

Le climat, facteur sélectif, et l'adaptation génétique de *Juglans nigra* L., espèce exotique au Québec, Canada¹⁾

Par LOUIS PARROT²⁾

(Reçu pour publication en août 1969)

L'utilisation des plantations comparatives de provenances est depuis plus d'un demi-siècle un outil efficace d'amélioration des arbres forestiers largement employé par bon nombre des pays. Les premiers renseignements fournis en ce domaine de la génécologie trouvent leur origine vers les années 1820—1850. En France, à l'Arboretum des Barres, de VILMORIN établissait alors les premières plantations comparatives de provenances de pin sylvestre afin d'étudier l'influence de l'origine des graines sur le rendement des populations à l'étude en cette région définie.

De tels essais groupent également des provenances d'espèces exotiques, et nombreux sont aujourd'hui les exemples d'espèces introduites sur différents continents, atteignant de bonnes dimensions et fournissant une matière première en une période de temps analogue à celle des espèces autochtones.

On sait également toute l'importance que représente un décalage de quelques degrés de latitude entre le lieu d'origine et le lieu de culture pour un matériel introduit en pays septentrional.

Au Canada, la première étude du genre fut établie il y a quelque 90 ans et suivant une échelle respectable. Cet essai, utilisant *Juglans nigra* L., se situe donc dans le cadre d'une étude effectuée au moyen d'une espèce exotique ou introduite hors de son habitat naturel. Malgré l'absence d'un dispositif expérimental rigoureux normalement utilisé de nos jours pour les études sur les sources de graines, il est possible de tirer des résultats valables soulignant l'intérêt de cette plantation ancienne de provenances de noyer noir.

Le responsable de ce test, que l'on pourrait à juste titre considérer comme le précurseur au Canada de l'idée d'essais sur les provenances en plus d'être d'une espèce exotique, est Sire HENRI JOLY DE LOTBINIERE.

Description de la plantation

La plantation de noyer noir qui fait l'objet de ce travail est située à Pointe Platon, à 65 km à l'ouest de Québec (voir figure 2, flèche) en bordure de la rive sud du fleuve St-Laurent. Elle fut installée sur les trois terrasses naturelles qui forment Pointe Platon et est adjacente à une forêt naturelle principalement formée de *Quercus rubra* L., de *Fagus grandifolia* EHRH., d'*Acer saccharum* MARSH.,

¹⁾ Ce travail a été réalisé grâce aux contributions du Fonds de Recherches Forestières de l'Université Laval.

²⁾ Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec, Canada.

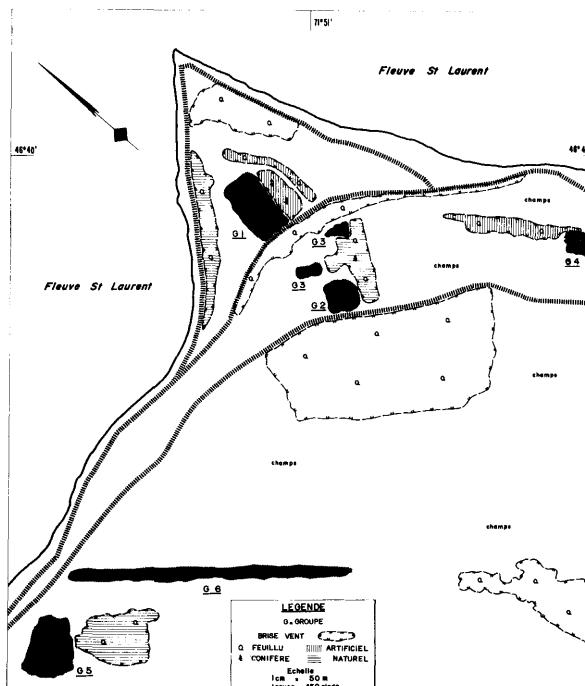


Fig. 1. — Vue, à vol d'oiseau, de la répartition des différents groupes de noyer noir (en foncé) au lieu de la plantation.

de *Tilia americana* L., de *Juglans cinerea* L., et d'*Ulmus americana* qui atteignent des dimensions remarquables.

Les noix introduites en 1882 furent mises en terre à l'automne de la même année (28). Les semis obtenus furent plantés en divers secteurs de la propriété les années suivantes. Le tableau 1 donne la liste des provenances introduites en 1882.

Les tiges qui ont subsisté jusqu'à nos jours se répartissent en 6 groupes distincts, composés d'un nombre variables d'individus. La figure 1 montre la répartition de la population étudiée dont certains peuplements furent protégés par des brise-vents naturels ou artificiels alors que d'autres étaient exposés directement aux vents froids du nord-est en provenance du courant polaire du Labrador.

Ainsi, en haut de la figure, sur la basse terrasse de calcaires paléozoïques qui s'avance en pointe dans le fleuve, se trouve le premier groupe de noyer noir; au centre sur la terrasse moyenne, les groupes 2, 3 et 4; finalement sur la terrasse élevée qui se prolonge jusqu'à l'arrièrepays, les groupes 5 et 6.

Tableau 1. — Liste des provenances introduites en 1882*).

Pays	Localité	Province	Altitude	Latitude	Longitude
Canada	Wardsville	Ontario	700'	42° 39'	81° 45'
Canada	Simcoe	Ontario	650'	42° 50'	80° 20'
Canada	Montréal (introduit)	Quebec	140'	45° 24'	72° 36'
E. U.	—	Wisconsin	—	42° 20' (?)	89° 20'

^{*)} Seule la provenance du Wisconsin n'a pas d'origine connue complète.

L'aire naturelle du noyer noir:

Le noyer noir est non seulement la plus précieuse des espèces indigènes des *Juglans*, mais il est en Amérique du Nord le bois feuillu atteignant la plus haute valeur commerciale. Il se rencontre dans presque toute la partie de l'est des Etats-Unis (figure 2) pour disparaître progressivement de la région nord de l'état de la Pennsylvanie et complètement des autres états voisins situés au nord et à l'est de ce dernier. Cet habitat naturel se délimite de manière plus précise pas ses coordonnées géographiques; il se situe entre les 30^e et 43^e degrés de latitude nord. La limite nord de l'aire correspond à la région située au sud des Grands Lacs effleurant ainsi les états du Minnesota, du Wisconsin et du Michigan pour venir disparaître à l'extrémité sud de la province de l'Ontario. Les limites est et ouest correspondent, mais de façon irrégulière, au 75^e et au 95^e degrés de longitude-ouest.

Les régions forestières où l'espèce se développe le mieux et abonde le plus, englobent les états centraux de l'est des Etats-Unis. Elle atteint alors sa plus grande importance économique. Très rarement rencontré en peuplements naturels purs, cet arbre préfère plutôt le voisinage d'autre feuillus tels que *Quercus alba* L., *Quercus rubra* L., *Acer saccharum* MARSH., *Fraxinus americana* L., *Fagus grandifolia* EHRH., *Ulmus rubra* MUHL., *Liriodendron tulipifera* L., et certains *Carya* au milieu desquels il vit clairsemé. Il pousse également en peuplement étroit en bordure de cours d'eau. Le noyer noir est une espèce forestière exigeante: elle préfère les sols riches, calcaires, profonds, bien aérés et drainés quoique humides, particulièrement dans la limite nord de son habitat. En milieu optimum elle

peut dépasser 28 m en hauteur surtout lorsqu'elle est à l'abri des vents prédominants.

