

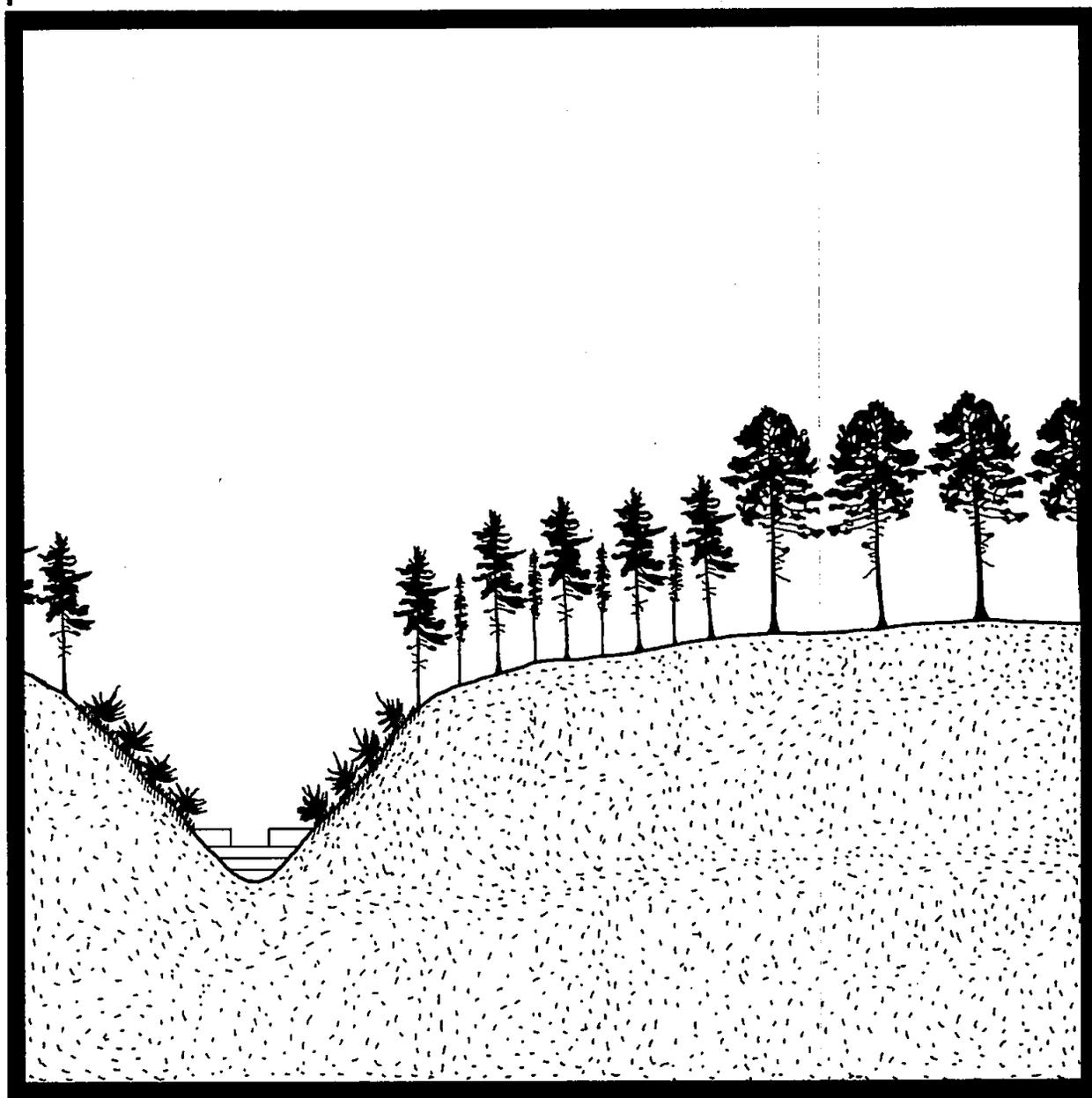


GOUVERNEMENT DU QUÉBEC  
MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS  
DIRECTION GÉNÉRALE DES FORÊTS  
SERVICE DE LA RECHERCHE

MÉMOIRE N° 15  
1973

# TRAITEMENTS SYLVICOLES APPLIQUÉS DANS DES PLANTATIONS EFFECTUÉES SUR DUNES À SAINT-CLET ET SAINT-LAZARE, COMTÉ DE VAUDREUIL-SOULANGES

par Carol La Barre et Jean-Marc Veilleux



JEAN-MARC VEILLEUX est à l'emploi du ministère des Terres et Forêts du Québec depuis 8 ans. Après avoir obtenu son diplôme de bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval en 1965, il a débuté sa carrière à la division des sols de l'ancien Bureau de sylviculture et de botanique. Puis il est passé au Service de la recherche lors de sa formation en 1967, à titre de chargé de recherche en fertilité et reboisement.

CAROL LABARRE est bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval depuis 1969. La même année sa carrière débuta à la Division de sylviculture du Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts à titre de chargé de recherche en reboisement. En 1973, il passa à la Division de l'aménagement de ce Service.

---

TRAITEMENTS SYLVICOLES APPLIQUÉS  
DANS DES PLANTATIONS EFFECTUÉES SUR DUNES  
À  
SAINT-CLET ET SAINT-LAZARE, COMTÉ DE VAUDREUIL-SOULANGES

par

CAROL LABARRE ET JEAN-MARC VEILLEUX

MÉMOIRE N<sup>o</sup> 15

SERVICE DE LA RECHERCHE  
DIRECTION GÉNÉRALE DES FORÊTS  
MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS DU QUÉBEC

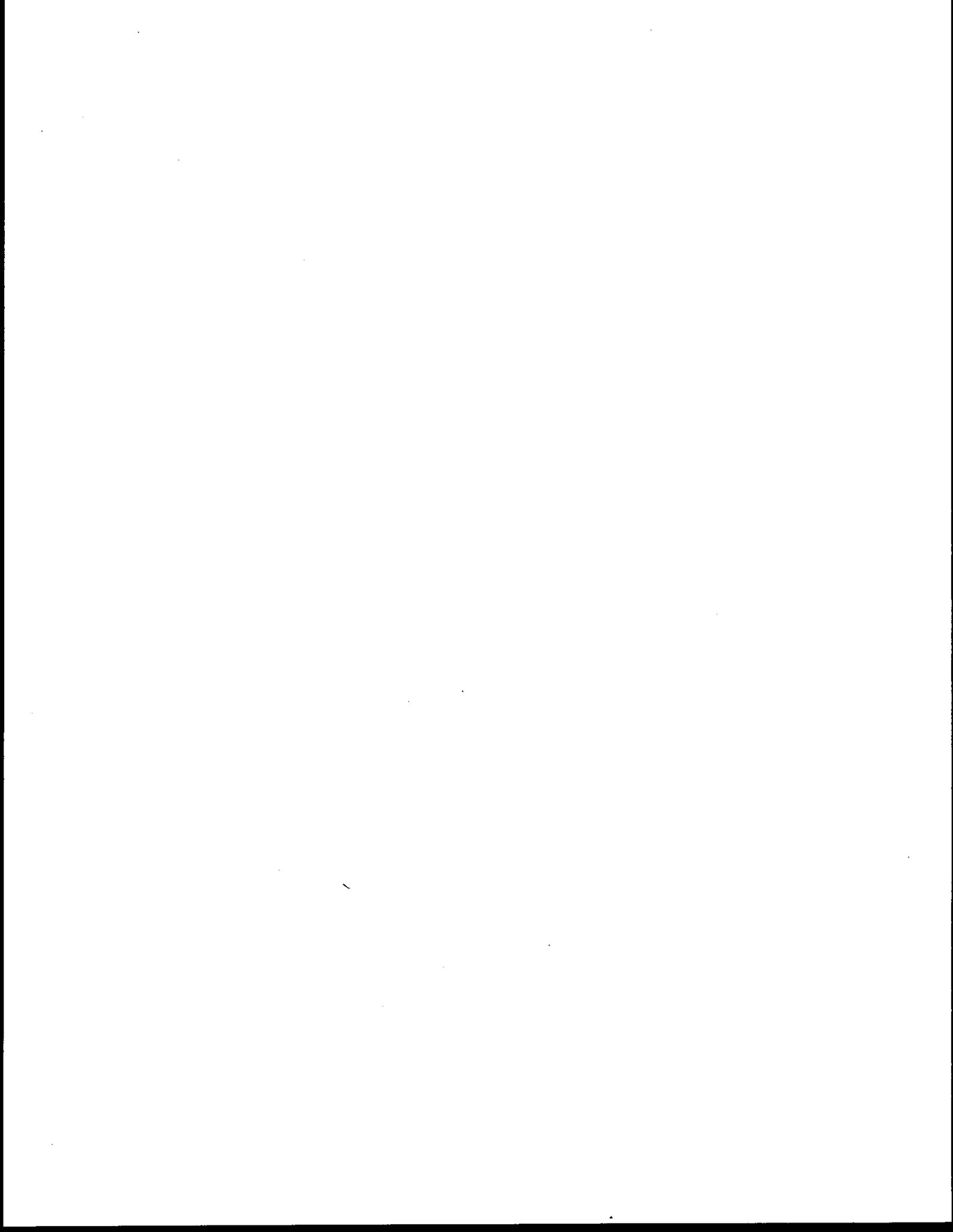
1973

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

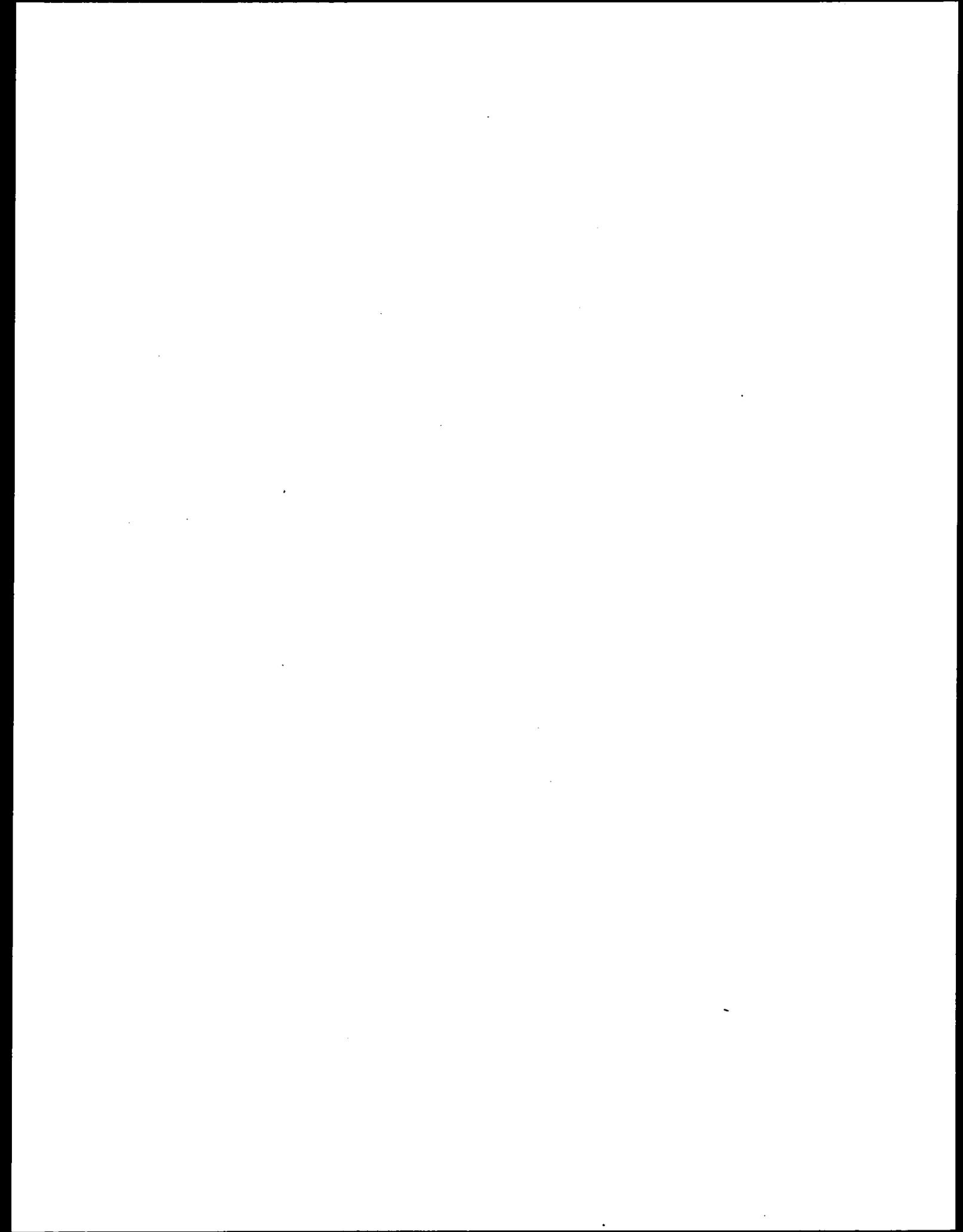
## RÉSUMÉ

Le reboisement de dunes en vue d'enrayer l'érosion éolienne et fluviale s'avère efficace. Cependant, à cause de la pauvre fertilité des sables, la croissance est lente particulièrement chez les épinettes alors que celle du pin blanc et du pin rouge semble meilleure. Parce que la texture du sol est trop légère et que sa structure est inadéquate, l'application des fertilisants chimiques ne donne pas les résultats escomptés; il est préférable d'utiliser les engrais organiques pour améliorer les propriétés physico-chimiques des sols. Des travaux d'éclaircie et d'élagage améliorent légèrement la croissance du pin blanc. Le pin rouge planté à découvert démontre une croissance nettement supérieure à celui planté en sous-étage.



