Formation des Ingénieurs Forestiers
FIF-ENGREF

14, rue Girardet 54042 NANCY Cedex

Office National des Forêts

Service Départemental de la Moselle

3, bd Paixhans 57000 Metz

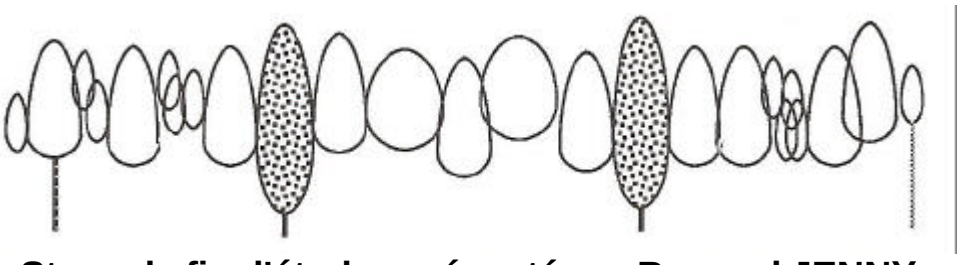
3 ème Promotion 92-95

GESTION DE LA QUALITE

ET

DE LA DYNAMIQUE DE CROISSANCE

DES JEUNES PEUPLEMENTS DE CHENE ET DE HETRE



Stage de fin d'études présenté par Bernard JENNY

NANCY - juillet 1995

FIF - ENGREF	TRAVAUX D'ELEVES
TITRE : **Gestion de la qualité et de la dynamique de croissance des jeunes peuplements de chêne et de hêtre**.	**Mots clés** : Dynamique - Elagage - *Fagus sylvatica* - Gaulis - Perchis - Peuplement forestier mélangé - *Quercus sessiliflora* - Régénération naturelle - Qualité du bois - Vigueur.
AUTEUR : Bernard JENNY	3ème promotion
Caractéristiques : 91 p avec figures, dont 76 p dactylographiées et 30 p d'annexes.	

CADRE DU TRAVAIL	
ORGANISME PILOTE : Service Départemental de la Moselle Office National des Forêts 3, Bd Paixhans 57000 METZ Responsable : M. Edgar Kiefer Fonction : Ingénieur spécialisé	
Correspondant ENGREF : Max Bruciamacchie	
Stage de 3ème année remis le 20 juin 1995	

SUITE A DONNER	
0 Non consultable 0 Consultation restreinte 0 Consultation normale	0 Diffusion 0 Vente souhaitable 0 Article souhaitable

RESUME

Actuellement les interventions sylvicoles des jeunes peuplements de chêne et de hêtre se justifient, notamment, par un objectif d'amélioration de la croissance en diamètre.

Un échantillonnage de ces peuplements dans le nord-est de la France montre que les dimensions des arbres les plus vigoureux sont directement corrélées a leur hauteur et que la densité des tiges décroît rapidement, suite à l'intense sélection pour la lumière qui se joue entre les individus dominants.

Il est proposé un diagnostic de gestion prenant en compte le suivi de la qualité des bois et de la vigueur des houppiers.

SUMMARY

A inventory of plots of joung stands, between three and twenty meters high in northern France, has revealed a important natural decrease in the number of young trees.

This hard selection would result from the strong absorption of the light through the crowns, associated with the differences in rapidity of growth between the dominant trees.

The dendrometric measurements of timbers and crowns, carried out on the most vigorous big trees, show that these are correlated with their hight.

Silvicultural diagnostics are proposed based on tree vitality, degree of self pruning and breast height diameter.

Sujet proposé par Monsieur Edgar Kiefer

Service Départemental de la Moselle

Office National des Forêts

Composition du Jury :

HEBERT SUFFRIN M. Chef du Service Départemental de la Moselle

BUFFET M. Directeur de la FIF-ENGREF

KIEFER E. Maître de stage

BRUCIAMACCHIE M. Correspondant ENGREF

SOMMAIRE

Remerciements 9

Introduction 11

Chapitre 1 13

Première partie : Les objectifs de production des peuplements de chêne et de hêtre

1. Les objectifs actuels : optimisation de la production du volume des bois
1.1 Directives d'aménagement de la Lorraine pour le chêne
1.2 Directives d'aménagement de la Lorraine pour le hêtre

2. Des objectifs actuels multiples 14
2.1 Optimiser la production de bois de qualité
2.2 Minimiser les investissements de travaux de la période pré-commerciale (3 à 18 m)

Deuxième partie : Bourgeons dormants, picots et gourmands

1. L'opinion la plus répandue 19
1.1 Gourmands et qualité du bois
1.2 Un gourmand qui sèche disparaît définitivement

2. D'autres observations de terrain 20

3. Contrôle apical et dormance de bourgeons 22
3.1 Evolution des bourgeons de la pousse terminale
3.2 Le contrôle apical
3.3 Survie des bourgeons dormants

4. Conséquence sur la dépréciati on des bois

5. Application à la sylviculture 23
5.1 Dépressage énergétique
5.2 Evolution naturelle

6. Cas du hêtre 24

7. Les placettes de l'échantillonnage de terrain contenant des arbres dominants couverts de gourmands 24
7.1 Cas de déséquilibre physiologique
7.2 La mise en lumière est brutale

8. Cultiver des peuplements sans provoquer l'apparition de gourmands 20
8.1 Cultiver des essences adaptées à la station
8.2 Favoriser un bon équilibre physiologique des arbres du peuplement

9. Le gourmand : critère de sélection et seuil d'alerte 26

Chapitre 2 : Sylviculture et recherche

1. Sylviculture des jeunes peuplements de chêne 27
1.2 Travaux sylvicoles de 3 à 15 mètres
1.3 Les éclaircies de 15 à 35 mètres

2. Premiers résultats des essais de dépressage du chêne 29
2.1. Les gains de diamètre dominant au stade du haut perchis et de la futaie
2.2 Les protocoles d'essai des jeunes peuplements

3. Sylviculture du Hêtre 30
3.1 Travaux sylvicoles de 0 à 3 mètres
3.2 Travaux sylvicoles de 3 à 15 mètres
3.3 Eclaircies de 15 à 35 mètres
3.4 Normes sylvicoles

4. Travaux de recherche sur le hêtre 32

4.1 Modélisation de la croissance (Dhôte, 1994)
4.2 Croissance et fourchaison
4.3 Synthèse de la STIR Nord-Ouest
4.4 Expérimentation de la STIR Nord-Est
4.5 Evolution de l'élagage naturel
5. Conclusion du chapitre deux **34**

Chapitre 3 : Les jeunes peuplements du département de la Moselle

1. Présentation du département **35**
1.1 Géologie
1.2 Formations superficielles
1.3 Sols
1.4 Relief
1.5 Pluviosité et température
1.6 Le milieu forestier
1.7 Bref historique sylvicole
2 L'inventaire des jeunes peuplements de l'été 1994 **39**
2.1 La mise en place du fichier de suivi des jeunes peuplements
2.2 La collecte des données
3 Mode de traitement des informations **39**
3 1 Objectifs du traitement
3 2 Définition de la densité "normale"
3.3 Définition des densités "anormales"
3.4 Estimation des surcoûts
4 Conception du programme informatique de traitement **41**
4.1 Informations stockées dans le fichier principal
4.2 Etablissement de documents de synthèse
4.3 Un tri sélectif de parcelles
5. La macrocommande sur tableur "Excel" **42**
6. Résultats du traitement informatique **43**
6.1 Répartition départementale des surfaces
6.2 Surfaces départementales de chêne et de hêtre

Chapitre 4 : Echantillonnage de placettes en vue de l'établissement de diagnostics sylvicoles

1. Principes généraux de l'étude **45**
1.1 Résultat du traitement de la base de données techniques des Jeunes Peuplements
1.2 Le choix des placettes
1.3 Nombre de placettes d'échantillonnage
2 Durée d'inventaire et localisation **46**
2 1 Temps nécessaire à la mesure des placettes d'échantillonnage
2.2 Echantillonnage par essence et par division
3. Le contenu de l'échantillonnage **47**
3.1 Les cloisonnements
3.2 La description sylvicole des peuplements
3.3 La qualité des peuplements
4. L'élaboration d'un protocole d'inventaire **47**
4.1 Forme des placettes d'échantillonnage
4.2 Surface de placette d'échantillonnage
4.3 Implantation
5. Fiche-type d'inventaire et déroulement des mesures **48**

5.1 Etude du plus beau des arbres vigoureux
5.2 Mesure des tiges vivantes de la placette
6 Première interprétation simultanée sur le terrain **50**
7. L'exploitation des données de terrain **50**
7.1 Copie et traitement des mesures
7.2 Fichiers d'études

Chapitre 5 : Utilisation des normes de densité pour la gestion des jeunes peuplements

1. La mesure de la densité de tiges dominantes **53**
2. Comparaison des densités de l'échantillon de chêne avec les normes sylvicoles **55**
2.1 Comparaison graphique avec la norme N 100
2.2 Interprétation des graphiques
3. Vérification des hypothèses émises **55**
3.1 Relation entre dépressage et chute de densité
3.2 Relation entre la fertilité et les écarts de densité
4. L'évolution dans le temps des peuplements témoins **58**
4.1 Les mesures de la S T I R Massif Central
4.2 Les études antérieures **58**
5. Conclusion du chapitre cinq

Chapitre 6 : Lumière, croissance et sélection

1. La transmission de la lumière à travers le houppier **59**
1.1 La partie utile des houppiers
1.2 La transmission de la lumière à travers le houppier
2. Vitesses de croissance des jeunes peuplements feuillus **61**
2.1 Les résultats bibliographiques
2.2 Mesures de terrain
3. Statut social et sélection des arbres des jeunes peuplements **63**
3.1 Lumière et statut social
3.2 Interprétation
3.3 La définition du sous-étage des jeunes peuplements
3.4 Relation base du houppier sous-étage
4. Sélection naturelle et densité **65**
5. La fragile conquête des dominants **66**
6. Conclusion du chapitre six **66**

Chapitre 7 : Relations dendrométriques

1. Le choix des variables d'étude **67**
2. Paramètres significatifs du chêne **67**
2.1 Présentation globale des résultats
2.2 Diamètre des dominants (strictement) et Hauteur dominante
2.3 Hauteur première branche verte et Hauteur dominante
2.4 Diamètre du houppier et Hauteur dominante
2.5 Autres facteurs influençant l'élagage naturel
2.6 Les relations non significatives
3. Paramètres significatifs du hêtre **68**
3.1 Résultat des régressions linéaires
3.2 Equations des régressions obtenues
3.3 Diamètre des dominants et codominants
3.4 Hauteur de la première branche verte
3.5 Rayon des houppiers

3.6 Hauteur de la première fourche
4. Conclusion du chapitre sept **73**

Chapitre 8 : Modèles de croissance

1 Tableaux de synthèse des valeurs moyennes obtenues **73**
1.1 Synthèse des valeurs de régression du chêne
1.2 Synthèse des valeurs de régression du hêtre
2. Illustration des mécanismes de sélection **74**
2.1 Représentation du houppier des chênes
2.2 Variations du volume des houppiers au cours de la phase d'élongation
2.3 La compétition des jeunes peuplements de chêne
2.4 La croissance du hêtre
3. La compétition interspécifique **79**
3 1 La compétition chêne-hêtre
3. 2 Réflexion sur la "biodiversité"
4. La disparition des arbres d'avenir **81**
4.1 Mise en évidence par la simulation
4.2 Observations antérieures
5. Conclusion du chapitre huit **82**

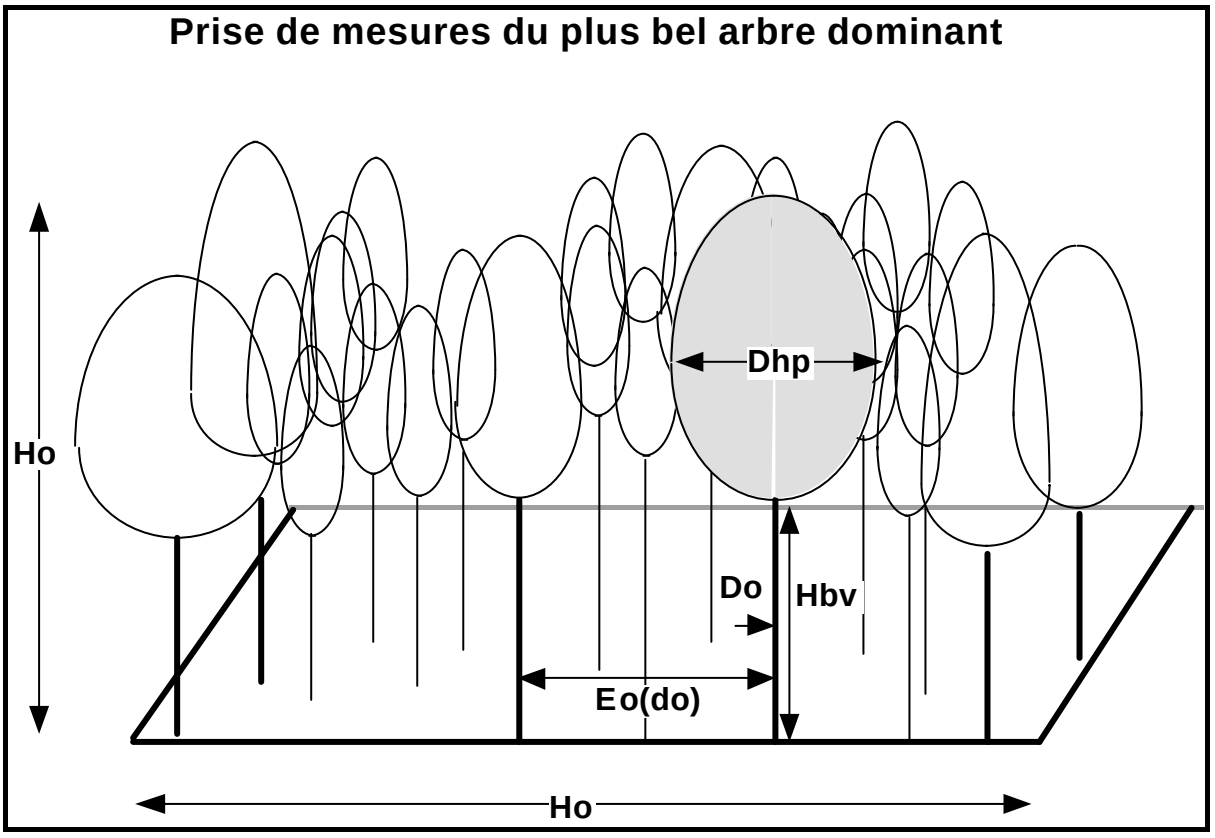
Chapitre 9 : Application au diagnostic sylvicole

1. Récapitulatif des résultats de l'étude **83**
1.1 Particularités du chêne
1.2 Particularités du hêtre
2. Analyse vigueur-qualité **83**
2.1 Analyse
2.2 Outil
3. Application au Chêne **84**
3.1 Axes principaux
3.2 Diagramme vigueur-élagage pour le chêne
3.3 Caractéristiques dendrométriques des secteurs de diagnostic sylvicole du chêne
4. Application au hêtre **89**
4.1 Axes principaux
4.2 Diagramme Vigueur-Elagage du hêtre
4.3 Caractéristiques dendrométriques des secteurs de diagnostic sylvicole du hêtre
5. Elaboration d'un diagnostic de terrain **92**
5.1 L'hétérogénéité des parcelles
5.2 Eléments du diagnostic
5.3 Définition et classement des interventions
5.4 Fiche type de diagnostic

Conclusion **97**
Résumé **99**
Bibliographie **101**
Annexes **105**

PRINCIPALES ABREVIATIONS UTILISEES

Do (ou Ddo) : diamètre moyen des tiges dominantes (strictement)
Dco : diamètre moyen des tiges codominantes
D + : diamètre du bel arbres parmi les plus vigoureux de la placette
Ho : hauteur dominante assimilée à la moyenne de la hauteur des trois plus gros arbres d'une placette
H + : hauteur de l'arbre de diamètre D+
Ho/Do : coefficient d'élancement
Do/Ho (ou D/H) : gain relatif de diamètre, inverse du facteur d'élancement
Eo(m) : Espacement moyen entre deux tiges dominantes ou codominantes
S% : coefficient d'espacement (Eo/Ho)
Dhp : diamètre (largeur) du houppier
Hhp : hauteur du houppier
Hbv : hauteur de la première branche verte.



REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier tout d'abord globalement l'ensemble des **personnels de l'Office National des Forêts** de la **Moselle** et des autres départements inventoriés.

Partout l'accueil et la disponibilité des **personnels techniques** ont été excellents, l'intérêt pour la sylviculture des jeunes peuplements très marqué. Les périodes de terrain étaient animées par un réel **échange** et les nombreuses **questions posées** ainsi que la présentation de **cas particuliers** concrets ont permis d'enrichir le sujet et de l'approfondir.

Tous les ingénieurs des **STIR** contactées (Nord-Est, Massif Central et Ouest) ont apporté les informations dont ils disposaient et **une participation active**.

Les responsables des six divisions de **Bitche, Château Salins, Metz, Saint Avold et Sarrebourg et Thionville** ont grandement facilité l'organisation matérielle des tournées de terrain et mis à disposition le personnel nécessaire.

Enfin je remercie **Edgar Kiefer**, maître de stage, pour sa disponibilité et sa précieuse collaboration sur le terrain, ainsi que M. **Hébert Suffrin** d'avoir bien voulu faire partie du jury.

Le stage de troisième année est également la mise en pratique des connaissances transmises pendant plus de deux ans par toute **l'équipe pédagogique de la FIF-ENGREF** dont le niveau de compétences est à souligner tout particulièrement.

INTRODUCTION

La Moselle est un département forestier rendu célèbre, notamment, pour sa production de bois de chêne (Château-Salins, Bitche) et de hêtre.

Les ancien taillis sous futaie qui avaient alimenté en énergie les forges du XVIIIème et du début du XIXème siècle ont été convertis sous l'influence de l'Ecole Royale Forestière de Nancy puis sous l'occupation allemande de 1870 à 1918.

Aujourd'hui vingt mille hectares de forêts domaniales sont constitués de jeunes peuplements dont la gestion et le montant des investissements nécessaires à leur façonnage préoccupent les responsables.

C'est pourquoi le Service Départemental de l'Office National des Forêts de la Moselle a confié à la FIF-ENGREF une étude ayant pour objectif de décrire les techniques aboutissant à l'obtention de peuplements **"de la meilleure qualité possible, le plus rapidement possible et à un coût aussi bas que possible** ".

Pour satisfaire à ces trois conditions il était recommandé d'utiliser les outils de gestion mis en place, c'est à dire "**appliquer les normes de travaux sylvicoles** partout où c'est possible".

Le défi était ambitieux et les objectifs contradictoires.

Le premier travail a consisté à mettre en forme puis exploiter par division les descriptions des parcelles contenues sur disquettes informatiques. La rédaction d'un programme de traitement sur ordinateur a donné une première vue d'ensemble des jeunes peuplements et des problèmes qui pouvaient être soulevés.

A partir du fichier constitué, un tirage au hasard à permis d'échantillonner **le maximum de situations sylvicoles** présentes dans le département de la Moselle, puis dans d'autres régions.

Au cours de la partie de terrain, au contact **d'agents motivés par la sylviculture** et souvent avec le relais des personnels des Sections Techniques Interrégionales, la répétition des mesures dans les stades de hauteur les plus divers nous a fait découvrir une **forte dynamique naturelle des jeunes peuplements**.

La prise en compte de la **qualité des bois**, comme objectif prioritaire de gestion, a complété notre analyse.

Cette étude ne donnera pas de réponse toute faite sur un **choix de techniques à utiliser** pour une essence, à âge donné. Bien au contraire elle incitera le sylviculteur à **observer la forêt** qui lui est confiée et à **comprendre son stade d'évolution**.

Il pourra alors accompagner, et éventuellement infléchir, l'évolution naturelle du peuplement dans la **direction des objectifs** qu'il s'est fixé.

Ce mémoire est divisé en neuf chapitres regroupant des thêmes, ou des phases de l'étude, relativement indépendants. Le lecteur pourra donc, en fonction de sa connaissance du sujet, se rendre directement aux chapitres l'intéressant plus particulièrement.

Le **premier chapitre** montre que les **objectifs de production** des futaies de chêne et de hêtre sont orientés actuellement vers une augmentation de la production du volume mais la recherche d'une amélioration de la qualité est insuffisamment prise en compte. Aussi **les principales singularités du chêne**, source de déclassement des bois, font l'objet d'un développement particulier.

Le **chapitre deux** fait un tour d'horizon des principales **techniques sylvicoles** utilisées dans les peuplements de chêne et de hêtre et regroupe les plus récents résultats de la recherche dans ce domaine.

Le **chapitre trois** est tout entier consacré au département de la Moselle et au **traitement des données sur les jeunes peuplements** collectées par les agents au cours de l'été 1994.

La mise au point d'un **protocole d'échantillonnage**, en vue d'inventorier la diversité des situations sylvicoles de ces peuplements, est détaillé **chapitre quatre**.

Les premiers résultats des **mesures de densité** et les limites d'utilisation des normes sylvicoles sont étudiées **chapitre cinq**.

Pour expliquer la forte diminution du nombre de tiges au cours du temps l'hypothèse de l'influence simultanée de l'élongation des tiges et de la **répartition de la lumière à travers les houppiers** est développée au **chapitre six**.

Le **chapitre sept** est consacré au **traitement des mesures** directement liées à la croissance en hauteur.

Les valeurs moyennes des dimensions des jeunes arbres sont illustrées par les dessins du **chapitre huit.** Ces **modélisations** donnent une image des principales évolutions rencontrées sur le terrain.

Enfin, au **chapitre neuf**, une **typologie** basée sur les dimensions des arbres dominants permet d'interpréter les diverses situations sylvicoles et d'établir des **diagnostics** précis.

Chapitre 1

Première partie : Directives Régionales de production

Les objectifs de production des peuplements de chêne et de hêtre

1. Les objectifs actuels : optimisation de la production du volume des bois

Les objectifs de production sont définis dans chaque région en fonction des conditions stationnelles et des peuplements présents.

Ceux de la région Lorraine sont décrits dans les directives d'aménagement.

Le principal objectif affiché concerne l'obtention d'un **gain de diamètre** dans les jeunes peuplements tel que le suggérait Oswald (1981) pour le chêne en s'appuyant sur les travaux de l'époque (Lanier, 1981).

1.1 Directives d'aménagement de la Lorraine pour le chêne

"La qualité recherchée correspond à une bille de pied de 6 à 10 m de hauteur, à houppier très développé sans pour autant aboutir à des accroissements trop forts.

La largeur optimale des cernes d'accroissements est de 2,5 mm.

Le diamètre d'exploitabilité est compris entre 55 et 65 cm".

"Les premiers résultats, basés sur des peuplements issus de la sylviculture traditionnelle (**perchis denses**) n'ont donné que des **résultats peu satisfaisants** :

- **faible sensibilité du diamètre dominant** à l'intensité des éclaircies

- **faiblesse des accroissements obtenus**, la largeur des cernes plafonnant à 2 mm".

"Il semble que le chêne sessile n'ait pas la capacité du hêtre à développer immédiatement ses branches dans l'espace qu'on lui offre après avoir été longtemps comprimé".

"Les forestiers ont donc été amenés à se demander si des **dépressages pendant la période de croissance juvénile** de 3 à 15 mètres ne seraient pas bénéfique pour **accélérer la croissance en diamètre** des chênes pendant la phase de formation du noyau central autour duquel se développera le bois de qualité, et aussi pour permettre le développement d'un **houppier plus ample**, **gage d'une croissance plus rapide** ".

"Quel que soit le choix sylvicole retenu pour le chêne, les expérimentations sont récentes et il est trop tôt pour avoir le recul nécessaire permettant de donner des conclusions définitives".

1.2 Directives d'aménagement de la Lorraine pour le hêtre

"Pour le hêtre il est souhaitable d'obtenir une bille de pied de 6 à 12 m de hauteur sur stations riches et de 6 à 10 m sur stations pauvres.

Il s'agit d'obtenir une bille de pied de la qualité recherchée **sans noeuds sur la tige à partir de 10 cm de diamètre**.

L'**accroissement** recherché est **le plus grand possible**, en tous cas supérieur à 4 mm sur le rayon. Le diamètre d'exploitabilité est compris entre 50 et 60 cm".

"Les gestionnaires de peuplements de hêtre recommandent une densité finale de 70 tiges/ha élaguées sur 8 à 10 mètres dont le diamètre soit au moins égal à 60 cm.

Ce résultat devrait être obtenu en 80 à 110 ans permettant ainsi d'éviter l'apparition du coeur rouge.

Le **mélange d'essences** est favorable à un bon état sanitaire du peuplement et à une bonne décomposition de l'humus".

2. Des objectifs actuels multiples

Depuis quelques années apparaissent deux autres **objectifs complémentaires à la seule production de volume**.

L'optimisation de la production de **bois de qualité** et la minimisation des **investissements** dans la phase de croissance des jeunes peuplements devient une priorité.

La contradiction entre la production d'un maximum de volume et la meilleure qualité possible est prise en compte dans les directives d'aménagement sans pour autant que soient précisées les techniques nécessaires à l'obtention de bois de haute qualité.

"Cet espoir de gain de croissance est tempéré par la crainte de voir apparaître une dégradation de la conformation (rectitude, verticalité, circularité) et un **mauvais élagage naturel**".

2.1 Optimiser la production de bois de qualité

2.1.1 La répartition de la qualité du bois

Il est indispensable de définir quels sont les critères de qualité des bois que l'on va produire. Déterminer aujourd'hui la demande de qualité des bois qui seront récoltés dans 150 ans peut paraître illusoire.

Toutefois l'**absence des défauts** apparait de tout temps comme une garantie de qualité du fait de la **rareté** de récolte de grumes exemptes des singularités propres à chaque espèce.

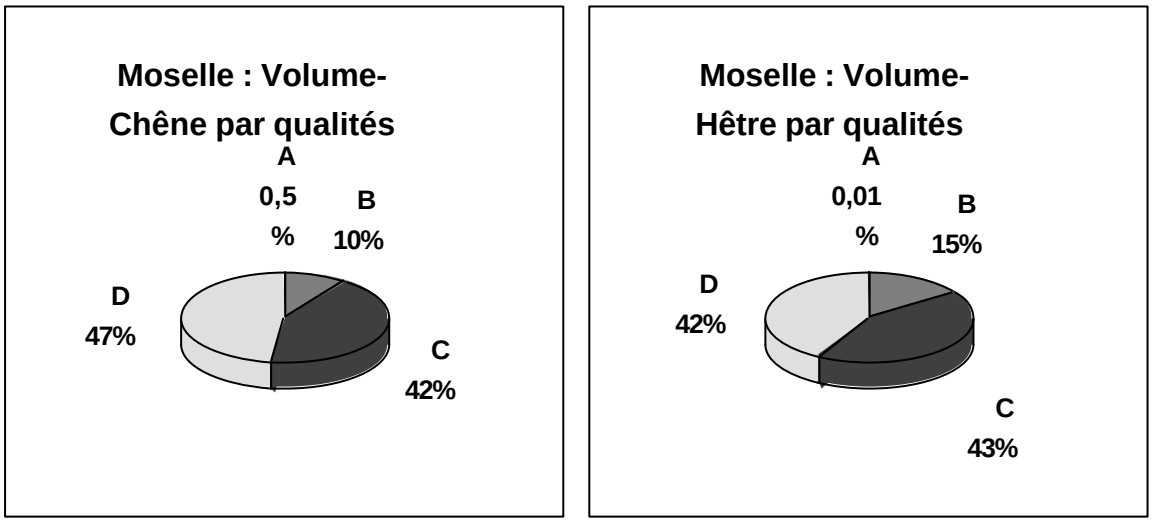
En effet la récolte de bois de **qualité "A"** est rare, la proportion de bois de **qualité "B"** est modeste.