La topographie et les sols de Pointe Platon

a) La topographie

Pointe Platon, dont les coordonnées géographiques se situent sous la latitude 46° 40' N et suivant une longitude 71° 51' O présente une série de trois terrasses naturelles de superficie variable qui constituent un escarpement schisteux de calcaires paléozoïques qui fut transformé par le temps en un sol riche.

La figure 3 montre cette succession des trois terrasses sur lesquelles s'échelonnent les différents groupes de noyer noir étudiés.

b) Les sols de Pointe Platon³⁾

Les sols de la plantation et des peuplements naturels de Pointe Platon ont été examinés à 12 endroits échelonnés de la bordure immédiate du fleuve jusqu'au plateau de la troisième terrasse situé à quelque 53 m d'altitude.

Le terrain le moins favorable se trouve sur la troisième terrasse, où un sol sablo-limoneux sec et peu profond ou fortement argileux et mal drainé présente un degré d'acidité peu favorable en même temps qu'il traduit un manque d'éléments nutritifs. La teneur en azote du sol est (0.5 à 0.7%) comparable à celle des sols situés en contrebas de la propriété, mais le pH (5.1 à 5.4) et le degré de saturation cationique de la zone radiculaire (0.15 à 0.50%) y sont beaucoup plus faibles.

Dès qu'on aborde la deuxième terrasse, à une altitude de 33 m, le pH et la quantité de cations du sol sont nettement plus favorables, en effet, le pH se maintient entre 6.2 et 6.8 en surface et atteint même 7.2 en profondeur. Le degré de saturation se situe au voisinage de 80 à 90%. La texture du sol est plutôt celle d'une argile limoneuse trahissant son origine: les schistes argileux d'Utica, dépôts très homogènes, du même type que ceux formant la plupart des intercalations schisteuses du calcaire de Trenton.

A la première terrasse, on doit noter cependant une légère baisse de la saturation au voisinage de 60%, mais le pH reste élevé à 6.0, et le sol meuble et profond, est légèrement plus limoneux et bien alimenté en eau. Tous ces sols bruns sont caractérisés par un humus de type mull, à

³⁾ L'auteur remercie sincèrement Monsieur L. ROUSSEAU, professeur de physique des sols, à la Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, à qui il doit le prélèvement des sols sur le terrain ainsi que l'interprétation des analyses s'y rapportant.

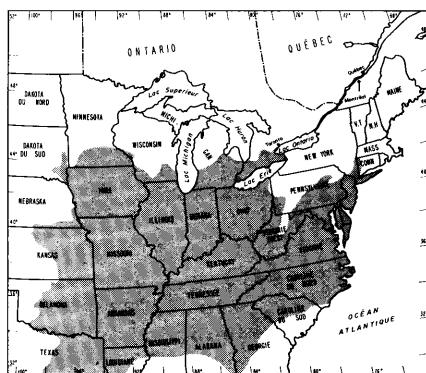


Fig. 2. — Aire naturelle du noyer noir (en foncé). La flèche, dans le coin supérieur droit, indique le lieu de culture des noyers noirs étudiés.

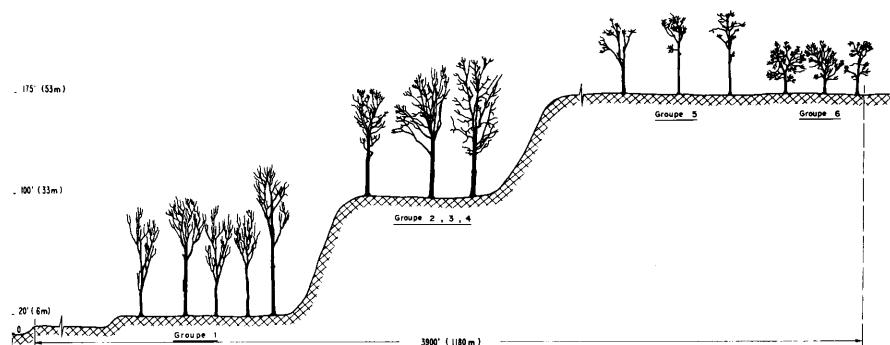


Fig. 3. — Profil du terrain suivant lequel s'échelonnent les trois terrasses naturelles du lieu de la plantation. A noter les différences dans les hauteurs et dans la forme de la cime des phénotypes (à l'échelle).

C/N voisin de 12, et contiennent en moyenne 10 à 15% de matière organique.

Le climat local et les vents

a) Le climat local

L'emplacement de Pointe Platon, considéré dans l'ensemble du territoire québécois et à proximité du fleuve, se trouve dans une zone de climat continental humide à caractère maritime. Dans la région de Québec et au sud de celle-ci, la précipitation annuelle, provenant surtout de l'océan Atlantique, varie entre 1,000 et 1,200 mm. La température moyenne annuelle de la région est de 4,4° C (3). Elle est analogue à la température de la région avoisinante de Québec (9) et de Donnaconna, cette dernière étant située sur la rive nord du fleuve, à 8 km plus à l'est de Pointe Platon. L'hiver y est en général très froid: la température moyenne de janvier, mois le plus froid de l'année, oscille entre -10° C et -20° C, avec des minima absolus de l'ordre de -42° C. Examinée de plus près, cette pointe de terre se situe dans cette zone climatique qui forme une mince bande inégale de chaque côté du fleuve. Sur la rive nord celle-ci disparaît à 60 km à l'est de Québec sous l'influence défavorable des eaux glacées du courant polaire du Labrador qui pénètre dans le golfe en longeant la rive jusqu'à Tadoussac, près de l'embouchure de la rivière Saguenay. Sur la rive sud, celle-ci se prolonge davantage vers l'est jusqu'à une distance de 140 km de Québec englobant l'île d'Orléans, où la culture d'arbres fruitiers y est florissante.

Cette zone climatique étroite se rattache d'une part à l'Ontario par l'influence du fleuve qui coulant suivant une direction allant du S-O vers le N-E entraîne des courants d'air chaud qui influencent de façon importante le climat local des terrains situés dans son voisinage immédiat.

La rive sud jouit donc, contrairement à la rive nord, d'une température plus favorable et permet la culture d'arbres fruitiers tels que les *Malus*, certains *Pyrus* ainsi que *Prunus domestica*, notamment sur l'île d'Orléans. Cel-le-ci entourée d'un bassin humide empêche les vents d'hiver d'avoir un effet trop desséchant sur les bourgeons. Ces mêmes genres botaniques ne survivent pas et ne peuvent s'adapter au nord de Québec, à 16 km du fleuve, en dehors de cette mince zone produite par ce cours d'eau.

