFERTILITE : Aptitude à la production de graines par autofécondation.
- AUtoFECONDATION : Fusion des gamètes mâle et femelle provenant des mêmes individus.
- AUto-INCOMPATIBILITE : Entrave physiologique à l'autofécondation, contrôlée sur le plan génétique.
- FRERES (Siblings, Sibs) : Individus issus des mêmes parents, provenant de gamètes différents. Les demi-frères ont seulement un parent commun.
- ESPECE : Unité de classification taxonomique, elle-même une subdivision du genre. C'est un groupe d'individus similaires qu'un caractère commun distingue d'autres ensembles d'individus similaires. Chez les organismes qui se reproduisent sexuellement, c'est le groupe d'intercroisement maximum, isolé des autres espèces par des barrières de stérilité ou d'aptitude à la reproduction.
- SUCCESSION : Supplantation graduelle d'une communauté de plantes par une autre.

- SYNGAMIE : Union des noyaux de deux gamètes à la suite de la fécondation, produisant un noyau de zygote.
- SYNUSIUM : Communauté naturelle d'espèces appartenant à des groupes de même forme de vie et ayant des besoins écologiques uniformes.
- TAUNGYA : Système d'agriculture associant la sylviculture et les cultures vivrières. Lorsque le couvert forestier est fermé, les activités agricoles sont suspendues dans la zone jusqu'à l'exploitation des arbres, après laquelle le cycle cultural est rétabli.
- ZYGOTE : Se dit de l'oeuf fertilisé; parfois, également, de l'individu qui en est issu. Le nombre de chromosomes dans le zygote est normalement diploïde (2n).

M-31

ISBN 92-5-200042-9