En Moselle, département favorisé pour la production de bois de qualité où les sols sont en majorité de très bonne fertilité et où le climat apporte une pluviosité bien répartie pendant la saison de végétation, le volume de bois de qualité **"A"** vendu en régie par l'ONF ne représente que **0,5 % du volume total des ventes** de l'année 1994 pour le **chêne** et **0,01 % pour le hêtre** (figures 1-1 à 1-4).

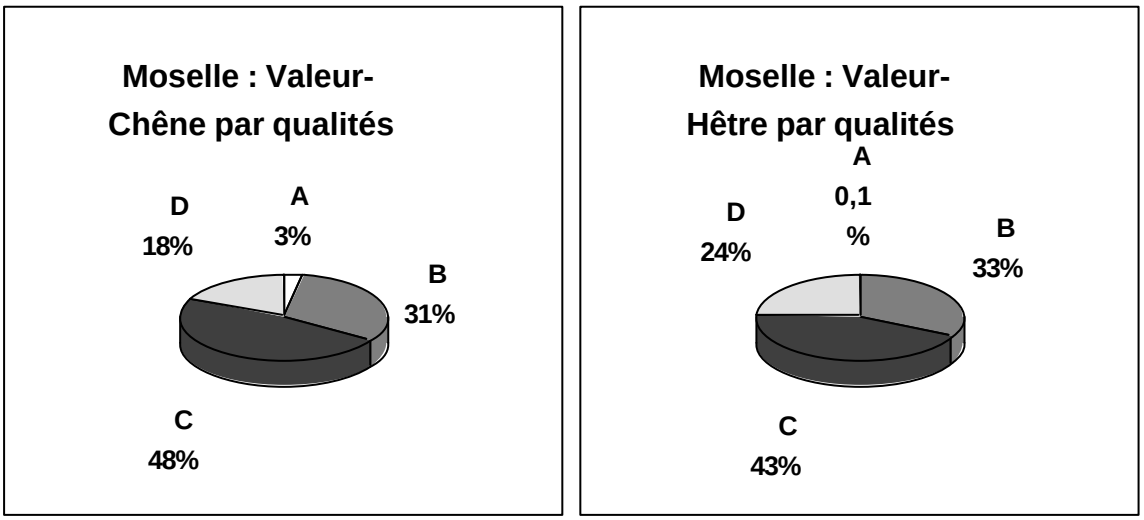
Le volume des bois de qualité **"B"** ne dépasse pas 10 à 15 %.

Les sylvicultures passées et actuelles ne produisent qu'une faible proportion de bois de qualité.

Figures 1-1 et 1-2 : Répartition des volumes de bois vendus en régie par qualité (ONF Moselle - 1er semestre 1994)



Figures 1-3 et 1-4 : Répartition du montant des ventes de bois par qualité (ONF Moselle - 1er semestre 1994)



Cette répartition analysée en montant des ventes fait passer la répartition des bois de qualité **"B"** de 10% en volume à 30 % en valeur.

Un rapide calcul montre qu'une répartition des qualités, à **volume total égal**, au profit de **+5 %** de volume de **"A"** et de **+5 %** de volume de **"B"**, au détriment du **"C"** (-10 %) **augmente le prix total des ventes de +30 %**.

La priorité des objectifs de production est d'augmenter la proportion de bois de qualité ; l'objectif **secondaire** est d'augmenter le **volume global** de la production de bois marchand.

2.1.2 Les critères de classement des bois de qualité

Les qualités **"A"** et **"B"** sont définies par les normes de classement du département de la Moselle.

Cette classification est moins sévère que la classification du Centre Technique du Bois, mais correspond mieux aux utilisations des **professionnels du bois**, avec qui les contacts sont fréquents du fait de la périodicité des ventes en régie.

En détaillant ces normes de classement on peut énumérer les défauts pouvant apparaître dans le jeune âge et risquant de subsister éventuellement par la suite :

	CHENE		**HETRE**	
Critères de classement	**A**	**B**	**A**	**B**
Cernes	Réguliers	Réguliers	> 4 mm	/
Noeud sain < 15 mm	***** sauf (4)	***** sauf (5)	*****	100mm/3m
Noeud sain 16/40 mm	*****	***** sauf (5)	*****	100mm/3m
Noeud vicieux < 15 mm	*****	***** sauf (5)	*****	*****
Noeud vicieux 16/40 mm	*****	*****	*****	*****
Picot (compté d=5 mm)	***** sauf (4)	***** sauf (5)	/	/
Roses et broussins d<40 mm	***** sauf (4)	* sauf (5)	/	/
Noeud recouvert	/	/	*****	*****

*** : défaut exclu de la qualité**

(4) : Une singularité admise par bille de 2 m, si c'est le seul défaut. Deux défauts admis si proches et parfaitement alignés (sens longitudinal).
(5) : Admis dans la limite de 80 mm en diamètres cumulés par bille de 2 m (total de tous les défauts admis sous caractéristique (5)).

La présence de **noeuds de toutes tailles** est le plus souvent la cause de déclassement vers une qualité inférieure.

Les **singularités particulières** du chêne (gourmands, picot, patte de chat...) mériteraient à elles seules un ouvrage et d'importantes recherches complémentaires que l'INRA prévoit d'effectuer dans le cadre d'une action européenne.

Aussi la synthèse des principaux ouvrages traitant le sujet et des observations de terrain réalisées dans cette étude sera exposée dans la deuxième partie de ce chapitre.

2.2 Minimiser les investissements de travaux de la période pré-commerciale (3 à 18 m)

Lors des périodes de baisse du prix des bois il est plus difficile pour un gestionnaire d'effectuer des investissements importants dans les jeunes peuplements.

Actuellement le coût d'obtention d'un hectare régénéré naturellement donnant de **jeunes peuplements de trois mètres** de haut varie de **18 à 20 jours.homme/ha** auxquels s'ajoutent **0 à 9 heures.engin** (soit de 20 000 à 30 000 F en 1995) pour le chêne (ONF, 1993).

Pour le hêtre, suivant la vigueur de la végétation concurrente et les techniques employées, les coûts sont moindres et s'échelonnent de **7 à 15 jours.homme/ha** plus **8 heures.engin** (soit de 7 000 à 15 000 F en 1995).

D'après l'enquête de terrain les investissements consacrés aux **peuplements de 3 à 20 mètres** varient de 0 (aucune intervention en montagne pour le hêtre) à **20 jours.homme/ha** (16 000 F/ha en 1995), sous forme d'une première intervention très énergique à 3 mètres puis d'un passage tous les 5 ans.

Ces investissements, justifiés le plus souvent par une recherche d'accroissement en volume au stade juvénile, sont très importants.

En admettant un taux interne de rentabilité d'une forêt feuillue de **2 %**, une somme de **10 000 F** placée pendant 150 ans à une valeur de capitalisation de **200 000 F**.

Par conséquent la recherche d'une sylviculture optimale devra **diminuer les investissements**, **augmenter les recettes** par une meilleure valeur unitaire des produits ; si **de plus** on peut augmenter le nombre d'unités produites, sans perte au niveau des deux autres objectifs, un pas de plus sera franchi dans l'évolution de la gestion des jeunes peuplements.

Chapitre 1 - deuxième partie :
Bourgeons dormants, picots et gourmands.

Le chêne est une essence dont les singularités du bois sont nombreuses.

La présence ou l'absence de ces **singularités** se traduit par des prix d'achat au mètre cube variant de 1 à 50 compte tenu de la rareté du produit de **qualité "A"** et de la constante demande industrielle de bois d'aspect homogène apte à la transformation.

L'origine des "défauts" du chêne n'est pas parfaitement connue et les observations des transformateurs du bois et des forestiers ne sont pas toujours unanimes.

Parler de la **gestion de la qualité** des peuplements sans parler des conditions d'apparition des principales singularités serait incomplet.

Aussi les quelques paragraphes qui suivent vont regrouper le contenu d'études antérieures et la synthèse d'observations effectuées sur le terrain au cours de l'échantillonnage des jeunes peuplements.

1. L'opinion la plus répandue

1.1 Gourmands et qualité du bois

L'opinion la plus fréquemment répandue est décrite dans l'ouvrage de Hubert et Courraud (1987) : "Les gourmands sont des branches qui apparaissent tardivement sur des tiges déjà âgées, à partir de bourgeons dormants situés sous l'écorce. Rappelons que les branches ont normalement pour origine un bourgeon latéral de la dernière pousse âgée d'un an. Donc, contrairement aux branches qui laissent une trace dans le bois jusqu'au coeur, *les gourmands ne laissent de trace, donc de noeud, qu'à partir du moment où ils se développent*".

"De cette constatation il ressort que, lorsque les gourmands apparaissent peu d'années avant l'exploitation d'un arbre, ils déprécient peu ou pas la qualité du bois. L'exemple qui illustre le mieux ce fait est celui des chênes en cours de régénération : la coupe d'ensemencement et les coupes secondaires qui isolent les chênes arrivés au stade de la régénération ont très souvent pour conséquence l'apparition d'un véritable manchon de gourmands sur l'ensemble des troncs mis brutalement en lumière. *Mais, le bois n'est pas déprécié pour autant, les traces de ces gourmands ne vont pas au delà de l'aubier et, par conséquent, ne sont pas préjudiciables à la qualité du bois.*

Au contraire, quand les gourmands apparaissent prématurément, ils présentent les mêmes inconvénients que les branches et donnent naissance à des noeuds, parfois rassemblés en plages (pattes de chat).

Donc, selon l'époque d'apparition des gourmands par rapport à la durée de culture de l'arbre, le propriétaire doit savoir qu'ils sont d'autant plus préjudiciables que leur apparition est précoce".

1.2 Un gourmand qui sèche disparait définitivement

Dans les comptes rendus des essais de dépressages de jeunes peuplements de chêne, l'apparition puis la disparition de gourmands n'est pas considérée comme préoccupante : "Le développement des gourmands lié au dépressage ne semble pas catastrophique, puisqu'au bout de quelques années *la situation s'est généralement améliorée*" (Démarcq, 1995).

2. D'autres observations de terrain

Taillardat (1989), en poste près de la forêt de Tronçais, note à l'occasion d'une visite de l'(ex) usine de tranchage de Bessay sur Allier que "de manière constante sous chaque gourmand subsiste antérieurement à la période à laquelle il s'est développé, **la trace depuis le coeur de la progression du bourgeon dans le bois**".

Dans ce même mémoire, il indique que "les investigations effectuées sur des exemples concrets semblent démontrer que **ces bourgeons ne naissent pas spontanément sur le tronc des arbres**, mais ont toujours **une morphogénèse liée à la présence d'une cicatrice** quelconque ou naturelle (ancienne branche morte) , ou artificielle (blessure) ... cette néoformation de bourgeons sur les arbres n'est **pas systématique**, heureusement car le moindre élagage entraînerait la prolifération des bourgeons sous la cicatrice. En effet la dominance apicale joue un rôle important dans ce cas, les bourgeons néoformés sur les cals des branches sont souvent inhibés et disparaissent" (photo 1).

Kiefer (Service Départemental de la Moselle, Office National des Forêts, communication personnelle) a procédé à la coupe transversale de billes de bois contenant des gourmands tant au stade du perchis (photo 2) que de la coupe secondaire :

"Dans pratiquement tous les cas **ces gourmands sont reliés au coeur par une trace dans le bois**.

Cette trace peut se réduite à une mince ligne transparente ou donner en coupe des noeuds atteignant jusqu'à un cm de diamètre.

On peut également observer que les bourgeons se multiplient en étoile depuis le coeur dans le sens radial."

Figure 1-5 : Illustration du mécanisme supposé de multiplication des bourgeons dormants

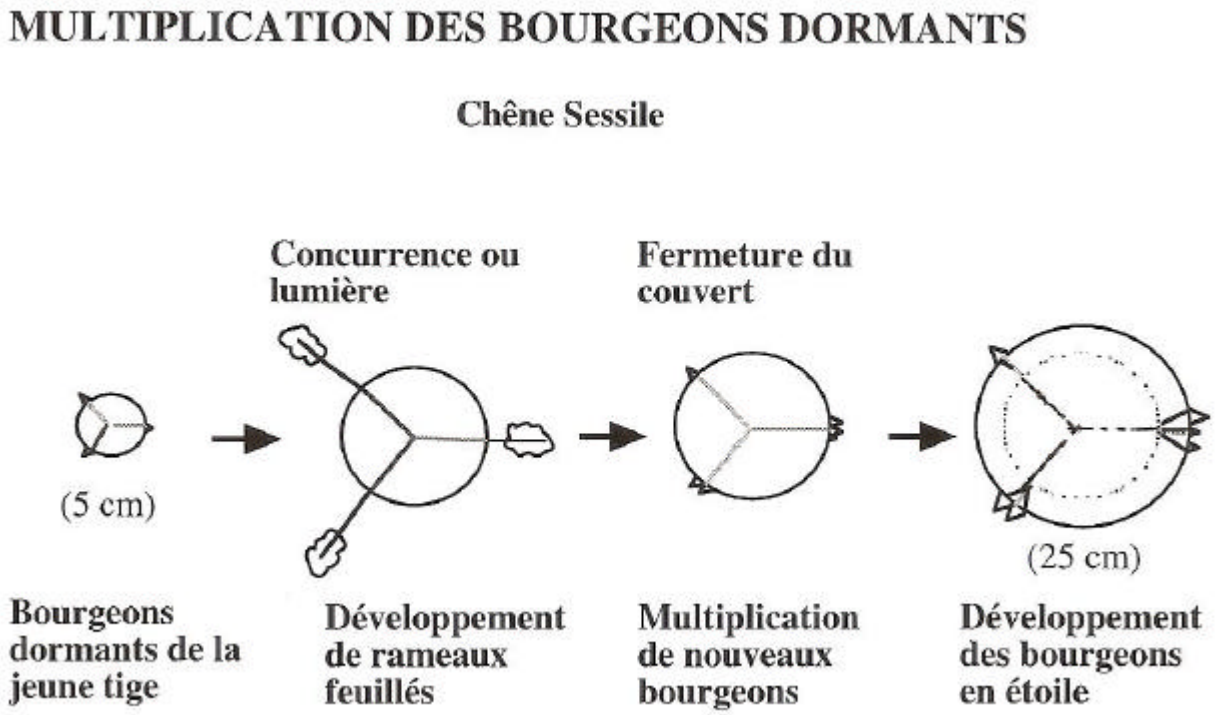


Photo 1 : Bourgeons dormants situés sous une cicatrice de branche





Photo 2 : Développement radial des bourgeons dormants après mise en lumière

De ces observations il apparaît que les **bourgeons dormants** sont :

- soit **d'anciens bourgeons axillaires maintenus en dormance**, jusqu'à progressivement disparaître

- soit de **nouveaux bourgeons**, le plus souvent **multiples**, apparus lors de la **cicatrisation d'une branche ou d'un gourmand**.

Suivant les conditions du milieu et le patrimoine génétique des arbres du peuplement **les bourgeons dormants** vont progressivement **disparaître** ou se **réactiver** pour donner un gourmand.

3. Interprétation physiologique

3.1 Contrôle apical des bourgeons dormants

La plupart des auteurs (Roussel, 1976 ; Hubert, 1987 ; Taillardat, 1989 ; Schütz, 1990 ; Bary-Lenger, 1993) retiennent l'hypothèse du **contrôle apical des bourgeons de la pousse terminale** sur les bourgeons dormants de la tige.

Dans les conditions d'équilibre physiologique optimal les bourgeons apicaux sécrètent un taux d'hormones végétales provoquant **l'inhibition du développement des bourgeons dormants** (Favre, 1994).

Cette inhibition serait levée lorsque l'alimentation hydrique des houppiers ne permet plus la synthèse du taux d'hormones optimum, à la suite par exemple d'une diminution du volume des cimes ou d'une sécheresse estivale.

Dans ces conditions la synthèse d'auxines par le bourgeon apical baisse, l'**inhibition de certains bourgeons axillaires cesse** et ces bourgeons se développent en général deux semaines avant le houppier. Ce décalage de feuillaison rend possible l'expression des gourmands.

Une mise en lumière des troncs pourrait également provoquer une destruction locale d'hormones et lever la dormance des bourgeons de la tige.

Suivant les auteurs, l'**interprétation** anthropomorphique de ces phénomènes va du gourmand signe de "**stress**" ou "**d'agonie**" (Schütz, 1990) à la "manifestation d'une remarquable adaptation des arbres aux conditions de leur milieu"(**bourgeon de survie**) (Bary-Lenger, 1993).

3.2 Bourgeons proventifs ou adventifs

Les **bourgeons proventifs** sont définis comme des bourgeons issus du centre de l'arbre, apparus sur la pousse de l'année, et dont la survie peut atteindre cent ans (Roussel, 1976). Tant que ces bourgeons ne donnent pas naissance à un gourmand, leur croissance à la périphérie des cernes annuels ne laisse dans le bois qu'**une fine trace (vasculaire) non colorée** et difficile à déceler.

Les **bourgeons adventifs** (ou néo-formés) apparaissent, eux, sur la zone génératrice libéro-ligneuse.

Ce phénomène peut s'observer en laboratoire puisqu'on peut faire apparaître ces bourgeons sur des **rondins cultivés dans de l'eau** (principe de la culture in-vitro).

Ces bourgeons proviennent donc de cellules, généralement superficielles, ayant conservé un caractère méristématique ou ne possédant pas de caractères particuliers, mais **capables de régression structurale** (dédifférentiation).

Les gourmands apparaissant dans les **coupes secondaires** auraient pour origine suivant l'âge des arbres, la vitalité des houppiers et la quantité de lumière incidente sur les troncs **une origine soit profonde, soit superficielle**.

Toutefois les diverses observations d'échantillons de bois incite à penser que l'**origine profonde** est probablement plus courante que ne le pensent beaucoup de sylviculteurs.

4. Conséquence sur la dépréciation des bois

Au cours de la vie d'un arbre tous les cas de figure d'apparition et de disparition de bourgeons dormants et de gourmands sont possibles.

Singularité	Origine	Déclassement
Trace vasculaire	Bourgeon dormant	"A" 2ème choix
Picot	Gourmands groupés	"B", "C" ou "D"
Noeud < 15 mm	Gourmands-branchette	"B", "C" ou "D"
Patte de chat	Gourmands en étoile	"B", "C" ou "D"
Gourmand d'aubier	Gourmands néo-formés	"A", "B" ou "C"
Broussin	Gourmands ramifiés	"B", "C" ou "D"

Par conséquent la prise en compte de la formation des gourmands au cours de la vie d'un arbre est indispensable si l'on souhaite pour obtenir à terme le maximum de bois de qualité.

La lecture de ce tableau permet de mieux comprendre pourquoi la proportion de bois de qualité "A" est si faible dans les peuplements réguliers de chêne.

5. Application à la sylviculture

5.1 Dépressages énergiques

Les modalités de dépressages énergiques s'accompagnent le plus souvent d'une augmentation de croissance de diamètre des arbres, mais aussi d'**une apparition de gourmands** (Démarcq, 1995).

La fermeture du couvert provoquera, en général, l'apparition de nouveaux bourgeons dormants sous la cicatrice du gourmand qui disparaît, faute de lumière. Par conséquent toute apparition de gourmands augmente **la probabilité d'apparition de défauts ultérieurs**.

5.2 Evolution naturelle

L'échantillonnage de terrain à montré que la plupart des peuplements de chênes passent, au cours de leur élongation de trois à vingt mètres, par **une ou plusieurs phases** où les individus dominants ont de la **difficulté à se sélectionner mutuellement**.

Ces arbres adoptent alors temporairement un **port étriqué**, cause probable d'un **déséquilibre physiologique** engendrant une apparition de gourmands sur le tronc.

Par conséquent les deux sylvicultures extrêmes consistant à intervenir **très fortement** ou **pas du tout** peuvent être toutes deux à l'origine d'**une perte de qualité potentielle des plus beaux individus** des peuplements concernés.

Ce développement est le fruit d'une synthèse d'observations et de recherches bibliographiques. Elles demandent à être confirmées, ou infirmées, par un lourd protocole scientifique.

Une telle réflexion était toutefois indispensable pour confronter les connaissances scientifiques et techniques actuelles avec les objectifs sylvicoles.

6. Cas du hêtre

Lorsque la **concurrence** au sein d'un peuplement est forte (coefficient d'espacement de 12 % à 20 mètres de hauteur dominante dans la région de Bitche, chandelles de hêtre de la Futaie Colbert en Forêt de Tronçais) le hêtre se couvre de **bourgeons**, probablement **adventifs** compte tenu de leur apparition très localisée et parfois abondante, alors que les premiers stades de croissance ne permettent pas d'observer de jeunes bourgeons dormants.

*Toutefois certains auteurs mentionnent aussi l'existence de bourgeons dormants **proventifs** sur les hêtres.*

Les hêtres **dominants** des jeunes peuplements de la Forêt Domaniale de Lyons la Forêt se couvrent fréquemment de gourmands lors des **dépressages énergiques** (Pilard Landeau, 1992).

On peut craindre que ce type de traitement n'induise un déséquilibre physiologique des arbres sur des stations où ils seraient limites et sensibles à des périodes de sécheresse.

7. Les placettes de l'échantillonnage de terrain contenant des arbres dominants couverts de gourmands

Les cas d'apparition des gourmands, rencontrés lors de l'échantillonnage de terrain, peuvent se regrouper suivant leur origine d'apparition :

7.1 Cas de déséquilibre physiologique

L'apparition des gourmands est systématique sur les tiges de **sous-étage** des jeunes peuplements **de chêne et de hêtre**.

Les tiges dominées reçoivent une lumière très diffuse, insuffisante pour assurer leur croissance. En cas de déficit hydrique, ces tiges sont les premières affectées.

On observe des gourmands en cas de **forte densité de tiges** (houppiers étriqués) ou lorsque les conditions **d'alimentation hydrique sont difficiles** (été sec, versant chaud, faible réserve en eau dans le sol). Le chêne pédonculé montrant une plus grande sensibilité, le hêtre n'étant affecté que dans des stations particulières (Lyons la Forêt).

7.2 La mise en lumière est brutale

La plupart des dépressages énergiques, augmentant le coefficient d'espacement d'une valeur voisine de 10-15 % à une valeur plus élevée au moins égale à 20 % (apparition d'une couverture herbacée continue) se sont traduits par l'apparition de gourmands chez le chêne.

8. Cultiver des peuplements sans provoquer l'apparition de gourmands

En synthèse de ce chapitre suivent quelques recommandations sylvicoles permettant de minimiser les risques d'apparition de gourmands :

8.1 Cultiver des essences adaptées à la station

Le chêne pédonculé ne doit être favorisé que sur sa station.

Il est à noter que les deux espèces de chêne peuvent se trouver au départ en mélange intime au stade du fourré. Progressivement une forte proportion de pédonculé va dépérir sur les versants au profit du sessile qui, lui, au contraire, sera moins représenté dans les fonds de vallon (division de Bitche).

Dans tous les cas où ce sera possible il faudra **favoriser le mélange d'essences**, gage d'une complémentarité de prélèvement des ressources (racines, houppiers, périodes de croissance).

8.2 Favoriser un bon équilibre physiologique des arbres du peuplement

Dans le jeune âge la **vigueur des arbres dominants** du peuplement doit être maintenue. Une hauteur de houppier au moins égale à la **moitié** de la hauteur totale de ces arbres semble nécessaire.

Proscrire toute sylviculture par à coups, provoquant un stade de rééquilibrage des arbres propice à la formation de gourmands.

Les interventions dans l'étage dominant seront donc progressives avec d'autant plus de prudence que ces arbres sont peu vigoureux.

Enfin l'**enlèvement du sous-étage** est totalement **inutile**, sauf localement pour que l'ouvrier accède à une tige dominante à détourer, sa destruction systématique exposant les troncs de chêne à un afflux de lumière (Démarcq, 1995).

9. Le gourmand : critère de sélection et seuil d'alerte

Des pages qui précèdent on peut donc conclure qu'**un arbre dominant** couvert de gourmands est probablement un arbre en **mauvais état physiologique**, ou en tout cas qui **perd sa dominance apicale**.

La cause peut être une **mauvaise adaptation à la station**, ou aux conditions climatiques, et l'apparition des gourmands menace la qualité du bois produit.

Lors d'une intervention, ces gourmands peuvent guider le marteau du sylviculteur pour procéder à son **enlèvement**.

Par contre, lorsque dans un peuplement **beaucoup d'individus dominants** sont couverts de gourmands, il est nécessaire de procéder à un diagnostic affiné (bilan hydrique, évaluation de la concurrence, constatation d'une mise en lumière brutale, inadaptation de l'essence) avant de décider d'une intervention.

La gestion de la qualité des bois au stade des jeunes peuplements passe nécessairement par la gestion des conditions d'apparition des singularités propres à l'essence cultivée.

La production de chêne de qualité sans apparition de gourmands, et des défauts qui en découlent, nécessite la mise en application d'une sylviculture progressive assurant aux **arbres dominants** d'un peuplement une vigueur optimale dans un couvert continu.



Photo n°3 : Plantation de hêtre à fort écartement – INRA – Lyons la Forêt

Chapitre 2

Sylviculture et recherche

L'objectif de ce chapitre est de regrouper de façon à la fois synthétique, mais complète, les principales descriptions et recommandations en matière de sylviculture des jeunes peuplements de chêne et de hêtre.

En parallèle les derniers résultats de recherche appliquée seront repris et analysés afin de donner une idée des premiers résultats expérimentaux des essais de dépressage pratiqués dans les jeunes peuplements.

1. Sylviculture des jeunes peuplements de chêne

Les indications sylvicoles qui suivent concernent principalement le **chêne sessile**, le chêne pédonculé, essence héliophile, étant peu représenté à l'état de futaie dense dans la moitié Nord de la France.

Compte tenu du tempérament de cette essence qui redoute la concurrence, il faudra lui appliquer une sylviculture plus dynamique avec des densités plus faibles (DILAM Chaumont, 1990).

1.1 Travaux sylvicoles de 0 à 3 mètres

Le guide de sylviculture de la région Lorraine précise les modalités techniques de réalisation des coupes de régénération et les travaux à réaliser durant la phase d'amélioration :

"Les **dégagements** ayant pour but de mettre en lumière la cime des semis en limitant la végétation concurrente. Lorsque la parcelle est mécanisable un cloisonnement d'entre-axe de 6 mètres est recommandé.
La dernière opération d'**entretien** (à environ 3 m de hauteur) visera à combiner dégagement et dépressage (avec élimination des loups et tiges mal conformées".

La Direction Régionale de l'Office National des Forêts de Lorraine dispose de "**Normes de travaux sylvicoles**" pour les régénérations.

Le calendrier des travaux à effectuer et le coût correspondant est détaillé pour chaque essence, mode de régénération et grand ensemble stationnel. Ces indications précises sont fort appréciées par le personnel de terrain qui dispose d'un guide technique adapté à chaque ensemble stationnel.

1.2 Travaux sylvicoles de 3 à 15 mètres (chêne)

1.2.1 Synthèse nationale

Lors du colloque de mars 1990 (Duplat, 1992), deux pôles sont apparus en matière d'intervention en période juvénile :

" - le pôle des ***dépresseurs précoces*** (Champagne, Franche-Comté), caractérisé par une réduction volontariste et anticipée du nombre des chênes, selon une norme définie et peu dense

- le pôle des ***non-dépresseurs*** (Allier-ancien, Nièvre, Blois), qui n'interviennent pendant la période de croissance juvénile que pour éliminer les essences concurrentes ou les chênes très dominants mal conformés (loups)".

"Le **cloisonnement sylvicole** optimum correspond à un entre-axe de 5 à 6 m et d'une largeur de 2 m (voire tous les 5 m avec 1,50 m de large).

Les **nettoiements** sont nécessaires si le chêne se trouve concurrencé par d'autres espèces. Une grande vigilance est nécessaire en cas de **présence du hêtre**. Les nettoiements incluent également l'enlèvement des brins "frotteurs" et des "loups".