## SUMMARY

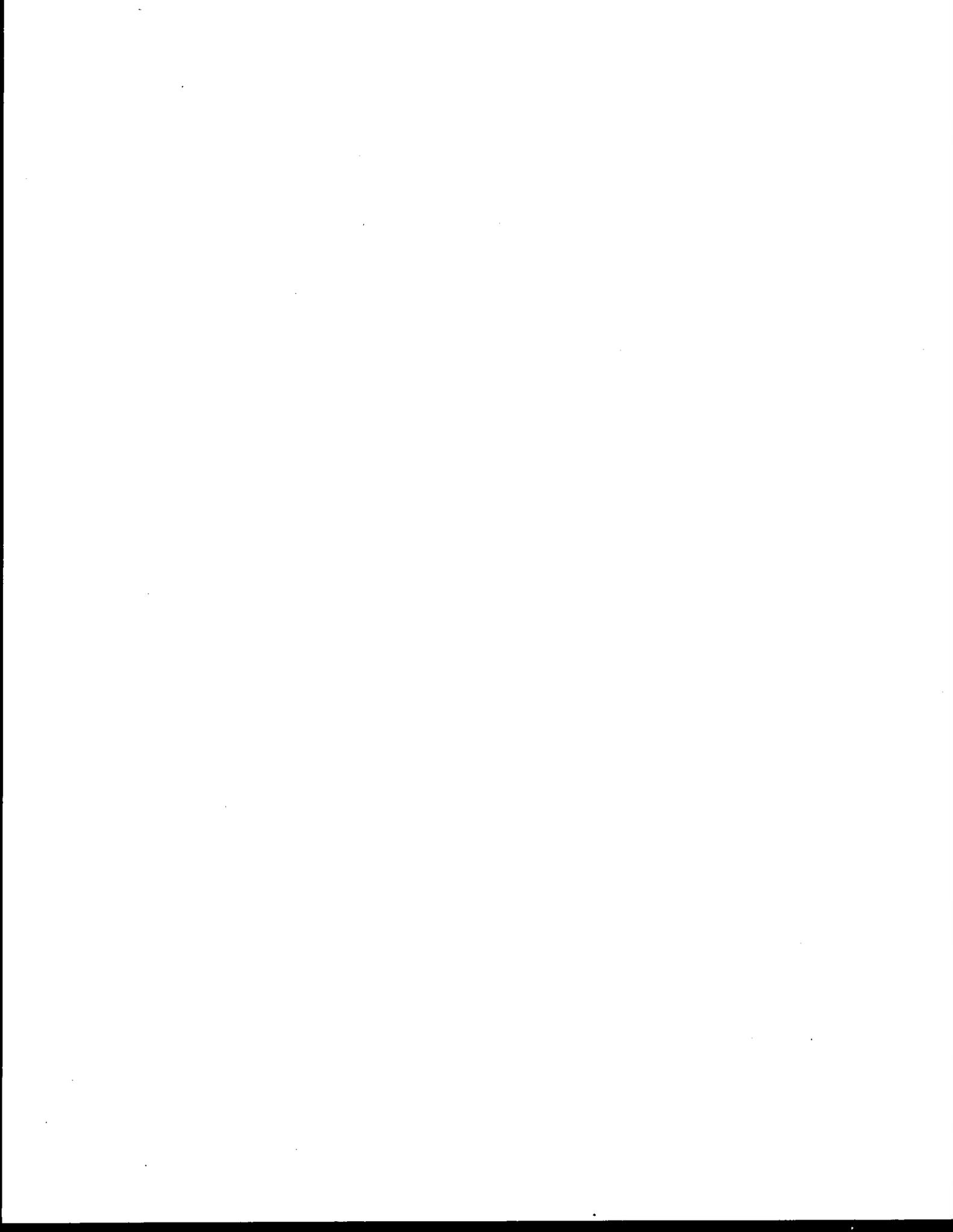
The reforestation of sand dunes to stop eolian and fluvial erosion was successful. However, the growth of spruces is particularly slow because of the poor fertility of soils. Planted white and red pines have a better growth. Because of the poor physical properties of soils, organic fertilizers should be used instead of chemical ones. The growth of white pine is better after thinning and pruning. Released red pines grow faster than the underplanted ones.



## REMERCIEMENTS

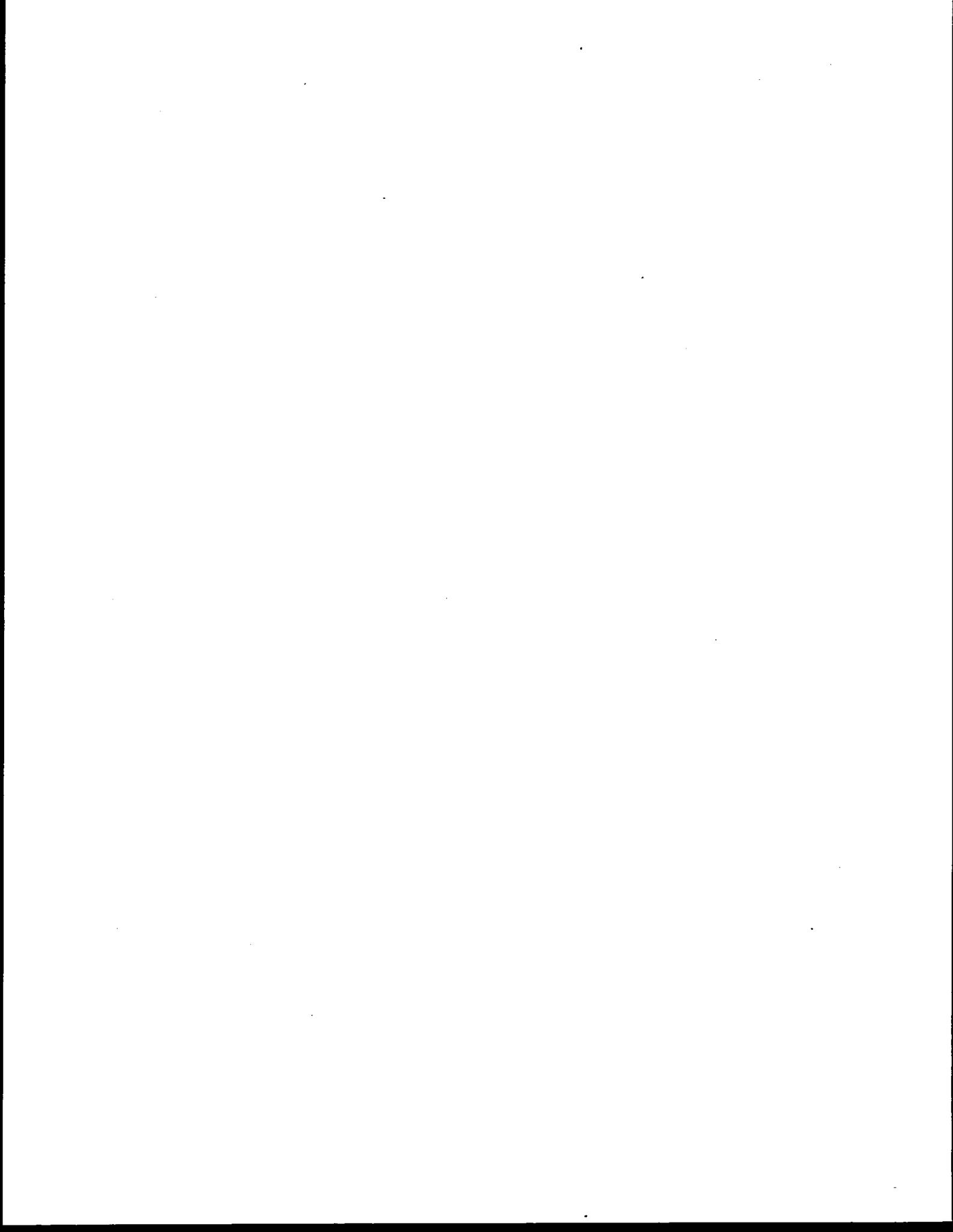
Les auteurs désirent remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation du présent travail. Mentionnons messieurs Roch Delisle, ing.f., Jean Smith, ing.f., Raymond Bergeron, ing.f., et Roger Dugas, ing.f. qui nous ont fourni l'information concernant les différents projets.

Nous tenons aussi à exprimer notre gratitude à messieurs Yvon Richard, ing.f., m.scf., Ph.D., et Mario Ménard, ing.f., pour la précieuse collaboration qu'ils ont apportée lors de l'interprétation des résultats ainsi qu'à monsieur Yvon Lévesque, tech. f., qui a effectué le fastidieux travail de la compilation des données.



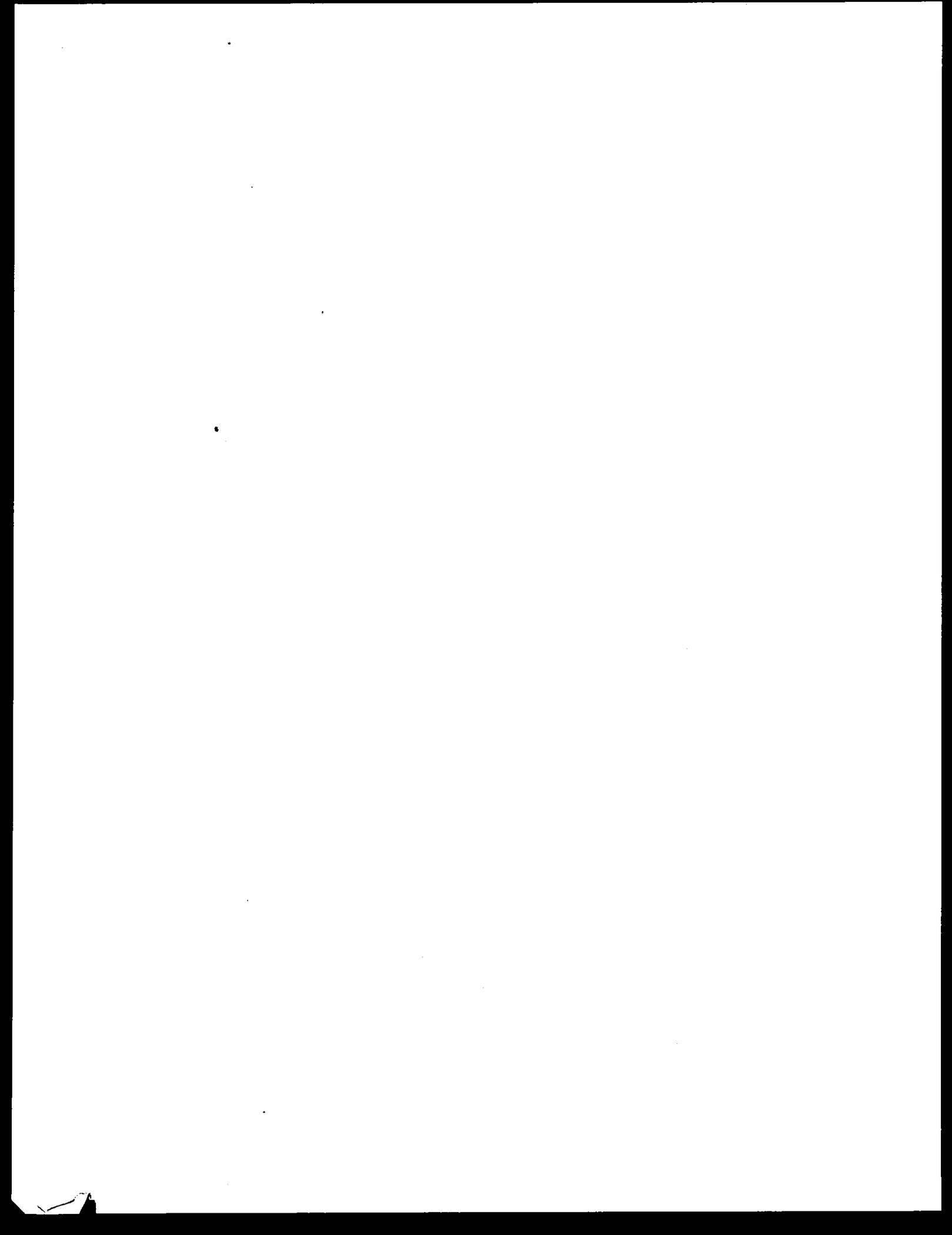
## TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ. . . . .	iii
SUMMARY . . . . .	v
REMERCIEMENTS . . . . .	vii
TABLE DES MATIÈRES. . . . .	ix
LISTE DES TABLEAUX. . . . .	xi
LISTE DES FIGURES . . . . .	xiii
INTRODUCTION. . . . .	1
HISTORIQUE. . . . .	5
DESCRIPTION DU MILIEU . . . . .	11
RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES SYLVICOLES. . . . .	15
I - Essais de fertilisation dans une plantation d'épinette noire et d'épinette blanche . . . . .	15
A- Emploi d'engrais chimiques (1955) . . . . .	15
B- Premier essai d'engrais organiques (1959) . . . . .	20
C- Deuxième essai d'engrais organiques (1964). . . . .	25
II- Essais d'élagage et d'éclaircie dans la plantation de pin blanc et d'épinettes . . . . .	28
III- Plantation de pin rouge sous un peuplement de peuplier faux-tremble éclairci ou coupé à blanc . . . . .	29
IV- Etudes supplémentaires . . . . .	34
CONCLUSION. . . . .	37
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	41



