



GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC

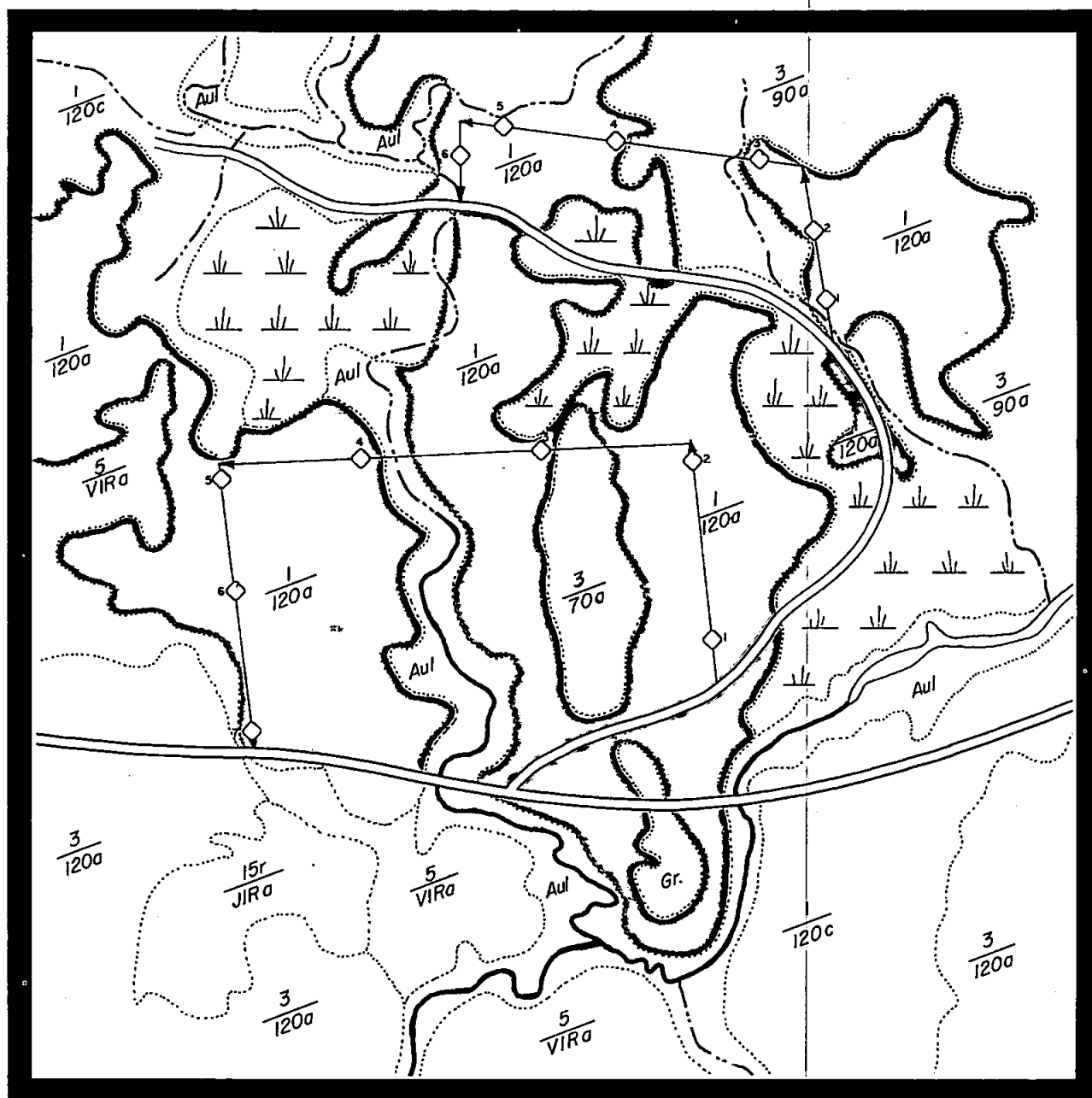
MINISTÈRE DES TERRES
ET FORÊTS

SERVICE DE LA RECHERCHE

MÉMOIRE N° 3
1971

ÉCHANTILLONNAGE ALÉATOIRE STRATIFIÉ AVEC DISTRIBUTION CONDITIONNELLE DES OBSERVATIONS

par Yvon Richard



YVON RICHARD a obtenu son diplôme de bachelier ès sciences appliquées (génie forestier) de l'université Laval en 1959. Il a commencé sa carrière à Maniwaki avec la Compagnie Internationale de Papier du Canada. En 1961, il alla se spécialiser à la faculté de foresterie de l'université de Syracuse où il obtint son diplôme de *Master of Forestry* en 1963 et celui de *Doctor of Philosophy* en 1969. Depuis 1965, il est à l'emploi du ministère des Terres et Forêts du Québec où il a débuté au Service de l'inventaire forestier avant d'être muté au Service de la recherche en 1967 où il est chargé de recherche en dendrométrie.

