



CEMAGREF

GRUPEMENT DE NOGENT-SUR-VERNISSON
DIVISION TECHNIQUES FORESTIÈRES

Domaine des Barres
45290 NOGENT-SUR-VERNISSON

ÉTUDE DES RELATIONS STATION-PRODUCTION DU DOUGLAS DANS LE PAYS D'OTHE

JEAN-MICHEL GILBERT

RICHARD CHEVALIER

BERNADETTE VALLÉE

Étude réalisée avec le concours financier :

- * du Conseil Régional de Bourgogne
- * du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt

décembre 1991

Cette étude a été réalisée par la division "Techniques Forestières" du CEMAGREF de NOGENT-SUR-VERNISSON.

Relevés de terrain : R. CHEVALIER Y. DUMAS
B. VALLEE L. ESNAULT
J.M. GILBERT

Rédaction J.M. GILBERT

Mise en forme texte F. DUMAS
dessin G. BERGEVIN

Les représentants de la Société Forestière de la Caisse des Dépôts en Bourgogne et Champagne-Ardenne, ont grandement facilité le repérage et l'exploitation des arbres utiles aux analyses de tiges.

L'Office National des Forêts (P. DUPLAT) a aimablement accepté de mettre au point un modèle de croissance à partir des analyses de tiges réalisées.

Que toutes les personnes qui ont contribué à la bonne marche de cette étude soient ici remerciées.

S O M M A I R E

	PAGE
1 - <u>INTRODUCTION</u>	3
2 - <u>L'AUTÉCOLOGIE DU DOUGLAS EN FRANCE</u>	4
<u>SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
2.1. Les exigences climatiques.....	4
2.2. Les exigences édaphiques.....	6
3 - <u>LE CONTEXTE</u>	7
3.1. Les stations forestières du Pays d'Othe.....	7
3.1.1. Présentation générale de la région naturelle.....	7
3.1.2. La typologie des stations forestières.....	9
3.1.2.1. Structuration de la typologie.....	9
3.1.2.2. Facteurs limitants mis en évidence.....	10
3.2. Le douglas en Pays d'Othe.....	14
3.2.1. Situation par rapport aux autres essences.....	14
3.2.2. Répartition par types de peuplements et par.....	14
classes d'âge	
3.2.3. Techniques de reboisement et sylvicultures.....	14
employées	
4 - <u>LA METHODOLOGIE</u>	17
4.1. Les principes généraux.....	17
4.1.1. Objectifs de l'étude.....	17
4.1.2. Conditions à respecter.....	17
4.2. La détermination de l'indice de fertilité.....	18
4.3. Le choix de l'âge de référence.....	20
4.4. Les principales étapes de la démarche méthodologique..	21
4.5. Les modèles de croissance hauteur-âge.....	22
4.5.1. Le choix des modèles retenus dans le cadre de.....	22
l'étude	
4.5.2. Le modèle construit par analyses de tiges.....	23
4.5.3. Le modèle de l'Inventaire Forestier National.....	28

4.5.4. Les modèles existants.....	34
4.6. Les relevés.....	36
4.6.1. L'échantillonnage.....	36
4.6.2. La fiche de relevés.....	36
4.6.3. Les données relatives aux conditions stationnelles.....	36
4.6.3.1. Détermination de la station.....	36
4.6.3.2. Autres données stationnelles recueillies.....	37
4.6.4. Les données relatives au peuplement.....	37
4.6.4.1. Mesures dendrométriques.....	37
4.6.4.2. Autres données relatives au peuplement.....	38
5 - <u>L'ANALYSE DES DONNEES ET LES RESULTATS</u>.....	39
5.1. Les caractéristiques de l'échantillon.....	39
5.2. La relation station-indice de fertilité.....	41
5.2.1. Définition de groupes de types de stations pertinents.....	41
5.2.2. Utilisation du modèle de croissance construit par analyses de tiges.....	43
5.2.2.1. Vérification de l'homogénéité des stations....	43
5.2.2.2. Discrimination des stations.....	47
5.2.2.3. Influence de la charge en cailloux.....	52
5.2.3. Discrimination des stations à partir des indices de fertilité obtenus avec les différents modèles de croissance.....	55
6 - <u>CONCLUSION</u>.....	60
<u>ANNEXES</u>	
1 - Fiche de relevés.....	61
2 - Bibliographie.....	63

1 - INTRODUCTION

Les études de relations station-production sont le complément souhaitable de toute typologie des stations forestières. Elles fournissent au propriétaire et au gestionnaire forestier des indications chiffrées sur les performances de l'essence étudiée dans les divers types de stations où celle-ci a été rencontrée. Plus précisément, elles permettent un classement relatif de ces stations selon une échelle de productivité et, dans les cas les plus favorables, elles permettent d'approcher le niveau de production de l'essence, chiffre qui peut alors être intégré dans le calcul économique conduisant au choix d'une essence de reboisement.

L'étude des relations station-production du douglas en Pays d'Othe constitue un exemple de cette démarche pour une essence résineuse à croissance rapide susceptible de séduire les reboiseurs de cette région forestière.

Cette étude a par ailleurs été volontairement doublée d'une recherche méthodologique visant à tester différentes méthodes d'approche des relations station-production.

2 - L'AUTÉCOLOGIE DU DOUGLAS EN FRANCE SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Le douglas : "Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco", a été découvert dans l'île de Vancouver (Canada) en 1792 par Archibald Menzies. David Douglas l'introduisit pour la première fois en Europe en 1827. Depuis, il est devenu une des premières essences de reboisement en France.

C'est une essence réputée plastique, à grande amplitude écologique et que les reboiseurs français utilisent de la limite atlantique aux Vosges. Son optimum écologique est maintenant bien cerné. Une synthèse bibliographique réalisée à partir de travaux de recherche de l'INRA ou de l'Université de Nancy, de diverses études régionales (Alsace, Beaujolais) et de l'ouvrage de vulgarisation de l'I.D.F. sur le douglas, publiés entre 1976 et 1986, présente ci-dessous les principaux traits de l'autécologie de cette essence, connus à l'heure actuelle.

2-1 - LES EXIGENCES CLIMATIQUES

Le douglas préfère les climats océaniques de basse et moyenne altitude.

Son seuil de végétation est de 5,8° C ; c'est donc une espèce de climat tempéré. COYDON (1980), montre qu'au dessous de 14° C et au dessus de 20° C pendant la saison de végétation, c'est la température qui est un facteur limitant pour la croissance ; alors qu'entre ces valeurs, c'est l'alimentation en eau qui devient limitante.

Le douglas supporte bien les grands froids, sauf sur les stations hydromorphes où il montre alors une sensibilité marquée à la rouille suisse, et sur les sols compacts. Il peut souffrir des gelées précoces, mais il est surtout sensible aux gelées tardives.

Il convient de planter tard au printemps et de choisir une provenance adaptée aux conditions locales.

La croissance du douglas est optimale avec une pluviométrie comprise entre 800 et 1200 mm/an, mais il peut supporter des pluviométries annuelles plus faibles si 250 à 300 mm tombent durant la période de végétation.

Il supporte assez bien les sécheresses estivales qui n'affectent que la croissance de l'année en cours. Par contre, des déficits pluviométriques tardifs (septembre, octobre, novembre) sont déterminants sur la croissance de l'année suivante. AUSSENAC et OSWALD (1986) ont constaté "une corrélation étroite entre la croissance en hauteur d'une année n et le déficit hydrique cumulé du 20 septembre de l'année n-1 au 10 juillet de l'année n. La croissance en circonférence débute au printemps avant la croissance en hauteur et dure jusqu'en octobre, elle est fortement influencée par l'alimentation en eau ... si la sécheresse est précoce et durable, la croissance s'en trouve fortement affectée".

En Alsace, il a été observé une sensibilité très nette à la rouille suisse dans les stations peu ventilées, avec une humidité atmosphérique élevée. De même des sécheresses accusées hors saison de végétation occasionnent des mortalités.

Le douglas craint en outre la neige lourde et le givre pouvant occasionner des chablis.

L'effet de l'altitude est très variable suivant les régions. DECOURT et NYS (1976) ont constaté qu'à partir de 800 m la production chutait fortement avec l'altitude dans le Limousin. Par contre aucune relation entre la production et l'altitude n'a été mise à jour par DECOURT, LE TACON et NYS (1979) dans le nord-est du Massif Central. Dans les Vosges les productivités restent remarquables même à 1000 m d'altitude, si le peuplement est situé sur une pente bien protégée du vent.

Le vent est, en effet, un facteur limitant à la production du douglas. D'une part parce que le douglas régule très mal sa transpiration, et d'autre part, par l'action mécanique qui provoque des chablis voire des bris. L'enracinement du douglas est superficiel. D'abord pivotant dans le jeune âge, il devient latéral puis oblique, mais toujours très fragile. Il convient à l'installation, de favoriser un bon ancrage et de veiller au cours de la vie du peuplement à conserver un rapport H/D (hauteur totale sur diamètre à 1,30 m de l'arbre moyen) aux environs de 60/70.

L'exposition peut avoir un effet sur la production. Celle-ci, dans le Limousin et le nord-est du Massif Central, est meilleure sur les versants exposés au nord et nord-est, grâce à un déficit hydrique estival plus faible. Par contre elle semble meilleure sur les versants exposés au sud dans le Beaujolais.

Le douglas est une essence de pleine lumière dès le jeune âge. Il convient d'éliminer tout abri vertical et de ne conserver un abri latéral que comme protection contre le vent.

2-2 - LES EXIGENCES EDAPHIQUES

Le douglas apprécie les sols frais, limoneux ou sableux, et bien drainés. Il traduit de manière spectaculaire la richesse du substrat et la fertilité de la station.

Le douglas est calcifuge, mais il accepte les sols sur roche mère de calcaire dur ou fissuré, si les horizons superficiels sont décarbonatés sur au moins 40 cm.

Le pH optimal va de 4,5 à 6 et peut même dépasser ces limites s'il y a une compensation pluviométrique.

Il n'apprécie pas l'hydromorphie mais il peut valoriser les stations hydromorphes si les horizons asphyxiants sont situés au-delà de 40 cm.

Quoiqu'il en soit, il convient d'éviter les rendzines, les tourbières, les sols podzoliques et les sols trop argileux.

Son feuillage donne un humus de bonne qualité et il n'y a pas d'accumulation de la matière organique.

A noter aussi que le douglas est très sensible à une carence en cuivre qui provoque une déformation des cimes.

3 - LE CONTEXTE

3-1 - LES STATIONS FORESTIERES DU PAYS D'OTHE

3.1.1. Présentation générale de la région naturelle (voir figure 1 - les limites du Pays d'Othe)

Situé au sud-est du Bassin Parisien, entre Sens et Troyes, à l'écart des grands axes de circulation, le Pays d'Othe constitue un vaste plateau culminant à 300 m d'altitude, dont le paysage est rythmé par l'alternance des cultures céréalières et de la forêt.

Celle-ci, très présente, occupe 45 700 ha soit 42 % de la superficie totale de la région.

Le substratum géologique, constitué de craie du Crétacé (Turonien et Sénonien) est recouvert sur les parties hautes par les formations tertiaires du complexe argilo-sableux du Pays d'Othe.

Limon des plateaux, colluvions de pentes ou de fonds de vallons et alluvions sont des formations superficielles d'origine autochtone ou allochtone mises en place au quaternaire.

Le climat du Pays d'Othe est de type "océanique altéré" avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 650 mm sur les bordures et 850 mm à l'intérieur du plateau et une température moyenne annuelle voisine de 10°.

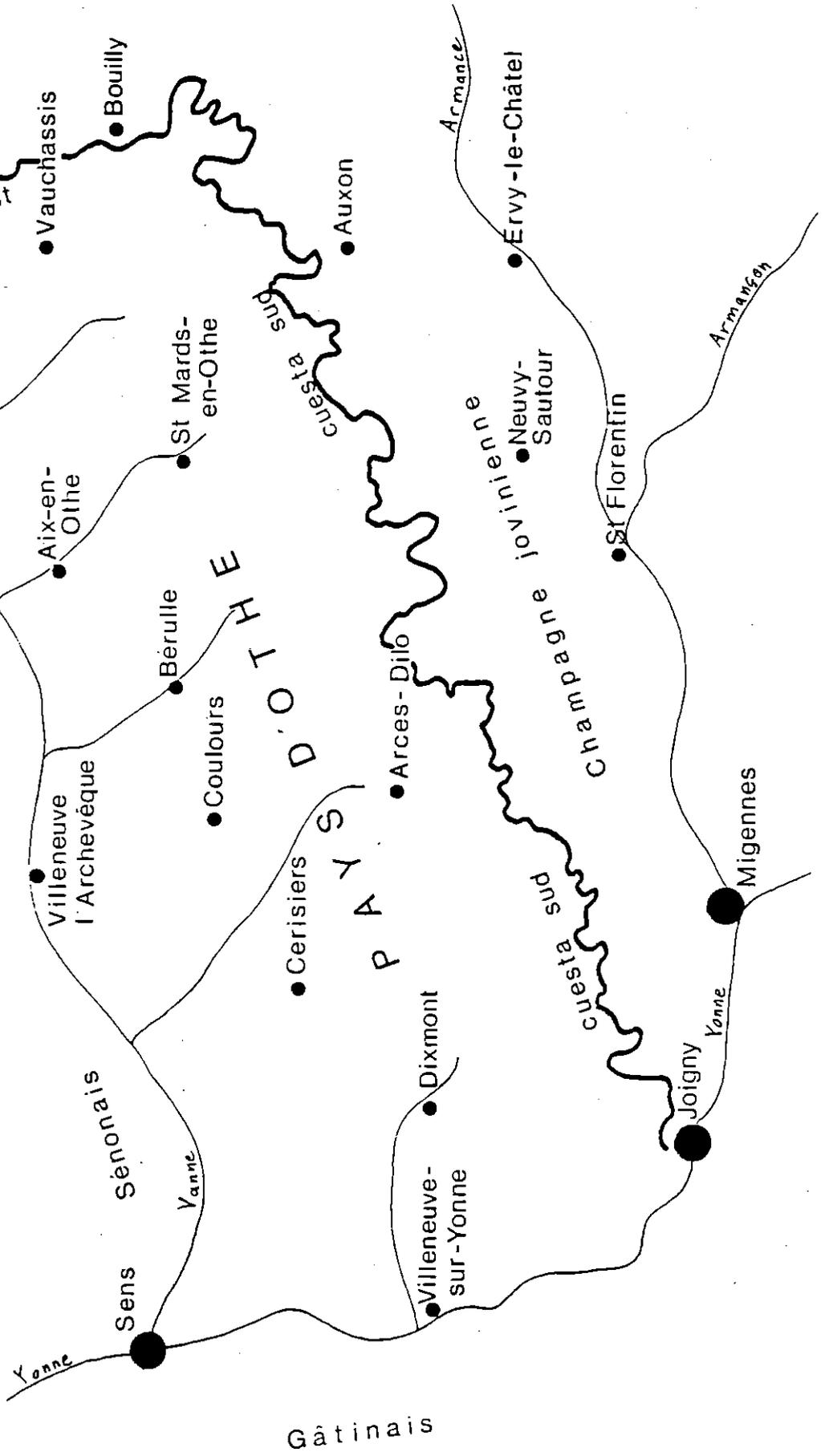
La région comptabilise 70 à 75 jours de gelée sous abri par an et les vents dominants viennent du sud-ouest.

Du fait de son étirement est-ouest, le Pays d'Othe se trouve sur les marges respectives des domaines phytogéographiques atlantiques et médioeuropéens.

FIGURE 1 : LES LIMITES DU PAYS D'OTHE

(tiré du fond IGN 1/250 000°)

5 km



3.1.2. La typologie des stations forestières

3.1.2.1. Structuration de la typologie

La typologie des stations forestières du Pays d'Othe élaborée par D. GIRAULT. (CEMAGREF de Nogent-sur-Vernisson), a été établie suivant la méthode phyto-écologique mise au point par BECKER en 1985.

Le traitement des données des relevés phyto-écologiques, réalisé par l'analyse factorielle des correspondances, a permis de reconnaître les principaux facteurs responsables de la diversité du milieu. Des classifications ascendantes hiérarchiques effectuées à la suite de ces analyses, ont facilité l'ébauche des tableaux phyto-écologiques. La mise au point de ces derniers, a permis de définir les groupes écologiques et les types de stations, essentiellement par regroupement des relevés possédant le même cortège floristique et le même type de sol.

Les 22 types de stations reconnus ont ensuite été classés en fonction des critères suivants (par ordre d'importance décroissante) :

1) Grandes unités topographiques reconnues au nombre de trois : plateaux, versants et fonds de vallons (le type de station est respectivement identifié par P, V ou F, suivi du numéro du type de station).

2) Le degré d'acidité et le niveau trophique bien exprimé par la flore.

3) La nature et l'épaisseur des matériaux de surface (limon, sable, argile),.

4) L'existence d'autres facteurs édaphiques pouvant influencer sur la croissance des arbres, soit principalement : la présence de la craie, l'hydromorphie, la charge en silex.

Un certain nombre de types de stations sont subdivisés en sous-types, traduisant la variation de certains facteurs du milieu devant être pris en compte dans l'appréciation des potentialités forestières,

Lorsque la distinction des sous-types porte sur la charge en silex, ceux-ci sont désignés par l'une des trois lettres suivantes:

- a : peu caillouteux (0-20 % de silex)
- b : caillouteux (30-40 % de silex)
- c : très caillouteux (+ 50 % de silex)

Dans les autres cas, les sous-types sont distingués par l'une des lettres suivantes : x, y (craie, hydromorphie).

Les tableaux 1 à 3 indiquent les principales caractéristiques des types de stations forestières rencontrés.

3.1.2.2. Facteurs limitants mis en évidence

Les principaux facteurs limitants mis en évidence par l'étude typologique sont :

au niveau du climat régional :

- la hauteur des précipitations moyennes annuelles qui suit un gradient altitudinal et dont le minimum avoisine les 650 mm ;
- le régime des précipitations qui est caractérisé, par un mois d'avril généralement peu arrosé qui peut parfois compromettre la réussite des plantations et, par un été faiblement arrosé ;
- les gelées printanières fréquentes début mai, pouvant endommager les fructifications, les semis naturels et les jeunes plants ;
- les vents dominants qui peuvent, par leur violence, occasionner des chablis.

au niveau des propriétés physiques des sols :

- la présence d'argile lourde, la battance des limons ou la porosité des sables ;
- la charge en silex qui peut dépasser 50 % ;
- la profondeur utile, liée à l'apparition de la craie en place, d'horizons compacts et mal structurés (argile lourde) ou hydromorphes (pseudogley).

Ces trois facteurs limitants conditionnent l'aptitude à l'enracinement et la réserve en eau utile du sol.

au niveau des propriétés chimiques des sols :

- le pH de l'horizon A1, en général compris entre 4 et 5 pour les sols de plateaux ou de versants issus du complexe argilo-sableux et/ou des couvertures limoneuses ;
- les bases échangeables du complexe absorbant qui dans les cas extrêmes peut être saturé et largement dominé par le calcium (stations de versant avec craie proche de la surface ou colluvions limoneuses et/ou argileuses riches en particules de craie) ou au contraire désaturé (stations de plateau ou de versant sur sables et limons acides) ;
- la teneur en phosphore qui peut s'avérer insuffisante sur les rendzines ou sur les sols sableux les plus acides ;
- la nutrition azotée qui peut s'avérer déficiente sur mull carbonaté (rendzine) ou lorsque le rapport C/N est supérieur à 20 (micropodzol).

Type de station :	P1 - Chénale - charmale acidophile sur limons peu épais	P2 - Chénale - charmale acidophile sur limons moyennement épais	P3 - Chénale - charmale mésocacidophile sur limons peu épais	P4 - Chénale - charmale mésocacidophile sur limons épais	P5 - Chénale - charmale acidophile sur limons épais	P6 - Chénale - charmale acidophile sur sables	P7 - Chénale - sessiliflore acidophile hydromorphe sur limons épais	P8 - Chénale - sessiliflore acidophile sur limons épais	P9 - Chénale - sessiliflore acidophile sur sables
Fréquence :	AF	AF	F	TF	AF	AR	AR	AR	AR
Matériau :	limon (< 40 cm) sur argile	limon (40-60 cm) sur argile	limon (< 40 cm) sur argile	limon (40-80 cm) sur argile	limon (40-80 cm) sur argile	sable (35-70 cm) sur argile	limon (40-100 cm) sur argile	limon (40-80 cm) sur argile	sable (35-70 cm) sur argile
Type de sol :	brun mésotrophe, brun lessivé	brun lessivé	brun acide ou brun lessivé	brun lessivé ou lessivé	brun lessivé ou lessivé	brun acide ou brun lessivé	sol lessivé à pseudogley	sol lessivé	micropodzol
Humus :	multimésotrophe à multiacide	multimoder	multimoder à moder	moder	moder	moder	moder à dysmoder	dysmoder	dysmoder
pH (Al) :	4,5 à 5,5	4,5	4,5	4 à 4,5	4 à 4,5	4 à 4,5	4 à 4,5	4	4
S/T (Al) :	25 à 50 %	25 à 40 %	15 à 25 %	10 à 25 %	5 à 20 %	10 à 25 %	< 10 %	< 10 %	< 10 %
Groupes écologiques :									
1 - Xérocalcicoles :									
2 - Calcicoles :									
3 - Hygroeutrophiolites :									
4 - Néotrocalcicoles :									
5 - Néotrophiles :									
6 - Néotroclines :									
7 - Large amplitude :									
8 - Très large amplitude :									
9 - Acidicoles :									
10 - Acidiphiles :									
11 - Xéroacidiphiles :									
Sous-types ou variantes :	P1 a/b (silex)		P3 a/b (silex)	P4 a/b (silex) P4 x = pseudogley moyennement profond	P5 a/b (silex)	P6 a/b (silex)	P7 x = pseudogley		P9 a/b (silex)

Tableau n°1 : Tableau récapitulatif des types de stations forestières des plateaux.
Fréquence : TF = très fréquent ; F = fréquent ; AF = assez fréquent ; AR = assez rare.
Groupes écologiques : — bien représenté ; - - - moyennement représenté ;
.... peu représenté.
Charge en silex : a = 10 - 20 % ; b = 30-40 %.