Ainsi, à Pointe Platon, l'escarpement des trois terrasses produit un gradient brusque de température; les deux premières terrasses qui s'avancent dans le fleuve se trouvent à l'intérieur de cette zone étroite à climat plus avantageux, qui diminue surtout l'effet nocif des vents desséchants de l'hiver. La troisième terrasse par contre se situe

hors de cette zone et se trouve soumise à un climat local plus rigoureux (fig. 1).

b) Les vents

L'exposition des différentes terrasses de Pointe Platon aux vents prédominants revêt un caractère particulièrement intéressant. Ceux-ci affectent les arbres de façon plus ou moins marquée selon la situation des tiges, qui doivent subir durant les mois les plus froids de l'année les vents les plus violents, soit ceux de l'est et du nord-est, qui dépassent alors en moyenne trois fois la vitesse des vents venant des autres directions (10).

L'effet en est marqué sur la hauteur, l'aspect du rhytidôme, et des pousses annuelles, de même que sur la forme des cimes des tiges (clichés 1 à 5). Le cliché (6) traduit bien la force des vents contre un brise-vent artificiel de *Pinus strobus* situé sur la première terrasse, à proximité du premier groupe de noyer noir.

Le noyer noir

Les méthodes de mesure:

Les différentes mesures ont été prises de 1964 à 1968 et se résument ainsi:

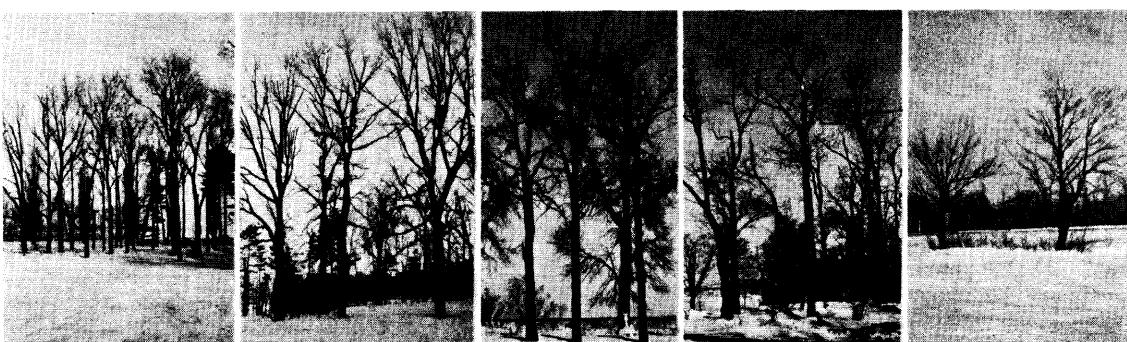
- 1— Les hauteurs des tiges (m) et les diamètres des troncs à 1.3 m avec écorce, (cm),
- 2— Le degré de maturité des noix,
- 3— Le débourrage et l'arrêt d'activité: relevés effectués les 10 juin et 10 octobre de 1965—1968,
- 4— Les dommages dus aux gélivures; évaluation de la rusticité (1965—1967).

Pour les deux derniers critères, une notation de 1 à 5 a été appliquée pour chaque arbre suivant l'échelle suivante:

La rusticité:

Evaluation de 0—10 m pour les arbres des groupes 1, 2, 3, 4, de l'importance des dégâts causés par les gélivures formées le long du tronc. Pour les groupes 5 et 6 l'évaluation est faite de 0—6 m.

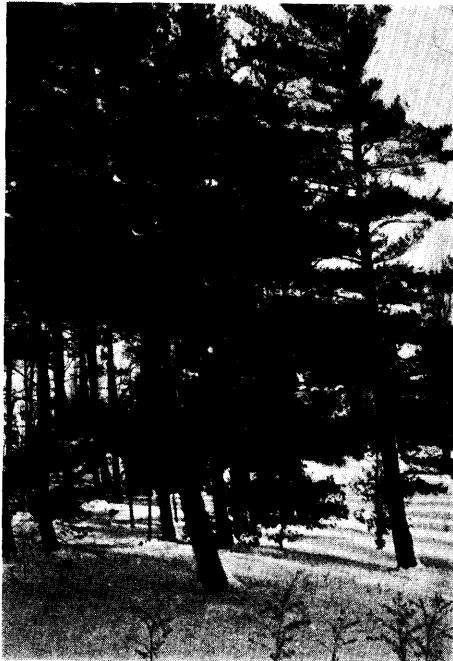
1. Absence totale de gélivures, écorces saine et rhytidôme normal ou faibles gélivures cicatrisées, moins de 3, surtout localisées à la hauteur de souche.
2. Gélivures présentes, non parfaitement cicatrisées, laissant apparaître une fente des tissus de cicatrisation, localisées le long du tronc où à la hauteur de souche et n'affectant pas la qualité du bois.
3. Gélivures non refermées, plus de 3, avec cavités ne dépassant pas le tiers du diamètre de l'arbre et localisées le long du tronc où à la hauteur de souche.



Clichés 1—5. — Suivant une même échelle à l'exception des 2 premiers (noyers des groupes 1 et 2) où la hauteur des tiges nécessita l'utilisation du grand angle. Le cliché central représente quelques individus des groupes 3 et 4. Les deux derniers clichés de droite montrent des tiges des groupes 5 et 6 respectivement.

Tableau 2. — Mesures des hauteurs et diamètres.

Numéros des groupes	Hauteur moyenne		Diamètre moyen à 1.30 m		Nombre d'individus mesurés		Croissance 1933-1967 (m)
	1933 (m)	1967 (m)	1933 (cm)	1967 (cm)	1933	1967	
1	15.1	20.9	27.9	35.0	50	122	5.7
2	19.4	24.8	38.1	62.7	23	16	5.5
3	12.1	19.7	27.9	46.2	18	11	7.6
4	10.9	18.7	30.5	40.6	5	5	7.9
5	10.6	15.1	30.5	34.5	25	79	4.5
6	6.4	9.0	20.3	29.7	33	28	2.7



Cliché 6. — Brise-vent artificiel de *Pinus strobus* dont les troncs inclinés traduisent bien la force des vents.

4. Gélivures caractérisées par un trou profond, soit à la souche ou le long du tronc, ou les deux, et pouvant dépasser en profondeur le centre de la tige. Bois récupérable.
5. Gélivures béantes et longues, traversant complètement le centre de la tige. Bois inutilisable (scierie).

L'arrêt d'activité:

- 1— La totalité ou les trois quarts des feuilles de la cime sont tombés,
- 2— La moitié des feuilles est tombée,
- 3— Le quart des feuilles est tombé,
- 4— Quelques branches ici et là sont dénudées,
- 5— Cime verte et d'aspect complet.

1— Les mesures des hauteurs et diamètres.

Le tableau 2 donne les moyennes des mesures dendrométriques des groupes concernés.

Ces chiffres sont assez éloquents par eux-mêmes et montrent des différences marquées entre les groupes qui se situent tous à l'intérieur d'une même classe d'âge. L'écart moins prononcé entre les mesures effectuées en 1933 et en 1967 sur le groupe 1 peut provenir du fait qu'en 1933, le propriétaire ait mesuré 50 des 122 tiges alors disponibles et si le hasard l'a conduit aux arbres situés à proximité du premier ravin, il a inclus dans ses données une partie des

tiges qui ne représentaient pas la population entière car à cet endroit l'état du sol, influencé par un lessivage oblique donne aux tiges poussant à proximité un apport nutritif plus riche (cliché no. 7).