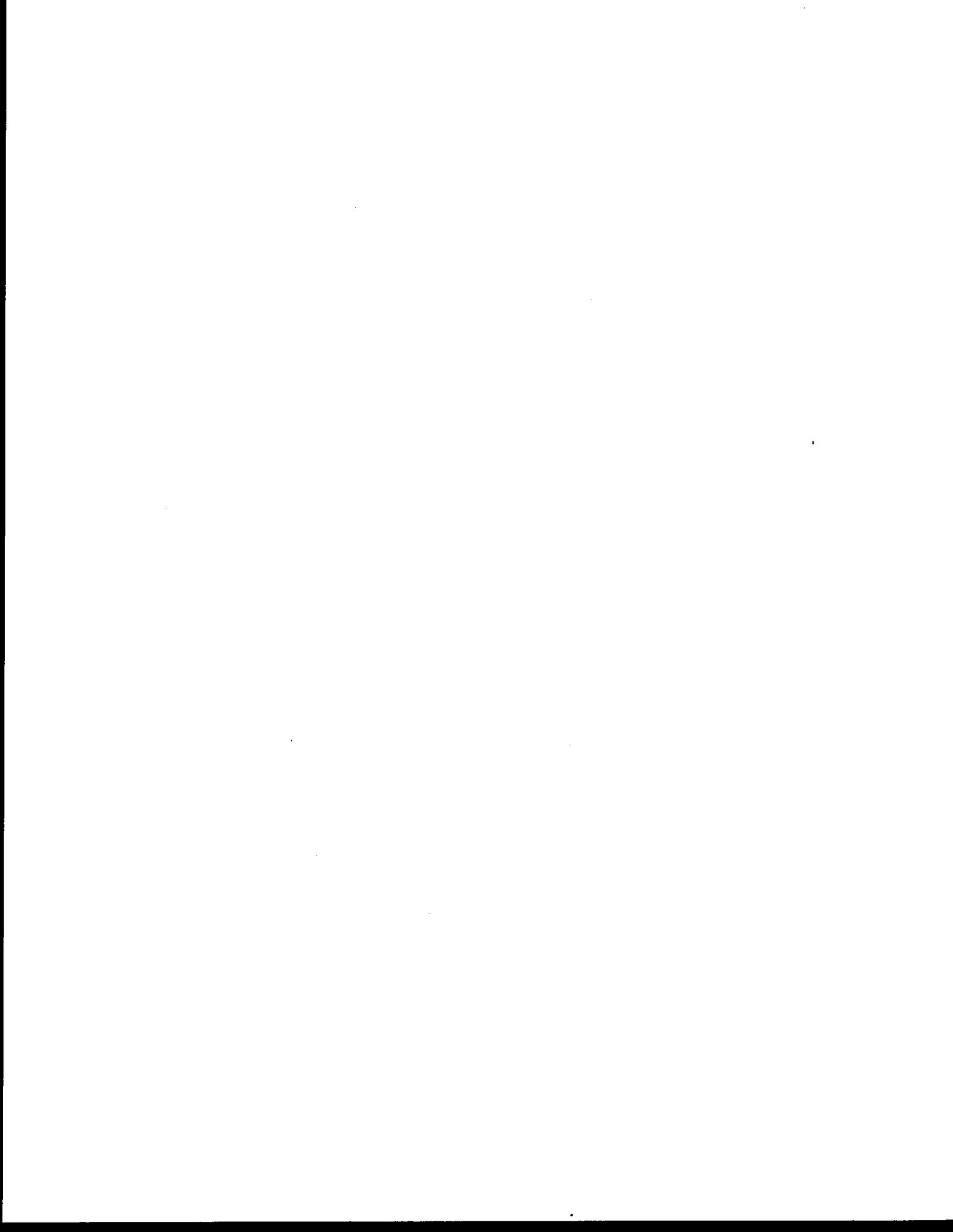
## LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	Caractéristiques des parcelles fertilisées en 1955. (Application d'engrais chimiques) . . . . .	19
2	Caractéristiques des parcelles fertilisées en 1959. (Application d'engrais organiques) . . . . .	22
3	Résultats des analyses chimiques des sols des parcelles fertilisées en 1959. . . . .	23
4	Résultats des analyses chimiques des échantillons foliaires des parcelles fertilisées en 1959. . . . .	24
5	Caractéristiques des parcelles fertilisées en 1964. (Application d'engrais organiques) . . . . .	27
6	Caractéristiques de la plantation de pin blanc élaguée et éclaircie en 1959 . . . . .	30
7	Caractéristiques de la plantation de pin rouge de 1962 (plantée sous couvert de peuplier faux-tremble) .	32
8	Comparaisons des rendements des différentes essences plantées sur dunes (aucun traitement - mesures effec- tuées en 1969). . . . .	35



## LISTE DES FIGURES

Figure		Page
I	Barrage érigé à la tête du ravin Saureault. . . . .	7
II	Pierrailles recouvrant le fond du ravin . . . . .	7
III	Petit barrage rudimentaire élevé pour ralentir l'écoulement de l'eau. . . . .	8
IV	La terrasse sableuse de Saint-Lazare . . . . .	8
V	Aperçu d'une partie de la plantation déficiente d'épinette à l'âge de 40 ans . . . . .	16
VI	Plantation de pin blanc dans laquelle les arbres morts, malades ou supprimés ont été enlevés . . . . .	16
VII	La plantation de pin rouge n'occupe que quelques acres sur la superficie des dunes de Saint-Clet et de Saint-Lazare. . . . .	17
VIII	Rendements comparés de l'épinette blanche (avant- plan) et du pin rouge (arrière-plan) plantés en 1965, à partir de semis d'âge 2-2. . . . .	17
IX	Croissance en hauteur des semis de pin rouge sous couvert de peuplier faux-tremble éclairci ou coupé à blanc. . . . .	33



## INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, divers travaux sylvicoles sont expérimentés afin d'améliorer le rendement des forêts québécoises. Malgré la diversité des stations reboisées, des essences utilisées et des traitements appliqués, les résultats obtenus, avantageux ou non, présentent toujours un certain intérêt pour l'aménagiste forestier.

Parmi les projets les plus anciens au Québec, le reboisement des dunes situées dans les paroisses de Saint-Clet et de Saint-Lazare, comté de Vaudreuil-Soulanges est certainement unique en son genre.

Les objectifs immédiats de ces plantations étaient d'arrêter les érosions éolienne et fluviale des sables et de récupérer des terrains devenus improductifs. A l'instar de travaux similaires effectués aux Etats-Unis (Heiberg et Leaf, 1961; Boldt, 1969) et au Chili (King et Kindel, 1969), les résultats de ces reboisements varient en fonction des essences utilisées, de la fertilité de la station reboisée et des soins apportés aux jeunes plantations. Plusieurs auteurs ont observé, après

quelques années de plantation, l'apparition au niveau du feuillage, de symptômes chlorotiques et parfois de nécroses attribuables à la pauvreté des sols. Dans ces conditions, la croissance des tiges est relativement faible.

Face au problème évident de carences et afin d'améliorer le rendement et la croissance des plantations de Saint-Clet et de Saint-Lazare, les responsables de l'ancien Bureau de sylviculture et de botanique du ministère des Terres et Forêts du Québec, ont expérimenté différents traitements sylvicoles, tels que:

I-. Epandage d'engrais chimiques et organiques dans les plantations d'épinette blanche et d'épinette noire.

- a) Emploi d'engrais chimiques en 1955.
- b) Emploi d'engrais organiques en 1959.
- c) Emploi d'engrais organiques en 1964.

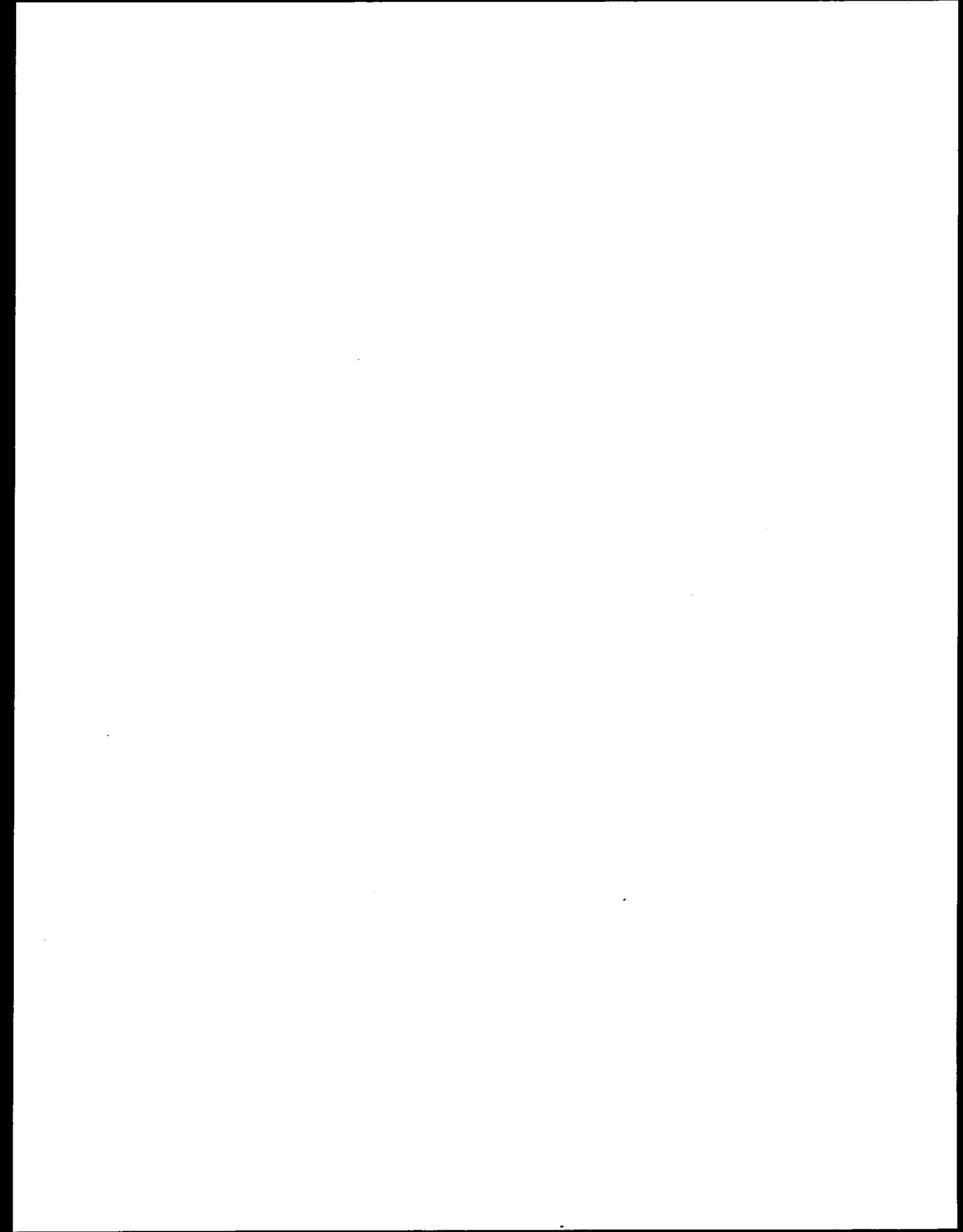
II-. Elagage artificiel et éclaircie dans une plantation mixte de pin et d'épinettes.

III-. Plantation de pin rouge sous un peuplement de peuplier faux-tremble éclairci à diverses intensités.

Pour chacun de ces projets, des places de contrôle ont été établies afin d'étudier les effets des divers traitements sur les plantations.

Le présent rapport décrit les différents travaux ainsi que les résultats obtenus. En dernière partie, nous présentons une étude

comparative sur le rendement des principales essences résineuses plantées  
sur les dunes.