Les forestiers sont assez divisés sur l'opportunité des **dépressages.** Pour les uns les dépressages permettent un **gain de croissance et un meilleur développement du houppier qui constitue une assurance contre les gourmands en cas d'éclaircie** ; pour les autres trop d'incertitudes subsistent sur l'application de sylvicultures dynamiques et il vaut mieux reconduire des **techniques ancestrales qui ont fait leurs preuves**.

Toutefois il semble admis par la majorité des gestionnaires de forêt de chêne que pour les peuplements ayant vocation à produire de la haute qualité il serait prudent de rester en **densité au-dessus du prolongement rectiligne de la norme Pardé N100** sur les bonnes stations, ou N70 sur les stations moyennes.

Pour les autres peuplements l'enjeu est moins élevé,et l'on peut probablement dépresser plus fort à condition de conserver un bon élagage naturel."

1.2.2 Recommandations sylvicoles régionales

En région Lorraine le **dépressage** est décrit comme une opération ayant pour but de diminuer la densité des chênes et essences associées pour **favoriser la croissance individuelle** tout en conservant une densité suffisante pour **favoriser l'élagage naturel** des 6 premiers mètres.

"Le nettoiement désigne l'élimination des bois blancs gênant les essences objectifs.

Ces interventions se feront à la rotation de 4 à 6 ans.

La désignation des arbres d'avenir devra être effectuée sur l'essence objectif au stade du **perchis** (50-60 ans).

La désignation portera sur 60 tiges en station médiocre pour une production de qualité courante, et sur 100 tiges en station de bonne fertilité aboutissant à des produits de qualité".

1.3 Les éclaircies de 15 à 35 mètres

Si la conduite sylvicole des jeunes peuplements de chêne de 3 à 18 mètres ne fait pas l'unanimité parmi les forestiers, la nécessité de réaliser des éclaircies entre 18 à 35 mètres est admise par tous.

Ces **éclaircies par le haut sont réalisées au profit des** arbres désignés, avec une périodicité indicative du dixième de l'âge environ.

L'intensité de l'éclaircie est basée sur la variation du nombre de tiges à effectuer pour suivre une norme de sylviculture du chêne (Pardé, Oswald, Bouchon, 1981).

Les principales **normes de sylviculture du chêne sessile utilisées en France** sont regroupées en annexe 3 et 4.

2. Premiers résultats des essais de dépressage du chêne

2.1. Les gains de diamètre dominant au stade du haut perchis et de la futaie

La plupart des essais de diminution de densité du chêne à un stade précoce ont eu pour objectif d'obtenir très tôt une réaction de croissance perceptible au niveau des cernes.

Cette démarche a fait suite aux observations d'Oswald (1981) qui constatait que le gain de diamètre dominant Do, **au stade de la futaie** (Do = 45 cm), entre l'application de la norme N 70 et N 140 était d'environ **5 % pour une hauteur dominante de 30 m, quel que soit le traitement**.

Ce faible écart de gain de diamètre devait être dû au **caractère trop tardif des interventions**, une sylviculture dynamique étant nécessaire dès le plus jeune âge.

Concernant l'augmentation en largeur des cernes du chêne une information complémentaire est fournie par Ningre (1990), qui constate que l'accroissement moyen sur le rayon des arbres d'avenir est de **2 mm** quelle que soit la modalité d'intervention pour des peuplements de **0 à 59 ans**, cet accroissement variant de 1,5 mm pour le témoin à 3 mm pour l'éclaircie forte par le haut entre 59 et 72 ans.

Plus récemment, un important **protocole INRA** de mesures de la croissance du **chêne sessile**, provenant de 6 régions produisant du chêne de qualité, montre que la valeur moyenne de **largeur de cerne est de 1,7 mm**.

Quelques échantillons atteignent les valeurs extrêmes de 1,3 et 2,5 mm, **même dans des conditions de couvert lâche** (Nepveu, communication personnelle).

2.2 Les protocoles d'essai des jeunes peuplements

La Section Technique Interrégionale du Massif Central a publié (Démarcq, 1995) ses premiers résultats des mesures effectuées en Forêt de Grosbois.

Les conclusions de ces expérimentations indiquent un gain de diamètre non négligeable allant jusqu'à **50 % de largeur de cerne** des arbres d'avenir.

Le développement de gourmands est fréquente, mais en général ces **gourmands dépérissent** au bout de quelques années.

L'**élagage naturel** se ralentit avec le dépressage. L'enlèvement systématique des dominés est proscrit.

Les essais de **travail au profit d'une population d'avenir**, de 400 à 600 tiges/ha, ont donné **des résultats variables** selon la hauteur des peuplements.

Il semblerait qu'une telle intervention ne puisse être vraiment intéressante qu'à partir de 11-12 mètres de hauteur dominante.

L'**élagage naturel** est de 30 à 40 cm/an pour les témoins des parcelles, il chute à un valeur comprise entre 8 et 15 cm/an suivant les modalités.

Une intervention énergique dans les jeunes peuplements de chêne a un effet bénéfique sur l'accroissement en diamètre.

Cet effet est toutefois de courte durée, suite à la reconstitution du couvert.

Cette opération se traduit par un investissement important, conjugué à une baisse de la progression de l'élagage naturel.

Enfin il semble que le gain de diamètre que l'on puisse obtenir sur le chêne sessile soit encadré par une marge étroite.

3. Sylviculture du hêtre

Les principales recommandations sylvicoles concernant les peuplements de hêtre se fixent comme objectif **la maximalisation de production en volume marchand,** suite à la conclusion des recherches publiées en 1981 (Pardé, 1981).

3.1 Travaux sylvicoles de 0 à 3 mètres (ONF DR Lorraine, 1994)

"Les cloisonnements culturaux sont indispensables et doivent être installés avant que la régénération ne fasse 1,00 à 1,50 m de hauteur.

La largeur minimum à travailler manuellement par l'ouvrier en zone mécanisable ne doit pas excéder 1,50 m, ce qui conduit à des cloisonnements espacés de 4 à 5 m d'axe en axe, en fonction de la densité des semis et de la largeur du gyrobroyeur dont on dispose.

En zone non mécanisable, des cloisonnements doivent aussi être réalisés, à la débrousailleuse, afin d'assurer la pénétrabilité de la parcelle, le quadrillage et la rationalisation du chantier. Ces cloisonnements devront être ouverts sur une largeur minimum de 1,50 m, être espacés de 10 m maximum d'axe en axe, et être installés dans le sens de la pente.

En forte pente on pratiquera plutôt une sylviculture d'arbres.

Les dégagements (suppression de la ronce...) jusqu'à 3 mètres, s'ils s'avèrent nécessaires, seront légers.

Les opérations de dépressage-nettoiement permettront d'abaisser la densité du peuplement à 4 500 - 6 000 tiges /ha cadastral".

3.2 Travaux sylvicoles de 3 à 15 mètres (ONF DR Lorraine, 1994)

3.2.1 Directives régionales

"Les dépressages interviendront pour une hauteur dominante de peuplement de 6 m (2500 à 3500 tiges/ha cadastral) puis de 9-10 m (1800 à 2200 tiges/ha cadastral).

Cette technique **garantit un très bon élagage naturel,** et rend plus aisé le choix des tiges à sélectionner à chaque passage.

Jusqu'à une hauteur dominante de 16 à 18 mètres, stade auquel une désignation correcte peut être effectuée, il sera pratiqué une "sylviculture de peuplements" afin d'éviter un élagage artificiel, objet actuellement de controverses et de recherches scientifiques".

3.2.2 Le cas des jeunes peuplements denses

"Le cas des **jeunes peuplements serrés** peut être résolu par des interventions progressives et répétées. En effet l'observation des taillis sous-futaie de hêtre montre qu'un baliveau comprimé pendant une trentaine d'années, avec des cernes étroits **réagit après la première coupe et accélère sa croissance**.

La rotation des coupes recommandée est de 4 à 6 ans, le plus tôt possible en prélevant à chaque passage entre 1 tige sur 3 et 2 tiges sur 5".

3.3 Eclaircies de 15 à 35 mètres

"Au stade de 10 m de hauteur le peuplement est façonné (**mélange d'essence** - **état sanitaire** - **qualité des tiges** - bonne stabilité), on ne procède à aucune nouvelle opération (c'est **la phase de compression**), hormis quelques nettoiements jugés indispensables (loups), jusqu'à la première éclaircie qui a lieu à une hauteur de 15 mètres

La désignation à densité définitive aura lieu avant le martelage en deuxième éclaircie donc vers 18 m alors que la hauteur élaguée naturellement souhaitée pour les tiges objectifs aura été obtenue.

Les densités obtenues après intervention seront donc inférieures ou égales aux **densités préconisées par la norme N4 d'OSWALD** ".

3.4 Normes sylvicoles

"Une norme est un guide chiffré, donnant une densité objectif après éclaircie et une vision globale du peuplement.

Une norme n'a pas pour but "de mettre la forêt en équations" mais "d'inciter à taper fort".

"Les normes d'Oswald, de conception simple (décroissance exponentielle) et fondée sur des parcelles expérimentales, permettent d'atteindre un tel objectif, à condition bien entendu de retenir celle correspondant à des éclaircies fortes ou très fortes" (annexes 5 et 6).

La sylviculture des jeunes peuplements de hêtre semble moins diviser le monde forestier.

Tous s'accordent à reconnaitre la nécessité d'interventions énergiques à partir d'une hauteur voisine de 15 m.

Entre 3 m et 15 m une à deux interventions, suivies d'un "palier de compression" entre 10 et 15 m, constituent les travaux les plus répandus.

4. Travaux de recherche sur le hêtre

4.1 Modélisation de la croissance (Dhôte, 1994)

Les résultats de la **modélisation de la croissance** des peuplements de hêtre sont nombreux et viennent compléter les études dendrométriques de cette essence.

Les enseignements les plus utiles pour cette étude sont ceux qui correspondent à la croissance des individus dominants.

Ces études montrent que la **croissance des 100 plus grosses tiges à l'hectare augmente régulièrement avec l'âge**.

Dans un même peuplement (de 54 à 69 ans) les arbres dominés dont le diamètre est situé en dessous d'un **seuil de diamètre limite**, qui dépend de l'âge du peuplement, dépérissent rapidement. Ce seuil varie autour de la **moitié du diamètre dominant**.

En effet, Falcone et al. (1986) notent que dans un peuplement de hêtre de la Forêt Domaniale de Lyons-la-Forêt la **population dominée**, comportant des tiges intermédiaires et dominées, **ne participent pas au couvert** et n'ont aucun avenir.

Pour distinguer les deux populations, on peut calculer le diamètre limite (DL) en fonction de la hauteur dominante (Ho) et du diamètre dominant (Do).

DL (cm) = 0,2431 Ho (m) + 0,3554 Do (cm)

De plus, ces arbres de la population dominée sont affectés en premier en cas de difficulté hydrique.

4.2 Croissance et fourchaison

4.2.1 Cycles de croissance

Tous les expérimentateurs qui ont pratiqués des **dépressages vigoureux** dans des jeunes peuplements de hêtre, en région Normandie, en Franche Comté, dans le département de la Meuse, se sont heurtés au problème de la **fourchaison des tiges.**

Ce phénomène est encore plus marqué dans les **plantations**.

De nombreux articles (Thiébaut, 1985) ont été rédigés à la suite d'études sur la croissance des rameaux de hêtre.

"Lorsque les pousses annuelles successives du hêtre sont monocycliques, l'axe présente la même organisation (ramification distique) et il est rectiligne ; par contre lorsque les pousses sont plagiotropes puis orthotropes, l'axe présente deux types d'organisation (ramification distique et spiralée) et il devient sinueux".

Pour Le Tacon (1983), le polycyclisme semble être la **cause essentielle de fourchaison**.

4.3 Synthèse de la STIR Nord-Ouest

Dans une note technique de la Section Technique Interrégionale du Nord-Ouest, Pilard-Landeau (1992) établit un bilan des recherches en cours sur les jeunes peuplements de hêtre.

Il est rappelé que (Le Tacon, 1985) **les semis naturels élevés en plein découvert** sont plus vigoureux, plus **fréquemment fourchus** (80 % de fourchus) avec plus de poussent polycycliques que des semis naturels de même âge élevés sous couvert, moins fourchus (25 % de fourchus) moins vigoureux avec plus de **pousses monocycliques**.

Le polycyclisme est favorisé par une bonne fertilité et un climat humide.

La forme d'un plant de hêtre reste bonne s'il n'y a pas de perte de dominance apicale.

Certains auteurs remarquent **que la croissance en circonférence des arbres** semble se faire **au détriment de la croissance en hauteur.**

On note également en Normandie, fait par contre très rare en Moselle, une augmentation du nombre de **gourmands** après éclaircie.

4.4 Expérimentation de la STIR Nord-Est

La Section Technique Interrégionale du Nord-Est a installé des placettes expérimentales de hêtre en forêt domaniale de Saverne.

Quatre modalités de dépressage dans le jeune âge ont été expérimentées. La forêt se trouve sur une crête, le substrat est acide (grès vosgien).

Le peuplement étudié contenait 20 000 tiges/ha en 1983 pour une hauteur dominante de 5 m. Un premier dépressage a diminué cette densité à des valeurs comprises localement entre 7000 et 17 000 tiges/ha.

En 1989 un second dépressage a fait chuter la densité aux valeurs suivantes:

Dispositif de Saverne - STIR 1995

Modalité	**Témoin**	**Gestion courante**	**2X2**	**3 X3**	**4 X4**
N° de placette	1	2	3	4	5
N initial	9750	16725	10075	7075	16 575
N après dépressage	9750	6575	3000	1325	775
Ecartement réel	1,01*1,01	1,23*1,23	1,83*1,83	2,75*2,75	3,59*3,59
H dominante Ho	10,65m	9,94 m	10,90 m	11,55 m	10,14 m
Facteur d'espacement	10,2 %	13,3 %	18 %	25,5	38,0 %
Arrêt d'élagage (% de tiges)	75 %	60 %	50 %	75 %	100 %
Circonférence/an(cm)	1,0 cm	1,7 cm	1,5	2,0	2,5

4.5 Evolution de l'élagage naturel

Ningre (1990) remarque que des **fourches "disparaissent" avec le temps**, surtout celles de 1 à 2 ans.

Une estimation de la **hauteur élaguée en fonction de la hauteur dominante** a été proposée par Démolis (1992). A partir de 10 placettes d'essais STIR de 8 à 15 mètres de hauteur ayant subi une sylviculture relativement prudente, **peuplements maintenus denses**, il effectue un calcul de régression linéaire qui fait ressortir une bonne corrélation entre la hauteur de la première branche verte et la hauteur dominante.

Hauteur 1ère branche verte = 0,51 Ho - 1,31

De cette équation on en déduit que l'obtention rapide d'une **hauteur élaguée de 8 mètres** semble exiger le maintien d'une phase de compression jusqu'à une **hauteur dominante de 18 mètres.**

Les hêtres dépressés dans le jeune âge semblent réagir rapidement avec des gains de diamètre supérieurs à ceux obtenus pour le chêne.

Par contre la croissance du hêtre dans les jeunes peuplements en plein découvert ou en peuplements dépressés vigoureusement s'accompagne de la formation de nombreuses fourches. Un couvert relativement fermé de l'ordre de 14 %, assure une bonne progression de l'élagage naturel et une résorption rapide des fourches résiduelles. Dans ces conditions la croissance est majoritairement orthotrope et monocyclique.

5. Conclusion du chapitre deux

La gestion de la qualité (absence de fourchaison, progression constante de l'élagage naturel) et le gain d'accroissement en diamètre sont deux **objectifs antagonistes**.

Une étude de terrain visant à quantifier ces deux paramètres devrait donner **des éléments d'optimisation pour une sylviculture orientée vers la production d'arbres vigoureux et de qualité**.

Chapitre 3

Les jeunes peuplements du département de la Moselle

Ce chapitre est constitué de deux parties consacrées au département de la Moselle.

La première partie présente le département à l'aide de la description de l'Inventaire Forestier National (1985).

La seconde décrit l'opération d'inventaire des jeunes peuplements de l'été 1994 et son dépouillement au Service Départemental de la Moselle au cours du premier semestre 1995.

1 Présentation du département (carte en annexe 7)

1.1 Géologie

La Moselle est constituée en grande partie par des terrains triasiques et liasiques de l'est du bassin Parisien. Dans sa partie est, plus montagneuse, on rencontre des terrains plus anciens .

A l'est la montagne vosgienne se divise en deux parties :

* au nord, le **pays de Bitche**, constitué par les grès vosgiens

* au sud, séparé par l'avancée du département du Bas-Rhin, le **pays de Dabo** également formé de grès vosgien, présente un relief plus accusé avec des sommets couronnés par le conglomérat principal.

A l'ouest on rencontre :

* les **collines sous-vosgiennes**, sur Trias inférieur et moyen

* le **plateau lorrain,** où dominent les marnes avec des zones de grès rhétien

* le **pays haut**, avec des sols assez superficiels argilo-calcaires du Bajocien.

Au nord du plateau lorrain, la région de la **Warndt** renferme des terrains de grès bigarré, assez analogues à ceux de la montagne vosgienne avec des recouvrements d'alluvions modernes par bandes.

La **vallée de la Moselle** comporte des dépôts alluvionnaires récents mais la rivière elle-même a creusé dans les recouvrements du Trias.

1.2 Formations superficielles

* Limons et argiles de décarbonatation

Les calcaires de l'époque secondaire ont été dissous en donnant des argiles de décarbonatation en surface. Sur les plateaux existent souvent des limons d'origine éolienne, remaniés par solifluxion

* Sables et colluvium limono-sableux

Les grès ont, eux aussi, été altérés en surface et ont formé des dépôts de piémont sablo-argileux, des mélanges de divers grès et de cailloux sur les pentes, et même des dépôts limoneux dans les fonds de vallons.

1.3 Sols

Globalement on trouve les sols suivants :

*** les sols du Pays Haut** et des **parties calcaires** du plateau lorrain sont constitués de **renzines**, de **sols bruns calcaires,** en général décarbonatés sur 20 à 30 cm, à humus mull eutrophe ou mésotrophe et de **sols bruns lessivés** à humus mull, mésotrophe à acide, sur placages de limon.

*** les sols de la plaine lorraine** et de quelques franges liasiques du Pays Haut sont composés de **sols bruns lessivés**, marmorisés à mull acide, de **pseudoglay** à mull eutrophe, de sols à **hydromorphie** de surface et de **pélosols**.

Enfin **parmi les sols de montagne** on retrouve des sols plus acides allant des **sols brunifiés** au **sols podzolisés** voire aux **podzols**, principalement en exposition sud au pays de Bitche.

1.4 Relief

Au **nord-est**, le pays de Bitche est formé par des **collines peu élevées** couvertes de hêtres, de chênes et de pins sylvestre (altitude 250 à 470 m).

Au sud-est le **pays de Dabo** a un relief plus vigoureux, jusqu'au Donon (altitude 400 à 985 m).

Les **collines sous-vosgiennes**, peu marquées dans ce département, rattachent la montagne au plateau lorrain.

Le **plateau lorrain** est une région peu accidentée de 250 à 300 m d'altitude avec deux côtes, correspondant au **Muschelkalk** à l'est et au grès Rhétien, culminant vers 400 mètres.

Au nord la Warndt comporte des terrains gréseux comme la montagne vosgienne, mais aussi des terrains alluvionnaires à une altitude faible.

1.5 Pluviosité et température

La pluviosité suit les variations du relief. Le plateau lorrain reçoit de **700 à 800 mm** sur sa plus grande partie, un peu plus dans sa partie sud-est proche des collines vosgiennes.

Dans la partie sud-est du département, la pluviosité augmente rapidement avec l'altitude : **1300 mm à Dabo** (altitude 450 m), sans doute plus de 1500 mm sur les parties les plus hautes du pays de Dabo.

La **température** moyenne annuelle est de **9° C** sur le plateau lorrain et un peu plus élevée dans la vallée de la Moselle.

1.6 Le milieu forestier

Le **taux de boisement** est de **27,3 %**; supérieur à la moyenne nationale, il est le plus faible des départements lorrains.

Ceci s'explique par le fait que la principale région, le plateau lorrain (78 % du département), est la moins boisée ; la forêt n'y occupe que les sommets des collines et les régions marneuses du secteur dit "des Etangs".

Une particularité de la Moselle est la grande importance des **forêts soumises** : **71 % de la surface boisée totale**, et plus spécialement des forêts domaniales (60 % des forêts soumises).

Les feuillus sont nettement prépondérants dans le département avec 73 % de la surface, 68 % du volume et 61 % de l'accroissement courant.

Les **chênes** occupent de loin la première place : **37 % de la surface**, à peu près également répartis entre le chêne pédonculé et le rouvre. Les chênes tirent mieux parti des sols marneux du plateau lorrain.

Le hêtre est présent partout et très dominant dans le Pays Haut, en association avec l'érable sycomore.

1.7 Bref historique sylvicole

1.7.1 Evolution des traitements

Dans les forêts feuillues où le chêne dominait, le mode de traitement exclusif était, au début du XIXème siècle, le taillis sous futaie, destiné à produire du bois de feu à usage domestique et industriel et secondairement du bois d'oeuvre pour la construction, l'ameublement et d'autres emplois divers.

Avec l'avènement du charbon de terre, et sous l'impulsion de L'Ecole Royale Forestière de Nancy, la conversion des taillis sous futaie en futaie va s'engager dès 1827.

L'abandon des coupes de taillis ou l'allongement des rotations qui ont suivi n'ont plus permis l'installation et le maintien des semis d'essences nobles, et par suite, le recrutement de balivaux.

La futaie a considérablement vieilli, sans possibilité de renouvellement, ce qui conduit au déséquilibre des classes d'âge que l'on constate aujourd'hui.

En Moselle, l'abandon du taillis sous futaie a été imposé vers 1880-1890, au début de l'annexion. Pour cette raison **la conversion y est nettement plus avancée que dans les autres départements.**

1.7.2 Origine des forêts domaniales

Les forêt domaniales de Moselle proviennent principalement de biens de la Couronne originaires des **Ducs de Lorraine**, de **biens ecclésiastiques** et de **biens de princes étrangers** rattachés au Domaine national entre 1791 et 1801.

1.7.3 La trace des conflits

Les forêts Mosellannes ont payé un lourd tribu aux deux dernières guerres mondiales.

La purge définitive de la mitraille pose encore beaucoup de soucis aux gestionnaires.

2 L'inventaire des jeunes peuplements de l'été 1994

2.1 La mise en place du fichier de suivi des jeunes peuplements

Pour des raisons historiques la plupart des taillis sous futaie de la forêt domaniale de Moselle sont convertis en futaie régulière.

C'est pourquoi les forestiers mosellans ont une surface importante de jeunes peuplements à gérer.

Dès 1987 une première réflexion a eu lieu sur le thème du suivi annuel de la régénération, aboutissant à la conception d'un "tableau de bord d'une division".

En suivant l'exemple de la région Champagne-Ardennes la méthode de suivi a été modifiée et testée au cours de l'été 1992.

Le fichier de suivi par parcelle est constitué par le tableau de la "**Base de données techniques des jeunes peuplements**" (annexe 8).

Au cours de l'été 1994 le personnel de terrain de l'ONF à été chargé de relever, dans l'ensemble des **forêts domaniales**, des informations complémentaires aux surfaces par classe de hauteur.

Le relevé des **densités**, de l'écartement des **cloisonnements** et de la **mécanisation** potentielle des parcelles devait permettre d'affiner les prévisions des travaux à réaliser sur ces parcelles.

2.2 La collecte des données

Le contenu des informations de terrain des forêts domaniales, a été rentré sur support informatique à l'aide du logiciel "JP" (jeunes peuplements), interne à l'Office.

Une sortie en format tableur a permis de transmettre les données au niveau du département et d'utiliser le logiciel "Excel".

La **transmission des informations** et la saisie ont posé un certain nombre de problèmes (compatibilité entre logiciels, fautes de frappe, erreurs de colonne, données absentes ou erronnées) dues principalement à l'absence de rétro-contrôle des données en fin de saisie par des agents de terrain connaissant leur parcelle.

3 Mode de traitement des informations

3 1 Objectifs du traitement

Les disquettes du fichier des jeunes peuplements de chacune des six **divisions** de la Moselle contiennent entre **300 et 3000 lignes** décrivant autant de sous parcelles homogènes par leur essence, leur hauteur et leur densité moyennes.

Les hauteurs des jeunes peuplements sont annoncées en **classes de hauteur** selon la correspondance suivante :

Classe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Hauteur(m)	0-0,3	0,3-1,5	1,5-3	3-6	6-12	12-18

La classe 6 étant spécialement créée pour l'étude.

Le but assigné à l'étude était de déterminer la surface de parcelles **en retard de travaux d'ouverture de cloisonnements sylvicoles ou de dépressages** ; un traitement informatique pouvait donner une idée des dépenses nécessaires à ces travaux.

La mise sur pied d'un traitement informatique impose de définir l'"**état normal**" d'une parcelle et si possible de simuler le coût de passage d'un état de "retard de travaux" à l'état normal correspondant.

3 2 Définition de la densité "normale"

La première étape a consisté à réaliser un **tableau de référence** (annexe 9) regroupant le maximum de données sur les **normes de travaux sylvicoles** et leur **coût moyen annuel** en fonction de la classe de hauteur.

En l'absence d'étude précise sur la gestion des jeunes peuplements, la valeur des **densités moyennes** pour une classe de hauteur a été calculée en prenant la valeur moyenne de l'ensemble des **normes sylvicoles** (**annexes 3 à 6**), pour la hauteur moyenne d'une classe.

Pour le chêne et le hêtre une norme haute (forte densité) et une norme basse (faible densité) sont choisies pour situer les densités des jeunes peuplements de chaque division sur un graphique.

Pour le **chêne** la norme de seuil maximum est la norme Pardé-Bruciamacchie N100. La norme de seuil minimum est celle de Franche Comté, inspirée des normes de Pardé et prolongée linéairement de 15 à 32 mètres (ONF, 1992) , correspondant à 29 mètres de hauteur totale pour 70 tiges de densité finale (Annexes 3 et. 4).

Pour le **hêtre** la norme de seuil maximum est la norme provisoire de Haute Marne pour les stations riches (raccordée à la norme d'Oswald N3), et la norme de seuil minimum celle de Franche Comté (ONF, 1991) - (Annexes 5 et 6).

3.3 Définition des densités "anormales"

On définit au préalable l'**écart relatif à la norme** par le rapport : (densité Réelle-densité Théorique)/densité Théorique.

La comparaison des normes de sylviculture entre elles montre que ces courbes sont pratiquement toutes comprises dans un intervalle de +60 % au-dessus de la densité moyenne théorique à -40 % au-dessous de cette moyenne.

C'est pourquoi dans une première approche on considérera comme "normale" ou aisément rattrapable sans surcoût important toute parcelle homogène dans laquelle la densité des tiges sera comprise entre plus ou moins **60 %** de la valeur théorique moyenne.

Par contre toute parcelle dont la densité sera supérieure à 60 % de la densité moyenne de référence sera qualifiée, à priori, de **parcelle en surdensité** ; inversement les parcelles dont la densité est inférieure à 40 % de la densité moyenne sont considérées en sous-densité.

3.4 Estimation des surcoûts

3.4.1 Cloisonnements

Si aucun cloisonnement n'existe ou si l'écartement entre deux cloisonnements est supérieur à la norme de travaux sylvicoles une estimation du **coût de mise à la norme** est calculé par l'ordinateur (annexe 10, graphiques a et b).

3.4.2 Estimation du surcoût de rattrapage des parcelles en surdensité

Le programme informatique prévoit un surcoût de rattrapage des parcelles en surdensité proportionnel à l'écart relatif à la norme.

Ce surcoût, très théorique, est plafonné volontairement à une fois le coût de base de la norme de travaux sylvicoles (annexe 10, graphique c).