Cliché 7. — Vue d'ensemble du groupe 1. Les arbres de droite plantés à proximité du ravin montrent une croissance moyenne supérieure de 5 m comparativement au reste du peuplement.

Les groupes 2, 3 et 4 poussent sur la deuxième terrasse mais le groupe 2 se différencie des deux autres par sa hauteur déjà manifeste en 1933, et qui peut être due à un effet de ravinement. Fait curieux, ce même groupe offre le plus fort pourcentage d'arbres endommagés par les gélivures, ce qui laisse soupçonner une population bien moins adaptée et qui fixée sur la dernière terrasse aurait sans doute connu le même sort que les tiges du groupe 6, dont la limite du seuil de résistance a été dépassée. Les groupes 3 et 4 peuvent être réunis en un seul groupe et l'homogénéité de leur croissance le justifierait. Les groupes 5 et 6 continuent de pousser avec difficulté. Le groupe 5 se différencie de son voisin par une croissance en hauteur plus forte due d'une part à une certaine protection contre les vents alors que les arbres du groupe 6 n'en ont aucune. D'autre part, l'espacement entre les arbres du groupe 5, étant plus serré, appelle les tiges à une concurrence accrue vers la lumière entraînant un allongement plus marqué des fûts.

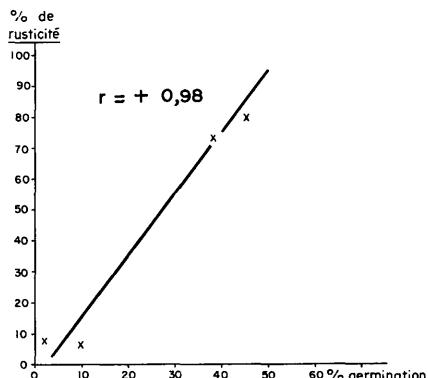
2— La maturité des noix dans la plantation.

Cette variation à la résistance au froid s'identifie également par des différences marquées dans la production et la maturité des fruits.

Le tableau 3 donne pour les 3 dernières années la quantité de noix produite suivant les groupes ainsi que le résultat de la germination. La valeur des arbres rustiques et non rustiques comparée à celle de la germination des noix (graphique 1) a permis de mettre en évidence une corrélation ($r = 0.98$) entre ces 2 caractères: les arbres les plus rustiques ont des noix qui germent plus que celles des sujets gélifs. Un examen d'une quantité définie de noix

Tableau 3. — Rendement en noix et résultat de la germination des trois dernières années des 6 groupes de noyer noir.

Groupes	Nombre de noix récoltées			Nombre de semis			% de la germination			% d'arbres rustiques p(cf. Tableau 5)
	1965—66—67	1966—67—68	1966—67—68	1966—67—68	1966—67—68	1966—67—68	1966—67—68	1966—67—68	1966—67—68	
1	227	1236	108	89	420	50	39	34	42	73
2	167	770	66	14	95	7	8	11	10	7
3+4	432	153	930	186	72	444	42	43	49	80
5	51	22	34	1	1	0	2	4	0	8
6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4



Graphique 1. — Corrélation entre la rusticité des tiges et la capacité germinative des noix. Les points représentent les moyennes de trois années des différents groupes de noyer noir.

(50 par groupe lorsque disponibles durant les années d'observation) a montré que les arbres rustiques produisent des fruits dont l'embryon et l'endosperme parviennent à maturité tandis que ceux arbres mal adaptés présentent à une époque analogue un endosperme laiteux qui nuit au développement normal du fruit. Si cette corrélation est claire, il n'en est cependant pas de même pour le critère de la production des fruits: certaines tiges très peu rustiques produisent plus de fruits que des individus sains: certains automnes, les noyers noirs du groupe 2, ont produit plus de noix que ceux des groupes 3 et 4.

3— Analyse du débourrage et de l'arrêt d'activité

Le noyer noir est une espèce dont le débourrage est en général tardif. Le «déclic» annuel n'apparaît habituellement qu'entre les 4—12 juin. Durant les quatre dernières années d'observation, les 6 groupes étudiés présentent un débourrage uniforme quelle que soit leur situation. Ils se distinguent ainsi nettement des noyers cendrés (*J. cinerea*) poussant à proximité et dont les feuilles sont à cette date totalement épanouies. Ce retard physiologique du noyer noir le met donc à l'abri des gelées tardives.

Par contre, établis en une région plus septentrionale que leur origine, ces arbres eurent tendance à cesser toute activité plus tard que la normale à l'automne exposant ainsi leurs tissus aux rigueurs des gelées précoces et des froids intenses de l'hiver.

Les données prises sur l'arrêt de l'activité saisonnière durant l'automne des 4 dernières années (1965—68) ont été évaluées par la même personne entre les 8—10 octobre, utilisant la notation de 1 à 5 donnée à la cime de chaque arbre. Celles-ci nous ont permis d'établir pour chaque une moyenne annuelle (tableau 4).

L'analyse de variance n'ayant donné aucune valeur positive entre ces deux facteurs ($r = 0,45$ au niveau de probabilité de 95%), celle-ci laisse supposer qu'il s'agit plus

Tableau 4. — Evaluation de l'arrêt d'activité des 6 groupes ne noyer noir et de leur rusticité correspondante.

Nos. des groupes	Arrêts d'activité (Moyenne de 4 ans)	Rusticité	Quantité d'individus
1	2,8	1,4	122
2	2,4	3,2	16
3	3,4	1,6	14
4	2,4	1,2	5
5	2,6	3,0	79
6	2,4	3,2	28

Arrêt d'activité et rusticité: les chiffres sont les moyennes pour chaque groupe des notes de 1 à 5 attribuées à chaque individu.

d'un caractère individuel qu'un caractère propre aux populations concernées. En étudiant chaque arbre sous ce double rapport, il apparaît souvent qu'un certain nombre de tiges rustiques perdent d'années en années leurs feuilles avant le 10 octobre, alors que d'autres caractérisées par une rusticité analogue ne dépouillent leur cime que 1—2 semaines plus tard, sans pour cela présenter des branches qui soient endommagées par le gel (cliché no. 8).

Egalement des tiges mal adaptées perdent leurs feuilles avant et après la date précitée. Il semble que les arbres aient davantage souffert des froids hivernaux les plus intenses qu'accompagnent les vents les plus violents et qu'ils se soient davantage adaptés, d'un point de vue général, à prévenir les gelées précoces qu'à endurer les froids intenses de l'hiver. La plasticité individuelle, intrinsèque à chaque génération s'exprime par la tolérance des individus introduits à s'adapter ou pas aux nouvelles conditions écologiques du lieu de la plantation. Les facteurs génétiques responsables de cette plasticité ont fortement subi l'influence de la sélection naturelle au cours des années. Cette influence est toujours présente: certains individus à caracté



Cliché 8. — Deux individus du groupe 3 nos. 18 et 19, tous deux rustiques (notation 1) et caractérisés par un arrêt d'activité à l'opposé l'un de l'autre.