## HISTORIQUE<sup>1</sup>

La terrasse sableuse de Saint-Lazare, sur laquelle ont été effectués les travaux sylvicoles, s'est formée aux premiers stades de récession de la mer Champlain. Après son émergence des eaux, la terrasse se dote d'un système de drainage avec la formation des coulées Leclerc, Lafrance et Saureault. A ce stade d'organisation hydrologique succède graduellement une période de repos pendant laquelle des essences forestières colonisent le territoire. Au XIX<sup>e</sup> siècle, la forêt se compose, semble-t-il, de pin blanc, de pin rouge, de pruche du Canada, de bouleau jaune et d'érable à sucre. Vers 1850, débute l'exploitation de ces peuplements par les frères Gillies qui possèdent un moulin de sciage dans cette région. Ensuite c'est le défrichement et, à mesure que les champs s'agrandissent, le coup d'eau de la fonte des neiges augmente et le sol doit finalement céder vers 1909. A ce moment-là, le ravinement printanier des coulées devient important et l'affouillement atteint son maximum

---

<sup>1</sup> Tiré de *Correction de ravins*, par R. Delisle, 1944.

d'intensité vers 1922. Ces saisons-là, des milliers de verges cubes de sable arrachées à la terrasse viennent remplir les fossés d'irrigation pour se répandre ensuite sur les terrains en culture et s'y déposer sur une épaisseur de 4 à 7 pouces (10 à 18 cm).

Devant l'importance des dommages causés aux propriétés et afin d'enrayer l'érosion, les municipalités de Saint-Clet et de Saint-Lazare sollicitent l'aide du gouvernement de la province de Québec. Celui-ci accepte, à la condition que les organismes municipaux obtiennent un titre de propriété absolue de la partie sud du plateau, sur laquelle s'effectueront différents travaux de correction des ravins selon une méthode française ainsi que des travaux de reboisement. La superficie visée couvre près d'un mille carré (26 km<sup>2</sup>).

Au cours de l'été 1929, l'achat des terrains est complété et les opérations débutent à l'automne de la même année. La correction des ravins se fait au moyen de terrassements exécutés en vue d'assurer un bon angle de repos à la partie supérieure des berges, à l'aide de barrages de branches lacées entre trois rangs de pieux et au moyen de treillages constitués également de branches et disposés en diagonale sur les flancs des ravins. Ces méthodes sont utilisées dans tous les ravins à l'exception du ravin Saureault qui reçoit une attention spéciale, parce que c'est lui qui déverse le plus de sable lors des crues du printemps. De 1934 à 1939, la correction de ce dernier ravin est effectuée en recouvrant de pierres le fond et les berges de la tranchée, sur une longueur de 450 pieds (137 m). Dans une deuxième section, longue de 730 pieds (222 m), 13 barrages à 3 pieds (1 m) de hauteur sont construits, une couche de branches, recouverte de pierrailles, est déposée sur le lit



Figure I Barrage érigé à la tête du ravin Saureault.



Figure II Pierrailles recouvrant le fond du ravin.

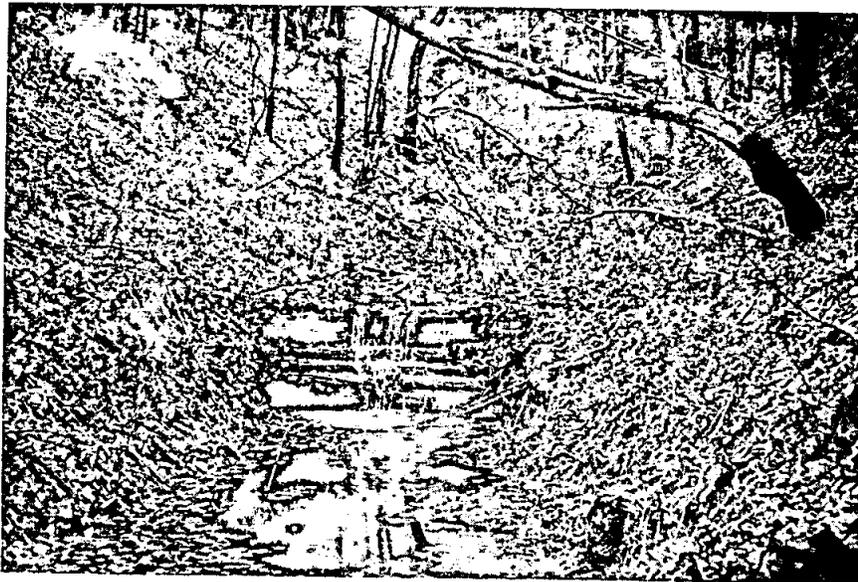


Figure III Petit barrage rudimentaire élevé pour ralentir l'écoulement de l'eau

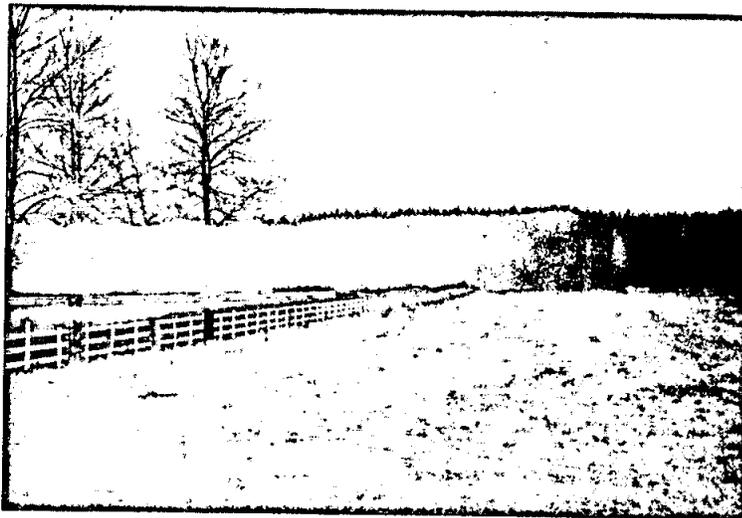


Figure IV La terrasse sableuse de Saint-Lazare (arrière-plan)

et le pied des berges est gazonné sur une hauteur de 3 pieds (1 m).

Dans la troisième partie du ravin, de petits barrages rudimentaires sont élevés et le fond est recouvert d'un tapis de pierrailles tandis que de la paille ou des déchets forestiers étendus sur les versants de ces berges sont fixés à l'aide de longerons.

Le reboisement débute au printemps de 1930 avec quelque 20 000 semis de pin Mugho, d'épinette blanche et d'épinette noire plantés dans le fond des ravins corrigés, sur leurs berges et sur le pourtour de celles-ci; quant au plateau, il est reboisé en pin blanc avec un espacement de 6 pieds par 6 pieds (2 m x 2 m). L'année suivante, cet intervalle est réduit à 3 pieds par 6 pieds (1 m x 2 m), en bordure du plateau, afin de diminuer les dangers d'ensablement et d'érosion. Au cours de cette décennie, un peu plus de 1 300 000 semis sont plantés, principalement de l'épinette blanche, de l'épinette noire et du pin blanc. D'autres essences comme le pin rouge, l'épinette de Norvège, le pin Mugho et quelques chênes à gros fruits couvrent des superficies plus ou moins restreintes du plateau.

Une vingtaine d'années plus tard, le ministère des Terres et Forêts par l'entremise de l'ancien Bureau de sylviculture et de botanique, alors sous la direction de monsieur Jean Smith, ing.f., entreprend les travaux sylvicoles précités et la plantation des aires dénudées avec le pin rouge, essence qui démontre la performance la plus intéressante dans la plantation originale.

Dans les plantations de pin blanc, en plus de l'élagage et de l'éclaircie, messieurs Jean Smith et Raymond Bergeron préconisent l'éradication des gadeliers et des groseilliers afin d'enrayer la propagation de la rouille vésiculeuse du pin blanc.

A l'automne 1969, la direction du Service de la recherche nous a confié la tâche de compiler et d'analyser les résultats des différentes expériences réalisées à Saint-Clet et Saint-Lazare et d'en produire un rapport.

## DESCRIPTION DU MILIEU

La réserve forestière de Saint-Clet, Saint-Lazare est située entre les deux paroisses du même nom dans le comté de Vaudreuil-Soulanges, à environ 25 milles (40 km) à l'ouest de la ville de Montréal. Ses coordonnées géographiques sont 45° 25' de latitude nord et 74° 10' de longitude ouest. D'après la classification de Rowe (1959), cette région s'intègre dans la section du Haut-Saint-Laurent (L.2) de la région forestière des Grands-Lacs-et-du-Saint-Laurent.

Le territoire concerné possède un climat humide tempéré. D'après les observations quotidiennes de la station météorologique Les Cèdres, située à quelques milles de là, près du fleuve Saint-Laurent, la température moyenne quotidienne est de 15°F (-9°C) en janvier et de 70°F (21°C) en juillet. La précipitation totale annuelle moyenne est de 36 pouces (91 cm) dont 9 pouces (23 cm) sont sous forme de neige (Ville-neuve, 1967). La saison de végétation varie de 180 à 200 jours (Anon., 1957).

La formation géologique du territoire date de l'ère paléozoïque dans la période du cambrien et se compose de grès du groupe de Postdam (Dresser et Denis, 1946). D'après ces derniers, les sables du plateau de Saint-Lazare recouvrant ce grès de Postdam ont été déposés aux premiers stades de régression de la mer Champlain. Ces dépôts de sable profonds et poreux n'ont probablement supporté qu'une végétation très peu dense pendant quelque temps de sorte que le vent a pu les remanier. La partie du plateau où se situent les plantations, d'une superficie d'un mille carré (259 ha), se classe dans la série "uplands" qui est formée de sable gris moyen à fin. Etant donné la nature ouverte et poreuse de ce sable, le sol est très bien drainé (NSSC: 1) et la nappe phréatique profonde. Au point de vue texture, les sols se classent parmi les sables glaiseux ayant une teneur de 80 à 85 pour 100 en sable et entre 10 et 15 pour 100 d'argile.

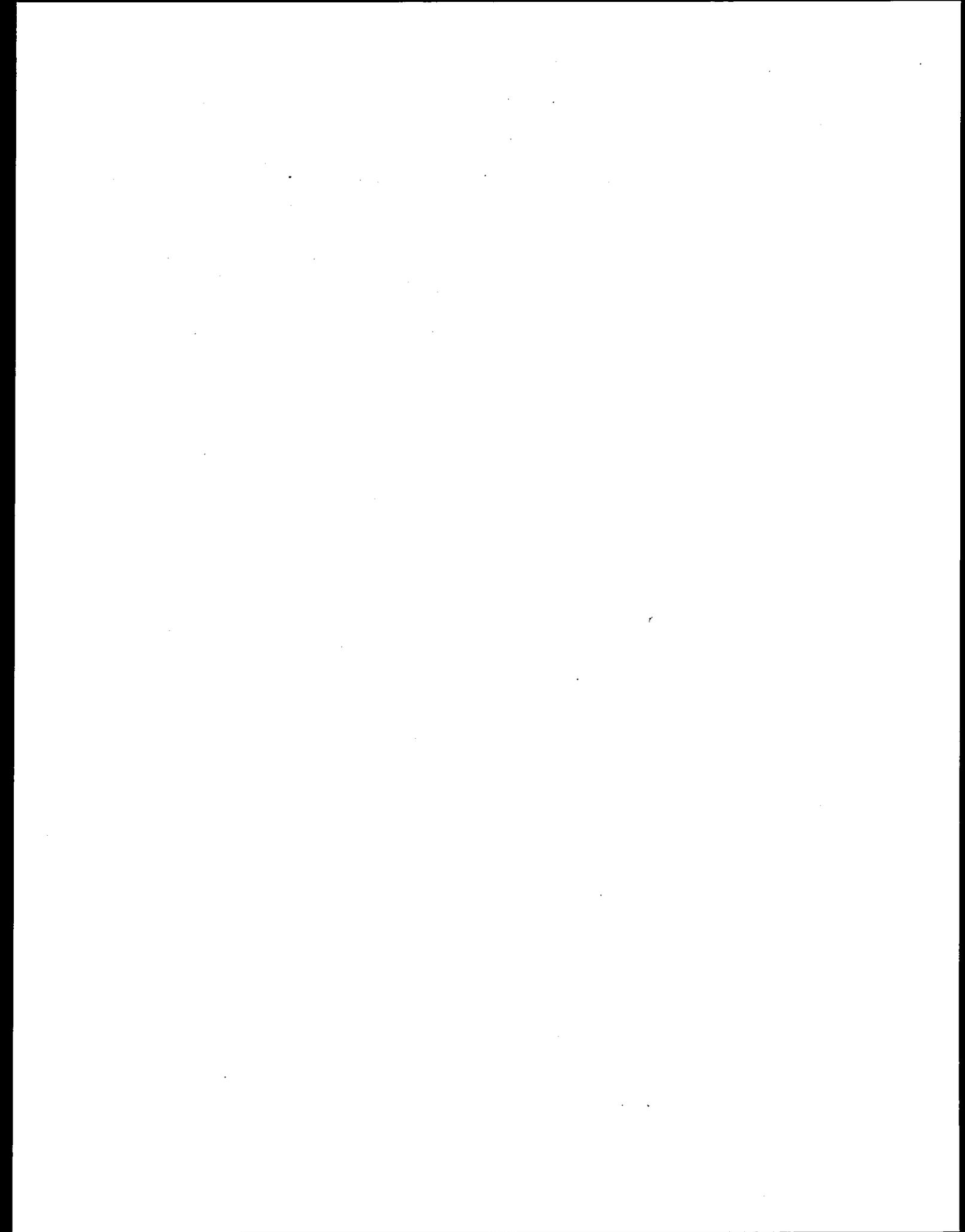
Dans les superficies non érodées, les profils de sol observés présentent une mince couche humifère sur un ancien horizon de culture (Ap). Un podzol typique se développe en dessous. Dans les zones d'érosion se trouve une bonne couche de sol dont l'horizon de culture a été entraîné lors des crues printanières; à ces endroits, le profil est relativement jeune et en voie de développement. Le plateau s'élève à une altitude d'environ 325 pieds (99 m) et sa topographie quoiqu'assez uniforme présente en certains endroits des ravins dus à l'érosion.