Type de station :	V1 - Chénale - calcaricole sur craie	V2 - Chénale - calcaricole sur colluvions crayeuses de bas de pente	V3 - Chénale - charnais sur colluvions de craie et d'argille à silex *Calcaricole	V4 - Chénale - charnais neutrophile sur colluvions acilleux à silex sur craie	V5 - Chénale - charnais mésoneutrophile sur colluvions argileuses à silex sur craie	V6 - Chénale - charnais acido-colluvions limoneuses et argileuses à silex	V7 - Chénale - charnais acido-colluvions sablonneux et argileuses à silex	V8 - Chénale - charnais mésocolluvions limoneux et argileuses à silex	V9 - Chénale - charnais mésocolluvions acido-colluvions limoneux et argileuses à silex	V10 - Chénale - sésillifère acido-colluvions sablonneux et argileuses à silex
Fréquence :	AF	AR	AF	F	F	F	AR	F	AR	AR
Matériau :	craie	argile sur craie (> 40 cm)	argile sur craie (> 30 cm)	argile sur craie (> 40 cm)	argile sur craie (> 40 cm)	limon sur argile (> 30 cm)	sable sur argile (> 30 cm)	limon sur argile (> 35 cm)	sable sur argile (> 35 cm)	sable sur argile (> 40 cm)
Type de sol :	rendzine (brunifiée)	sol brun calcaire colluvial	sol brun calcaire colluvial	sol brun autrophe à mésotrophe colluvial	sol brun mésotrophe colluvial	sol brun mésotrophe on faiblement acide colluvial	sol brun mésotrophe on faiblement acide colluvial	sol brun acide colluvial	sol brun acide colluvial	micropodzol
Rhumus :	null carbonaté moder carbonaté	null carbonaté	null eutrophe	null eutrophe à mésotrophe	null mésotrophe	null mésotrophe à null-moder	null mésotrophe à null-moder	null-moder à moder	null-moder à moder	moder à dysmoder
pH (Al) :	> 7	> 7	7	6 à 7	5 à 6	4,5 à 5	4,5 à 5,5	4,5	4,5	4
S/T (Al) :	Sat.	Sat.	Sat.	70 à Sat.	40 à 70 %	20 à 40 %	20 à 50 %	10 à 20 %	10 à 20 %	< 10 %
Groupes écolologiques :										
1 - Xérocalcaricoles :										
2 - Calcaricoles :										
3 - Hygroeutrophiles :										
4 - Xérocalcaricoles :										
5 - Eutrophiles :										
6 - Xérocalcaricoles :										
7 - Large amplitude :										
8 - Très large amplitude :										
9 - Acido-colluvions :										
10 - Acido-colluvions :										
11 - Xérocalcaricoles :										
Sous-types ou variantes :	Vix : rendzine brunifiée			V4 a/b/c (silex)	V5 a/b/c (silex)	V6 a/b/c (silex)	V6 a/b/c (silex)	V8 a/b/c (silex)	V9 a/b/c (silex)	V10 a/b/c (silex)

Tableau n°2 : Tableau récapitulatif des types de stations forestières des versants.
Fréquence : TF = très fréquent ; F = fréquent ; AF = assez fréquent ; AR = assez rare.
Groupes écolologiques : — bien représenté ; - - - - - moyennement représenté ;
.... peu représenté.
Charge en silex : a = 10 - 20 % ; b = 30-40 % ; c = + 50 %.

Type de station :	F1 - <u>Chênaie - charmaie hygro-neutrophile de fond de vallon et de tête de thalweg</u>	F2 - <u>Chênaie - charmaie méso-neutrophile de fond de vallon et de tête de thalweg</u>	F3 - <u>Chênaie - charmaie acidophile de tête de thalweg</u>
<u>Fréquence :</u>	AR	AR	AR
<u>Matériau :</u>	colluvions ou alluvions limoneuses et argileuses	colluvions limoneuses et argileuses	colluvions limoneuses et argileuses
<u>Type de sol :</u>	sol brun eutrophe ou mésotrophe colluvial	sol brun mésotrophe colluvial	sol brun faiblement acide colluvial
<u>Humus :</u>	mull eutrophe ou mésotrophe	mull mésotrophe	mull acide à mull-moder
pH (A1) :	5 à 7	5 à 6	4,5
S/T (A1)	50 % à sat.	30 à 70 %	20 à 30 %
<u>Groupes écologiques :</u>			
1 - Xérocalcaricoles :			
2 - Calcicoles :	-----		
3 - Hygro-neutrophiles :	-----		
4 - Neurocalcaricoles :	-----		
5 - Neutrophiles :			
6 - Neuroclines :		
7 - Large amplitude :			
8 - Très large amplitude :	-----		
9 - Acidicoles :			-----
10- Acidiphiles :		
11- Xéroacidiphiles :			
<u>Sous-types ou variantes :</u>	F1 a/b/c(silex) Fix : à mull carbonaté	F2 a/b (silex)	

Tableau n° 3 : Tableau récapitulatif des types de stations forestières des fonds de vallons et têtes de thalwegs.

Fréquence : TF = très fréquent ; F = fréquent ; AF = assez fréquent ; AR = assez rare

Groupes écologiques : ——— bien représenté ; ----- moyennement représenté ; peu représenté.

Charge en silex : a = 10 - 20 % ; b = 30-40 %.

3-2 - LE DOUGLAS EN PAYS D'OTHE

3.2.1. Situation par rapport aux autres essences

La forêt du Pays d'Othe compte environ 45 700 ha dont 83 % à prédominance feuillue (grande majorité de chênes rouvres et pédonculés).

Les résineux (17 %), irrégulièrement répartis suivant le type de propriété représentent 660 ha en forêt soumise (4 % de sa surface) contre 6910 ha en forêt privée (25 % de sa surface).

Les reboiseurs ont utilisé successivement le pin sylvestre (atteint de chlorose sur les terrains carbonatés), puis l'épicéa (sensible aux attaques de scolytes) et enfin le douglas qui est actuellement l'essence résineuse la plus utilisée.

Le douglas représente 2700 ha dans le Pays d'Othe soit :

- 36 % de la surface résineuse
- 6 % de la surface boisée totale.

On le rencontre surtout en forêt privée.

3.2.2. Répartition par types de peuplements et par classes d'âge

Environ 50% des peuplements de douglas ont moins de 15 ans.

Les résultats d'une enquête, sur les peuplements plus âgés, réalisée auprès de l'ONF et des DDAF (peuplements aidés par le FFN) au printemps 1990, sont résumés dans le graphique de la figure 2.

On remarque que :

- presque la moitié de la superficie de douglas correspondant à la première vague de reboisement avec cette essence est constituée par des peuplements mélangés (1) par lignes ou des plantations en bandes (2) ;

- la plupart des peuplements ont moins de 40 ans.

3.2.3. Techniques de reboisement et sylvicultures employées

Les différentes techniques qui ont été employées en reboisement sont, pour les peuplements étudiés :

- dessouchage et mise en andains des souches et des rémanents,
- labour avec ou sans billonnage,
- plantation en plein de 1100 à 1320 plants/ha (avec ou sans abri), en bandes, mélangée en lignes,
- dégagement manuel, mécanique (girobroyeur ou landaise).

(1) mélange avec épicéa, sapin de Nordmann ou sapin de Vancouver
(2) interbande feuillue

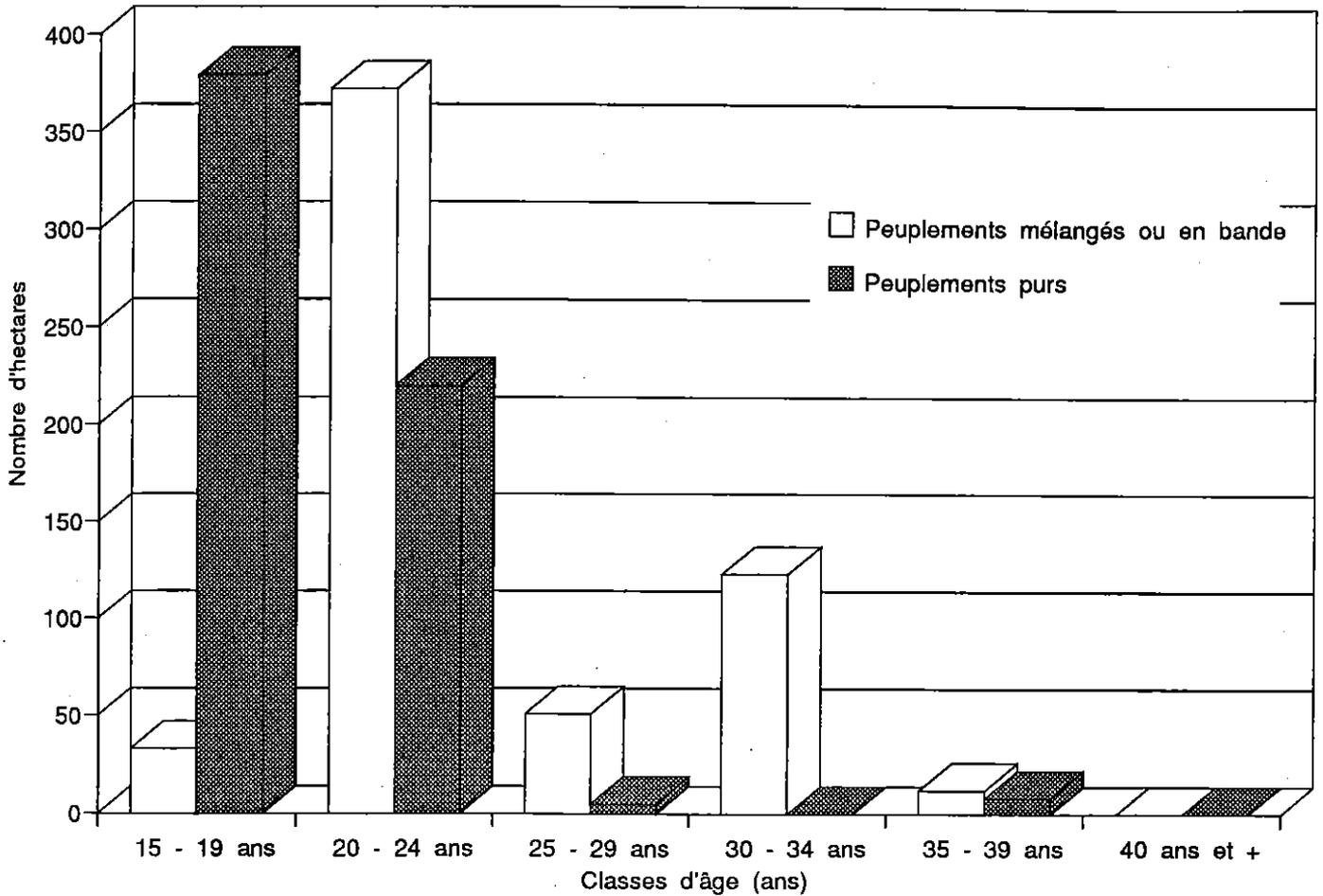
On peut constater que certaines de ces techniques (dessouchage et mise en andains, billonnage), sont susceptibles de modifier plus ou moins les caractéristiques de la station forestière.

Les plantations de plus de 15 ans ont une fois sur deux subi une éclaircie sélective (rarement) ou une éclaircie systématique à 1 ligne sur 3 (cas le plus fréquent) avec parfois désignation et élagage d'arbres objectifs.

FIGURE 2

**REPARTITION DU DOUGLAS
PAR TYPES DE PEUPEMENTS ET PAR CLASSES D'AGE**

(peuplements aidés par le F.F.N., de 15 ans et plus - Situation au printemps 1991)



	15- 19ans	20 24ans	25- 29ans	30- 34ans	35- 39ans	40ans et +	Total
Peuplements mélangés ou en bandes	33	372	51	123	12	0	591
Peuplements purs	379	220	5	0	8	0	612 + 104*
Total	412	592	56	123	20	0	1203 + 104*

* Bons-subsventions d'âge > 15 ans (classes d'âge non connues)

4-1- LES PRINCIPES GENERAUX4.1.1. Objectifs de l'étude

L'objectif premier de l'étude est de mettre en évidence l'existence de relations entre les types de stations forestières et la production du douglas puis d'ordonner les types de stations en fonction de ce critère.

En réalité, la production n'est pas appréhendée en tant que telle mais par l'intermédiaire d'un indice de fertilité (site index) qui est une hauteur dominante à un âge donné (ou âge de référence) et qui dans le cadre des lois de Eichhorn est supposé varier de la même façon que la grandeur qu'il représente.

En second lieu, il peut être intéressant de chercher à expliquer les relations mises en évidence, dans la mesure où les facteurs explicatifs sont quantifiés et individualisés dans la description des types de stations ou ont pu être notés sur les relevés de terrain.

4.1.2. Conditions à respecter

Les objectifs pour être atteints nécessitent le respect de certaines conditions majeures :

- homogénéité (relative) des types de stations définis. Cette condition sera vérifiée à partir des données recueillies ;

- conditions d'application des lois de Eichhorn aux peuplements étudiés, vérifiées, à savoir :

- . région climatiquement homogène. Compte-tenu des variations observées au sein de la région naturelle, on admettra que la condition est remplie ;

- . peuplements monospécifiques, génétiquement homogènes, équiennes et situés dans une large gamme de sylviculture (peuplements pleins) ;

- peuplements étudiés ayant largement dépassé la phase d'installation juvénile, c'est-à-dire en pratique, ayant au moins 15 ans.

On voit déjà (figure 2) que les conditions draconiennes relatives au choix des peuplements conduisent à réduire à environ 700 ha de peuplements purs de plus de 15 ans (15 à 25 ans), la surface des plantations de douglas théoriquement prospectable. Toutefois, il est possible d'utiliser certains peuplements en bandes à condition que ces dernières soient assez larges.

Par ailleurs, la variabilité génétique de la population d'arbres concernée étant inconnue, ce facteur n'a pas pu être pris en compte dans l'étude.

4-2 - LA DETERMINATION DE L'INDICE DE FERTILITE

La détermination de l'indice de fertilité (hauteur dominante à un âge de référence) nécessite :

- soit de mesurer la hauteur dominante des peuplements étudiés à l'âge de référence fixé ;

- soit de recourir à un modèle de croissance qui permet de ramener chaque couple hauteur dominante-âge des peuplements mesurés au couple homologue hauteur dominante-âge de référence fixé.

Dans le premier cas, la méthode est basée sur une mesure directe qui suppose que tous les peuplements aient au moins atteints l'âge de référence et qu'il soit possible de repérer précisément sur les arbres l'extrémité de la pousse terminale de l'année où ils ont atteint cet âge de référence (repérage du verticille correspondant).

Dans le second cas, il existe plusieurs procédés de construction d'un modèle de croissance hauteur-âge, mentionnés ou illustrés dans l'ouvrage "Station forestière, production et qualité des bois : éléments méthodologiques" mis au point par le groupe de travail sur la typologie des stations forestières :

- à partir d'analyses de tiges (méthode décrite par DUPLAT),
- à partir d'un nuage de points de mesures instantanées hauteur-âge,
- à partir d'une série de vecteurs hauteur, âge, accroissement, mesurés (cas particulier des données de l'Inventaire Forestier National).

Il est également envisageable d'utiliser des modèles issus des tables de production existantes.

Pour des raisons de cohérence entre les données, il est recommandé d'adopter le même protocole de choix des arbres dominants pour les mesures à effectuer sur les peuplements de l'échantillon étudié et pour la construction du modèle de croissance.

Le tableau 4 résume les caractéristiques et les principales contraintes de chaque méthode de détermination de l'indice de fertilité choisi.

Tableau 4 : CHOIX D'UNE METHODE DE DETERMINATION DE L'INDICE DE FERTILITE (hauteur dominante à un âge de référence)

Clé : - Mesure directe 1

- Mesures instantanées (hauteur-âge) et utilisation d'un modèle de croissance
 - construit à partir . d'analyses de tiges 2
 - . d'un nuage de points hauteur-âge.... 3
 - . d'une série de vecteurs hauteur, âge, accroissement (cas des 4 données I.F.N.)
 - existant (tables de production)..... 5

Méthode	Principaux avantages		Principaux inconvénients	
	liés aux mesures	lié au modèle	liés aux mesures	lié au modèle
1	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode simple dans son principe - Données censées refléter au plus près la réalité 		<ul style="list-style-type: none"> - Applicable seulement aux résineux monocycliques - Mesure qui peut être délicate (repérage des verticilles) - Tous les arbres doivent avoir atteint l'âge de référence - Idem (2) 	
2	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures à priori simples et aisées (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Données précises, re-constituant fidèlement la croissance 	<ul style="list-style-type: none"> - Pour l'âge, nécessité d'un sondage à la tarière (2) - Risque d'erreur lié à la détermination de l'âge (2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode destructive (abattage et découpage d'arbres) donc onéreuse - Recours à des méthodes mathématiques de modélisation plus ou moins complexes
3	<ul style="list-style-type: none"> - Idem (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode non destructive - Données faciles à obtenir 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem (2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'imprécision du modèle lié à la représentation des fertilités (3) - Recours à des méthodes mathématiques de modélisation plus ou moins complexes (3)
4	<ul style="list-style-type: none"> - Idem (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode non destructive - Possibilité de mise au point d'un modèle par l'IFN à partir des données disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem (2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem (3) - Applicable seulement aux résineux monocycliques - Mesure des accroissements délicates (repérage des verticilles)
5	<ul style="list-style-type: none"> - Idem (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode simple dans son principe - Méthode économique - Modèle généralement applicable ou extrapolable à une vaste zone 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem (2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Imprécision du modèle pouvant être liée : <ul style="list-style-type: none"> . à l'échantillonnage . au mode de construction (placettes temporaires ou permanentes)

4-3 - LE CHOIX DE L'AGE DE REFERENCE

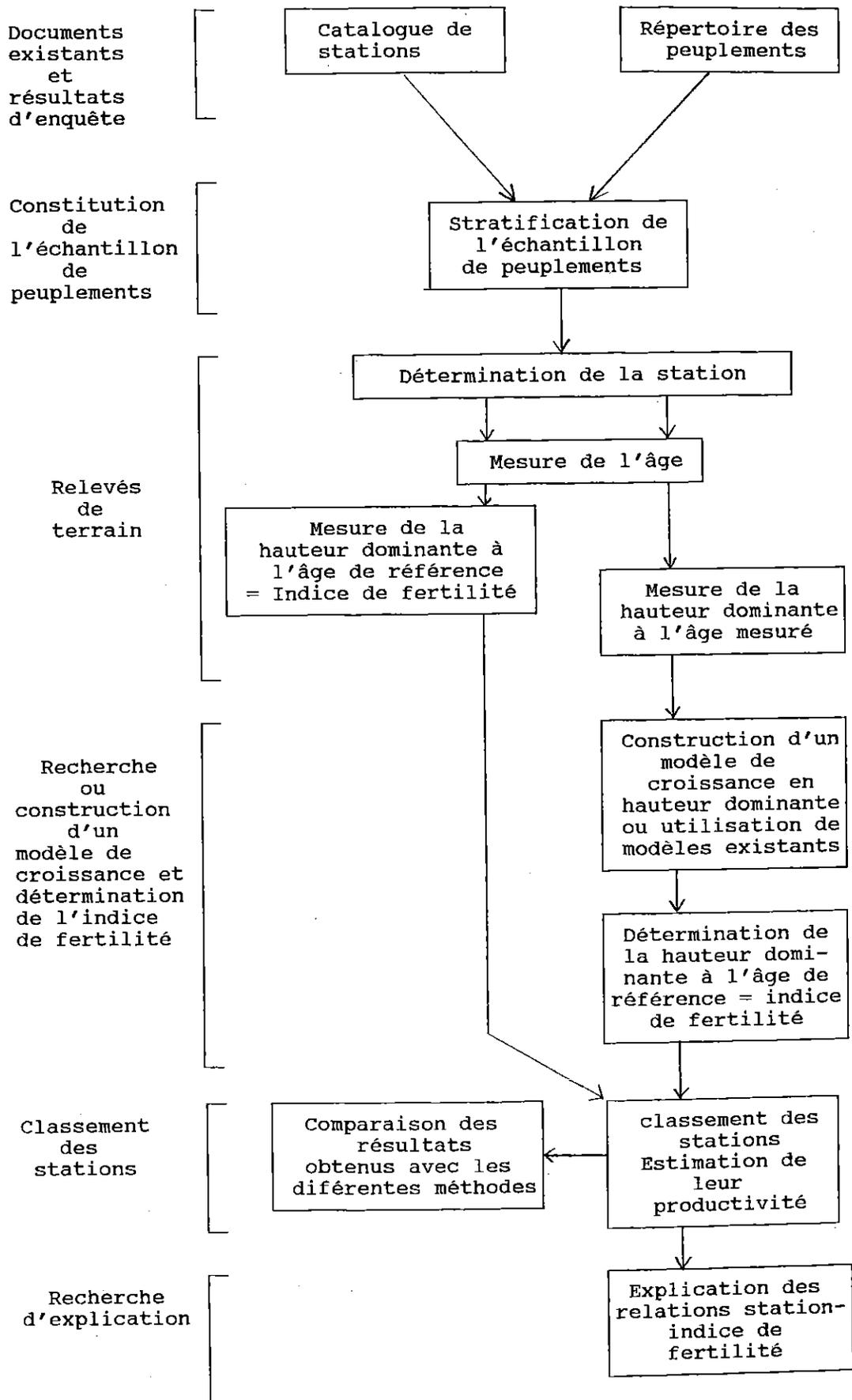
En théorie, on a intérêt à choisir un âge de référence aussi grand que possible afin de minimiser dans l'explication de la hauteur dominante à cet âge, l'importance de la phase juvénile d'installation des plants ou des conditions climatiques passagères exceptionnelles.