ÉCHANTILLONNAGE ALÉATOIRE STRATIFIÉ AVEC DISTRIBUTION CONDITIONNELLE DES OBSERVATIONS*

par

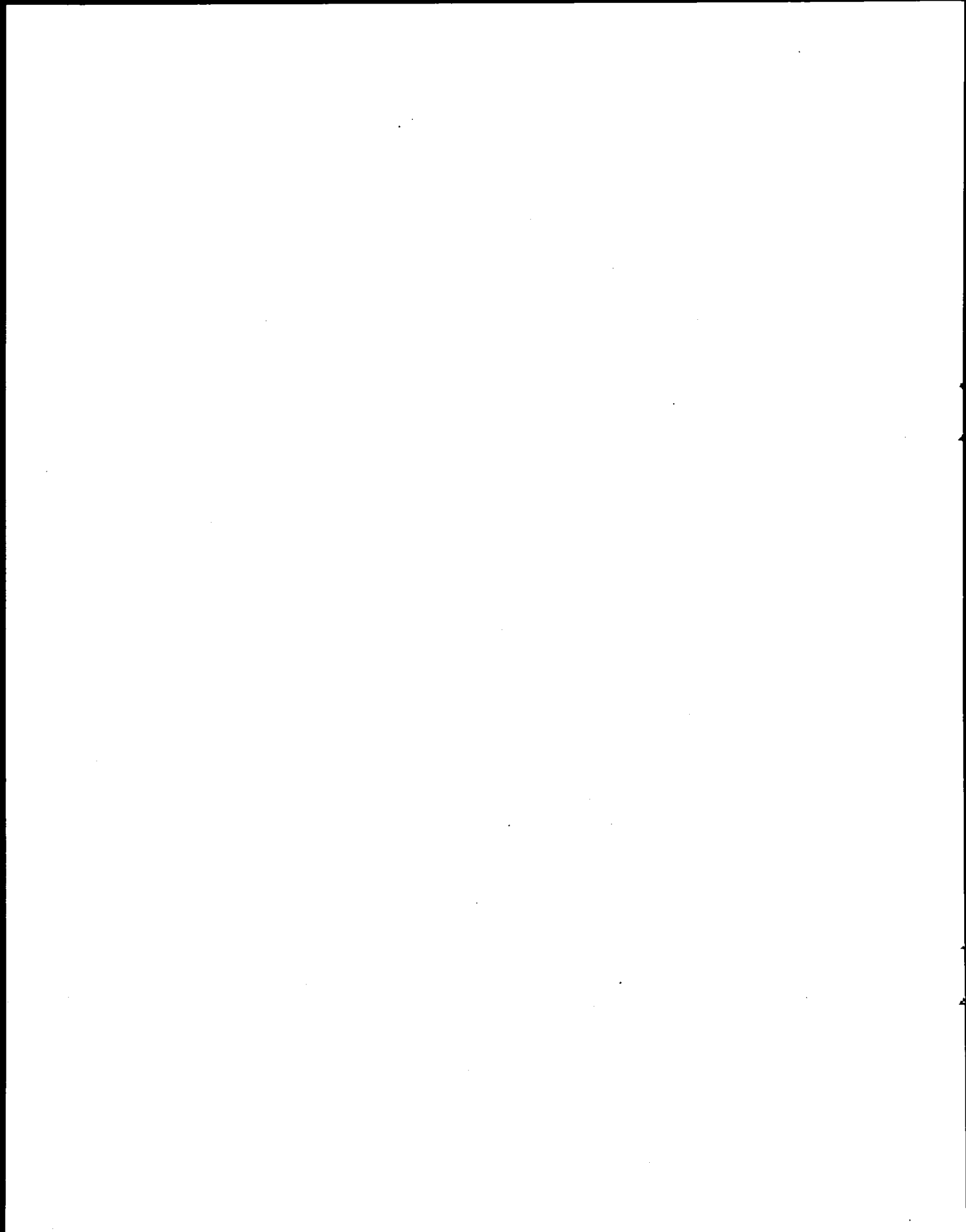
YVON RICHARD

Mémoire n° 3

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

1971

* Résumé de la thèse de doctorat présentée par Yvon Richard en 1969 pour l'obtention du grade de *Doctor of Philosophy* sous la direction de monsieur C. Allen Bickford, professeur du Département d'aménagement forestier, *State University of New York, New York State College of Forestry at Syracuse University*.



RÉSUMÉ

Le but de certains inventaires forestiers ne se limite pas à l'estimation du volume, mais aussi à l'obtention de données propres à la préparation de plans d'aménagement. Pour atteindre ces objectifs, le ministère des Terres et Forêts du Québec utilise une stratification basée sur certaines variables du peuplement et une répartition des parcelles-échantillons entre les strates subordonnée à deux conditions.

La première condition consiste à fixer un niveau de précision pour le volume moyen de l'ensemble des strates. La deuxième condition consiste à spécifier le nombre de parcelles-échantillons qui doivent être localisées dans chacune des strates. Pour les strates jugées importantes, ce nombre est fixé par un niveau de précision que doit atteindre le volume moyen de chacune d'elles. Pour les autres strates, le nombre est fixé de façon plus ou moins arbitraire.

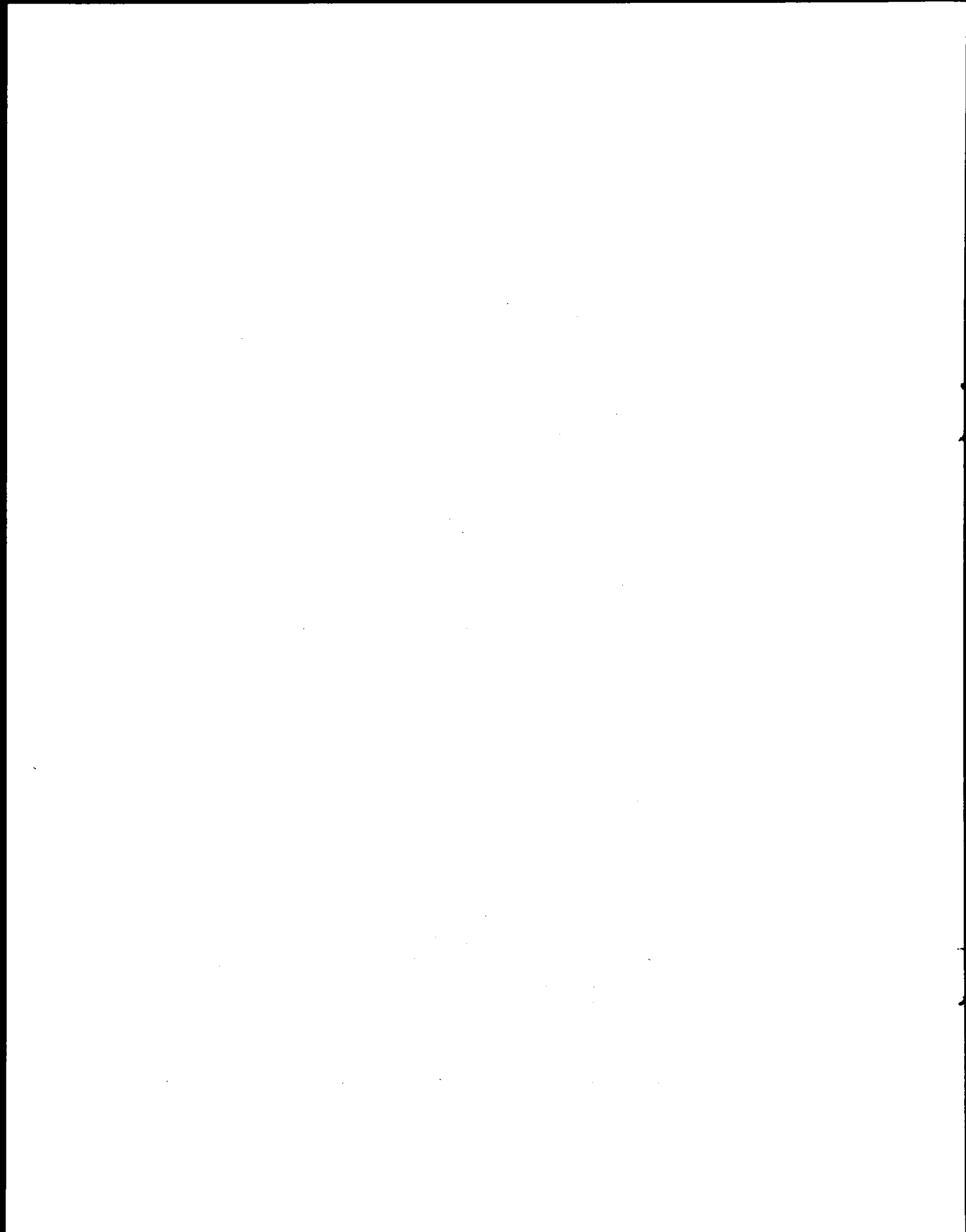
Le but principal de ce travail est de présenter la méthode pour estimer le nombre total de parcelles-échantillons et leur distribution parmi les strates, en tenant compte des restrictions.