A l'exception des plantations, la strate arborescente se compose maintenant de peuplier faux-tremble, bouleau gris, érable rouge, chêne rouge et quelques rémanents telle la pruche du Canada. La strate herbacée, variable selon les peuplements, comprend des airelles à

feuilles étroites et du ptéridium des aigles tandis que la strate muscinale se compose principalement de plages de polytric. D'après Léon Carrier<sup>1</sup>, le pin blanc et le pin rouge en peuplements purs et quelquefois mélangés avec la pruche du Canada peuvent coloniser ces dépôts sableux pour atteindre un stade de pinède blanche à pin rouge dans la sère physiographique de l'érablière à bouleau jaune. Ceci est confirmé par le témoignage des vieux de la région tel que rapporté par R. Delisle en 1944.

---

<sup>1</sup> Communication personnelle.



## RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES SYLVICOLES

### 1- ESSAIS DE FERTILISATION DANS UNE PLANTATION D'ÉPINETTE NOIRE ET D'ÉPINETTE BLANCHE

En 1955, après 20 ans, les plantations d'épinettes de la réserve forestière de Saint-Clet et de Saint-Lazare n'offraient de spectaculaire que des arbres chétifs et chlorosés, ayant un très faible taux de croissance.

Après une constatation de l'état des plantations, les chercheurs du Bureau de sylviculture, dirigés par monsieur Jean Smith, ing.f. ont décidé de les revaloriser par des interventions sylvicoles comprenant des essais de fertilisation.

#### A- EMPLOI D'ENGRAIS CHIMIQUES.

Lors de la première expérience de fertilisation en 1955, des engrais chimiques ont été utilisés.



Figure V- Aperçu d'une  
partie de la  
plantation dé-  
ficiante d'épi-  
nettes à l'âge  
de 40 ans.

Figure VI- Plantation de pin  
blanc légèrement  
éclaircie, dans  
laquelle les arbres  
morts, malades ou  
supprimés ont été  
enlevés.





Figure VII La plantation de pin rouge qui n'occupe que quelques acres sur la superficie des dunes de Saint-Clet et de Saint-Lazare.



Figure VIII Rendements comparés de l'épinette blanche (avant-plan) et du pin rouge (arrière-plan) plantés en 1965, à partir de semis d'âge 2-2.

## 1- Méthodes utilisées.

a) Trois parcelles d'études permanentes de 1 acre (0,4 ha) chacune ont été établies dans la plantation d'épinettes blanche et noire. Dans chacune, les arbres ont été numérotés puis les diamètres à hauteur de poitrine et les hauteurs mesurés et enregistrés.

b) Les taux d'application des engrais ont été les suivants:

place 1955-A: 200 livres à l'acre (224 kg/ha) d'un engrais complet N-P-K (10-10-10) et 50 livres à l'acre (56 kg/ha) de sulfate de magnésium.

place 1955-B: 200 livres à l'acre (224 kg/ha) de muriate de potasse (0-0-50) et 50 livres à l'acre (56 kg/ha) de sulfate d'ammonium.

place 1955-C: témoin.

## 2- Résultats et discussions.

Le tableau 1 présente les principales caractéristiques dendrométriques de chaque parcelle, compilées à la suite des mesurages effectués respectivement en 1955, année de fertilisation et en 1969.

La comparaison de ces caractéristiques démontre qu'au moment de l'établissement du dispositif, les parcelles sont nettement différentes au point de vue du nombre de tiges, du diamètre moyen et, par conséquent, de la surface terrière et du volume total.

Ces différences compliquent l'interprétation des résultats puisque la croissance en diamètre est reliée à la densité et que ces deux variables affectent directement les valeurs de la surface terrière et du volume total. Il est généralement admis que la croissance en hauteur n'est pas reliée à la densité.

Tableau 1

Caractéristiques des parcelles fertilisées en 1955  
(Application d'engrais chimiques)

Caractéristiques	1955-A (10-10-10) + MgSO <sub>4</sub>			1955-B (0-0-50) + MgSO <sub>4</sub>			1955-C témoïn		
	1955	diff. (1)	1969	1955	diff. (1)	1969	1955	diff. (1)	
Nombre total de tiges par acre (2)	Epb	- 304	296	838	- 308	530	1 088	- 521	567
	Epn	- 76	248	438	- 103	335	106	- 24	82
	Total	- 380	544	1 276	- 411	865	1 194	- 545	649
Diamètre moyen po (3)	Epb	+ 2.0	4.0	1.5	+ 1.8	3.3	1.8	+ 1.4	3.2
	Epn	+ 1.5	4.0	2.2	+ 1.4	3.6	2.1	+ 0.9	3.0
Hauteur moyenne pi (4)	Epb	+ 9.4	19.0	7.0	+ 9.0	16.0	9.2	+ 7.8	17.0
	Epn	+ 8.2	20.0	11.3	+ 7.7	19.0	11.2	+ 8.8	20.0
Surface terrière pi <sup>2</sup> /ac (5)	Epb	+15.5	26.0	6.9	+24.2	31.1	16.2	+16.4	32.6
	Epn	+13.5	21.6	8.7	+15.0	23.7	2.1	+ 5.3	7.4
	Total	+29.0	47.6	15.6	+39.2	54.8	18.3	+21.7	40.0
Volume total pi <sup>3</sup> /ac (6)	Epb	+ 200	304	62	+ 268	330	144	+ 189	333
	Epn	+ 164	244	79	+ 190	269	21	+ 61	82
	Total	+ 364	548	141	+ 458	599	165	+ 250	415

(1) Diff. = augmentation ou réduction entre 1955 et 1969

Facteurs correspondants pour le système métrique: (2) 1 ac = 0,405 ha  
 (3) 1 po = 2,54 cm  
 (4) 1 pi = 0,305 m  
 (5) pi<sup>2</sup>/ac = 0,229 m<sup>2</sup>/ha  
 (6) pi<sup>3</sup>/ac = 0,070 m<sup>3</sup>/ha

On ne peut analyser les résultats parce qu'aucun dispositif n'a été fait. Les constatations qui se dégagent du tableau 1 sont que les fertilisants chimiques ont eu un effet minime sur les croissances en diamètre et en hauteur; et qu'il semble que le traitement avec l'engrais complet (N-P-K: 10-10-10) additionné de sulfate de magnésium soit légèrement supérieur. Toutefois, les données de 1969 indiquent que, les différences entre les diamètres moyens des parcelles fertilisées étant négligeables, c'est le nombre de tiges qui favorise une plus grande augmentation de la surface terrière et du volume total dans la parcelle 1955-B. La mortalité a été plus élevée dans le témoin.

#### B- PREMIER ESSAI D'ENGRAIS ORGANIQUES (1959)

En 1959, à la suite des faibles accroissements obtenus par l'application d'engrais minéraux, messieurs Jean Smith et Raymond Bergeron ont utilisé des engrais organiques.

##### 1- Méthodes utilisées.

a) Subdivision de la place d'étude permanente 1955-A en deux parcelles de 0.5 acre (0,2 ha) chacune: 1955-A-I et 1955-A-II.

b) A l'automne 1959, la place 1955-A-I a été fertilisée au taux de 5 000 livres à l'acre (5 600 kg/ha) d'engrais de ferme composé de fumier de vache accumulé au cours de l'été. La parcelle 1955-A-II n'a pas été traitée.

c) Le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale de chaque arbre dans les deux places d'étude ont été mesurés et enregistrés à l'automne de chaque année jusqu'en 1964. Le dernier remesurage remonte à l'automne 1969.

d) Les sols et le feuillage ont été échantillonnés par M. Laurent Marois, en 1962 et en 1964 dans les deux parcelles en vue de leur analyse chimique pour fins d'études comparatives de leur teneur en éléments minéraux.

## 2- Résultats et discussions.

### a) Mesures dendrométriques.

Le tableau 2 présente les différentes caractéristiques qui, au moment de l'établissement du dispositif, sauf pour la répartition des essences, sont sensiblement les mêmes pour l'ensemble des deux places.

Entre 1959 et 1969, le taux de mortalité a été sensiblement le même, soit environ 20 pour 100. Les croissances en diamètre et en hauteur sont nettement supérieures dans la place traitée. Conséquemment, la surface terrière et le volume total de la parcelle fertilisée ont plus que doublé tandis que ceux de la place témoin passaient de 26.7 à 47.6 pieds carrés à l'acre (6,1 à 10,9 m<sup>2</sup>/ha) pour la surface terrière et de 264 à 548 pieds cubes à l'acre (18,5 à 38,3 m<sup>3</sup>/ha) pour le volume.

### b) Analyses chimiques des sols et des tissus foliaires

Le tableau 3 montre les résultats des analyses chimiques effectuées sur les sols prélevés en 1962 et en 1964 dans chacune des parcelles tandis que les données sur les analyses foliaires pour les mêmes années d'échantillonnage sont présentées au tableau 4.

Au niveau des sols, l'apport d'engrais organiques a amélioré, dans la litière, les teneurs en matière organique, en azote total, en

Tableau 2

Caractéristiques des parcelles fertilisées en 1959.  
(Application d'engrais organiques)

Caractéristiques	1955-A-I (fertilisée)		1955-A-II (témoin)	
	1959	diff. (1)	1959	diff. (1)
Nombre total de tiges par acre (2)	Epb	- 116	392	- 96
	Epn	- 38	302	- 54
	Total	- 154	694	- 150
Diamètre moyen po (3)	Epb	+ 2.3	2.6	+ 1.4
	Epn	+ 1.2	3.0	+ 1.0
Hauteur moyenne pi (4)	Epb	+ 10	13	+ 6
	Epn	+ 8	16	+ 4
Surface terrière pi <sup>2</sup> /ac (5)	Epb	+35.7	13.2	+12.8
	Epn	+ 4.6	13.5	+ 8.1
	Total	+40.3	26.7	+20.9
Volume total pi <sup>3</sup> /ac (6)	Epb	+ 535	127	+177
	Epn	+ 63	137	+107
	Total	+ 598	264	+284

(1) Diff. = augmentation ou réduction entre 1959 et 1969.

Facteurs correspondants pour le système métrique: (2) 1 ac = 0,405 ha  
 (3) 1 po = 2,54 cm  
 (4) 1 pi = 0,305 m  
 (5) pi<sup>2</sup>/ac = 0,229 m<sup>2</sup>/ha  
 (6) pi<sup>3</sup>/ac = 0,070 m<sup>3</sup>/ha

Tableau 3

Résultats des analyses chimiques des sols des parcelles fertilisées en 1959.  
échantillonnages 1962 et 1964.

Elements analysés	Litière (L)								B- supérieur			
	1962 (1)		1964 (2)		1962 (1)		1964 (2)		1962 (1)		1964 (2)	
	A-I (3)	A-II (4)	A-I	A-II	A-I	A-II	A-I	A-II	A-I	A-II	A-I	A-II
pH	5.5	5.0	5.4	5.0	5.3	5.0	5.4	5.0	5.3	4.8	5.2	4.8
M.O. p. 100	57.45	84.24	45.65	84.24	3.15	65.41	45.65	65.41	3.15	2.82	3.12	2.96
N total p. 100	1.43	1.46	1.58	1.46	0.08	1.12	1.58	1.12	0.08	0.08	0.10	0.09
C/N	23	34	17	34	21	35	17	35	21	21	19	20
P disp. (ppm)	82.8	40.3	115.0	40.3	27.0	94.0	115.0	94.0	27.0	13.5	31.0	19.0
Cations minéraux échangeables m. é. / 100 g	K	1.66	1.89	1.27	0.31	2.08	1.27	2.08	0.31	0.21	0.13	0.13
	Mg	6.60	4.07	10.31	4.07	0.64	3.32	10.31	0.64	0.49	0.36	0.11
	Mn	0.32	0.63	0.48	0.63	tr.	0.83	0.48	tr.	tr.	tr.	tr.
	Ca	16.27	14.31	71.40	14.31	1.56	37.05	71.40	1.56	0.84	3.62	2.72
	Na	0.92	0.90	1.16	0.90	0.34	0.92	1.16	0.34	0.35	0.34	0.34
	Fe	0.08	0.076	0.10	0.076	0.03	0.10	0.10	0.03	0.029	0.03	0.03
Total	25.85	21.88	84.72	21.88	2.88	44.30	84.72	44.30	2.88	1.92	4.48	3.34
Hydr. éch. m.é./100 g	34.46	5.37	23.75	5.37	9.46	37.97	23.75	37.97	9.46	1.58	4.79	6.28
Cap. éch. m.é./100 g	60.31	27.25	108.47	27.25	12.34	82.27	108.47	82.27	12.34	3.49	9.27	9.62
Sat. en bases p. 100	43.7	79.0	78.1	79.0	25.0	53.8	78.1	53.8	25.0	53.1	48.3	34.6

- (1) Moyennes de 8 profils
- (2) Moyennes de 5 profils
- (3) A-I: parcelle fertilisée
- (4) A-II: parcelle témoin.