En pratique, on choisira un âge de référence approchant la moyenne d'âge des peuplements-échantillons ; les âges de ceux-ci devant se situer dans la fourchette la plus étroite possible afin que les imprécisions dues aux extrapolations à partir d'un modèle de croissance soient les plus réduites possibles.

Dans le cas présent, l'âge de référence choisi est de 20 ans; la plupart des peuplements de l'échantillon se situant dans la fourchette d'âge 15 à 25 ans.

4-4 - LES PRINCIPALES ETAPES DE LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Elles peuvent être résumées selon le schéma suivant :



4-5 - LES MODELES DE CROISSANCE HAUTEUR-AGE

4.5.1. Le choix des modèles retenus dans le cadre de l'étude

Les différentes contraintes de construction des modèles de croissance ont conduit à sélectionner ceux qui paraissaient les plus pertinents.

La méthode la plus robuste consistant à construire un modèle à partir d'analyses de tiges a été privilégiée dans la mesure où elle paraissait la plus fiable. Ce modèle constitue ainsi une référence vis-à-vis des autres modèles (dans la fourchette d'âge où il a été construit).

Plusieurs modèles de croissance ont été demandés à l'Inventaire Forestier National et correspondent à différentes extensions de la région du Pays d'Othe aux régions naturelles forestières voisines. Le modèle le mieux adapté a été choisi en comparant les modèles IFN au modèle construit par analyses de tiges et en retenant celui pour lequel l'ajustement graphique était le meilleur.

Il a fallu renoncer à la construction d'un modèle à partir d'un nuage de points de mesures instantanées hauteur-âge puisqu'il était impossible d'obtenir une représentation équilibrée des peuplements à différents âges pour chaque classe de fertilité.

La construction d'un modèle à partir de vecteurs hauteur, âge, accroissement a été abandonnée pour la même raison et aussi parce qu'il s'est avéré trop délicat pour mesurer les accroissements des 3 ou 5 dernières années, de repérer le niveau des verticilles $n-3$ ou $n-5$ (n = âge de l'arbre) sur les arbres mesurés.

Parmi les rares modèles existants, ont été sélectionnés ceux qui semblaient les plus fiables et applicables dans la région climatique du Pays d'Othe.

4.5.2. Le modèle construit par analyses de tiges

(voir figures 3 à 6 - Différentes étapes de la construction du modèle)

Ce modèle a été élaboré suivant la méthode mise au point par DUPLAT, qui a accepté de se charger de la partie modélisation mathématique.

Les grandes lignes de cette méthode sont rappelées ci-dessous :

- sélection de peuplements purs, équiennes, fermés, les plus âgés possibles (dans le cas présent entre 19 et 28 ans)

- choix des peuplements-échantillons parmi ceux-ci, dans la plus large gamme des fertilités possibles (21 peuplements ont constitué l'échantillon)

- dans chaque peuplement-échantillon, abattage du premier, troisième et cinquième plus gros arbre d'une placette de 6 ares.

Cette règle a été respectée dans toute la mesure du possible, en remplaçant exceptionnellement un arbre objectif élagué par un arbre de diamètre immédiatement inférieur.

Sur chacun des trois arbres abattus de la placette, la tige a été tronçonnée à différents niveaux (à la souche puis tous les 4 m pour le bois d'oeuvre et ensuite tous les 2 m pour le bois d'industrie).

- pour chaque arbre, comptage du nombre de cernes et mesure de la hauteur à chaque découpe.

En général, la lecture des cernes n'a pas posé de problèmes ; vers le sommet de la tige, il était possible de s'aider des verticilles en cas de doute.

C'est l'âge graine qui a été retenu, celui-ci étant déterminé en rajoutant un an à l'âge lu sur la découpe à la souche (découpe située à environ 10 cm du sol et correspondant à la deuxième pousse du plant depuis la graine).

A partir des données recueillies (succession de points hauteur-âge, que l'on peut joindre par des segments de droite), il est possible de reconstituer la croissance en hauteur de chaque arbre-échantillon. Puis, à partir des 3 courbes individuelles ainsi obtenues, on reconstitue la croissance en hauteur dominante du peuplement-échantillon en "faisant la moyenne" de ces 3 courbes.

Il en résulte que l'ensemble des courbes moyennes constitue un faisceau qui, visualisé, montre que les courbes sont étagées et peu enchevêtrées, ce qui permet d'émettre l'hypothèse que la croissance en fonction de l'âge et de la hauteur dominante peut se décrire correctement par un modèle à un seul paramètre variable en fonction du niveau de la courbe.

On constate cependant que les courbes moyennes des placettes 20 et 21 s'écartent nettement, à partir de 12 ans, de la tendance générale du faisceau. L'analyse des relevés de ces placettes fait ressortir la médiocrité de la station et les problèmes sanitaires qui y sont probablement liés :

- Placette 20 :

- . station V10 : sables > 40 cm, très acides, très désaturés, sur argile ;
- . peuplement : survie > 60 % - ouverture 30 % ;
- . état sanitaire : houppiers clairs, traces de rouille suisse

- Placette 21 :

- . station P7 : limons > 40 cm, hydromorphes, acides, très désaturés, sur argile ;
- . peuplement : survie 20 % - ouverture 80 %
- . état sanitaire : médiocre, arbres semblant végéter.

Par contre, la croissance paraît plutôt bonne jusqu'à 12 ans, ce qui s'explique difficilement en particulier pour la placette 21 dont les conditions stationnelles sont vraiment mauvaises (hydromorphie proche de la surface, tapis de molinie).

Afin de ne pas perturber la construction du modèle de croissance qui sera surtout utile pour tenter de discriminer des stations de fertilité moyenne à bonne, il est apparu souhaitable d'éliminer ces deux placettes de l'échantillon.

Un modèle mathématique d'évolution de la hauteur dominante en fonction de l'âge, à un seul paramètre variable en fonction du niveau de la courbe a alors été ajusté au faisceau des courbes expérimentales ainsi épuré.

L'ajustement, par régression non linéaire, avec variables muettes, a fourni la formule suivante :

$$H = (aA + bi) [1 - e^{- (A/c)d}]^r$$

où H = hauteur dominante (exprimée en m)

A = âge à partir de la germination (ans)

a = 0,5929

c = 18,36

d = 1,962

r = 0,6796

bi = paramètre propre à chaque courbe, fixant son niveau dans le faisceau.

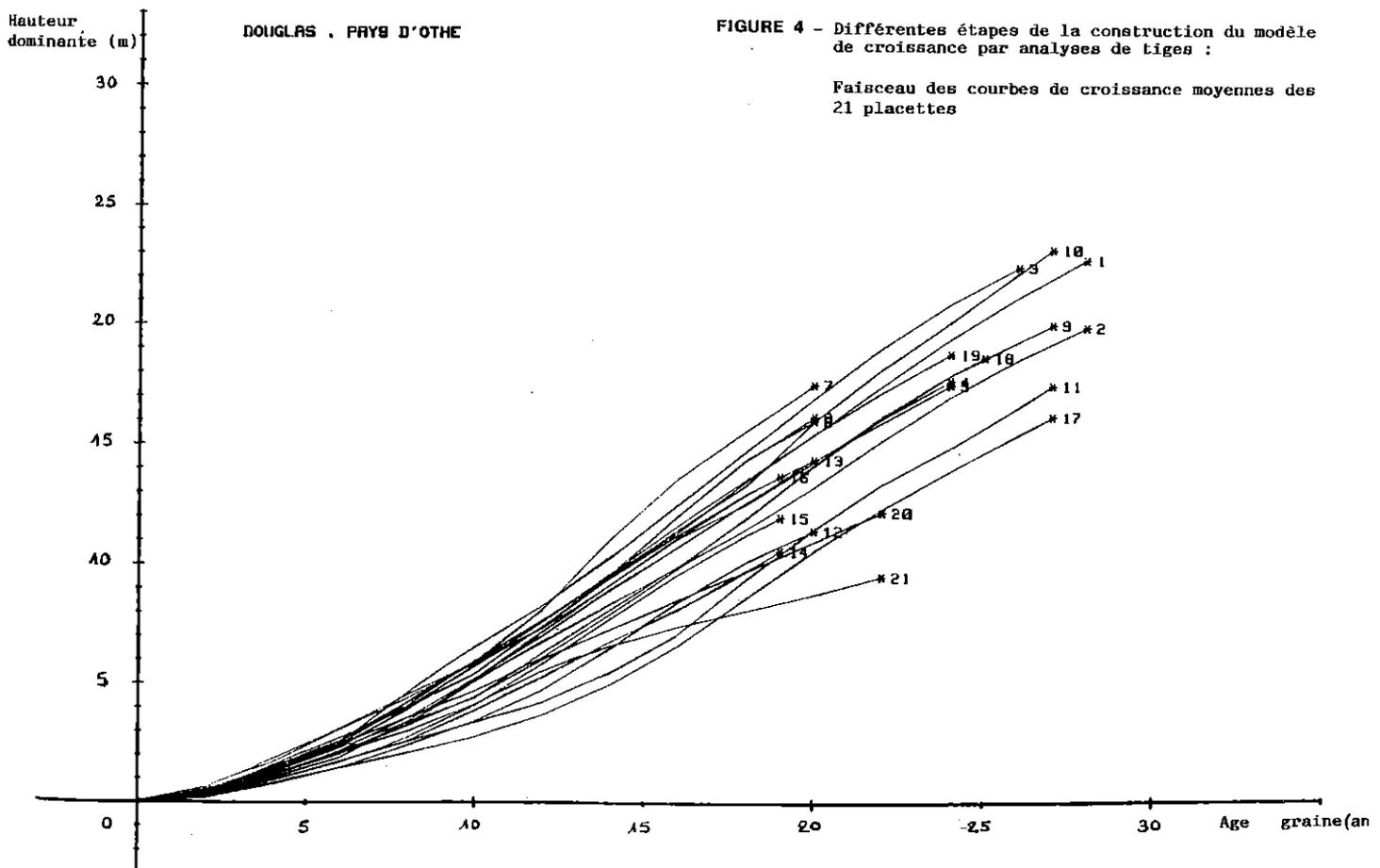
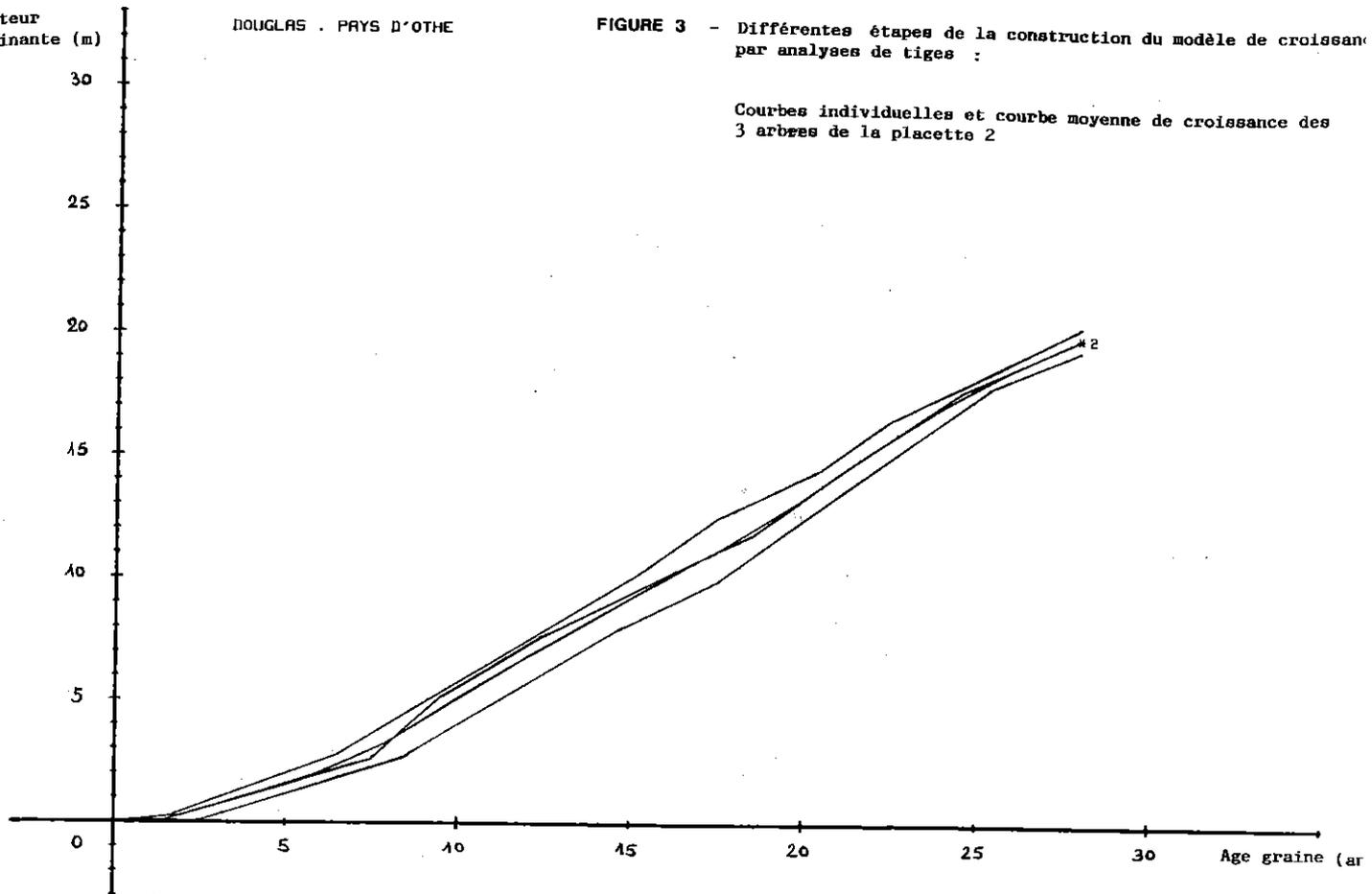
On peut aussi remplacer h par un indice de fertilité plus classique, en l'occurrence H_{20} (hauteur dominante à 20 ans). La formule s'écrit alors :

$$H = [0,5929 (A-20) + 1,2823H_{20}] [1 - e^{-\frac{1,962}{0,6796}(A-20)}]$$

$$\text{ou } H_{20} = \frac{1}{1,2823} \left[\frac{H}{[1 - e^{-\frac{1,962}{0,6796}(A-20)}]} - 0,5929 (A-20) \right]$$

L'écart-type des résidus (écarts entre modèle ajusté et données sur 245 points, à raison d'un point tous les 2 ans sur chaque courbe donnée) est de 0,30 m, ce qui est plutôt bon.

Il faut enfin signaler que l'échantillon des peuplements utilisé pour la construction du modèle est un sous-échantillon de l'ensemble des peuplements mesurés pour la réalisation de l'étude.



DOUGLAS . PAYS D'OTHE

FIGURE 5 - Différentes étapes de la construction du modèle de croissance par analyses de tiges :

Faisceau des courbes de croissance moyennes épuré (sans les placettes 20 et 21)

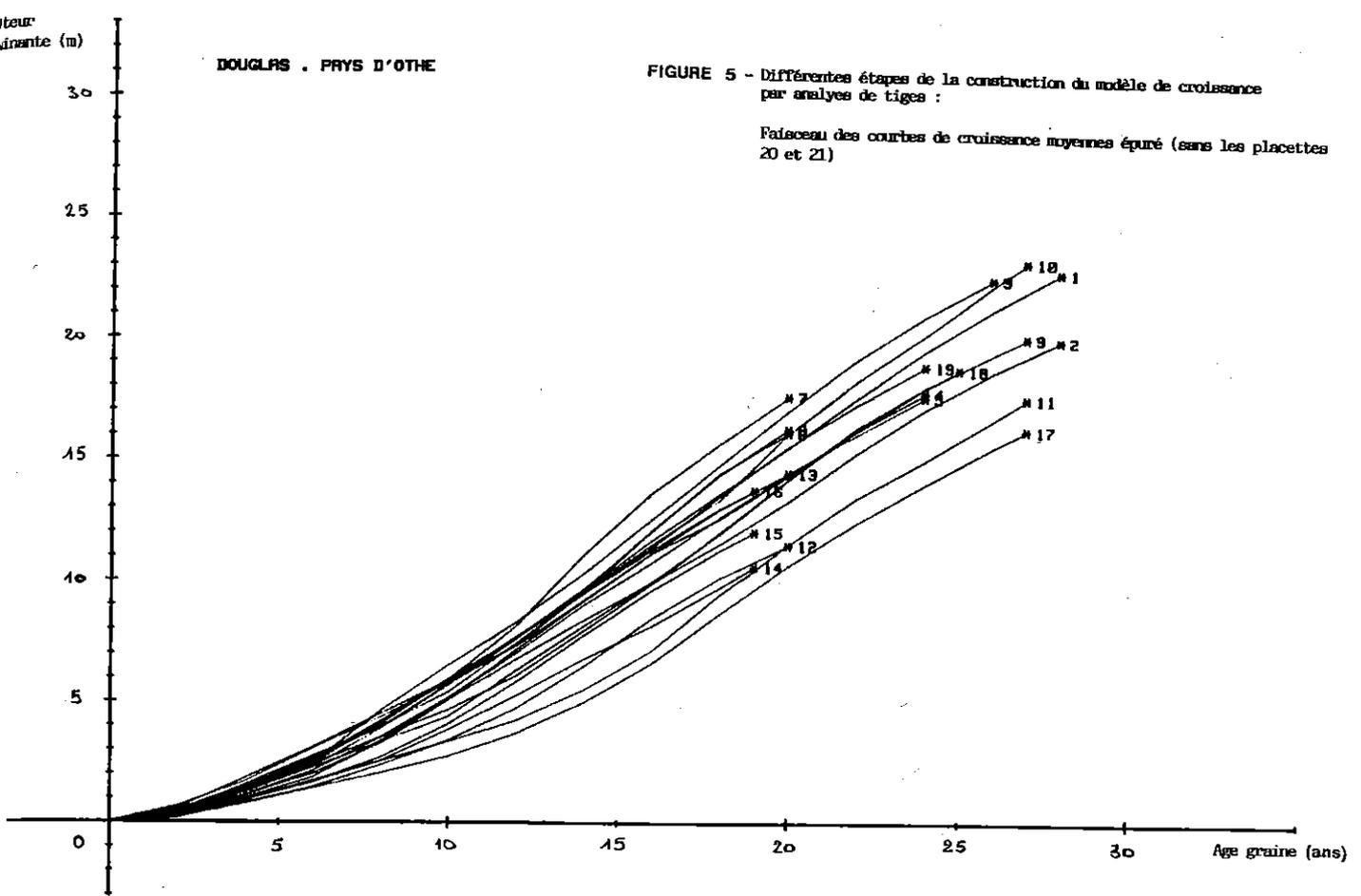
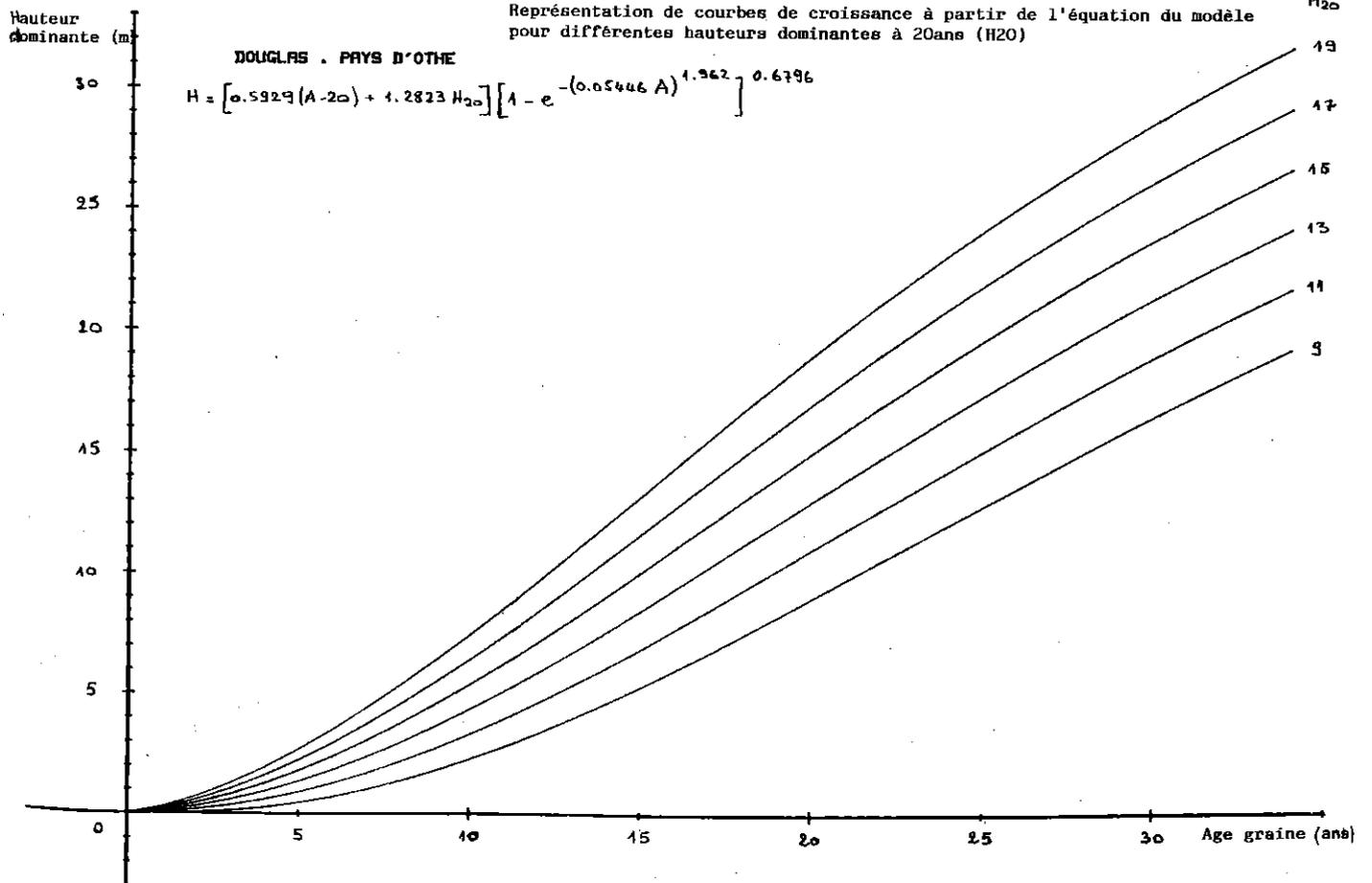


FIGURE 6 - Différentes étapes de la construction du modèle de croissance par analyses de tiges:

Représentation de courbes de croissance à partir de l'équation du modèle pour différentes hauteurs dominantes à 20ans (H₂₀)



4.5.3. Le modèle de l'Inventaire Forestier National

(voir figures 7 à 12 - différents modèles IFN comparés au modèle de référence)

L'Inventaire Forestier National dispose de données qui permettent de modéliser, pour une région donnée, la croissance en hauteur dominante d'une essence en fonction de l'âge. Il suffit que le nombre de placettes IFN situées dans la zone pour laquelle on souhaite un modèle soit suffisant.