Clichés 9—13. — Illustrations de la rusticité des tiges évaluées suivant l'aspect du tronc de chaque individu des 6 groupes de noyer noir (notation de 1—5). Le cliché à gauche représente un individu rustique avec tronc et rhytidome normaux. Les autres clichés correspondent successivement aux notations 2, 3, 4 et 5, selon l'ordre décroissant de la rusticité.

terres défavorables sont morts depuis ces 5 années d'observation; d'autres plus favorisés par un nombre plus grand d'allèles hétérozygotes, forment une population qui fait face au nouveau milieu et dans ce cas peut changer le mode d'action de la sélection naturelle.

4— Analyse de la rusticité

L'échelle non numérique appliquée à chaque tige des différents groupes a permis d'établir, malgré l'inégalité du nombre d'arbres constituant ces derniers, une valeur représentative de la rusticité caractérisant ces populations (Tableau 5).

Tableau 5. — Evaluation de la rusticité de chaque individu des différents groupes.

N° du groupe	Pourcentage de rusticité des groupes (notation de 1 à 5)					Nombre de tiges
	1	2	3	4	5	
1	73	15	9	3	0	122
2	7	25	18	48	2	16
3&4	80	20	0	0	0	19
5	8	16	56	16	4	79
6	4	21	39	21	15	28

Comme on peut le constater, cette rusticité évaluée suivant l'aspect des troncs varie d'un groupe à l'autre de façon irrégulière. Les différences constatées sont marquées et les groupes 1, 3, et 4 s'avèrent les plus rustiques avec un fort pourcentage de tiges saines et de belle venue comparativement aux groupes 2, 5 et 6 dont les fûts exhibent en général une forte susceptibilité au froid (clichés no. 9 à 13).

En comparant ces valeurs, l'analyse des différences entre les moyennes n'a conduit à aucune différence significative entre les individus des groupes 2, 5 et 6 de même entre les groupes 1, 3 et 4. Il existe cependant une valeur significative élevée entre l'ensemble des groupes 2, 5 et 6 d'une part et 1, 3 et 4 d'autre part. L'analyse des différences entre les moyennes ($t = 6.3$) donna alors une valeur permettant d'établir de façon plus précise un regroupement en 2 grandes populations dont l'une est utilisée à des fins de sélection des sujets les plus adaptés dans le cadre d'un programme d'amélioration.

Discussion et conclusions

Dans la majorité des pays septentrionaux où les techniques d'amélioration des arbres forestiers cherchent à aug-

menter le rendement des forêts artificielles, il est important que les semences utilisées à ces fins soient reconnues bonnes productrices de plants rustiques. Ceci est particulièrement primordial lorsqu'on travaille avec une espèce ligneuse exotique, introduite en un nouveau milieu où le climat devient l'un des premiers facteurs critiques pouvant limiter le développement normal des tiges.

Une espèce forestière jouissant d'une aire de dispersion relativement grande présente souvent des différences génotypiques importantes à l'intérieur de son habitat. Une telle différenciation peut de ce fait être mise à profit dans de tels programmes d'amélioration.

Les renseignements fournis par la recherche sur les provenances ont une grande importance pratique dans cette amélioration des peuplements forestiers. Peu de travaux du genre existent d'une part en notre hémisphère boréal groupant les espèces feuillues (autre que les peupliers) dites de grande valeur et poussant sous notre climat. D'autre part, la présente étude sur *J. nigra* se situe dans le cadre d'un programme d'amélioration effectué au moyen de provenances qui après une génération permet de tirer des conclusions d'un intérêt pratique.

Bien que de nos jours, il soit indispensable d'amorcer des études sur la variabilité d'une espèce forestière avant d'en sélectionner certaines populations pour utilisation à grande échelle en un milieu défini, il existe néanmoins plusieurs réussites d'introduction en divers pays. Celles-ci ont été effectuées suivant une échelle plus ou moins grande et en général sans une connaissance complète des principaux critères inhérents à la variation et à la plasticité de l'espèce exotique plantée.

Tel est le cas du noyer noir, introduit en 1882 à Pointe Platon. Le présent résultat permet d'évaluer la réaction des populations en cause mises en milieu étranger.

De fait, nous avons pu constater durant ces années d'observation une grande variation dans la réponse phénotypique des noyers noirs à la résistance au froid, sous cette latitude du lieu de culture.

Bien qu'il soit difficile de déceler exactement quelle provenance a subsisté jusqu'à nos jours, il est logique à la lumière des résultats actuels de prétendre que la provenance américaine, soit la plus méridionale a dû être éliminée rapidement. Nous notons en effet dans le journal de l'auteur de la plantation qu'après l'hiver 1882—1883, un très fort pourcentage des semis était noirci par le froid et les tiges étaient desséchées (27). L'influence de la sélection naturelle qui joua de façon marquée dès les premières années sur les jeunes semis, laissa son empreinte, non seulement sur la provenance la plus méridionale, mais également

sur les autres populations, sans doute à un moindre degré, puisqu'on sait que plus de 10,000 noix furent mises en terre (28). Les quantités respectables de noix provenant de l'Ontario et du Québec, (près de 6,000) laissent supposer que les expéditeurs devaient les récolter sur des arbres-parents déjà passablement âgés et qui pouvaient alors assurer à leurs descendants une plus grande flexibilité à leur nouveau milieu, étant eux-mêmes déjà pré-adaptés car provenant d'une région tout à fait à la limite nord de l'aire naturelle.

La population résiduelle continue de montrer l'interaction entre le facteur sélectif d'une part, et l'existence d'une réserve de variabilité d'autre part, due à une certaine proportion qualitative d'allèles hétérozygotes conférant aux populations introduites, une flexibilité (plasticité) devant l'écart entre les conditions écologiques du lieu d'origine et de celles du lieu de culture.

Des provenances plus méridionales que celles introduites en 1882 ont été éliminées complètement, la limite du seuil de résistance ayant été dépassée (41).

Le rendement en volume ligneux

Nous restons avec une population de tiges rustiques et saines suivant leur résistance et l'emplacement où celles-ci ont poussé. Ce sont ces génotypes plus ou moins adaptés qu'il faut comparer au rendement ligneux des noyers noirs croissant en milieu naturel: tout programme d'amélioration d'une espèce introduite ou autochtone au lieu de culture tend non seulement à obtenir une croissance satisfaisante, mais à atteindre un rendement en volume analogue ou supérieur à celui qui caractérise les populations locales. Dans le cas d'introductions, une espèce fournit un bois de valeur qui n'existe pas auparavant.

De fait, ces noyers sont caractérisés par une croissance et un volume fort comparables à ceux des états centraux des Etats-Unis où l'espèce atteint sa plus grande productivité. A titre comparatif, nous utilisons les travaux de KELLOG (30) où l'auteur présente (*tableau 6*) une échelle des hauteurs moyennes par classe d'âge et qualité de station (site index).