SUMMARY

The objective of several forest inventories is not only the estimation of volume, but also the collection of information for the preparation of management plans. To reach these objectives, the Quebec Department of Lands and Forests applies a stratification based on some stand variables and a distribution of sample plots among strata restricted by two conditions.

The first condition consists of the specification of a level of precision for the overall average volume. The second condition consists of the specification of a sample size for each stratum. For strata which are important, the required sample size is a function of a level of precision for the average volume of each stratum. For other strata, the required sample size is a number fixed more or less arbitrarily.

The primary objective of this work is to present a method to estimate total sample size and its distribution among strata when the two conditions are used.



REMERCIEMENTS

L'auteur désire remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin, ont collaboré à la préparation de la thèse dont le présent travail est tiré.

Ces remerciements s'adressent tout d'abord aux officiers du ministère des Terres et Forêts du Québec qui ont permis l'utilisation des données de base et qui ont accordé le temps nécessaire à la rédaction de la thèse.

Ces remerciements s'adressent aussi, d'une façon toute particulière, au professeur C. Allen Bickford de la faculté de foresterie à l'université de Syracuse qui agissait comme directeur du comité de la thèse.

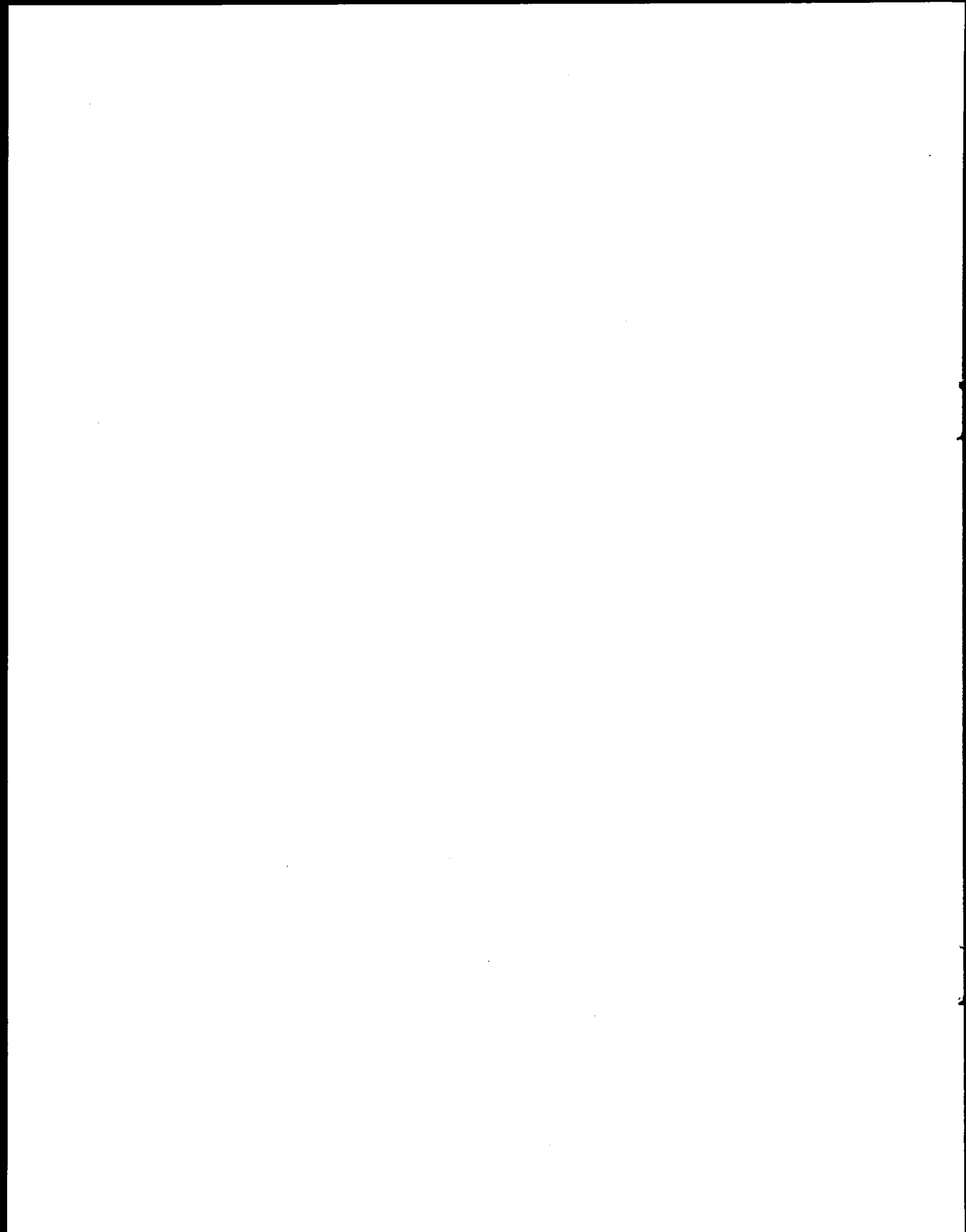


TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	III
REMERCIEMENTS.....	V
TABLE DES MATIÈRES.....	VII
INTRODUCTION.....	1
STRATIFICATION ET DISTRIBUTION DES PARCELLES-ÉCHANTILLONS.....	3
Définition des strates.....	3
Distribution des parcelles-échantillons.....	4
Distribution conditionnelle.....	4
Avantages.....	5
Désavantages.....	5
ESTIMATION DU NOMBRE DE PARCELLES-ÉCHANTILLONS.....	7
Notation.....	7
Formules de base.....	7
Développement et usages des formules.....	8
Premier cas.....	9
Deuxième cas.....	9
Troisième cas.....	9
CONCLUSION.....	11
LISTE DES OUVRAGES CITÉS.....	13