Tableau 4

Résultats des analyses chimiques des échantillons  
foliaires des parcelles fertilisées en 1959. Epi-  
nette blanche - aiguilles de l'année courante -  
1962 et 1964

Cations (ppm)	1955-A-I (fertilisé)		1955-A-II (témoin)	
	1962 (1)	1964 (2)	1962 (1)	1964 (3)
Fe	102	105	80	115
Mg	1 545	1 384	1 362	1 336
Mn	100	159	415	431
P	2 256	2 256	1 946	1 928
K	2 033	7 302	2 909	3 006
Ca	9 420	7 250	6 360	10 888
N (total) p. 100	-	1.12	-	0.94

- (1) Moyenne de 5 arbres  
(2) Moyenne de 8 arbres  
(3) Moyenne de 9 arbres

phosphore disponible, en cations minéraux échangeables sauf en potassium, ainsi que la capacité d'échange et le rapport C/N. Dans l'horizon B supérieur, couche dans laquelle les racines puisent les éléments minéraux, le pourcentage de matière organique ainsi que les concentrations en phosphore disponible, en cations minéraux essentiels, en hydrogène échangeable et la capacité d'échange sont améliorés sensiblement.

Les résultats de l'analyse foliaire n'indiquent que très peu de changements dans les teneurs en éléments minéraux même si le potassium, le phosphore et l'azote sont plus élevés dans les aiguilles des arbres fertilisés.

Dans l'ensemble, ces données montrent que l'application d'engrais organiques a favorisé une minéralisation en surface ainsi que l'amélioration de la teneur en éléments nutritifs de l'horizon B supérieur. L'addition de colloïdes organiques a permis une meilleure structuration des sols qui devrait favoriser la rétention de l'eau et des éléments minéraux apportés aux sols par la fertilisation d'engrais chimiques.

#### C- DEUXIÈME ESSAI D'ENGRAIS ORGANIQUES (1964)

A la lumière des résultats de l'expérience de 1959, M. Roger Dugas a décidé en 1964, de répéter les essais de fertilisation à l'aide d'engrais organiques en faisant varier les taux d'application.

##### 1- Méthodes utilisées

a) Etablissement de 3 places d'études permanentes de forme rectangulaire de 0.2 acre (0,08 ha) chacune.

b) Tous les arbres ont été numérotés. Le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale de chaque arbre ont été mesurés et enregistrés au moment de l'établissement à l'automne 1964. Le dernier mesurage a été effectué à l'automne 1969.

c) Taux des engrais appliqués à l'automne 1964:

parcelle 1964-1: 5 000 livres à l'acre (5 600 kg/ha) d'une litière vieille d'un an, provenant d'une érablière à hêtre et 5 000 livres à l'acre (5 600 kg/ha) d'engrais de ferme composé de fumier de vache accumulé au cours de l'été.

parcelle 1964-2: fertilisée avec les mêmes engrais qu'en 1964-1, le taux d'application étant le double.

parcelle 1964-3: non traitée.

d) Il est bon de noter qu'au moment de l'établissement du dispositif, tous les arbres ont été élagués jusqu'à une hauteur de 6 pieds (1,8 m).

## 2- Résultats et discussions.

Les caractéristiques dendrométriques de chacune des parcelles d'études présentées au tableau 5, permettent d'établir que la place 1964-2 diffère des deux autres au point de vue du nombre de tiges, de la surface terrière et du volume qui sont moindres à cause d'un espacement plus grand utilisé lors du reboisement.

La comparaison des différentes mesures dendrométriques prises en 1964 et 1969 démontre que l'application des engrais organiques a favorisé la survie des tiges tandis que les croissances en diamètre et en hauteur ne semblent que très peu stimulées. Il est toutefois requis d'attendre encore quelques années afin de vérifier si l'effet des fertilisants organiques sera de longue durée.

Tableau 5

Caractéristiques des parcelles fertilisées en 1964  
(Application d'engrais organiques)

Caractéristiques	1964-1 5 tonnes/ac (11 t/ha)			1964-2 10 tonnes/ac (22 t/ha)			1964-3 témoin			
	1964	diff. (1)	1969	1964	diff. (1)	1969	1964	diff. (1)	1969	
	Nombre de tiges par acre (2)	Epb Epn Total	1 250 55 1 305	- 140 0 - 140	1 110 55 1 165	850 65 915	- 110 0 - 110	740 65 805	1 235 35 1 270	- 220 0 - 220
Diamètre moyen po (3)	Epb Epn	2.8 3.9	+ 0.8 + 0.8	3.6 4.7	2.8 3.9	+ 0.8 + 0.9	3.6 4.8	2.9 3.6	+ 0.7 + 0.7	3.6 4.3
Hauteur moyenne pi (4)	Epb Epn	16.6 21.8	+ 3.2 + 2.9	19.8 24.7	16.4 22.0	+ 3.6 + 4.2	20.0 26.2	17.6 21.0	+ 3.6 + 2.1	21.2 23.1
Surface terrière pi <sup>2</sup> /ac (5)	Epb Epn Total	53.5 4.5 58.0	+24.0 + 2.0 +26.0	77.5 6.5 84.0	35.5 5.5 41.0	+18.0 + 2.5 +20.5	53.5 8.0 61.5	57.5 2.5 60.0	+13.5 + 1.0 +14.5	71.0 3.5 74.5
Volume total pi <sup>3</sup> /ac (6)	Epb Epn Total	521.0 48.5 569.5	+306.5 + 27.0 +333.5	827.5 75.5 903.0	333.5 58.0 391.5	+236.5 + 31.5 +268.0	570.0 89.5 659.5	551.5 26.5 578.0	+191.0 + 13.0 +204.0	742.5 39.5 782.0

(1) Diff. = augmentation ou réduction entre 1964 et 1969.

Facteurs correspondants pour le système métrique:

- (2) 1 ac = 0,405 ha  
 (3) 1 po = 2,54 cm  
 (4) 1 pi = 0,305 m  
 (5) pi<sup>2</sup>/ac = 0,229 m<sup>2</sup>/ha  
 (6) pi<sup>3</sup>/ac = 0,070 m<sup>3</sup>/ha

Il est malheureux qu'aucune analyse chimique ne nous donne les valeurs nutritives des engrais utilisés. Cependant, il faut retenir que la litière d'érablière à hêtre était vieille d'un an et que, par son état avancé de décomposition, elle n'avait possiblement pas le potentiel fertilisant désiré. D'ailleurs, une étude de Curlin (1970) mentionne que, dans le cas de litière semblable, la majorité du potassium est retourné au sol à l'intérieur d'une période de 10 à 12 semaines.

## II- ESSAIS D'ÉLAGAGE ET D'ÉCLAIRCIE DANS LA PLANTATION DE PIN BLANC ET D'ÉPINETTES.

Sous la direction de monsieur Jean Smith, les premiers travaux d'élagage artificiel ont débuté en 1955 dans le but de favoriser la production de bois d'oeuvre de meilleure qualité. Exécutés à chaque saison estivale jusqu'en 1966, ils ont procuré de l'emploi à des étudiants et à la main-d'oeuvre locale. C'est à partir de 1959, suite à une proposition de Raymond Bergeron, que des coupes d'éclaircies ont été effectuées en même temps que l'élagage.

### 1- Méthodes utilisées.

a) Elagage des branches de tous les arbres sur une hauteur de 7 pieds (2,1 m) à partir du sol à l'aide de haches, de sécateurs ou de scies à élaguer.

b) Tous les arbres malades ainsi que ceux présentant des défauts ont été enlevés.

c) Afin de vérifier les effets de ces interventions, deux places d'études permanentes ont été établies en 1959 comme suit:

1959-A: place témoin, aucun traitement;

1959-B: place élaguée et éclaircie.

d) Dans chaque parcelle, les arbres sont numérotés et identifiés et leur diamètre mesuré à hauteur de poitrine.

e) Dans cette partie de la réserve, les arbres ont été plantés avec un espacement de 3 pieds par 6 pieds (0,9 m x 1,8 m); le pin blanc constitue l'essence principale.

## 2- Résultats et discussions.

Les données dendrométriques comparatives entre 1959 et 1969 pour les deux parcelles sont présentées au tableau 6. La mortalité est plus élevée dans le témoin. Les croissances en diamètre et hauteur favorisent légèrement la place traitée. Toutefois les différences entre les deux parcelles sont faibles et l'interprétation de ces résultats est d'autant plus difficile qu'une seule place-échantillon sert de contrôle au traitement.

L'intervention au niveau des éclaircies étant plutôt minime, il est normal de constater que seul l'élagage ne peut produire des effets considérables sur les accroissements en diamètre et hauteur.

### III- PLANTATION DE PIN ROUGE SOUS UN PEUPEMENT DE PEUPLIER FAUX-TREMBLE ÉCLAIRCI OU COUPÉ À BLANC.

Une dernière expérience tentée en 1962 par Raymond Bergeron a consisté à planter du pin rouge sous un peuplement de peuplier faux-tremble éclairci ou coupé à blanc, afin de revaloriser certaines superficies de la réserve colonisée par le tremble.

Tableau 6

Caractéristiques de la plantation de pin blanc élaguée et éclaircie en 1959.

Caractéristiques	1959-A (témoin)		1959-B (traitée)	
	1959	diff. (1)	1959	diff. (1)
Nombre total de tiges par acre (2)	1 545	- 255	1 515	- 190
Diamètre moyen po (3)	3.2	+ 1.0	3.2	+ 1.2
Hauteur moyenne pi (4)	-	-	-	-
Surface terrière pi <sup>2</sup> /ac (5)	86.3	+37.4	86.6	+53.6
Volume total pi <sup>3</sup> /ac (6)	-	-	-	-
			2 390	2 717

(1) Diff.: exprime l'augmentation ou la réduction entre 1959 et 1969.  
 Facteurs correspondants pour le système métrique: (2) 1 ac = 0,405 ha  
 (3) 1 po = 2,54 cm  
 (4) 1 pi = 0,305 m  
 (5) pi<sup>2</sup>/ac = 0,229 m<sup>2</sup>/ha  
 (6) pi<sup>3</sup>/ac = 0,070 m<sup>3</sup>/ha

## 1- Méthodes utilisées.

a) L'intensité du traitement dans le peuplement de tremble âgé d'une trentaine d'années dont le diamètre moyen des tiges ne dépassait guère 3 pouces (7,6 cm), a été déterminée en fonction de l'étage dominant. Pour chaque traitement, une parcelle-échantillon de 0.2 acre (0,08 ha) a été établie:

place 1962-1: coupe totale, toutes les tiges de tremble sont enlevées;

place 1962-2: 50 pour 100 du couvert est enlevé;

place 1962-3: aucun traitement.

b) Après le traitement, chacune des places a été reboisée avec du pin rouge (2-2), utilisant un espacement de 5 à 6 pieds (1,5 à 1,8 m) entre les plants.

c) Tous les semis ont été localisés et leur hauteur totale enregistrée après la plantation. La mesure de la hauteur a été répétée à chaque automne jusqu'en 1965; le dernier mesurage a été effectué à l'automne de 1969.

d) Quelques années après la plantation, un herbicide telle l'huile de carotte, a été utilisé afin d'éliminer toute compétition causée aux semis de pin rouge, de la part de la fougère ptéridium des aigles qui s'est développée à la suite de l'éclaircie.

## 2- Résultats et discussions.

Les chiffres présentés au tableau 7 sont assez révélateurs en ce qui concerne le développement de la plantation. La croissance en

Tableau 7

Caractéristiques de la plantation de pin rouge de 1962  
(plantée sous couvert de peuplier faux-tremble).

