

**ESTIMATION DU  
FAISCEAU DE COURBES  
D'INDICE DE QUALITÉ DE STATION  
POUR LE PIN BLANC  
AU QUÉBEC**

par: J.-P. Carpentier  
L. Lacombe  
D. Bergeron  
L. St-Jean  
et P. Tardif

**recherche**

Québec 

JEAN-PIERRE CARPENTIER est bachelier en foresterie de l'Université Laval depuis 1968. Du Service de la restauration du ministère de l'Énergie et des Ressources, il est passé à la Recherche forestière, à titre de chargé de recherches en rendement des forêts. En 1987, l'Université Laval lui a décerné le diplôme de Maître ès Sciences en sylviculture et aménagement.

LOUIS LACOMBE est titulaire d'un D.É.C. en sciences appliquées depuis 1983. A l'Université Laval, il a étudié en génie électrique et en informatique. Il est à l'emploi du Service de la recherche appliquée, à titre de technicien en informatique, depuis quatre ans.

DENIS BERGERON est titulaire d'un B.Sc. en mathématiques (1986) et d'un B.Sc. en informatique (1988) de l'Université Laval. Il a été à l'emploi de la Recherche forestière pendant deux étés à titre d'étudiant.

LUC ST-JEAN, ing.f., est bachelier ès sciences appliquées (génie forestier) de l'Université Laval depuis 1986. Il a été à l'emploi de la Recherche forestière pendant un été à titre d'étudiant.

PATRICE TARDIF détient un B.Sc. en mathématiques de l'Université Laval depuis 1988 et un B.Sc. en informatique du même établissement depuis 1989. Il a été à l'emploi du Service de la recherche appliquée pendant deux étés à titre d'étudiant.

Depuis de nombreuses années, chacun des Mémoires et des autres rapports publiés par la Recherche forestière est révisé par un comité *ad hoc* d'au moins trois membres recrutés aussi bien à l'intérieur du Ministère que dans le milieu universitaire, la fonction publique fédérale ou les autres milieux de la recherche. Les responsables de la Recherche remercient les scientifiques qui ont accepté bénévolement de revoir le texte présenté ici et de participer ainsi à la diffusion des résultats des recherches menées au ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts).

Les publications de la Recherche forestière sont produites et diffusées à même les budgets de recherche et de développement, comme autant d'étapes essentielles à la réalisation de chaque projet ou expérience. En conséquence, ces documents sont, par définition, à *tirage limité* et à *diffusion restreinte*. Adresser toute demande au:

Service du transfert de technologie  
Ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts)  
2700, rue Einstein  
SAINTÉ-FOY (Québec)  
Canada G1P 3W8

ESTIMATION DU FAISCEAU DE COURBES  
D'INDICE DE QUALITÉ DE STATION  
POUR LE PIN BLANC AU QUÉBEC

par

Jean-Pierre CARPENTIER, ing.f., M.Sc.

Louis LACOMBE, tech. inf.

Denis BERGERON, B.Sc.

Luc ST-JEAN, ing.f.

et

Patrice TARDIF, B.Sc.

MÉMOIRE N° 99

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC  
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES (FORÊTS)  
DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DU DÉVELOPPEMENT  
SERVICE DE LA RECHERCHE APPLIQUÉE

1989

Ce texte est un rapport partiel du projet de recherche R81123 (anciennement RE 83-1): "Détermination des paramètres de modèles mathématiques pour l'estimation d'indices de qualité de station".

#### ERRATA

- p. 20      lire " $\beta_2 = -0,01477$ " plutôt que " $\beta_2 = -0,91477$ "
- p. 31      lire "khi-deux (ou khi-carré)" plutôt que "chi carré"

ISBN 2-550-20092-6

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

## AVANT-PROPOS

La réalisation d'un document comme celui-ci ne se fait pas sans l'aide de collaborateurs. Ces quelques lignes leurs sont destinées afin d'exprimer notre gratitude à leur égard.

Nous tenons à remercier les mathématiciens M. Richard Brunet et Mme Nadine Genest ainsi que l'informaticienne Mme Danielle Pelletier qui nous ont assistés pour la révision des textes et à certaines étapes importantes de la production de ce mémoire.

Nous voulons également remercier les chercheurs MM. J.-L. Boivin, Gilles Désaulniers, Michel Villeneuve, Jacques Pfalzgraf, Léon Carrier, J.-L. Brown, Gabriel Roy, Yvon Richard, Zoran Majcen, Jacques Bélanger et Fabien Caron qui ont procédé à une prélecture du présent texte qui en améliore la présentation définitive.



## RÉSUMÉ

La croissance et la productivité des peuplements forestiers dépendent d'une multitude de facteurs. L'indice de qualité de station est, en dendrométrie, la variable habituellement utilisée pour modéliser l'influence globale de ces facteurs sur la croissance.

Le but de la présente étude est de concevoir des équations mathématiques permettant d'exprimer la hauteur des arbres dominants et codominants en fonction de l'âge et de l'indice de qualité de station et, inversement, d'estimer l'indice de qualité de station à partir de la hauteur des arbres dominants et codominants et de leur âge.

La technique utilisée pour l'obtention des données de base a été l'analyse de tiges. L'estimation des paramètres de l'équation de prédiction pour l'indice de qualité de station a été obtenue à l'aide de régressions non linéaires.

Ce travail a été réalisé à partir de données recueillies au Québec dans des peuplements purs ou à forte dominance de pin blanc (*Pinus strobus* L.). L'échantillonnage a porté sur 44 pins blancs dominants ou codominants, localisés dans la partie méridionale du Québec.

Également, les limites et les centres de trois classes de qualité de station ont été déterminés à partir des équations obtenues.

Tous les résultats ont ensuite été intégrés dans un algorithme informatisé qui, à partir de l'âge et de la hauteur, estime l'indice de qualité de station, détermine la classe de qualité de station puis indique les accroissements annuels et les hauteurs atteintes pour tout l'horizon de prédiction.

Mots-clés: pin blanc (*Pinus Strobus* L.), croissance, rendement, courbe hauteur-âge, indice de qualité de station.

## ABSTRACT

The growth and productivity (yield) of forest stands rely upon a variety of elements. Site index is the habitual measure used to modelize the global influence of those elements on growth.

The goal of the present study is to produce mathematical equations relating the average height of dominant and codominant trees in function of their age and site index and, inversely, to estimate the site index from the average height and age of dominant and codominant trees.

The technique used was stem analysis. By regressions, parameters of a prediction equation for site index were estimated.

This study was realized with data collected in Quebec from pure or strongly dominating white pine (*Pinus Strobus* L.) stands. The sampling was constituted by 44 dominant and codominant white pines located in southern Quebec.

With the help of the equations obtained, the end points and the centers of three classes of site index were also determined.

The results were all integrated into a computer algorithm which, from age and height, estimates site index, finds site index class and shows growth and height reached for any prediction horizon.

Key-words: white pine (*Pinus Strobus L.*), growth, yield, height-age curve, site index.

## TABLE DES MATIÈRES

	page
AVANT-PROPOS . . . . .	iii
RÉSUMÉ . . . . .	v
ABSTRACT . . . . .	vii
TABLE DES MATIÈRES . . . . .	ix
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	xi
LISTE DES FIGURES . . . . .	xiii
INTRODUCTION . . . . .	1
CHAPITRE I. MATÉRIEL ET MÉTHODE . . . . .	9
1.1 Données . . . . .	9
1.1.1 Étude préliminaire pour localiser les échantillons . . . . .	9
1.1.2 Critères de première sélection . . . . .	10
1.1.3 Critères de deuxième sélection lors du traitement informatique . . . . .	12
1.2 Méthodes . . . . .	15
CHAPITRE II. RÉSULTATS . . . . .	19
CHAPITRE III. DISCUSSION . . . . .	39
3.1 Utilisation des équations . . . . .	39
3.1.1 Estimation de l'indice de qualité d'une station.	39
3.1.2 Estimation des hauteurs prédites . . . . .	40
3.2 Estimation de la suite des schémas de croissance de chaque arbre . . . . .	40

	page
3.3 Suppression dans les bas âges . . . . .	42
3.4 Courbes de croissance en hauteur et classes de qualité . . . . .	44
CONCLUSION . . . . .	51
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	53
ANNEXE A. Copie des fonctions ayant servi à l'élaboration du modèle <i>IQSPIB</i> . . . . .	57
ANNEXE B. Régressions ayant servi à l'estimation des paramètres des équations du modèle <i>IQSPIB</i> . . . .	65
ANNEXE C. Copie des fonctions constituant le modèle <i>IQSPIB</i> . . . . .	83
ANNEXE D. Exemple d'utilisation des fonctions ayant servi à l'élaboration du modèle <i>IQSPIB</i> . . . . .	87
ANNEXE E. Exemple d'utilisation du modèle <i>IQSPIB</i> . . . . .	97

## LISTE DES TABLEAUX

		page
TABLEAU 1.	Principales statistiques des données recueillies pour les 44 arbres initiaux . . .	12
TABLEAU 1a.	Schéma de croissance . . . . .	13
TABLEAU 2.	Principales statistiques des données concernant les 29 arbres retenus . . . . .	14
TABLEAU 3a.	Paramètres des équations calculées à partir des données originales . . . . .	20
TABLEAU 3b.	Paramètres des équations calculées à partir des données complétées pour corriger le biais à 50 ans . . . . .	21
TABLEAU 4.	Indices de qualité de station pour le pin blanc en fonction de l'âge et de la hauteur (en mètres) pour l'équation calculée à partir des données originales . . . . .	22
TABLEAU 5.	Évolution de la hauteur prédite (en mètres) pour différentes valeurs de l'indice de qualité de station (I.Q.S.) pour l'équation calculée à partir des données originales . . . . .	24
TABLEAU 6.	Évolution de l'accroissement annuel en hauteur prédite (en millimètres) pour différentes valeurs de l'indice de qualité de station (I.Q.S.) pour l'équation calculée à partir des données originales . . . . .	25
TABLEAU 7.	Indices de qualité de station pour le pin blanc en fonction de l'âge et de la hauteur (en mètres) pour l'équation calculée à partir des données complétées pour corriger le biais à 50 ans . .	26

TABLEAU 8.	Évolution de la hauteur prédite (en mètres) pour différentes valeurs de l'indice de qualité de station (I.Q.S.) pour l'équation calculée à partir des données complétées pour corriger le biais à 50 ans . . . . .	27
TABLEAU 9.	Évolution de l'accroissement annuel en hauteur prédite (en millimètres) pour différentes valeurs de l'indice de qualité de station (I.Q.S.) pour l'équation calculée à partir des données complétées pour corriger le biais à 50 ans . . . . .	28

## LISTE DES FIGURES

	page
FIGURE 1. Localisation des virées ayant servi à l'élaboration du modèle <i>IQSPIB</i> . . . . .	11
FIGURE 2. Hauteur en fonction de l'âge pour différents indices de qualité de station . . . . .	29
FIGURE 3. Accroissements annuels moyen et courant de la hauteur en fonction de l'âge . . . . .	30
FIGURE 4. Distribution des tiges par classe de qualité de station . . . . .	32
FIGURE 5. Illustration de la méthode utilisée pour calculer les limites et les centres des classes de qualité . . . . .	34
FIGURE 6a. Centres et limites des classes de qualité Données originales . . . . .	35
FIGURE 6b. Centres et limites des classes de qualité en bas âge, données originales . . . . .	36
FIGURE 7a. Centres et limites des classes de qualité Données complétées . . . . .	37
FIGURE 7b. Centres et limites des classes de qualité en bas âge, données complétées . . . . .	38
FIGURE 8a. Comparaison des hauteurs prédites par Plonski et par <i>IQSPIB</i> non pondéré pour trois indices de qualité de station . . . . .	46
FIGURE 8b. Comparaison des hauteurs prédites par Plonski et par <i>IQSPIB</i> pondéré pour trois indices de qualité de station . . . . .	47

FIGURE 9a. Comparaison des hauteurs prédites par Laidly et par IQSPIB non pondéré pour quatre indices de qualité de station . . . . . 49

FIGURE 9b. Comparaison des hauteurs prédites par Laidly et par IQSPIB pondéré pour quatre indices de qualité de station . . . . . 50

## INTRODUCTION

Les aménagistes ont, de tout temps, cherché à prédire le plus exactement possible la croissance en hauteur et en volume des peuplements forestiers. Cette croissance n'est pas seulement fonction du temps et de l'essence considérée, mais aussi d'une multitude d'autres facteurs inhérents à une station donnée tels la qualité du sol, le drainage, les précipitations, l'ensoleillement, le nombre de degrés-jours et les traitements sylvicoles.

Il serait utopique de penser pouvoir modéliser séparément l'influence de chacun de ces facteurs sur la croissance d'un peuplement forestier. Premièrement, il n'est même pas certain à ce jour que tous les facteurs influençant la croissance soient connus et, deuxièmement, même si on pouvait estimer l'influence de chacun, cela serait inutile, car ce qui intéresse l'aménagiste, c'est l'influence globale de ces facteurs sur le rendement en volume ligneux d'un peuplement.

D'après Spurr (1952), l'indice de qualité de station est la variable habituellement utilisée par les forestiers pour intégrer et quantifier toutes ces influences. Il est défini comme étant la hauteur moyenne des dominants et des codominants d'un peuplement lorsqu'il a atteint ou atteindra un âge de référence. Cet âge est habituellement fixé à 50 ans. Cependant il est moins élevé pour des plantations à croissance rapide et plus

élevé pour des essences à grande longévité. Ces dernières sont habituellement très résistantes aux maladies et au stress. L'indice de qualité de station (I.Q.S.) est défini ainsi car la hauteur des arbres dominants et codominants est plus étroitement liée à la capacité d'une station de produire de la matière ligneuse que toute autre mesure dendrométrique (Spurr et Barnes, 1980). De plus, l'indice de qualité de station défini de cette façon est relativement indépendant de la densité et de la composition en essences du peuplement (Clutter et al., 1983).

Les outils utilisés pour estimer l'indice de qualité d'une station furent d'abord les tables d'indice de qualité et les courbes d'indice de qualité, telles que celles publiées pour les États-Unis par le *U.S. Forest Service* (MP50, 1929) ou par Schumacher et Coile (1960), Stage (1963), Curtis (1964), Carmean (1972), ou pour le Canada par Plonski (1960, 1974), Vézina et Linteau (1968), Page et Van Nostrand (1973) pour n'en citer que quelques-uns.

Afin de déterminer l'indice de qualité de station d'un peuplement à l'aide de ces tables ou de ces courbes, il faut connaître l'âge moyen et la hauteur moyenne des dominants et codominants de l'essence principale et lire ou interpoler sur la table ou le graphique la valeur de l'indice de qualité de station. L'interpolation des tables ne fournit qu'une approximation. La lecture d'un point sur ou entre les courbes d'un graphique est une opération délicate susceptible de produire des inconsistances entre des lectures successives pour les mêmes points (Payandeh, 1974).

Pour pallier à ces inconvénients, certains auteurs ont développé des équations mathématiques pour calculer directement l'indice de qualité de station en fonction de l'âge et de

la hauteur. La disponibilité croissante d'observations de terrain ainsi que des ressources informatiques pouvant traiter de plus en plus rapidement une grande quantité de données, ont permis le développement de modèles de plus en plus précis et adaptés à la plupart des essences ligneuses installées dans des conditions de croissance diverses.

Le but du présent travail est de présenter deux équations mathématiques pour les peuplements purs ou à forte dominance en pin blanc (*Pinus strobus* L.) croissant au Québec. La première équation permet de calculer l'indice de qualité de station en fonction de l'âge moyen et de la hauteur moyenne des dominants et codominants. La deuxième permet de prédire la hauteur en fonction de l'âge et de l'indice de qualité de station. De cette dernière, on dérive les taux d'accroissement annuel courant et moyen en hauteur.

Le pin blanc est un arbre de grande taille et à croissance assez rapide. Il est répandu surtout dans la partie méridionale du Québec. C'est un arbre semi-sciaphile qui possède la particularité de très bien supporter une longue période de suppression. Il fait preuve d'une grande capacité d'adaptation en ce qui a trait aux caractéristiques des sols. Le bois de pin blanc est d'excellente qualité et il est très recherché par l'industrie du bois de sciage. Depuis les débuts de la colonie, l'industrie navale, surtout anglaise, a fait une forte consommation des plus grosses tiges jusqu'à la fin de la marine à voile. La coupe était donc pratiquée à diamètre limite. C'est encore souvent le cas de nos jours, ainsi les pins blancs matures facilement accessibles deviennent de plus en plus difficiles à trouver dans la province.

De nombreuses équations ont été produites pour calculer un indice de qualité de station pour la plupart des

essences ligneuses commerciales croissant aux États-Unis: Bailey et autres (1973), Burkhart et Tennent (1977), Pienaar et Shiver (1980), Dolph (1983), et au Canada: Payandeh (1974), Page et Van Nostrand (1973), Vézina et Linteau (1968). Cependant, seuls les travaux de Vézina et Linteau (1968) sur l'épinette blanche et le sapin ont été réalisés à partir de données recueillies au Québec.

Devant cette lacune et étant donnée l'importance commerciale du pin blanc, nous avons entrepris de recueillir les données nécessaires pour concevoir des équations d'indice de qualité de station pour le pin blanc. Les équations utilisées actuellement sont celles produites par Payandeh (1974) à partir des tables de Plonski (1960) pour l'Ontario. Mais il n'est pas certain que ces équations s'appliquent idéalement aux peuplements forestiers du Québec. En effet, Page et Van Nostrand (1973) ont démontré que dans le cas de l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) des forêts terre-neuviennes, les schémas de croissance observés étaient considérablement différents de ceux prédits par Plonski. Au Québec les jeunes pins blancs croissent probablement à un rythme qui leur est propre. C'est lors de cette période juvénile qu'il est important d'analyser les taux de croissance, afin d'éviter des coupes prématurées entraînant des pertes de bois.

Deux méthodes sont largement utilisées pour obtenir des courbes de hauteur par classe de fertilité et des équations de prédiction d'indice de qualité de station:

- A- la méthode de la courbe guide; Bruce (1926), Plonski (1960), Brickell (1968);
- B- l'analyse de tiges; Stage (1963), Curtis (1964), Carmean (1972).

La première comporte les étapes suivantes:

- 1- choisir un modèle mathématique qui, selon les observations préliminaires, représente bien le schéma de croissance de l'essence étudiée;
- 2- séparer l'échantillonnage de base en un certain nombre de groupes de qualité;
- 3- estimer un indice de qualité moyen pour chaque groupe à l'aide d'une régression avec le modèle choisi;
- 4- affecter cet indice à toutes les observations d'un même groupe;
- 5- calculer par une dernière régression l'équation de l'indice de qualité de station.

Cette méthode possède l'inconvénient de représenter le schéma de croissance en hauteur de manière anamorphe. Il serait sans doute préférable d'utiliser des modèles polymorphes. De plus, on doit être certain que le modèle choisi au départ pour séparer l'échantillonnage de base en groupes de qualité est valable. Par la suite, on doit retenir le même modèle tout au long des opérations subséquentes. Toutefois la méthode a comme avantage qu'elle peut être utilisée à partir de données dendrométriques globales pour chaque placette et habituellement recueillies par la plupart des services d'inventaires forestiers dans les placettes temporaires, donc largement disponibles. Houillier (1986) appelle ce type d'échantillonnage "Inventaire transversal avec mesure de l'âge" dans lequel les données se présentent sous la forme d'un nuage de points dans l'espace  $(a, Z)$  où "a" représente l'âge et "Z", la variable étudiée.

La deuxième méthode est l'analyse de tiges. Ce procédé sert à établir des prédictions à partir des principales caractéristiques dendrométriques des arbres. Selon Zarnovican (1985), l'analyse de tiges est en plein essor avec les équipements informatiques modernes. Comme le ministère de l'Énergie et des Ressources (M.E.R.) disposait des ressources nécessaires, nous avons donc opté pour l'analyse de tiges. La technique retenue consiste à couper un certain nombre d'arbres dominants et codominants, à en extraire des rondelles à hauteurs fixes dans la tige et à déterminer le nombre de cernes annuels, dans le but d'obtenir une courbe de croissance en hauteur relativement complète pour chaque tige.

L'avantage de cette méthode est de juxtaposer un grand nombre de courbes complètes. On constate qu'il est préférable d'utiliser des modèles polymorphes, que l'on peut d'ailleurs choisir avec beaucoup plus de soin par l'étude des séries réelles de croissance des tiges. L'inconvénient est bien sûr le travail et le coût impliqués dans la prise des données. Mais selon Curtis (1964), l'analyse de tiges produit habituellement une meilleure estimation de la productivité potentielle d'une station forestière.

Plusieurs équations ont été utilisées au cours des années pour modéliser l'évolution en hauteur des peuplements forestiers. Il s'agit habituellement de modèles asymptotiques non linéaires couramment utilisés en biologie, entre autres, le modèle de Chapman-Richards:

$$H = \beta_0 (1 - e^{-\beta_1 A})^{\beta_2}$$

où: H = hauteur  
 A = âge total compté à la souche  
 e = base des logarithmes naturels  
 $\beta_i$  = paramètres à estimer.

Ce modèle a été proposé par Richards (1959), comme une généralisation du modèle allométrique obtenu par von Bertalanffy (1957), en étudiant la croissance des organismes vivants. En y ajoutant un terme pour permettre l'influence de l'indice de qualité de station, on obtient la forme suivante:

$$H = \beta_0 S (1 - e^{-\beta_1 A})^{\beta_2}$$

où: H, A, e,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  sont définis comme précédemment  
 S = indice de qualité de station, exprimé comme la hauteur atteinte à l'âge de référence choisi.

L'indice de qualité de station n'intervient pas dans la section de l'équation représentant la forme de ce modèle, si bien qu'il ne permet que de produire des séries de courbes anamorphes. Or, l'observation des courbes de Plonski (1960) pour le pin blanc montre clairement le caractère polymorphe de ces dernières. Voilà pourquoi nous avons préféré, au modèle de Chapman-Richards, la modification qu'en a proposé Ek (1971):

$$H = \beta_0 S^{\beta_1} (1 - e^{-\beta_2 A})^{\beta_3 S^{\beta_4}}$$

où:

- H = hauteur
- S = indice de qualité de station
- A = âge total compté à la souche
- e = base des logarithmes naturels
- $\beta_i$  = paramètres à estimer.