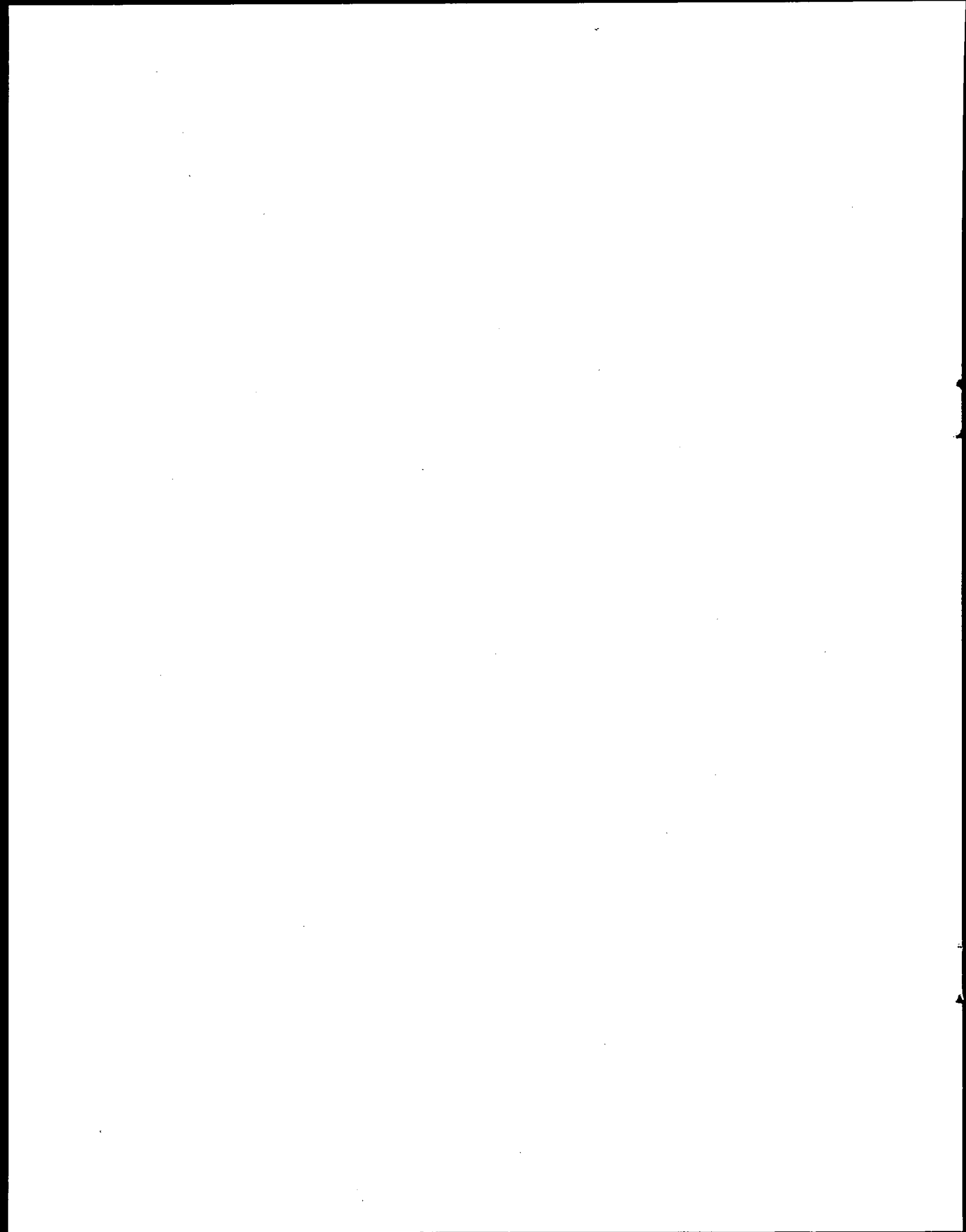
INTRODUCTION

Depuis la formation du Service de l'inventaire forestier au ministère des Terres et Forêts du Québec en 1965, le système de stratification et le mode de répartition des parcelles-échantillons entre les strates ont été modifiés à plusieurs reprises. Toutes les modifications ont été effectuées en tenant compte du fait que le but de certains inventaires forestiers ne se limite pas à l'estimation du volume dans un territoire donné, mais aussi à l'obtention de données propres à la préparation de plans d'aménagement.

Le système actuel de stratification est basé sur certaines variables du peuplement. Ces variables ont été choisies pour fournir des renseignements qui sont à la base de plusieurs décisions présentées dans les plans d'aménagement. Pour compléter le système de stratification, la distribution des parcelles-échantillons entre les strates, au lieu d'être optimale ou proportionnelle, est subordonnée à des conditions déterminées par l'aménagiste.

L'utilisation d'une distribution conditionnelle nécessitait le développement de méthodes pour estimer le nombre total de parcelles-échantillons et leur distribution entre les strates. Le nombre total doit être minimum tout en remplissant les conditions. Les méthodes requises ont été développées par l'auteur, en 1969, dans une étude qui faisait l'objet d'une thèse en vue de l'obtention d'un doctorat à la faculté de foresterie de l'université de Syracuse.

Après un bref exposé sur la stratification et sur les conditions qui limitent la distribution des parcelles-échantillons entre les strates, le présent travail traite principalement des méthodes développées en 1969. Le problème est cependant considéré d'une façon plus générale.



STRATIFICATION ET DISTRIBUTION DES PARCELLES-ÉCHANTILLONS

La stratification forestière est la subdivision de la forêt en plusieurs parties appelées strates qui sont généralement plus homogènes que la forêt dans son ensemble. Plus la forêt à l'intérieur des strates est homogène, plus la stratification est efficace en ce sens qu'elle permet de réduire le nombre de parcelles-échantillons requises pour obtenir des estimés d'une précision donnée. Pour en arriver à cette efficacité, la définition des strates et la distribution des parcelles-échantillons entre les strates jouent un rôle très important.

DÉFINITION DES STRATES

Selon Cochran (1963), lorsque le but de l'échantillonnage est l'estimation d'une seule variable, la meilleure caractéristique à utiliser dans la définition des strates est la variable elle-même. La deuxième meilleure caractéristique est toute quantité étroitement reliée à la variable qu'il faut estimer.

Selon Bickford (1961), l'efficacité de la stratification est augmentée lorsque les moyennes et les variances de la variable étudiée dans les strates peuvent être estimées avant l'échantillonnage et lorsqu'il existe des différences assez grandes entre ces moyennes. La connaissance de

ces valeurs permet une meilleure distribution des parcelles-échantillons parmi les strates. L'augmentation de la différence entre les moyennes contribue à réduire la variation entre les individus d'une même strate et à augmenter la variation entre les strates.

Un des objectifs de l'inventaire forestier étant l'estimation du volume, celui-ci devrait normalement être la meilleure caractéristique à utiliser dans la définition des strates puisqu'il remplit toutes les conditions. Moessner (1963) a comparé plusieurs systèmes de stratification. Il en arrive à la conclusion qu'une stratification basée sur des classes de volume est plus efficace que celle basée sur des variables plus ou moins reliées au volume.

Cependant, le but d'un inventaire forestier pour fin d'aménagement ne se limite pas à l'estimation du volume pour les subdivisions et l'ensemble de l'unité d'aménagement, mais aussi à l'obtention d'informations nécessaires à la préparation du plan d'aménagement. Pour être efficace dans la réalisation des objectifs d'un tel inventaire, la stratification devrait donc être basée sur des variables qui, tout en étant reliées au volume, fournissent d'autres informations. Cette dernière approche a prévalu lors de l'élaboration d'un nouveau système de stratification par le ministère des Terres et Forêts du Québec.

Le système de stratification utilisé au Québec est basé sur trois variables qui sont: 1) le groupement d'essences, 2) le stade de développement et 3) l'indice hauteur-densité qui est une combinaison de la hauteur du peuplement et du pourcentage de fermeture du couvert. Les deux premières variables fournissent des informations sur la composition en essences, la structure et le degré de maturité des peuplements. La troisième variable sert principalement à relier au volume le contenu de chaque strate résultant de l'application du système de stratification.

DISTRIBUTION DES PARCELLES-ÉCHANTILLONS

Selon Bickford (1961), le maximum d'efficacité due à la stratification, est atteint lorsque les parcelles-échantillons sont distribuées d'une façon appropriée entre les strates. Si les variances de la variable étudiée dans les strates sont égales et si le coût des parcelles-échantillons est le même dans toutes les strates, alors la distribution proportionnelle est appropriée. Par distribution proportionnelle, on entend la répartition des parcelles-échantillons entre les strates proportionnellement à leur superficie.