L'échantillonnage de terrain devait montrer ensuite qu'il est pratiquement impossible de faire un ***devis moyen par informatique*** *à l'aide des seules données de* ***densité des peuplements compte tenu de la forte hétérogénéité des parcelles et de la non fiabilité des densités annoncées.***

4 Conception du programme informatique de traitement

4.1 Informations stockées dans le fichier principal

Pour chaque sous-parcelle l'ordinateur compare, dans un premier temps, **l'espacement des cloisonnements** de la parcelle et la **densité** du peuplement à ceux recommandés dans les normes de travaux sylvicoles.

Il calcule ensuite **l'écart à la densité recommandée** et évalue les **surcoûts** de mise à la norme de la parcelle (si nécessaire) par ouverture de couloirs de débardage, de layons sylvicoles et par des travaux de dépressage.

4.2 Etablissement de documents de synthèse

Le résultat du traitement informatique est stocké sous forme de tableaux et de graphiques.

L'annexe 11 présente les résultats du traitement du fichier de la division de Thionville. Des graphiques montrent l'importance des **surfaces** conformes, et non conformes, aux normes par **classe** de hauteur et les **coûts** théoriques qui en découlent.

Ces mêmes paramètres sont ventilés par normes de travaux sylvicoles montrant ainsi la représentation de chaque essence pour la division de Bitche (annexe 12).

Ensuite l'ordinateur calcule la **densité moyenne** par **classe** de hauteur (de 3 à 6) des principales essences de la division.

Un graphique à échelle semi-logarithmique positionne les densités moyennes de la division par rapport aux **densités recommandées** au niveau régional et national.

Ces opérations donnent automatiquement, en quelques minutes, un dépouillement complet et prévisionnel des surfaces de jeunes peuplements d'une division (annexe 13, exemple du chêne en division de Thionville).

Le contenu détaillé du dépouillement des fichiers a été ensuite adressé aux responsables des six divisions concernées (Bitche, Château-Salins, Metz, Saint-Avold, Sarrebourg, Thionville).

4.3 Un tri sélectif de parcelles

Enfin un tri des **parcelles marginales** (en surdensité, en sous-densité ou exactement aux normes) permettra de constituer par tirage au hasard un échantillon de **placettes à inventorier** selon des critères techniques précis.

Ces calculs sont basés sur des **hypothèses provisoires** qui seront affinées par l'étude de terrain.

5. La macrocommande sur tableur "Excel"

Le programme du traitement des fichiers de jeunes peuplements se trouve en annexe 14.a à 14.d.

Cet outil informatique s'est révélé très efficace pour exploiter les données chiffrées des jeunes peuplements et surtout pour constituer **un lot tiré au sort de placettes d'échantillonnage**.

Il a ainsi été possible de visiter des parcelles montrant les **réussites** mais aussi les **difficultés** rencontrées dans les régénérations naturelles.

Nous ne développerons pas davantage la partie programmation informatique de l'étude, l'échantillonnage de terrain ayant donné lieu à d'importants développements.

6. Résultats du traitement informatique

6.1 Répartition départementale des surfaces

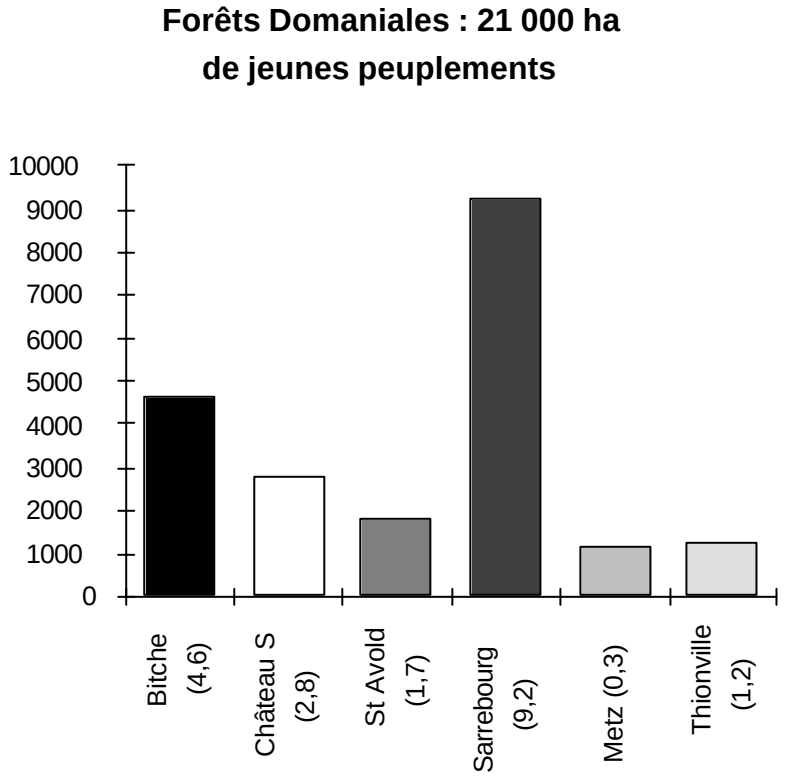
La répartition des surfaces de jeunes peuplements par division, graphique 3-1 montre l'importance des forêts domaniales récemment régénérées dans les divisions de Bitche et Sarrebourg. Globalement le quart de la surface des forêts domaniales de la Moselle est au stade de jeunes peuplements.

6.2 Surfaces départementales de chêne et de hêtre

Le résultat du traitement de l'analyse des surfaces de chêne et de hêtre est regroupé en annexe 15.

Graphique 3-1 : Répartition des surfaces de jeunes peuplements dans les forêts domaniales des six divisions de Moselle

(surface de chaque division exprimée en milliers d'hectares)



Chapitre 4

Echantillonnage de placettes en vue de l'établissement de diagnostics sylvicoles

1. Principes généraux de l'étude

1.1 Résultat du traitement de la base de données techniques des Jeunes Peuplements

Le traitement des fichiers des jeunes peuplements a mis en évidence un **écart** assez **important** entre "**l'état idéal**" décrit dans les diverses **normes** et l'**état réel des forêts** de Moselle (annexes 11 à 13).

L'équipement en **cloisonnements sylvicoles** paraît bien inférieur à celui qui est recommandé et les **densités** annoncées sont souvent nettement supérieures aux normes sylvicoles.

La majeure partie des peuplements de classe 4 à 6, et plus particulièrement ceux de **chêne** paraissent être en nette **surdensité**.

La phase de terrain doit donc mettre en évidence les interventions les plus urgentes en fonction de la **surdensité** des peuplements.

1.2 Le choix des placettes

C'est pourquoi le nombre de placettes de chaque essence a été choisi proportionnellement à la répartition suivante : **70 %** de peuplements en "surdensité", **20 %** de peuplements "à la norme" et **10 %** de peuplements annoncés en sous-densité. La liste de ces trois catégories de peuplement étant triée par ordinateur.

Ce nombre de placettes est également proportionnel à la représentation en surface de chaque essence dans une division.

L'organisation des journées d'inventaire impose de plus de limiter la **durée d'échantillonnage** de terrain à 24 jours environ afin d'atteindre tous les objectifs du stage, et de **regrouper les parcelles** par massif pour limiter le temps de déplacement et la mobilisation des personnels de terrain.

1.3 Nombre de placettes d'échantillonnage

Le nombre de placettes à échantillonner est fonction des résultats que l'on veut obtenir de l'étude de terrain.

En retenant un objectif de 20 placettes par modalité principale (**essence, classe**), le nombre de placettes à inventorier est de 2 essences x 4 classes x 20 = **160** pour le chêne et le hêtre, en sachant que ce chiffre brut est souvent minoré, certaines placettes n'étant pas exploitables par la suite.

2 Durée d'inventaire et localisation.

2 1 Temps nécessaire à la mesure des placettes d'échantillonnage

La durée d'installation et de mesure d'une placette d'**inventaire statistique** varie en général de 45 à 60 minutes à deux personnes.

Le temps moyen d'échantillonnage d'une placette a été de **une heure** en début de journée, afin d'expliquer le contenu du protocole au personnel local ; cette durée peut être ramenée à **30 minutes** lorsque l'équipe est mieux rodée.

2.2 Echantillonnage par essence et par division

Les placettes ont été réparties par essence et par division à l'aide du tableau suivant:

REPARTITION DES PLACETTES D'INVENTAIRE					
	Surface	**Total**	Avance	Norme	Retard
Chêne					
Bitche	778	11	1	2	8
Château S	1500	23	2	5	16
Metz	240	4	0	1	3
Sarrebourg	2552	40	4	8	28
St Avold	460	7	1	1	5
Thionville	538	9	1	2	6
	s/total :	**94**	**9**	**19**	**66**
Hêtre					
Bitche	1099	17	2	3	12
Château S	200	3	0	1	2
Metz	600	10	1	2	7
Sarrebourg	761	11	1	2	8
St Avold	600	10	1	2	7
Thionville	253	4	0	1	3
	s/total :	**54**	**5**	**11**	**38**
	TOTAL	**148**	**14**	**30**	**104**

Cet inventaire a été complété par des mesures dans les forêts domaniales de Lyons la Forêt (27), Epinal (88), Charleville(08) pour le hêtre et dans les forêts des Bertranges (58), de Prémery (58) et de Tronçais (03) pour le chêne.

Deux journées ont également été consacrées aux résineux (Pin et Sapin) afin de mettre en évidence les différences importantes entre les jeunes peuplements résineux et feuillus.

3. Le contenu de l'échantillonnage

Les réponses techniques attendues portent principalement sur trois domaines.

3.1 Les cloisonnements

L'étude de terrain doit déterminer si les cloisonnements sylvicoles sont ouverts en quantité suffisante pour permettre aux ouvriers **d'atteindre les tiges à travailler** avec un matériel performant.

Ce matériel doit pouvoir être utilisé dans des conditions optimales de rendement et de qualité. Il faut déterminer également à partir de quelle hauteur les cloisonnements d'exploitation sont indispensables.

3.2 La description sylvicole des peuplements

Le protocole d'échantillonnage doit être précis afin de vérifier la **densité annoncée** dans le fichier des Jeunes Peuplements et d'établir une **description sylvicole** de chaque parcelle. Un comptage en plein avec prise des **diamètres** sur une surface prédéterminée fournit ces informations.

Il est également nécessaire de disposer de toutes les informations sur l'historique de la parcelle. Le **sommier** des parcelles est un document important qui consigne de plus le coût des interventions antérieures.

3.3 La qualité des peuplements

Le protocole de mesures doit prévoir un descriptif de la qualité des bois, de l'avancement de l'élagage naturel, de la flexuosité des tiges et de l'état sanitaire.

4. L'élaboration d'un protocole d'inventaire

4.1 Forme des placettes d'échantillonnage

Compte tenu de l'implantation linéaire des cloisonnements qui peuvent délimiter des bandes cultivées d'une largeur minimum de 3 mètres, les placettes seront le plus souvent de forme carrée ou rectangulaire.

Toutefois dans le cas de bandes cultivées larges, des placettes de forme circulaires peuvent également être utilisées.

Dans toute l'étude seule la **densité en plein** sera prise en compte.

Les **arbres limites** seront classés intérieurs ou extérieurs à la placette en fonction de la position de leur souche.

4.2 Surface de placette d'échantillonnage

Les dendrométriciens recommandent d'effectuer le plus grand nombre de placettes possible (Pardé, 1988) contenant au minimum 10 à 12 tiges, avec un nombre optimum de 20 tiges à inventorier.

Compte-tenu de la très grande variation du nombre de tiges d'une placette de classe 3, à celle de classe 6, il est nécessaire d'inventorier des placettes dont la surface contienne environ **20 tiges par placette** (Bruciamacchie, 1982).

Le tableau ci-dessous précise les **surfaces** et les **formes** possibles des **placettes échantillons** (cercle, carré, rectangle) à choisir en fonction de l'**écartement apparent** des tiges dominantes de la placette.

Ecart.	**N/ha**	**S optim**	**Facteur**	**R cercle**	**Ec mire**	**Carré**	**Rectang.**
(m)	(milliers)	(m2)	(-> ha)	(m)	(R*0,03)	(m)	(m)
0,3 - 0,6	105 .. 30	3,3	3000	1,03	3,1	1,83	3,0*1,11
0,7 - 0,9	25 .. 11	10	1000	1,78	5,3	3,16	4,0 * 2,5
1,0 - 1,4	10 .. 6	20	500	2,52	7,6	4,47	4,0 * 5,0
1,5 - 2,0	5 .. 3	50	200	3,99	12,0	7,07	4,0*12,5
2,1 - 2,7	2,5..1,5	100	100	5,64	17,0	10,00	4,0*25,0
2,8 - 3,2	1,5 .. 1	200	50	7,99	24,0	14,14	4,0*50,0

Ecart. : écartement apparent des tiges dominantes de la placette
N/ha : nombre de tiges dominantes à l'hectare en milliers de tiges
S. optim : surface contenant environ 20 tiges dominantes
Facteur : facteur de conversion à l'hectare de la densité
Ec. mire : écartement de la mire de Pardé pour délimiter un cercle de rayon R

4.3 Implantation

Le point de sommet (ou point central suivant la forme) servant à l'implantation de la placette est choisi de façon **semi aléatoire**.

On évalue tout d'abord le degré d'hétérogénéité de la parcelle par un parcours global de sa périphérie et on décide ensuite d'une distance à parcourir perpendiculairement aux cloisonnements (en général 50 m), puis dans la direction de la bande cultivée, ce qui détermine un point d'arrêt.

Si la placette est manifestement non représentative de l'ensemble de sa surface, on se décale de 20 m en direction d'une plage jugée plus homogène. Le **but de l'échantillonnage** n'est pas de mesurer des paramètres dendrométriques de façon aléatoire mais de proposer les **solutions sylvicoles** les mieux adaptées à l'ensemble de la parcelle.

La parcelle de forme carrée, rectangulaire ou circulaire (suivant la présence ou non de cloisonnements très rapprochés) est ensuite matérialisée à l'aide d'un **décamètre enrouleur** et de **rubans fluorescents**.

5. Fiche-type d'inventaire et déroulement des mesures

Pour mettre au point **une fiche-type d'échantillonnage** une première liste des paramètres à inventorier a été établie. Quelques visites test et la première journée de mesures ont permis d'éliminer certaines variables non représentatives (flexuosité des plus beaux arbres) et de conserver les paramètres importants.

Le modèle de la fiche d'échantillonnage retenue est jointe en annexe 16.

5.1 Etude du plus beau des arbres vigoureux

La première opération de l'inventaire consiste à matérialiser les limites de la placette à l'aide de repères voyants (rubans fluorescents biodégradables).

Le groupe présent sur le terrain choisit ensuite **le plus bel arbre de la placette parmi les plus vigoureux.** L'unanimité est toujours facile à obtenir entre les forestiers.

On pourrait s'étonner d'un protocole qui ne détaille qu'un arbre par placette. En fait le double critère **vigueur et qualité** laisse à penser que cet arbre va s'imposer dans les années qui viennent aux autres arbres qui l'entourent.

Il va s'**imposer naturellement** par sa vigueur et sera **favorisé** en cas d'intervention humaine à son profit.

Les mesures prises sur cet arbre (quelquefois appelé **arbre "+"** dans l'étude) sont les suivantes :

* **le rayon du houppier** est estimé ou mesuré par projection au sol suivant quatre rayons perpendiculaires dont on calcule la moyenne

* on mesure ensuite la **hauteur totale de l'arbre et celle de la première branche verte** à l'aide de perches graduées ou du Suunto suivant la hauteur à déterminer

* une observation rapide détermine le nombre de **bourgeons dormants** sur 50 cm , à hauteur des yeux, chez le chêne

* un tour d'horizon permet de noter la présence de **gourmands** sur les arbres dominants et de **chancre** dans les placettes de hêtre

* **la hauteur moyenne des trois plus gros arbres** de la placette est calculée, si elle diffère de celle de l'arbre "+" ; cette hauteur a été assimilée à la notion de hauteur dominante des futaies

* **la hauteur dominante** finale est extrapolée à partir d'une parcelle **adulte** proche, située dans les mêmes conditions stationnelles (si les agents ne la connaissent pas).

D'autres informations stationnelles viennent compléter la fiche de terrain afin de prendre en compte des particularités du milieu.

5.2 Mesure des tiges vivantes de la placette

Dès que l'on parle de **normes de densité** des jeunes peuplements la définition du nombre de tiges à prendre en compte reste souvent floue.

Même si des définitions viennent préciser le statut social des arbres et leur appartenance à un étage principal ou secondaire, le vocabulaire et les définitions peuvent varier selon les auteurs. La définition proposé par Duplat (1992) servira de référence pendant toute l'étude (annexe 17).

C'est pourquoi le protocole d'inventaire prévoit de mesurer **toutes les tiges vivantes**.

Ces tiges sont inventoriées à l'aide d'un gabarit de **classe de diamètre de 2 cm** ou à défaut d'un ruban forestier gradué en diamètre, ou d'un compas de 35 cm ; la précision du gabarit semble largement suffisante pour aboutir à une clé de décision sylvicole et l'utilisation de cet instrument **accélère la prise de diamètre** à l'intérieur de la placette.

Lors du pointage d'une tige on appelle donc son **statut social**, son **essence**, et sa **catégorie de diamètre** (par classe de deux cm).

La feuille de saisie doit préciser si possible la dimension des arbres classés "loups" et celle des arbres dépérissants ou tarés (chancre).

Les arbres pointés sont matérialisés à 1,30 m à l'aide d'une **craie forestière** (la griffe risque de causer des dégâts trop profonds).

6 Première interprétation simultanée sur le terrain

Dès la fin du pointage, un **calcul rapide** permet d'annoncer aux agents le nombre total de tiges à l'hectare et la **densité** de tiges dominantes et codominantes et de comparer ce chiffre à celui qui était annoncé dans le fichier.

La placette est alors située sur un graphique **No = f(Ho),** afin d'évaluer si la placette correspond au **diagnostic initial informatique** ou non (surdensité, peuplement ouvert ou aux normes).

Par la suite le diagnostic sera affiné en prenant en compte **l'écartement moyen** des tiges dominantes, le **rayon de leur houppier** et leur **élagage naturel**.

Cet échange de vues appuyé par des mesures chiffrées a été **très fructueux**, tant pour le personnel technique très intéressé par la sylviculture, que pour l'étude qui devait répondre à leurs remarques et leurs interrogations.

7. L'exploitation des données de terrain

7.1 Copie et traitement des mesures

Les mesures collectées seront recopiées au fur et à mesure sur une **feuille de calcul** "Excel".

Cette feuille comporte deux parties. La première est constituée d'un tableau de traitement permettant de dépouiller l'inventaire des diamètres.

Tableau de traitement du pointage des diamètres

Etage	Dominant		Co-dominant		dominé			Surface
Essence	Princip.	Seconc.	Princip.	Seconc.	Toutes			placette
Hauteur	11				6			100
D(cm)								m2
0,5								
2					3			Essences
4					5			H/H
6	3		6		2			
8	7		3					
10	2							
12	1							
14								
16								
18								
20								
22								
N	13	0	9	0	10	0	0	32
Dmoy.	8,2	<---+	6,7	<---+	3,8	moyD+c	7,5	cm
gi	7	<---+	3	<---+	1	GTotal:	12	m2/Ha
Tn/Ha	3,2	No/Ha	2,2	tiges / ha				
Ho/Do	146	Eo(m)	2,3			S %	21	%

N : nombre de tiges mesurées par classe sociale et par essence
Dmoy. : valeur du diamètre moyen par essence et classe sociale
moyD+c : diamètre moyen des tiges dominantes et codominantes
gi : surface terrière de la placette en 1/100 ème de mètre carré
GTotal : surface terrière à l'hectare de toutes les tiges vivantes
Tn/Ha : nombre total de tiges à l'hectare
No/Ha : nombre de tiges dominantes et codominantes à l'hectare.

Ce tableau donne immédiatement la valeur de tous les paramètres dendrométriques usuels.

Sous ce tableau se trouve un **fichier** provenant de la base de données des jeunes peuplements sur lequel on retrouve toutes les indications de localisation de la parcelle ainsi que les mesures réalisées par les agents au cours de la saison précédente.

Ce fichier est complété automatiquement par les **résultats du tableau de traitement** ; il ne reste plus alors qu'à rentrer à l'aide du clavier les **mesures des arbres "+"** et des **commentaires** spécifiques à la parcelle (travaux antérieurs, impression globale de la parcelle etc...).

7.2 Fichiers d'études

Un **tri** ultérieur permet de séparer les placettes par essence et de constituer **deux fichiers d'étude**, l'un pour le **chêne**, l'autre pour le **hêtre**.

Ces tableaux de données serviront de base à des calculs de régression et à des études graphiques au chapitre suivant.

La mise au point d'un protocole de mesure complet, mais axé sur les mesures essentielles, a permis d'inventorier des situations sylvicoles sur une étendue géographique importante.

.

Chapitre 5

Utilisation des normes de densité pour la gestion des jeunes peuplements

1. La mesure de la densité de tiges dominantes

Au cours de l'été 1994, chaque agent a été chargé de relever la densité de toutes les parcelles en régénération sur son triage.

Ces informations ont été regroupées au niveau du Service Départemental de la Moselle et ont servi de base de données à l'échantillonnage de terrain.

En fin de campagne de mesure il a été possible de comparer la **densité annoncée** et la **densité** précisément **mesurée** avec l'aide de l'agent concerné, après lui avoir donné comme consigne de bien distinguer les tiges dominantes et codominantes des tiges dominées.

La moyenne des densités **annoncées** dans les jeunes peuplements de **chêne** est de **30 000 tiges/ha**, celles des densités **mesurées** de **10 900 tiges/ha** (graphique 5-1).

En théorie tous les points des couples de densité auraient dû se trouver groupés sur la première bissectrice (flêche) ; le nuage de points est fortement décalé vers le haut.

Dans les peuplements de **hêtre** l'écart moyen est de **18 000 tiges /ha** annoncées contre **7 000 tiges/ha** mesurées.

En l'absence de protocole illustré et de la formation de l'ensemble du personnel à cette méthode d'inventaire, la densité du peuplement spontanément mesurée paraît en moyenne **trois fois plus forte** que si l'on ne compte que les tiges dominantes et codominantes de l'étage principal.

En effet un **sous-étage** abondant donne une impression visuelle de surdensité globale ; l'écart est moins grand dans les hêtraies où le sous-étage est moins dense et les interventions souvent plus énergiques.

D'autre part les mesures de densité en fonction du statut social des arbres est très difficile en **période de feuillaison**, car les feuilles des houppiers masquent l'étage dominant.

La détermination du nombre de tiges à l'hectare dans les jeunes peuplements demande une méthode rigoureuse et du personnel qualifié. Les chiffres obtenus exprimés en milliers sont difficilement contrôlables à l'oeil, surtout en présence de sous-étage.

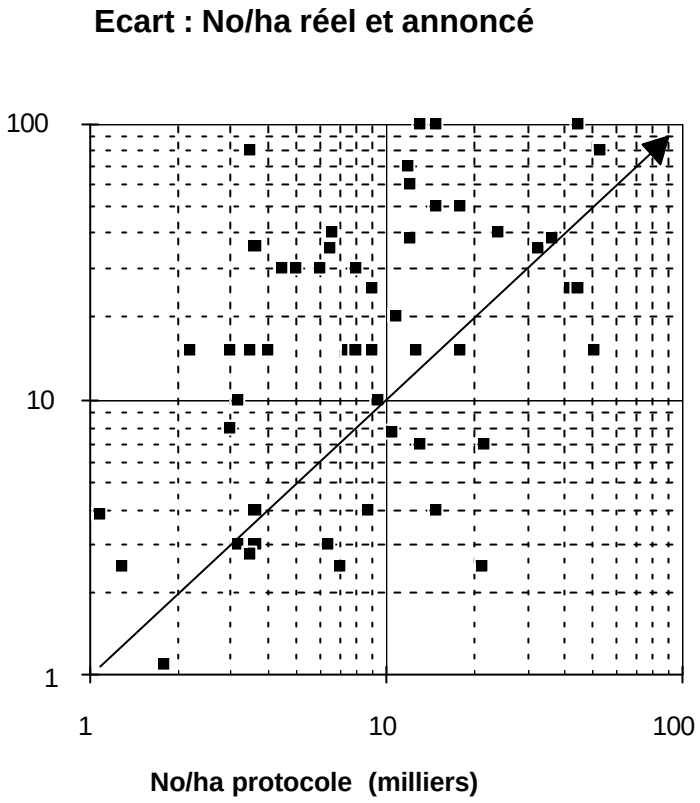
Les mesures sont très difficiles à réaliser en période de végétation et bien souvent les parcelles de régénération naturelle sont hétérogènes.

Aussi la densité de tiges à l'hectare est une variable assez mal adaptée aux jeunes peuplements.

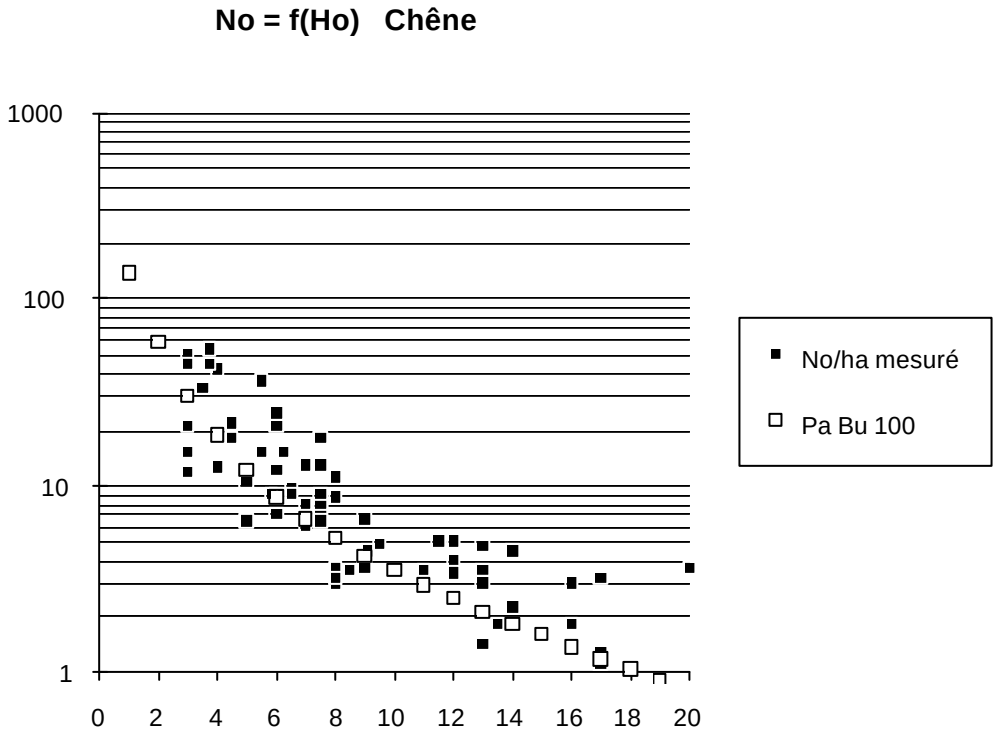
C'est probablement pourquoi les études en cours (STIR Nord-Est, ONF Franche Comté) utilisent de plus en plus le coefficient d'espacement qui rend compte du volume moyen disponible pour les houppiers des arbres, à une hauteur donnée.

Les relations entre densité et coefficient d'espacement sont : $No=10000/Eo^2 x1,15$ (espacement hexagonal) et $S\%=Eo/Ho$.

Graphique n° 5-1 : Comparaison entre les densités annoncées et les densités mesurées (chênaies).



Graphique No 5-2 : Utilisation de la norme Pardé Bruciamacchie N 100.



2. Comparaison des densités de l'échantillon de chêne avec les normes sylvicoles

2.1 Comparaison graphique avec la norme N 100

En raison de la fertilité des sols (hauteur finale de 26 à 35 mètres, exceptionnellement au-delà), la norme Pardé Bruciamacchie N 100 semble, à priori, la mieux adaptée.

Le graphique 5-2 permet d'illustrer la position relative de la norme et de la densité des jeunes peuplements visités.