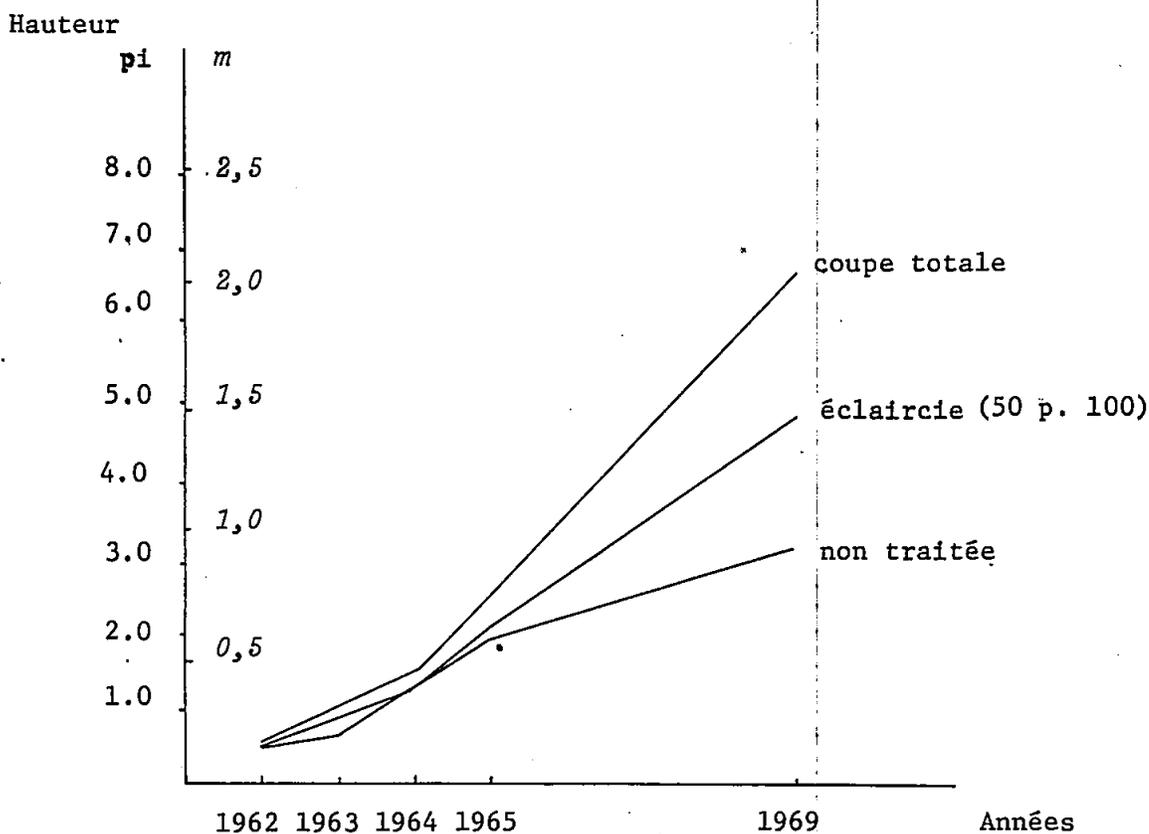
P.E.P.	année du mesurage	Caractéristiques			
		nombre total de tiges		hauteur moyenne	
		/ac	/ha	pi	m
1962-1 coupe totale	1962	1 095	2 704	0.6	0,18
	diff. (1)	- 145	- 358	+ 6.2	+ 1,86
	1969	950	2 346	6.8	2,04
1962-2 témoin	1962	1 560	3 853	0.5	0,15
	diff. (1)	- 310	- 766	+ 2.9	+ 0,87
	1969	1 250	3 087	3.4	1,02
1962-3 éclaircie à 50 p. 100	1962	1 265	3 124	0.5	0,15
	diff. (1)	- 220	- 543	+ 4.2	+ 1,26
	1969	1 045	2 581	4.7	1,41

(1) Diff.: exprime l'augmentation ou la réduction entre 1959 et 1969.

hauteur du pin rouge est nettement favorisée par la lumière. Ainsi, après 8 ans, les arbres présentant le meilleur accroissement se retrouvent dans la parcelle où toutes les tiges de tremble ont été enlevées. Dans celle qui a été éclaircie partiellement, le rendement a été moindre tout en étant plus élevé que dans le témoin.

Le pin rouge étant une essence à tolérance moyenne, on note aussi une relation entre le taux de survie et la disponibilité de la lumière au sol; la mortalité est plus élevée dans la parcelle non éclaircie.

Figure IX: Croissance en hauteur des semis de pin rouge sous couvert de peuplier faux-tremble éclaircie ou coupé à blanc.



#### IV- ETUDES SUPPLÉMENTAIRES

Afin de compléter les données sur le rendement général moyen des différentes essences plantées sur les dunes de la réserve de Saint-Clet et de Saint-Lazare, quelques parcelles d'études ont été établies dans les différentes plantations en fonction des essences, en vue de mesurer les diamètres et les hauteurs totales des tiges.

Les résultats de l'étude, présentés au tableau 8, reflètent le faible potentiel de fertilité lié au déficit en eau des sols. Les conditions du milieu ne sont pas propices pour les épinettes qui présentent des symptômes évidents de carences; quant aux pins utilisés, ils démontrent un meilleur rendement dans de telles conditions, sans toutefois atteindre un développement extraordinaire. En admettant au départ que la densité n'affecte que peu la croissance en hauteur, les données du tableau 8 démontrent que c'est le pin rouge qui croît le mieux sur cette station. Malheureusement la superficie couverte par le pin rouge est très minime.

En général les plantations de pin blanc sont de forte densité et cette essence a déjà subi les méfaits de la rouille vésiculeuse dont les dommages se sont atténués depuis la fermeture du couvert forestier. Quant à la plantation mixte de pin blanc et d'épinette blanche, elle occupe une superficie réduite sur une station particulièrement plus fertile et peu représentative de la réserve, étant donné que les sols de ce secteur n'ont pas été affectés par l'érosion.

Tableau 8

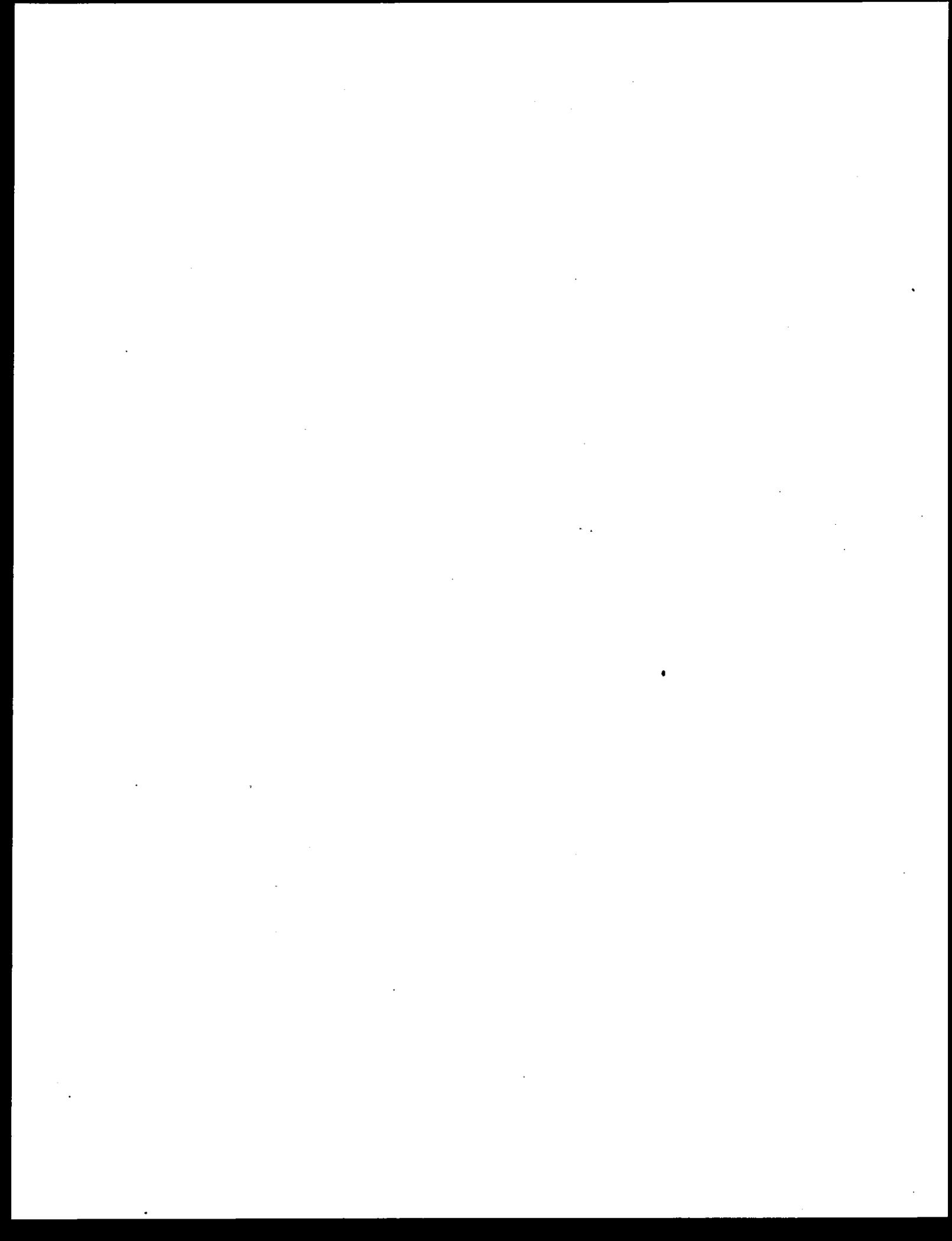
Comparaisons des rendements des différentes essences plantées sur dunes  
(aucun traitement - mesures effectuées en 1969)

Caractéristiques	Pin rouge	Pin blanc	Épinettes blanche et noire	Pin blanc - épinette blanche
Nombre total de tiges par acre (2)	550	1 290	Epb 567 Epn 82 Total 649	Pib 340 Epb 270 Total 610
	7.2	4.2	Epb 3.2 Epn 3.0	Pib 7.6 Epb 3.5
	46	27.0	Epb 17 Epn 20	Pib 40 Epb 20
Surface terrière pi <sup>2</sup> /ac (4)	154.4	123.7	Epb 32.6 Epn 7.4 Total 40.0	Pib 106.0 Epb 18.2 Total 124.2
	3 450	2 390	Epb 333 Epn 82 Total 415	Pib 2 346 Epb 224 Total 2 570

Age des plantations: environ 35 ans.

Facteurs correspondants pour le système métrique:

- (1) 1 ac = 0,405 ha  
 (2) 1 po = 2,54 cm  
 (3) 1 pi = 0.305 m  
 (4) pi<sup>2</sup>/ac = 0,229 m<sup>2</sup>/ha  
 (5) pi<sup>3</sup>/ac = 0,070 m<sup>3</sup>/ha



## CONCLUSION

La correction des ravins à l'aide d'écluses afin de régulariser le débit d'eau et les plantations pour stabiliser les sables ont contribué à enrayer l'érosion et à diminuer les dommages causés par le ravinement et l'affouillement printaniers des dunes de la réserve de Saint-Clet et de Saint-Lazare.

Toutefois, le rendement de ces plantations varie en fonction des essences utilisées, dû à des sols de pauvre fertilité. Les épinettes ont une croissance médiocre et arborent un feuillage chlorosé. Le pin blanc et à un plus haut degré le pin rouge semblent mieux adaptés aux conditions du milieu.

Les différents essais de traitements sylvicoles expérimentés par les ingénieurs de l'ancien Bureau de sylviculture et de botanique du ministère des Terres et Forêts sont valables même s'ils ne permettent de régler le problème de sous-développement chez les épinettes. Il est évident que l'utilisation d'engrais organiques a amélioré les propriétés

physico-chimiques des sols tout en favorisant les croissances des sujets fertilisés. L'emploi des fertilisants chimiques à des taux relativement plus élevés auraient certes donné de meilleurs accroissements en diamètre et en hauteur. Toutefois les sols sont très filtrants et leurs propriétés physiques défavorables diminuent leur capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs; ainsi de fortes doses d'engrais chimiques seraient requises afin de favoriser le développement de l'épinette.

L'effet de l'élagage sur la croissance du pin blanc est minime, mais la qualité du bois produit s'en trouve certes accrue. Les coupes d'éclaircie étant peu intenses, il est difficile d'en évaluer les conséquences sur la croissance des arbres.