Le modèle de Chapman-Richards se résout bien pour isoler l'indice de qualité de station. Ce n'est pas le cas pour le modèle d'Ek. Pour pallier à ce problème, nous avons adopté la même approche que Payandeh (1974) pour l'équation d'estimation de l'indice de qualité de station, c'est-à-dire un échange des variables S et H:

$$S = \beta_0 H^{\beta_1} (1 - e^{-\beta_2 A})^{\beta_3 H^{\beta_4}}$$

où:

- S = indice de qualité de station
- H = hauteur
- A = âge total compté à la souche
- e = base des logarithmes naturels
- $\beta_i$  = paramètres à estimer.

## CHAPITRE I

### MATÉRIEL ET MÉTHODE

#### 1.1 DONNÉES

##### 1.1.1 Étude préliminaire pour localiser les échantillons

En 1987, le Service de l'inventaire forestier (S.I.F.) du M.E.R. a confié à deux firmes privées la cueillette de données dendrométriques pour préciser la localisation, la qualité et la quantité des pins blancs et des pins rouges croissant dans la partie ouest du Québec.

Cette étude avait comme but de compléter l'inventaire habituel pour répondre à des besoins spécifiques. En outre, les forestiers ont procédé à des études d'arbres afin d'évaluer la qualité des billes. Sur différentes virées, de trois à six arbres ont été coupés à hauteur de souche (15 cm du sol). Puis les troncs ont été sectionnés tous les 10 cm jusqu'au DHP (diamètre mesuré à 1,30 m du sol) et, finalement, à tous les mètres jusqu'à la flèche terminale de l'arbre.

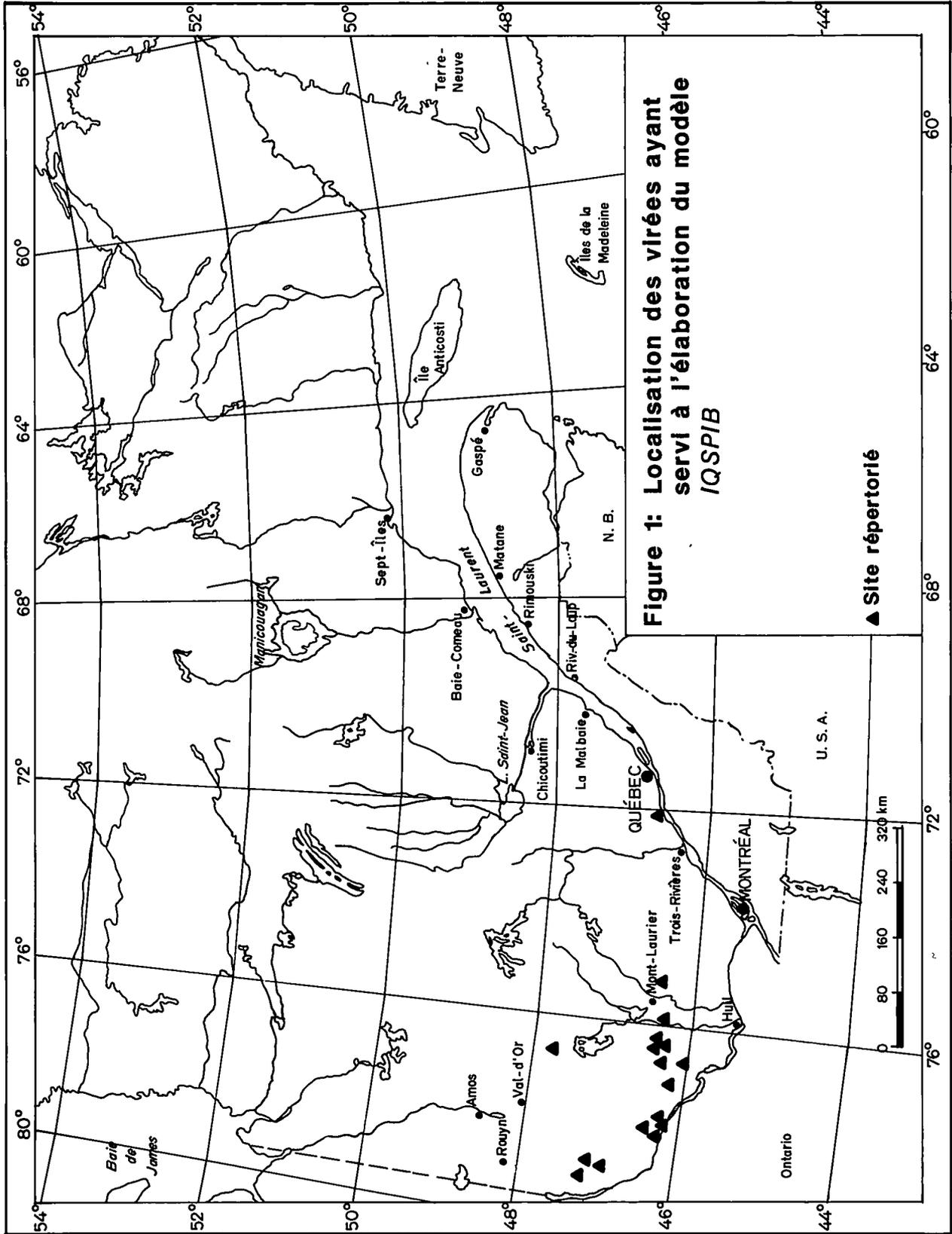
Ces différents tronçons ont procuré un matériel de base pour commencer l'étude de terrain. Dix-sept endroits ont alors été répertoriés, dans lesquels nous avons effectué nos virées de reconnaissance. La figure 1 montre la localisation des 17 stations étudiées.

#### 1.1.2 Critères de première sélection

En premier lieu, on a choisi d'évaluer les arbres déjà coupés. La longueur totale de chaque arbre a été comparée à la hauteur moyenne des arbres debout pour déterminer s'il s'agissait d'un dominant ou d'un codominant. De plus, la mesure de son âge devait être supérieure à 50 ans et l'arbre devait présenter une cime abondante, laissant supposer une croissance normale et régulière depuis plusieurs années.

Si aucun arbre coupé ne répondait à ces conditions dans une placette, nous procédions alors à la coupe d'un arbre dominant ou codominant ayant une cime abondante avec un âge supérieur à 50 ans. Ces arbres ont été sectionnés à hauteur de souche, ensuite au DHP et puis à tous les mètres jusqu'à la flèche terminale.

Pour chaque arbre recensé, les anneaux de croissance ont été comptés sur chacune des sections. Ces mesures furent recueillies par deux observateurs qui devaient corroborer leurs résultats pour déterminer l'âge à chaque section de l'arbre. La longueur du dernier tronçon de chaque arbre fut aussi mesurée. Un échantillon de 44 arbres a été sélectionné de cette façon. Le tableau 1 montre des statistiques dendrométriques concernant les variables âge et hauteur.



**Figure 1: Localisation des vlrées ayant servi à l'élaboration du modèle IQSPIB**

▲ Site répertorié

TABLEAU 1  
 PRINCIPALES STATISTIQUES DES DONNÉES RECUEILLIES  
 POUR LES 44 ARBRES INITIAUX

Variable	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Âge	95,1	24,9	50,0	142,0
Hauteur (m)	21,5	4,1	11,3	28,9

Dans ce tableau et dans le reste de ce mémoire, la variable "âge" désigne l'âge à la souche mesuré à 15 cm au-dessus du sol et la variable "hauteur" désigne la longueur de la tige coupée, c'est-à-dire la hauteur totale moins 15 cm.

1.1.3 Critères de deuxième sélection lors du traitement informatique

Le schéma de croissance de chaque arbre a été reproduit de la façon suivante: il s'agissait de considérer l'âge à la souche comme l'âge total de l'arbre et de l'affecter à sa hauteur maximale. À tous les autres niveaux de l'arbre, la variable "âge" est déterminée comme étant l'âge total moins le nombre d'anneaux de croissance dénombrés à ce niveau (Cf. tableau 1A).

Puis le graphique montrant l'évolution de la hauteur en fonction de l'âge a été tracé pour chaque arbre afin de pouvoir en visualiser les schémas de croissance. Ces courbes ont permis d'éliminer 15 arbres de l'échantillonnage parce qu'ils montraient des traces de suppression importante ou

TABLEAU 1A

SCHÉMA DE CROISSANCE

<u>N° D'ARBRE</u>	<u>HAUTEUR</u>	<u>ÂGE</u>
1	1.15	3
1	2.15	5
1	3.15	7
1	4.15	10
1	5.15	11
1	6.15	14
1	7.15	17
1	8.15	22
1	9.15	25
1	10.15	27
1	11.15	44
1	12.15	54
1	13.15	61
1	14.15	67
1	15.15	71
1	16.15	74
1	17.15	78
1	18.15	83
1	19.15	86
1	20.15	88
1	21.15	93
1	21.68	95

d'accidents de croissance en hauteur comme un bris de cime. Finalement, 29 arbres ont été retenus pour l'étude. Les principales statistiques des données relatives à ces arbres sont montrées dans le tableau 2.

TABLEAU 2  
PRINCIPALES STATISTIQUES DES DONNÉES CONCERNANT  
LES 29 ARBRES RETENUS

Variable	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Âge	95,2	24,2	50,0	140,0
Hauteur (m)	21,8	4,1	11,3	28,1

Tous les arbres échantillonnés, à quelques exceptions près, montraient de légères traces de suppression avant 60 ans. Normalement, de tels arbres devraient être rejetés de l'échantillonnage pour une étude sur l'indice de qualité de station. Dans notre cas, cela aurait signifié l'élimination de la presque totalité des arbres sélectionnés. Comme cette suppression semblait être la règle plutôt que l'exception et étant donnée la particularité qu'ont les pins blancs de se développer sous le couvert d'arbres plus grands, nous avons jugé que cette suppression était un caractère inhérent aux conditions présentes de croissance de l'essence et les arbres ont été conservés, en espérant que le modèle choisi pour la hauteur pourrait modéliser cette suppression de façon satisfaisante. Ce point est discuté ultérieurement dans la présente étude.

## 1.2 MÉTHODES

Nous avons choisi 50 ans comme âge de référence pour l'indice de qualité de station. Cet âge est couramment utilisé dans la littérature comme âge de référence pour quantifier l'indice de qualité de station de la plupart des essences ligneuses commerciales, y compris le pin blanc (Cf. Payandeh, 1974).

Il a donc fallu, en premier lieu, déterminer la hauteur atteinte à 50 ans pour chaque arbre. Certains auteurs effectuent une régression pour déterminer une relation hauteur/âge pour chaque arbre et ils déduisent la hauteur à l'âge de référence à partir de l'équation obtenue (Cf. Monserud, 1984). Cette procédure a été rejetée puisque, premièrement, la hauteur estimée par l'interpolation linéaire se rapprochait davantage de la valeur probable de la hauteur réelle à 50 ans. Deuxièmement, aucun des modèles sigmoïdaux couramment utilisés ne pouvait suivre toutes les différentes formes des relations hauteur/âge des arbres de l'échantillonnage. Comme tous les arbres de l'échantillon avaient atteint ou dépassé 50 ans, il était plus judicieux de procéder par interpolation linéaire entre les deux valeurs immédiatement inférieure et supérieure à 50 ans. De plus, l'espacement relativement étroit (1 mètre) entre les hauteurs par rapport à d'autres études du genre nous assurait une bonne estimation de la hauteur à 50 ans à l'aide de l'interpolation linéaire.

Deux méthodes sont habituellement utilisées pour calculer la relation:

$$\text{Hauteur} = f(\text{Âge}, \text{I.Q.S.}).$$

La première approche consiste à faire la moyenne des hauteurs de toutes les tiges échantillonnées dans une même placette, et d'utiliser ces moyennes pour chaque placette comme

des observations indépendantes pour la régression. La seconde approche considère chaque arbre échantillonné comme une observation indépendante. Étant donné que le nombre d'arbres échantillonnés par placette n'était pas constant, la deuxième technique a été adoptée.

Les premières considérations ont été basées sur le modèle d'Ek (1971) présenté en introduction. Malgré tous les efforts déployés, on n'a pu obtenir qu'une équation sans asymptote supérieure. Comme solution à ce problème, on a utilisé la méthode proposée par Brewer et al. (1985) dans leur étude comparative de cinq courbes asymptotiques, c'est-à-dire estimer une asymptote supérieure et effectuer les régressions avec cette contrainte. Cependant, aucune des méthodes proposées par ces auteurs ne s'est avérée satisfaisante pour fixer avec exactitude l'asymptote supérieure.

En conséquence, on a décidé d'appliquer la méthode qui suit. À l'âge total observé à la souche de chaque arbre, on a ajouté une série d'âges, à intervalle de 10 ans, jusqu'à 190 ans. Puis, à l'aide de l'équation que Payandeh (1974) a calculée à partir des tables de Plonski (1960) et dont les paramètres pour le pin blanc, en données métriques, ont été publiés (Payandeh 1977), nous avons calculé une hauteur prédite pour chaque âge ajouté au-dessus de l'âge réel selon l'indice de qualité de station de chaque arbre. En somme, nous avons estimé une suite au schéma de croissance de chaque arbre en période de maturité en nous basant sur les tables de Plonski.

À partir des données complétées de la sorte, les régressions ont procuré une équation avec une asymptote supérieure beaucoup plus réaliste. De plus, les résultats obtenus en bas âge sont semblables à ceux de l'équation calculée

à partir des données non complétées, ce qui a permis de supposer que le complément de données n'a pas biaisé les résultats, mais a simplement rendu notre équation plus stable au-delà des limites de notre échantillonnage de base.

L'équation obtenue présentait par contre un problème. Lorsqu'elle avait comme arguments un âge de cinquante ans et une liste d'indices de qualité de station variant à l'intérieur des limites de notre échantillonnage, elle aurait dû prédire des hauteurs identiques ou relativement proches des indices de qualité de station donnés comme arguments et ce, de par la définition même de l'indice de qualité de station. Or, les valeurs de la hauteur étaient surestimées jusqu'à 1 mètre pour les stations les plus pauvres.

L'étude des résidus de la régression n'ayant donné aucune indication qui aurait permis de régler ce problème, il a fallu avoir recours à une pondération permettant d'améliorer les prédictions de l'équation à cinquante ans sans biaiser le reste de l'horizon de prédiction. On a donc ajouté aux données initiales un certain nombre d'observations artificielles dont l'âge était toujours de 50 ans, puis la hauteur et l'indice de qualité de station ont été uniformément distribués à l'intérieur des limites inférieure et supérieure de l'indice de qualité de station de notre échantillonnage initial; mais pour chaque observation ajoutée, la hauteur et l'indice de qualité étaient égaux, respectant la définition même de la quantification de l'indice. Le nombre de données artificielles ainsi ajoutées était d'environ 10% du nombre d'observations initiales.

Pour l'ensemble de l'horizon de prédiction, la nouvelle équation ainsi obtenue n'a pas donné de résultats sensiblement différents de la première, sauf que les prédictions à 50 ans étaient moins surestimées. Les prédictions pour la

période juvénile (<20 ans) ont semblé être les plus affectées par l'ajout des données artificielles. Étant donné que cette méthode d'ajustement est peu orthodoxe, nous nous sommes limités à une faible pondération. D'ailleurs, selon Payandeh (1974), la condition:

$$\text{hauteur} = \text{indice de qualité à 50 ans}$$

ne peut pas être satisfaite parfaitement par le modèle d'Ek, où la variable indice de qualité de station apparaît deux fois dans l'équation, la deuxième fois comme exposant.

La deuxième étape de notre travail fut de calculer la relation:

$$\text{indice de qualité} = f(\text{Âge}, \text{Hauteur}).$$

Le modèle d'Ek ne peut être résolu pour l'indice de qualité de station. Nous avons choisi l'approche de Payandeh (1974) et effectué une régression non linéaire avec un modèle semblable à celui d'Ek mais où les variables "hauteur" et "indice de qualité de station" ont changé de position dans l'équation.

Deux régressions ont été effectuées pour ce modèle: une à partir des données originales et l'autre, à partir des données complétées pour améliorer les estimations à 50 ans. Encore une fois les résultats obtenus par les deux équations sont très semblables, bien que ceux obtenus à partir des données complétées semblent moins biaisés pour les estimations à 50 ans.

## CHAPITRE II

### RÉSULTATS

Étant donné la façon particulière avec laquelle nous avons essayé d'améliorer la précision de l'estimation des équations pour un âge de 50 ans, nous avons décidé de présenter ici les résultats obtenus à partir des données originales (complétées selon Plonski) en plus de ceux obtenus à partir des données pondérées pour corriger les estimations à 50 ans.

Les tableaux 3a et 3b présentent les paramètres estimés pour calculer la hauteur à partir de l'âge et de l'indice de qualité de station, ainsi que ceux qui ont servi à estimer l'indice de qualité de station en fonction de l'âge et de la hauteur pour le modèle d'Ek.

Le tableau 4 présente les estimations de l'indice de qualité de station en fonction de l'âge et de la hauteur, pour les paramètres obtenus à partir des données originales.

TABLEAU 3a

PARAMÈTRES DES ÉQUATIONS CALCULÉES  
À PARTIR DES DONNÉES ORIGINALES

MODÈLE:  $H = \beta_0 S^{\beta_1} (1 - e^{-\beta_2 A}) \beta_3 S^{\beta_4}$

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
VALEUR:	6,26399	0,61848	-0,01858	2,97501	-0,24106
ÉCART-TYPE:	0,28942	0,01786	0,00043	0,34700	0,04358
S.R.Q.:	1485,87186				
R <sup>2</sup> :	0,98				

MODÈLE:  $S = \beta_0 H^{\beta_1} (1 - e^{-\beta_2 A}) \beta_3 H^{\beta_4}$

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
VALEUR:	0,19928	1,20097	-0,914477	-1,75453	-0,03052
ÉCART-TYPE:	0,00733	0,00981	0,00029	0,01574	0,00222
S.R.Q.:	513,38049				
R <sup>2</sup> :	0,95				

Tous les symboles utilisés dans ce tableau ont déjà été définis dans l'introduction sauf:

S.R.Q. = Somme des résidus quadratiques (*Residual sum of squares*)

R<sup>2</sup> = Coefficient de détermination de la régression.

TABLEAU 3b

PARAMÈTRES DES ÉQUATIONS CALCULÉES  
 À PARTIR DES DONNÉES COMPLÉTÉES  
 POUR CORRIGER LE BIAIS À 50 ANS

MODÈLE:  $H = \beta_0 S^{\beta_1} (1 - e^{-\beta_2 A}) \beta_3 S^{\beta_4}$

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
VALEUR:	6,66432	0,59530	-0,01867	4,36324	-0,37935
ÉCART-TYPE:	0,27729	0,01601	0,00039	0,34536	0,02921
S.R.Q.:	1569,98325				
R <sup>2</sup> :	0,98				

MODÈLE:  $S = \beta_0 H^{\beta_1} (1 - e^{-\beta_2 A}) \beta_3 H^{\beta_4}$

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
VALEUR:	0,22622	1,15891	-0,01403	-1,66822	-0,03327
ÉCART-TYPE:	0,00709	0,00814	0,00026	0,01309	0,00213
S.R.Q.:	587,56821				
R <sup>2</sup> :	0,96				

Tous les symboles utilisés dans ce tableau ont déjà été définis.



Tous les indices de qualité de station calculés qui sont en dehors des limites de l'échantillonnage ne sont pas montrés, la validité de l'équation étant incertaine dans ces cas.

Dans les tableaux 5 et 6, on peut voir l'évolution de la hauteur estimée et de l'accroissement annuel courant en hauteur, en fonction de l'âge et de l'indice de qualité de station, respectivement pour l'équation obtenue à partir des données originales.

Les tableaux 7, 8 et 9 présentent les mêmes informations que les tableaux 4, 5 et 6 respectivement, mais pour les équations obtenues à partir des données pondérées afin d'améliorer les prédictions à 50 ans.

Les figures 2 et 3 représentent l'information des tableaux 8 et 9 sous forme de graphiques. La figure 2 représente un faisceau de courbes de la hauteur en fonction de l'âge pour différents indices de qualité de station. La figure 3 montre les accroissements annuels moyen et courant en hauteur pour trois indices de qualité de station. L'accroissement annuel moyen est défini comme étant la hauteur divisée par l'âge, alors que l'accroissement annuel courant pour un âge donné est la différence entre la hauteur à cet âge et celle de l'année précédente. Mathématiquement, l'accroissement annuel courant peut être considéré comme la dérivée de la hauteur par rapport à l'âge. À la limite, l'accroissement annuel courant peut être pris comme un taux instantané d'accroissement en hauteur.