Si les variances de la variable étudiée dans les strates sont différentes, la distribution proportionnelle est encore acceptable, mais la distribution optimale est plus efficace. La distribution optimale est obtenue lorsque les parcelles-échantillons sont distribuées proportionnellement au produit de la surface et de l'écart type de la strate. De petites différences entre toute autre distribution et la distribution optimale ou proportionnelle, réduisent très peu l'efficacité de la stratification. A mesure que les différences augmentent, l'efficacité diminue jusqu'au point où la stratification n'offre plus d'avantages.

L'efficacité de la stratification a toujours été évaluée par rapport à l'estimation du volume dans un territoire donné. Cependant, lorsqu'un système de stratification est élaboré en considérant plusieurs buts,

on peut se demander si la distribution des parcelles-échantillons doit tendre vers une efficacité dans l'estimation du volume pour l'ensemble d'un territoire ou vers une efficacité dans la poursuite de tous les objectifs de l'inventaire.

Après avoir considéré plusieurs options, le ministère des Terres et Forêts du Québec a finalement opté pour une distribution de parcelles-échantillons qui, quoique basée sur le volume, tient compte des autres objectifs de l'inventaire. Ces objectifs sont exprimés par des conditions auxquelles doit être subordonnée la distribution des parcelles-échantillons.

DISTRIBUTION CONDITIONNELLE

Dans le cas du ministère des Terres et Forêts du Québec, les strates étant définies par des variables du peuplement, leur seule identification fournit plusieurs renseignements de base. Si l'aménagiste possède la liste des strates rencontrées dans un territoire à inventorier ainsi qu'un relevé de leur superficie, même sommaire, il est en mesure d'évaluer l'importance de chacune des strates en tenant compte de tous les objectifs poursuivis dans l'aménagement de ce territoire. L'aménagiste détermine ensuite les deux conditions limitant la distribution des parcelles-échantillons parmi les strates.

Le volume moyen de l'ensemble de la forêt fait l'objet de la première condition. Généralement, l'aménagiste fixe un niveau de précision que doit atteindre ce volume.

La deuxième condition consiste à spécifier le nombre de parcelles-échantillons qui doivent être localisées dans chacune des strates. La détermination de ces nombres dépend de l'importance des strates.

Pour les strates jugées importantes, le nombre n'est pas fixé directement. L'aménagiste spécifie plutôt un niveau de précision que doit atteindre le volume moyen de chacune de ces strates. Il s'agit ensuite de calculer le nombre qui permet de rencontrer la précision fixée.

Pour les autres strates, le nombre de parcelles-échantillons est fixé directement. Il est généralement choisi de façon à obtenir suffisamment de données pour préparer les tableaux par strate requis dans le plan d'aménagement. De plus, puisque les strates moins importantes offrent moins d'intérêt, l'aménagiste doit considérer la possibilité d'effectuer des regroupements particulièrement lorsque le nombre de ces strates est assez élevé.

AVANTAGES

La méthode qui consiste à subordonner la distribution des parcelles-échantillons aux conditions décrites précédemment, est maintenant appliquée par le ministère des Terres et Forêts du Québec. Les résultats obtenus sont très satisfaisants. Parmi les avantages attribuables à cette méthode, il y en a trois qui retiennent particulièrement l'attention.

L'avantage principal de cette méthode est qu'elle assure une distribution des échantillons qui répond davantage aux objectifs de l'inventaire.

Un autre avantage est l'élimination du problème causé par les strates insuffisamment échantillonnées. Ce problème peut survenir lorsque le système de stratification résulte en un grand nombre de strates et lorsque les observations sont réparties entre ces strates suivant la distribution optimale ou proportionnelle. Une telle situation est éliminée en fixant un nombre de parcelles-échantillons pour chacune des strates.

Finalement, la méthode est très souple. Elle s'adapte facilement à toutes les situa-

tions. Elle permet aussi à l'aménagiste de constater les effets des conditions posées sur le nombre de parcelles-échantillons et sur le coût de l'inventaire. S'il juge les conditions trop onéreuses, il peut alors les reconsidérer et même les modifier s'il le juge à propos.

DÉSAVANTAGES

Le désavantage principal de la méthode conditionnelle est le fait que des conditions sont basées sur la précision du volume même si les objectifs de l'inventaire ne sont pas uniquement l'estimation du volume. L'aménagiste doit donc établir la relation entre le volume et les données nécessaires pour rencontrer les autres objectifs. Seule l'expérience permet de surmonter cette difficulté.

La méthode conditionnelle peut parfois s'avérer très onéreuse comparativement à la méthode optimale ou proportionnelle. Si l'aménagiste exige des nombres élevés dans chacune des strates, le nombre total de parcelles-échantillons peut être augmenté considérablement par rapport à celui qui résulterait en suivant la distribution optimale ou proportionnelle. Pour être justifiée, une telle augmentation doit être compensée par un supplément d'informations lors de l'échantillonnage.

Finalement, les calculs pour déterminer le nombre total de parcelles-échantillons et leur répartition parmi les strates sont plus longs sans être plus compliqués. Les formules nécessaires à ces calculs sont développées au chapitre suivant.

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

ESTIMATION DU NOMBRE DE PARCELLES-ÉCHANTILLONS

Cette partie du travail traite du développement des formules et de leur utilisation dans l'estimation du nombre minimum de parcelles-échantillons en tenant compte des deux conditions décrites au chapitre précédent. On assume que les strates sont déjà définies, que l'aménagiste a posé les deux conditions et que les valeurs requises pour les calculs sont disponibles ou peuvent être obtenues rapidement.

NOTATION

Les symboles qui suivent, sont ceux qui apparaissent le plus fréquemment dans les formules de ce chapitre. Quatre d'entre eux réfèrent à la strate tandis que les autres s'appliquent à l'ensemble des strates.

N_h = nombre possible de parcelles-échantillons dans la strate "h".

$N = \sum N_h$ = nombre possible de parcelles-échantillons dans l'ensemble des strates.

$W_h = N_h/N$ = poids de la strate "h".

n_h = nombre de parcelles-échantillons localisées dans la strate "h".

$n = \sum n_h$ = nombre total de parcelles-échantillons localisées dans l'ensemble des strates.

S_h^2 = variance de la variable étudiée dans la strate "h".

$V_{\bar{y}st}$ = variance de la moyenne de l'ensemble des trates.

$V = (d/t)^2$.

d = erreur permise au niveau de probabilité désirée.

t = t de Student correspondant à la probabilité que l'erreur sera plus grande que l'erreur permise.

FORMULES DE BASE

Le développement des formules utilise certaines formules déjà disponibles. Celles qui suivent sont tirées de Cochran (1963).