A ce titre, l'IFN sollicité, a fourni plusieurs modèles pour le Pays d'Othe et différentes extensions aux régions voisines.

Les 5 modèles, calculés pour différentes combinaisons des régions suivantes :

- 1 - Pays d'Othe (89-10)
- 2 - Champagne Sénonaise (89-10)
- 3 - Gâtinais (89)
- 4 - Puisaye (45 - 89 - 58)
- 5 - Pays Fort (45 - 18)
- 6 - Plateau nivernais (58)
- 7 - Champagne humide (89-10)
- 8 - Brie (77 - 51)
- 9 - Plateau bourguignon nord (89)
- 10 - Plateau des Bars-nord (10)
- 11 - Plateau bourguignon central (58 - 89)
- 12 - Plateau bourguignon sud (58 - 89)

obéissent à l'équation générale :

$$\ln(L5) = a + b \ln(H/A) + c \ln(A^2 + H^2) + d \arctg(H/a) \ln(A^2 + H^2) + e(A^2 + H^2)$$

où H = hauteur dominante (exprimée en décimètres)

A = âge à partir de la germination (ans)

L5 = accroissement en hauteur dominante sur 5 ans (exprimé en décimètres)

ln = logarithme népérien - arctg = arc tangente

Modèle	IFN 9*	IFN 19*	IFN 22*	IFN 29*	IFN 43*
a	3,5918	- 2,0742	6,4502	6,0103	0,9820
b	-4,2940	- 1,7053	-4,6457	-3,4235	-1,0715
c	-6,0264	- 1,3182	-7,5590	-5,9789	-0,9329
d	5,8336	2,6863	6,4902	5,0141	1,9683
e	-0,0204	- 0,0230	-0,0145	-0,0095	-0,0168
Région	1	1 à 4	1 à 5	1 à 6	1 à 12

* Le Chiffre figurant dans l'appellation de chaque modèle indique le nombre de placettes ayant servi à sa construction.

On remarque que, suivant le type d'extension, les courbes ont des allures différentes et qu'en période juvénile, l'allure des faisceaux montre des aberrations liées au choix du modèle mathématique.

C'est le modèle IFN 29, qui présente visuellement le plus de similitudes avec le modèle issu des analyses de tiges, qui a été retenu pour la suite de l'étude.

Les trois étapes de la construction des modèles de croissance demandés à l'IFN sont les suivantes (extrait d'une communication de PIGNARD du 9 août 1990) :

- sélection des placettes d'inventaire sur les critères suivants:

- . futaie régulière
- . essence prépondérante = douglas
- . localisation géographique.

- pour chaque placette calcul d'une hauteur dominante (Hdom), d'un accroissement en hauteur dominante (sur 5 ans = L5dom), et d'un âge dominant (A).

Ces 3 grandeurs sont les moyennes arithmétiques des mesures: hauteur totale, L5, Age de l'ensemble des arbres de la placette IFN, de l'essence considérée (douglas), classés dominants, pour lesquels l'âge a été déterminé par l'IFN et dont la hauteur totale est supérieure à 75 % de la hauteur du plus grand arbre de la placette. Sont alors écartées les placettes pour lesquelles le nombre de ces arbres est inférieur à 2. (Par dominants, l'IFN entend les arbres ayant un accès normal à la lumière et dont la hauteur est supérieure aux 2/3 de celle des arbres situés dans son entourage immédiat).

- Calcul d'une régression linéaire $L5dom = f(Hdom, Age)$.

Le protocole de mesure des arbres est décrit dans le Manuel du Chef d'Equipe de l'IFN ; rappelons en quelques principes :

Les arbres font l'objet de mesures (diamètres, hauteur, mesures d'accroissement) lorsqu'ils sont situés à l'intérieur de placettes concentriques centrées sur le point d'inventaire (ces placettes ont des diamètres de 6, 9, 15 m respectivement pour les petits bois (diamètre à 1,30 m compris entre 7,5 cm et 22,5 cm), pour les moyens bois (22,5 - 37,5 cm), pour les gros bois (> 37,5 cm).

3 instruments de mesures sont utilisés pour la hauteur :

- les perches, pour des hauteurs inférieures à 15 - 20 m
- le dendromètre Christen
- le dendromètre Blume-Leiss.

L'âge n'est effectivement mesuré que pour 2 arbres de la catégorie de dimension la plus importante représentée sur la placette et pour 1 arbre dans les catégories de dimension inférieures : dans chaque catégorie de dimension, sont choisis en priorité les arbres de plus haut statut social (dominant au sens IFN si possible).

L'âge peut être mesuré de 2 manières :

- par sondage à la tarière : celle-ci est enfoncée à 40-50 cm du sol en s'efforçant de passer par le coeur. Sur une carotte passant par le coeur, on décompte les cernes, en éliminant celui qui s'est formé pendant l'année en cours et pour avoir l'âge de l'arbre on ajoute à ce décompte le nombre d'années qu'a mis l'arbre pour arriver à la hauteur du sondage (à estimer en fonction de l'arbre et de son contexte : souvent 2 ans pour un arbre de futaie ayant grandi à la lumière, parfois 10 ans ou plus pour un arbre de futaie ayant grandi à l'ombre).

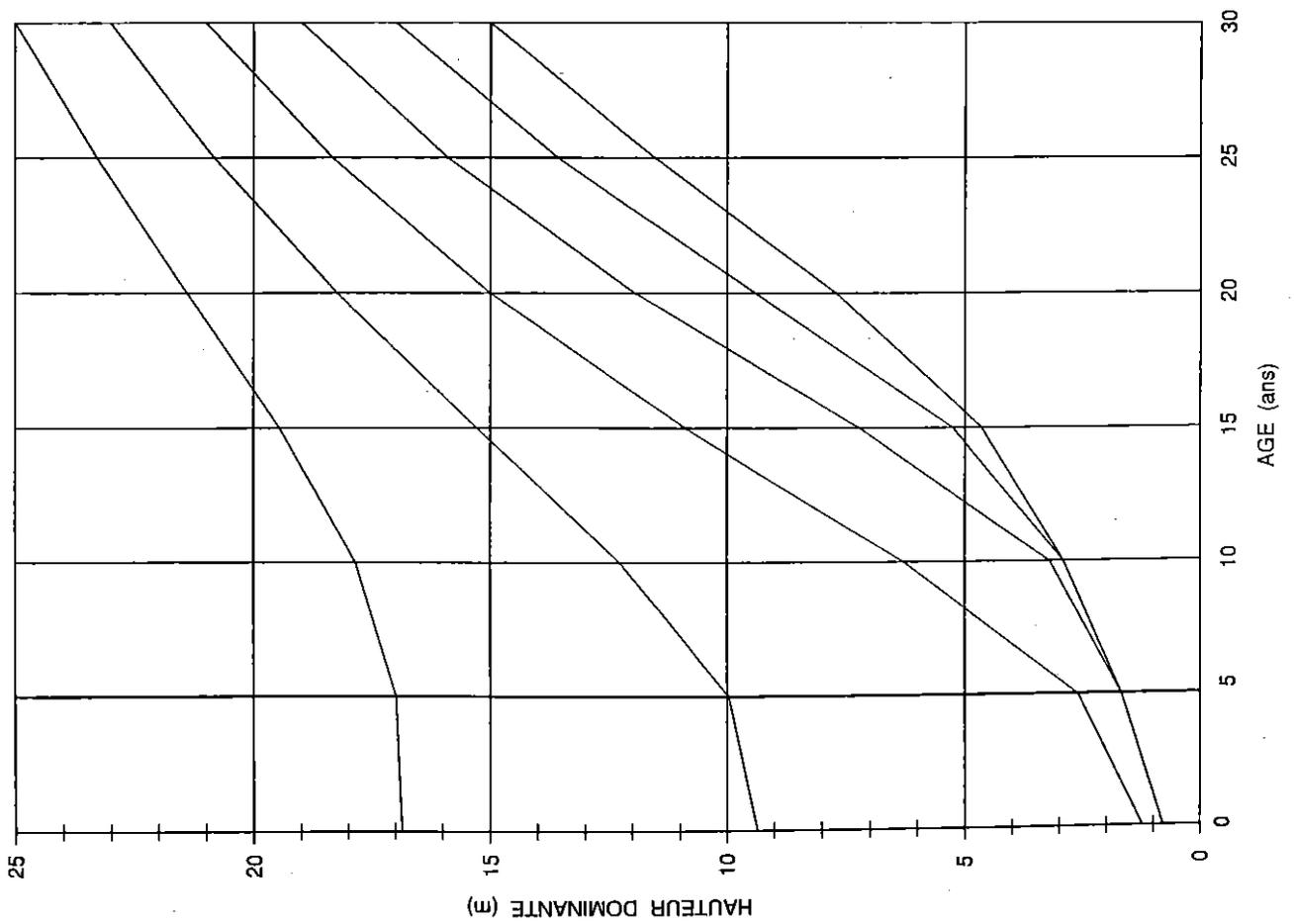
- par décompte des verticilles (jeunes résineux, peupliers) et en rajoutant (en cas de plantation) un certain nombre d'années correspondant au temps moyen passé par le plant en pépinière (3 ans pour les résineux à croissance rapide).

Cette méthode est parfois d'application délicate par suite de l'existence de faux verticilles (assez fréquent pour le douglas), de la disparition de verticilles par élagage ou d'une période d'attente plus ou moins longue avant la reprise des plants.

On constate dans ce cas, que la définition de la méthode de mesure de la hauteur dominante est bien spécifique, ce qui peut introduire un bruit de fond lors de l'utilisation de ces modèles avec les données obtenues par une méthode différente (exemple : méthode DUPLAT).