TABLEAU 5

EVOLUTION DE LA HAUTEUR PREDITE (EN METRES)  
 POUR DIFFERENTES VALEURS DE L'INDICE DE  
 QUALITE DE STATION (I.Q.S.) POUR L'EQUATION  
 CALCULEE A PARTIR DES DONNEES ORIGINALES

I.Q.S.	AGE																			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
7	0.8	2.4	4.3	6.3	8.2	10.0	11.5	12.9	14.2	15.2	16.1	16.9	17.5	18.1	18.5	18.9	19.3	19.5	19.7	19.9
8	0.9	2.8	4.9	7.1	9.2	11.1	12.8	14.3	15.6	16.7	17.7	18.5	19.1	19.7	20.2	20.6	21.0	21.2	21.5	21.7
9	1.1	3.1	5.5	7.9	10.1	12.2	14.0	15.6	16.9	18.1	19.1	20.0	20.7	21.3	21.8	22.2	22.6	22.9	23.1	23.4
10	1.3	3.5	6.1	8.6	11.0	13.2	15.1	16.8	18.2	19.5	20.5	21.4	22.2	22.8	23.3	23.8	24.2	24.5	24.7	24.9
11	1.4	3.9	6.7	9.4	11.9	14.2	16.2	18.0	19.5	20.8	21.9	22.8	23.6	24.3	24.8	25.3	25.7	26.0	26.3	26.5
12	1.6	4.3	7.3	10.1	12.8	15.2	17.3	19.2	20.7	22.1	23.2	24.2	25.0	25.7	26.3	26.7	27.1	27.5	27.7	28.0
13	1.8	4.7	7.8	10.9	13.7	16.2	18.4	20.3	21.9	23.3	24.5	25.5	26.3	27.0	27.6	28.1	28.5	28.9	29.2	29.4
14	2.0	5.1	8.4	11.6	14.5	17.1	19.4	21.4	23.1	24.5	25.8	26.8	27.7	28.4	29.0	29.5	29.9	30.3	30.6	30.8
15	2.1	5.5	9.0	12.3	15.4	18.1	20.4	22.5	24.2	25.7	27.0	28.0	28.9	29.7	30.3	30.8	31.3	31.6	31.9	32.2
16	2.3	5.8	9.5	13.0	16.2	19.0	21.4	23.5	25.3	26.9	28.2	29.3	30.2	30.9	31.6	32.1	32.6	32.9	33.3	33.5
17	2.5	6.2	10.1	13.7	17.0	19.9	22.4	24.6	26.4	28.0	29.3	30.4	31.4	32.2	32.8	33.4	33.8	34.2	34.6	34.8
18	2.7	6.6	10.6	14.4	17.8	20.8	23.4	25.6	27.5	29.1	30.5	31.6	32.6	33.4	34.1	34.6	35.1	35.5	35.8	36.1

TABLEAU 6

EVOLUTION DE L'ACCROISSEMENT ANNUEL EN HAUTEUR PREDITE  
(EN MILLIMETRES) POUR DIFFERENTES VALEURS DE L'INDICE  
DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) POUR L'EQUATION CALCULEE  
A PARTIR DES DONNEES ORIGINALES

I. Q. S.	AGF																			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
7	126	180	198	197	186	169	150	132	114	98	84	71	60	51	42	36	30	25	21	17
8	148	203	220	216	201	182	161	141	122	104	89	75	63	53	45	38	31	26	22	18
9	169	226	240	233	216	194	171	149	128	110	93	79	67	56	47	39	33	28	23	19
10	191	247	259	249	230	206	181	157	135	115	98	83	70	59	49	41	34	29	24	20
11	212	269	278	265	243	217	190	164	141	120	102	86	72	61	51	43	36	30	25	21
12	233	289	296	280	255	227	198	171	147	125	106	89	75	63	53	44	37	31	26	21
13	255	309	313	295	267	237	206	178	152	129	110	92	78	65	55	46	38	32	26	22
14	276	329	330	309	279	246	214	184	158	134	113	95	80	67	56	47	39	33	27	23
15	297	348	346	323	290	255	222	191	163	138	117	98	82	69	58	48	40	34	28	23
16	318	367	362	336	301	264	229	196	167	142	120	101	85	71	59	50	41	34	29	24
17	338	386	378	349	311	273	236	202	172	146	123	103	87	73	61	51	42	35	29	24
18	359	404	393	361	322	281	243	208	177	149	126	106	89	74	62	52	43	36	30	25

TARLEAU 7

INDICES DE QUALITE DE STATION POUR LE PIN BLANC  
 EN FONCTION DE L'AGE ET DE LA HAUTEUR (EN METRES)  
 POUR L'EQUATION CALCULEE A PARTIR DES DONNEES  
 COMPLETEES POUR CORRIGER LE BIAIS A 50 ANS

HAUTEUR	AGE																			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
5																				
6	13.5	7.9																		
7	16.5	9.7	8.1																	
8		11.5	13.3	9.4	7.3															
9		15.1	10.7	8.4	9.4															
10		17.0	12.0	9.4	10.5	8.7	7.5													
11			13.4	10.5	8.7	7.4	7.4													
12			14.8	11.5	9.6	8.3	8.1	8.1	8.0											
13			16.1	12.6	10.5	9.1	8.1	10.0	8.0	7.4										
14			17.5	13.7	11.4	9.9	8.8	10.7	8.7	8.0										
15				14.8	12.3	10.7	9.5	10.2	9.3	8.6										
16				15.9	13.3	11.5	10.2	11.0	10.0	9.3	8.6									
17				17.1	14.2	12.3	11.0	11.7	10.7	9.9	9.3	8.7	8.2							
18					15.2	13.1	11.7	12.3	11.0	10.5	9.9	9.4	8.8	8.4						
19					16.1	14.0	12.5	13.2	11.2	10.5	9.9	9.4	9.0	8.6						
20					17.1	14.8	13.2	12.0	11.2	10.5	9.9	9.4	9.0	8.6						
21						15.6	14.0	12.7	11.8	11.1	10.5	10.1	9.5	9.2	8.9	8.6				
22						16.5	14.7	13.4	12.4	11.7	11.1	10.6	10.2	9.9	9.6					
23						17.3	15.5	14.1	13.1	12.3	11.7	11.2	10.7	10.4	10.1	9.9	9.7	9.5	9.4	
24							16.3	14.8	13.7	12.9	12.2	11.7	11.3	10.9	10.6	10.4	10.2	10.0	9.9	
25							17.0	15.5	14.4	13.5	12.8	12.3	11.8	11.5	11.2	10.9	10.7	10.5	10.4	
26							17.8	16.2	15.1	14.1	13.4	12.8	12.4	12.0	11.7	11.4	11.2	11.0	10.8	
27								17.0	15.7	14.8	14.0	13.4	12.9	12.5	12.2	11.9	11.7	11.5	11.3	
28								16.4	15.4	14.6	14.0	13.4	12.9	12.5	12.2	11.9	11.7	11.5	11.3	
29								17.1	16.0	15.2	14.6	14.0	13.5	13.1	12.7	12.4	12.2	12.0	11.8	
30								17.7	16.7	15.8	15.1	14.6	14.0	13.6	13.2	12.9	12.7	12.5	12.3	
31									17.3	16.4	15.7	15.2	14.7	14.3	13.8	13.5	13.2	13.0	12.8	
32									18.0	17.0	16.4	15.7	15.2	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	
33										17.0	16.3	15.7	15.2	14.8	14.5	14.2	14.0	13.8	13.6	
34										17.7	16.9	16.3	15.7	15.2	14.8	14.5	14.2	14.0	13.8	
35											17.5	16.9	16.3	15.7	15.2	14.8	14.5	14.2	14.0	
												17.4	16.9	16.3	15.9	15.5	15.2	15.0	14.8	
													17.4	16.9	16.4	16.1	15.8	15.5	15.3	

TABLEAU 8

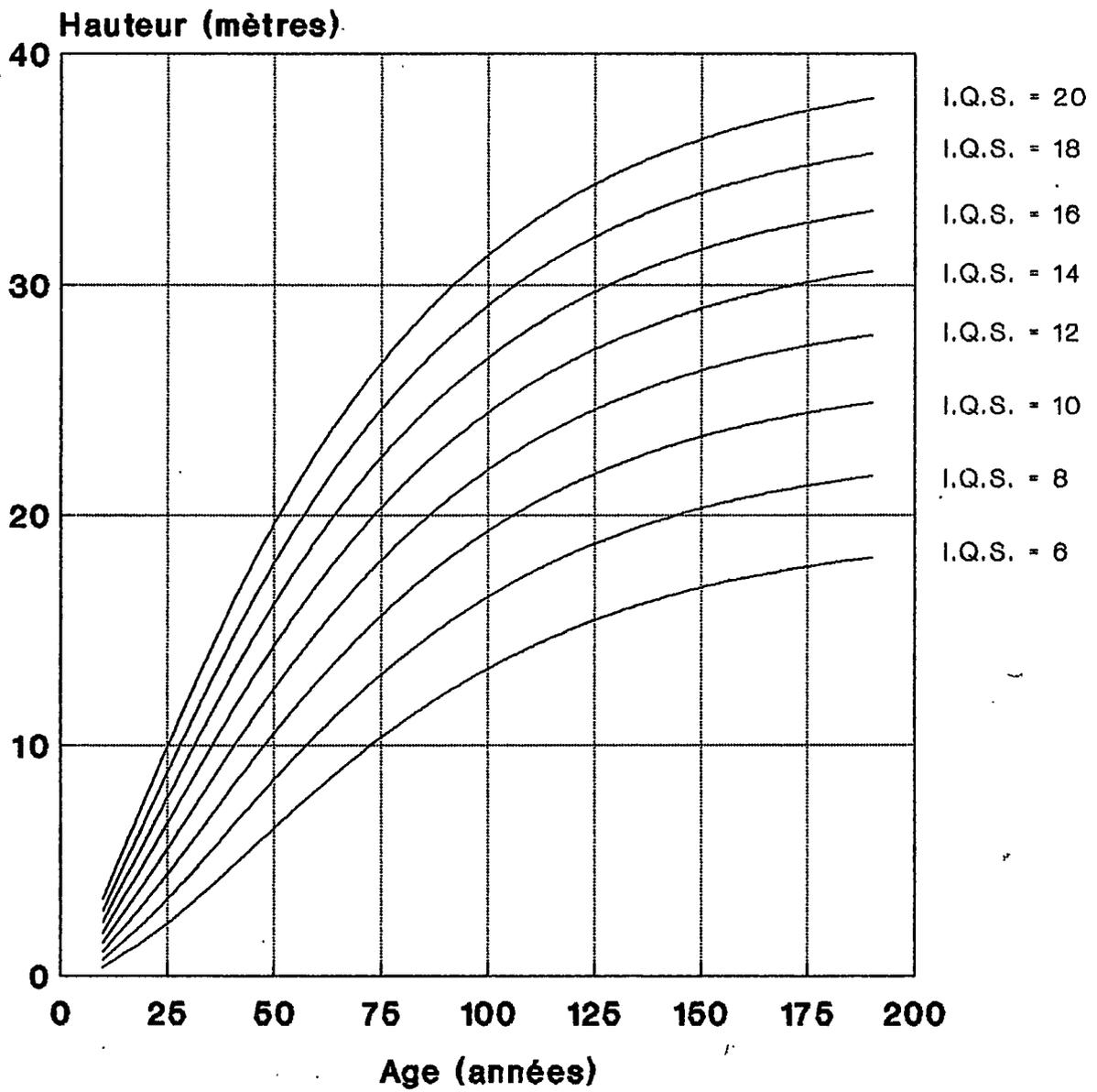
EVOLUTION DE LA HAUTEUR PREDITE (EN METRES)  
 POUR DIFFERENTES VALEURS DE L'INDICE DE  
 QUALITE DE STATION (I. Q. S.) POUR L'EQUATION  
 CALCULEE A PARTIR DES DONNEES COMPLETEES  
 POUR CORRIGER LE BIAIS A 50 ANS

I. Q. S.	AGE																			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
7	0.5	1.9	3.6	5.6	7.5	9.3	11.0	12.5	13.8	15.0	15.9	16.8	17.5	18.1	18.6	19.1	19.4	19.7	20.0	20.2
8	0.7	2.3	4.3	6.4	8.5	10.5	12.3	13.9	15.3	16.5	17.5	18.4	19.1	19.8	20.3	20.7	21.1	21.4	21.7	21.9
9	0.9	2.7	5.0	7.3	9.6	11.7	13.6	15.2	16.7	17.9	19.0	19.9	20.7	21.3	21.9	22.3	22.7	23.1	23.3	23.5
10	1.0	3.1	5.6	8.1	10.6	12.8	14.8	16.5	18.0	19.3	20.4	21.4	22.2	22.8	23.4	23.9	24.3	24.6	24.9	25.1
11	1.2	3.6	6.3	9.0	11.6	13.9	16.0	17.8	19.3	20.7	21.8	22.8	23.6	24.3	24.9	25.4	25.8	26.1	26.4	26.6
12	1.4	4.0	6.9	9.8	12.5	15.0	17.1	19.0	20.6	22.0	23.2	24.2	25.0	25.7	26.3	26.8	27.2	27.5	27.8	28.1
13	1.7	4.5	7.6	10.6	13.5	16.0	18.2	20.2	21.8	23.3	24.5	25.5	26.3	27.1	27.7	28.2	28.6	28.9	29.2	29.5
14	1.9	4.9	8.3	11.5	14.4	17.0	19.3	21.3	23.0	24.5	25.7	26.8	27.7	28.4	29.0	29.5	29.9	30.3	30.6	30.8
15	2.1	5.4	8.9	12.3	15.3	18.0	20.4	22.5	24.2	25.7	27.0	28.0	28.9	29.7	30.3	30.8	31.3	31.6	31.9	32.2
16	2.3	5.9	9.6	13.0	16.2	19.0	21.5	23.6	25.4	26.9	28.2	29.2	30.2	30.9	31.6	32.1	32.5	32.9	33.2	33.5
17	2.6	6.3	10.2	13.8	17.1	20.0	22.5	24.6	26.5	28.0	29.3	30.4	31.4	32.1	32.8	33.3	33.8	34.2	34.5	34.7
18	2.8	6.8	10.8	14.6	18.0	20.9	23.5	25.7	27.6	29.2	30.5	31.6	32.5	33.3	34.0	34.5	35.0	35.4	35.7	36.0

TABLEAU 9

EVOLUTION DE L'ACCROISSEMENT ANNUEL EN HAUTEUR PREDITE  
(EN MILLIMETRES) POUR DIFFERENTES VALEURS DE L'INDICE  
DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) POUR L'EQUATION CALCULEE  
A PARTIR DES DONNEES COMPLETES POUR CORRIGER  
LE BIAIS A 50 ANS

I. Q. S.	AGE																			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
7	96	158	187	195	189	176	160	142	124	107	92	78	67	56	47	40	33	28	23	19
8	120	184	211	215	205	189	170	150	130	112	96	82	69	58	49	41	34	29	24	20
9	143	209	233	233	220	201	179	157	136	117	100	85	72	60	51	42	35	30	25	21
10	168	234	254	250	234	212	188	164	141	121	103	87	74	62	52	44	36	30	25	21
11	193	258	274	266	247	222	196	170	146	125	106	90	76	64	53	45	37	31	26	22
12	218	281	293	282	259	231	203	176	151	129	109	92	78	65	54	46	38	32	26	22
13	243	304	312	296	270	240	210	181	155	132	112	94	79	66	56	46	39	32	27	22
14	269	326	330	310	281	248	216	186	159	135	114	96	81	68	57	47	39	33	27	23
15	294	347	347	323	291	256	222	191	163	138	117	98	82	69	58	48	40	33	28	23
16	319	369	363	336	301	264	228	196	167	141	119	100	84	70	59	49	41	34	28	24
17	344	389	379	348	310	271	234	200	170	144	121	102	85	71	60	50	41	34	29	24
18	370	409	394	360	319	278	239	204	173	146	123	103	87	72	60	50	42	35	29	24



**Figure 2** Hauteur en fonction de l'âge pour différents indices de qualité de station

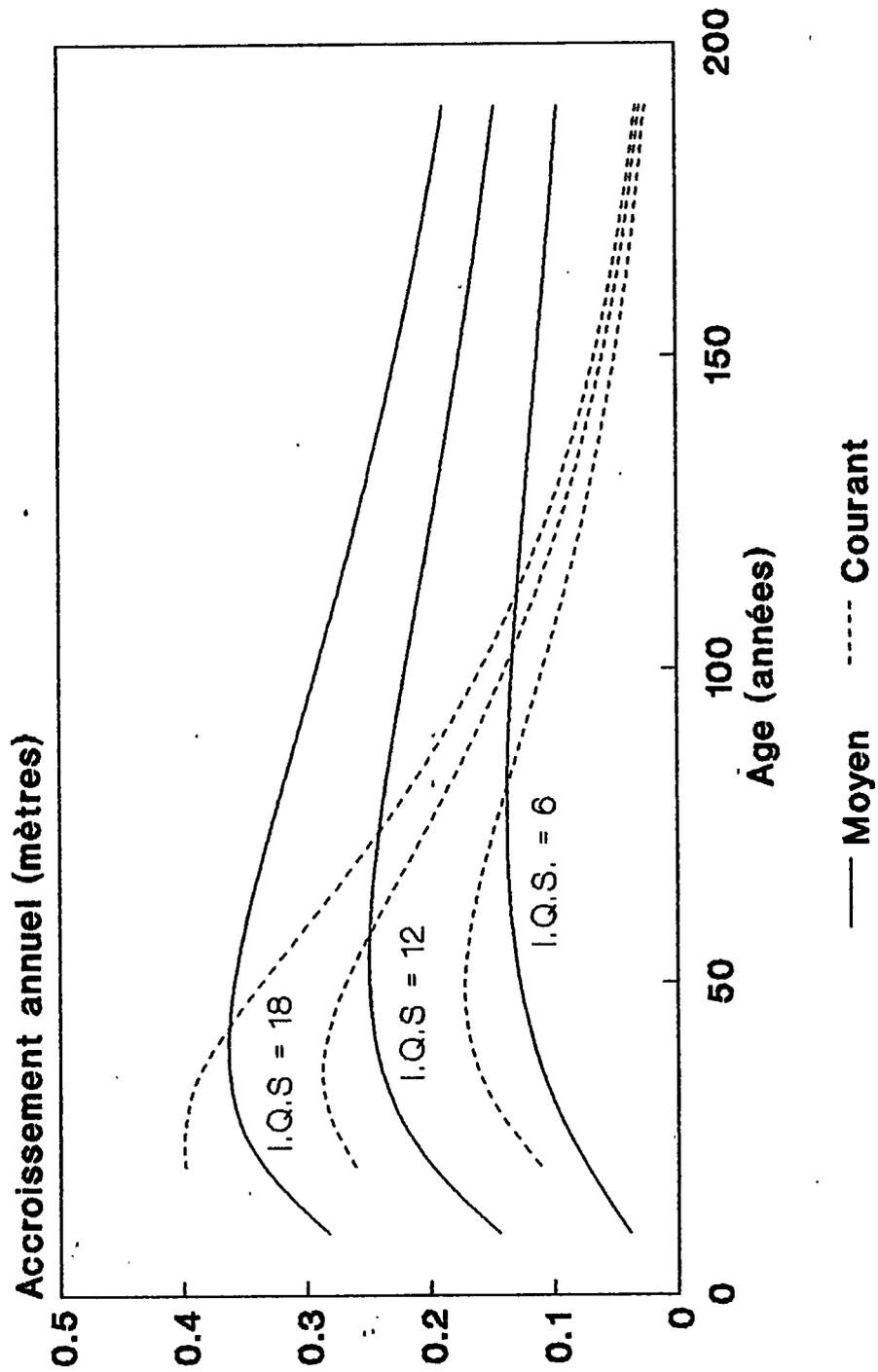


Figure 3 Accroissements annuels moyen et courant de la hauteur en fonction de l'âge

Pour séparer les tiges échantillonnées en trois classes d'indice de qualité de station, nous avons commencé par faire un histogramme de la distribution des tiges en fonction de leur indice de qualité de station. Cet histogramme est présenté à la figure 4.

Visuellement, le lecteur peut constater que la distribution des tiges semble suivre une loi normale. Nous avons émis l'hypothèse que la distribution des tiges en fonction de l'indice de qualité de station suivait une loi normale:

$$Dt \sim N(u, v)$$

où

$$u = \text{moyenne} = 12,535 \text{ mètres}$$

$$v = \text{variance} = 4,815 \text{ mètres}$$

Le test du chi carré a confirmé notre hypothèse avec comme résultats:

$$\underline{\chi^2_{\text{calculé}}} = 2.322$$

$$\underline{\chi^2_{.99(3)}} = 11.3$$

ce qui était largement acceptable pour conclure à la normalité de la répartition des données présentées à la figure 4.

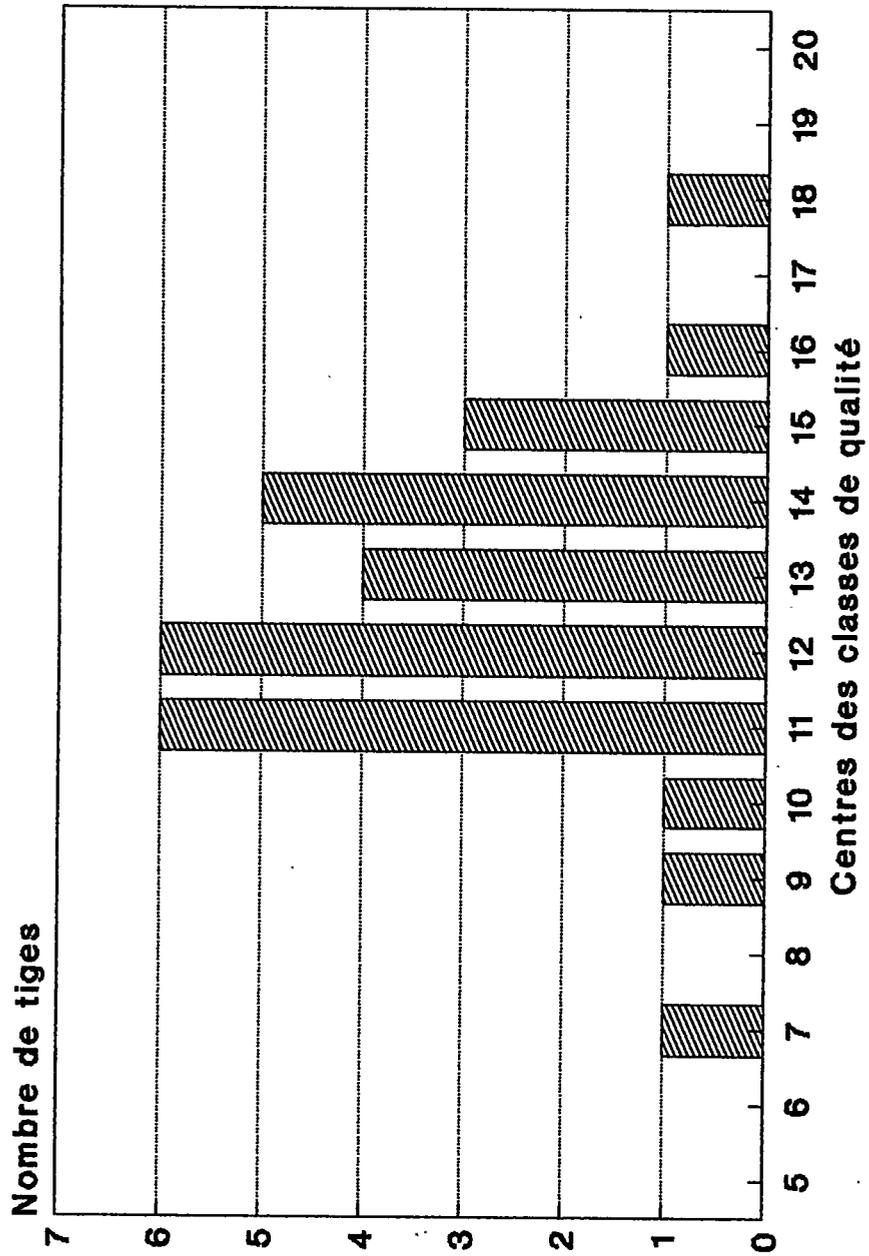


Figure 4 Distribution des tiges par classe de qualité de station

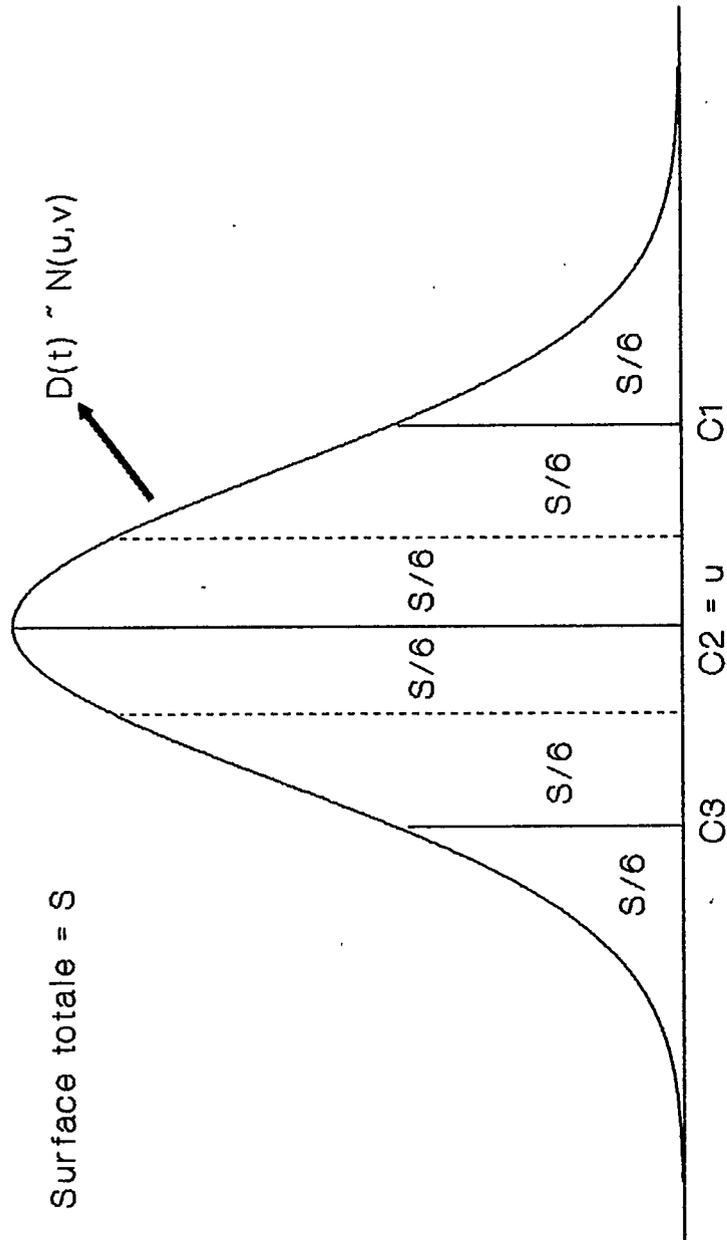
La figure 5 illustre comment la séparation en trois classes de qualité a été effectuée. La surface S représente la totalité des tiges. Cette surface a été divisée en trois surfaces égales à l'aide d'une table normale, chaque surface représentant une classe de qualité de station (lignes pointillées). Les centres C1, C2 et C3 de chacune de ces surfaces (lignes pleines) ont ensuite été déterminés également à l'aide d'une table normale et correspondent aux centres des trois classes de qualité de station. Les valeurs de ces trois centres de classe sont:

$$C1 = 17,21 \text{ m}$$

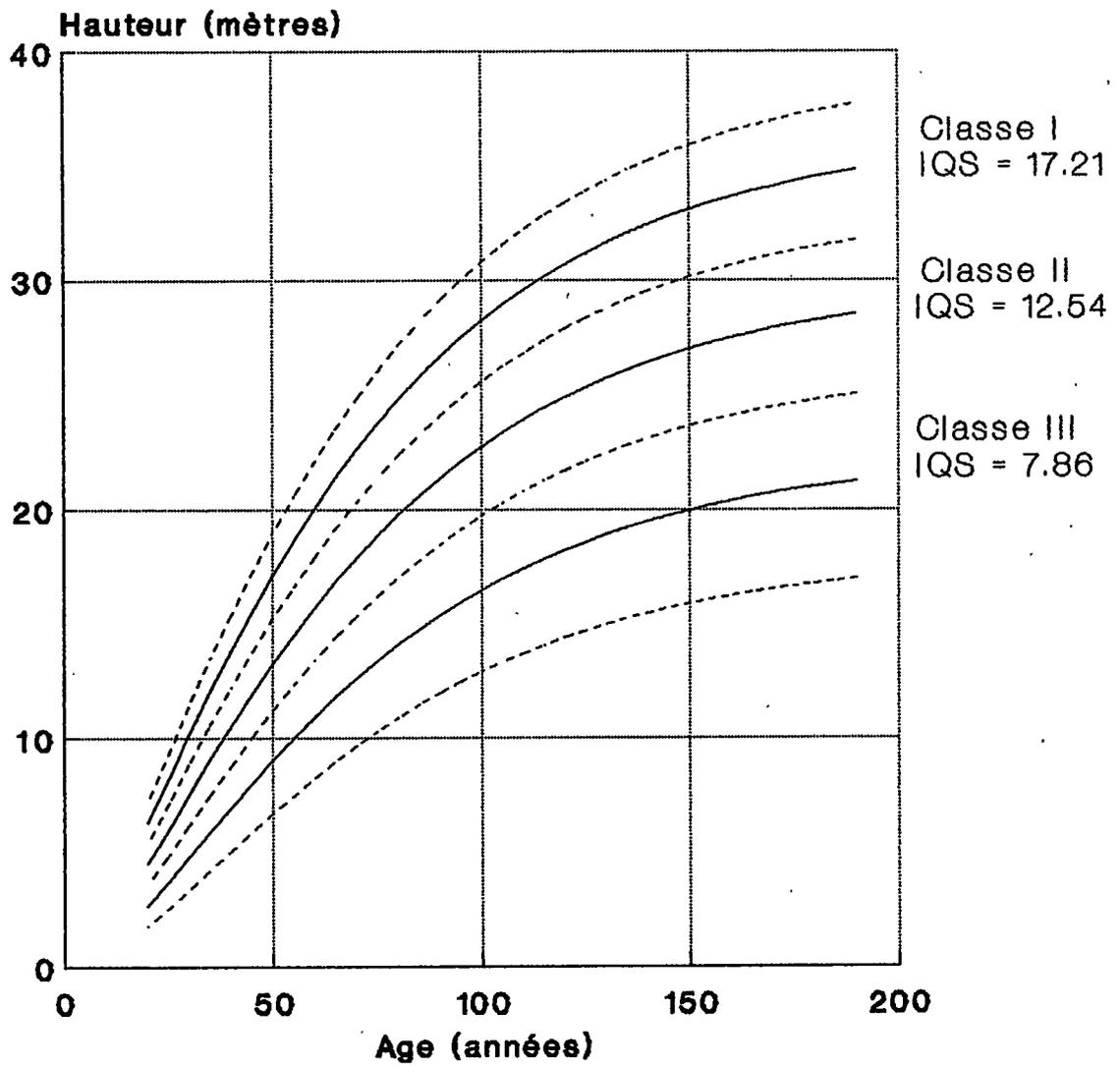
$$C2 = 12,54 \text{ m}$$

$$C3 = 7,86 \text{ m.}$$

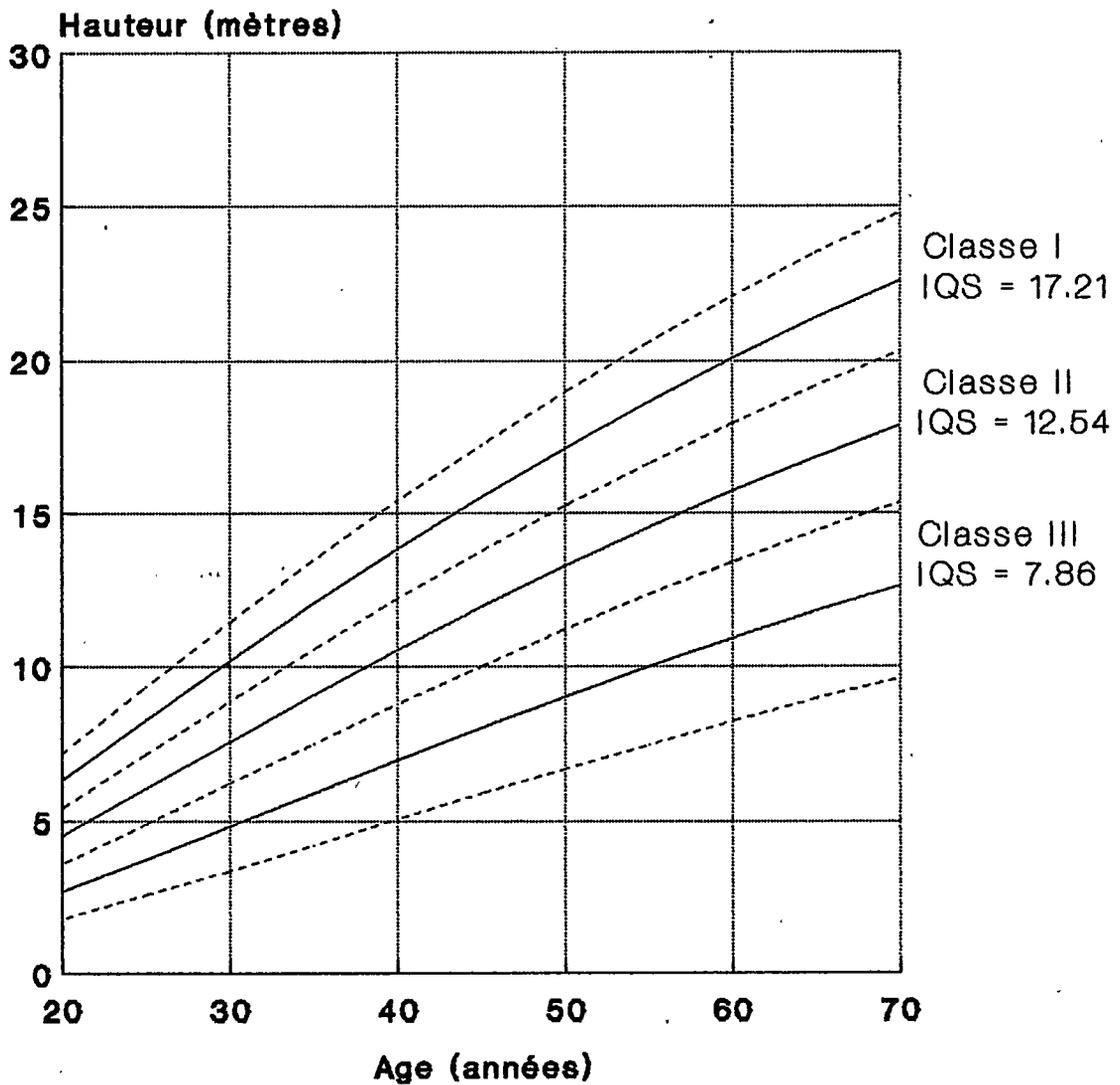
Les figures 6a et 6b montrent l'évolution de la hauteur prédite en fonction de l'âge pour les indices de qualité de station correspondant aux centres et aux limites des trois classes de qualité. Ces prédictions sont calculées au moyen de l'équation obtenue à partir des données de base. Les figures 7a et 7b présentent les mêmes informations pour l'équation calculée à partir des données pondérées pour améliorer les estimations à 50 ans.



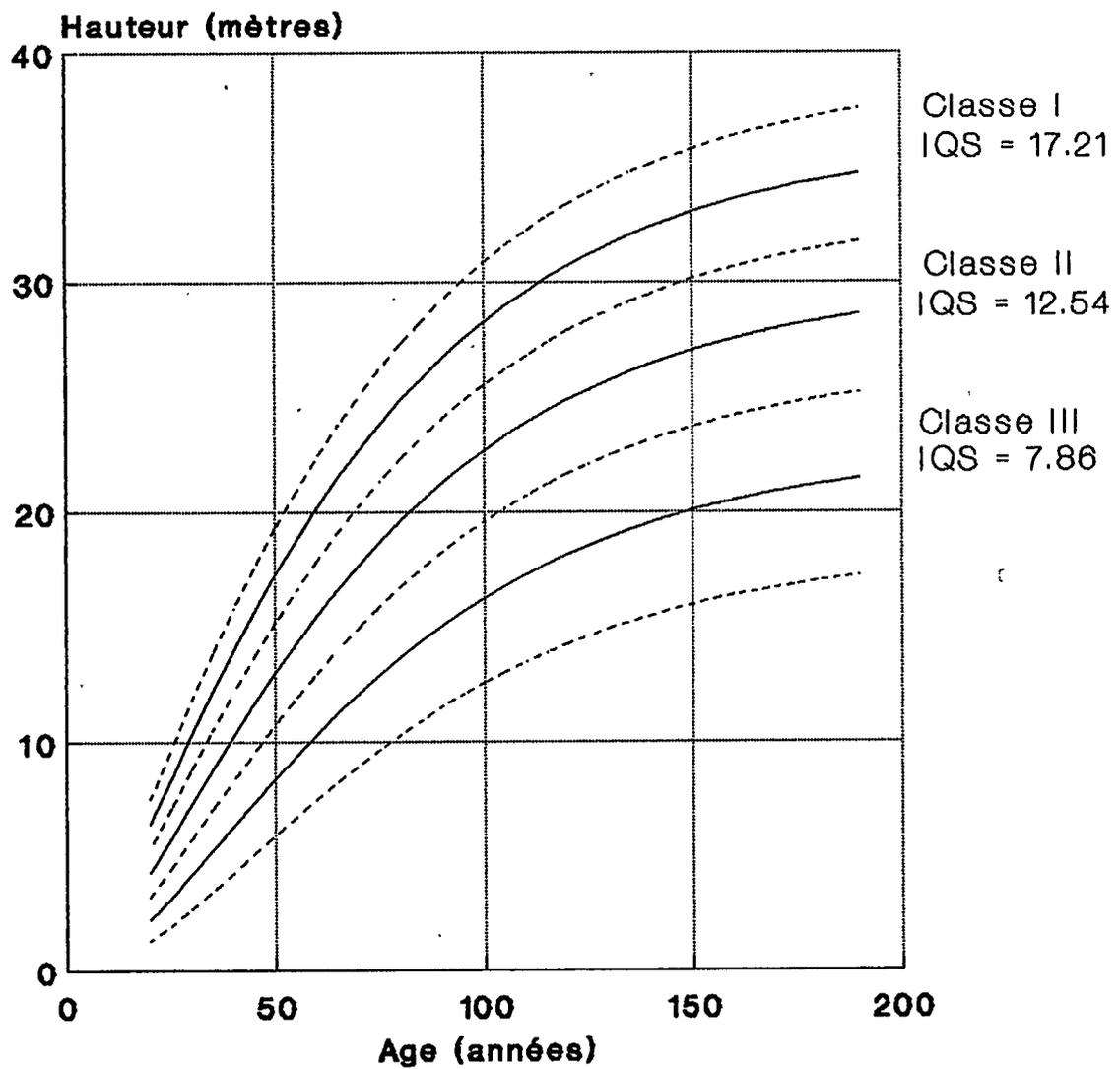
**Figure 5** Illustration de la méthode utilisée pour calculer les limites et les centres des classes de qualité



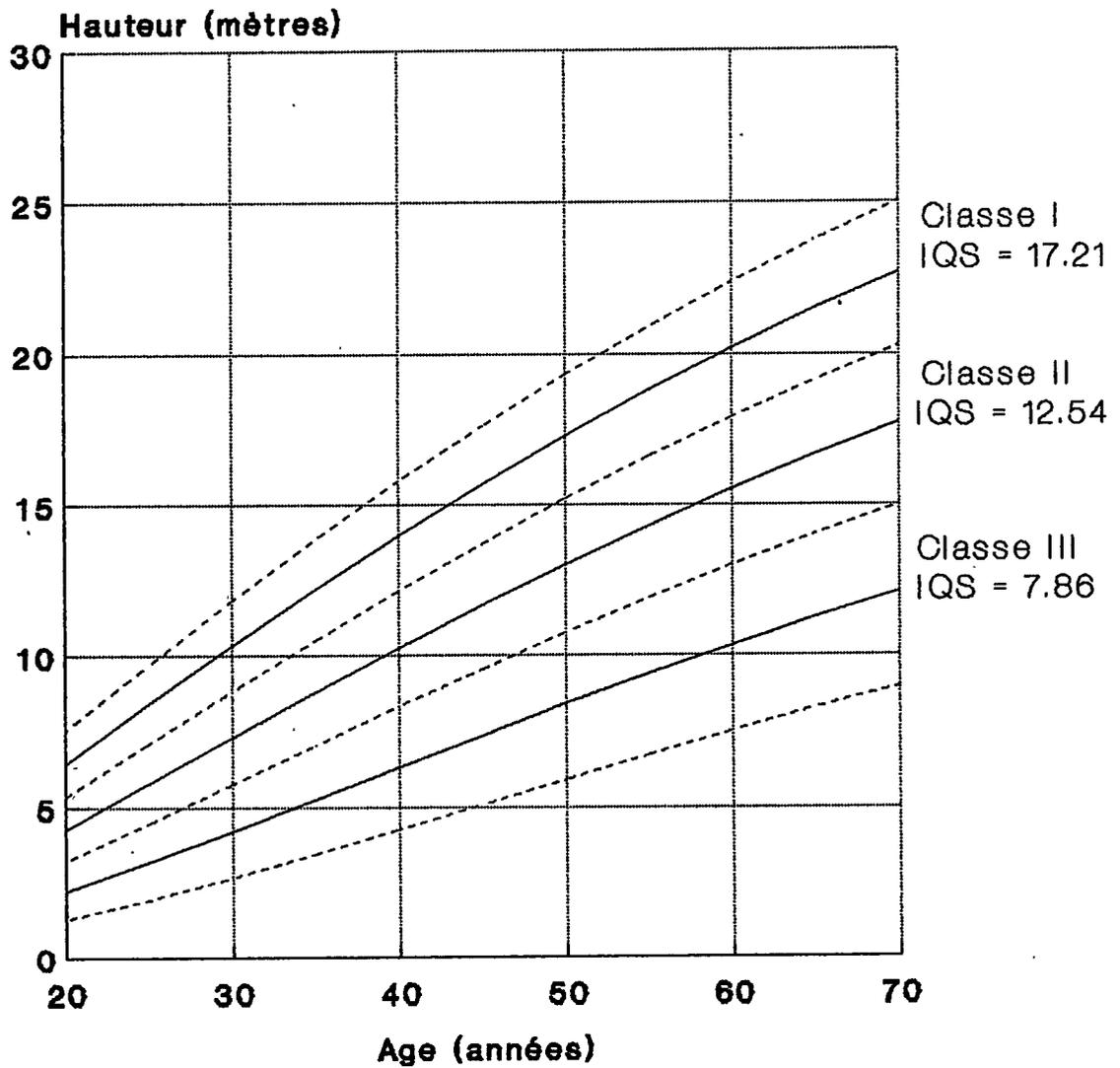
**Figure 6a Centres et limites des classes de qualité  
Données originales**



**Figure 6b Centres et limites des classes de qualité en bas âge, données originales**



**Figure 7a Centres et limites des classes de qualité  
Données complétées**



**Figure 7b Centres et limites des classes de qualité en bas âge, données complétées**

## CHAPITRE III

### DISCUSSION

#### 3.1 UTILISATION DES ÉQUATIONS

Les équations de prédiction ont été construites en considérant chaque arbre échantillon comme une observation indépendante. Pour se servir correctement de ces équations, il faut donc procéder de la manière décrite ci-après.

##### 3.1.1 Estimation de l'indice de qualité d'une station

- Choisir un certain nombre d'arbres dominants ou codominants répondant aux critères ayant servi pour échantillonner nos stations; ainsi les arbres sélectionnés sont exempts de traces d'accidents et ne présentent pas de périodes de suppression supérieures à 20 années.
- Déterminer la hauteur de l'arbre (hauteur totale moins 15 cm) et l'âge au niveau de la souche.

- Calculer un indice de qualité de station pour chaque arbre à partir de sa hauteur et de son âge.
- Calculer la moyenne des indices de qualité obtenus pour les arbres échantillons afin d'avoir une estimation de l'indice de qualité de la station.

### 3.1.2 Estimation de la hauteur moyenne

Connaissant l'indice de qualité d'une station donnée (hauteur des dominants et codominants à 50 ans à la souche), on peut estimer la hauteur de chacun des arbres dominants ou codominants à l'aide de l'équation de prédiction de la hauteur en fonction des âges mesurés, puis faire la moyenne de ces prédictions pour estimer la hauteur moyenne des dominants et codominants de cette station à cet âge.

### 3.2 ESTIMATION DE LA SUITE DES SCHÉMAS DE CROISSANCE DE CHAQUE ARBRE

Le fait que les régressions effectuées à partir de notre échantillon de base donnaient continuellement des équations avec une asymptote supérieure trop élevée n'a rien de surprenant. Le même problème a été rencontré par Brewer et al. (1985) dans une étude comparative de cinq modèles asymptotiques de croissance. Tous les modèles présentaient cette anomalie. Un modèle particulier ne pouvait donc pas être mis en cause. Dans leur cas, les difficultés venaient du fait que leur étude visait des projections à court terme, et que leur échantillonnage était formé d'arbres très jeunes. Si on regarde les statistiques relatives aux données des 29 arbres retenus pour notre étude, on constate le même problème, c'est-à-dire que nous n'avons pas suffisamment de vieux arbres. En effet, il est difficile de trouver des vieux pins blancs au Québec. Leur bois

est très recherché depuis plusieurs décennies et la coupe à diamètre limite est pratiquée depuis longtemps. Les pins blancs ayant dépassé ce diamètre limite, relativement petit d'ailleurs, sont donc très difficiles à retracer.

Pour obtenir des indices de qualité de station fiables jusqu'à un âge assez avancé, il a fallu trouver un moyen pour fixer une asymptote supérieure aux équations, comme l'ont fait Brewer et al. (1985), sans biaiser l'ensemble des résultats. Ces derniers ont estimé cette asymptote supérieure à l'aide d'équations d'indice de qualité de station d'un autre auteur pour la même essence croissant dans des conditions à peu près similaires. La partie ouest du Québec étant évidemment la plus proche de l'Ontario, il a semblé raisonnable de supposer que les croissances annuelles en hauteur pour les arbres mûrs seraient sinon semblables, du moins proportionnelles à celles observées dans cette dernière province pour un même indice de qualité de station. Voilà pourquoi les tables de Plonski (1960) ont été retenues pour compléter certaines données de base.