Les trois premières formules s'appliquent lorsque la méthode de distribution optimale est utilisée. La quatrième est employée lorsque les parcelles-échantillons sont distribuées d'une façon arbitraire entre les strates.

$$n = \frac{(\sum W_h S_h)^2}{V + \frac{1}{N} \sum W_h S_h^2} \quad (1)$$

$$n_h = n \frac{W_h S_h}{\sum W_h S_h} \quad (2)$$

$$V_{\bar{y}st} = \frac{1}{n} \left(\sum W_h S_h \right)^2 - \frac{1}{N} \sum W_h S_h^2 \quad (3)$$

$$V_{\bar{y}st} = \sum W_h^2 \frac{S_h^2}{n_h} - \frac{1}{N} \sum W_h S_h^2 \quad (4)$$

La formule (3) est exacte en autant que la formule (2) est vraie. Comme les " n_h " sont calculés à partir d'estimations de " W_h " et " S_h ", la formule (2) est souvent approximative. Il en va ainsi de la formule (3). La formule (4) est plus appropriée quand les valeurs " n_h " et " W_h " s'écartent des valeurs réelles déterminées après l'échantillonnage.

La valeur $\frac{1}{N} \sum W_h S_h^2$ utilisée dans les formules est connue comme le facteur de correction pour une population finie. Dans le problème considéré, cette valeur est pratiquement égale à zéro parce que " N " est toujours assez grand. Néanmoins, la valeur est conservée pour rendre le traitement du problème plus général.

DÉVELOPPEMENT ET USAGE DES FORMULES

Les deux conditions définies au chapitre précédent, peuvent être décrites de la façon suivante. Un système de stratification résulte en " r " strates. La précision du volume moyen de l'ensemble des strates est spécifiée ainsi que le nombre minimum de parcelles-échantillons requises dans chacune des strates. Ces nombres ne permettant pas toujours d'atteindre la précision fixée pour le volume de l'ensemble de la forêt, il est nécessaire de développer les formules pour calculer le nombre total de parcelles-échantillons qui, tout en étant minimum, satisfait aux deux conditions.

Si $n_1, n_2, \dots, n_r$ sont les nombres de parcelles-échantillons dans les strates 1, 2, ... r calculés suivant la méthode de distribution optimale, alors $n_1, n_2, \dots, n_r$ doivent au moins égaler $b_1, b_2, \dots, b_r$ respectivement; b_h ($h = 1$ à r) est le nombre de parcelles-échantillons requises dans la strate " h " pour remplir la deuxième condition. Le problème de la meilleure répartition des parcelles-échantillons suivant cette distribution conditionnelle, consiste donc à minimiser la fonction

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_q + \dots + n_r$$

sujet à

$$\bar{V}_{st} = \sum W_h^2 \frac{S_h^2}{n_h} - \frac{1}{N} \sum W_h S_h^2$$

$$n_h \geq b_h, h = 1, 2, \dots, r.$$

n_h est un nombre entier positif.

b_h est un nombre entier positif dépendant de la deuxième condition. Il doit égaler au moins 2 pour pouvoir calculer une variance.

La solution de ce problème pourrait être obtenue par les méthodes de programmation non-linéaire. La solution qui est donnée ci-après est approximative. Elle peut cependant être utilisée en pratique parce que toutes les valeurs employées dans les calculs sont des estimés des valeurs vraies. Ces estimés sont donc eux aussi des valeurs approximatives.

La première étape dans l'estimation du nombre de parcelles-échantillons consiste à calculer n et n_h avec les formules (1) et (2), c'est-à-dire, suivant la méthode de distribution optimale.

La deuxième étape est l'obtention des nombres de parcelles-échantillons requises dans chacune des strates. Si l'on assume que dans les " q " premières strates, le nombre dépend de la précision que doit atteindre le volume moyen, alors ces nombres sont calculés comme suit:

$$b_h = \frac{S_h^2}{V_h}, h = 1, 2, \dots, q \quad (q \leq r). \quad (5)$$

$$V_h = (d/t)^2 \text{ pour la strate "h".}$$

Dans les autres strates, les nombres b_h sont égaux à ceux fixés par l'aménagiste.

Les valeurs n_h sont ensuite comparées aux valeurs correspondantes b_h . Trois cas sont possibles:

- a) $n_h \geq b_h \quad h = 1, 2, \dots, r$
- b) $n_h < b_h \quad h = 1, 2, \dots, r$
- c) $n_h < b_h \quad h = 1, 2, \dots, m$
 $n_h \geq b_h \quad h = m+1, m+2, \dots, r$

PREMIER CAS

$$n_h \geq b_h \quad h = 1, 2 \dots r.$$

Ce cas est très simple. Puisque tous les n_h sont au moins égaux aux b_h correspondants, toutes les strates sont suffisamment échantillonnées pour satisfaire aux conditions posées par l'aménagiste. La solution obtenue par la méthode de la distribution optimale donne donc la distribution requise. La variance du volume moyen de l'ensemble des strates est alors calculée avec la formule (3).

DEUXIÈME CAS

$$n_h < b_h \quad h = 1, 2 \dots r.$$

Comme le précédent, ce cas est aussi très simple. Il s'agit de remplacer tous les n_h par les b_h correspondants parce qu'ils sont trop petits pour satisfaire aux conditions. Le nombre total de parcelles-échantillons est alors :

$$n = \sum_{h=1}^r b_h$$

La variance du volume moyen de l'ensemble des strates est calculée avec la formule (4).

TROISIÈME CAS

Dans ce dernier cas, il peut y avoir une ou plusieurs strates où $n_h < b_h$. Pour faciliter le traitement de ce cas, l'ordre des strates est modifié de façon à pouvoir écrire :

$$\begin{aligned} n_h &< b_h, & h = 1, 2 \dots m \\ n_h &\geq b_h, & h = m+1, m+2 \dots r. \end{aligned}$$

$$\text{où } 1 \leq m < r.$$

La solution de ce troisième cas est plus longue que les précédentes. Il faut d'abord remplacer les n_h qui sont trop petits par les b_h correspondants. Ensuite, il faut calculer de nouveaux n_h ($h = m+1$ à r) en tenant compte de la précision exigée pour le volume moyen de l'ensemble des strates.

Connaissant le nombre de parcelles-échantillons requises dans chacune des "m" premières strates, connaissant aussi "V" ($V = (d/t)^2$) qui est la variance du volume moyen que l'on désire obtenir pour l'ensemble des strates afin d'atteindre la précision fixée, la formule (4) peut être décomposée de la façon suivante :

$$V = \sum_{h=1}^m W_h^2 \frac{S_h^2}{b_h} + \sum_{h=m+1}^r W_h^2 \frac{S_h^2}{n_h} - \frac{1}{N} \sum_{h=1}^r W_h S_h^2 \quad (6)$$

Si l'on fait :

$$V^* \bar{y}_{st} = \sum_{h=m+1}^r W_h^2 \frac{S_h^2}{n_h} \quad (7)$$

alors, la formule (6) devient :

$$V^* \bar{y}_{st} = V + \frac{1}{N} \sum_{h=1}^r W_h S_h^2 - \sum_{h=1}^m W_h^2 \frac{S_h^2}{b_h} \quad (8)$$

Toutes les données requises pour calculer $V^* \bar{y}_{st}$ dans la formule (8) sont disponibles. Le problème se résume alors à calculer n_h ($h = m+1$ à r) dans la formule (7) de façon à minimiser le nombre total de parcelles-échantillons. Sachant que, dans un échantillonnage aléatoire stratifié, le nombre minimum de parcelles-échantillons pour une variance donnée est obtenue avec la méthode de distribution optimale, c'est-à-dire, quand

$$n_h = n \frac{W_h S_h}{\sum W_h S_h} \quad (9)$$

il s'agit d'adapter la formule à la situation présente.