Il est rappelé qu'une norme correspond à la densité du peuplement **après intervention**.

2.2 Interprétation des graphiques

La norme N 100 divise l'échantillonnage en trois nuages de points distincts.

En dessous de 10 mètres, un premier groupe de points est partagé en deux parties par la norme :

* au dessous de la norme se trouvent des parcelles en **sous-densité** relative que l'on pourrait logiquement attribuer à des **interventions très fortes**.

* au dessus de la norme un autre groupe de parcelles serait en **surdensité** relative, probablement faute de dépressages à leur profit.

Enfin de **10 à 20 mètres,** les peuplements sont en **surdensité** relative, ce qui pourrait rendre difficile le raccordement aux normes établies en 1981, dont l'utilisation de 18 à 35 mètres a été largement répandue.

3. Vérification des hypothèses émises

3.1 Relation entre dépressage et chute de densité

Les écarts de densité entre le terrain et la norme ont été attribués au résultat de la sylviculture. Afin de matérialiser sur le graphique les bienfaits des interventions, il est nécessaire de diviser l'échantillonnage en deux lots se distinguant par les travaux ou l'absence de travaux effectués dans les parcelles.

En effet lors des mesures de terrain les travaux réalisés lors des années antérieures ont été régulièrement pris en note.

L'information provenait de l'agent responsable de la parcelle et de la consultation du sommier de la parcelle. Les souches des tiges coupées venaient compléter la description des travaux.

Lorsque ces informations n'étaient pas disponibles, la parcelle n'a pas été prise en considération pour établir l'étude qui suit.

La première série de valeurs correspond à des parcelles dans lesquelles il n'y a eu **aucun dépressage** depuis le dernier dégagement de semis à la hauteur de 3 mètres.

Les parcelles de la seconde série de points ont toutes subi une **intervention** au cours des 5 dernières années. Cette intervention est en moyenne de **3,5 jours/hectare.homme** (graphique 5-3).

Les quelques parcelles sans information fiable ont été écartées de la représentation.

On constate, à l'étude du graphique, que les travaux de dépressage n'ont pas d'influence déterminante sur l'abaissement du nombre de tiges dominantes à l'hectare.
En tout cas cet effet serait de courte durée.

Il est facile de constater sur le terrain que les interventions sont la plupart du temps **effectuées par le bas.** Nous avons vu au chapitre 2 (Démarcq, 1995) qu'il est inutile de supprimer le **sous-étage**.

3.2 Relation entre la fertilité et les écarts de densité

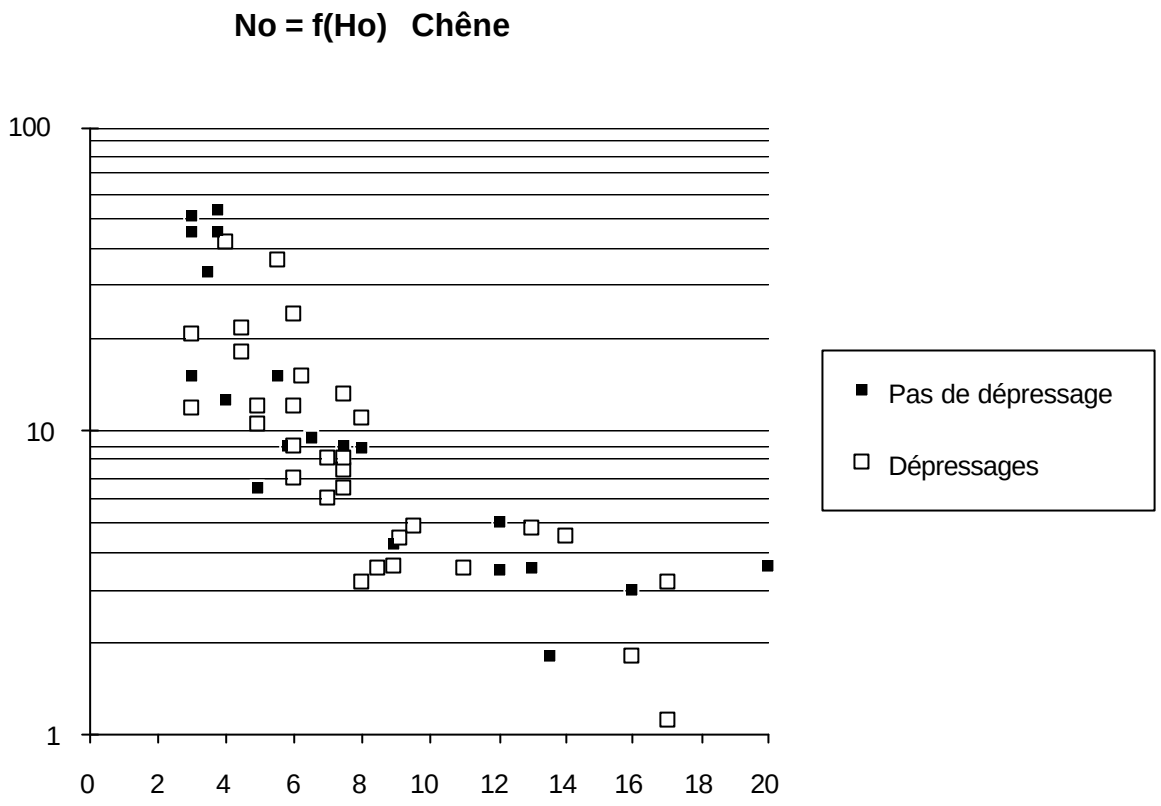
Une autre explication des écarts de densité peut être testée en invoquant la nécessité de distinguer des peuplements fertiles denses et des peuplements moins fertiles plus lâches.

Pour mettre en évidence une influence éventuelle de la **fertilité** sur les densités le protocole de mesure a prévu de noter sur chaque placette la **station** correspondant au catalogue de stations local et la **hauteur dominante** des peuplements voisins arrivés à maturité (d'après l'expérience des mesures effectuées par les agents). Périodiquement des mesures au Suunto sont venues confirmer ces hauteurs.

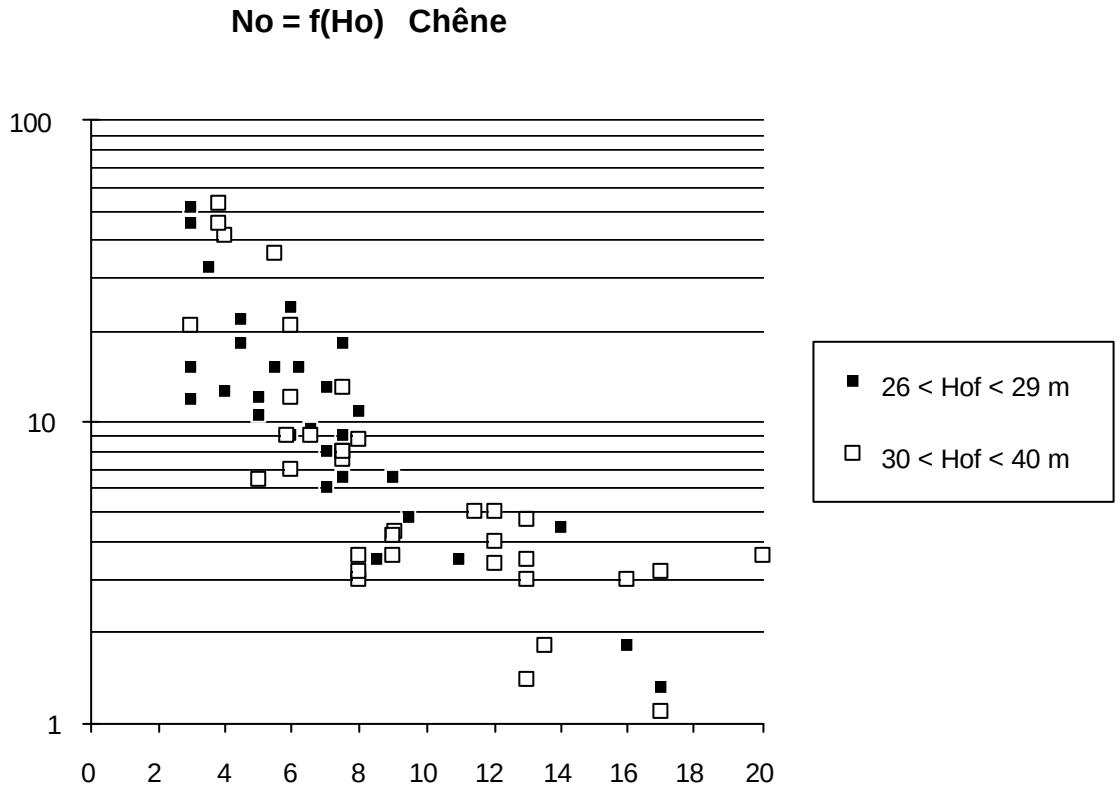
Le tri des relevés de terrain en fonction de la hauteur dominante à maturité a permis d'établir le graphique 5-4 en séparant les stations de fertilité de 26 à 29 m, de celles comprises entre 30 et 40 mètres.

On constate que la **fertilité** de la station ne semble pas non plus déterminante sur la **densité de l'étage dominant**.

Graphique No 5-3 : Influence des dépressages sur la densité des dominants et codominants.



Graphique No 5-4 : Influence de la fertilité sur la densité des dominants et codominants.



4. L'évolution dans le temps des peuplements témoins

4.1 Les mesures de la S T I R Massif Central

Les récents travaux de la STIR Massif Central (Demarcq, 1995) ont montré que la diminution du nombre de tiges d'un peuplement témoin était très forte au cours du temps.

La diminution spontanée des tiges dominantes pouvant parfois être plus importante que la modalité dépressée.

Si l'on détaille l'évolution du témoin de la parcelle 32 de la Forêt de Grosbois, on constate que 11 200 tiges dominantes ont spontanément disparu de l'étage supérieur du peuplement en 5 ans (annexe 18).

Pour illustrer ce phénomène on peut ramener cette variation de densité à la période d'activité photosynthétique, environ 180 jours de végétation avec une exposition 12 heures par jour, pour obtenir une vitesse de **disparition d'une tige dominante à l'hectare toutes les 60 minutes, à 6 mètres de hauteur** au cours d'une journée ensoleillée.

Compte-tenu de la variation logarithmique des densités, cette vitesse de disparition de l'étage supérieur peut atteindre **1 tige/minute/ha dans un fourré de 2 mètres** de hauteur.

Ce phénomène naturel est de première importance. Nous verrons dans le chapitre suivant quel peut être son mécanisme.

4.2 Les études antérieures

Oswald (1981) mentionne l'existence d'une **forte mortalité naturelle** dans les peuplements témoins de chêne de la forêt domaniale de Blois, dans des peuplements de 16 à 24 m de hauteur totale. Cette mortalité affecte surtout les tiges de plus faible diamètre.

Schütz (1981) indique que "les individus qui, par hasard ou non, se trouvent **dominer** les autres à l'état de fourré, vont conserver leurs positions dans le peuplement en repoussant ou écrasant les autres moins favorisés par le sort".

Bruciamacchie (1982) constate une **forte dissymétrie vers la gauche** de la distribution des diamètres des jeunes peuplements en forêt Domaniale de Blois résultant de **l'effet de compétition suivant la fermeture du couvert**.

5. Conclusion du chapitre cinq

La prolongation des normes de Pardé en dessous de 18 mètres a eu l'avantage de proposer un guide de conduite sylvicole en l'absence de toute donnée qualitative sur les jeunes peuplements.

Les difficultés rencontrées pour déterminer la densité des tiges de jeunes peuplements à l'echelle d'une parcelle laissent à penser que cette variable n'est pas un paramètre sylvicole satisfaisant pour caractériser sa dynamique de croissance.

Par ailleurs les interventions actuelles ont surtout pour effet de supprimer le sous-étage et quelques rares dominants mal conformés. Dès fermeture du couvert un processus de sélection naturelle vient réguler l'accès à l'étage dominant.

Chapitre 6

Lumière, croissance et sélection

Les arbres inventoriés dans les placettes d'échantillonnage ont été annoncés par leur statut social.

Nous avons vu dans les chapitres précédents que la définition du statut social des arbres d'un jeune peuplement fait largement intervenir **l'exposition du houppier à la lumière** (Duplat, 1992 ; Robitaille, 1990).

Le chapitre qui suit sera consacré au rappel des recherches concernant la **transmission de la lumière à travers les houppiers** et à la **compréhension de la dynamique naturelle** qui en résulte.

1. La transmission de la lumière à travers le houppier

1.1 La partie utile des houppiers

D'après les travaux de Burger (1939) et Badoux (1939), rapportés par Schütz (1990), on distingue dans le houppier trois zones d'importance différente pour la production photosynthétique.

"D'une part le houppier de lumière, défini comme la partie périphérique, feuillée du houppier, située au-dessus de l'endroit de sa plus grande largeur, et où se passe l'essentiel de l'assimilation photosynthétique".

"Au-dessous se trouve le houppier d'ombre, la partie située dans une zone où la lumière devient limitante pour la photosynthèse, où l'arbre développe un feuillage d'ombre, et où la production photosynthétique brute est en grande partie compensée par la respiration nocturne".

"Au centre se trouve le noyau du houppier dépourvu généralement de feuillage, donc inactif sur le plan de la production photosynthétique".

1.2 La transmission de la lumière à travers le houppier

Plusieurs auteurs ont étudié la transmission de la lumière à travers les houppiers des arbres en forêt.

Tous constatent unanimement une **extinction du rayonnement global à travers le houppier**, que le peuplement soit feuillu ou résineux.

La courbe d'extinction du rayonnement à travers le feuillage est une **exponentielle négative** (Grulois, 1967). L'éclairement relatif chute de 92 % à **15 %** en quatre mètres.

Un autre exemple de transmission de la lumière incidente dans un peuplement de Douglas est donné par Aussenac et al. (1984).

Figure 6.1 : Formes des houppiers des essences (Burger, 1939).

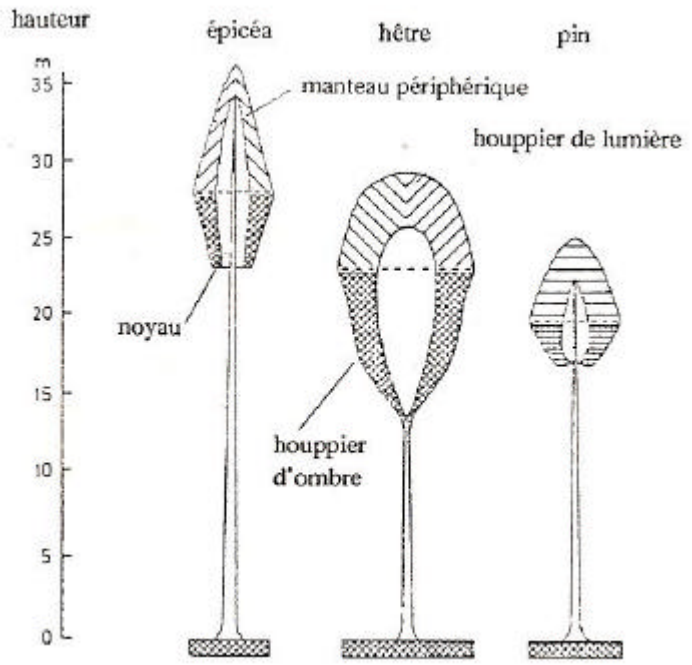
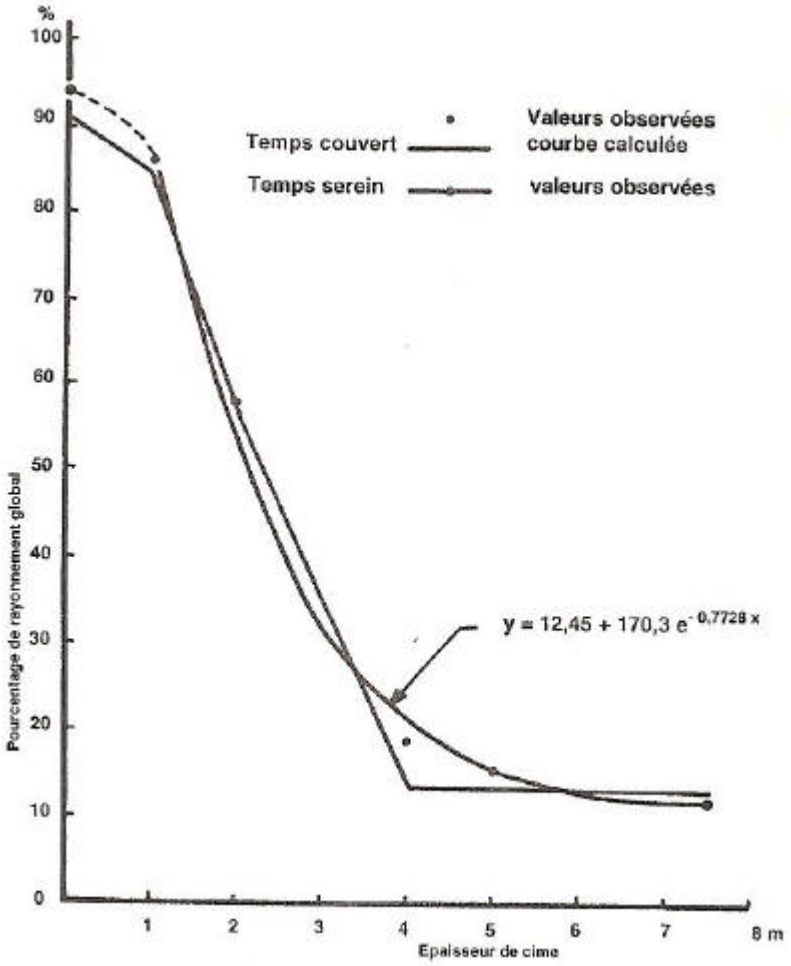


Figure 6.2 Extinction du rayonnement global en fonction de l'épaisseur de houppier de chêne traversé.

(y = pourcentage de rayonnement global reçu. x = épaisseur du houppier)



Il est donc vital, pour un arbre au cours de la phase d'élongation, de développer les feuilles de son houppier sur la face supérieure de l'étage dominant.

Tout arbre situé en retrait de l'étage dominant ne reçoit qu'une faible fraction de l'éclairement incident.

2. Vitesses de croissance des jeunes peuplements feuillus

2.1 Les résultats bibliographiques

Les vitesses de croissance des peuplements feuillus ont fait l'objet de nombreuses études, le plus souvent au-delà de 15 mètres.

Par contre, dans le plus jeune âge peu de chiffres sont disponibles.

Suivant les auteurs, on peut retenir le chiffre de **20 à 30 cm par an** pour le chêne et **30 à 40 cm par an** pour le hêtre, pour un âge voisin de 30 ans (Lanier, 1986 - Decourt, 1984). Bruciamacchie (1982) mesure un accroissement de chênes de 10 à 20 ans, en forêt domaniale de Blois, égal à **43 cm par an** pour le tiers supérieur de la population principale.

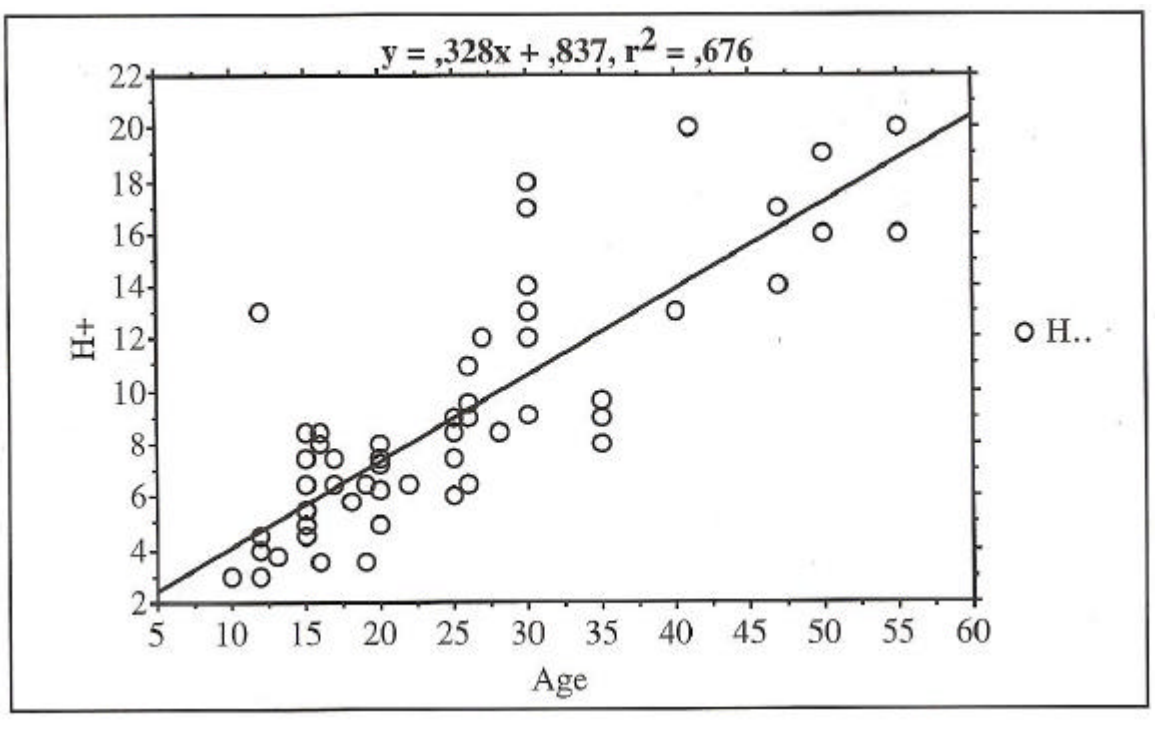
2.2 Mesures de terrain

Les mesures de terrain réalisées en Moselle donnent des valeurs d'accroissement moyen similaires, comprises entre **25 et 40 cm par an pour le chêne** et de **25 à 45 cm pour le hêtre**.

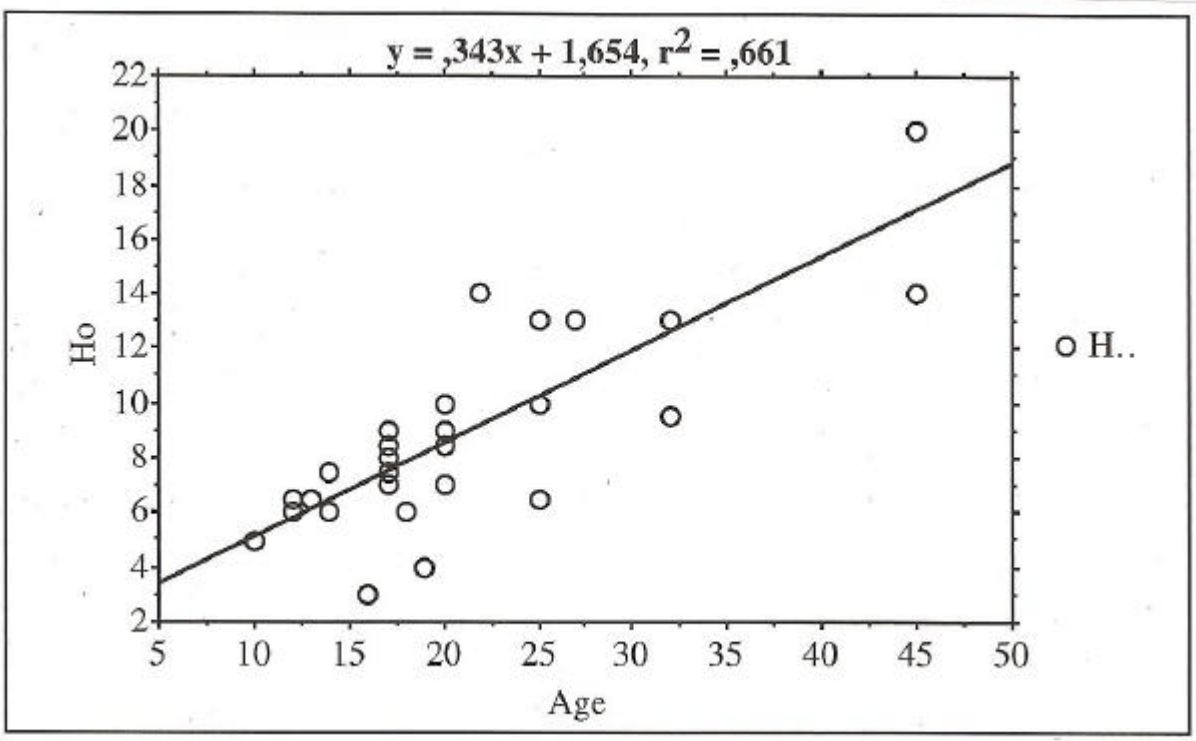
Le traitement statistique à l'aide de régressions linéaires de **la hauteur dominante en fonction de l'âge** n'a pour objet que de vérifier **la cohérence** des valeurs relevées sur le terrain avec les études antérieures.

La variété des stations rencontrées et l'incertitude sur la date de germination des glands et des faînes donnent une certaine dispersion des points (graphiques 6.3 et 6.4).

Graphique 6.3 : Courbe de croissance hauteur-âge pour le chêne
Echantillonnage de terrain.



Graphique 6.4 : Courbe de croissance hauteur-âge pour le hêtre
Echantillonnage de terrain.



3. Statut social et sélection des arbres des jeunes peuplements

3.1 Lumière et statut social

Au cours de cette étude l'importance de la **définition du statut social** des arbres a été plusieurs fois évoquée (annexe 17 : Duplat, 1992).

Pour les jeunes peuplements feuillus c'est en effet **l'accès à la lumière** qui différencie le plus la forme des houppiers.

Dans l'étage principal les **arbres dominants** ont un large houppier nettement situé à la hauteur dominante ; ils reçoivent le maximum de lumière.

Les **codominants** ont un houppier souvent plus étriqué du côté du dominant qu'ils limitent dans son extension maximum. Ils sont parfois très légèrement en retrait, de quelques décimètres, par rapport à la hauteur dominante.

La forme du houppier est plus étroite que celle des dominants mais la partie supérieure reste la plus large. Ces arbres recoivent une bonne partie de la lumière incidente.

"Les **arbres dominés** ont un accès réduit ou nul à la lumière directe ; ils sont moins hauts que leurs voisins dominants et codominants mais leur houppier reste globalement dans le même étage que celui de ces voisins".

Le houppier d'un arbre dominé a souvent la **forme particulière d'un poire**.

"Le houppier des arbres du **sous-étage** ne se mêlent pas vraiment à celui des arbres des trois autres catégories".

Sur le terrain on constate que ces arbres sont filiformes, flexueux, avec un très faible houppier. Leur feuillage en saison est très réduit.

Dans les parcelles non dépressées, ils sont accompagnés d'arbres secs d'une hauteur légèrement inférieure, de même forme.

Les **essences du sous-étage** sont de n'importe quelle espèce et principalement de **l'espèce de l'étage principal**.

3.2 Interprétation

Il est possible de comprendre le **mécanisme de sélection naturelle** des jeunes peuplements en combinant simultanément l'existence d'un **seuil d'extinction de la lumière** et **l'élongation rapide** des tiges de l'étage dominant.

On comprend alors que tout arbre qui possède une **vitesse de croissance en hauteur** légèrement supérieure à celle des autres arbres va prendre le maximum d'**espace disponible à la lumière** au détriment de ses voisins qu'il plongera dans **l'ombre** de son feuillage.

Ces tiges voisines devenues codominantes ne vont développer qu'un houppier de plus en plus **étriqué**, ce qui ralentira leur croissance en hauteur.

Progressivement enfermées dans une **zone d'ombre** et soumises à une **concurrence hydrique** de plus en plus forte, leur pousses terminales donnent naissance à des **houppiers grêles** et tortueux.

L'étage principal continue sa croissance, reléguant ces tiges dominées qui vont bientôt faire partie du **sous-étage** et végéter quelques années avant de dépérir totalement.