On a ajouté à chaque arbre des hauteurs calculées à l'aide de l'équation que Payandeh (1974) a construite à partir des tables de Plonski. La matrice de données est ainsi complétée, comme dans les tables de Plonski jusqu'à un âge de 190 ans. Calculer une asymptote supérieure limite, comme l'on fait Brewer et al. (1985), pose une contrainte sur la régression et affecte donc l'ensemble des résultats, tandis que le fait de compléter la courbe de croissance en hauteur de chaque arbre n'affecte significativement les résultats qu'à partir des hauteurs qui ont été ajoutées. Le risque de biaiser les résultats sur l'intervalle d'âge couvert par les données réelles est moindre étant donné que le modèle utilisé, celui d'Ek (1971), est d'une grande souplesse.

Ainsi, la façon correcte d'interpréter les résultats est que pour les bas âges, on obtient des prédictions en hauteur très représentatives des conditions de croissance au Québec. Lorsque l'âge de prédiction dépasse les limites de notre échantillonnage de base, les prédictions obtenues se rapprochent plutôt de celles qu'on obtiendrait en utilisant les tables de Plonski.

### 3.3 SUPPRESSION DANS LES BAS ÂGES

Pratiquement tous les arbres de l'échantillon avaient subi une période plus ou moins longue de suppression au cours de leurs soixante premières années d'existence. Lorsqu'on fait une étude sur l'indice de qualité de station, on doit normalement rejeter tout arbre montrant sur ses anneaux de croissance annuelle des traces de suppression durant une période de sa vie. Pour la présente étude, cela aurait signifié l'élimination d'à peu près tous les arbres échantillons. Cependant, nous avons remarqué que malgré le fait que ces arbres provenaient à peu près tous de peuplements différents et relativement éloignés les uns des autres, ils montraient de la suppression aux environs de la même période d'âge, soit à peu près entre 20 et 60 ans. Cela nous a donc porté à supposer que ce type de suppression fait effectivement partie du schéma de croissance normale des peuplements de pin blanc du Québec.

Cette hypothèse est plausible étant donné que les pins blancs ont la capacité de se développer lentement sous un couvert forestier. La suppression peut provenir de pins blancs plus âgés ou d'arbres d'autres essences, à croissance plus rapide mais à moins grande longévité. Les pins blancs supprimés réussissent éventuellement à parvenir à l'étage codominant et dominant pour bénéficier dès lors d'un environnement plus propice à la croissance. Ces données ont été conservées en

espérant que le modèle d'Ek serait capable de modéliser correctement le schéma de croissance particulier des pins blancs, ce qui semble avoir été le cas.

D'autre part, le modèle d'Ek a eu quelques difficultés à faire des prédictions exactes à l'âge de référence. Cela n'est pas dû à une seule cause précise, mais à l'influence combinée de deux facteurs distincts qui sont, par ordre d'importance:

- a) Comme le montre la figure 4, la présence de suppression en bas âge entraîne quelquefois une courbe de croissance à trois points d'inflexion<sup>1</sup>. Or, le modèle d'Ek ne permet qu'un seul point d'inflexion. Cela cause donc, dans ce cas particulier, une surestimation de la hauteur prédite à 50 ans.
- b) Comme on l'a déjà mentionné, le modèle d'Ek ne peut jamais remplir parfaitement la condition Hauteur = I.Q.S. à l'âge de référence à cause de la présence de la variable I.Q.S. à deux endroits dans l'équation; la deuxième fois, il apparaît comme exposant du terme de forme de l'équation.

L'étude des résidus des régressions n'a fourni aucun indice qui aurait permis d'utiliser une méthode de régression pondérée pour améliorer les prédictions à 50 ans. Voilà pourquoi on a ajouté un certain nombre d'observations théoriques pour forcer la courbe de régression à passer par le point

---

<sup>1</sup> Point auquel la dérivée de la courbe s'annule et où la dérivée seconde de la courbe change de signe.

Hauteur = I.Q.S. à 50 ans. Procéder de la sorte ne biaise pas les estimés car si l'échantillonnage était plus intensif aux environs de la hauteur atteinte à 50 ans, l'indice de qualité de station serait alors près de la hauteur de référence et ce, par la définition même de l'indice de qualité de station. L'ajout de données artificielles ne fait que donner un poids plus grand aux données à l'âge de 50 ans.

Si une certaine période de suppression en bas âge est normale pour les pins blancs croissant au Québec, il serait alors sans doute préférable d'utiliser un âge de référence plus élevé, par exemple 80 ou 100 ans, pour estimer l'indice de qualité de station. En effet, on le fait couramment aux États-Unis dans le cas des essences à grande longévité. Dans notre étude, par contre, il aurait été difficile d'utiliser un âge supérieur à 50 ans, étant donné la moyenne d'âge relativement faible des arbres échantillons.

#### 3.4 COURBES DE CROISSANCE EN HAUTEUR ET CLASSES DE QUALITÉ

Les figures 7a et 7b montrent les courbes de croissance en hauteur en fonction de l'âge pour différents indices de qualité de station. La figure 6a montre les courbes fournies par l'équation calculée à partir des données originales alors que la figure 7a montre celles obtenues par l'équation calculée à partir des données complétées pour corriger le biais des prédictions à 50 ans.

On peut tout de suite voir par ces courbes le caractère polymorphe de la croissance en hauteur en fonction de l'indice de qualité de station. Les courbes sont polymorphes surtout en bas âge. Ce fait est illustré plus clairement par les figures 6b et 7b.

Pour les stations riches, on constate que la croissance des arbres est rapide et presque constante dans les premières années, pour finalement ralentir progressivement et tendre vers un maximum. Pour les stations les plus pauvres par contre, croissance est presque nulle les premières années, puis accélère pour atteindre un maximum et recommence à ralentir de nouveau pour finalement prendre une allure semblable à celle des courbes de croissance en hauteur pour les stations plus riches.

On peut tirer davantage de conclusions sur la morphologie de ces courbes si on les compare à des travaux déjà publiés sur la même essence. La figure 8a montre les courbes de croissance en hauteur en fonction de l'âge des tables de Plonski, pour les centres des trois classes de qualité que ce dernier a définies, soit respectivement 17,1, 12,4 et 7,0 mètres à 50 ans pour les classes 1, 2 et 3. On voit également sur ce graphique les courbes de croissance en hauteur calculées à partir de notre équation, pour les mêmes indices de qualité de station, c'est-à-dire 17,1, 12,4 et 7,0 mètres à 50 ans. La figure 8b présente la même information, mais l'équation utilisée est celle dont les paramètres ont été estimés à partir des données complétées pour corriger le biais à 50 ans.

On voit sur ces figures que les deux faisceaux de courbes sont presque identiques dans les âges élevés, ce qui est normal puisque les courbes de croissance de nos arbres ont été complétées jusqu'à 190 ans en fonction des tables de Plonski. Cependant, on voit une différence significative en période juvénile. Les pins blancs croissant au Québec semblent grandir plus rapidement que ceux de l'Ontario pour les stations riches et plus lentement pour les stations pauvres, dans les premières années. De plus, le polymorphisme des courbes de croissance de

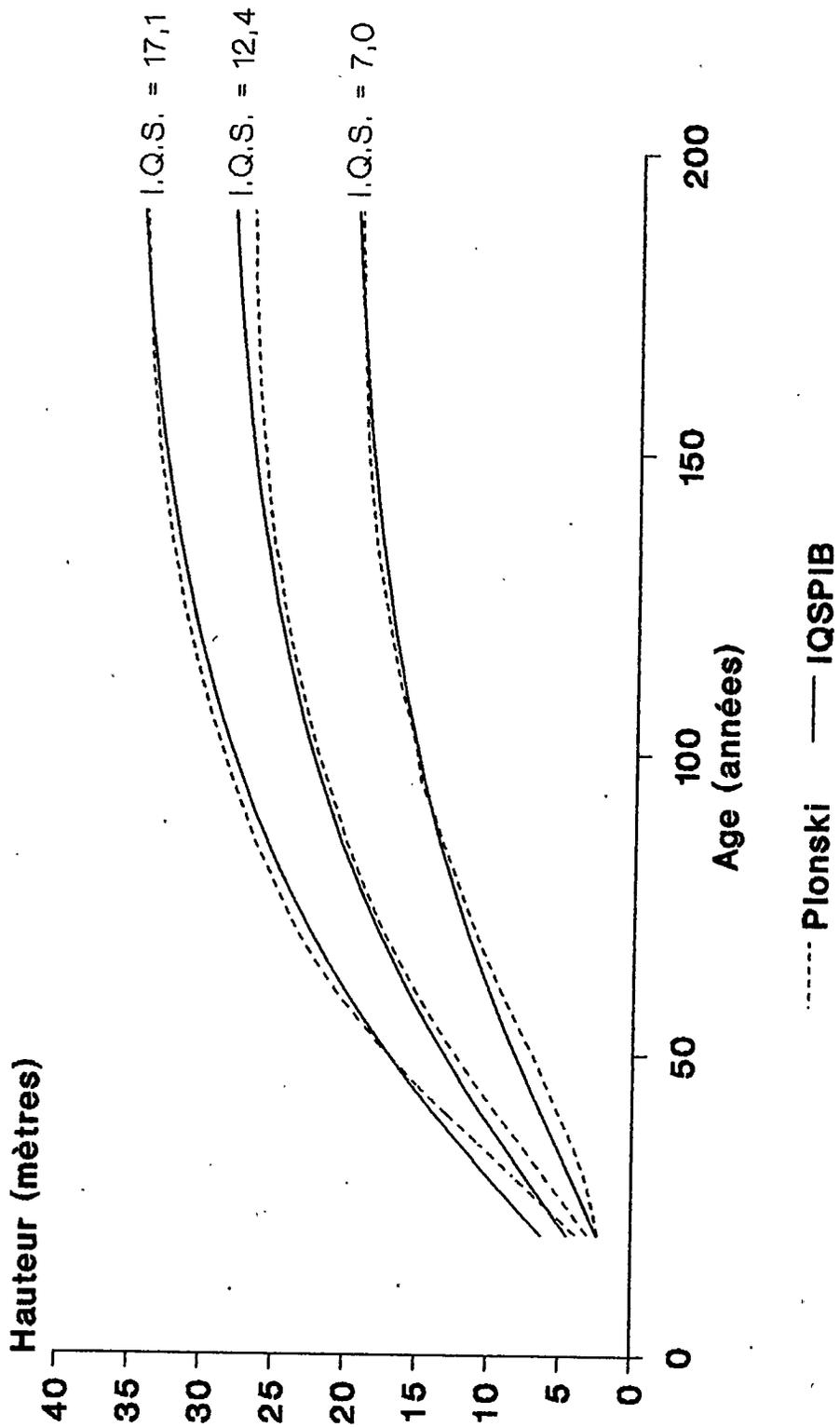


Figure 8a Comparaison des hauteurs prédites par Plonski et par IQSPIB non pondéré pour trois indices de qualité de station.

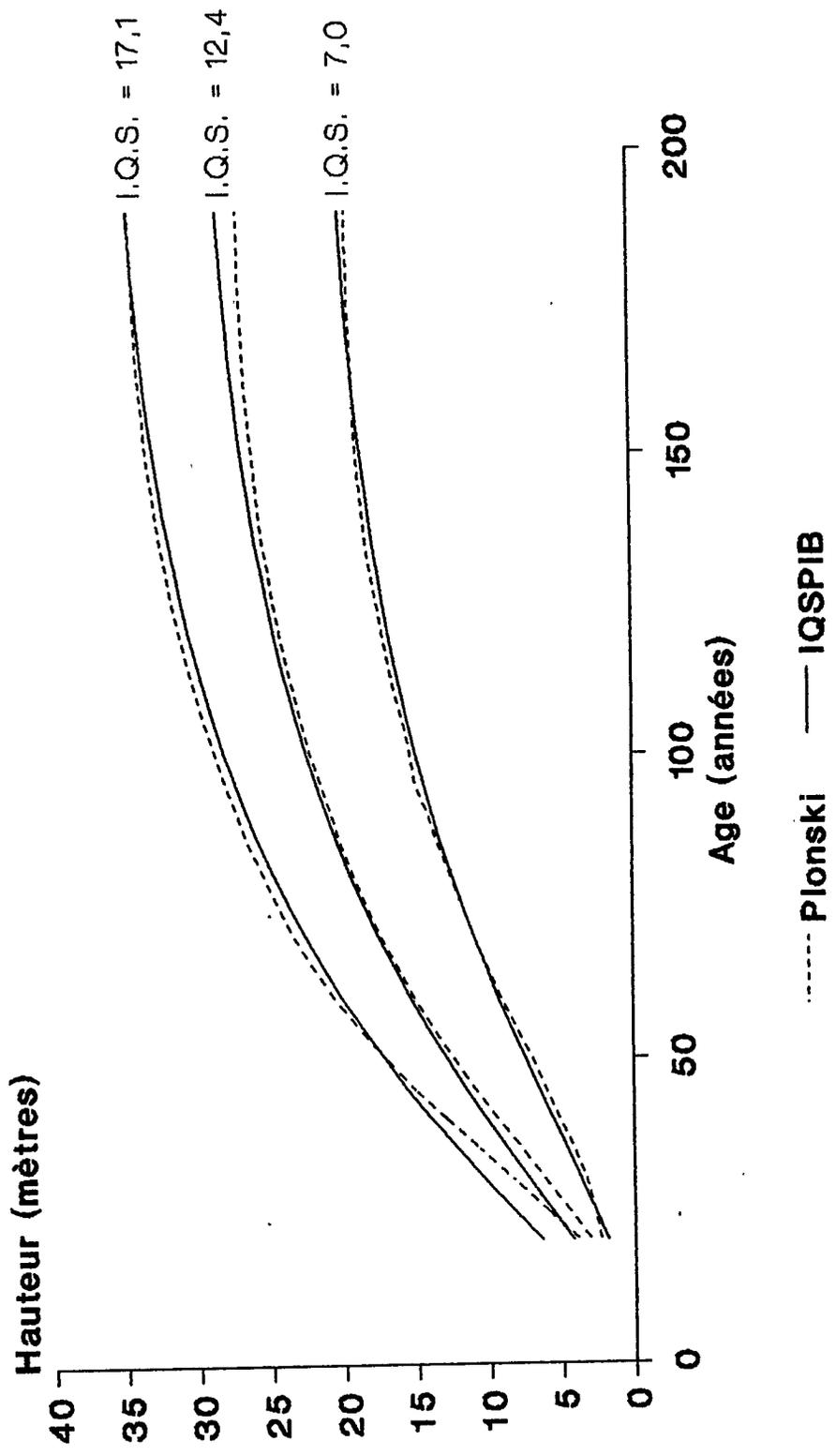


Figure 8b Comparaison des hauteurs prédites par Plonski et par IQSPIB pondéré pour trois indices de qualité de station

Plonski est évident, alors que dans le cas des courbes de croissance calculées à partir de nos équations, le polymorphisme est moins visible.

Laidly (1979) a publié les conversions métriques des équations calculées par Lundgren et Dolid (1970) pour estimer la croissance en hauteur de diverses essences ligneuses, y compris le pin blanc, croissant dans les états des Grands-Lacs. Il a utilisé, pour tracer ses courbes, des indices de qualité de station de 12, 15, 18 et 21 mètres à 50 ans. Les figures 9a et 9b montrent ces courbes en comparaison avec les résultats obtenus à l'aide de nos équations pour les indices de qualité de station utilisés par Laidly. Encore une fois, la figure 9a montre les résultats de l'équation calculée à partir des données originales alors que la figure 9b montre ceux de l'équation calculée à partir des données complétées pour corriger le biais à 50 ans.

On peut conclure, en observant ces courbes, que pour les stations riches, les pins blancs croissant dans les états des Grands-Lacs atteindront une hauteur plus élevée que ceux croissant au Québec, même s'ils avaient la même hauteur à 50 ans. Inversement, les pins blancs des stations pauvres croissant dans les états des Grands-Lacs deviendront moins grands que ceux croissant au Québec, pour une même hauteur à 50 ans. Il semble donc que les pins blancs du Québec soient moins influencés que ceux des états des Grands-Lacs par la qualité de la station, ou alors que l'âge de référence à 50 ans ne soit pas parfaitement approprié pour quantifier la qualité d'une station dans le cas des essences à grande longévité comme le pin blanc.

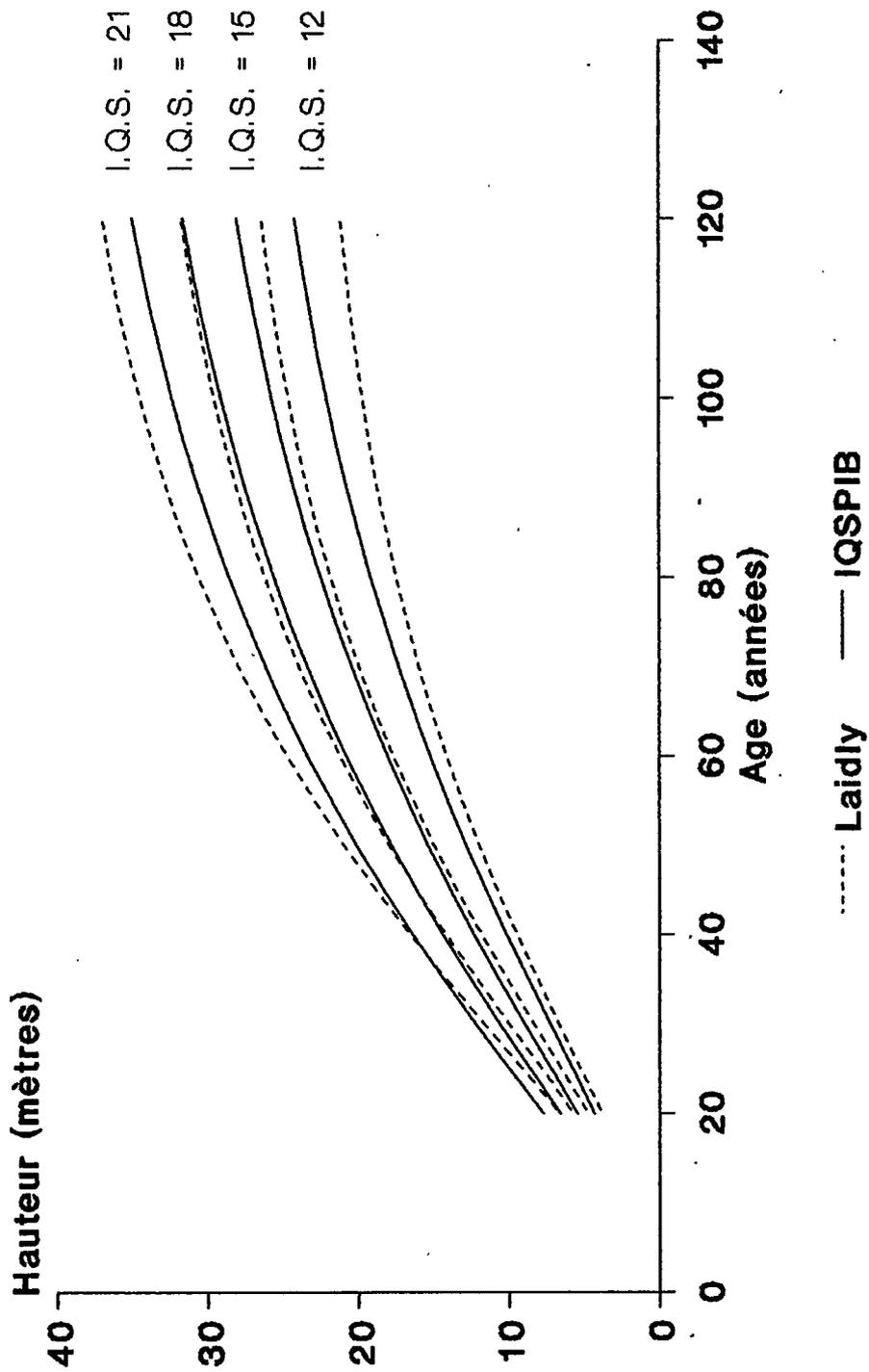
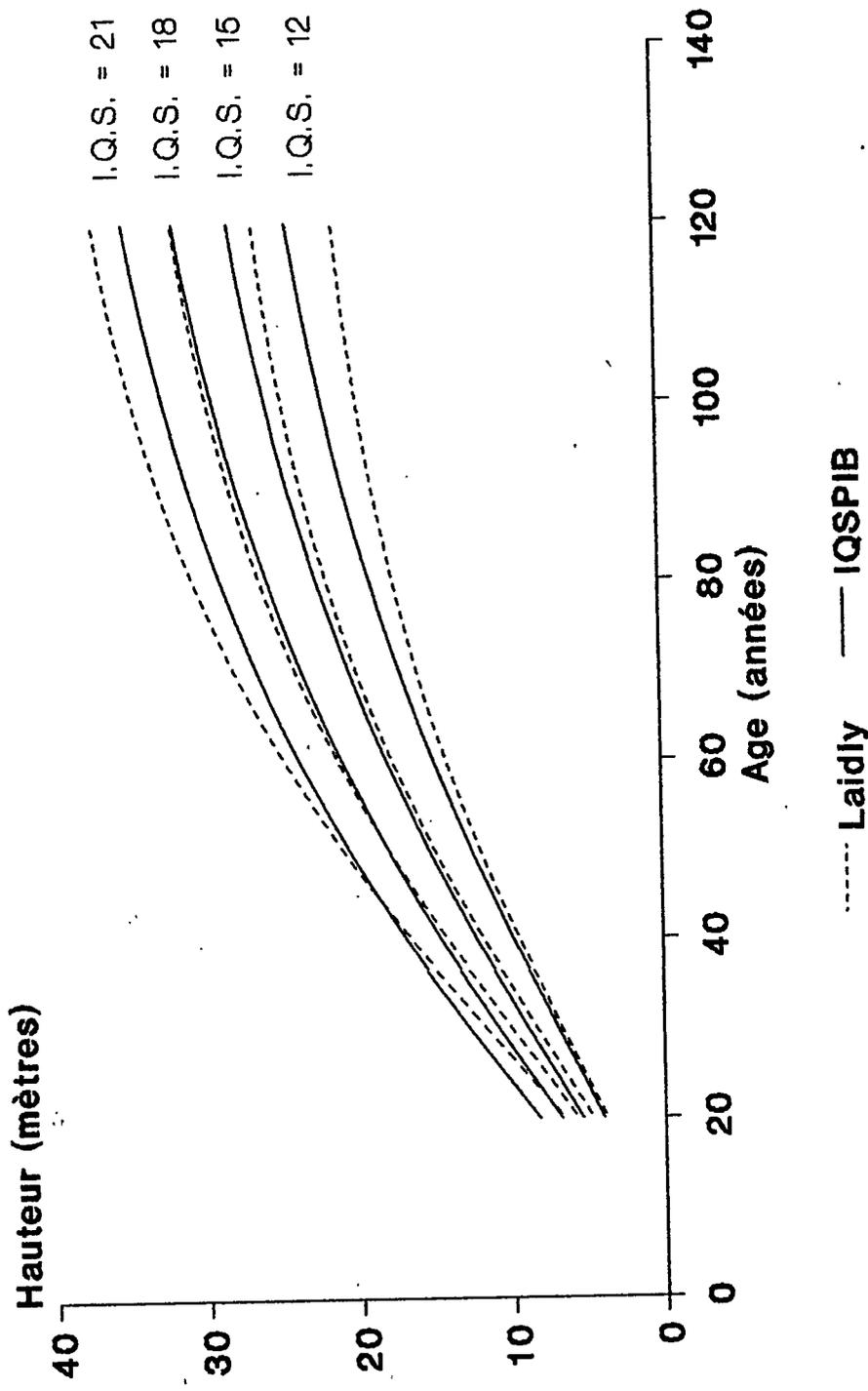


Figure 9a Comparaison des hauteurs prédites par Laidly et par IQSPIB non pondéré pour quatre indices de qualité de station.