Si l'on fait :

$$P_h = \frac{N_h}{N_2} \quad \text{où } N_2 = \sum_{h=m+1}^r N_h$$

la formule (9) devient:

$$n_h = n_2 \frac{P_h S_h}{\sum_{h=m+1}^r P_h S_h} \quad (10)$$

$$n_2 = \sum_{h=m+1}^r n_h$$

Puisque $P_h = \frac{W_h N}{N_2}$

la formule (10) devient:

$$n_h = n_2 \frac{\frac{W_h N}{N_2} S_h}{\sum_{h=m+1}^r \frac{W_h N}{N_2} S_h} = \frac{W_h S_h}{\sum_{h=m+1}^r W_h S_h} \quad (11)$$

Si n_h dans la formule (7) est remplacé par sa valeur donnée par la formule (11), on obtient:

$$V^* \bar{y}_{st} = \sum_{h=m+1}^r W_h^2 \frac{S_h^2}{n_2 \frac{W_h S_h}{\sum_{h=m+1}^r W_h S_h}} = \frac{\sum_{h=m+1}^r W_h S_h}{n_2} \left[\frac{\sum_{h=m+1}^r W_h S_h}{n_2} \right]^2$$

Ce qui fait:

$$n_2 = \left[\frac{\sum_{h=m+1}^r W_h S_h}{V^* \bar{y}_{st}} \right]^2 \quad (12)$$

Ce n_2 est le nombre total de parcelles-échantillons pour les strates auxquelles se rapportent les calculs. Ce nombre est réparti entre chacune des strates concernées en utilisant la formule (11).

Si tous les n_h obtenus avec la formule (11) sont au moins égaux aux b_h correspondants, la solution est complète. Sinon, les n_h qui sont trop petits sont remplacés par les b_h correspondants et de nouvelles valeurs de n_2 et de n_h sont calculées. Ces calculs ne doivent pas inclure les strates dans lesquelles les b_h ont remplacé les n_h .

Il peut arriver que la solution de ce troisième cas requière plusieurs calculs de n_2 et de n_h . La solution n'est définitive que lorsque les n_h nouvellement calculés sont au moins égaux aux b_h correspondants. Le nombre total de parcelles-échantillons requises dans ce cas est égal à

$$n = \sum_{h=1}^m b_h + \sum_{h=m+1}^r n_h$$

La formule (4) est utilisée pour calculer la variance du volume moyen de l'ensemble des strates.

CONCLUSION

À mesure que l'aménagement des forêts s'intensifie, l'aménagiste a besoin de plus de connaissances sur le territoire afin de prendre les décisions qui s'imposent. Les données recueillies lors d'un inventaire forestier sont une source importante d'informations pour l'aménagement des forêts. Lorsque la stratification est à la base d'un système d'inventaire, elle peut contribuer à l'obtention de plusieurs données si elle tient compte des informations qu'il faut obtenir pour la préparation des plans d'aménagement.

Le ministère des Terres et Forêts du Québec a intégré à la stratification une distribution conditionnelle des parcelles-échantillons. Cette méthode est basée sur des conditions établies en fonction de l'importance des strates. Les décisions relatives à cette importance doivent relever de l'aménagiste car il connaît tous les objectifs poursuivis dans l'aménagement d'un territoire. Les conditions doivent être déterminées après un examen détaillé de la situation. Si elles sont fixées de façon arbitraire, il peut en résulter une augmentation du coût de l'inventaire qui n'est pas justifiée.

La méthode décrite dans ce travail pour estimer le nombre de parcelles-échantillons s'applique lorsque l'aménagiste spécifie un nombre de parcelles-échantillons pour chacune des strates en plus d'exiger un

niveau de précision pour le volume moyen de l'ensemble des strates.

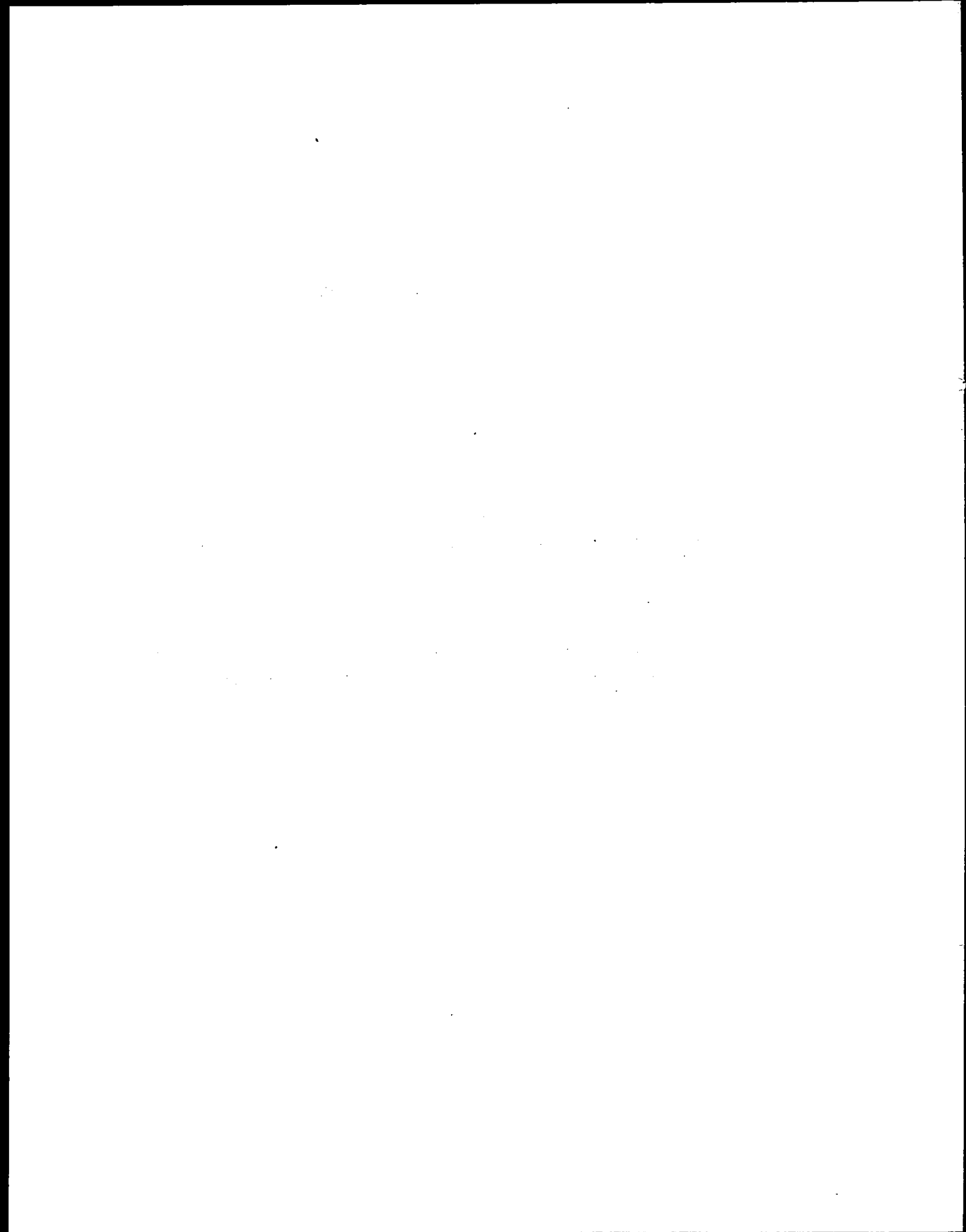
Si l'aménagiste n'est intéressé qu'à la précision de l'ensemble, la distribution optimale ou proportionnelle devrait être utilisée. Par contre, si l'aménagiste veut obtenir seulement un minimum d'informations sur chacune des strates, ces dernières peuvent être considérées séparément. L'aménagiste n'a qu'à déterminer l'échantillonnage requis dans chacune d'elles.