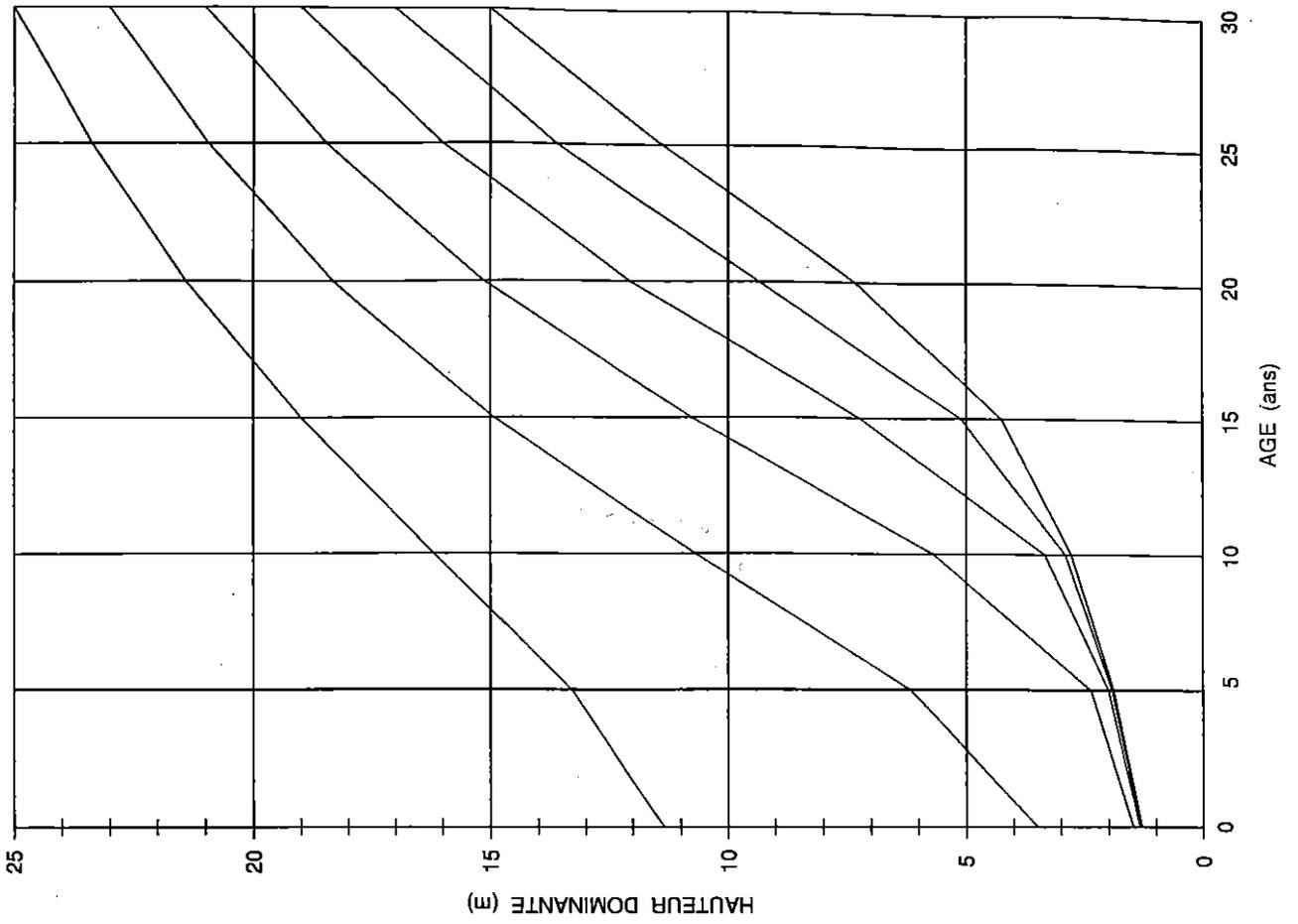
MODELE DE CROISSANCE I.F.N. 9

Figure 7



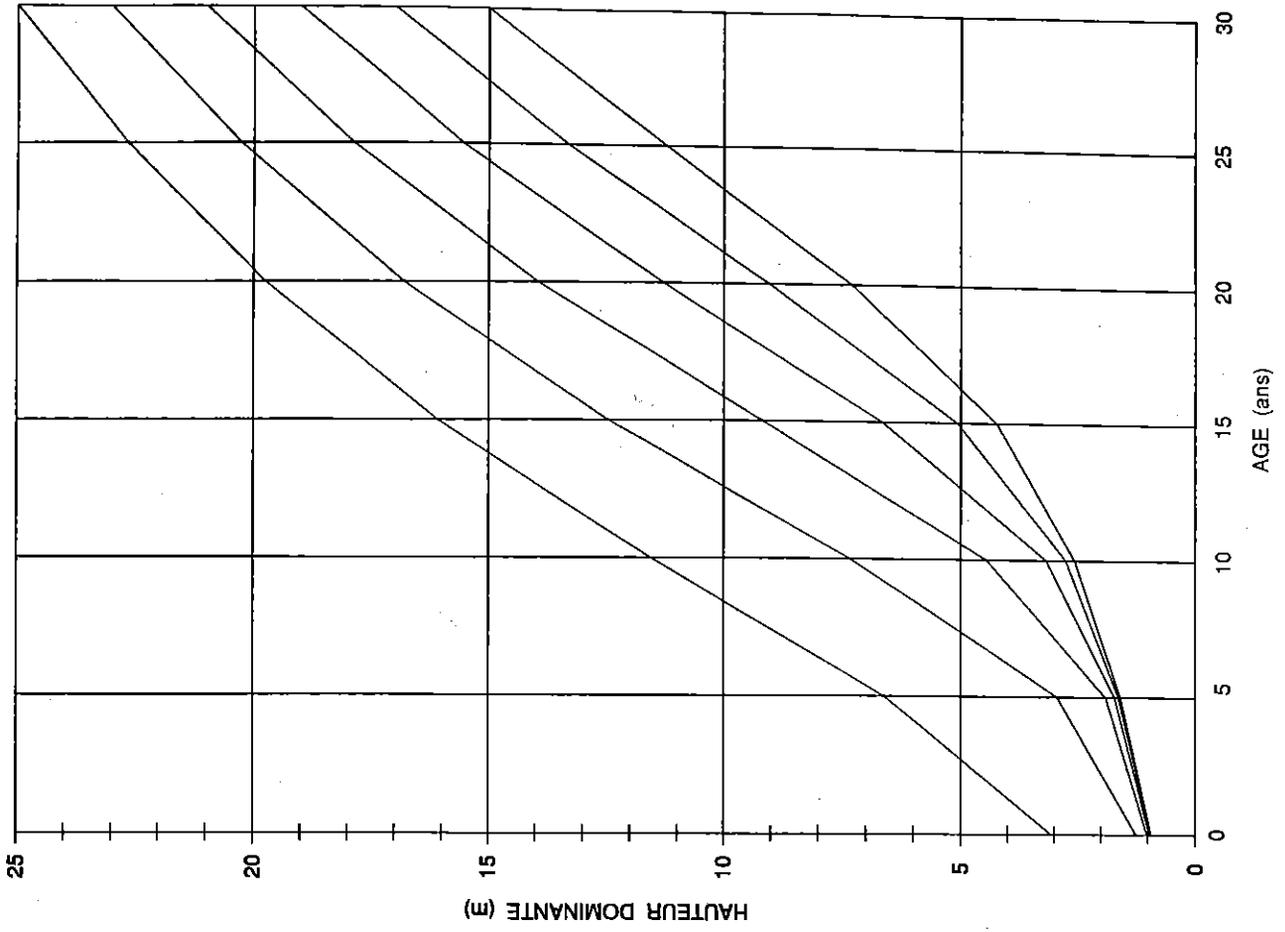
MODELE DE CROISSANCE I.F.N. 19

Figure 8



DOUGLAS - PAYS D'OTHE
MODELE DE CROISSANCE I.F.N. 43

Figure 10



DOUGLAS - PAYS D'OTHE
MODELE DE CROISSANCE I.F.N. 22

Figure 9

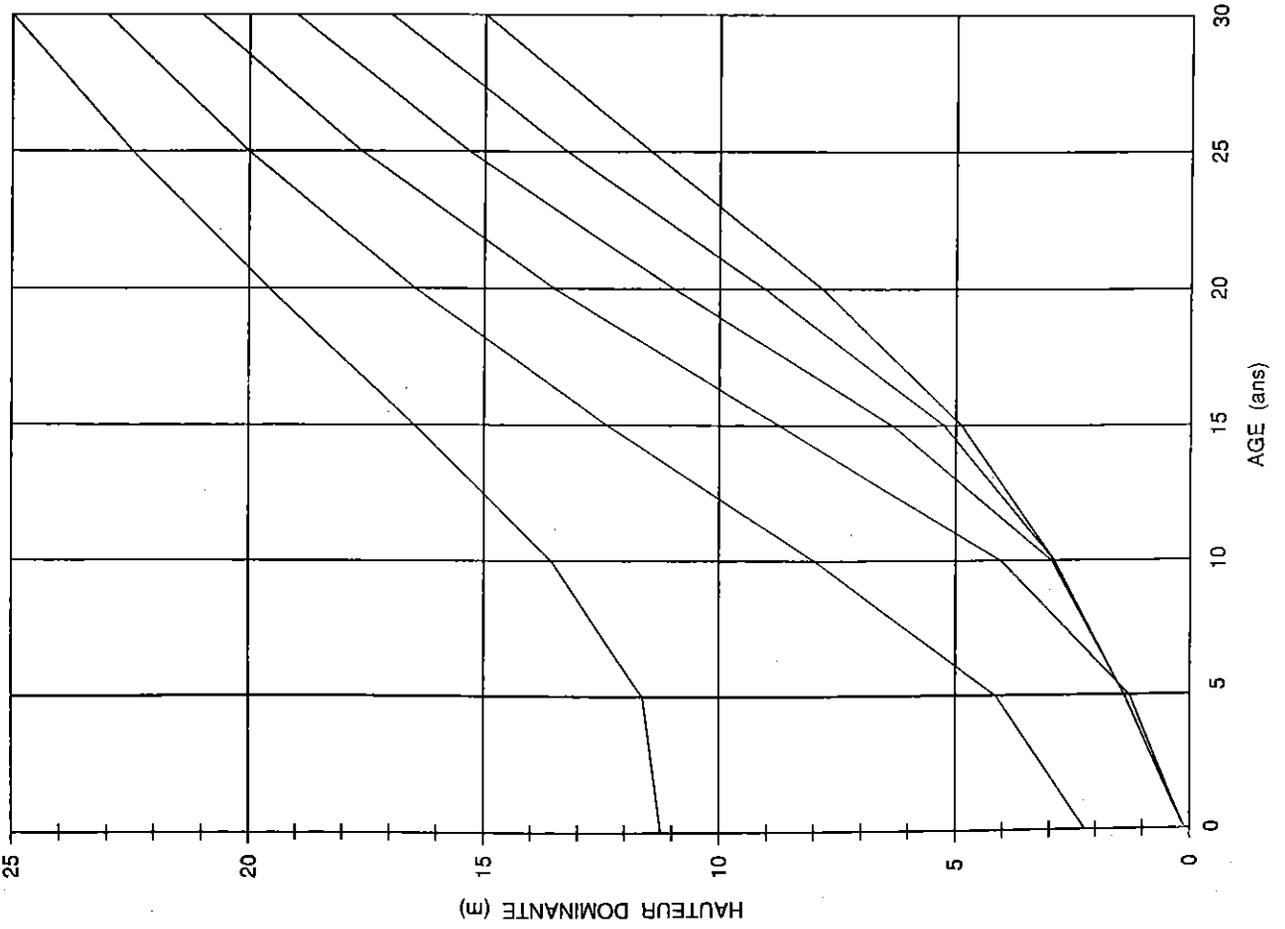


Figure 11

DOUGLAS - PAYS D'OTHE

MODELE DE CROISSANCE I.F.N. 29

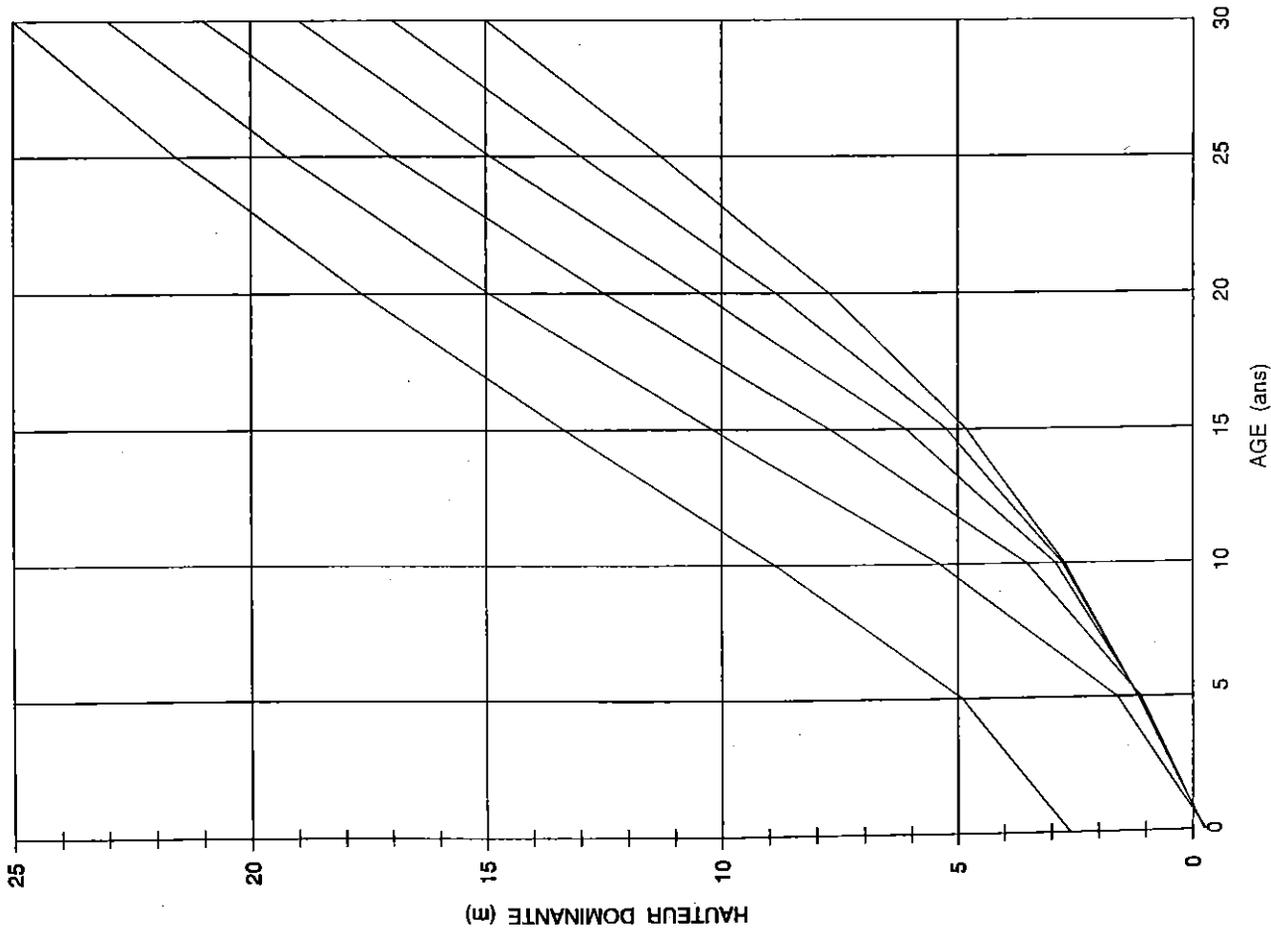
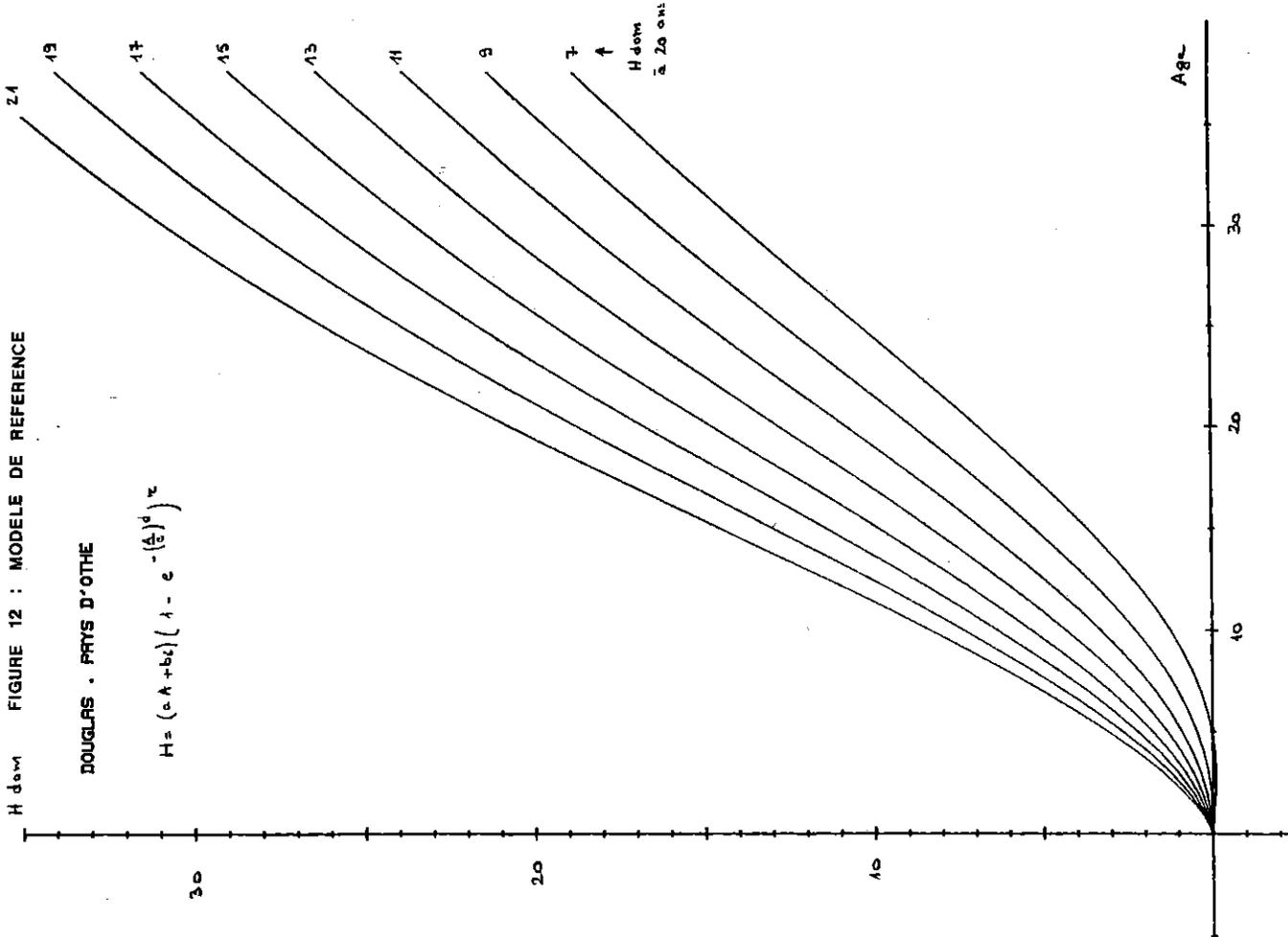


FIGURE 12 : MODELE DE REFERENCE

DOUGLAS - PAYS D'OTHE

$$H = (aA + b_1) \left(1 - e^{-\left(\frac{A}{a}\right)^d} \right)^c$$



4.5.4. Les modèles existants

(voir figures 13 et 14 - les modèles existants)

L'utilisation de modèles existants (tables de production) peut paraître une méthode grossière mais il semble que pour des peuplements de douglas jeunes (entre 15 et 25 ans pour l'essentiel de l'échantillon), les régimes de croissance en hauteur dominante varient assez peu suivant les régions ou même les pays, ce qui n'est plus vrai si on compare des accroissements en volume.

Deux modèles existants ont été retenus :

- tables de production du douglas pour l'ouest du Massif Central (DECOURT - 1972)

- tables de production britanniques : Forest Management Tables (metric) - HAMILTON et CHRISTIE - 1971

Le premier modèle semble applicable dans le Pays d'Othe géographiquement proche de l'aire de validité. Il a été construit à partir de mesures faites dans des placettes temporaires réparties de façon à recouvrir tout l'éventail des âges et des stations de l'aire de mise au point.

Le second modèle paraît intéressant à tester du fait que les tables de production britanniques ont été construites à partir de mesures faites dans des placettes permanentes suivies pendant très longtemps (environ une centaine de placettes par essence, établies surtout depuis 1920). Les données concernant la croissance en hauteur s'apparentent donc à celles obtenues par analyses de tiges et sont censées reconstituer fidèlement l'évolution de la croissance des peuplements.

Les méthodes de mesures et de modélisation ne sont pas toujours connues précisément et peuvent être très différentes d'une table de production à l'autre. Pour les deux tables en question :

- l'âge à utiliser est :

table française : l'âge graine

table britannique : l'âge depuis la plantation

- la hauteur dominante est la moyenne de la hauteur totale des 100 plus gros arbres à l'hectare.

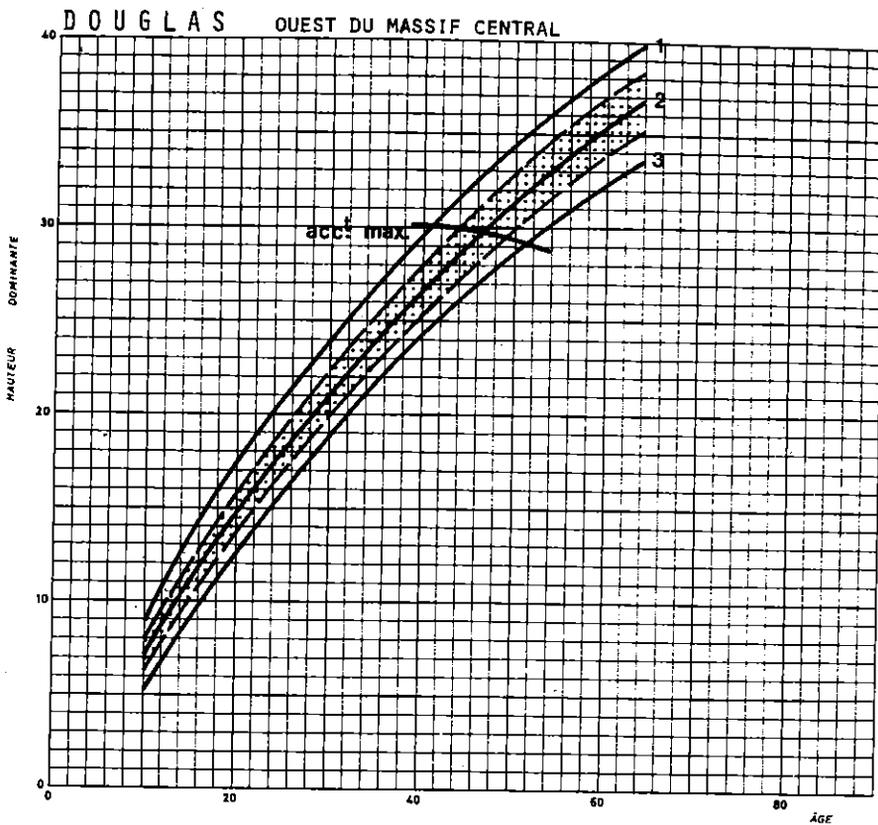


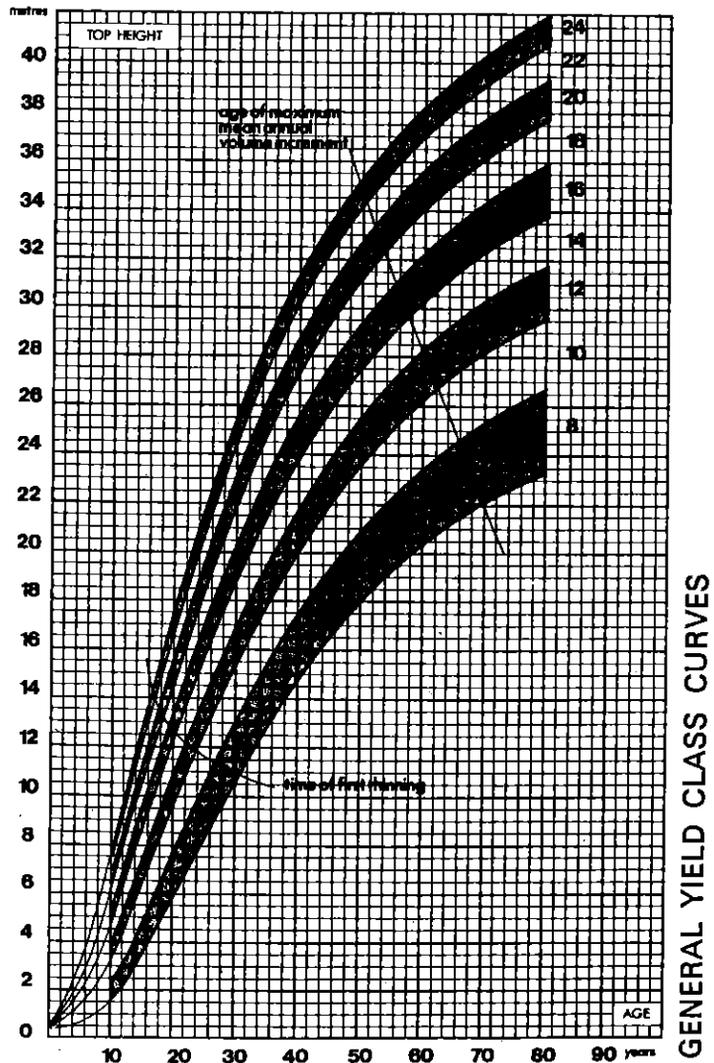
Figure 13 :

Modèle de croissance
du douglas
Table de production du
douglas pour l'ouest du
Massif-Central (DECOURT -
1972)

Figure 14 :

Modèle de croissance du
douglas

Tables de production
britanniques (HAMILTON et
CHRISTIE - 1971)



4-6 - LES RELEVÉS

4.6.1. L'échantillonnage

Les peuplements échantillonnés pour l'étude des relations station-production doivent donc répondre aux conditions du paragraphe 4-1-2 et sont choisis de façon à couvrir la plus large gamme des stations avec si possible au moins 10 peuplements par type de station pour que les résultats aient un minimum de validité statistique.

Dans la pratique, l'échantillon est dépendant de l'existant et certains types de stations peuvent être sous représentés pour l'essence considérée. Une manière de pallier à ce problème sera au moment de l'exploitation des données, de regrouper les types de stations peu représentés avec des types voisins afin d'obtenir des effectifs plus importants pouvant être traités statistiquement.

4.6.2. La fiche de relevés

Elle récapitule les différentes catégories de données prélevées et figure en annexe 1.

4.6.3. Les données relatives aux conditions stationnelles

4.6.3.1. Détermination de la station

Elle a été déterminée à l'aide de la clé de détermination figurant dans le catalogue des stations forestières, à partir de critères floristiques et pédologiques.

Cependant, il est précisé dans le catalogue qu'il est déconseillé d'effectuer un diagnostic à partir d'une végétation perturbée, entre autres, celle existant sous des peuplements résineux. Les groupes écologiques sont en effet bâtis à partir de relevés notés dans des peuplements feuillus installés de longue date. Afin de contourner cette difficulté, l'analyse de la végétation a systématiquement été couplée avec une description pédologique qui, en cas de doute, a permis de déterminer le type de station avec une bonne fiabilité.

La détermination, à chaque fois que cela était possible, a été faite par une personne ayant participé à la mise au point du catalogue.

En cas de doute sur l'identification de la station, le ou les types proches ont été notés entre parenthèses sur la fiche pour des vérifications ultérieures.

4.6.3.2. Autres données stationnelles recueillies

Les autres données recueillies concernent :

- . la situation géographique et topographique. Chaque point de relevé est de plus localisé sur une carte IGN au 1/25000.
- . la végétation. Il s'agit des variations observées par rapport aux indications du catalogue, concernant la station déterminée.
- . le sol. Il s'agit de préciser éventuellement les observations lors de la détermination de la station.

4.6.4. Les données relatives au peuplement

4.6.4.1. Mesures dendrométriques

Les mesures dendrométriques sont effectuées suivant un protocole inspiré de celui mis au point par DUPLAT pour la construction d'un modèle de croissance par analyses de tiges :

- choix des peuplements : cf. paragraphe 4.1.2.
- choix des arbres dominants : il s'agit du 1er, du 3ème et du 5ème plus gros arbre d'une placette de 6 ares, sur lesquels sont prélevées les mesures :
 - . circonférence à 1,30 m mesurée avec un mètre ruban en centimètre compensé
 - . nombre de cernes : c'est le nombre de cernes comptés sur une carotte de sondage à la tarière de Pressler prélevée à 1,30 m, puisque des essais de sondage à 0,30 m, dans la plupart des cas, n'ont pas permis d'atteindre le coeur excentré de l'arbre et ont dû être abandonnés.
 - . âge graine : il est déterminé en rajoutant au nombre de cernes précédent, le nombre de verticilles observés entre les niveaux 1,30 m et 0,30 m plus 2 ans correspondant en moyenne à l'âge d'un plant de 0,30 m.
 - . visées et distances.
Les mesures de hauteur se sont avérées impossibles avec un dendromètre classique par manque de visibilité (peuplements non éclaircis) avec des mises à distance fixes de 15 ou 20 m. L'utilisation d'un clisimètre a permis de contourner cette difficulté.

Les visées à différents niveaux de l'arbre sont prises à l'aide d'un clisimètre SUNTO et la distance au sol entre l'opérateur et l'arbre avec un mètre ruban.

Elles permettent, par l'emploi des formules de trigonométrie, de calculer la hauteur totale de l'arbre et, si le repérage des verticilles correspondants a été possible, la hauteur à 15 et à 20 ans ainsi que l'accroissement des 3 et des 5 dernières années.

4.6.4.2. Autres données relatives au peuplement

Les autres données relatives au peuplement concernent :

- le type de boisement : en plein ou en bandes avec indication éventuelle de la technique de préparation du terrain : dessouchage, andainage, billonnage
- le mode et l'intensité des éclaircies récentes : sélective, systématique (nombre de lignes enlevées)
- le degré d'ouverture du peuplement en pourcentage (arrondi au dixième près)
- le taux de survie en pourcentage (arrondi au dixième près) dans le cas de peuplements non éclaircis ou montrant des souches récentes
- l'homogénéité en hauteur et en diamètre des arbres du peuplement, notée selon trois critères : hétérogène, moyen, homogène.

5 - L'ANALYSE DES DONNEES ET LES RESULTATS

5-1 - LES CARACTERISTIQUES DE L'ECHANTILLON

Bien que l'on se soit efforcé d'obtenir la meilleure représentation possible des différents types de stations sur lesquelles le douglas a été planté, il s'avère que certains types sont peu échantillonnés.