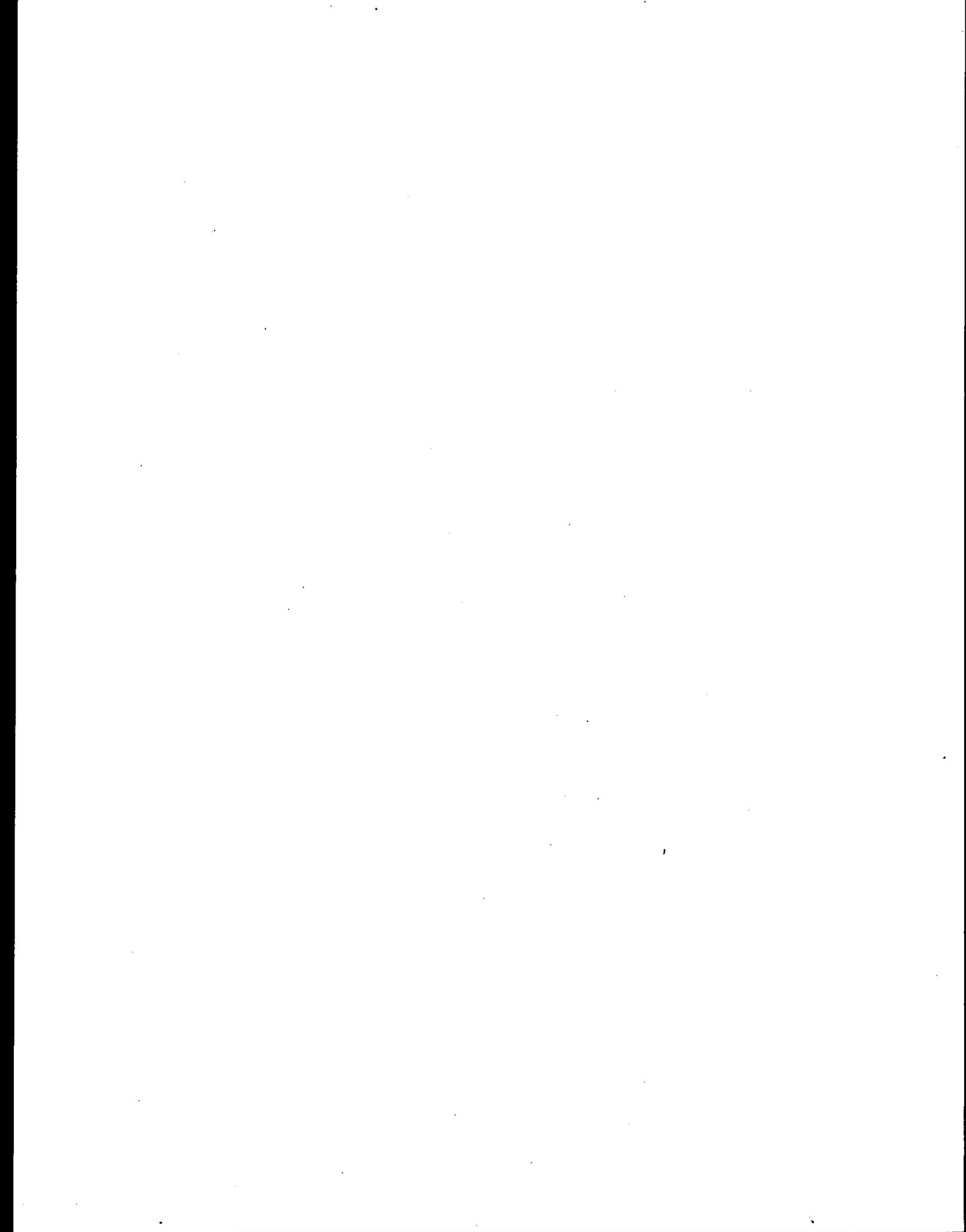
L'expérience des plantations de pin rouge sous le peuplement de peuplier faux-tremble éclairci ou coupé à blanc, présente sans doute les résultats les plus spectaculaires. Elle confirme la tolérance moyenne de cette essence tout en prouvant que le pin rouge démontre le meilleur développement sur les sables de Saint-Clet.

Devant l'état actuel des plantations, nous considérons qu'il serait trop coûteux et peu rentable de rendre productives, par une fertilisation à des taux élevés, les aires reboisées avec l'épinette. Nous suggérons le remplacement progressif de ces essences par d'autres qui pourraient mieux s'adapter aux conditions du milieu. Les pins pionniers tels le pin rouge, le pin gris et le pin sylvestre seraient tous indiqués parce qu'ils sont moins exigeants aux points de vue humidité et teneur en éléments nutritifs des sols. Une fertilisation d'engrais chimiques pourrait être préconisée au moment de la plantation.

Certaines précautions devront cependant être prises lors du déboisement; ce dernier s'effectuera par bandes alternes perpendiculaires aux ravins et à la pente générale du terrain, tandis que les bordures des coulées et les pentes raides ne seront pas déboisées. Les épinettes, par leurs dimensions réduites n'ont pas de valeur commerciale, ainsi tout le matériel ligneux devrait être déchiqueté puis laissé sur le parterre pour être ensuite incorporé au sol par un scarifiage avant le reboisement.

Une éclaircie est suggérée dans les plantations de pin blanc où l'on retrouve près de 1 300 tiges par acre (3 200 tiges/ha). La coupe d'environ 40 à 45 pour 100 des tiges permettrait d'atteindre un peuplement résiduel de 700 tiges par acre (1 730 tiges/ha). On évitera d'éclaircir les plantations dans les pentes fortes et sur les flancs des coulées afin de prévenir de nouveaux ravinements. La fertilisation du pin blanc sera souhaitable.

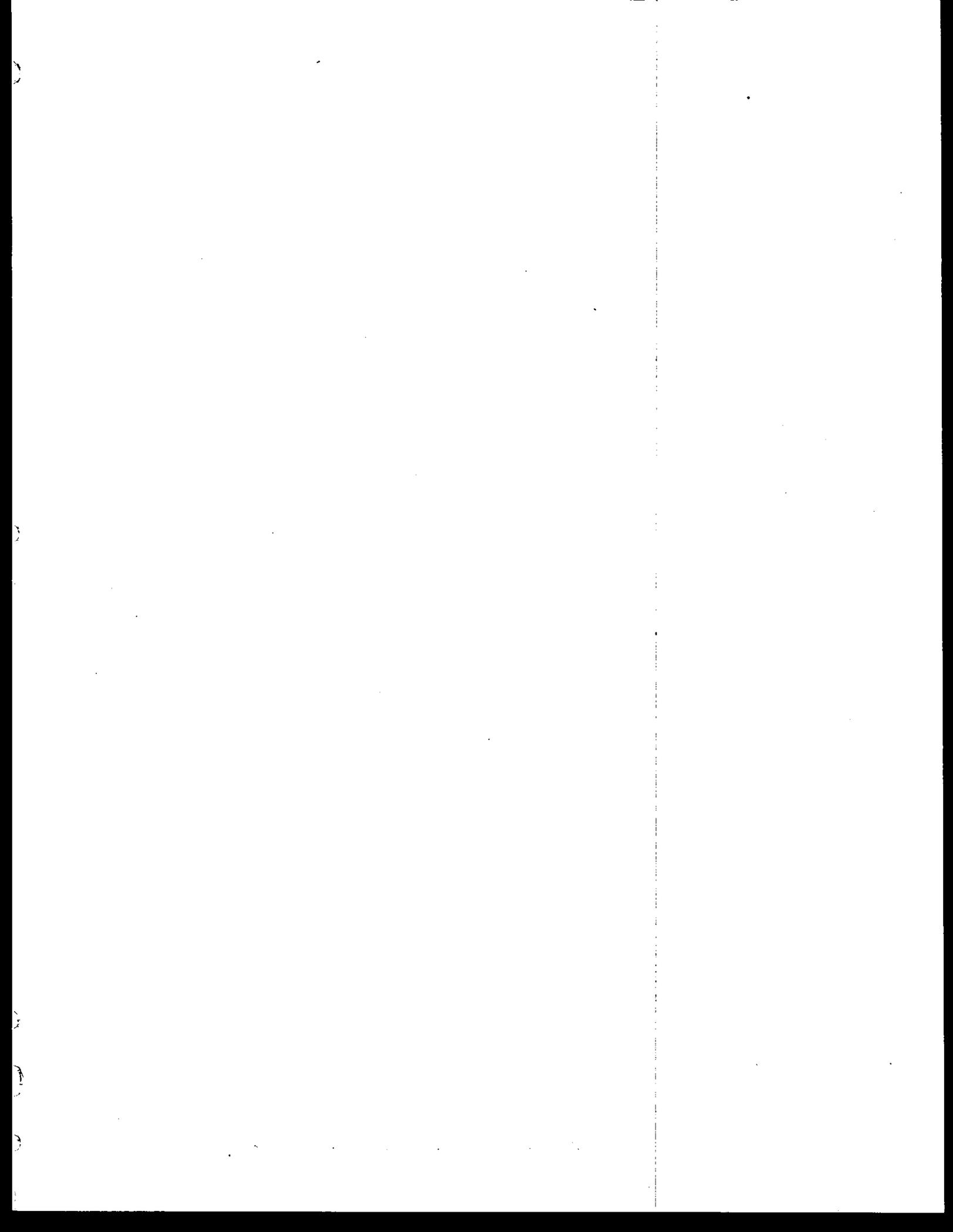
Il faudra néanmoins surveiller une recrudescence possible des *Ribes*, hôtes indispensables à la propagation de la rouille vésiculeuse du pin blanc. Afin de les éliminer, on conseille l'utilisation d'herbicide tel le 2-4-5-T au taux de 5 livres par 100 gallons d'huile diesel (5 g/l), appliqué sur les gadeliers.



## BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1950. *Annual report*. Lakes States, For. Exp. Sta., U.S. Dept. of Agr., For. Serv., 4 pp.
- BOLDT, C.E., 1969. *Jack pine plantations in the Nebraska sandhills*. Jour. of Forestry, 67 (2) : 96-100.
- CALVERT, W.W., and L.G. BRACE, 1969. *Pruning and sawing eastern white pine*. Canadian For. Serv., Dept. of Fisheries and Forestry, Publ. No. 1262\*, 22 pp.
- CHANDLER, R.F., 1941. *The amount and mineral nutrient content of freshly fallen leaf litter in the hardwood forests of central New York*. Am. Soc. Agron. Jour., 33 : 859-871.
- CURLIN, J.W., 1968. *Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization - In - Tree growth and forest soils*. Proceedings of the third North. Am. For. Soils Conf. Edited by C.T. Youngberg and C.B. Darvey. Oregon St. Un. Press. 1970. 527 pp.
- DELISLE, R., 1944. *Correction de ravins*. Agriculture, 1 (3) : 132-141.
- DRESSER, J.A., et T.C. DENIS, 1946. *La géologie de Québec*. Vol. II. Géologie descriptive. Min. des Mines, Gouv. de la Prov. de Québec, Rap. géol. n° 20., 647 p.
- HEIBERG, S.O., and A.L. LEAF, 1961. *Effects of forest debris and mineral fertilizers on the amelioration of sandy soils*. Proc. 13th Congress, Int. Union For. Res. Organ., Vienna, 1961. Part 2 (1), Sect. 23, 5 pp.

- HEIBERG, S.O., and D.P. WHITE, 1949. *Potassium deficiency of reforested pine and spruce stands in Northern New York*. Proc. Soil Sc. Soc. Am., 15 : 369-376.
- HORTON, K.W., and G.H.D. BEDELL, 1960. *White and red pine ecology, silviculture and management*. Can. Dept. of North. Affairs and Nat. Res., For. Branch, Bull. 124, 185 pp.
- KING, R.C., and K.K. KINDEL, 1969. *One step control of coastal sand dunes in Chile*. Jour. of Forestry, 67 (11) : 810-812.
- LAFOND, A., 1958. *Les Déficiences en potassium et magnésium de quelques plantations de Pinus strobus, Pinus resinosa et Picea glauca dans la province de Québec*. Fonds de Rech. for. de l'univ. Laval. Cont. n° 1, 24 p.
- LAVOIE, P., et P. STOBBE, 1951. *Etude des sols des comtés de Soulanges et de Vaudreuil dans la province de Québec*. Min. fédéral de l'Agriculture, Ottawa, 73 p.
- LEGAULT, N., 1930. *Acte de vente n° 9945*. Bur. d'enregistrement de la division de Vaudreuil, Enrg. 9 juillet 1930, n° 48392, 3 p.
- MACARTHUR, J.D., 1959. *Effets de l'engrais sur une plantation d'épinettes blanches et d'épinettes de Norvège, située à Grand'Mère (P.Q.) Canada*, Min. du Nord Can. et des Res. Nat., Dir. des Forêts. Div. des rech. syl., Mém. tech. n° 64, 16 p.
- ROWE, J.S., 1959. *Forest regions of Canada*. Can. Dept. of North. Affairs and Nat. Res., For. Branch, Bull. 123, 71 pp.
- SCOTT, A., 1968. *Les Sols: nature, propriétés, améliorations*. Lib. Beauchemin Ltée, Montréal, 372 p.
- VILLENEUVE, G.O., 1967. *Sommaire climatique du Québec (Vol. I)*. Serv. de météo., Min. Richesses naturelles. Publ. M-24. 168 p.
- WALHENBERG, W.G., 1955. *Six thinnings in a 56-Year-Old dune white pine plantation and biltmore*. Jour. of Forestry, 53 (5) : 331-339.
- WEETMAN, G.F., 1969. *Notes on a visit to the nutrient deficient plantations at St.Lazare, Que.* Communication personnelle au docteur G. Vallée. 15 pp.





**L'ÉDITEUR OFFICIEL DU QUÉBEC**  
**SERVICE DE LA REPROGRAPHIE**  
Juin 1974