Ainsi sur une qualité de station moyenne des états centraux américains, soit qualité de station 60, la hauteur moyenne du noyer noir est de 20.6 m à 75 ans. Par extrapolation, en se basant sur les valeurs du *tableau 6*, nous obtenons une valeur relative de 21.2 m à 85 ans. Ainsi les

Tableau 6. — Hauteurs moyennes des noyers noirs du centre des Etats-Unis en relation avec l'âge et la qualité de la station.

Age (années)	Qualité de la Station				
	40	50	60	70	80
	Hauteurs (m)				
10	4.2	5.4	6.6	7.8	8.7
15	6.0	7.8	9.3	10.9	12.4
20	7.2	9.3	11.2	13.0	14.8
25	8.4	10.6	12.7	15.1	16.6
30	9.3	11.8	13.9	16.6	18.4
35	10.3	12.7	15.4	17.8	20.3
40	10.9	13.6	16.3	19.0	21.8
45	11.5	14.2	17.2	20.3	23.0
50	12.1	15.1	18.1	21.2	24.2
55	12.4	15.7	18.7	22.1	25.1
60	13.0	16.3	19.6	22.7	26.0
65	13.3	16.6	20.0	23.3	26.3
70	13.3	16.9	20.3	23.9	26.9
75	13.6	16.9	20.6	24.2	27.2

L. F. KELLOGG, 1939.

noyers noirs de Pointe Platon (*tableau 2*) à quelque 85 ans présentent des hauteurs fort analogues en certains cas à celles des Etats-Unis: les tiges du groupe 1 totalisent une moyenne de 21 m parmi lesquelles 3 individus atteignent 28 m; 2 autres se situent entre 24.2—27.2 m. Ces dernières tiges rustiques et de belle venue peuvent se situer dans la qualité de station 80 du tableau. Les arbres du groupe 2 quoique les plus grands de tous ne présentent que 7% d'arbres rustiques malgré la protection qu'ils ont reçue de leur milieu immédiat, et la qualité du bois est fortement diminuée. Quoique produisant des noix annuellement en quantité variable, celles-ci doivent être exclues de tout programme de reboisement provenant d'une part de parents très gélifs. L'homogénéité du sol et les conditions d'environnement immédiat des groupes 2, 3 et 4 donnent lieu à deux populations génétiquement distinctes, où la première (groupe 2) très susceptible au froid doit sa survie à la qualité du sol.

Les noyers des groupes 3 et 4, même s'ils sont d'une hauteur moyenne un peu inférieure à celle du groupe 2, constituent une population à rusticité plus constante qui peut être incluse dans la qualité de station 70; ce qu'elle perd en hauteur, elle la gagne en volume: ces arbres étant plus espacés que ceux du groupe précédent ont été moins forcés à concurrencer la lumière et présentent de ce fait un diamètre moyen supérieur, (*tableau 2*) entraînant un volume moyen de 0.2 m³ de plus que celui du groupe 1.

Quant aux noyers des groupes 5 et 6, le rendement obtenu les écarte de tout programme d'amélioration, à l'exception d'une tige qui, malgré l'exposition aux vents et la pauvreté du sol présente un phénotype normal et qui, mis en un milieu plus favorable, pourrait fournir un tout autre rendement.

De fait, la croissance de ces tiges démontre que le sol leur est assez propice en général, sauf celui de la troisième terrasse (groupe 5 et 6). Il ne faudrait pas envisager la culture de l'espèce sur les terrains hauts et pauvres, sans en même temps penser à des travaux de fertilisation: le mauvais rendement des arbres des deux groupes précités, en plus d'avoir été exposés davantage aux vents, pourrait fort bien traduire une carence en phosphore et en potassium comme le laisse entrevoir la faible saturation du complexe argileux en cations.

Conclusions

Si un programme d'introduction d'une espèce exotique comprend plusieurs problèmes de base, (le choix de l'espèce, les connaissances de l'écologie de l'espèce dans son aire géographique et celles du nouveau milieu d'utilisation), seule l'expérimentation sur le terrain permet, dans une très large mesure, d'évaluer d'une part les pronostics et d'autre part la capacité de production de cette dernière en son nouveau milieu, et surtout sa plasticité qui joue un rôle fondamental dans de tels essais. Cette proportion respectable d'individus exotiques réalisant leur cycle vital en un milieu plus difficile et voisine de sujets incapables d'atteindre ce palier évolutif, présente de ce fait des génotypes qui ont toutes les chances d'avoir intégré les conditions écologiques de leur nouvel habitat et peuvent être considérés comme adaptés. Ceci est particulièrement vrai, si en plus de présenter tous les caractères précités, de tels individus fournissent un volume d'intérêt commercial et comparable à celui normalement obtenu par des tiges autochtones poussant en leur milieu naturel. C'est un nouvel état d'équilibre avec ce milieu aboutissant à une nouvelle adaptation.

En analysant les différents résultats extraits de cette plantation de noyer noir où les arbres déjà vieux ont été soumis à l'effet du climat et à ses variations extrêmes, il est évident que l'état actuel des populations en cause permet de tirer de telles conclusions. Il ressort aussi que cette variation de la rusticité liée à celle de l'adaptation conduit à une sélection de populations et d'individus suffisante pour constituer une source directe de semences pour de nouveaux reboisements en plus d'être d'un grand intérêt comme point de départ d'une utilisation directe d'un programme d'amélioration.

Dans cette optique, une plantation des provenances les plus septentrionales qui soient est établie depuis quelques années. Une hybridation entre les individus les plus valables poussant à Pointe Platon serait à entreprendre également. Ce travail serait d'autant plus facilité que le noyer noir, espèce monoïque, est caractérisé par une dichogamie accentuée favorisant ainsi l'hétérogamie. Ce croisement entre de tels individus adaptés et à productivité reconnue peut génétiquement parlant, augmenter la réserve de variabilité (taux d'hétérozygotie) de cette population, laquelle est en liaison étroite avec sa plasticité.

La valeur marchande du noyer noir est très élevée comparativement aux autres espèces feuillues de l'Amérique du Nord (38) et en fait un bois recherché. Il pourrait être planté davantage en Europe et même en Scandinavie sur des sols équivalents ou supérieurs à ceux décrits précédemment, là où les conditions climatiques le permettent, quand on sait que les hivers canadiens sont plus rigoureux que ceux du sud de la Suède et de la Finlande (32). Le noyer noir a donné un rendement intéressant en certaines régions de la Russie, notamment en Ukraine où, âgé de 80 ans, il atteint 25 m de hauteur et 45 cm de diamètre (19).

Lorsque le botaniste suédois PEHR KALM vint en Amérique du Nord, vers 1753, ce dernier récolta des noix dans la région de la Pennsylvanie. Cultivés à Sipsalo, en Finlande, sur sol riche, les jeunes plants de noyer noir ne furent pas affectés par le climat dur. Bien que l'hiver de 1760 fut très froid, tuant même certains arbres indigènes, ceux-ci ne furent pas affectés (29). Il semble que cette espèce forestière de grande valeur soit assez plastique, pourvu qu'elle soit cultivée convenablement.

Résumé

La résistance au froid constitue un facteur important dans l'amélioration d'une espèce forestière cultivée en pays septentrional et particulièrement lorsqu'il s'agit d'une espèce exotique.