3.3 La définition du sous-étage des jeunes peuplements

La description de ce mécanisme de sélection demande une nouvelle définition de la notion de sous-étage pour la phase d'élongation des jeunes peuplements.

En effet la définition du sous-étage que nous avons utilisée tout au long de cette étude est celle du **sous-étage permanent** d'un peuplement de **futaie** en phase de **compétition horizontale**, lorsque la phase de croissance en hauteur est ralentie.

C'est par exemple le cas d'un sous étage de charme sous un peuplement de chêne. Dans ce cas le sous étage est **une essence sciaphile** supportant l'ombrage d'une essence plus héliophile.

Dans la phase d'élongation du jeune peuplement, le sous-étage est constitué des tiges les moins vigoureuses du peuplement initial. Il peut être composé de l'essence principale uniquement ou de l'essence principale mélangée pied à pied avec toute autre essence.

Suivant la proportion d'**essence sciaphile** dans le sous étage la disparition des autres essences plus héliophiles sera plus ou moins rapide.

A titre d'exemple, dans un sous étage constitué **de charmes et de chênes** dès qu'une tige de chêne est dominée, le voisinage de tiges de charme dominées provoque le dépérissement rapide de ces chênes.

C'est également dans le sous étage des peuplements de **4 à 8 m de haut** que l'on retrouve des tiges de **fruitiers** (Alisier Torminal, Merisier) au stade de dépérissement faute d'avoir pu se frayer un chemin à temps au dessus des chênes ou des hêtres qui les dominent.

En définitive la définition anglosaxonne d'arbre "**supprimé**, dont la cime est entièrement en dessous du niveau général de la voûte foliacée et complètement privé de lumière directe" (Robitaille et al., 1990) décrit beaucoup mieux la **sélection naturelle** des jeunes peuplements.

3.4 Relation base du houppier sous-étage

La hauteur du sous-étage correspond à celle de la base du houppier. C'est ainsi qu'il a été défini.

Mais cette définition est aussi le résultat de l'observation des peuplements.

La **base du houppier** et le **sous-étage** ont en commun d'être situés dans la **zone d'extinction de la lumière incidente.**

La corrélation entre la hauteur de la première branche verte et la hauteur du sous-étage est assez bonne (R^2=0,85 pour le chêne, 0,78 pour le hêtre), mais imparfaite car il existe :

- d'une part un décalage entre l'**insertion** de la première branche verte sur le tronc et l'extrémité de son rameau
- d'autre part la répartition de la lumière sous couvert n'est pas parfaitement régulière.

Néanmoins on peut affirmer que l'**élagage naturel** dans les **jeunes peuplements fermés** n'est pas causé par la présence ou l'absence d'un sous-étage, comme c'est le cas au stade de la futaie après des éclaircies énergiques.

Cet élagage naturel et le dépérissement du sous-étage sont le résultat de la **position** des feuilles de leurs rameaux **sous le seuil d'extinction** de la lumière (l'éclairement latéral étant pratiquement négligeable par rapport à l'éclairement vertical).

4. Sélection naturelle et densité

Au fur et à mesure de l'avancement de l'échantillonnage des placettes, notre réflexion quand à la gestion des jeunes peuplements a fortement évolué.

* Lors des premières séances, l'objectif essentiel semblait être la détermination de la **quantité optimale de travaux** indispensables pour **faire chuter une densité** (annoncée) **de tiges** dont la valeur excédait parfois de **trois à dix fois** la norme en cours.

Les mesures du nombre de tiges strictement dominantes et codominantes ont rapidement montré que la valeur des **densités oscillait autour des normes**, souvent sans intervention.

***** La densité des tiges dominantes et codominantes des jeunes peuplements de chêne et de hêtre ne dépassant que rarement de façon significative les normes de sylviculture, la question se posa bientôt de savoir ce qu'étaient devenues les milliers de tiges à l'hectare disparues entre deux périodes de croissance.

Il aura fallu inventorier des peuplements des hêtraies du Nord des Vosges pour pouvoir identifier les tiges disparues.

Le résultat de cette sélection était alors visible dans les parcelles **non dépressées** de 15 à 20 mètres de hauteur, sous forme de tiges sèches sur pied, comme **figées dans leur ascension** vers la canopée.

Cette connaissance du mécanisme de sélection est illustrée par le dicton des anciens de la division de Bitche : "en montagne, avant, on n'effectuait aucune opération dans le jeune hêtre ; **le hêtre, avant 50 ans, ça se nettoie tout seul"!** .

***** La troisième phase d'observation consista à remarquer que les seuls peuplements que l'on pouvait qualifier de **trop denses** étaient en fait ceux qui étaient composés d'arbres dominants d'**aspect identique** avec un **houppier peu développé**.

Dans leur développement en hauteur, ces peuplements avaient acquis une telle **homogénéité de structure** que la compétition entre les tiges était momentanément stoppée.

Ce cas de figure est assez **rare pour le chêne, très rare pour le hêtre**.

Dans la plupart des peuplements visités il y a toujours quelques tiges dominantes qui, localement, sont passées spontanément **au-dessus du couvert** homogène de tiges codominantes.

La mesure du **rayon du houppier** du plus bel arbre a permis de mettre en évidence quantitativement l'état de vigueur et de différentiation des arbres les plus **dynamiques** localement.

Une évidence paradoxale s'est alors imposée :

Les jeunes peuplements feuillus (réguliers) sont d'autant plus dynamiques que leur couvert est en permanence hétérogène.

5. La fragile victoire des dominants

Si les individus les plus vigoureux sont en général ceux que l'on retrouve parmi les cent plus belles tiges au moment de la récolte (Pardé, 1981), tous les arbres sélectionnés précocement ne conserveront pas leur statut d'arbres dominants tout au long de leur vie.

Schütz (1990) nous le rappelle en quelques phrases **:** "Faut-il comme le pensent certains, **favoriser les individus à croissance la plus rapide en jeunesse**, comme les tenants des meilleures possibilités de croissance?

Nous n'en sommes pas certains. Il y a d'aussi bonnes raisons de croire que les individus les plus précoces risquent de ralentir assez rapidement leur croissance par la suite.

Celà ne ferait que vérifier une des lois biologiques assez largement valable entre les différentes essences, montrant que plus rapide est la vitesse de croissance d'une espèce, plus rapidement **elle atteint la culmination et ralentit ensuite** ses prestations. Exprimé autrement on peut supposer qu'un bon potentiel de croissance n'est pas forcément lié à la précocité du développement, mais au fait que la croissance reste longtemps soutenue".

"La question de savoir quel pourcentage d'arbres désignés à l'état de perchis comme élitaires risquent de disparaître au cours du temps...est de grande importance....des arbres initialement désignés comme arbres d'élite à l'état de perchis, 20 à 70 % chez le hêtre, disparaissaient pour une raison ou pour une autre dans un laps de temps de 50 ans environ. C'est là un chiffre de défection important dont il faut tenir compte dans le débat sur le nombre d'arbres à choisir dans les jeunes peuplements".

Ces remarques illustrent à nouveau "le bras de fer" qui se joue entre les mécanismes de régulation naturelle des jeunes peuplements et l'action du forestier.

6. Conclusion du chapitre six

Les premiers mètres du couvert d'un jeune peuplement feuillu absorbent une forte quantité de lumière incidente (dans un spectre spécifique à l'essence).

Une impitoyable compétition pour la lumière se joue entre les arbres en phase d'élongation verticale.

Les moins vigoureux se retrouvent rapidement à une hauteur d'extinction lumineuse qui entraîne ensuite progressivement leur dépérissement.

Il s'en suit une diminution importante du nombre de tiges dominantes, pouvant passer par des phases de surdensité temporaire lorsque le peuplement est parfaitement homogène.

Chapitre 7

Relations dendrométriques

1. Le choix des variables d'étude

Les **paramètres mesurés sur le terrain,** hauteurs et diamètres principalement, ont été mis en relation avec la **hauteur dominante** du peuplement pour déterminer les relations les plus significatives du lot inventorié.

Le paramètre étudié figurera sur les graphiques en ordonnée et la hauteur en abscisse, par analogie avec les courbes de densité.

Lors de la prise de mesures la **hauteur dominante Ho** à été définie comme égale à la moyenne des trois plus gros arbres de la placette. Dans la pratique la hauteur du plus bel arbre (H+) a toujours été, avec un écart de 0 à 50 cm, égale à cette hauteur dominante.

Aussi nous assimilerons hauteur dominante et hauteur du plus bel arbre dans la plupart des cas.

Les calculs statistiques sont réalisé par le logiciel Statview II.

2. Paramètres significatifs du chêne

2.1 Présentation globale des résultats

Le résultat des régressions linéaires significatives est regroupé dans le tableau ci-dessous :

Variable :	y	x	Ec.type	R^2	F	N° an.
Diamètre dominant et cod.	**Do (cm)**	**Ho (m)**	**1,18 cm**	**0,920**	**763**	**21**
Diamètre du plus bel arbre	**D+ (cm)**	**Ho (m)**	**2,20 cm**	**0,839**	**351**	**22**
Hauteur branche verte	**Hbv (m)**	**Ho (m)**	**1,07 m**	**0,876**	**460**	**23**
Diamètre du houppier	**Dhp (m)**	**Ho (m)**	**0,56 m**	**0,686**	**131**	**24**
H branche verte	**Hbv (m)**	**Ho, Rhp**	**0,79 m**	**0,931**	**401**	**25**

Le coefficient de détermination R^2 est calculé par le rapport de la somme des carrés du modèle sur la somme totale des carrés.

Le **test de Fisher** indique, en général, une probabilité de pente nulle de la droite (absence de corrélation) de 0,0001.

L'écart-type résiduel donne une indication sur la dispersion des mesures.

Les équations correspondantes sont les suivantes :

Ddo = 0,885 x Ho - 0,665 (21)

D + = 1,122 x Ho - 0,615 (22)

Hbv = 0,634 x Ho - 0,847 (23)

Dhp = 0,193 x Ho - 0,286 (24)

Hbv = 0,812 x Ho - 1,523 x Rhp - 0,895 (25 - annexe 25-30)

Les paragraphes qui suivent commentent ces équations ; le numéro des annexes contenant les graphiques correspondants est indiqué entre parenthèses.

2.2 Diamètre des dominants (strictement) et Hauteur dominante

Le coefficient de détermination $R^2 = 0,96$, F = 763, l'écart-type résiduel est de 1 centimètre, la régression linéaire est donc satisfaisante.

* Interprétation et utilisation

La relation simplifiée entre le diamètre des dominants et la hauteur serait :

Do = 0,8 x Ho / 100 (Do et Ho en m).

Ceci correspond à un facteur de stabilité (élancement) faible, supérieur à 100.

Un calcul rapide de moyenne montre que le rapport moyen **D+/Ho** du **plus gros arbre** de chaque placette est de **1,1/100**, donnant un coefficient d'élancement voisin de **90**.

2.3 Hauteur première branche verte et Hauteur dominante

Le coefficient de détermination $R^2 = 0,876$, F = 460, l'écart-type résiduel est de 1 mètre, la régression linéaire est donc satisfaisante.

* Interprétation et utilisation

Globalement l'**élagage naturel** suit l'élongation de la tige de l'arbre, à condition de conserver une fermeture globale du couvert.

Un élagage naturel de 50 % de la bille de pied peut être obtenu en théorie dès 6 m.

La première branche morte se trouve généralement 0,8 mètre en dessous de la première branche verte (Demolis, 1991) pour le hêtre, en retenant cette valeur extrapolée au chêne.

En supposant, d'après quelques mesures de terrain, qu'un mètre de plus est nécessaire à l'obtention d'une cicatrice totalement refermée et indemne de trace dans le bois, l'équation de la **hauteur de grume nette de défaut d'élagage** (Hqa) peut s'écrire:

Hqa = 0,634 x Ho - 1,647

L'objectif d'une **bille de pied nette de noeud mort (ou de trace de noeud) à 8 m** s'obtient alors pour une hauteur Ho de **15 m et 17 m**.

Une **sylviculture dynamique** peut se mettre en place pour augmenter le volume acquis de bille de pied de qualité au plus tard à 15 mètres, afin de conserver un houppier dynamique, et pas avant 13 m environ pour ne pas trop perdre sur l'élagage.

2.4 Diamètre du houppier et Hauteur dominante

Le **coefficient de détermination** $R^2 = 0,686$ entre le diamètre du houppier du plus bel arbre et sa hauteur totale est un peu moins bon, mais donne une tendance.

La valeur moyenne du rayon du houppier (Rhp) des jeunes chênes est donc sensiblement égale à la hauteur dominante (Ho) divisée par dix.

Rhp = Ho/10

Nous reviendrons sur l'utilisation de cette règle simple pour proposer une typologie des jeunes peuplements.

2.5 Autres facteurs influençant l'élagage naturel

Maîtriser les facteurs qui aboutissent à **une prédiction de l'élagage naturel** pour des jeunes peuplements naturels présente un intérêt important par rapport aux enjeux de **qualité** qui en découlent.

Si l'on effectue une **régression multiple** entre la hauteur de la première branche verte et 6 facteurs plausibles (G, Do/Ho, No/N...), seul le **diamètre du houppier** engendre, avec **la hauteur dominante,** un coefficient F supérieur au seuil de 4.

La régression obtenue en fonction des variables **Ho et Rhp** donne un coefficient de détermination $R^2 = 0,931$ (graphique 25, annexe 25-30) , F = 401, l'écart-type résiduel est de 0,8 mètre.

Le graphique obtenu montre un resserrement des valeurs de terrain autour de la droite de régression, l'introduction de la deuxième valeur **réduisant l'hétérosédasticité**.

* Régression simple, variable Ho - 1,9 Rhp

Un résultat similaire est obtenu en ajustant par tâtonnements la variable Ho-Rhp qui donne des coefficients encore plus fiables, F = 815, l'écart-type résiduel est de 0,78 mètre.

* Interprétation et utilisation

L'intérêt de ces relations est de faire apparaître le **coefficient d'élagage Hbv/Ho**.

En effet de l'équation (25) on tire :

Hbv/Ho = 0,812 - 1,523 x **Rhp/Ho** - 0,895/Ho

D'où on en déduit qu'il existe une bonne relation entre le pourcentage d'élagage naturel et la proportion de rayon du houppier, traduisant ainsi par cette équation l'**antagonisme vigueur-qualité**.

2.6 Les relations non significatives

L'introduction de l'écartement moyen entre les tiges dominantes et codominantes **Eo** comme deuxième variable explicative de l'élagage n'améliore pas la relation entre Hbv et Ho (R^2 = 0,84 ; F = 340).

Ceci est dû au fait que les arbres, nous l'avons vu, ne sont pas des solides identiques et **imposer un espacement moyen ne présage en aucun cas du degré de fermeture du couvert** dès lors que l'on ignore le **volume de houppier** de chaque arbre.

C'est pourquoi le coefficient d'espacement, comme les normes de densité, ne sont que des indicateurs imparfaits de l'état de concurrence d'un jeune peuplement en phase d'élongation.

3. Paramètres significatifs du hêtre

La méthode d'analyse des données relatives au chêne peut être appliquée de la même manière au hêtre.

3.1 Résultat des régressions linéaires

Variables :	y	x	Ec.type	R^2	F	N° an.
Diamètre dominants et cod.	**Do(cm)**	**Ho(m)**	**1,32 cm**	**0,908**	**402**	**26**
Diamètre du plus bel arbre	**D+(cm)**	**Ho(m)**	**2,06 cm**	**0,857**	**222**	**27**
Hauteur branche verte	**Hbv(m)**	**Ho(m)**	**1,37 m**	**0,812**	**173**	**28**
Rayon du houppier	**Rhp(m)**	**Ho(m)**	**0,24 m**	**0,848**	**190**	**29**
Hauteur fourche	**Hfo(m)**	**Ho(m)**	*****	**0,663**	*****	**30**
Hauteur branche verte	**Hbv (m)**	**Ho, Rhp**	**1,13 m**	**0,873**	**113**	

Les valeurs obtenues pour les coefficients de détermination $\mathbf{R^2}$ et les test de Fischer sont satisfaisants (* la relation hauteur de fourche/hauteur totale n'est utiliée que de façon qualitative).

Ces régressions permettent de quantifier la dynamique des jeunes peuplements de hêtre.

3.2 Equations des régressions obtenues

Les variables sont les mêmes que celles utilisées pour le chêne.

Ddo = 0,914 x Ho - 1,46 (26)

D + = 1,177 x Ho - 0,854 (27)

Hbv = 0,630 x Ho - 1,963 (28)

Rhp = 0,147 x Ho - 0,105 (29)

Hfo = 0,638 x Ho - 0,06 (*) (30)

Hbv = 0,826 x Ho - 0,466 x Rhp - 2,988 (**)

3.3 Diamètre des dominants et codominants

Pour une hauteur égale, le rapport **Do/Ho** des hêtres est plus élevé que celui des chênes (environ **0,9 cm de diamètre par mètre** de hauteur contre 0,7 cm/m).

Le rapport moyen **D+/Ho** du **plus bel arbre** de chaque placette est de **1,2/100**, valeur très proche de celles du chêne (mais les loups n'ont pas été pris en compte).

3.4 Hauteur de la première branche verte

Si le **houppier** des hêtres des jeunes peuplements est en moyenne **plus large** que celui des chênes, il est également nettement **plus long**, ce qui se traduit par une hauteur d'élagage naturel plus faible.

Concrètement, à hauteur égale,dans les jeunes peuplements, **les hêtres sont naturellement plus branchus que les chênes**.

3.5 Rayon des houppiers

Le rayon du houppier des plus beaux hêtres des placettes vaut en moyenne **une fois et demi** celui du chêne, pour une hauteur égale.

Pour mémoire on retiendra la relation moyenne :

Rhp = 15*Ho/100 entre 3 et 20 m de hauteur

3.6 Hauteur de la première fourche

La définition d'une fourche, retenue par les STIR -ONF est celle d'une "branche latérale, de diamètre supérieur à la moitié de la tige principale et dont l'écart à la verticale est inférieur à 30°".

En adoptant cette définition de la fourche, on s'aperçoit que pratiquement tous les hêtres sont fourchus, à une hauteur qui dépend de la fermeture du couvert.

Lorsque le milieu est ouvert (plantations à fort écartement), la fourche est très visible, elle caractérise la **croissance sympodiale** polycyclique du hêtre.

Le rameau en position apicale reprend progressivement sa **dominance** sur la plus petite tige de la fourche dont le diamètre ne croît plus.

Pour l'observateur la fourche **régresse** ; pendant que d'autres fourches apparaissent temporairement dans la partie la plus éclairée du houppier.

Ces remarques ont déjà été évoquées dans le chapitre deux '**Sylviculture et Recherche** ".

4. Conclusion du chapitre sept

Le traitement des données de terrain suggère que, dans les jeunes peuplements de chêne et de hêtre, le diamètre à un mètre trente et les dimensions du houppiers des arbres dominants sont directement liés à la hauteur dominante du peuplement quelle que soit la station.
Le mécanisme d'élongation serait donc le principal facteur de différenciation des tiges entre elles.

Chapitre 8

Modèles de croissance

1 Tableaux de synthèse des valeurs moyennes obtenues

Les équations de régression obtenues au chapitre sept donnent une idée des valeurs dendrométriques moyennes que l'on rencontre dans les jeunes peuplements.

Il est ensuite aisé de dresser le tableau des valeurs des principales variables de formes des jeunes arbres.

La longueur de houppier Hhp se déduit par la relation :

Hhp = Ho - Hbv

On rappelle : Hbv : hauteur de la première branche verte, Do diamètre à 1,30 m
Dhp : Diamètre du houppier.

Pour calculer l'âge des arbres à une hauteur donnée, on suppose la croissance régulière, égale à **40 cm/an pour le chêne et 50 cm/an pour le hêtre**, selon les équations:

Age(chêne)=(H+1)/0,4 et Age(hêtre)=(H+0,8)/0,5, entre 3 et 20 mètres.

1.1 Synthèse des valeurs de régression du chêne :

Ho	**3**	4	5	6	**7**	8	9	10	**11**	12	13	14	**15**	16	17	18	**19**	20
Hhp	1,9	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,2	5,6	6,0	6,3	6,7	7,1	7,4	7,8	8,2
Dhp	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1
Do	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10	10	11	12	12	13	14	14
Hbv	1,1	1,7	2,3	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5	6,1	6,8	7,4	8,0	8,7	9,3	9,9	11	11	12
Age	10	13	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50	53

1.2 Synthèse des valeurs de régression du hêtre :

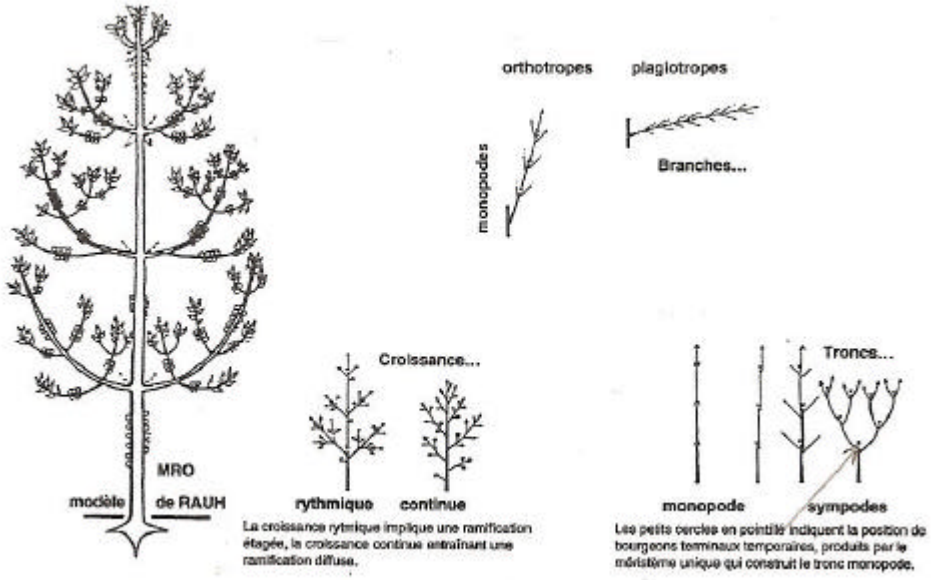
Ho	**3**	4	5	6	**7**	8	9	10	**11**	12	13	14	**15**	16	17	18	**19**	20
Hhp	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,7	6,0	6,4	6,8	7,1	7,5	7,9	8,3	8,6	9,0	9,4
Dhp	0,7	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7
Do	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17
Hbv	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,1	3,7	4,3	5,0	5,6	6,2	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10	11
Age	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42

Ces chiffres vont permettre de représenter la forme moyenne des arbres en fonction de la hauteur et d'imager les différents stades de leur croissance.

2. Illustration des mécanismes de sélection

Les dimensions des houppiers seront tirées des tableaux ci-dessus ; pour la forme de la courbe enveloppe du feuillage le modèle de Rauh (d'après Hallé et Oldeman, 1970 et 1978, in Crabé, 1987) servira de base.

Figure 8.1 : Modèle de Rauh, d'après Hallé et Oldeman, 1970 et 1978.



2.1 Représentation du houppier des chênes

Le rapport de la **hauteur du houppier** sur sa **largeur** est voisine de deux. Le chêne garde sensiblement ses proportions moyennes au cours de la phase d'élongation.

La dispersion autour de cette forme moyenne est assez importante et d'une placette d'inventaire à l'autre la vigueur du houppier peut varier dans des proportions non négligeables.

Pour illustrer le maximum de **variabilité** qui a été rencontrée sur le terrain, le fichier a été trié par taille décroissante du houppier des plus beaux arbres de chaque placette.

Ces extrêmes de dimensions de houppiers ont été regroupées et représentées sur la figure 8.2, accompagnées des caractéristiques dendrométriques du peuplement qui les entoure.

L'**écart de forme est important,** la largeur de houppier variant dans des proportions de 1 à 2,5 , sa longueur de 1 à 1,72.

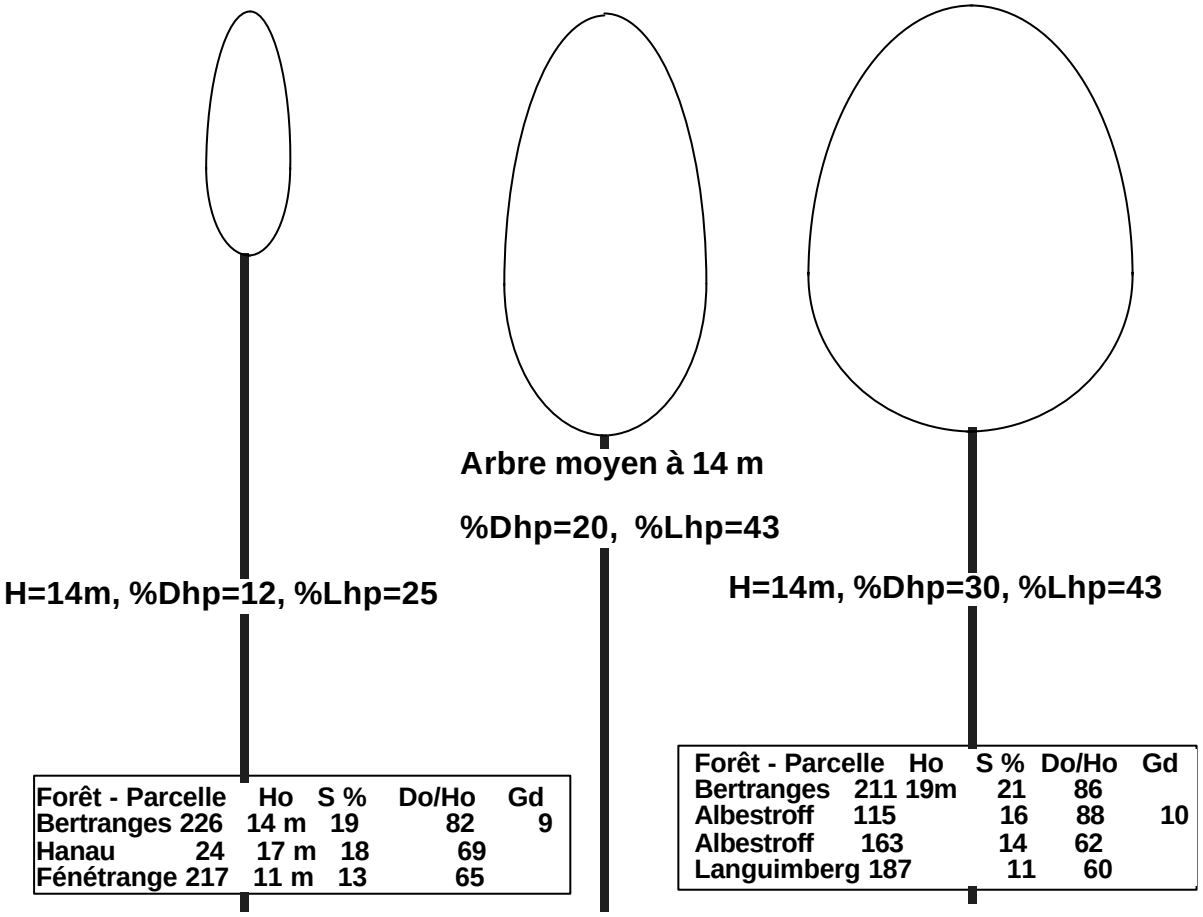
Le **coefficient d'espacement** prend dans les deux cas des valeurs très variables, montrant à nouveau que la densité n'est pas une valeur indicatrice de la **vigueur** des arbres du peuplement.

Le rapport **Do/Ho**, reflétant **le gain relatif de diamètre** à 1,30 m des tiges dominantes (strictement) pour une hauteur donnée, ne semble corrélé ni à la vigueur des arbres, ni à la fertilité des stations, ni aux traitements sylvicoles (après test sur l'ensemble des placettes).

La courbe du rapport Do/Ho de l'ensemble de l'échantillon de chêne en fonction des **sommes investies en dépressage** n'a donné aucun rapport de cause à effet et une forte dispersion des résultats.