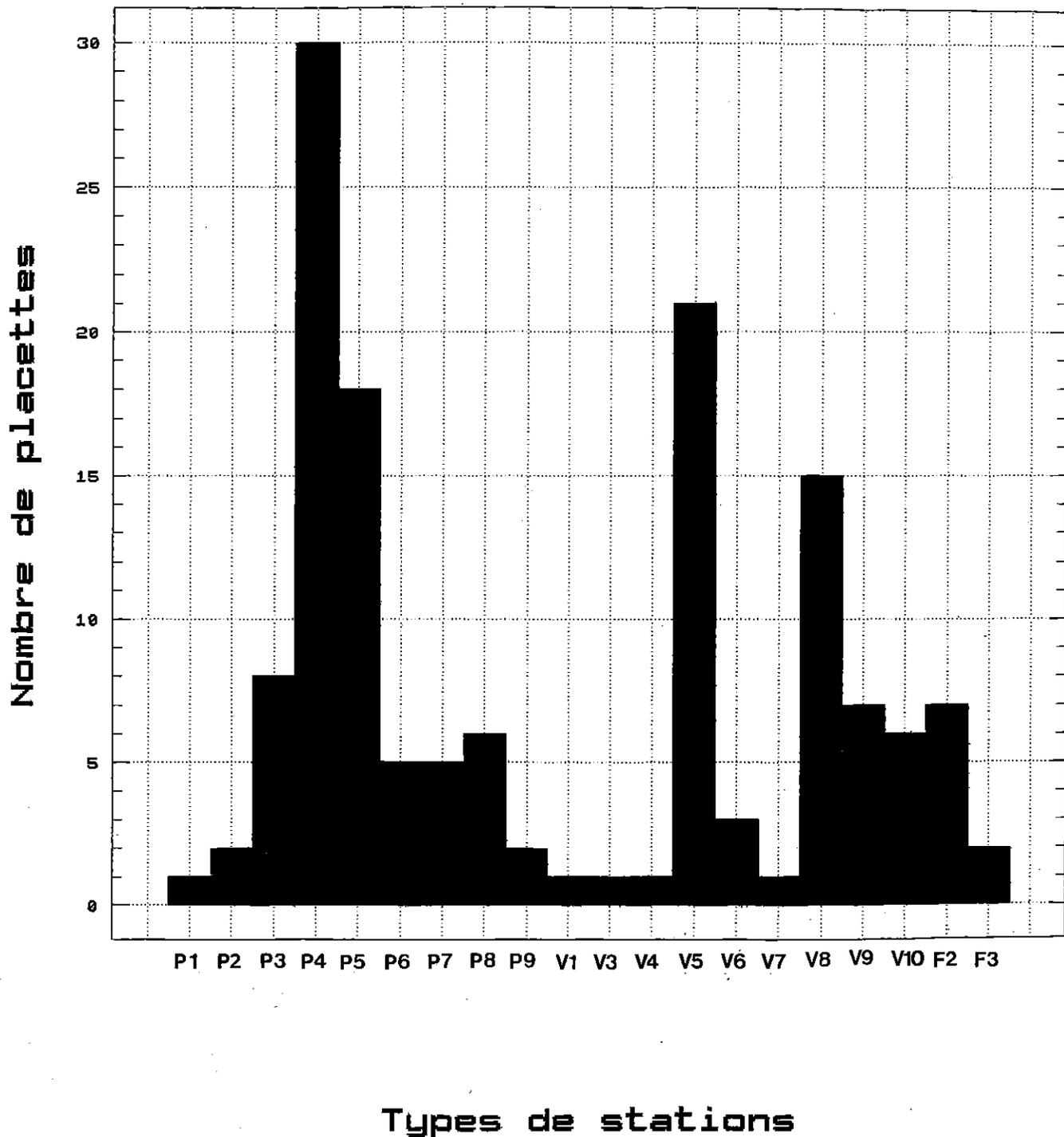
L'histogramme de la figure 15 présente la répartition des 142 placettes de l'échantillon, par type de station. Seuls les types P4, P5, V5 et V8 sont bien représentés puisqu'ils comptent au moins 15 placettes. Les autres types comptent moins de 10 placettes, certains n'étant représentés qu'une fois.

On constate d'ores et déjà que des regroupements de types de stations seront nécessaires si l'on désire obtenir des résultats ayant une signification statistique.

L'âge des placettes de l'échantillon est compris entre 14 et 27 ans.

FIGURE 15

HISTOGRAMME DE REPARTITION
DES PLACETTES PAR TYPES DE STATIONS



5-2 - LA RELATION STATION-INDICE DE FERTILITE

5.2.1. Définition de groupes de types de stations pertinents

Outre le classement des types de stations forestières utilisé dans le catalogue, il est possible de rapprocher des types de stations situés sur des matériaux comparables, de mêmes textures et mêmes niveaux trophiques.

Les regroupements possibles sont les suivants :

Types P2 et V6 : limons > 30 cm sur argile - S/T* 20 à 40 %

Types P6 et V9 : sable > 35 cm sur argile - S/T* 10 à 25 %

Types P7 et P8 : limons > 40 cm sur argile - S/T* < 10 %

Types P9 et V10 : sable > 35 cm sur argile - S/T* < 10 %

Les types de stations P1, V1, V3, V4, V7 et F3 qui ne sont représentés que par quelques placettes (1 à 3) ne peuvent pas, à priori être regroupés avec d'autres types. Il ne sera donc pas possible de déduire de résultats fiables des données relatives à ces types de stations.

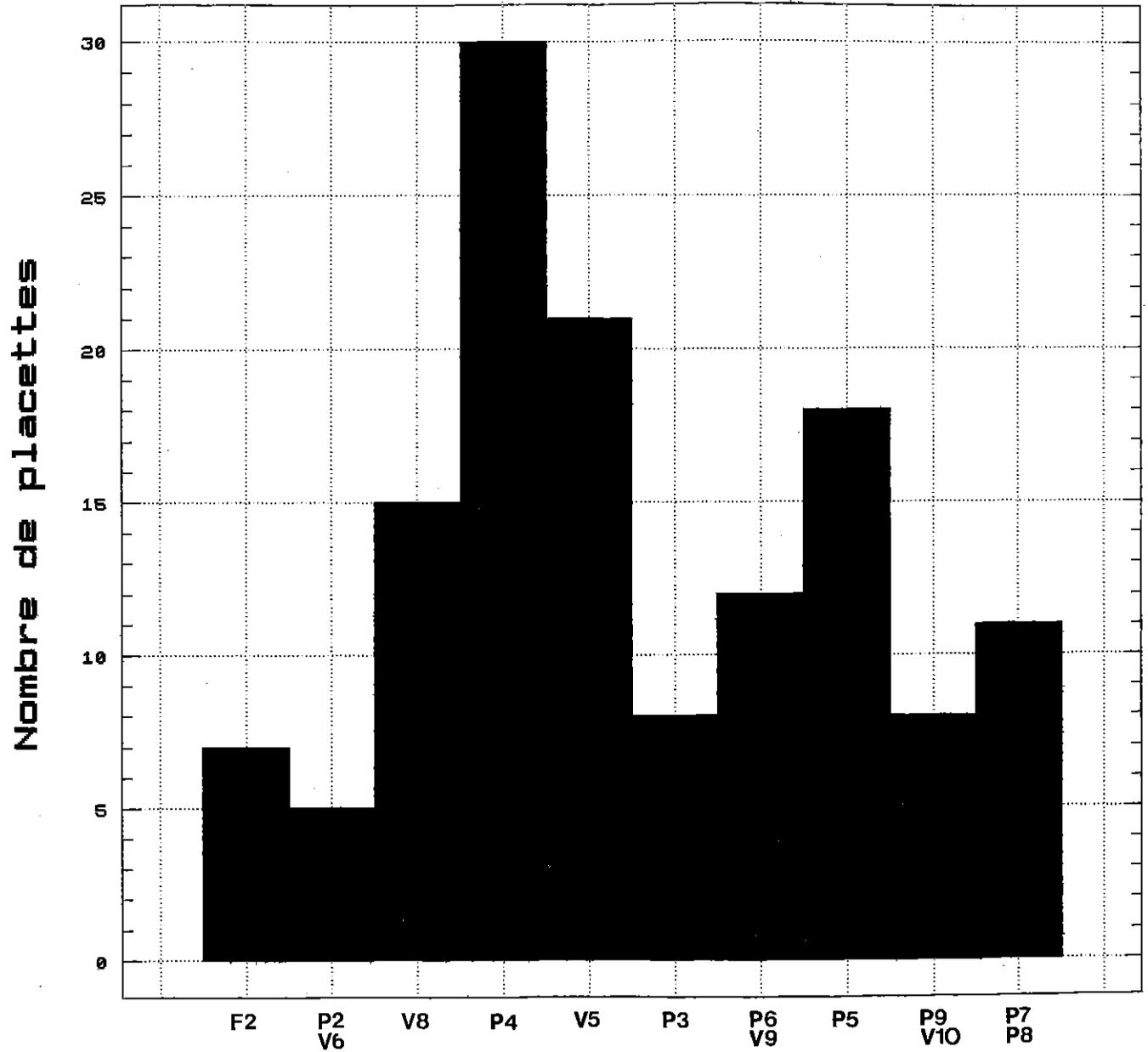
On retiendra finalement pour la comparaison des types ou groupes de types de stations à partir de l'indice de fertilité du douglas, seulement ceux qui ont une représentativité suffisante c'est-à-dire comptant au moins 5 placettes.

L'histogramme de la figure 16 présente le nombre de placettes par type ou groupe de types de stations retenus pour la comparaison.

* de l'horizon A1

FIGURE 16

HISTOGRAMME DE REPARTITION DES PLACETTES
PAR TYPES DE STATIONS APRES REGROUPEMENT



Types de stations apres regroupement

5.2.2. Utilisation du modèle de croissance construit par analyses de tiges

L'indice de fertilité (HMOD 20) est ici déterminé à l'aide du modèle de croissance construit par analyses de tiges qui constitue la référence en la matière. Les résultats bruts par types de stations peuvent être appréciés sur la figure 17.

5.2.2.1. Vérification de l'homogénéité des stations

Sur la base des regroupements préconisés dans le chapitre précédent, il est possible de vérifier l'homogénéité des types ou groupes de types de stations vis-à-vis de l'indice de fertilité du douglas.

La figure 18 représente les valeurs brutes de l'indice de fertilité par type ou groupe de types de stations.

On remarque pour différentes stations, plusieurs relevés (entourés et numérotés) qui se distinguent nettement des autres. L'examen des fiches de terrain correspondantes ne donne pas d'indications qui permettent d'expliquer ces résultats sauf dans le cas du relevé 126 qui correspond à la placette d'analyse de tiges n° 21, exclue de la construction du modèle de croissance.

On peut aussi à l'aide du logiciel STATGRAPHICS représenter pour chaque type ou groupe de types de stations les quartiles de l'indice de fertilité (ensemble des valeurs ordonnées divisées en quatre parties d'effectif égal) : (voir figure 19). Certains relevés se distinguent également par des valeurs anormales de l'indice de fertilité.

FIGURE 17

VALEURS BRUTES DE HMOD 20

PAR TYPES DE STATIONS

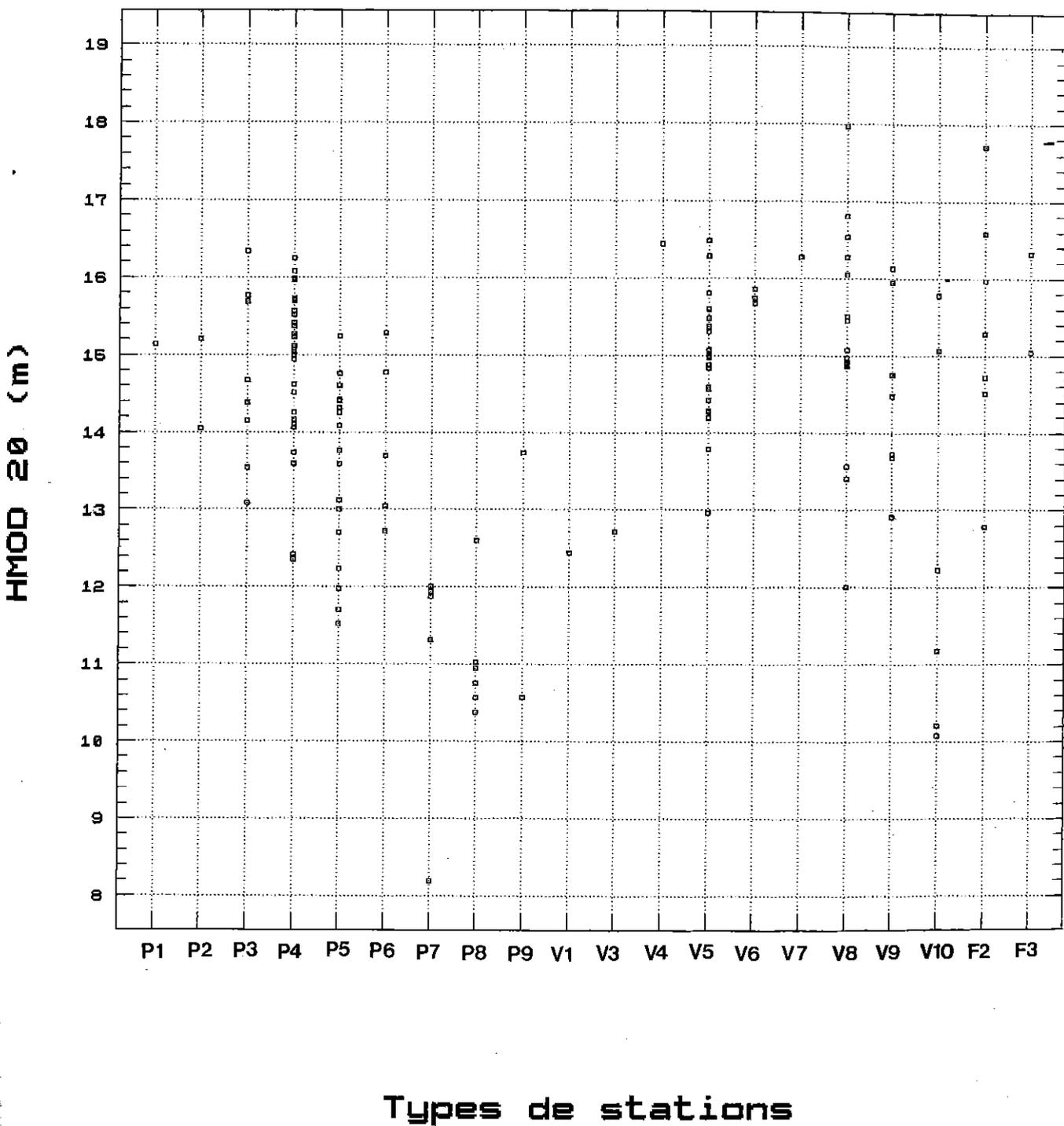
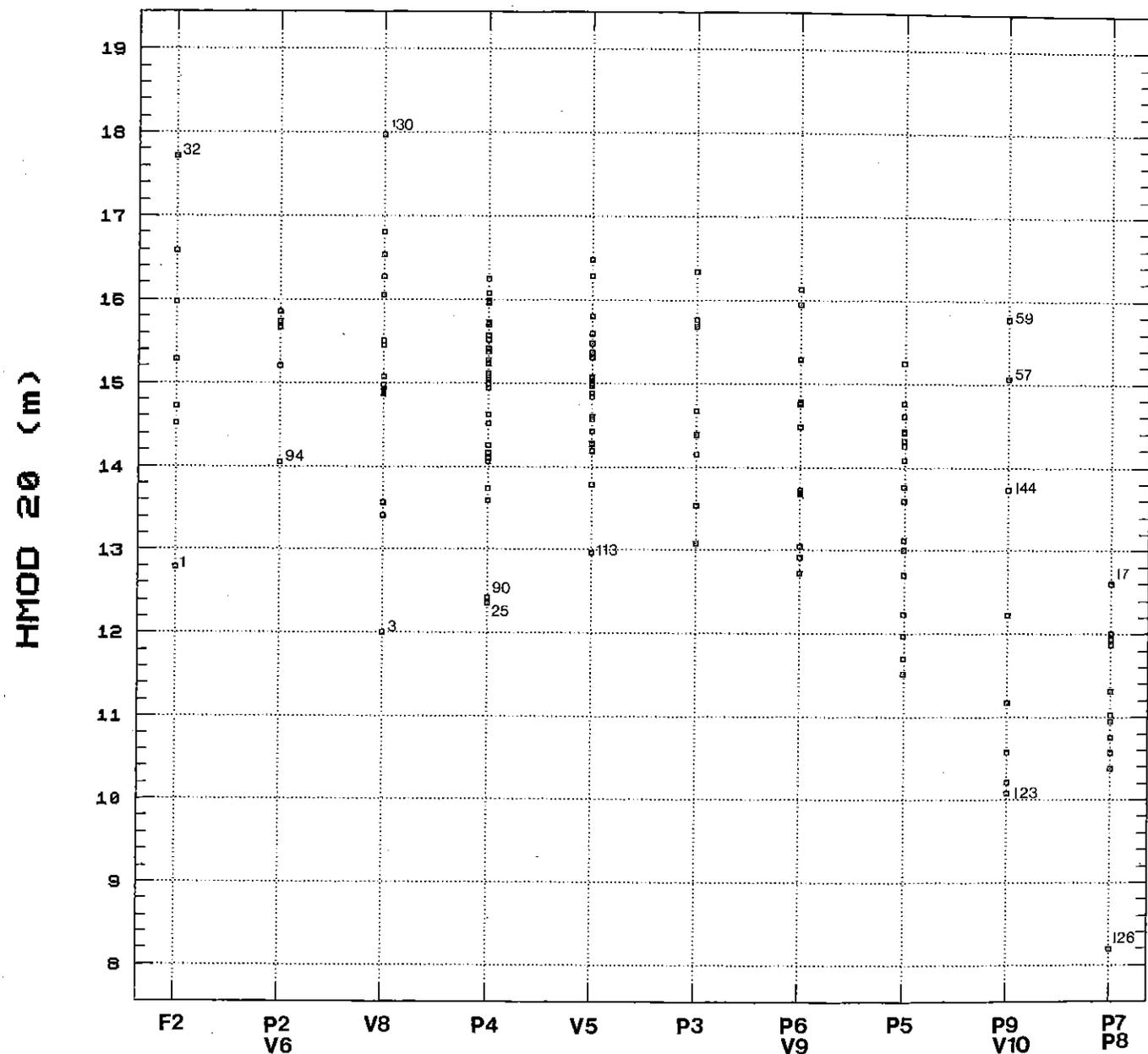


FIGURE 18

VALEURS BRUTES DE HMOD 20

PAR TYPES DE STATIONS APRES REGROUPEMENT

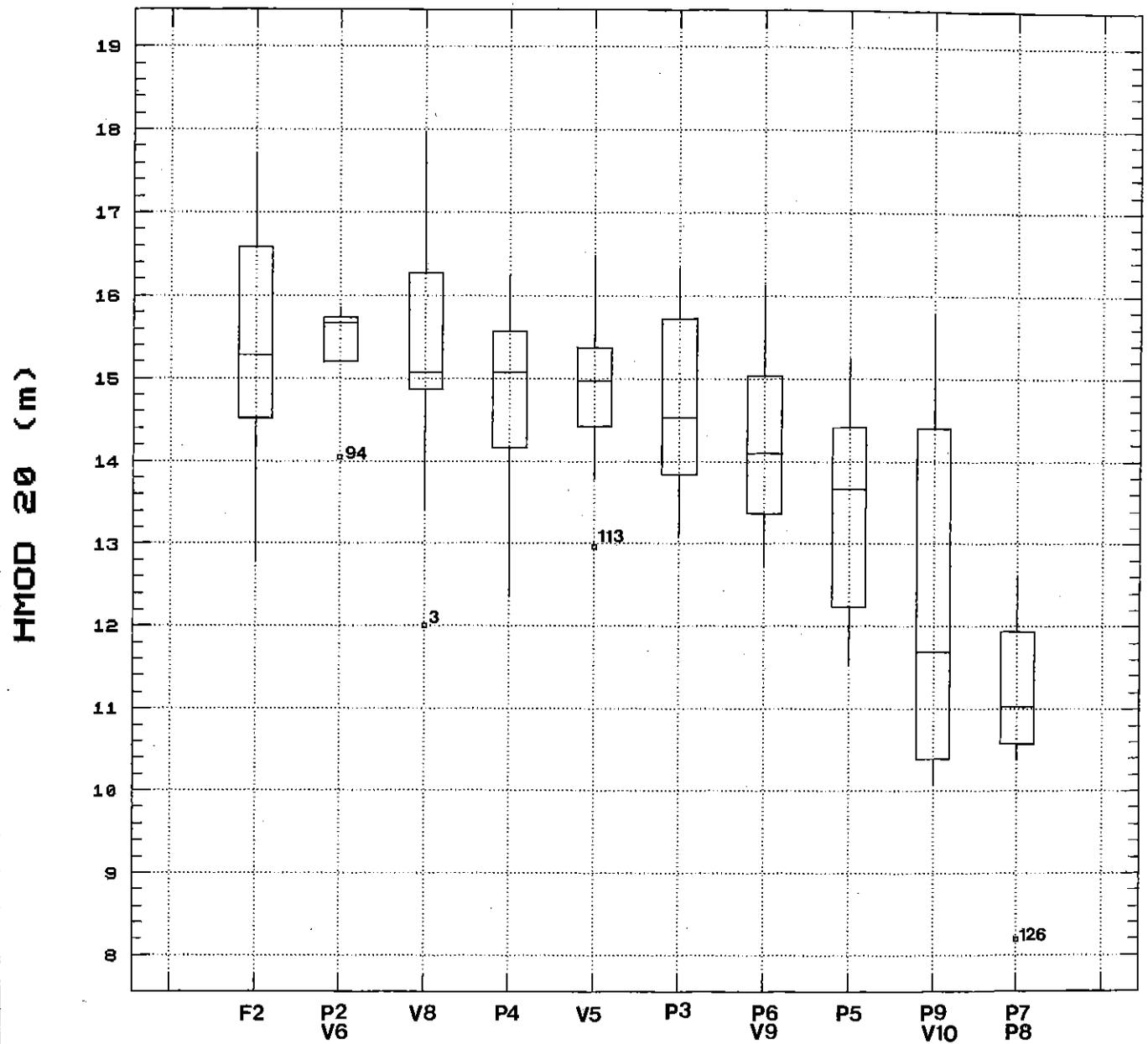


Types de stations apres regroupement

FIGURE 19

QUARTILES DE HMOD 20

PAR TYPES DE STATIONS APRES REGROUPEMENT



Types de stations apres regroupement

5.2.2.2. Discrimination des stations

L'analyse de variance permet de comparer entre eux les types ou groupes de types de stations.

Le logiciel STATGRAPHICS permet de représenter dans chaque cas la moyenne des indices de fertilité et l'intervalle de confiance de la moyenne au seuil de 95 % (l'écart-type retenu pour l'intervalle de confiance est toujours le même et égal à l'écart-type de l'échantillon global des indices de fertilité utilisés) (voir figure 20).

L'analyse de variance consiste à tester l'hypothèse : "toutes les stations sont équivalentes en fertilité" contre l'hypothèse alternative : il existe au moins une station différente des autres".

Bien que la légitimité statistique de ce test soit contestable :

- moins de 30 placettes par type ou groupe de types de stations
- il n'est pas vérifié que la loi de répartition suivie par les fertilités est une loi normale.

Les résultats sont intéressants et militent en faveur d'un lien entre la station et l'indice de fertilité du douglas.

Le pourcentage de la variance totale expliqué par l'"effet station" (variance intergroupes sur variance totale) est de 52 %.