Un essai de plantation de quatre provenances de noyer noir (*Juglans nigra*, L.) fut mis sur pied durant les années 1882—1884 à Pointe Platon, près de Québec, Canada.

Après une sévère élimination des semis par le froid durant les premières années, la population résiduelle fut plantée suivant un espacement variant de 4×4 m à 4×5 m. L'ensemble des tiges se répartit suivant trois terrasses naturelles où le sol et la variabilité génétique des individus groupés en populations distinctes, modélèrent ces peuplements de façon bien définie. Ces derniers, répartis en 6 groupes présentent une forte variation à la résistance au froid caractérisée chez certains par des gélivures en nombre variable, formées le long des troncs tourmentés ou par des extrémités de branches gélivées et cassées; chez d'autres, l'absence des anomalies précitées, constitue des populations rustiques et bien adaptées à leur nouveau milieu. La variation dans le sol entraîne dans certains cas des différences marquées dans le rendement des tiges.

Les tiges bien adaptées donnent un rendement en volume, croissance et qualité du bois non seulement différent

des groupes d'arbres qui n'ont pu s'adapter, mais comparable à celui des états centraux des Etats-Unis où l'espèce atteint sa plus grande productivité.

La sélection de tels individus sert aux fins d'un programme d'amélioration, les uns fournissant des noix en quantité suffisante pour des reboisements dans la même région ou un peu plus au sud, les autres étant utilisés pour des fins de propagation végétative et d'hybridation.

Cette plantation de noyer noir, la plus septentrionale en Amérique du Nord constitue un autre exemple typique de l'importance de connaître la variabilité d'une espèce forestière introduite. Même si on prédisait un échec certain à l'auteur de cette plantation, seule l'expérimentation sur le terrain a permis l'évaluation du potentiel génétique d'individus exotiques où la fréquence des allèles qui commandent la résistance au froid est devenue fortement sélective vis-à-vis de l'infidélité du climat.

Summary

Title of the paper: *Selection and adaptation of an exotic species, Juglans nigra L., in Quebec, Canada, under the action of climate.*

Frost resistance is an important factor in regard to the improvement of a forest tree species cultivated in northern countries. This is particularly so if the species is an exotic.

Field test of four provenances of Black walnut (*Juglans nigra* L.) was established during the years 1882—1884 at Pointe Platon, near Quebec, Canada.

Following severe mortality at the seedling stage due to frost damage the residual population was planted at spacings which varied between 4×4 m and 4×5 m. The plantation, which was established on three river terraces, subsequently formed several well defined populations as a result of genotype-environment interaction.

These populations, distributed in six groups, showed strong variation in degree of frost resistance as determined from the number of frost cracks formed on the trunk, and the extent of frost damage to the extremities of branches. The absence of such external signs of frost damage characterized the hardier populations well adapted to their new environment. Growth variability attributable to soil difference in certain instances is very important.

The best stems exhibit an increment and quality not only superior to those trees less well adapted, but comparable with that for the species in the central states of the United States where black walnut exhibits its greatest productivity.

The selection of such individuals serves the ends of a program of improvement by providing seed in sufficient quantity for reforestation in the same region, or a little south of this region. These individuals are also a source of material for vegetative propagation.

This plantation of black walnut, the most northern in North America, in another typical example of the importance of knowing the variability of an introduced forest tree species. Although failure of the plantation was predicted at the time of its establishment, it is clear that the experiment has permitted the evaluation of the genetic potential of individuals of an exotic species in alien environment.

Ouvrages consultés

- (1) AUTEN, J. T.: Soil Profile studies in Relation to Site Requirements of Black Locust and Black Walnut. U. S. Forest Serv. Cent. States Forest Exp. Sta., Sta. Note 31, 11 pp., 1936. — (2) AUTEN, J. T.: Some Soil Factor Associated with Site Quality for Planted Black Locust and Black Walnut. J. Forest. 43: 592—598 (1945). — (3) BARIL, R., et ROCHEFORT, B.: Etude pédologique du comté de Lotbinière dans la Province de Québec. Min. Can. Agric., Service Fermes exp. Ottawa, 115 pp., 1957. — (4) BISWELL, H. H. Effect of Environment upon the Root Habits of Certain Deciduous Forest Trees. Bot. Gaz. 96: 676—708 (1935). — (5) BLANCHARD, R.: Le Canada français, province de Québec. Etude géographique. Librairie Fayard,