Figure 8.2

Ecarts de forme des Chênes "+" de l'échantillonnage (Ho=14 m)



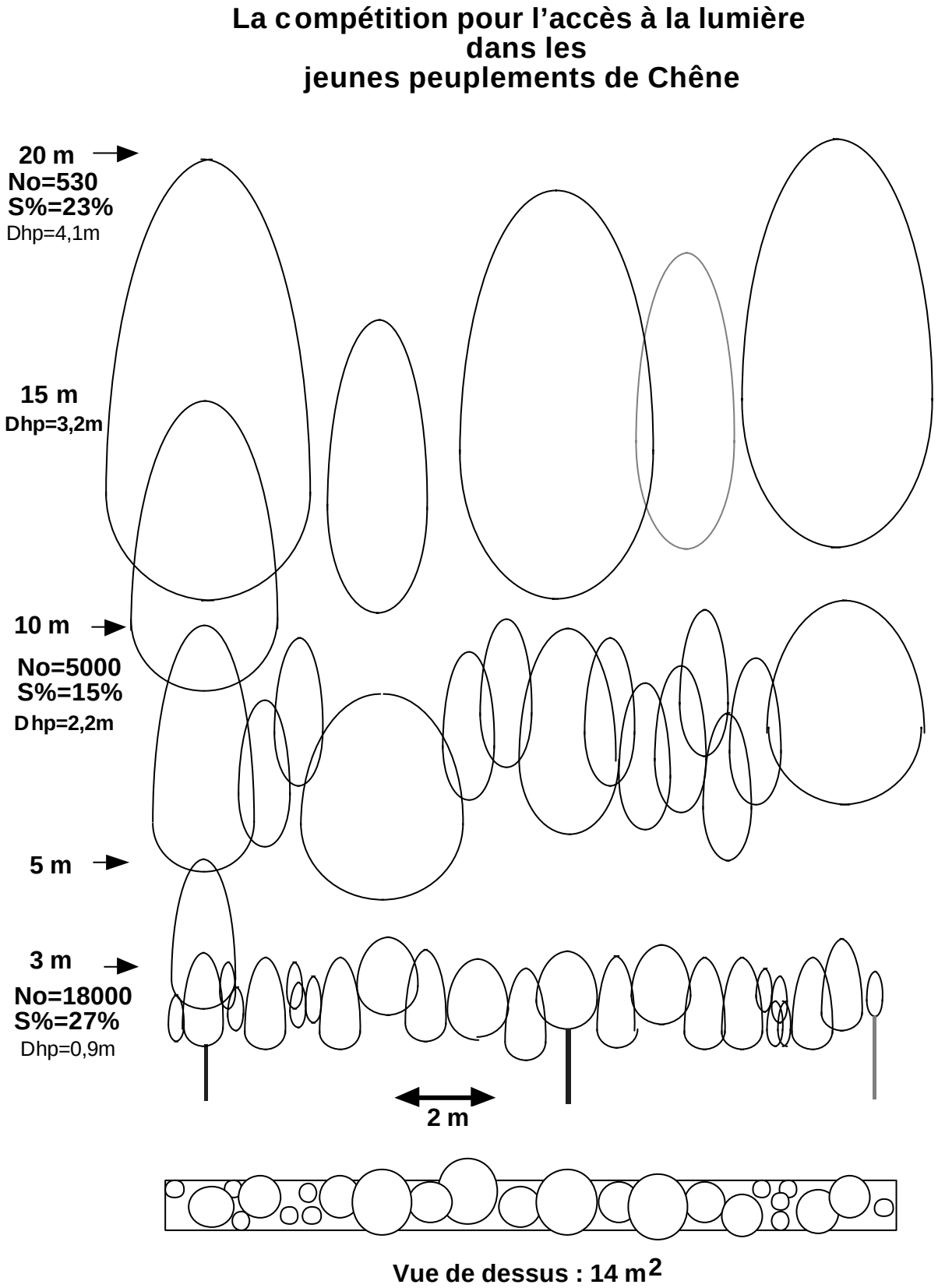
Forêt - Parcelle	Ho	S %	Do/Ho	Gd
Bertranges 226	14 m	19	82	9
Hanau 24	17 m	18	69	
Fénétrange 217	11 m	13	65	

Forêt - Parcelle	Ho	S %	Do/Ho	Gd
Bertranges 211	19m	21	86	
Albestroff 115		16	88	10
Albestroff 163		14	62	
Languimberg 187		11	60	

Légende :

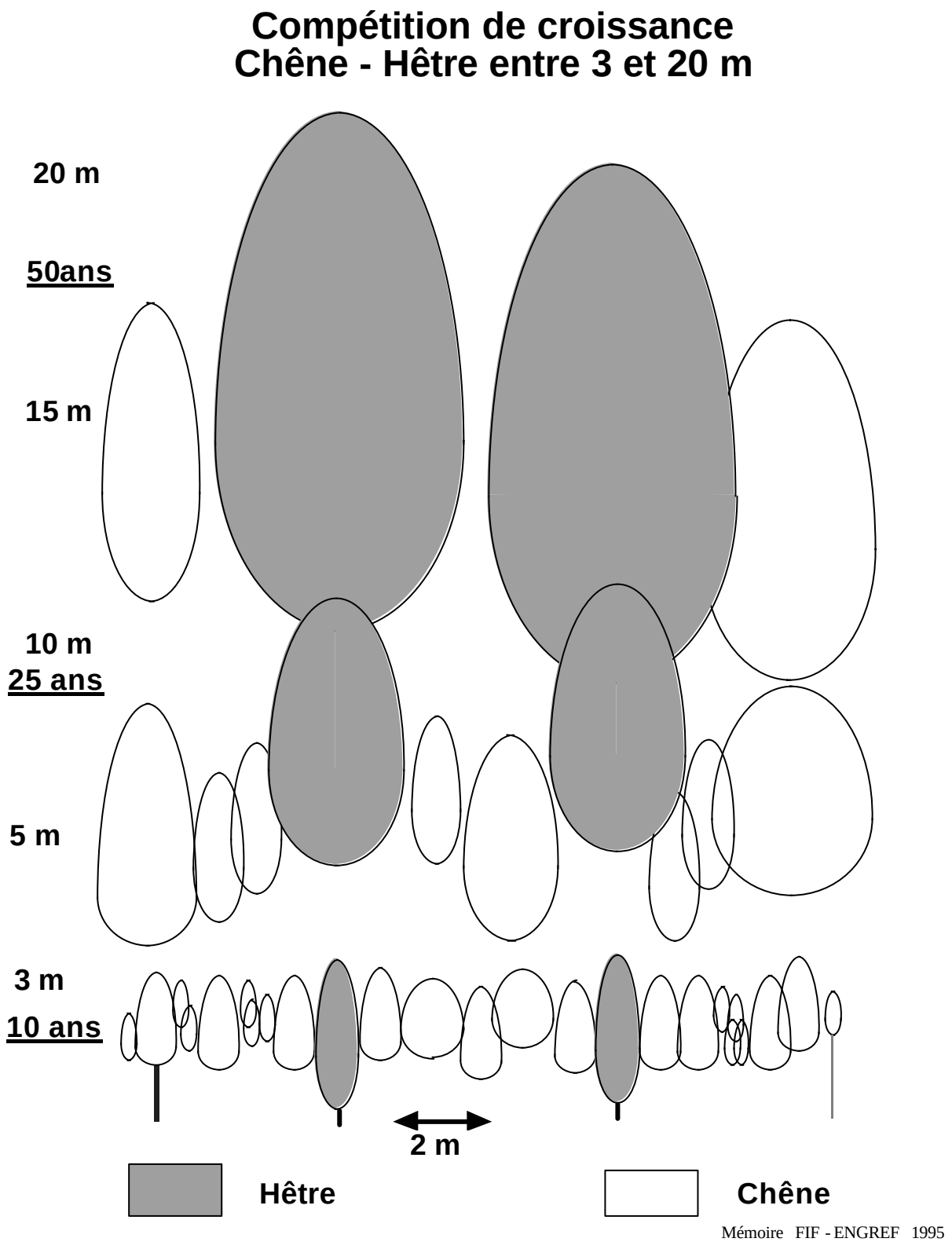
%Dhp	Rapport : Diamètre du houppier du plus bel arbre/Ho
%Lhp	Rapport : Hauteur de houppier/Ho
Albestroff 115	Nom de Forêt domaniale et n° de parcelle
S%=16	Valeur du coefficient d'espacement Eo/Ho
Do/Ho=88	Diamètre moyen des Dominants/Hauteur dominante
10Gd	Nombre de gourmands sur le plus " bel " arbre

Figure 8.3 : Compétition intra-spécifique



Mémoire FIF - ENGREF 1995

Figure 8.4 : Compétition inter-spécifique



Mémoire FIF - ENGREF 1995

2.2 Variations du volume des houppiers au cours de la phase d'élongation

Sur la figure 8.3, partie gauche, sont reportées, à l'échelle, les dimensions moyennes d'un chêne au stades de 3, 5, 10, 15 et 20 mètres.

On réalise en regardant ce dessin à quel point **la formation et la disparition du houppier d'un jeune arbre est rapide**.

Aussi dans les cas extrêmes un arbre **codominant**, au houppier **étriqué** à un certain stade, peut très bien devenir un **arbre dominant** muni d'un large houppier quelques années plus tard si sa vitesse d'élongation est supérieure à celle de ses voisins ; ce serait le cas d'un **hêtre dominé** qui passerait dans l'étage dominant au dessus d'un peuplement de chêne.

L'inverse est tout aussi possible.

2.3 La compétition des jeunes peuplements de chêne

Tout les éléments sont maintenant rassemblés pour se représenter comment évolue naturellement un jeune peuplement de chêne au cours du temps.

Sur la figure 8.3 sont dessinées, au centre et à droite, **trois étapes de croissance** bien différentiées, choisies à **3 m, 10 m et 20 m**.

* La **première étape** schématise le peuplement à **3 mètres** de hauteur ; il est représenté également en contre bas pour donner une idée de la représentation spatiale en deux dimensions.

La **vue de dessus** simule l'échantillon de départ représenté sur un rectangle de 1m par 14 m, contenant une densité de 18000 tiges à l'hectare, équivalent à un coefficient d'espacement de 27 % (espacement assez fort pour cette hauteur).

L'ensemble des tiges est volontairement hétérogène, dans la gamme de dimensions rencontrées sur le terrain.

Par contre les **tiges dominantes** du peuplement sont très **homogènes**, avec un **diamètre de houppier important**, comme après un dépressage énergique.

Malgré un bon coefficient d'espacement, l'évolution du peuplement est **provisoirement bloqué** et les arbres dominants vont devenir **étriqués** jusqu'à ce que quelques uns d'entre eux s'affirment au dessus du groupe.

Par conséquent, avant 10 mètres, **une majorité de ces belles tiges** au profit desquelles on a éventuellement travaillé vont **forcément être concurrencées et mourir.**

* A **10 mètres** de haut il ne reste plus que 4 grosses tiges et un peu de bourrage.

Le coefficient d'espacement est **faible** à cause du nombre élevé de codominants qui atteignent encore l'étage supérieur ; la densité est de 5000 tiges à l'hectare.

Mais du fait de la bonne différentiation de 4 des tiges dominantes la situation n'est pas inquiétante, le peuplement est prêt pour le stade de hauteur suivant **sans qu'il soit besoin d'intervenir**.

* A **20 mètres** de haut il ne reste **plus que 3 tiges dominantes** et une tige codominante ; la densité est de 550 tiges par hectare.

Le coefficient d'espacement de 23 % permet de se raccorder aux normes classiques de gestion de la futaie.

A ce stade la première éclaircie commerciale et la désignation des arbres d'avenir a eu lieu (détourage d'un arbre en pointillé).

2.4 La croissance du hêtre

Les houppiers moyens de hêtre apparaissent beaucoup **plus volumineux** que ceux du chêne et par conséquent **l'élagage naturel est moins bon**.

La forme du houppier est surtout variable dans le jeune âge en fonction de l'ouverture du couvert. Au delà de 12 mètres les arbres dominants sont **vigoureux** et assez bien élagués si le couvert est fermé.

Par comparaison avec le chêne on prévoit tout de suite que la **compétition** dans un peuplement de hêtre au feuillage volumineux et dense serait **encore plus énergique** que pour la chênaie.

C'est ce qu'on a observé sur le terrain où aucun cas de réelle surdensité de tiges dominantes n'a été remarqué.

Ces modèles moyens vont servir de base à la **simulation** de la croissance d'un peuplement de chêne dans lequel quelques hêtres sont présents au départ.

3. La compétition interspécifique

3 1 La compétition chêne-hêtre

* Simulation

Sur le dessin de la compétition chêne-chêne deux chênes dominants ont été remplacés par **deux hêtres** (figure 8.3).

La référence de stade n'est plus la hauteur mais **l'âge**. Le peuplement mélangé va être représenté à l'âge de **10 ans, 25 ans et 50 ans**.

La vitesse de croissance du hêtre et ses dimensions moyennes sont supérieures à celles du chêne.

De plus le feuillage du hêtre est épais et opaque, provoquant le dépérissement des feuilles de chêne sous son couvert.

La représentation est démonstrative, la sélection est rapide au profit de l'**envahissement par le hêtre**.

La **composition** en tiges dominantes (strictement) de hêtre passe de **14 % à 3 m, puis 40 % à 10 m et pratiquement 100 % à 20 mètres**.

Ce scénario se vérifie à partir de l'échantillonnage de terrain puisque dans les jeunes peuplements inventoriés **la proportion de tiges dominantes de chêne,** ou de tout autre essence en mélange avec le hêtre, chute régulièrement avec la hauteur dominante et au delà de **10 mètres** la présence d'un **chêne** en mélange pied à pied avec du hêtre est **très rare**.

*** Observations antérieures**

Pardé (1981) décrit l'évolution au cours du temps d'un peuplement mélangé de chêne et de hêtre et nous indique que "le placeau témoin a vu la disparition de la quasi-totalité des 300 chênes considérés en 1882, à 26 ans, comme étant des tiges d'avenir : ils n'ont pu supporter la concurrence que leur faisait le peuplement de remplissage, constitué pour l'essentiel par des hêtres. Les 300 chênes étaient encore sur pied et vivants en 1903 à 47 ans ; ils n'y en avait déjà plus que 124 à 67 ans, 16 à 100 ans, et 4 à 120 ans".

"L'éclaircie par le bas n'a eu strictement aucune influence sur l'évolution générale du peuplement".

"Pour les peuplements purs de hêtre, ... le peuplement témoin à perdu , par auto-éclaircie (*self-thinning*) de 30 à 120 ans, 21 % de la production totale".

Ces quelques lignes confirment la très forte sélection naturelle intra et interspécifique qu'exerce le hêtre en peuplement pur ou mélangé.

3. 2 Réflexion sur la "biodiversité"

*** Un vaste sujet**

Traiter de ce sujet demanderait un protocole spécifique et une étude longue et complexe.

Cette étude nécessiterait la collecte de mesures de **peuplements purs de chaque essence** étudiée pour comprendre le mécanisme de régulation de chaque espèce.

Les cas de mélange d'essences sont fréquents dans les peuplements issus de régénération naturelle. C'est à trois mètres de hauteur que la proportion de mélange est la plus forte.

Par la suite le mécanisme de concurrence et les interventions humaines réduisent fortement, jusqu'à un passé récent, la richesse du mélange.

Aussi le **nombre de combinaisons possibles** d'associations d'essences qui vont pouvoir **subsister en mélange intime** est assez limité.

*** Les lois de base**

Dans les chapitres précédents nous avons mis en évidence l'importance de la lumière et de la vitesse de croissance dans le processus de sélection intra-spécifique.

On peut aisément imaginer, et l'exemple de l'association chêne-hêtre est démonstrative, que le mécanisme de sélection va être exacerbé dans le cas d'une **sélection inter-spécifique**.

De plus des facteurs biochimiques (allélopathie, toxicité du frêne) vont accentuer ce phénomène.

En ne considérant que **l'importance de la lumière et des vitesses de croissance** plusieurs cas sont à envisager.

Dans un premier temps **l'écart de vitesse de croissance** va structurer le peuplement en un étage supérieur et un étage de hauteur légèrement inférieur.

Si l'essence de plus faible vitesse de croissance **tolère l'ombrage** de l'essence qui la domine, les deux strates forment **une association durable**.

C'est le cas de **hêtres sous des bouleaux** dans le premier stade de croissance.

On peut citer le **charme sous le chêne**, à condition que le charme ait un décalage de croissance initiale, par exemple en favorisant son introduction naturelle en sous-étage par une ouverture de couvert lorsque les chênes ont entre 3 et 6 m de hauteur.

Dans tous les cas où une essence d'ombre à croissance rapide est en mélange avec une essence de lumière à croissance modérée, **le mélange est instable** et la survie de l'essence la plus héliophile est temporaire.

Cette sélection est d'autant plus rapide que le milieu est fertile, par augmentation des **différences de vitesse de croissance**, et que l'essence sciaphile est sur sa station optimale (Jacobée, 1993).

* Mélange par bouquets

Une solution permettant de maintenir le mélange dans des jeunes peuplements de hêtre sans devoir tenter désespérément de sauvegarder quelques chênes en mélange pied à pied, consisterait à conserver des îlots de chêne, sur une surface au moins égale au houppier d'un chêne adulte.

4. La disparition des arbres d'avenir

4.1 Mise en évidence par la simulation

La figure 8.2 montre un exemple de compétition au sein d'un peuplement de chêne. Au centre du dessin on peut apercevoir une tige dominante de chêne dont la vitesse de croissance en hauteur est légèrement inférieure à celle des tiges voisines.

Progressivement son houppier ne pourra plus se développer en largeur et son statut social va régresser jusqu'à passer au stade de tige dominée.

Si cette tige d'avenir fait partie des tiges d'avenir identifiées par le sylviculteur, ou des tiges au profit desquelles on a travaillé, cette désignation et cet investissement sont perdus.

4.2 Observations antérieures

De nombreux auteurs constatent la disparition d'arbres d'avenir au profit desquels on a travaillé (Schütz, 1990 - chapitre six).

Pardé (1981) note la **perte,** dans des peuplements de hêtre, **de 60 % des arbres d'avenir prédésignés** entre l'âge de 50 et 120 ans, quelque soit le type d'éclaircie pratiqué.

5. Conclusion du chapitre huit

Ces illustrations ont permis d'animer les mesures de terrain et de restituer dans le temps un phénomène de croissance simple, mais peu perceptible par le forestier.

Une meilleure connaissance du comportement juvénile des essences forestières pourrait donner des indications prédictives sur l'évolution naturelle d'un peuplement feuillu mélangé.

Chapitre 9

Application au diagnostic sylvicole

1. Récapitulatif des résultats de l'étude

Les chapitres précédents ont mis en évidence l'existence d'une **dynamique naturelle de croissance** aboutissant à une **sélection naturelle forte**, basée principalement sur les différences de **vigueur** et de **vitesse de croissance** entre les tiges.

La qualité de la bille de pied s'améliore avec l'**élagage naturel** qui progresse régulièrement si le peuplement reste fermé.

1.1 Particularités du chêne

Pour obtenir des arbres indemnes de gourmands deux sylvicultures extrêmes sont à proscrire.

Une **sylviculture sans aucune intervention,** quelle que soit la station, peut provoquer le développement de gourmands à la suite d'un phase de **surdensité** de tiges dominantes.

Des interventions **trop fortes** qui se traduisent la plupart du temps par une apparition de gourmands à la suite d'une brutale mise en lumière.

1.2 Particularités du hêtre

La **vigueur de croissance** de hêtre est supérieure à celle du chêne.

Les cas de surdensités (de tiges dominantes) sont pratiquement inexistants.

Dans le quart nord-est de la France le **chancre** (*nectria ditissima - cl. ascomycètes*) est très présent et l'échantillonnage de terrain, contenant des parcelles dépressées, révèle l'existence de tiges chancreuses sur 30 % des placettes.

L'**élagage naturel** du hêtre est très sensible à la fermeture du couvert forestier.
La régénération rapide d'une parcelle engendre le développement d'individus fourchus qui deviennent rapidement des dominants de mauvaise conformation (loups).

2. Analyse vigueur-qualité

Au fil des mesures de terrain, il est apparu que le contrôle du **nombre de tiges/ha** ne suffisait pas à déterminer une sylviculture de production de bois de qualité.

2.1 Analyse

Pour décider de l'opportunité d'une intervention sylvicole, il est apparu nécessaire de procéder à une analyse de la vigueur et de l'état de concurrence des arbres.

Dans le cas où un peuplement se trouve spontanément dans une phase de croissance où **les plus beaux individus** ont un houppier vigoureux et une bille de pied est bien conformée, une intervention n'est **pas forcément nécessaire**.

Par contre si l'état de concurrence est fort, **houppiers étriqués, tiges filiformes et flexueuses**, alors une intervention peut être envisagée au profit des arbres les plus vigoureux, sans provoquer de déséquilibre brutal.

Enfin lorsque le peuplement est **ouvert**, constitué d'arbres le plus souvent bas branchus, aucune intervention immédiate n'est recommandée, sauf pour des raisons sanitaires ou si le peuplement contient des arbres dont la conformation ne peut s'améliorer avec la croissance (loups).

2.2 Outil

Dans le chapitre sept nous avons mis en évidence une relation d'**antagonisme** entre l'**élagage naturel** et la **forme du houppier**.

Cette affirmation peut sembler une évidence et on peut facilement imaginer qu'un arbre est d'autant mieux élagué que son houppier est petit.

En fait l'étude nous a montré qu'à hauteur élaguée identique, les **houppiers** des arbres pouvaient avoir une largeur, et donc une **surface exposée à la lumière incidente**, fort différente.

D'où l'idée de retenir comme critère complémentaire d'analyse des jeunes peuplements le pourcentage de hauteur élaguée (**Hbv/Ho**) et la largeur relative du houppier (**Dhp/Ho**).

Ces deux variables peuvent servir de base à la construction d'un **diagramme à deux axes** sur lequel la position des points relatifs à chaque placette peut être interprétée.

L'interprétation du diagramme impose de choisir une **situation moyenne de référence**, à partir de laquelle la situation est satisfaisante.

Ces deux axes vont découper le graphique en **quatre secteurs** que nous numéroterons en le parcourant dans le sens des aiguilles d'une montre, en partant du coin supérieur gauche du diagramme.

3. Application au Chêne

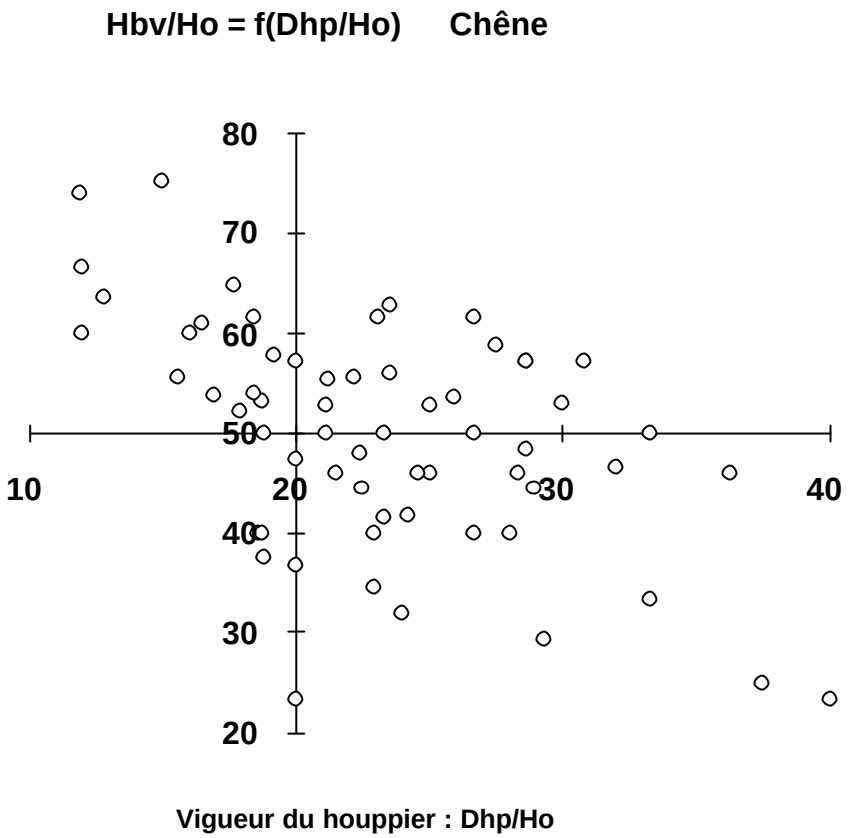
Le diagramme du chêne est représenté figure 9.1.

Le secteur présentant un **bon élagage** et un **fort diamètre de houppier** correspond à la situation optimale (secteur **2 LaEla** : houppier **La**rge et fût **Ela**gué).

Pour les placettes d'arbres branchus et vigoureux (secteur **3 LaBru** : houppier **La**rge et fût **Bra**nchu), l'amélioration de l'élagage sera l'objectif principal, par contre les peuplements étriqués seront l'objet d'une opération revitalisante (secteur **1 EtEla**: houppier **Et**roit et fût **Ela**gué et secteur **4 EtBru**).

(Nous verrons que la quatrième situation, arbres étroits et mal élagués, est peu courante).

Figure 9.1 : Diagramme Vigueur-Elagage du chêne



3.1 Axes principaux

En application de l'exploitation des mesures (chapitre 7), les axes principaux seront centrés autour de **50 % d'élagage** pour les ordonnées et de **20 % de diamètre relatif** pour les abscisses.

La valeur exacte de la référence d'origine est moins importante que l'**interprétation** des **situations extrêmes** et les éventuelles **analogies** de caractéristiques de l'ensemble des points d'un secteur.

3.2 Diagramme vigueur-élagage pour le chêne

Ce diagramme est représenté figure 9.1, son interprétation est la suivante :

*** Secteur n°1 : Arbres étroits et élagués**

Dans ce secteur se trouvent des peuplements sans aucune intervention (ex : Forêt des Bertranges), généralement couverts de gourmands, et des parcelles dépressées en 1988 et 1989.

Les dépressages n'ont eu qu'un effet uniformisant qui n'a pas aidé les plus beaux arbres à se développer avec vigueur.

Sur le terrain c'est le diagnostic de "**concurrence**" qui caractérisait le plus ces peuplements.

Si une intervention doit avoir lieu, elle doit avoir pour objectif d'aider des plus gros arbres vigoureux et de qualité à passer au dessus du couvert.

***remarque : sous-secteur n°1-4 : Stations à réserve hydrique limitée**

L'identification des points du diagramme montre un regroupement de situations ayant en commun la **texture** localement **sableuse** du sol (Bitche, Tronçais) et l'exposition sud pour les parcelles pentues.

Dans ce type de situation le **manque de réserves en eau** pourrait avoir deux conséquences : une diminution du sous-étage entrainant un **moins bon élagage naturel** (couvert assez clair) et une **baisse de vigueur** limitant le développement optimum du **houppier**.

Ces remarques restent qualitatives en l'absence d'un échantillonnage important de ce type de station.

Il est toutefois intéressant de mentionner les publications de Bellefleur (1990) sur la répartition de la lumière dans les forêts du Québec, où il est indiqué que la compétition pour la lumière ne joue pleinement que lorsque les **réserves en eau sont abondantes** en permanence.

*** Secteur n°2 : Arbres élagués et vigoureux (houppiers larges)**

Le nuage de points est assez groupé, le diagnostic de terrain indique qu'**une intervention n'est pas urgente**.

Les arbres les plus vigoureux de ces peuplements resteront dominants **quelques temps** avec ou sans dépressage.

*** Secteur n°3 : Arbres branchus et vigoureux**

En identifiant les placettes, on s'aperçoit que ce secteur est composé de peuplements issus de **plantations**, de **régénérations lâches parsemées de trouées** et, autour de l'axe des abscisses, des **parcelles fortement dépressées** dont certaines ont vu leurs arbres se couvrir de gourmands. L'élagage naturel est faible.