**Figure 9b** Comparaison des hauteurs prédites par Laidly et par IQSPIB pondéré pour quatre indices de qualité de station.

## CONCLUSION

En analysant les résultats tirés des équations de croissance en hauteur, on tire trois constatations. Elles font référence principalement à l'âge des pins blancs au Québec, aux centres des classes de qualité et aux différentes équations d'estimation.

Premièrement, il aurait été préférable pour cette étude d'avoir pu retrouver des pins blancs beaucoup plus âgés afin d'avoir des schémas de croissance complets par analyse de tiges. Le pin blanc étant une essence à grande longévité, cela aurait permis de vérifier l'utilisation d'un âge de référence plus élevé pour calculer l'indice de qualité de station, comme cela se fait parfois aux États-Unis pour des essences longévives. En effet, le comportement plus ou moins variable de la croissance en hauteur des pins blancs durant les soixante premières années peut être responsable à la fois du comportement des nos équations par rapport à celles de Lundgren et Dolid (1970) et du fait qu'il nous était difficile d'obtenir une très grande précision pour les estimations de la hauteur à 50 ans à partir des données originales non pondérées.

On constate également que les trois centres de classes de qualité calculés à partir des 29 arbres originaux sont très semblables à ceux des classes de qualité des tables de Plonski. Ceci indique que les conditions de croissance à

cinquante ans des pins blancs au Québec sont semblables à celles de l'Ontario, confirmant ainsi l'hypothèse que nous avons posée en choisissant de compléter les courbes de croissance des arbres échantillonnés jusqu'à 190 ans à l'aide de l'équation de Payandeh estimée à partir des tables de Plonski.

Finalement, en comparant nos résultats avec ceux de Plonski et de Lundgren et Dolid, on constate que les équations d'estimation de la hauteur en fonction de l'âge et de l'indice de qualité de station puis celles de l'indice de qualité de station en fonction de l'âge et de la hauteur sont réalistes et plausibles, compte tenu des connaissances actuelles sur les conditions de croissance pour le pin blanc dans l'ouest du Québec et des autres travaux qui ont été effectués dans le même domaine.

À l'utilisateur de ces équations, qui aura à choisir entre l'usage des équations obtenues à partir des données initiales et celles obtenues à partir des données complétées pour corriger le biais à 50 ans, nous recommandons l'usage des secondes. En effet, les deux groupes d'équations ne présentent pas de différences majeures qui nous permettraient de rejeter à priori l'un au profit de l'autre. Cependant, les équations de prédiction de la hauteur en fonction de l'indice de qualité de station et celles de l'indice de qualité de station en fonction de la hauteur qui proposent les meilleures estimations à l'âge de référence, 50 ans dans notre cas, devraient normalement être préférées à toute autre équation.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAILEY, R.L., W.F. MANN et T.E. CAMPBELL, 1973. *Slash pine site index in the West Gulf*. U.S.D.A. Forest Service, Res. Note SO-169, 4 p.
- BERTALANFFY, L. von, 1957. *Quantitative laws in metabolism and growth*. Quant. Rev. Biol. 32: 217-231.
- BREWER, J.A., P.Y. BURNS et Q.V. CAO, 1985. *Short-term projection accuracy of five asymptotic height-age curves for loblolly pine*. For. Sci. 31 (2): 414-418.
- BRICKELL, J.E., 1968. *A method for constructing site index curves from measurements of total tree age and height - its application to inland Douglas-fir*. U.S.D.A. Forest Service, Res. Pap. INT-47, 23 p., illus.
- BRUCE, D., 1926. *A method of preparing timber-yield tables*. J. Agr. Res. 32: 543-557.
- BURKHART, H.E. et R.B. TENNENT, 1977a. *Site index equations for radiata pine in New Zealand*. N.Z.J. For. Sci. 7: 408-416.
- CARMEAN, W.H., 1972. *Site index curves for upland oaks in the Central States*. For. Sci. 18(2): 109-120.
- CARMEAN, W.H., 1975. *Forest site quality evaluation in the United States*. Advances in Agron. 27:209-269.
- CARMEAN, W.H., 1977. *Site classification for northern forest species in intensive culture of northern forest type*. Symp. Proc. U.S.D.A. Forest Service, Northeast For. Exp. Stn., Upper Darby, Penn. Gen. Tech. Rep. NE-29: 205-239.
- CARMEAN, W.H., 1978. *Site index curves for northern hardwoods in northern Wisconsin and upper Michigan*. U.S.D.A. Forest Service, North Central For. Exp. Stn. Res. Pap. NC-160, 16 p.

- CARPENTIER, J.-P., 1986. *Détermination des classes de fertilité et d'un système d'équations d'accroissement en hauteur pour la prédiction du rendement des érablières.* Serv. de la rech. appl., Min. de l'Énergie et des Ress., Québec. Rapport non publié.
- CLUTTER, J.L., J.C. FORTSON, L.V. PIENAAR, G.H. BRISTER et R.L. BAILEY, 1983. *Timber management: a quantitative approach.* John Wiley & Sons, Inc., New York, 333 p.
- CURTIS, R.O., 1964. *A stem analysis approach to site index curves.* For. Sci. 10(2): 241-256.
- DOLPH, K.L., 1983. *Site index curves for young-growth incense-cedar of the westside Sierra Nevada.* U.S.D.A. Forest Service, Pac. Southwest Forest Range Exp. Sta., Berkeley, CA. Res. Note PSW-363.
- DOLPH, K.L. 1987. *Site index curves for young-growth California white fir on the western slopes of the Sierra Nevada.* Res. Paper PSW-185. Berkeley, CA.: Pacific Southwest Forest and Range Exp. Stn., U.S.D.A. For. Serv. 9 p.
- DRAPER, N. et H. SMITH, 1981. *Applied regression analysis.* (2<sup>e</sup> édition), Wiley-Interscience, New York, 709 p.
- DYER, M.E. et R.L. BAILEY, 1987. *A test of six methods for estimating true heights from stem analysis data.* For. Sci. 33(1): 3-13.
- EK, A.R., 1971. *A formula for white spruce site index curves.* Univ. Wis. Forest Res. Notes N° 161, 2 p.
- HOUILLIER, F., 1986. *Echantillonnage et modélisation de la dynamique des peuplements forestiers.* Thèse présentée devant l'Université Claude Bernard Lyon 1.
- LAIDLAY, P.R., 1979. *Metric site index curves for aspen, birch and conifer in the Lake States.* U.S.D.A. North. Central For. Exp. Stn., Gen. tech. rep. NC-54, 15 p.
- LUNDGREN, A.L. et W.A. DOLID, 1970. *Biological growth functions describe published site index curves for Lake States timber species.* U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. NC-36, 9 p.
- MONSERUD, R.A., 1984. *Height growth and site index curves for inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type.* For. Sci. 4(30): 943-965.

- MONSERUD, R.A., 1985. *Comparison of Douglas-fir site index and height growth curves in the Pacific northwest.* Can. J. For. Res. 15(4): 673-679.
- PAGE, G. et R. S. VAN NOSTRAND, 1973. *Empirical yield tables for the major forest cover types of Newfoundland.* Newfoundland For. Res. Centre, Inf. Rep. N-X-100.
- PAYANDEH, B., 1974. *Nonlinear site index equations for several major Canadian timber species.* For. Chron. 50(2): 194-196.
- PAYANDEH, B., 1977. *Formules métriques de l'indice stationnel de production pour les principales essences ligneuses du Canada.* Revue bimestrielle de recherches 33(5): 25-26.
- PIENAAR, L.V. et B.D. SHIVER, 1980. *Dominant height growth and site index curves for loblolly pine plantations in the Carolina flatwoods.* South. J. Appl. For. 4: 54-59.
- PLONSKI, W.L., 1956. *Normal yield tables for black spruce, jack pine, aspen and white birch in Ontario.* Ont. Dept. of Lands and Forests, Timber Manag. Div, Toronto.Rep. 24, 40 p.
- PLONSKI, W.L., 1960. *Normal yield tables for black spruce, jack pine, aspen, white birch, tolerant hardwoods, white pine and red pine for Ontario.* Ont. Dept. of Lands and Forests, 39 p. (Silvicultural Series N° 2).
- PLONSKI, W.L., 1974. *Normal yield tables (metric) for major forest species of Ontario.* Ont. Min. of Nat. Res., 40 p.
- RICHARDS, F.J., 1959. *A flexible growth function for empirical use.* J. Exp. Bot. 10(29): 290-300.
- SCHUMACHER, F.X. et T.S. COILE, 1960. *Growth and yields of natural stands of the southern pines.* T.S. COILE, Inc., Durham, NC., 115 p.
- SPURR, S.H., 1952. *Forest inventory.* Ronald Press Co., New York, 476 p.
- SPURR, S.H. et B.V. BARNES, 1980. *Forest ecology (3rd ed.).* John Wiley and Sons, New York, 687 p.
- STAGE, A.R., 1963. *A mathematical approach to polymorphic site index curves for grand fir.* For. Sci. 9(2): 167-180.

- STEELE, B.M. et S.V. COOPER, 1986. *Predicting site index and height for selected tree species of northern Idaho.* U.S.D.A. Forest Service, Res. Pap. INT-365, 16 p.
- UNITED STATES DEPARTEMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE, 1929. *Volume, yield, and stand tables for second-growth southern pines.* U.S. Dept. Agr. Misc. Pub. 50, 202 p., illus.
- VÉZINA, P.E. et A. LINTEAU, 1968. *Growth and yield of balsam fir and black spruce in Quebec.* Can. For. Res. Lab. Inf. Rep.Q.-X-2, 59 p.
- ZARNOVICAN, R., 1985. *Analyses et commentaires: Analyse de tige: Une méthode à découvrir.* Naturaliste Can. 112(2): 253-260.

ANNEXE A

COPIE DES FONCTIONS AYANT  
SERVI À L'ÉLABORATION DU  
MODÈLE *IQSPIB*



```

▽TRAITEMENT IQS; ESS; NI; HT; AGES; HAUTEURS; IS;
MAT; MATIQS; DIVERGENCE; AGESCOMP; HCOMP
[1] ''
[2] ESS←QUESTION'ENTREZ LE NOM DE L'ESSENCE : '
[3] →INITIALISATION SI 0=□NC'MATIQS',ESS
[4] MATIQS←±'MATIQS',ESS
[5] →DEBUT
[6] INITIALISATION:MATIQS←0 4ρ0
[7] DEBUT:''
[8] NI←QUESTIONΔN'ENTREZ LE NUMERO D'IDENTIFICA
TION ('RETURN' POUR TERMINER) : '
[9] →IMPRESSION SI 0ερNI
[10] ''
[11] HT←QUESTIONΔN'ENTREZ LA HAUTEUR TOTALE : '
[12] ±'HT', (▽NI), ESS, '←HT'
[13] ''
[14] AGES←QUESTIONΔN'ENTREZ LA LISTE DES AGES : '
[15] ±'AGES', (▽NI), ESS, '←AGES'
[16] AGES←1↓(AGES[1]-AGES), AGES[1]
[17] HAUTEURS←1.15+0, (1(-2+ρAGES)), HT
[18] MAT←(NI, HAUTEURS, [1.5]AGES), 0
[19] IS←CALCULE IQS MAT
[20] AGESCOMP←((1/AGES)<10×19)/10×19
[21] ±'HCOMP←AGESCOMP IQS', ESS, 'PLONSKI IS'
[22] MAT←MAT, [1]NI, (HCOMP, [1.5]AGESCOMP), 0
[23] MAT[;4]←IS
[24] ''
[25] '-----INDICE DE QUALITE DE STATION : ', 5 2▽IS
[26] ''
[27] MATIQS←MATIQS, [1]MAT
[28] ''
[29] '***** TRAITEMENT DE L'ARBRE ', (▽NI), ' TERM
INE *****'
[30] ''
[31] FORMFEED
[32] →DEBUT
[33] IMPRESSION:FORMFEED
[34] ±'MATIQS', ESS, '←MATIQS'
[35] □←'DESIREZ-VOUS LA MATRICE DES INDICES DE QU
ALITE DE STATION : '
[36] →FIN SI~'0'=1↑60↓□
[37] IMPRESSIONΔIQS
[38] FIN:''
▽

```

```

∇R←CALCULEIQS MAT;T;B
[1] R←□ERX COMMUN
[2] →L2 SI~50∈MAT[;3]
[3] R←''ρ(50=MAT[;3])/MAT[;2]
[4] COMMUN:→0
[5] L2:→L1 SI 0∈ρT←(v+<\0 1Φ50 50°.<MAT[;3])+MAT
[;2 3]
[6] R←''ρT[1;1]+(T[2;1]-T[1;1])×(50-T[1;2])÷T[2
;2]-T[1;2]
[7] →0
[8] L1:B←(-5↑MAT[;3])REGLIN -5↑MAT[;2]
[9] R←B[1]+B[2]×50
∇

```

```

∇R←AGE IQSPIBPLONSKI IQS
[1] R←5.6095×(IQS*0.6442)×(1-*^-0.0244×AGE)*
5.5377×IQS*^-0.3386
∇

```

```

∇IMPRESSION△IQS;I
[1] ''
[2] 'NUMERO           HAUTEUR           AGE
   IQS'
[3] '-----
   ----,
[4] I←1
[5] BOUCLE:(MATIQS[I;1]≠0)/4 0 18 2 12 0 14 2∇
   MATIQS[I;]
[6] →BOUCLE SI(I←I+1)≤1↑ρMATIQS
∇

```

```

∇R←X REGLIN Y
[1] R←(+/(X-MOYENNE X)×Y-MOYENNE Y)÷+/(X-
MOYENNE X)*2
[2] R←((MOYENNE Y)-R×MOYENNE X),R
∇

```

[1]  $\nabla R \leftarrow \text{MOYENNE } A$   
 $R \leftarrow (+/A) \div \rho A$   
 $\nabla$

[1]  $\nabla R \leftarrow \text{ECARTTYPE } V$   
 $R \leftarrow ((+/(V-\text{MOYENNE } V)*2) \div \rho V) * 0.5$   
 $\nabla$

[1]  $\nabla R \leftarrow \text{VARIANCE } V$   
 $R \leftarrow (\text{ECARTTYPE } V)^2$   
 $\nabla$

$\nabla \text{GENSTAT44}; I; VA; VH$   
[1]  $VA \leftarrow VH \leftarrow 10$   
[2]  $I \leftarrow 1$   
[3]  $B: VA \leftarrow VA, \text{ 'AGES' }, (\bar{\tau} I), \text{ 'PIB[1]' }$   
[4]  $VH \leftarrow VH, \text{ 'HT' }, (\bar{\tau} I), \text{ 'PIB' }$   
[5]  $\rightarrow B \text{ SI } 44 \geq I \leftarrow I+1$   
[6]  $\text{MOYAGES44} \leftarrow \text{MOYENNE } VA$   
[7]  $\text{ETAGES44} \leftarrow \text{ECARTTYPE } VA$   
[8]  $\text{MINAGES44} \leftarrow \lfloor /VA$   
[9]  $\text{MAXAGES44} \leftarrow \lceil /VA$   
[10]  $\text{MOYHAUTEURS44} \leftarrow \text{MOYENNE } VH$   
[11]  $\text{ETHAUTEURS44} \leftarrow \text{ECARTTYPE } VH$   
[12]  $\text{MINHAUTEURS44} \leftarrow \lfloor /VH$   
[13]  $\text{MAXHAUTEURS44} \leftarrow \lceil /VH$   
 $\nabla$

```

      VGENSTAT29;I;VA;VH
[1]  VA←VH←10
[2]  I←1
[3]  B:VA←VA,±'AGES', (VBEAU29[I]),'PIB[1]'
[4]  VH←VH,±'HT', (VBEAU29[I]),'PIB'
[5]  →B SI 29≥I+I+1
[6]  MOYAGES29←MOYENNE VA
[7]  ETAGES29←ECARTTYPE VA
[8]  MINAGES29←[ /VA
[9]  MAXAGES29←[ /VA
[10] MOYHAUTEURS29←MOYENNE VH
[11] ETHAUTEURS29←ECARTTYPE VH
[12] MINHAUTEURS29←[ /VH
[13] MAXHAUTEURS29←[ /VH
      V

```

```

      VR←CALCULECLASSES V;T;CL1;CL2;CL3
[1]  R CETTE FONCTION PREND COMME ARGUMENT UN VECTEUR REPRESENTANT UN
[2]  R NOMBRE D'OBSERVATIONS QUELCONQUE ET CALCULE LES CENTRES ET LES
[3]  R LIMITES DE TROIS CLASSES DE DISTRIBUTION DE CES OBSERVATIONS
[4]  R SELON LEURS VALEURS. LA FONCTION ASSUME QUE LA DISTRIBUTION DE
[5]  R CES OBSERVATIONS SUIT UNE LOI NORMALE. ELLE EST CONCUE PRINCIPALEMENT
[6]  R POUR CALCULER DES CLASSES D'INDICES DE QUALITE DE STATION MAIS PEUT
[7]  R AUSSI SERVIR, PAR EXEMPLE, A SEPARER UNE CERTAINE POPULATION EN TROIS
[8]  R CLASSES DE DIAMETRES OU DE VOLUME.
[9]  R
[10] CL2←MOYENNE V
[11] CL1←(MOYENNE V)+0.97×VARIANCE V
[12] CL3←(MOYENNE V)-0.97×VARIANCE V
[13] T←0.5×0.97×VARIANCE V
[14] R←(CL3-T),CL3,(CL3+T),CL2,(CL1-T),CL1,CL1+T
      V

```

[1]  $\nabla R \leftarrow \text{QUESTION PROMPT}$   
 $R \leftarrow (\rho \text{PROMPT}) \downarrow \square, 0 \rho \square \leftarrow \text{PROMPT}$   
 $\nabla$

[1]  $\nabla R \leftarrow \text{QUESTION} \Delta N \text{ PROMPT}$   
 $R \leftarrow \pm (\rho \text{PROMPT}) \downarrow \square, 0 \rho \square \leftarrow \text{PROMPT}$   
 $\nabla$

[1]  $\nabla R \leftarrow A \text{ SI } B$   
 $R \leftarrow B/A$   
 $\nabla$



ANNEXE B

RÉGRESSIONS AYANT SERVI  
À L'ESTIMATION DES PARAMÈTRES  
DES ÉQUATIONS DU MODÈLE  
*IQSPIB*





\*\*\*\*\*, RESULTATS \*\*\*\*\*

PARAMETRE	VALEUR	ECART TYPE
1	6.2639910496463	.2894263385835
2	.6184834376434	.0178551455145
3	-.0185790018628	.0004332704498
4	2.9750082879104	.3469969869286
5	-.2410583184207	.0435792827548

LES PARAMETRES SONT CONSERVES EN MEMOIRE SOUS LE NOM PHPAYMAT190BEAU29.