Par ailleurs la valeur du coefficient de Fisher : 15,2 est largement supérieure à $F(9,125) = 1,98$ ce qui permet de rejeter l'hypothèse initiale et de conclure à un lien entre la station et l'indice de fertilité.

Un test de Kruskal-Wallis qui calcule pour chaque type de station le rang moyen des indices de fertilité des placettes représentées permet d'arriver à la même conclusion. Les résultats de ce test figurent ci-dessous.

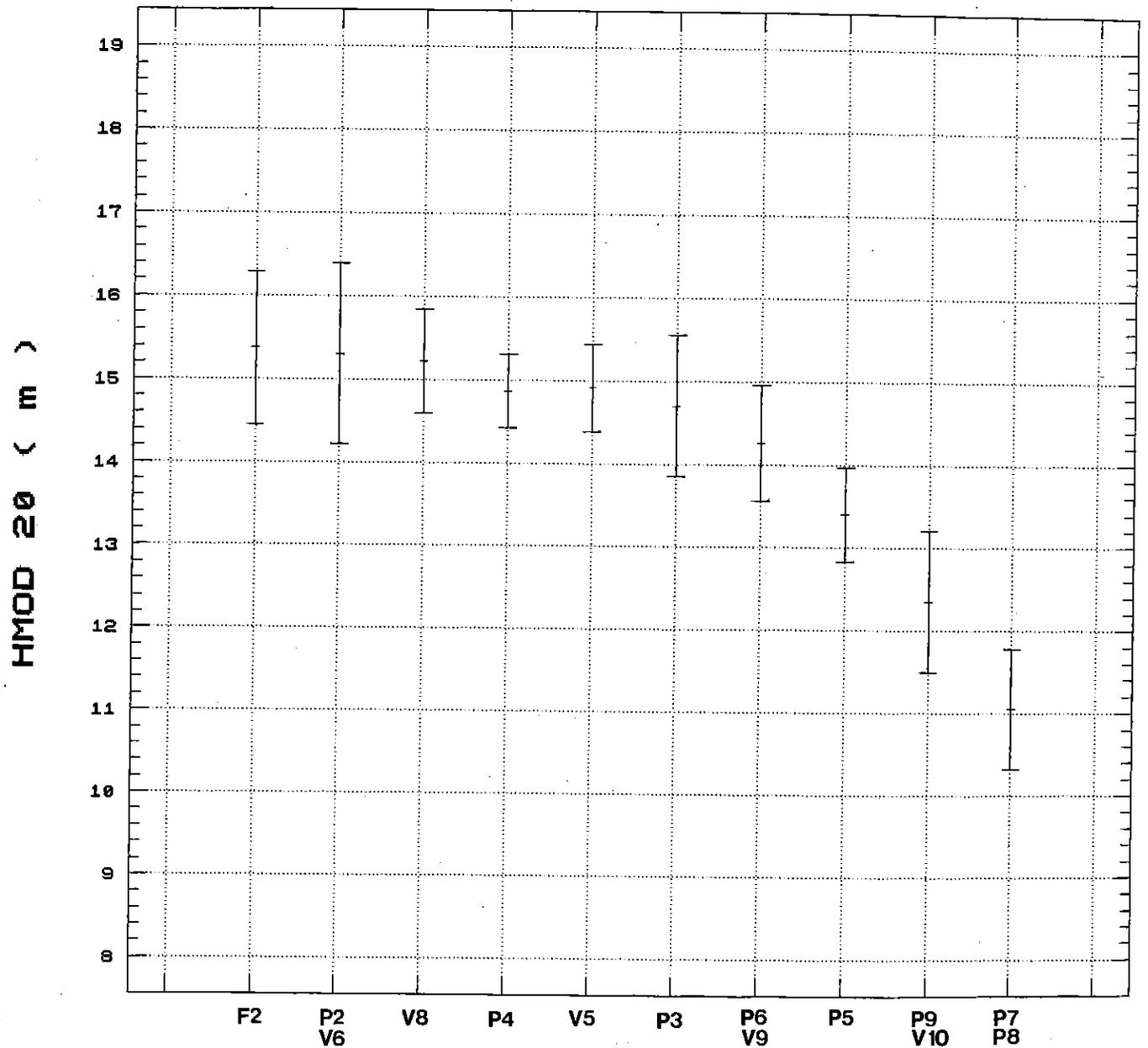
<u>Type de Station</u>	<u>Nombre de placettes</u>	<u>Moyenne des rangs</u>
F2	7	92,3
P2-V6	5	95,6
V8	15	89,9
P4	30	82,3
V5	21	81,7
P3	8	75,0
P6-V9	12	62,9
P5	18	42,5
P9-V10	8	35,5
P7-P8	11	10,9

-8

Niveau de signification : 2,3 10

FIGURE 20

ANALYSE DE VARIANCE DE HMOD 20
PAR TYPES DE STATIONS APRES REGROUPEMENT



Types de stations apres regroupement

Une étude plus fine des intervalles de confiance au seuil de 95 % de la variation de l'indice de fertilité en fonction de la station, à partir des caractéristiques propres à chacune d'entre elles, permet de distinguer trois grands ensembles :

Ensemble 1 : P2, P3, P4, V5, V6, V8, F2

Chênaie-charmaie méso-neutrophile à méso-acidiphile

HMOD 20 compris entre 14 et 16 m

Stations caractérisées par des limons peu épais à épais, sur argile, peu désaturés à désaturés ($10 \% < S/T^* < 70 \%$).

Ensemble 2 : P5, P6, V9

Chênaie-charmaie méso-acidiphile à acidiphile

HMOD 20 compris entre 13 et 15 m

Stations caractérisées par des sables ou des limons épais sur argile, désaturés ($5 \% < S/T^* < 25 \%$)

Ensemble 3 : P7, P8, P9, V10

Chênaie sessiliflore acidiphile

HMOD 20 compris entre 10 et 13 m

Stations caractérisées par des sables ou des limons épais sur argile, très désaturés ($S/T^* < 10 \%$), parfois hydromorphes (P7).

Dans l'ensemble 1, il apparaît impossible de discriminer les stations en fonction du niveau d'apparition du plancher argileux.

On peut aussi noter la bonne croissance du douglas sur la station V5, (argile sur craie à plus de 40 cm) et donc son bon comportement dès que la craie est suffisamment profonde.

A partir de ces constatations, on peut donc confirmer que :

La croissance du douglas est fortement liée au niveau trophique de la station.

La croissance du douglas, dans le contexte du Pays d'Othe est relativement indépendante de la profondeur d'apparition du niveau argileux.

Les indices de fertilité des placettes situées sur les types de stations très peu représentés (P1, V1, V3, V4, V7 et F3), restent cohérents avec les résultats de l'analyse de variance.

Ainsi, il est possible de rapprocher de l'ensemble 1, les types de stations P1, V4, V7 et F3 :

Chênaie-charmaie neutrophile à acidicline

HMOD 20 > 15 m

Stations caractérisées par des matériaux variés :

P1 - limons peu épais sur argile

V4 - argiles épaisses sur craie

V7 - sables épais sur argile

F3 - colluvions limoneuses et argileuses

et par un niveau trophique élevé ($20 \% < S/T^* < 100 \%$)

* de l'horizon A1

Par contre, les indices de fertilité des placettes situées sur les types de stations V1 et V3 conduisent à rapprocher ceux-ci de l'ensemble 3 :

Chênaie calcaricole et chênaie-charmaie calcicole

HMOD 20 < 13 m

Stations caractérisées par la présence de calcaire actif dès la surface ou à faible profondeur.

Enfin, les types de stations non représentés (V2, Fla/b, Flx), peuvent être ventilés entre les trois ensembles en fonction de leurs caractéristiques propres :

Ensemble 1 : Fla/b

Chênaie-charmaie hygro-neutrophile

Limons épais, saturés à peu désaturés ($50\% < S/T^* < 100\%$)

Ensemble 3 : V2, Flx

Chênaie calcaricole

Calcaire actif proche de la surface

L'analyse des taux de survie par type de station et des indications particulières portées sur les relevés, permet de compléter l'étude des indices de fertilité et donne une idée de l'adaptation de l'essence à la station. On peut ainsi constater que si pour les stations de l'ensemble 3, le niveau de production reste en apparence soutenu, l'avenir des peuplements est parfois fortement compromis par une mortalité importante ou par l'apparition de dépérissements (rouille suisse sur limons ou sables très désaturés, chlorose sur sols carbonatés). Ce sont finalement ces considérations qui conduisent à écarter le choix du douglas comme essence de reboisement sur ces types de stations.

Sur la base de ces constatations et des connaissances sur l'autécologie du douglas, il est possible de classer les stations forestières du Pays d'Othe en fonction de leurs potentialités vis-à-vis de cette essence (voir tableau 5).

* de l'horizon A1

TABLEAU 5 : Classement des types de stations forestières
du Pays d'Othe pour la croissance et la production du douglas

	Stations bien échantillonnées	Indice de fertilité (HMOD 20)	Taux de survie	Accroissement moyen max. (Decourt)	Accroissement moyen max. (tables brita.)	Stations peu ou pas échantillonnées
Stations favorables (Ensemble 1)	P2, P3, P4, V5, V6, V8, F2	14 à 16 m	bon	18 à 21 m ³ /ha/an	22 à 26 m ³ /ha/an	P1, V4, V7, F1a/b, F3
Stations moyennement favorables (Ensemble 2)	P5, P6, V9	13 à 15 m	bon	16 à 18 m ³ /ha/an	20 à 24 m ³ /ha/an	
Stations déconseillées (Ensemble 3)	P7, P8, P9, V10	10 à 13 m	moyen à médiocre	< 16 m ³ /ha/an	14 à 20 m ³ /ha/an	V1, V2, V3, F1X

5.2.2.3. Influence de la charge en cailloux

Ce critère peut être étudié à partir des données relatives aux stations pour lesquelles les différentes variantes caillouteuses (a, b, éventuellement c) sont suffisamment représentées.

Une analyse de variance de l'indice de fertilité du douglas (déterminé à l'aide du modèle de référence) pour les variantes caillouteuses des stations P4, P5, V5 et V8 indique qu'il n'y a pas de différences significatives au seuil de 95 % entre ces différentes variantes (voir figures 21 à 24).

Pour P4 $F = 1,7 < F(1,28) = 4,20$

Pour P5 $F = 2,9 < F(1,16) = 4,49$

Pour V5 $F = 0,1 < F(2,18) = 3,55$

Pour V8 $F = 4,3 < F(1,12) = 4,75$

On peut en déduire :

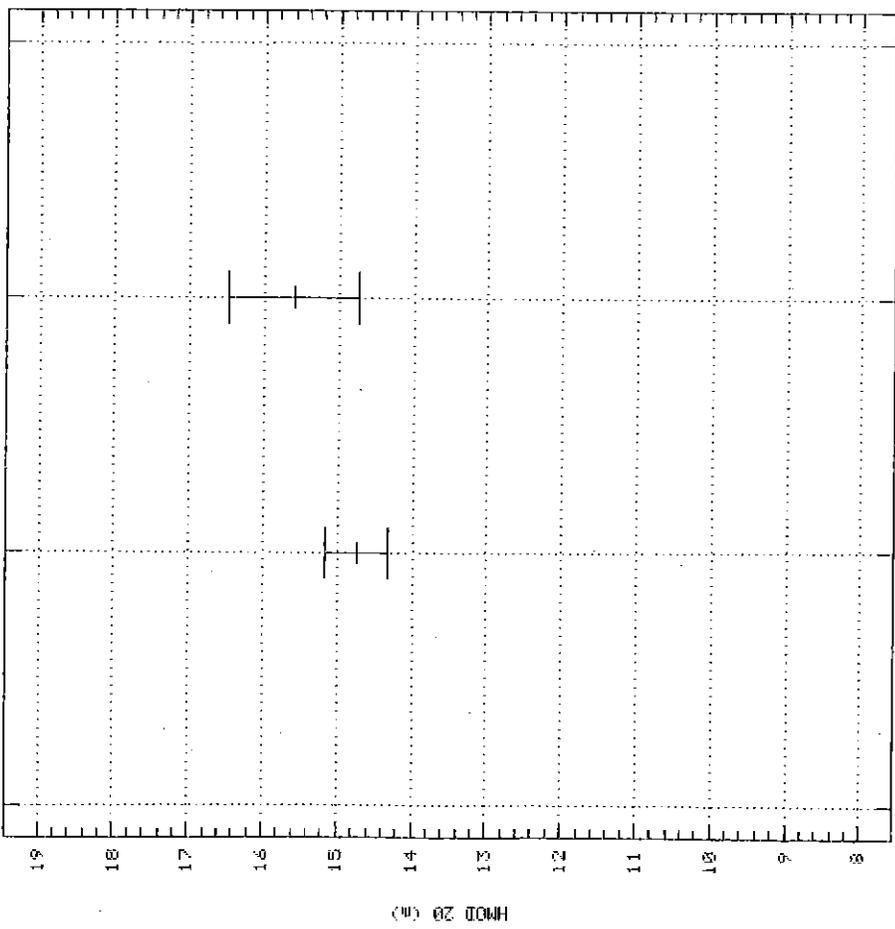
- soit que la charge en cailloux déterminée pour les niveaux prospectés par la tarière pédologique c'est à dire en général les 40 premiers centimètres de sol, n'a pas d'influence sur la fertilité de la station (en général, la charge en cailloux devient faible dès qu'on atteint le niveau argileux);

- soit qu'il existe des facteurs de compensation; par exemple, les sous-types de stations P4b et P5b situés vers le rebord des plateaux auraient un niveau trophique plus favorable à la croissance que les sous-types P4a et P5a en position de plateau plus centrale avec des limons plus désaturés.

Il paraît donc prématuré de conclure sur la présence ou l'absence d'un lien entre indice de fertilité et charge en cailloux tant que ce facteur n'aura pu être étudié isolément.

FIGURE 21

ANALYSE DE VARIANCE DE HMOD 20 POUR LA
STATION P4 PAR VARIANTE CAILLOUTEUSE

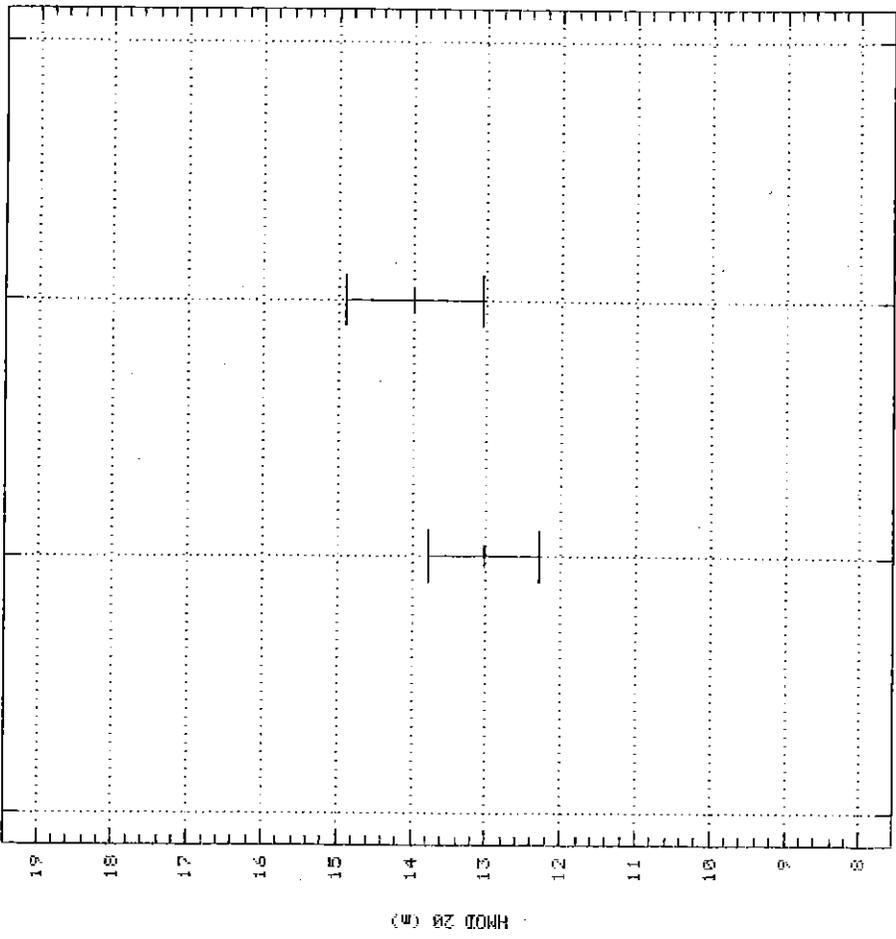


A B
Nombre de placettes : 22 5

Station P4 - Variantes caillouteuses

FIGURE 22

ANALYSE DE VARIANCE DE HMOD 20 POUR LA
STATION P5 PAR VARIANTE CAILLOUTEUSE

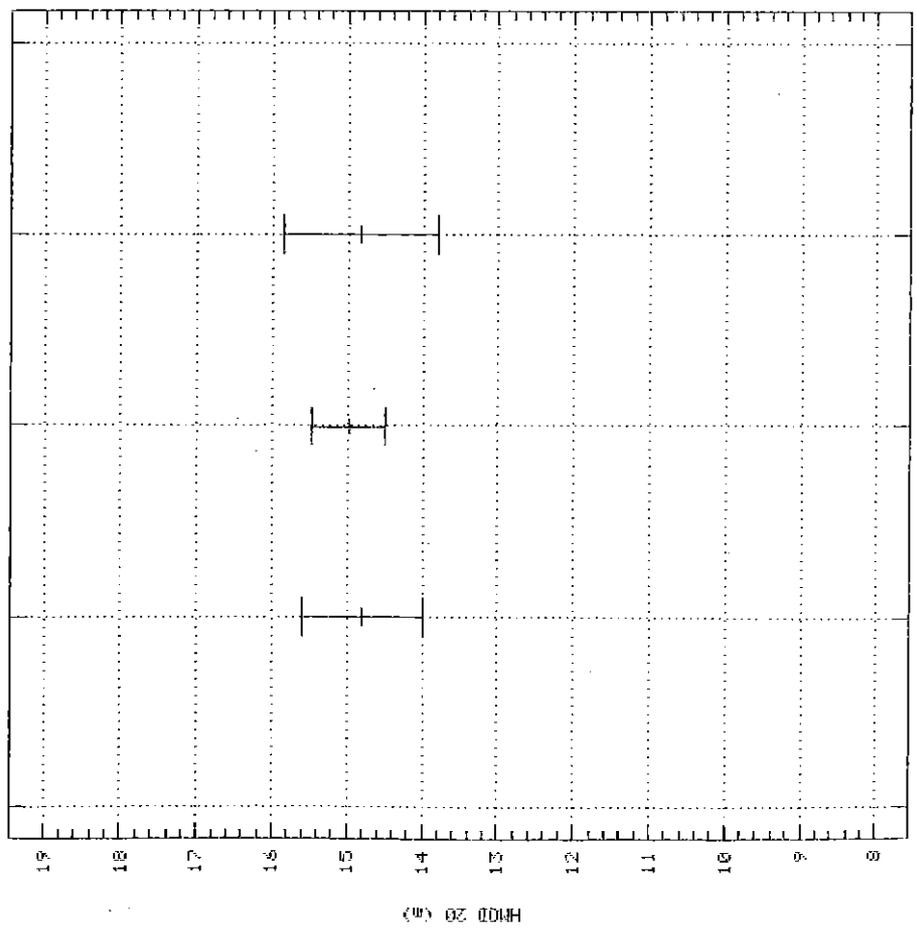


A B
Nombre de placettes : 11 7

Station P5 - Variantes caillouteuses

FIGURE 23

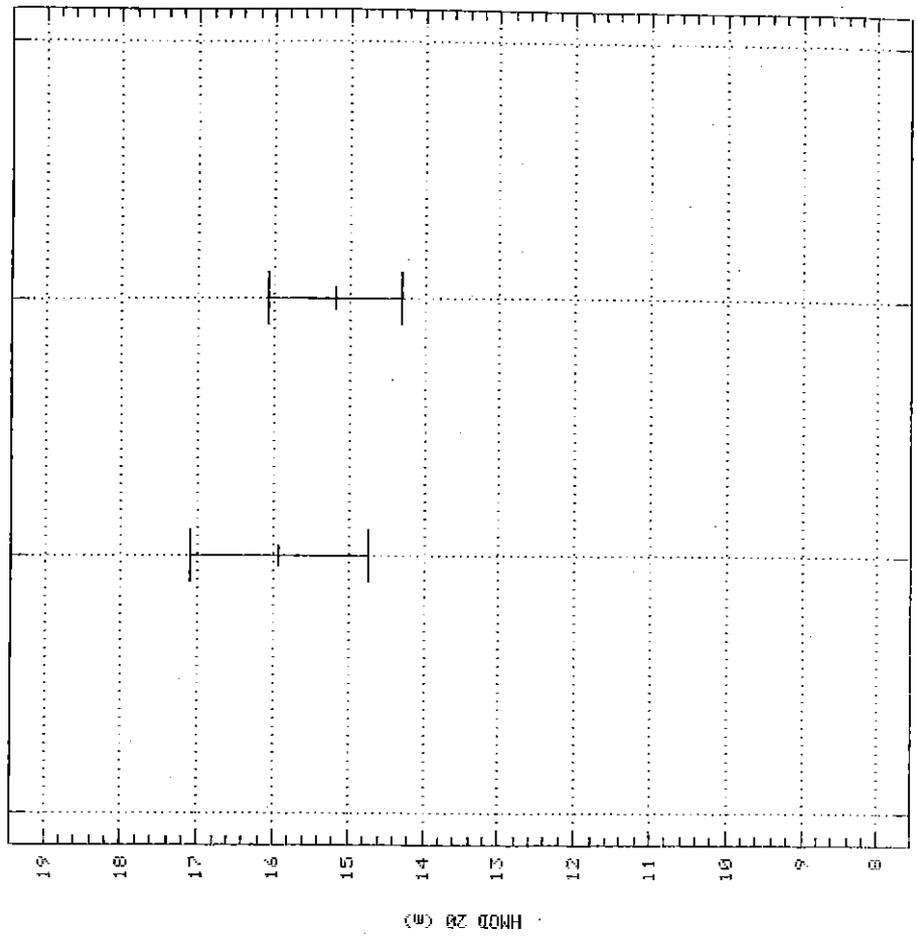
ANALYSE DE VARIANCE DE HMOD 20 POUR LA
STATION V5 PAR VARIANTE CAILLOUTEUSE



Nombre de placettes : 5 B 13 C 3
Station V5 - Variantes caillouteuses

FIGURE 24

ANALYSE DE VARIANCE DE HMOD 20 POUR LA
STATION V8 PAR VARIANTE CAILLOUTEUSE



Nombre de placettes : 5 B 9
Station V8 - Variantes caillouteuses

5.2.3. Discrimination des stations à partir des indices de fertilité obtenus avec les différents modèles de croissance

L'analyse de variance décrite au chapitre 5.2.2.1. peut être reconduite pour des indices de fertilité déterminés à partir

- du modèle de croissance de l'IFN retenu : HIFN 20
- du modèle des tables de production de DECOURT : HDEC 20
- du modèle des tables de production britanniques : HBRT 20

Sur les figures 25, 26 et 27, on peut comparer les résultats obtenus qui présentent de grandes similitudes. Les résultats des analyses de variance confirment que le classement des types de stations ainsi que les grandes tendances restent les mêmes (voir le tableau 6 qui compare les moyennes et les intervalles de confiance de l'indice de fertilité obtenus à l'aide des différents modèles).