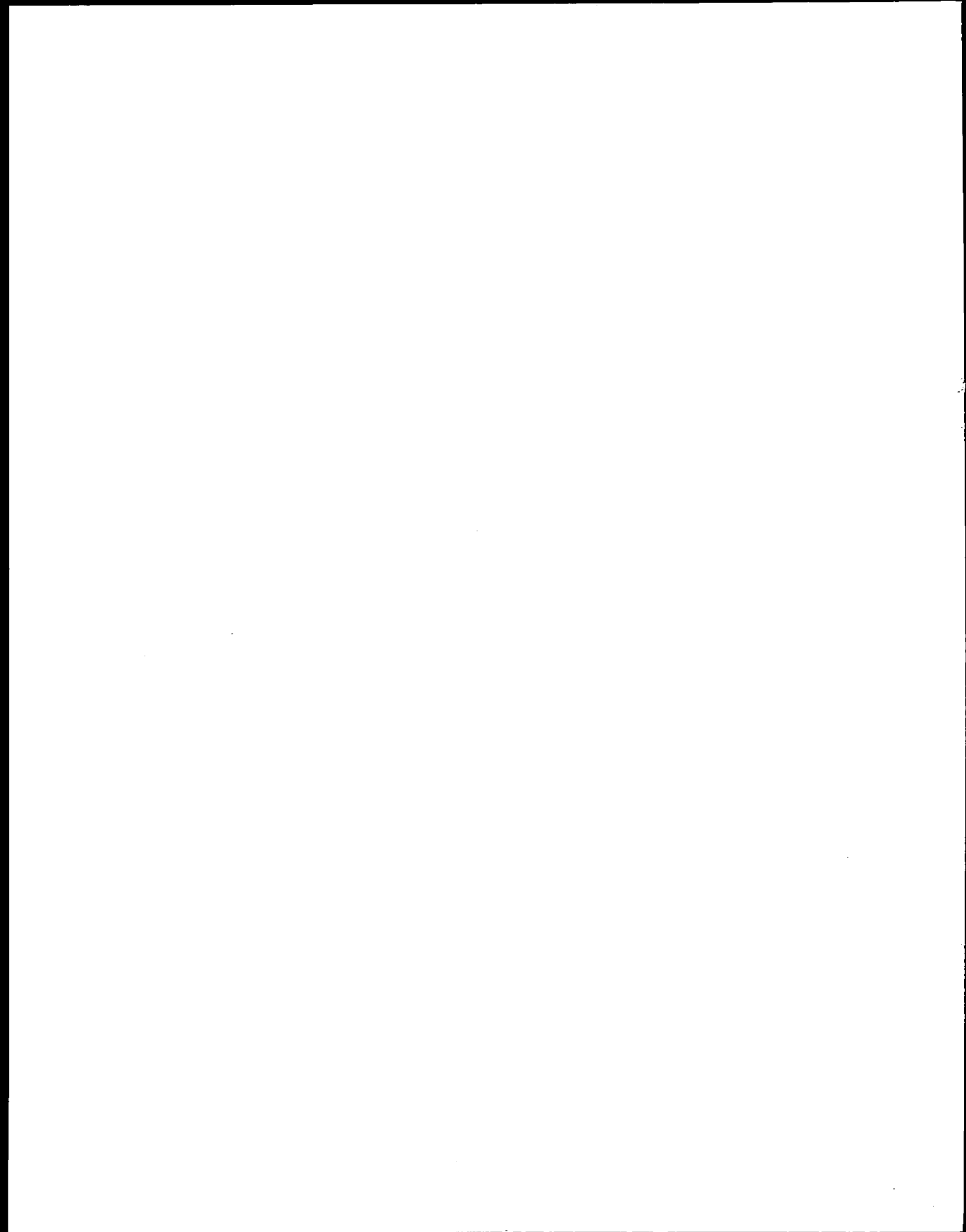
L'auteur a effectué quelques comparaisons entre la distribution conditionnelle et les distributions optimale et proportionnelle. Les résultats indiquent que plus le nombre de strates augmente, plus le nombre de parcelles-échantillons requises avec la distribution conditionnelle s'écarte des nombres requis avec la distribution optimale ou proportionnelle. L'aménagiste doit donc considérer la possibilité de regrouper les strates peu importantes avant de fixer les conditions finales.

En définitive, l'usage de la distribution conditionnelle peut s'avérer très avantageux dans un inventaire forestier dont le but n'est pas uniquement l'estimation du volume de l'ensemble de la forêt. Son utilisation requiert une analyse détaillée de chaque situation afin de fixer les conditions en conséquence. L'expérience peut alors jouer un rôle très important.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

- BICKFORD, C.A., 1961. *Stratification in timber cruising*. Jour. Forestry, 59: 761-763.
- COCHRAN, W.G., 1963. *Sampling techniques*. 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York. 413 pp.
- MOESSNER, K.E., 1963. *A Test of aerial photo classifications in forest management-volume inventories*. U.S. Dept. Agr., Forest Serv., Intermountain Forest and Range Expt. Sta., Ogden, Utah. 16 pp.
- RICHARD, Y., 1969. *A Study of forest stratification used in the Quebec boreal forest region*. State Univ. College of Forestry, Syracuse University. (Thèse de doctorat non publiée). 153 pp.





Le ministère des Terres et Forêts est responsable de l'administration et de la gestion des forêts publiques dans l'intérêt général du Québec. Le ministère doit donc se préoccuper de connaître les ressources forestières dont il dispose. L'inventaire forestier constitue un élément indispensable à une telle connaissance. Dans les limites de sa juridiction, le Service de la recherche contribue à une meilleure connaissance des ressources forestières. En effet, une partie du budget du Service est consacrée aux recherches ayant pour but de développer ou d'améliorer les méthodes utilisées lors de l'inventaire forestier.