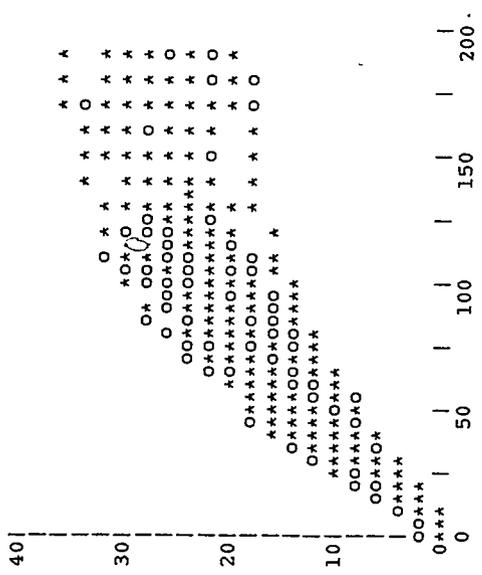
MATRICE DE CORRELATION DES PARAMETRES:

	1	2	3	4	5
1	1.00000				
2	-.99003	1.00000			
3	.14147	-.01673	1.00000		
4	-.62889	-.66774	-.29387	1.00000	
5	-.67746	.69875	.12864	-.98370	1.00000

SOMME DES CARRÉS DES RESIDUS: 1485.871862  
MOYENNE DES CARRÉS DES RESIDUS: 1.549397145  
ERREUR TYPE DE L'ESTIME: 1.244747824  
COEFFICIENT DE CORRELATION (R): 0.9902202413  
COEFFICIENT DE DETERMINATION (RD\*2): 0.9805361263  
T CALCULE POUR R: 219.7993806

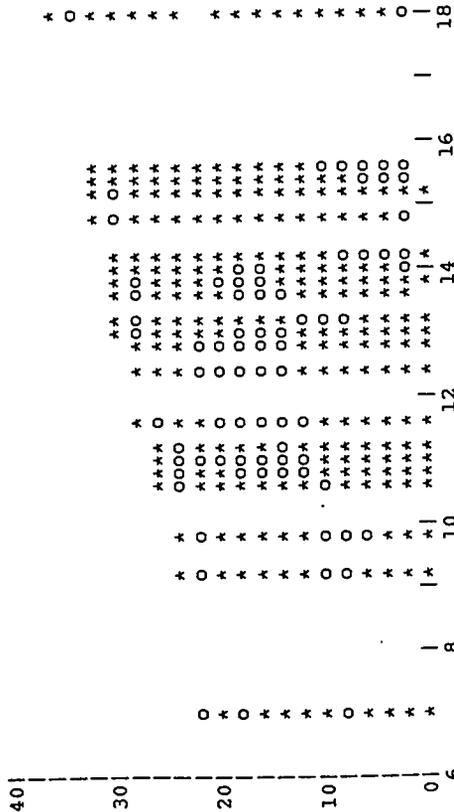
DESIREZ-VOUS LE TABLEAU DES VALEURS OBSERVEES ET PREDITES ? NON

POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER) : 1  
 GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES (o) ET PREDITES (\*) EN FONCTION  
 DE LA VARIABLE EXPLICATIVE NUMERO 1:



POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER) : 2

GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES (O) ET PREDITES (\*) EN FONCTION  
 DE LA VARIABLE EXPLICATIVE NUMERO 2:



POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER):

MODELE "PAYANDEH":  $Y = B1 \times (X2 \times B2) \times (1 - B3 \times X1) \times B4 \times X2 \times B5$

ENTREZ LA MATRICE DE DONNEES (OU "RETURN" POUR CHANGER DE MODELE):

ENTREZ LE NOM DU MODELE A UTILISER ("RETURN" POUR TERMINER):

\*\*\*\*\* TRAITEMENT TERMINE \*\*\*\*\*

DATE: 02/11/87

\*\*\*\*\* REGRESSION NON LINEAIRE \*\*\*\*\*

ENTREZ LE NOM DU MODELE A UTILISER ("RETURN" POUR TERMINER): PAYANDEH

MODELE "PAYANDEH": Y = B1\*(X2\*B2)\*(1-B3\*X1)\*B4\*X2\*B5

ENTREZ LA MATRICE DE DONNEES (OU "RETURN" POUR CHANGER DE MODELE): MAT190BEAU29.[1]M50

ENTREZ LE NOMBRE MAXIMUM D'ITERATIONS: 100

ENTREZ LES PARAMETRES INITIAUX: PHPAYMAT190BEAU29

ENTREZ LE NOMBRE DE CHIFFRES SIGNIFICATIFS DE PRECISION: 10

ENTREZ LE NOM A DONNER AUX NOUVEAUX PARAMETRES: PHPAYMAT190BEAU29M50

\*\*\*\*\* STATISTIQUES SUR LES DONNEES \*\*\*\*\*

NOMBRE DE VARIABLES EXPLICATIVES: 2

NOMBRE D'OBSERVATIONS: 1205

NOMBRE DE PARAMETRES: 5

VARIABLE	MOYENNE	ECART TYPE	MINIMUM	MAXIMUM					
0	1.5778852E01	8.2422377E00	1.1500000E00	3.5343923E01					
1	7.3351037E01	4.8273846E01	2.0000000E00	1.9000000E02					
2	1.2575671E01	2.4871965E00	6.9500000E00	1.8000000E01					
ITERATION	SOMME DES CARRES	P1	P2	P3	P4	P5			
0	1.643511299058E03	6.263991050E00	6.184834376E-001	1.857900186E-002	2.975008288E000	2.410583184E-001			
1	1.817725116056E03	6.673527789E00	5.948061153E-001	1.847898678E-002	4.093351042E000	3.804397684E-001			
2	1.570843443196E03	6.671258621E00	5.961057635E-001	1.838253917E-002	4.225283862E000	3.728932444E-001			
3	1.57008854921E03	6.657566520E00	5.956580748E-001	1.866759534E-002	4.348789630E000	3.784205461E-001			
4	1.569983371008E03	6.664463696E00	5.953049945E-001	1.866865129E-002	4.361733292E000	3.792878834E-001			
5	1.569983248393E03	6.664238244E00	5.953029459E-001	1.867206063E-002	4.363081762E000	3.793374489E-001			
6	1.569983247664E03	6.664321065E00	5.952984172E-001	1.867208859E-002	4.363228932E000	3.793487262E-001			
7	1.569983247660E03	6.664319282E00	5.952984314E-001	1.867210905E-002	4.363235868E000	3.793489228E-001			
8	1.569983247660E03	6.664319804E00	5.952984031E-001	1.867210913E-002	4.363236748E000	3.793489920E-001			
9	1.569983247660E03	6.664319791E00	5.952984033E-001	1.867210926E-002	4.363236785E000	3.793489929E-001			
10	1.569983247660E03	6.664319794E00	5.952984031E-001	1.867210926E-002	4.363236791E000	3.793489933E-001			
11	1.569983247660E03	6.664319794E00	5.952984031E-001	1.867210926E-002	4.363236791E000	3.793489933E-001			

\*\*\*\*\* RESULTATS \*\*\*\*\*

PARAMETRE	VALEUR	ECART TYPE
1	6.6643197938639	.2772880437505
2	.5952984031499	.0160099202469
3	-.0186721092574	.0003917315599
4	4.3632367907608	.3453669708526
5	-.3793489932989	.0292112016135

LES PARAMETRES SONT CONSERVES EN MEMOIRE SOUS LE NOM PHEAYMAT190BEAU29M50.

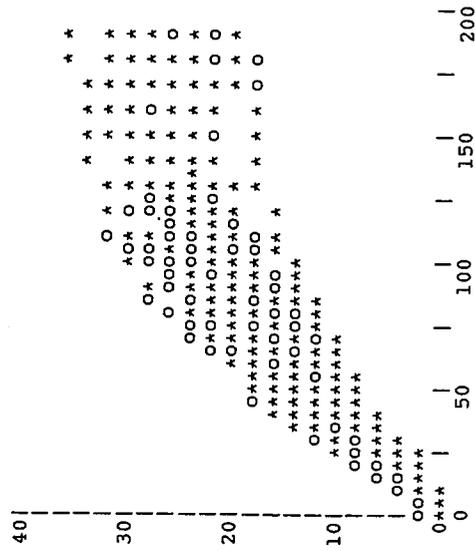
MATRICE DE CORRELATION DES PARAMETRES:

	1	2	3	4	5
1	1.00000				
2	-.98991	1.00000			
3	-.18639	-.06166	1.00000		
4	-.64224	-.69374	.33972	1.00000	
5	-.72452	.75191	.11222	-.96994	1.00000

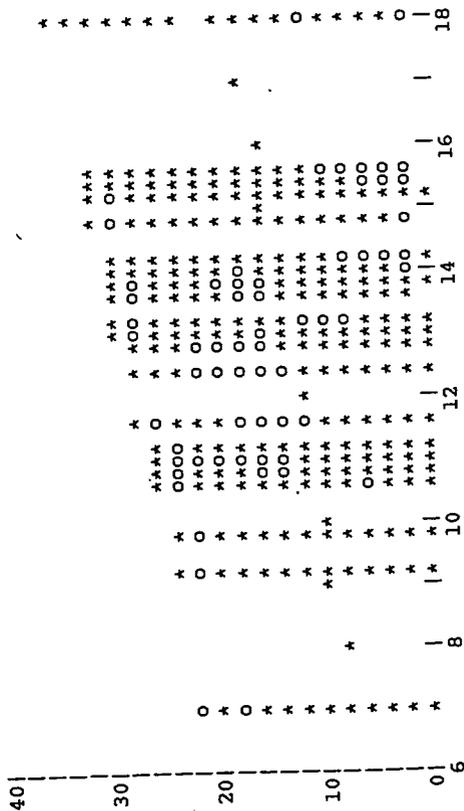
SOMME DES CARRS DES RESIDUS: 1569.983248  
MOYENNE DES CARRS DES RESIDUS: 1.308319373  
ERREUR TYPE DE L'ESTIME: 1.143817893  
COEFFICIENT DE CORRELATION (R): 0.9905019028  
COEFFICIENT DE DETERMINATION (RD\*2): 0.9810940195  
T CALCULE POUR R: 249.5435417

DESIREZ-VOUS LE TABLEAU DES VALEURS OBSERVEES ET PREDITES ? NON

POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER) : 1  
 GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES (O) ET PREDITES (\*) EN FONCTION  
 DE LA VARIABLE EXPLICATIVE NUMERO 1:



POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER) : 2  
 GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES (O) ET PREDITES (\*) EN FONCTION  
 DE LA VARIABLE EXPLICATIVE NUMERO 2:



POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER):

MODELE "PAYANDEH":  $Y = B1 \times (X2 \times B2) \times (1 - B3 \times X1) \times B4 \times X2 \times B5$

ENTREZ LA MATRICE DE DONNEES (OU "RETURN" POUR CHANGER DE MODELE):

ENTREZ LE NOM DU MODELE A UTILISER ("RETURN" POUR TERMINER):

\*\*\*\*\* TRAITEMENT TERMINE \*\*\*\*\*



\*\*\*\*\* RESULTATS \*\*\*\*\*

PARAMETRE	VALEUR	ECART TYPE
1	.1992783377820	.0073356873891
2	1.2009692906252	.0098122436027
3	.0147710542158	.0002889955364
4	-1.7545278461078	.0157458594751
5	.0305231690081	.0022258790108

LES PARAMETRES SONT CONSERVES EN MEMOIRE SOUS LE NOM PPAYMAT190BEAU29EST.

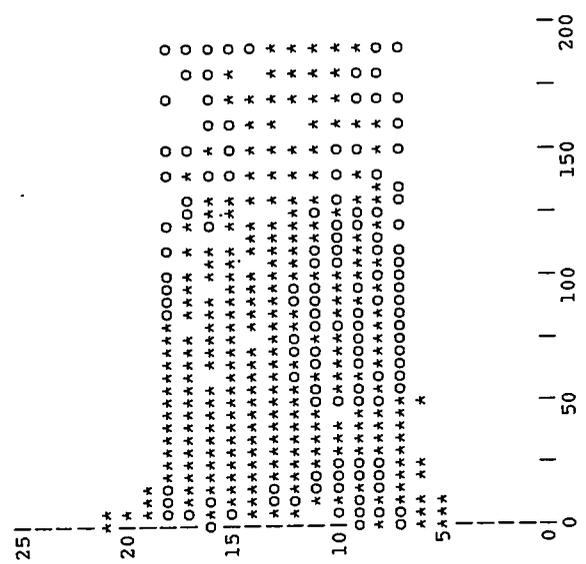
MATRICE DE CORRELATION DES PARAMETRES:

	1	2	3	4	5
1	1.00000	-.97284	-.44591	-.56219	-.43898
2	-.97284	1.00000	.24691	-.71513	-.30949
3	-.44591	.24691	1.00000	.47603	-.84671
4	.56219	-.71513	-.47603	1.00000	-.31482
5	.43898	-.30949	-.84671	-.31482	1.00000

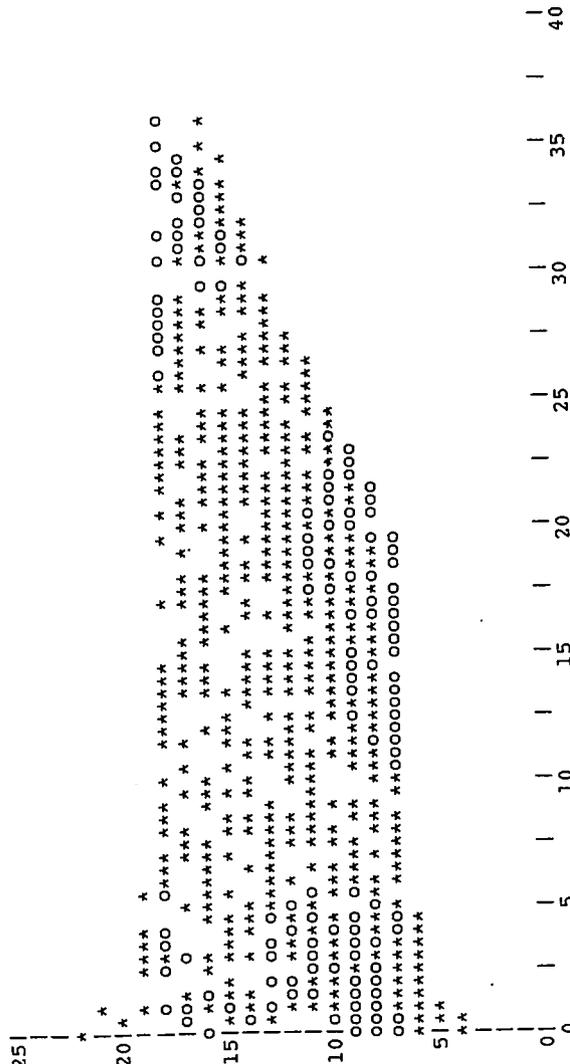
SOMME DES CARRES DES RESIDUS: 513.3804878  
 MOYENNE DES CARRES DES RESIDUS: 0.5353289758  
 ERREUR TYPE DE L'ESTIME: 0.7316617906  
 COEFFICIENT DE CORRELATION (R): 0.9766020083  
 COEFFICIENT DE DETERMINATION (RD\*2): 0.9537514825  
 T CALCULE POUR R: 140.6300104

DESIREZ-VOUS LE TABLEAU DES VALEURS OBSERVEES ET PREDITES ? NON

DESIREZ-VOUS LE TABLEAU DES VALEURS OBSERVEES ET PREDITES ? NON  
 POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER): 1  
 GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES (o) ET PREDITES (\*) EN FONCTION  
 DE LA VARIABLE EXPLICATIVE NUMERO 1:



POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE.  
 ENTREEZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER) : 2  
 GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES (O) ET PREDITES (\*) EN FONCTION  
 DE LA VARIABLE EXPLICATIVE NUMERO 2:



POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE.  
 ENTREEZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER):

MODELE "PAYANDEH":  $Y = B1 \times (X2 \times B2) \times (1 - B3 \times X1) \times B4 \times X2 \times B5$

ENTREEZ LA MATRICE DE DONNEES (OU "RETURN" POUR CHANGER DE MODELE):

ENTREEZ LE NOM DU MODELE A UTILISER ("RETURN" POUR TERMINER):

\*\*\*\*\* TRAITEMENT TERMINE \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* REGRESSION NON LINEAIRE \*\*\*\*\* DATE: 03/11/87  
 ENTREZ LE NOM DU MODELE A UTILISER ("RETURN" POUR TERMINER) : PAYANDEH  
 MODELE "PAYANDEH":  $Y = B1 \times (X2 \times B2) \times (1 - B3 \times X1) \times B4 \times X2 \times B5$   
 ENTREZ LA MATRICE DE DONNEES (OU "RETURN" POUR CHANGER DE MODELE) : MAT190BEAU29EST[:3 2 1],[1]M50  
 ENTREZ LE NOMBRE MAXIMUM D'ITERATIONS: 100  
 ENTREZ LES PARAMETRES INITIAUX: PPARAMAT190BEAU29EST  
 ENTREZ LE NOMBRE DE CHIFFRES SIGNIFICATIFS DE PRECISION: 10  
 ENTREZ LE NOM A DONNER AUX NOUVEAUX PARAMETRES: PPARAMAT190BEAU29ESTM50

\*\*\*\*\* STATISTIQUES SUR LES DONNEES \*\*\*\*\*

NOMBRE DE VARIABLES EXPLICATIVES: 2  
 NOMBRE D'OBSERVATIONS: 1205  
 NOMBRE DE PARAMETRES: 5

VARIABLE	MOYENNE	ECART TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
0	1.2280498E001	3.4013374E000	7.0000000E000	1.8000000E001
1	7.3351037E001	4.8273846E001	2.0000000E000	1.9000000E002
2	1.5434452E001	8.5108558E000	4.3982614E-002	3.5815524E001

ITERATION	SOMME DES CARRES	P1	P2	P3	P4	P5
0	6.174600802795E002	1.992783378E-001	1.200969291E000	1.477105422E-002	1.754527846E000	3.052316901E-002
1	6.005543170477E002	2.247405740E-001	1.159201028E000	1.408081987E-002	1.668762404E000	3.275583189E-002
2	5.8756956595671E002	2.260224686E-001	1.159209591E000	1.403099616E-002	1.668881560E000	3.323363831E-002
3	5.8756882232141E002	2.262168502E-001	1.158912850E000	1.402543167E-002	1.668226467E000	3.326244763E-002
4	5.8756821646999E002	2.262148206E-001	1.158912634E000	1.402511918E-002	1.668222545E000	3.326656758E-002
5	5.875682164297E002	2.262155585E-001	1.158911340E000	1.402507373E-002	1.668219009E000	3.326688272E-002
6	5.875682164295E002	2.26215609E-001	1.158911314E000	1.402507103E-002	1.668218913E000	3.326691346E-002
7	5.875682164295E002	2.262156467E-001	1.158911307E000	1.402507072E-002	1.668218892E000	3.326691346E-002
8	5.875682164295E002	2.26215647E-001	1.158911307E000	1.402507069E-002	1.668218891E000	3.326691615E-002
9	5.875682164295E002	2.26215647E-001	1.158911307E000	1.402507069E-002	1.668218891E000	3.326691617E-002
10	5.875682164295E002	2.26215647E-001	1.158911307E000	1.402507069E-002	1.668218891E000	3.326691617E-002

\*\*\*\*\* RESULTATS \*\*\*\*\*

PARAMETRE	VALEUR	ECART TYPE
1	.2262155647107	.0070953270229
2	1.1589113068605	.0081496400659
3	-.0140250706917	.0002643758852
4	-1.6682188905830	.0130881026566
5	.0332669161685	.0021330518137

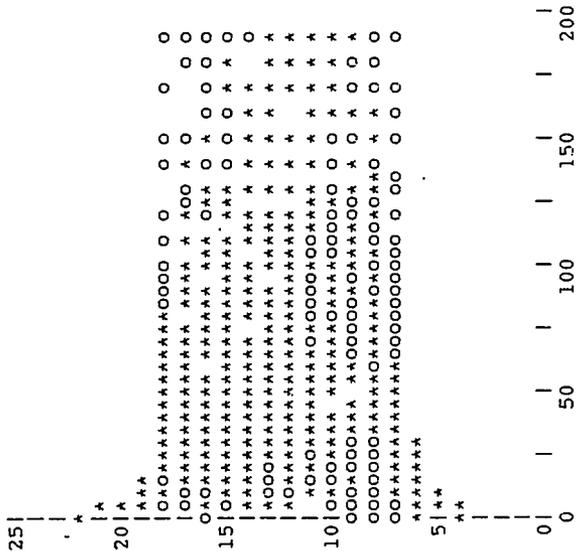
LES PARAMETRES SONT CONSERVES EN MEMOIRE SOUS LE NOM PPARAMAT190BEAU29ESTM50.

MATRICE DE CORRELATION DES PARAMETRES:

	1	2	3	4	5
1	1.00000	-.96501	-.49769	-.48589	.48398
2	-.96501	1.00000	.27658	-.66815	-.34497
3	-.49769	.27658	1.00000	.50064	-.84967
4	.48589	-.66815	.50064	1.00000	-.33186
5	.48398	-.34497	-.84967	-.33186	1.00000

SOMME DES CARRS DES RESIDUS: 587.5682164  
MOYENNE DES CARRS DES RESIDUS: 0.4896401804  
ERREUR TYPE DE L'ESTIME: 0.6997429388  
COEFFICIENT DE CORRELATION (R): 0.9787099539  
COEFFICIENT DE DETERMINATION (RD\*2): 0.9578731738  
T CALCULE POUR R: 165.1829652

POUR OBTENIR LE GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES ET  
 CALCULEES EN FONCTION D'UNE VARIABLE EXPLICATIVE,  
 ENTREZ LE NUMERO DE LA VARIABLE (OU "RETURN" POUR TERMINER): 1  
 GRAPHIQUE DES VALEURS OBSERVEES (O) ET PREDITES (\*) EN FONCTION  
 DE LA VARIABLE EXPLICATIVE NUMERO 1:





ANNEXE C

COPIE DES FONCTIONS CONSTITUANT  
LE MODÈLE *IQSPIB*



```

∇IIQS;HAUTEUR;AGE;HAUTEURS;AGES;ANNEES;IIQS;
AACH;AAMH
[1] 4 1p' '
[2] ^67↑'DATE: ',DATE
[3] 23 1p' '
[4] 74 CENTRE'ESTIMATION DE L''INDICE ET DE LA C
LASSE'
[5] 74 CENTRE'DE QUALITE DE STATION ET PREDICTIO
N DE LA'
[6] 74 CENTRE'HAUTEUR ET DES ACCROISSEMENTS POUR
LES'
[7] 74 CENTRE'PEUPELEMENTS DE PIN BLANC (PINUS ST
ROBUS)'
[8] 11 1p' '
[9] AGE←±QUESTION' ENTREZ L''AGE ACTUEL DU
PEUPELEMENT : '
[10] ''
[11] HAUTEUR←±QUESTION' ENTREZ LA HAUTEUR M
OYENNE DU PEUPELEMENT : '
[12] AGES←15+5×135
[13] ANNEES←AGES+□TS[1]-AGE
[14] HAUTEURS←AGES HAUTEURPIBM50 IIQS←AGE
IQSPIBM50 HAUTEUR
[15] AACH←^1↓0,0.2×(1φHAUTEURS)-HAUTEURS
[16] AAMH←HAUTEURS÷AGES
[17] FORMFEED
[18] 3 1p' '
[19] ^67↑'DATE: ',DATE
[20] ''
[21] ''
[22] ' INDICE DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.
) =' ,6 2∗IIQS
[23] ''
[24] ' CLASSE DE QUALITE DE STATION
= ' ,2 0∗1++/IIQS≤CLASSESPIB[3 5]
[25] ''
[26] ''
[27] 74 CENTRE'PREDICTION DES HAUTEURS ET DES ACC
ROISSEMENTS'
[28] 74 CENTRE'-----
-----'
[29] ''
[30] ''
[31] ' ANNEES AGE HAUTEUR
A.A.C.H. A.A.M.H.'
[32] ' ,60p'-'
[33] ''
[34] 'X8,I4,I12,F14.2,R□ -----□BF14.3,F14
.3'□FMT ANNEES,AGES,HAUTEURS,AACH,[1.5]AAMH
[35] ''
[36] ' ,60p'-'
∇

```

▽R←LARGEUR CENTRE LIGNE  
[1] R←(↑0.5×LARGEUR+ρLIGNE)↑LIGNE  
▽

▽Z←DATE  
[1] Z←↑1↓,'Z12,','/'□FMT □TS[3 2],□TS[1]-1900  
▽

▽R←QUESTION PROMPT  
[1] R←(ρPROMPT)↓□,0ρ□←PROMPT  
▽

▽R←AGE HAUTEURPIBM50 IQS  
[1] R←6.664319794×(IQS\*0.5952984031)×(1-  
↑0.01867210926×AGE)\*4.363236791×IQS\*  
↑0.3793489933  
▽

▽R←AGE HAUTEURPIB IQS  
[1] R←6.26399105×(IQS\*0.6184834376)×(1-  
↑0.01857900186×AGE)\*2.975008288×IQS\*  
↑0.2410583184  
▽