Ceci permet de relativiser l'importance du modèle de croissance, dans les conditions de l'étude à savoir :

- peuplements jeunes, en phase de croissance quasi-linéaire
- amplitude d'âge des peuplements réduite

Il en résulte, dans ces conditions, que c'est surtout la pente générale du modèle pour l'amplitude d'âge considérée, qui conditionne la fiabilité du résultat.

En pratique, il est donc possible, pour ce type d'étude, d'économiser la construction d'un modèle de croissance avec analyses de tiges et d'utiliser à la place un modèle existant ou construit à partir des données de l'I.F.N.

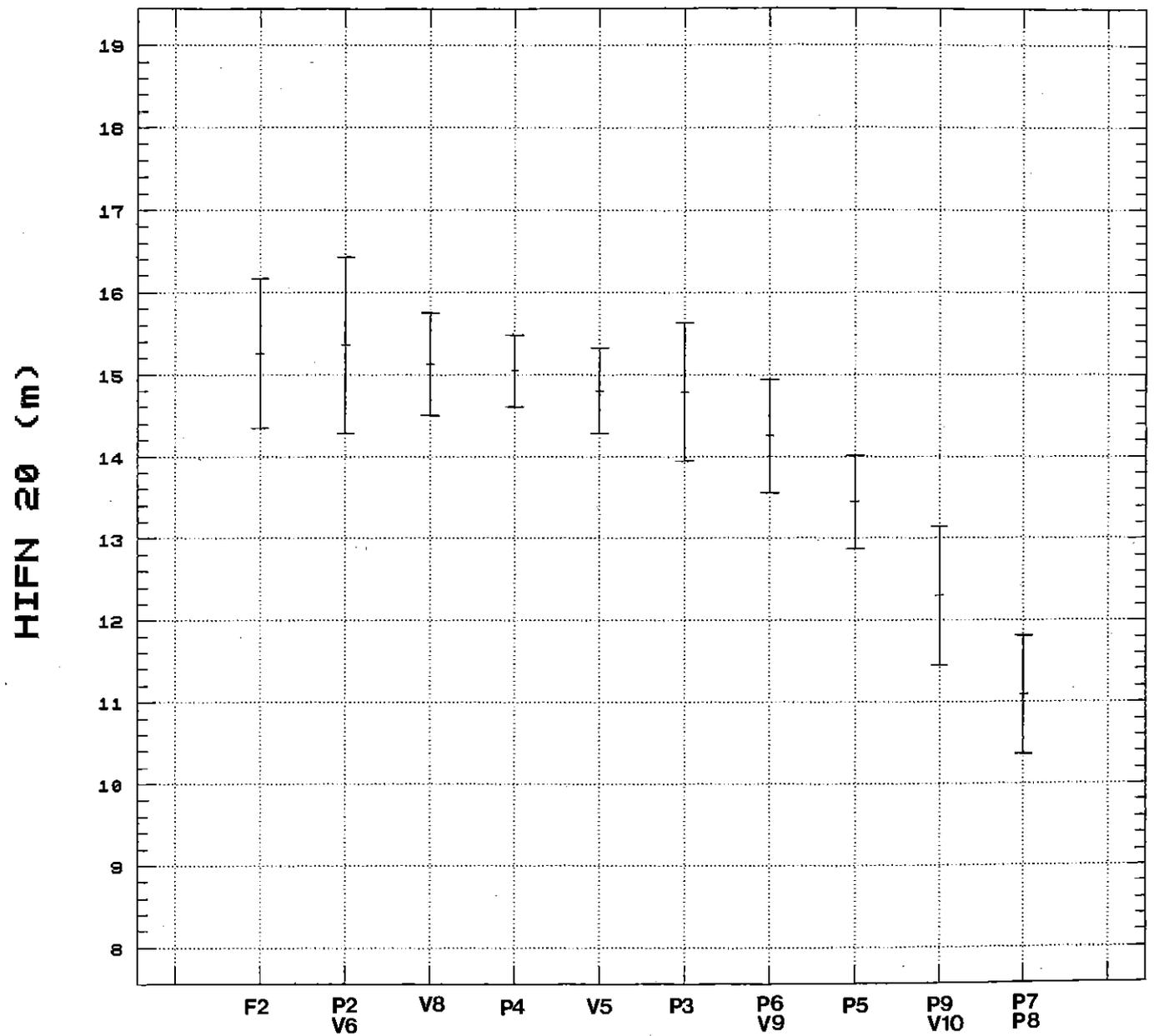
Il convient néanmoins par prudence, de confirmer la validité du modèle par quelques analyses de tiges replacées dans le faisceau de courbes sélectionné.

TABLEAU 6 : Comparaison des indices de fertilité obtenus avec différents modèles de croissance - Moyenne et intervalle de confiance de la moyenne au seuil de 95%

STATIONS	HMOD 20			HDEC 20		
	MOYENNE	INTERVALLE DE CONFIANCE		MOYENNE	INTERVALLE DE CONFIANCE	
F2	15,4	14,5	16,3	15,3	14,4	16,2
P2 - V6	15,3	14,2	16,4	15,4	14,3	16,4
V8	15,2	14,6	15,8	15,1	15,5	15,7
P4	14,9	14,4	15,3	15,0	14,6	15,5
V5	14,9	14,4	15,4	14,8	14,3	15,3
P3	14,7	13,8	15,6	14,8	13,9	15,6
P6 - V9	14,3	13,6	15,0	14,3	13,6	14,9
P5	13,4	12,8	14,0	13,4	12,9	14,0
P9 -V10	12,4	11,5	13,2	12,3	11,5	13,1
P7 - P8	11,1	10,3	11,8	11,1	10,4	11,8
STATIONS	HIFN 20			HBRIT 20		
	MOYENNE	INTERVALLE DE CONFIANCE		MOYENNE	INTERVALLE DE CONFIANCE	
F2	15,2	14,3	16,1	15,3	14,5	16,2
P2 - V6	15,3	14,2	16,4	15,3	14,2	16,3
V8	14,8	14,2	15,4	15,2	14,6	15,8
P4	15,1	14,7	15,6	14,9	14,4	15,3
V5	14,5	13,9	15,0	14,7	14,2	15,2
P3	14,8	13,9	15,6	14,6	13,8	15,5
P6 - V9	14,1	13,5	14,8	14,2	13,5	14,9
P5	13,4	12,9	14,0	13,4	12,8	13,9
P9 -V10	12,2	11,3	13,0	12,3	11,5	13,1
P7 - P8	11,0	10,2	11,7	11,0	10,3	11,7

FIGURE 25

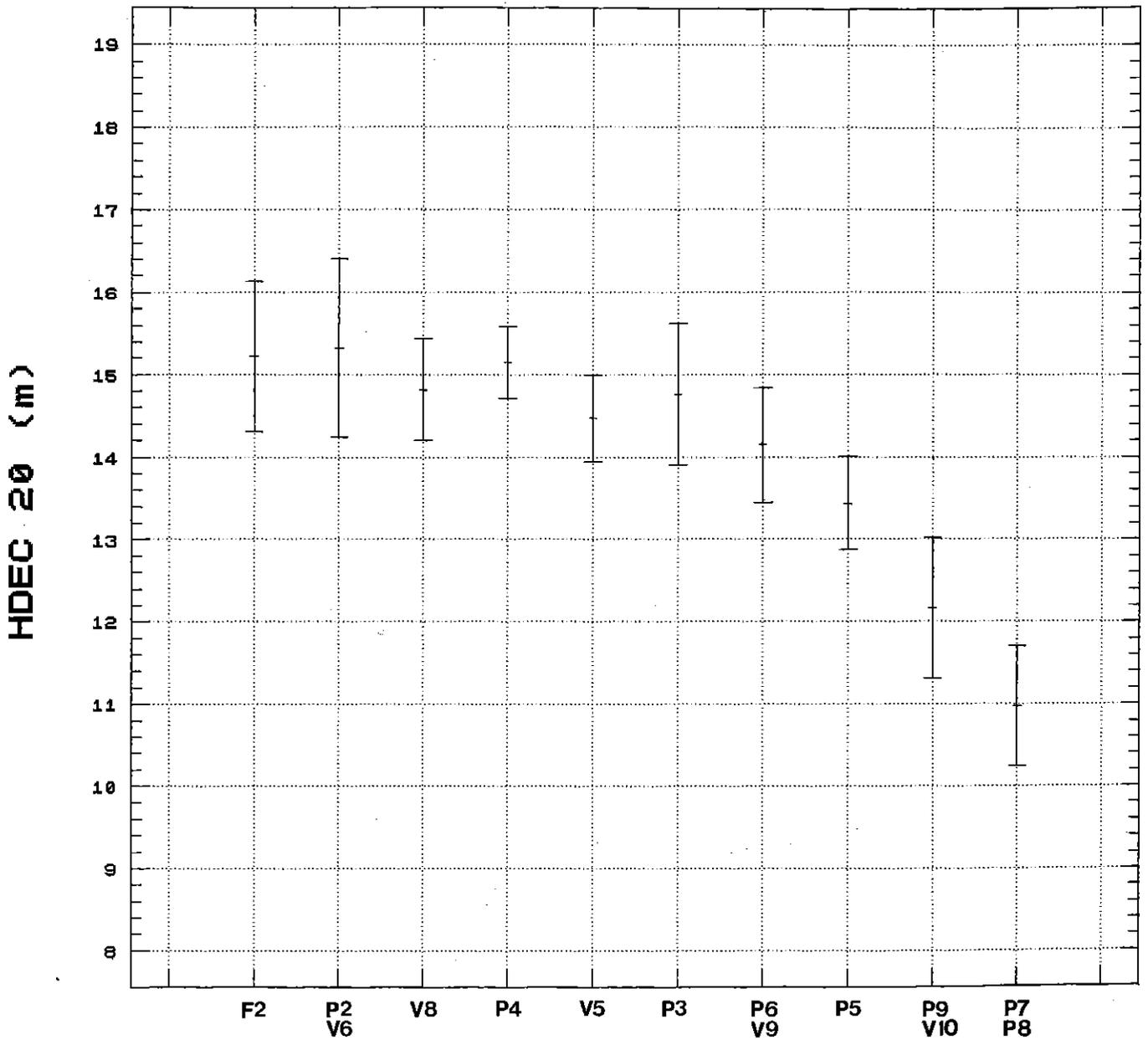
ANALYSE DE VARIANCE DE HIFN 20
PAR TYPES DE STATIONS APRES REGROUPEMENT



Types de stations apres regroupement

FIGURE 26

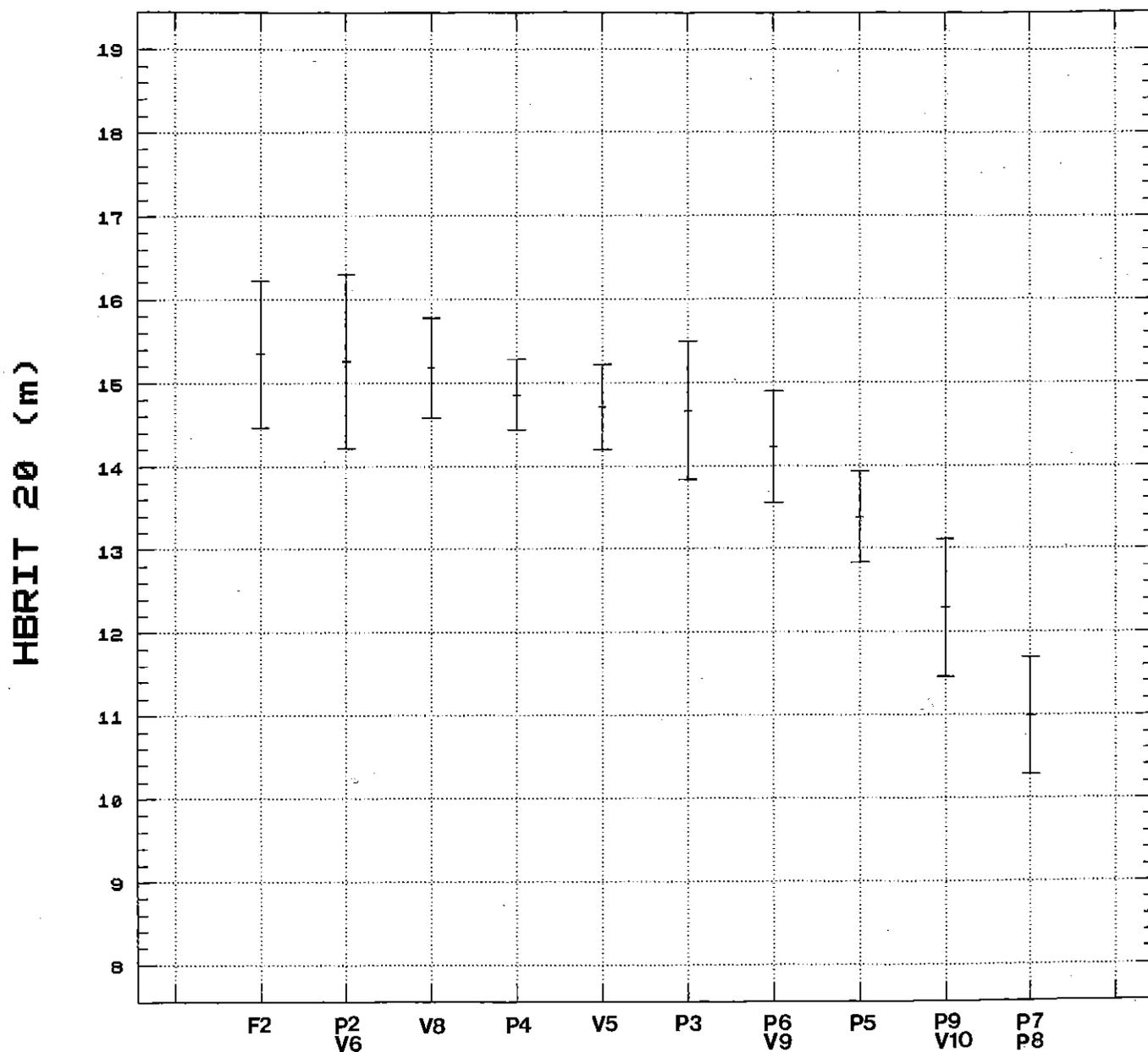
ANALYSE DE VARIANCE DE HDEC 20
PAR TYPES DE STATIONS APRES REGROUPEMENT



Types de stations apres regroupement

FIGURE 27

ANALYSE DE VARIANCE DE HBRIT 20
PAR TYPES DE STATIONS APRES REGROUPEMENT



Types de stations apres regroupement

6 - CONCLUSION

L'étude des relations station-production du douglas dans le Pays d'Othe a permis en premier lieu de mettre en évidence un lien entre un indice de fertilité caractéristique de la production du douglas (hauteur dominante à 20 ans déterminée à l'aide d'un modèle de croissance construit par analyses de tiges) et le type de station.

Il est confirmé que le douglas réagit surtout au niveau trophique de la station.

Par contre, l'existence d'un plancher argileux proche de la surface n'est pas forcément un critère défavorable à la croissance de l'essence.

La présence de calcaire actif, ou un engorgement temporaire (hydromorphie), proches de la surface (moins de 40 cm), sont des facteurs défavorables à la croissance du douglas et compromettent l'avenir des peuplements.

L'étude de la charge en cailloux indépendamment des autres facteurs de variabilité stationnelle est nécessaire si l'on souhaite connaître l'influence de ce critère sur la fertilité du douglas.

A partir des résultats de l'étude, les stations ont pu être classées en fonction de la fertilité observée ou supposée du douglas et de l'adaptation de l'essence à la station reflétée par le taux de survie et l'apparition de dépérissements :

Stations favorables : P1 à P4, V4 à V8, F1a/b, F2, F3

Stations moyennement favorables : P5, P6, V9

Stations déconseillées : P7 à P9, V1 à V3, V10, F1x

Il reste enfin à bien insister sur le fait que les résultats obtenus sont strictement applicables au cas du douglas dans le pays d'Othe; cependant, des extrapolations peuvent être tentées en restant dans un contexte de stations de type argiles à silex sur craie.

En second lieu, grâce à l'utilisation de différents modèles de croissance existants ou construits à partir de données IFN, il a été possible de retrouver les mêmes résultats, ce qui milite, dans des conditions similaires, pour une économie de construction d'un modèle de croissance avec analyses de tiges, dans la mesure où le recours à des modèles existants ou de construction moins onéreuse est assorti de vérifications de leur pertinence par quelques analyses de tiges judicieusement choisies.

Cette étude montre une fois de plus l'intérêt et les contraintes des recherches sur les relations station-production qu'il est possible de mener à bien avec un souci d'économie raisonné.

ANNEXE 1

PAYS D'OTHE - POTENTIALITES DOUGLAS

Fiche de relevés

N°

Auteur :

Date :

Localisation :

TOPOGRAPHIE

Altitude :

Coordonnées Lambert :

Latitude :

Longitude :

Situation topographique :

Pente :

Exposition :

PEUPELEMENT

Type de boisement :

Eclaircie :

Survie :

Degré d'ouverture :

Homogénéité :

OBSERVATIONS SUR LA VEGETATION

SOL

Texture en surface :

Profondeur apparition AL ou AS :

Profondeur apparition A :

Observations :

STATION :

N° arbre	Circonf. 1,30 m	Nombre cernes	Age graine	Visée H oeil	Visée H tot.	Visée H20 ans	Visée H15ans	Visée H tot-3	Visée H tot-5	Dist. arbre
1										
2										
3										

H totale	H 20 ans	H 15 ans	H tot-3	H tot-5

H oeil : R.C. = 1,7 m
 M.M. = 1,7 m
 Y.D. = 1,6 m
 B.V. = 1,6 m

ANNEXE 2

BIBLIOGRAPHIE

- **AUSSENAC G.**, 1980 - Premiers résultats d'une étude de l'influence de l'alimentation en eau sur la croissance des arbres dans un peuplement de douglas - Revue Forestière Française, n° 2.
- **AUSSENAC G.**, **OSWALD H.**, 1986 - Ecophysiologie, croissance et sylviculture du douglas en France - 18 th IUFRO World Congress, Division 1, vol. 1.
- **BAJARD E.**, 1979 - Le douglas vert dans les monts du Beaujolais. Une réussite aujourd'hui ; et demain ? - Rapport B.T.S.
- **C.N.R.F./I.N.R.A.**, **O.N.F.**, **E.N.G.R.E.F.**, 1984 - Tables de production pour les forêts françaises - 2ème édition.
- **COYDON C.**, 1980 - Influence de certains facteurs climatiques sur l'accroissement et la structure du bois de jeunes douglas - D.E.A. de biologie végétale - Université de Nancy I.
- **D.D.A.F. du Bas-Rhin**, 1982 - Le douglas en Alsace.
- **DECOURT N.**, **NYS C.**, 1976 - Nutrition, croissance et production de l'épicéa et du douglas dans le Limousin - Revue Forestière Française n° 3.
- **DECOURT N.**, **LE TACON F.**, **NYS C.**, 1979 - Essai de mise en évidence de l'influence des facteurs du milieu sur la production du douglas dans le nord-est du Massif-Central. Revue Forestière Française n° 1.
- **FRANC A.**, **CURT T.**, 1990 - Etude des relations station-production pour le sapin pectiné dans les Hautes-Cévennes (Lozère) - C.E.M.A.G.R.E.F. Riom.
- **GELDREICH P.**, 1981 - Etude comparée des performances de croissance et de la qualité du bois de douglas et de mélèze dans diverses stations d'Alsace. Mémoire ENITEF - D.D.A.F. du Bas-Rhin.
- **GIRAULT D.**, 1980 - Les stations forestières du Pays d'Othe - C.E.M.A.G.R.E.F. Nogent-sur-Vernisson.
- **GROUPE DE TRAVAIL SUR LA TYPOLOGIE DES STATIONS FORESTIERES**, 1989 - Station forestière, production et qualité des bois : Eléments méthodologiques.
- **HAMILTON G.J.**, **CHRISTIE J.M.**, 1971 - Forest magement tables (metric). Forestry commission booklet n° 34, Her Majesty's Stationery office.
- **I.D.F.**, 1981 - Le douglas - Première essence de reboisement.
- **PARDE J.**, **BOUCHON J.**, 1988 - Dendrométrie - 2ème édition, E.N.G.R.E.F.