- Paris, 314 pp., 1960. — (6) BODE, H. R.: Über den Zusammenhang zwischen Blätterfaltung und Neubildung der Saugwurzeln bei *Juglans*. Ber. Bot. Ges. 72: 93—98 (1959). — (7) BRINKMAN, K. A.: Silvical Characteristics of Black Walnut. U. S. Forest Serv. Cent. States Forest Exp. Sta. Misc. Release 22, 15 pp., 1957. — (8) BRINKMAN, K. A.: Growth and Yield on Prairie soils. In Black Walnut Culture. North Central Forest Exp. Station, 1966: 50—52. — (9) CANADA DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1954: Addendum to volume 1 of climatic summaries for selected meteorological stations in Canada. 30 pp. — (10) CANADA DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1959: Climatic summaries for selected meteorological stations in Canada, volume II. Meteorological Branch, 141 pp. — (11) CARMEAN, W. H.: Soil and Water Requirements. In Black Walnut Culture, North Central Forest Exp. Sta. 1966: 32—34. — (12) CHIRITA, C. D.: Contributii la cunoasterea exigentelor nuclei Americani fata de sol. An. Inst. Cercet. Exp. For. 4: 28—56 (1938). — (13) CLARK, F. B., and SEIDEL, K. W.: Climatic injury found on planted Black Walnut in Kansas. U. S. Forest Serv. Cent. States Forest Exp. Sta., note 147, 2 pp., 1961. — (14) DAY, W. R., and PEACE, T. R.: The experimental production and the diagnoses of frost injury on forest trees. Oxford Forestry Memoirs. Clarendon Press, Oxford, 60 pp., 1934. — (15) DAY, W. R., and PEACE, T. R.: The influence of certain accessory factors on frost injury to forest trees. Forestry 11: 92—103 (1937). — (16) DIETRICHSON, J.: Breeding for frost resistance. Silvae Genetica 10: 172—179 (1961). — (17) ENGLERTH, G. H.: Machining and other Properties of Fast-versus Slow-Grown Trees. In Black Walnut Culture, North Central Forest Exp. Sta., 1966: 77—82. — (18) FAO, 1962: Influences exercées par la forêt sur son milie. Pub. no 15, 316 pp. (1962). — (19) FEDEROV, A., et SOKOLOV, S. Y.: Correspondance personnelle sur la culture du noyer noir en URSS. Institut de Botanique de l'Académie des Sciences, Leningrad, 1967. — (20) FIELDING, J. M.: The role exotic species in forest tree improvement. Fifth world Forestry cong. Proc. 2: 742—746, 1962. — (21) FINLAY, K. W., and WILKINSON, G. N.: The analysis of adaptation in a plant-breeding program. Austral. J. Agr. Res. 14: 742—754 (1963). — (22) FINN, R. F.: Mineral Nutrition. In Black Walnut Culture, North Central Forest Exp. Sta., 1966: 35—41. — (23) GELLATLY, J.: Communication personnelle sur le noyer noir cultivé en Colombie Britannique, Canada, 1967. — (24) HANSEN, N. J., and McCOMB, A. L.: Growth of Planted Green Ash, Black Walnut, and other Species in Relation to Observable Soil-Site Characteristics in Southeastern Iowa. J. Forest. 56: 473—480 (1958). — (25) HOLCH, A. E.: Development of Roots and Shoots of Certain Deciduous tree Seedlings in Different Forest Sites. Ecology 12: 259—298 (1931). — (26) IL'IN, S. G.: (L'effet de la nutrition minérale sur la croissance des semis d'arbres ornementaux). (en russe). Nauch. Dokl. Vyssh. Shkoly, Biol. Nauk 4: 140—146 (1959). — (27) JOLY DE LOTBINIÈRE, E.: Extracts pertaining to his Black Walnut plantations. For. Chron. 11: 81—91 (1935). — (28) JOLY DE LOTBINIÈRE, H.: Recueil de notes. La Seigneurie de Lotbinière, Leclerville, Québec, 14 pp., 1874—1882. — (29) KALM, P.: Norr-Americanas svarta Valnöt-tradets egenskaper och nyatta. Kungl. Vetenskaps Akademiens Handlingar, 28: 51—64. Traduction anglaise dans Agr. History, 16, no. 3, 1942. — (30) KELLOGG, L. F.: Site index curves for plantation Black Walnut. Central States Region. U. S. For. Serv. Cent. States Forest Exp. Sta., Sta. Note 35, 3 pp., 1939. — (31) KENNETH, L., et al.: Timber resources. In Black Walnut Culture, North Central For. Exp. Sta., U.S.D.A. For. Serv., 1966: 6—12. — (32) KUJALA, V.: Waldvegetationsuntersuchungen in Kanada mit besonderer Berücksichtigung der Anbaumöglichkeiten Kanadischer Holzarten auf natürlichen Waldböden in Finnland. Ann. Acad. Scient. Fenn., A 4 (7): 1—434 (1945). — (33) KUZNETSOV, P. V.: (L'effet de fertilisants et d'irrigation sur la croissance et la résistance au froid de *Juglans regia*). (en russe). Les. Khoz. 12 (7): 77 (1959). — (34) LADEFOGED, K.: The Periodicity of Wood Formation. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biol. Skr. 7, no. 3, 98 pp. (1952). — (35) LANGLET, O.: Studier over tallens fysiologiska variabilitet och dess samband med klimatet. Ett bidrag till kännedomen om tallens ekotyper. (Studien über die physiologische Variabilität der Kiefer und deren Zusammenhang mit dem Klima. Beiträge zur Kenntnis der Ökotypen von *Pinus sylvestris* L.). Meddel. från Statens skogsöförsöksanst. 29 (4): 219—470 (1963). (U. S. Forest Service translation No. 239, 1937, 1—87). — (36) LANGLET, O.: Ecological variability and taxonomy of forest trees. In T. T. KOZLOWSKI: Tree Growth: 357—368, Ronald Press Co., New York, 1962. — (36) LARSEN, C.: Genetics in silviculture. Oliver and Boyd, London, 1956, 220 pp. — (38) MCKNIGHT, J. S.: Hardwood silviculture in Tomorrow's Southern Forest. Proc. Seventh Southern Conference on Forest Tree Improvement Miss., 1963: 9—12. — (39) MINCKLER, LÉON S.: Plantation survival as related to soil type, aspect and growing season. Jour. Forestry 39: 26—29 (1941). — (40) PARROT, L.: Les provenances et leur intérêt dans le reboisement: Application au noyer noir. Texte de conférence, 48e congrès annuel, la Corporation des Ing. Forestiers, Prov. de Québec, 8 pp., 1968. — (41) PARROT, L.: La nécessité d'un programme d'amélioration de certaines essences forestières feuillues: applications aux genres *Juglans* et *Acer*. For. Chron. 45 (6): 386—392 (1969). — (42) PLAISTED, R. L.: A shorter method for evaluation the ability of selections to yield consistently over locations. Am. Potato J. 37: 166—172 (1960). — (43) PRYOR, L. D.: Selecting and breeding for cold resistance in *Eucalyptus*. Silvae Genetica 6: 98—108 (1957). — (44) RITCHIE, F.: Nut farming north. Family Herald, No. 19, 20—21 (1962). — (45) SAKAI, A.: A method of testing the survival of the twig. Low Temp. Sci. Ser. B 13: 39—43 (1955). — (46) SAKAI, A.: A method of determining the degree of frost hardness in highly hardy plants. Nature 206: 1064 (1965). — (47) SAKAI, A.: Studies of frost hardness in woody plants. II. Effect of temperature on hardening. Plant Physiol. 41: 353—359 (1966). — (48) SCHWARZ, H.: Die Standorts- und Bestandesverhältnisse von *Juglans nigra* L. in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiete in Ostamerika. Centralb. f. d. ges. Forstwesen 57: 1—12 (1931). — (49) SERR, E. F.: Nutritional deficiencies in California Walnuts. Calif. Agr. Exp. Sta. Leafl. 137, 12 pp., 1961. — (50) SIKAI, A.: (Le système radiculaire de *Juglans nigra*). (en tchèque). Sb. Cs. Akad. Zemedel. Vest. 5 (3): 267—290 (1959). — (51) STEBBINS, G. L.: Variation and evolution in plants. Columbia University Press, New York, 643 pp., 1950. — (52) THOMSON, G. W.: Growth of plantation Black Walnut in Southeastern Iowa as Related to Certain Soil Properties. Iowa State Coll. J. Sci. 31 (3): 534—535 (1957). — (53) THOMSON, G. W., and McCOMB, A. L.: Growth of Plantation Black Walnut in Relation to pH and Certain chemical Factors of the Soil. Forest Sci. 8: 322—333 (1962). — (54) THORNTWTAITE, C. W.: An approach toward a national classification of climate. Geogr. Rev. 38 (1): 55—94 (1948). — (55) VILLENEUVE, J. O.: Aperçu climatique du Québec. Ministère des Terres et Forêts, Qué., Bull. no 10, 1948. — (56) WAKELEY, P. C.: How far can seed be moved? Inst. For. Genetics, South. For. Exp. Station, U.S.D.A., F.S., New Orleans, La., 1963: 38—43. — (57) WILDE, S. A.: Soil Reaction in Relation to Forestry and its Determination by Simple Tests. J. For. 32: 415 (1934). — (58) WRIGHT, J. W.: Preliminary report on a study of races in black walnut. Jour. For. 52: 673—675 (1954). — (59) WRIGHT, J. W.: Aspects génétiques de l'amélioration des arbres forestiers. FAO, 16, 424 pp., 1963. — (60) WRIGHT, J. W.: Breeding better timber varieties. In Black Walnut Culture, North Central For. Exp. Sta., U.S.D.A. For. Serv., 1966: 53—57.