▽R←AGE IQSPIBM50 HAUTEUR  
[1] R←0.2262155647×(HAUTEUR\*1.158911307)×(1-  
↑0.01402507069×AGE)\*↑1.668218891×HAUTEUR\*  
↑0.03326691617  
▽

▽R←AGE IQSPIB HAUTEUR  
[1] R←0.1992783378×(HAUTEUR\*1.200969291)×(1-  
↑0.01477105422×AGE)\*↑1.754527846×HAUTEUR\*  
↑0.03052316901  
▽

CLASSESPIB  
5.529170376 7.864424823 10.19967927 12.53493372  
14.87018816 17.20544261 19.54069706

ANNEXE D

EXEMPLE D'UTILISATION  
DES FONCTIONS AYANT SERVI  
À L'ÉLABORATION DU MODÈLE *IQSPIB*



ENTREZ LE NOM DE L'ESSENCE : PIB

ENTREZ LE NUMERO D'IDENTIFICATION ("RETURN" POUR TERMINER) : 1

ENTREZ LA HAUTEUR TOTALE : 20.53

ENTREZ LA LISTE DES AGES : 95 92 90 88 85 84 81 78 73 70 68  
51 41 34 28 24 21 17 12 9 7 2

INDICE DE QUALITE DE STATION : 11.75

\*\*\*\*\* TRAITEMENT DE L'ARBRE 1 TERMINE \*\*\*\*\*

ENTREZ LE NUMERO D'IDENTIFICATION ("RETURN" POUR TERMINER) : 2

ENTREZ LA HAUTEUR TOTALE : 25.1

ENTREZ LA LISTE DES AGES : 95 90 88 85 82 78 74 71 69 68 65  
61 57 53 51 45 42 39 36 33 28 24  
21 17 12 6 1

INDICE DE QUALITE DE STATION : 15.15

\*\*\*\*\* TRAITEMENT DE L'ARBRE 2 TERMINE \*\*\*\*\*

ENTREZ LE NUMERO D'IDENTIFICATION ("RETURN" POUR TERMINER) : 3

ENTREZ LA HAUTEUR TOTALE : 20.54

ENTREZ LA LISTE DES AGES : 90 86 82 77 69 66 60 56 52 41 37  
33 30 26 23 20 17 15 10 8 5 2

INDICE DE QUALITE DE STATION : 9.40

\*\*\*\*\* TRAITEMENT DE L'ARBRE 3 TERMINE \*\*\*\*\*

ENTREZ LE NUMERO D'IDENTIFICATION ("RETURN" POUR TERMINER) : 4

ENTREZ LA HAUTEUR TOTALE : 16.7

ENTREZ LA LISTE DES AGES : 49 41 38 37 35 33 31 30 28 26 23  
21 20 13 10 7 4 2

INDICE DE QUALITE DE STATION : 18.18

\*\*\*\*\* TRAITEMENT DE L'ARBRE 4 TERMINE \*\*\*\*\*

ENTREZ LE NUMERO D'IDENTIFICATION ("RETURN" POUR TERMINER) : 5

ENTREZ LA HAUTEUR TOTALE : 15.3

ENTREZ LA LISTE DES AGES : 56 47 42 40 39 35 34 32 30 27 25  
22 21 15 8 5 2

INDICE DE QUALITE DE STATION : 14.82

\*\*\*\*\* TRAITEMENT DE L'ARBRE 5 TERMINE \*\*\*\*\*

ENTREZ LE NUMERO D'IDENTIFICATION ("RETURN" POUR TERMINER) :

DESIREZ-VOUS LA MATRICE DES INDICES DE QUALITE DE STATION : OUI

<u>NUMERO</u>	<u>HAUTEUR</u>	<u>AGE</u>	<u>IQS</u>
1	1.15	3	11.75
1	2.15	5	11.75
1	3.15	7	11.75
1	4.15	10	11.75
1	5.15	11	11.75
1	6.15	14	11.75
1	7.15	17	11.75
1	8.15	22	11.75
1	9.15	25	11.75
1	10.15	27	11.75
1	11.15	44	11.75
1	12.15	54	11.75
1	13.15	61	11.75
1	14.15	67	11.75
1	15.15	71	11.75
1	16.15	74	11.75
1	17.15	78	11.75
1	18.15	83	11.75
1	19.15	86	11.75
1	20.15	88	11.75
1	21.15	93	11.75
1	21.68	95	11.75
1	22.03	100	11.75
1	23.14	110	11.75
1	24.03	120	11.75
1	24.75	130	11.75
1	25.31	140	11.75
1	25.76	150	11.75
1	26.12	160	11.75
1	26.40	170	11.75
1	26.62	180	11.75
1	26.80	190	11.75
2	1.15	5	15.15
2	2.15	7	15.15
2	3.15	10	15.15
2	4.15	13	15.15
2	5.15	17	15.15
2	6.15	21	15.15
2	7.15	24	15.15
2	8.15	26	15.15
2	9.15	27	15.15
2	10.15	30	15.15
2	11.15	34	15.15

2	12.15	38	15.15
2	13.15	42	15.15
2	14.15	44	15.15
2	15.15	50	15.15
2	16.15	53	15.15
2	17.15	56	15.15
2	18.15	59	15.15
2	19.15	62	15.15
2	20.15	67	15.15
2	21.15	71	15.15
2	22.15	74	15.15
2	23.15	78	15.15
2	24.15	83	15.15
2	25.15	89	15.15
2	26.15	94	15.15
2	26.25	95	15.15
2	26.42	100	15.15
2	27.64	110	15.15
2	28.62	120	15.15
2	29.40	130	15.15
2	30.02	140	15.15
2	30.50	150	15.15
2	30.89	160	15.15
2	31.20	170	15.15
2	31.44	180	15.15
2	31.62	190	15.15
3	1.15	4	9.40
3	2.15	8	9.40
3	3.15	13	9.40
3	4.15	21	9.40
3	5.15	24	9.40
3	6.15	30	9.40
3	7.15	34	9.40
3	8.15	38	9.40
3	9.15	49	9.40
3	10.15	53	9.40
3	11.15	57	9.40
3	12.15	60	9.40
3	13.15	64	9.40
3	14.15	67	9.40
3	15.15	70	9.40
3	16.15	73	9.40
3	17.15	75	9.40
3	18.15	80	9.40
3	19.15	82	9.40
3	20.15	85	9.40
3	21.15	88	9.40
3	21.69	90	9.40
3	18.75	100	9.40
3	19.78	110	9.40
3	20.60	120	9.40

3	21.26	130	9.40
3	21.79	140	9.40
3	22.21	150	9.40
3	22.54	160	9.40
3	22.80	170	9.40
3	23.00	180	9.40
3	23.17	190	9.40
4	1.15	8	18.18
4	2.15	11	18.18
4	3.15	12	18.18
4	4.15	14	18.18
4	5.15	16	18.18
4	6.15	18	18.18
4	7.15	19	18.18
4	8.15	21	18.18
4	9.15	23	18.18
4	10.15	26	18.18
4	11.15	28	18.18
4	12.15	29	18.18
4	13.15	36	18.18
4	14.15	39	18.18
4	15.15	42	18.18
4	16.15	45	18.18
4	17.15	47	18.18
4	17.85	49	18.18
4	17.59	50	18.18
4	21.06	60	18.18
4	24.00	70	18.18
4	26.45	80	18.18
4	28.46	90	18.18
4	30.08	100	18.18
4	31.38	110	18.18
4	32.42	120	18.18
4	33.25	130	18.18
4	33.91	140	18.18
4	34.43	150	18.18
4	34.84	160	18.18
4	35.16	170	18.18
4	35.41	180	18.18
4	35.61	190	18.18
5	1.15	9	14.82
5	2.15	14	14.82
5	3.15	16	14.82
5	4.15	17	14.82
5	5.15	21	14.82
5	6.15	22	14.82
5	7.15	24	14.82
5	8.15	26	14.82
5	9.15	29	14.82
5	10.15	31	14.82
5	11.15	34	14.82

5	12.15	35	14.82
5	13.15	41	14.82
5	14.15	48	14.82
5	15.15	51	14.82
5	16.15	54	14.82
5	16.45	56	14.82
5	17.75	60	14.82
5	20.42	70	14.82
5	22.66	80	14.82
5	24.51	90	14.82
5	26.01	100	14.82
5	27.22	110	14.82
5	28.19	120	14.82
5	28.96	130	14.82
5	29.57	140	14.82
5	30.06	150	14.82
5	30.44	160	14.82
5	30.74	170	14.82
5	30.98	180	14.82
5	31.17	190	14.82



ANNEXE E

EXEMPLE D'UTILISATION  
DU MODÈLE *IQSPIB*



DATE: 29/01/88

ESTIMATION DE L'INDICE ET DE LA CLASSE  
DE QUALITE DE STATION ET PREDICTION DE LA  
HAUTEUR ET DES ACCROISSEMENTS POUR LES  
PEUPELEMENTS DE PIN BLANC (PINUS STROBUS)

ENTREZ L'AGE ACTUEL DU PEUPELEMENT : 50

ENTREZ LA HAUTEUR MOYENNE DU PEUPELEMENT : 17

DATE: 29/01/88

INDICE DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) = 17.07

CLASSE DE QUALITE DE STATION = 1

PREDICTION DES HAUTEURS ET DES ACCROISSEMENTS

<u>ANNEES</u>	<u>AGE</u>	<u>HAUTEUR</u>	<u>A.A.C.H.</u>	<u>A.A.M.H.</u>
1958	20	6.37	-----	0.319
1963	25	8.32	0.390	0.333
1968	30	10.24	0.384	0.341
1973	35	12.10	0.372	0.346
1978	40	13.88	0.356	0.347
1983	45	15.57	0.338	0.346
1988	50	17.17	0.319	0.343
1993	55	18.66	0.299	0.339
1998	60	20.06	0.279	0.334
2003	65	21.36	0.260	0.329
2008	70	22.57	0.242	0.322
2013	75	23.69	0.224	0.316
2018	80	24.72	0.207	0.309
2023	85	25.68	0.191	0.302
2028	90	26.56	0.176	0.295
2033	95	27.36	0.162	0.288
2038	100	28.11	0.149	0.281
2043	105	28.79	0.137	0.274
2048	110	29.42	0.126	0.267
2053	115	30.00	0.115	0.261
2058	120	30.52	0.105	0.254
2063	125	31.01	0.097	0.248
2068	130	31.45	0.088	0.242
2073	135	31.85	0.081	0.236
2078	140	32.22	0.074	0.230
2083	145	32.56	0.068	0.225
2088	150	32.87	0.062	0.219
2093	155	33.15	0.056	0.214
2098	160	33.41	0.052	0.209
2103	165	33.65	0.047	0.204
2108	170	33.86	0.043	0.199
2113	175	34.06	0.039	0.195
2118	180	34.24	0.036	0.190
2123	185	34.40	0.033	0.186
2128	190	34.55	0.030	0.182

DATE: 29/01/88

ESTIMATION DE L'INDICE ET DE LA CLASSE  
DE QUALITE DE STATION ET PREDICTION DE LA  
HAUTEUR ET DES ACCROISSEMENTS POUR LES  
PEUPEMENTS DE PIN BLANC (PINUS STROBUS)

ENTREZ L'AGE ACTUEL DU PEUPEMENT : 50

ENTREZ LA HAUTEUR MOYENNE DU PEUPEMENT : 15

DATE: 29/01/88

INDICE DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) = 14.83

CLASSE DE QUALITE DE STATION = 2

PREDICTION DES HAUTEURS ET DES ACCROISSEMENTS

ANNEES	AGE	HAUTEUR	A.A.C.H.	A.A.M.H.
1958	20	5.33	-----	0.266
1963	25	7.06	0.347	0.283
1968	30	8.79	0.346	0.293
1973	35	10.48	0.338	0.300
1978	40	12.12	0.327	0.303
1983	45	13.68	0.312	0.304
1988	50	15.16	0.296	0.303
1993	55	16.55	0.279	0.301
1998	60	17.86	0.262	0.298
2003	65	19.09	0.245	0.294
2008	70	20.23	0.228	0.289
2013	75	21.29	0.212	0.284
2018	80	22.27	0.196	0.278
2023	85	23.18	0.182	0.273
2028	90	24.01	0.168	0.267
2033	95	24.79	0.155	0.261
2038	100	25.50	0.142	0.255
2043	105	26.15	0.131	0.249
2048	110	26.76	0.120	0.243
2053	115	27.31	0.110	0.237
2058	120	27.81	0.101	0.232
2063	125	28.28	0.093	0.226
2068	130	28.70	0.085	0.221
2073	135	29.09	0.078	0.216
2078	140	29.45	0.071	0.210
2083	145	29.78	0.065	0.205
2088	150	30.08	0.060	0.201
2093	155	30.35	0.054	0.196
2098	160	30.60	0.050	0.191
2103	165	30.82	0.045	0.187
2108	170	31.03	0.042	0.183
2113	175	31.22	0.038	0.178
2118	180	31.39	0.035	0.174
2123	185	31.55	0.032	0.171
2128	190	31.70	0.029	0.167

DATE: 29/01/88

ESTIMATION DE L'INDICE ET DE LA CLASSE  
DE QUALITE DE STATION ET PREDICTION DE LA  
HAUTEUR ET DES ACCROISSEMENTS POUR LES  
PEUPELEMENTS DE PIN BLANC (PINUS STROBUS)

ENTREZ L'AGE ACTUEL DU PEUPELEMENT : 50

ENTREZ LA HAUTEUR MOYENNE DU PEUPELEMENT : 12

DATE: 29/01/88

INDICE DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) = 11.54

CLASSE DE QUALITE DE STATION = 2

PREDICTION DES HAUTEURS ET DES ACCROISSEMENTS

ANNEES	AGE	HAUTEUR	A.A.C.H.	A.A.M.H.
1958	20	3.82	-----	0.191
1963	25	5.21	0.278	0.209
1968	30	6.63	0.284	0.221
1973	35	8.05	0.283	0.230
1978	40	9.44	0.278	0.236
1983	45	10.78	0.269	0.240
1988	50	12.07	0.258	0.241
1993	55	13.30	0.246	0.242
1998	60	14.46	0.232	0.241
2003	65	15.56	0.219	0.239
2008	70	16.58	0.205	0.237
2013	75	17.54	0.191	0.234
2018	80	18.43	0.178	0.230
2023	85	19.26	0.166	0.227
2028	90	20.03	0.154	0.223
2033	95	20.74	0.142	0.218
2038	100	21.39	0.131	0.214
2043	105	22.00	0.121	0.210
2048	110	22.55	0.111	0.205
2053	115	23.07	0.103	0.201
2058	120	23.54	0.094	0.196
2063	125	23.97	0.087	0.192
2068	130	24.37	0.079	0.187
2073	135	24.73	0.073	0.183
2078	140	25.07	0.067	0.179
2083	145	25.37	0.061	0.175
2088	150	25.65	0.056	0.171
2093	155	25.91	0.051	0.167
2098	160	26.14	0.047	0.163
2103	165	26.35	0.043	0.160
2108	170	26.55	0.039	0.156
2113	175	26.73	0.036	0.153
2118	180	26.89	0.033	0.149
2123	185	27.04	0.030	0.146
2128	190	27.18	0.027	0.143

DATE: 29/01/88

ESTIMATION DE L'INDICE ET DE LA CLASSE  
DE QUALITE DE STATION ET PREDICTION DE LA  
HAUTEUR ET DES ACCROISSEMENTS POUR LES  
PEUPEMENTS DE PIN BLANC (PINUS STROBUS)

ENTREZ L'AGE ACTUEL DU PEUPEMENT : 50

ENTREZ LA HAUTEUR MOYENNE DU PEUPEMENT : 8

DATE: 29/01/88

INDICE DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) = 7.32

CLASSE DE QUALITE DE STATION = 3

PREDICTION DES HAUTEURS ET DES ACCROISSEMENTS

ANNEES	AGE	HAUTEUR	A.A.C.H.	A.A.M.H.
1958	20	1.99	-----	0.100
1963	25	2.88	0.178	0.115
1968	30	3.84	0.191	0.128
1973	35	4.83	0.199	0.138
1978	40	5.84	0.201	0.146
1983	45	6.84	0.200	0.152
1988	50	7.82	0.197	0.156
1993	55	8.78	0.191	0.160
1998	60	9.70	0.184	0.162
2003	65	10.57	0.176	0.163
2008	70	11.41	0.167	0.163
2013	75	12.20	0.157	0.163
2018	80	12.94	0.148	0.162
2023	85	13.63	0.139	0.160
2028	90	14.28	0.130	0.159
2033	95	14.88	0.121	0.157
2038	100	15.44	0.112	0.154
2043	105	15.96	0.104	0.152
2048	110	16.45	0.096	0.150
2053	115	16.89	0.089	0.147
2058	120	17.30	0.082	0.144
2063	125	17.68	0.076	0.141
2068	130	18.03	0.070	0.139
2073	135	18.35	0.064	0.136
2078	140	18.64	0.059	0.133
2083	145	18.91	0.054	0.130
2088	150	19.16	0.050	0.128
2093	155	19.39	0.045	0.125
2098	160	19.60	0.042	0.122
2103	165	19.79	0.038	0.120
2108	170	19.96	0.035	0.117
2113	175	20.12	0.032	0.115
2118	180	20.27	0.029	0.113
2123	185	20.40	0.027	0.110
2128	190	20.52	0.024	0.108

DATE: 29/01/88

ESTIMATION DE L'INDICE ET DE LA CLASSE  
DE QUALITE DE STATION ET PREDICTION DE LA  
HAUTEUR ET DES ACCROISSEMENTS POUR LES  
PEUPEMENTS DE PIN BLANC (PINUS STROBUS)

ENTREZ L'AGE ACTUEL DU PEUPEMENT : 10

ENTREZ LA HAUTEUR MOYENNE DU PEUPEMENT : 3

DATE: 29/01/88

INDICE DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) = 21.28

CLASSE DE QUALITE DE STATION = 1

PREDICTION DES HAUTEURS ET DES ACCROISSEMENTS

<u>ANNEES</u>	<u>AGE</u>	<u>HAUTEUR</u>	<u>A.A.C.H.</u>	<u>A.A.M.H.</u>
1998	20	8.35	-----	0.417
2003	25	10.68	0.465	0.427
2008	30	12.92	0.449	0.431
2013	35	15.07	0.429	0.430
2018	40	17.09	0.405	0.427
2023	45	19.00	0.381	0.422
2028	50	20.78	0.356	0.416
2033	55	22.43	0.332	0.408
2038	60	23.97	0.308	0.400
2043	65	25.40	0.285	0.391
2048	70	26.72	0.264	0.382
2053	75	27.93	0.243	0.372
2058	80	29.06	0.224	0.363
2063	85	30.09	0.206	0.354
2068	90	31.03	0.189	0.345
2073	95	31.90	0.174	0.336
2078	100	32.70	0.160	0.327
2083	105	33.43	0.146	0.318
2088	110	34.10	0.134	0.310
2093	115	34.71	0.123	0.302
2098	120	35.27	0.112	0.294
2103	125	35.79	0.103	0.286
2108	130	36.26	0.094	0.279
2113	135	36.69	0.086	0.272
2118	140	37.08	0.078	0.265
2123	145	37.43	0.072	0.258
2128	150	37.76	0.065	0.252
2133	155	38.06	0.060	0.246
2138	160	38.33	0.054	0.240
2143	165	38.58	0.050	0.234
2148	170	38.81	0.045	0.228
2153	175	39.01	0.041	0.223
2158	180	39.20	0.038	0.218
2163	185	39.37	0.034	0.213
2168	190	39.53	0.031	0.208

DATE: 29/01/88

ESTIMATION DE L'INDICE ET DE LA CLASSE  
DE QUALITE DE STATION ET PREDICTION DE LA  
HAUTEUR ET DES ACCROISSEMENTS POUR LES  
PEUPEMENTS DE PIN BLANC (PINUS STROBUS)

ENTREZ L'AGE ACTUEL DU PEUPEMENT : 100

ENTREZ LA HAUTEUR MOYENNE DU PEUPEMENT : 28

DATE: 29/01/88

INDICE DE QUALITE DE STATION (I.Q.S.) = 16.40

CLASSE DE QUALITE DE STATION = 1

PREDICTION DES HAUTEURS ET DES ACCROISSEMENTS

---

ANNEES	AGE	HAUTEUR	A.A.C.H.	A.A.M.H.
1908	20	6.06	-----	0.303
1913	25	7.95	0.378	0.318
1918	30	9.81	0.373	0.327
1923	35	11.62	0.362	0.332
1928	40	13.36	0.347	0.334
1933	45	15.01	0.330	0.334
1938	50	16.57	0.312	0.331
1943	55	18.04	0.293	0.328
1948	60	19.41	0.274	0.323
1953	65	20.69	0.256	0.318
1958	70	21.87	0.238	0.312
1963	75	22.98	0.220	0.306
1968	80	24.00	0.204	0.300
1973	85	24.94	0.188	0.293
1978	90	25.80	0.174	0.287
1983	95	26.60	0.160	0.280
1988	100	27.34	0.147	0.273
1993	105	28.01	0.135	0.267
1998	110	28.63	0.124	0.260
2003	115	29.20	0.114	0.254
2008	120	29.72	0.104	0.248
2013	125	30.20	0.096	0.242
2018	130	30.64	0.087	0.236
2023	135	31.04	0.080	0.230
2028	140	31.41	0.073	0.224
2033	145	31.74	0.067	0.219
2038	150	32.05	0.061	0.214
2043	155	32.33	0.056	0.209
2048	160	32.58	0.051	0.204
2053	165	32.81	0.047	0.199
2058	170	33.03	0.043	0.194
2063	175	33.22	0.039	0.190
2068	180	33.40	0.035	0.186
2073	185	33.56	0.032	0.181
2078	190	33.71	0.030	0.177

---

Parution: novembre 1989



Les aménagistes forestiers doivent pouvoir prédire le rendement et la croissance des divers peuplements. Leur outil de prédiction est la table de production. Dans le but de mieux adapter cet outil à la réalité des forêts du Québec, le ministère de l'Énergie et des Ressources, par sa Direction de la recherche et du développement, mène divers travaux portant sur cet aspect de la connaissance de la forêt. Des modèles mathématiques sont élaborés pour prédire l'évolution dendrométrique des peuplements.



Gouvernement du Québec  
Ministère de l'Énergie  
et des Ressources (Forêts)  
**Direction de la recherche  
et du développement**

ISBN 2-550-20092-6  
O.D.C. 547+566(047.3)(714)  
L.C. SD 387 .P65

**MER 5310-99**