L'attente d'une **fermeture du couvert** est la prescription la plus sûre.

*** Secteur n°4 : Arbres branchus et étroits**

Le point commun de ces placettes (37, 41, 133) est de contenir des saules et des bouleaux en concurrence avec le chêne.

La placette 41 est originale : trois lignes de chênes espacées de 1 m ont été plantées de part et d'autre de bandes vides de 8 mètres de large.

Les vides se sont ensemencés naturellement avec un degré de recouvrement du sol de 30 à 60 %, avec des arbres de qualité souvent satisfaisante.

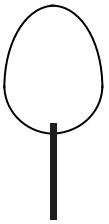
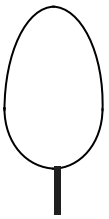
Les arbres de ce secteur sont caractérisés par un retard d'élagage dû à l'**apport important de lumière** des trouées ou à travers le feuillage léger de l'essence associée, et par une **difficulté de développement de houppier** sous couvert d'essences à croissance rapide.

Si un couvert léger peut favoriser le bilan hydrique d'un jeune **semis** de chêne, le développement optimal de leur cime ne pourra se faire qu'après **suppression**, au moins partielle, des essences héliophiles concurrentes.

3.3 Caractéristiques dendrométriques des secteurs de diagnostic sylvicole du chêne

La valeur des principaux indicateurs de vigueur et de station sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Le secteur 4, peu représenté n'a pas fait l'objet de présentation de calculs.

Repère :	1 Etroit - élagué 				2 Large - élagué 				3 Large - branchu 			
Variable :	**Moy**	Ecty	Mini	Max	**Moy**	Ecty	Mini	Max	**Moy**	Ecty	Mini	Max
Bourgeons	**7**	6	0	16	**9**	8	2	25	**15**	17	0	50
Gourmands	**30%**	48%	0%	100	**10%**	32%	0%	100	**0%**	0%	0%	0%
Ho moyen	**11**	5	5	20	**10**	6	3	19	**7**	3	3,5	15
G total	**23**	6	14	33	**26**	12	16	57	**26**	13	12	50
G do+codo	**16**	5	10	26	**21**	10	10	47	**18**	8	10	31
Ho final	**32**	3	26	36	**33**	3	29	38	**31**	4	28	40
S %	**18**	3	13	25	**16**	4	11	22	**18**	3	14	24
Do/Ho	**0,70**	0,11	0,47	0,96	**0,72**	0,15	0,51	0,96	**0,73**	0,10	0,33	0,95
D+/Ho	**0,93**	0,19	0,50	1,23	**1,12**	0,31	0,57	2,07	**1,00**	0,23	0,57	1,60
Fréq. Cloiso	**19%**				**75%**				**88%**			
Travaux	**2,54**	3,05	0	11	**2,37**	1,93	0	5	**2,28**	2,26	0	7

Légende :
Moy = valeur moyenne du secteur ; Ecty = écart type ; Min et Max = valeurs extrêmes du secteur
"D+/Ho" = gain relatif de diamètre du plus gros arbre de la placette
"Do/Ho" = gain relatif de diamètre des dominants de la placette
"Bourgeon" = nombre moyen de bourgeons dormants au mètre linéaire sur le plus bel arbre
"Gourmand" = fréquence d'apparition de gourmands sur les plus beaux dominants
"Fréq. Cloiso" = fréquence de présence de cloisonnements sur lesplacettes d'un secteur
"Travaux" = moyenne des jours.hommes investis dans les 5 ans antérieurs

Compte tenu de la valeur importante de l'**écart-type** de chacun des **paramètres** étudiés, ceux-ci sont **identiques** au sens statistique du terme.

Toutefois certaines moyennes, qui correspondent aux observations accumulées sur le terrain, incitent à mentionner que les **gourmands** sont plus fréquents dans les peuplements en **forte concurrence** et que la meilleure **croissance relative en diamètre** à 1,3 m des dominants (rapport **Do/Ho = 0,72**) est similaire pour le **secteur 2 et 3**, un peu plus faible pour le **secteur 1** (arbres étroits).

Ce facteur étudié pour le **plus gros arbre** de la placette (loup exclu ; rapport **D+/Ho = 1,12**) donne une valeur plus forte pour le **secteur 2**.

L'ouverture d'un **cloisonnement** est peut-être la seule intervention significative qui oppose les placettes d'arbres **larges et élagués**, secteur 2, aux placettes d'arbres **étroits et élagués**, secteur 1, (88 % de fréquence d'ouverture de cloisonnement contre 19 %) ; le nombre d'interventions récentes (dépressage) étant **équivalent** dans ces deux cas, ce que confirme la ligne "travaux".

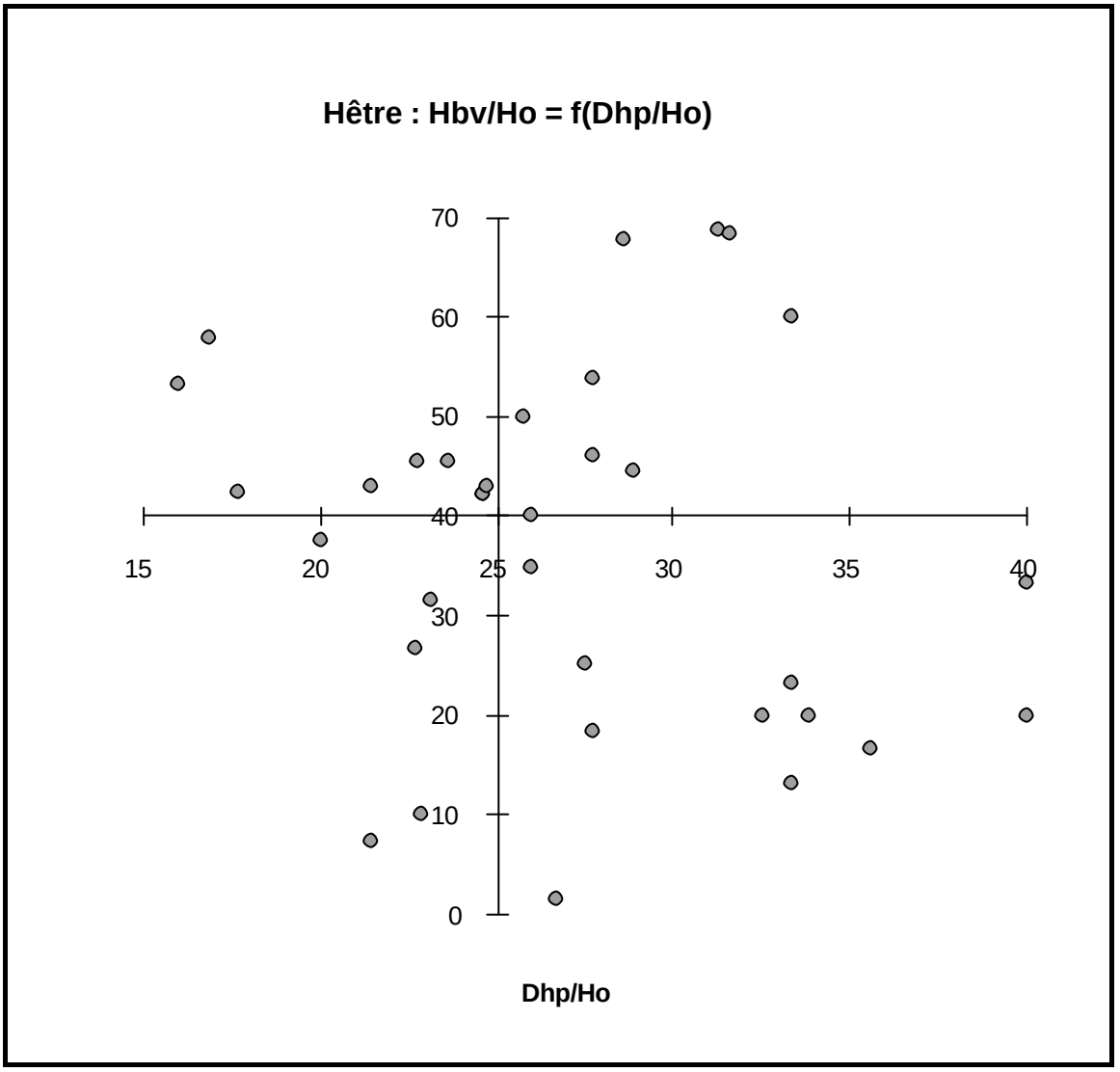
Ces résultats inciteraient à conclure qu'il est bien difficile de quantifier les bienfaits des **dépressages** dans les jeunes peuplements de chêne, alors qu'on aurait pu s'attendre à une nette **amélioration du diamètre** des arbres dominants des parcelles dépressées compte tenu des **investissements importants** réalisés.

Par contre un **cloisonnement** sylvicole (étroit), considéré comme un moyen d'accès indispensable à la réalisation d'interventions sélectives, pourrait de plus jouer le rôle d'**une intervention sylvicole dynamisante**.

4. Application au Hêtre

4.1 Axes principaux

Les axes principaux du hêtre seront centrés autour de **40 % d'élagage** pour les ordonnées et de **25 % de diamètre relatif** pour les abscisses.



4.2 Diagramme Vigueur-Elagage du hêtre

* Secteur n°1 : Arbres étroits et élagués

Les placettes de ce secteur ont trois dominantes en commun.

Certaines parcelles ont subi **un dépressage vigoureux par le haut** ; on peut citer les placettes STIR d'écartement 3 m x 3 m et 2 m x 2 m en forêt du Ban d'Harol près d'Epinal.

Les "loups" ont été supprimés lors de cette intervention et le couvert est constitué actuellement d'**arbres identiques** de taille inférieure à la moyenne (arbres étroits et élagués).

D'autres placettes sont caractérisées par la présence de "loups" à enlever et le **plus bel arbre** de la placette est souvent un **codominant** de ce loup, son rayon de houppier est inférieur à la moyenne de l'échantillonnage.

Enfin ce secteur regroupe également les parcelles, à vocation chêne sur les documents d'aménagement, dans lesquelles le **hêtre et le charme** ont pris le dessus et ont fait disparaître presque la totalité des chênes, faute d'un dosage d'essences à temps.

Les hêtres sont dans ce cas soit concurrencés par des charmes, soit dans une station qui ne correspond pas à leur optimum.

Dans les trois cas la **vigueur du plus bel arbre** a été contrariée par un arbre non recherché.

Le diagnostic sylvicole est assez facile dans ce type de placettes, il se résume à l'**enlèvement des individus mal conformés et envahissants**, si nécessaire après ouverture d'un cloisonnement étroit.

*** Secteur n°2 : Arbres élagués et vigoureux (houppiers larges)**

La situation est optimale, et curieusement la plupart de ces parcelles n'ont subi **aucune intervention**, preuve de la dynamique de croissance et de la sélection très fortes chez le hêtre.

Un cloisonnement ouvert dès que possible permettra la surveillance et la destruction du **chancre**.

Dès que la bille de pied présentera un **élagage naturel de 8 m** de haut (net de branches vertes et si possible de branches mortes) la phase de mise en production de bois de qualité à forts accroissements peut débuter par de périodiques **éclaircies par le haut** .

*** Secteur n°3 : Arbres branchus et vigoureux (houppiers larges)**

Comme pour le chêne ce secteur est caractérisé par l'**ouverture du couvert**.

Nous retrouvons les **plantations** du dispositif I.N.R.A. de Lyons-la-Forêt et celles de Saint Avold.

Ce secteur est également composé, avec un houppier légèrement plus étroit et un meilleur élagage, de **parcelles récemment dépressées**, souvent énergiquement.

Les deux placettes marginales de la partie droite du diagramme ont leur importance.

Il s'agit de hêtres installés naturellement **sous couvert léger** de réserves d'épicéas et sous un jeune peuplement de pin.

Les branches sont insérées horizontalement, le houppier est large et si l'élagage est modéré faute d'un couvert opaque, les branches inférieures sont **fines** ; le hêtre étale ses feuilles pour capter toute la lumière diffuse par le couvert léger.

Quelques jeunes hêtres de 2,80 m de haut sous **abri dense de bouleau de 5-6 m** sont décalés vers le secteur 4.

Malgré une localisation dans le diagramme qui peut paraître défavorable les branches sont fines et horizontales.

Un judicieux dosage de l'abri de bouleau doit pouvoir restituer la vigueur des hêtres en leur conservant une **excellente conformation**.

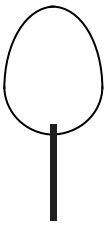
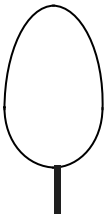
Cette technique est intéressante pour réaliser des plantation de hêtre à densité moyenne sans renconter de problème de fourchaison, elle est utilisée en région Champagne Ardennes.

*** Secteur n°4 : Arbres branchus et étriqués (houppiers étroits)**

Ce secteur est pratiquement inexistant, aucun arbre "+" n'ayant un diamètre relatif de houppier inférieur à 23 %.

Les commentaires notés sur le terrain indiquent qu'il s'agit de parcelles dans lesquelles le couvert est en cours de fermeture, l'individu le plus vigoureux étant de mauvaise conformation.

4.3 Caractéristiques dendrométriques des secteurs de diagnostic sylvicole du hêtre

Repère :	1 Etroit - élagué 		2 Large - élagué 		3 Large - branchu 	
Variable :	**Moyenne**	Ecart type	**Moyenne**	Ecart type	**Moyenne**	Ecart type
Ho moyen	**10**	2	**13**	4	**7**	2
G total	**29**	13	**ns**		**15**	6
G do+codo	**14**	4	**18**	7	**11**	3
Ho final	**34**	2	**33**	4	**33**	2
S %	**16**	4	**15**	2	**23**	5
Do/Ho	**0,77**	0,16	**0,84**	0,08	**0,90**	0,16
D+/Ho	**0,86**	0,18	**0,94**	0,38	**1,01**	0,34
Ecart. moy. Cloiso (m)	**13**		aucun		**11**	
Travaux (KF/ha)	**1,9**	2	**0,63**	2	**3,09**	3

Les moyennes des secteurs sont un peu plus différentiées que pour le chêne avec des écarts types plus réduits.

L'échantillonnage est moins important que celui du chêne.

Les secteurs diffèrent par leur **hauteur** ; le meilleur compromis **vigueur-élagage** (secteur **2**) est obtenu pour les peuplements les plus âgés qui n'ont bénéficié d'aucun dépressage ni cloisonnement.

Le **faible coefficient d'espacement moyen** de ces parcelles (**S = 15%**) laisse à penser qu'une intervention d'éclaircie aurait pu avoir lieu dès 10 à 12 m.

Le **secteur 3** composé de peuplements dont les arbres sont **vigoureux et branchus**, s'identifie surtout à des gaulis de 7 m de moyenne pour lesquels les **interventions les plus dynamiques** ont été réalisées (fort coefficient d'espacement).

La **croissance relative en diamètre** à 1,3 m des dominants (rapport **Do/Ho = 0,84 et 0,90**) est sensiblement similaire pour les **secteurs 2** et **3**, un peu plus faible pour le secteur 1 (**arbres étroits Do/Ho = O,77**).

Ces valeurs montent qu'à hauteur égale les arbres dominants (et codominants) des peuplements de hêtre ont un diamètre plus fort, probablement parce que la sélection naturelle est plus forte.

Par contre le gain de diamètre du **plus gros arbre** de la placette (loup exclu ; rapport **D+/Ho = 0,86 à 1,01**) est un peu inférieur à celui des secteurs du chêne, les "loups" occupant l'espace et les ressources inutilement.

Ces chiffres confirment la forte dynamique de croissance et l'intense sélection des peuplements de hêtre.

La formation d'une bille de pied de qualité nécessite une phase d'élagage soutenue jusqu'à 10 à 15 mètres.

Des opérations énergiques devraient permettre de donner ensuite des **accroissements larges de bois de bonne qualité**.

5. Elaboration d'un diagnostic de terrain

5.1 L'hétérogénéité des parcelles

Les parcelles forestières régénérées naturellement sont souvent constituées d'une **multitude de situations différentes** pour des **raisons biologiques**, étalement de la régénération dans le temps, mélanges d'essences et des **raisons de variabilité stationnelle**.

Il est donc très difficile d'établir un diagnostic qui convienne à l'ensemble d'une parcelle qui apparait comme une **mosaïque de petites forêts.**

Il est surprenant de constater que les valeurs des **paramètres dendrométriques** de ces jeunes peuplements sont proches de celles de la futaie (surface terrière, coefficient d'élancement des plus gros arbres, coefficient d'espacement).

En théorie chacune de ces forêts miniatures nécessite donc un **diagnostic individualisé.**

5.2 Eléments du diagnostic

* l'objectif qualité :

L'obtention de bois de qualité nécessite en premier lieu l'élimination des tiges dominantes mal conformées, et dont le défaut ne pourra pas se réduire avec une fermeture du couvert, et des tiges en mauvais état sanitaire.

Les tiges dominantes devront avoir un bon équilibre entre la vigueur et et l'élagage.

Une **proportion constante de tige élaguée** de 50 % en chêne et de 40 à 45 % en hêtre sera recherchée.

*** la gestion des gourmands du chêne :**

La marge de manoeuvre sylvicole permettant d'éviter le développement de gourmands est étroite ; leur **surveillance** et la **compréhension** des phénomènes liés à leur apparition constitue déjà un élément de prévention.

*** l'objectif vigueur et croissance :**

En fonction des possibilités de la station (si toutefois celle-ci est un facteur limitant), on recherchera le meilleur **diamètre relatif de houppier (Dhp)** pour les tiges dominantes.

Le seuil objectif pouvant se situer autour de **2/10** de la hauteur dominante pour le chêne et **2,5 à 3/10** de la hauteur dominante pour le hêtre.

Les plus gros individus de qualité devront avoir, si possible, accumulé un **gain relatif de diamètre** de **1 cm par mètre de hauteur totale**.

Les paramètres de vigueur permettront de détecter un **blocage de la dynamique de l'étage supérieur** par trop forte homogénéisation.

*** l'objectif de respect de la biodiversité et de gestion des essences associées :**

La clé de la gestion des mélanges réside dans la maîtrise des **vitesses de croissance** et des différences de comportement à l'**ombrage** des diverses essences.

Pour le hêtre la présence d'un **abri léger** dans le jeune âge est le garant d'une bonne conformation des tiges.

Toute intervention dictée par le **dosage d'une essence** par rapport à l'autre sera **prioritaire** ; tout en admettant que certains scénarios d'évolution sont d'avance voués à l'échec.

Un motif d'intervention peut être la création des conditions favorables à **l'introduction naturelle d'une essence sciaphile** associée à une essence plus héliophile de l'étage dominant.

*** l'écartement moyen :**

Nous avons vu que l'utilisation d'une **norme de densité** pour les jeunes peuplements donnait des résultats discutables.

Le personnel technique a tout de même besoin d'être guidé par des limites de densité de tiges.

Pour répondre à cette attente il pourrait être proposé en remplacement d'une norme de densité un **indicateur d'écartement moyen** entre tiges dominantes (et codominantes), correspondant aux valeurs extrêmes de **coefficient d'espacement** rencontrés dans le secteur 2 (arbres vigoureux et élagués).

Ces valeurs de S % sont comprises entre **14 et 23 %**.

Le grand inconvénient d'une **norme de densité** réside dans le fait que le forestier se sent obligé de **façonner le peuplement à l'image de la norme sans observer l'évolution du peuplement**.

5.3 Définition et classement des interventions

En définitive les interventions dans les peuplements situés entre 3 et 20 m de hauteur peuvent s'apparenter aux **éclaircies** et se définir par les cinq paramètres suivants:

Type :

L'intervention peut être systématique ou sélective.

L'ouverture de cloisonnements est une éclaircie systématique, l'intervention dans les bandes en plein est une éclaircie sélective (Annexe 33).

Nature :

Toute intervention dans le peuplement en plein doit s'effectuer exclusivement par le haut.

Pour une intervention dans les peuplements de 3 à 8 mètres l'accès aux tiges dominantes peut nécessiter l'enlèvement de quelques tiges de sous étage.

Intensité :

Le pourcentage du prélèvement des tiges est fonction de la proximité locale des tiges dominantes en concurrence.

Aucun chiffre n'est à imposer ; l'objectif de l'intervention est de créer une **hétérogénéité de couvert** favorisant la croissance des individus les plus vigoureux.

Périodicité :

Le diagnostic doit faire apparaître les principales priorités.

Les interventions les plus urgentes seront celles d'ordre **sanitaire** (chancre) et celles concernant la menace de **perte de l'essence objectif**.

Une intervention prévue dans l'étage dominant peut être reportée si la **différentiation** entre les plus belles tiges est forte.

Il faut donc parler de périodicité des diagnostics ; en trois ans l'étage dominant s'élève de **un mètre à un mètre cinquante** suivant l'essence et la station.

Un diagnostic tous les **3 à 5 ans** peut être recommandé.

Epoque :

L'étude sur les jeunes peuplements a été réalisée en période hivernale.

Lors des dernières mesures au mois de mai et juin, il était très difficile de distinguer les houppiers des arbres, et donc leur statut social, à moins de les secouer individuellement.

On comprendra aisément qu'une intervention ciblée sur l'étage dominant ne sera possible qu'**hors sève**.

La main d'oeuvre n'étant disponible que lors de la fin de la saison d'exploitation forestière (en Moselle), la mise en pratique d'une sylviculture fine nécessitera une **réorganisation de la planification des travaux**.

5.4 Fiche type de diagnostic

Une fiche type de diagnostic (annexe 31 et 32) est constituée d'un **diagramme Vigueur/Elagage** et des tableaux de critères qualitatifs et quantitatifs d'**appréciation du peuplement** regroupés ci-dessous.

CHENE	**Ho (m)**	**D houp.**	**Hauteur br.vte**	**Do (1,30)**	**Eo (m)**	**Bourg. dormant**	**Gour.d**	**Essences Second.**
		Dhp/Ho	**Hbv/Ho**	**Do/Ho**	**Eo/Ho**			
Coef.								
	Seuil	20%	50%	0,8cm/m	16-23%		0	**QP/QS**

HETRE	**Ho (m)**	**Dhoup.**	**Hauteur br.vte**	**Do (1,30)**	**Eo (m)**	**Chancre**	**Loups**	**Essences Second.**
		Dhp/Ho	**Hbv/Ho**	**Do/Ho**	**Eo/Ho**			
Coef.								
	Seuil	25%	40%	1 cm/m	15-23%	**0**		

Ce diagnostic doit permettre de classer les critères prioritaires et de construire un échéancier des interventions.

CONCLUSION

Depuis plus de quinze ans les gestionnaires de peuplements de chêne et de hêtre ont mis en application les normes de densité aboutissant à une réduction du nombre de tiges au delà de vingt mètres afin d'augmenter le volume unitaire des produits récoltés. Le résultat est assez positif pour le hêtre, plus nuancé pour le chêne.

Des expérimentations plus récentes ont testé le résultat de diverses modalités de dépressage dans les jeunes peuplements. On constate un léger gain de diamètre pour les modalités les plus énergiques, souvent au prix d'une accentuation de la fourchaison dans les peuplements de hêtre.

L'inventaire de situations sylvicoles de jeunes peuplements de Lorraine, de Normandie, de Bourgogne et de Champagne Ardennes a montré que dans les peuplements feuillus la **dynamique de sélection pour l'occupation de l'étage dominant** était très forte.

Cette particularité est propre aux feuillus, dont le mode de ramification par **réitération** est différent de celui des résineux. Leur feuillage est très sensible à la **chute d'éclairement relatif** résultant de la **traversée du houppier par la lumière incidente**. Le peuplement est en permanence structuré en **étages successifs** où tous les individus privés de lumière, parce qu'ils ont été concurrencés dans leur ascension par un proche voisin, sont condamnés à dépérir lentement.

La préoccupation majeure de ces dernières années a été de trouver les techniques induisant chez les feuillus des accroissements aussi spectaculaires que ceux obtenus lors des premières éclaircies résineuses. La diminution des densités par des dépressages successifs semblait tout naturellement la méthode la mieux appropriée.

Pourtant de nombreux auteurs ont pressenti qu'une **diminution significative du nombre de tiges des jeunes peuplements** ne permettait pas nécessairement d'atteindre les objectifs fixés.

"Ces conseils, tout provisoires, ne sont pas pleinement satisfaisants. Les chercheurs travaillent, sur des dispositifs variés et avec l'aide des forestiers de terrain, pour que nous puissions en proposer de plus solides dans cinq ou six ans" (Duplat, 1992).

"De cette étude, il ressort qu'il pourrait être beaucoup plus intéressant d'étudier **l'évolution de la structure d'un peuplement** plutôt que de s'occuper uniquement de l'évolution du nombre de tiges. **Tenir compte de la classe sociale des arbres, au cours des inventaires,** est une manière de s'intéresser à la structure du peuplement" (Bruciamacchie, 1982).

Les relations dendrométriques établies dans cette étude semblent montrer que dans les **premiers stades de la futaie régulière** les arbres les plus vigoureux d'un peuplement ont des **dimensions de tiges et de houppiers** s'équilibrant autour de valeurs moyennes **proportionnelles à la hauteur dominante.** Le rôle primordial des individus dominants à fait l'objet d'études antérieures pour le hêtre (Dhôte, 1989, 1994).

Ces dimensions oscilleraient, dans la phase juvénile, autour des valeurs moyennes calculées.

Les écarts à la moyenne peuvent être mis en évidence à l'aide d'un diagramme sylvicole **basé sur les deux dimensions principales du houppier (largeur, hauteur).**

Ce diagramme établit implicitement **une typologie des jeunes peuplements** séparant trois zones principales : l'une mettant en évidence majoritairement des **interventions humaines** (forts dépressages, plantations à fort écartement, étage dominant perméable à la lumière), la seconde des **phases temporaires de concurrence** (pour le chêne principalement) et une troisième décrivant la **situation optimale de croissance** (développement harmonieux d'arbres élagués).

Ces conclusions de l'étude résultent de la synthèse de divers courants de pensée forestiers, parfois opposés. A une période où les interrogations sur le terrain sont grandes par rapport à la conduite des jeunes peuplements, il serait nécessaire, si ces conclusions sont retenues, de les mettre en pratique progressivement en les adaptant aux particularités de chaque région.

.

RESUME

A la suite des recherches forestières effectuées dans les années quatre-vingt, la sylviculture des peuplements feuillus de plus de vingt mètres s'est orientée de façon unanime vers un objectif de production d'un faible nombre de tiges de fort volume unitaire. Par contre la gestion des jeunes peuplements divise les forestiers sur l'intensité des opérations à réaliser.

D'autre part les pratiques actuelles ne prennent pas assez en compte l'impact des singularités du chêne et la forte fourchaison du hêtre en plein découvert sur la qualité ultérieure des grumes.

Un échantillonnage de placettes de peuplements de trois à vingt mètres de hauteur, tiré au sort parmi les vingt mille hectares de jeunes peuplements de Moselle, puis élargi aux régions voisines, a mis en évidence la forte décroissance naturelle du nombre de tiges dominantes. Cette dynamique de sélection serait le résultat de la brusque chute d'éclairement relatif, immédiatement sous la partie supérieure du houppier, combinée à la différence des vitesses d'élongation des tiges dominantes.

Les caractéristiques dendrométriques de la tige et du houppier, du plus bel arbre parmi les plus vigoureux de chaque placette, sont avant tout proportionnelles à leur hauteur.

La modélisation de la croissance du chêne et du hêtre illustre leurs différences de comportements.

Un diagnostic sylvicole basé sur la vigueur du houppier et la proportion de tige élaguée naturellement donne une indication sur les interventions à réaliser pour aboutir à la production de bois de qualité.

SUMMARY

Most of the research carried out in the 1980's on the silviculture of broad leaves stands of height greater than twenty meters has concluded that a limited number of trees should be cultivated, but of heigh unit volume.

However, there is no general consensus as concerns young stands.

Up to present, the impact of the defects in oak and the problem of the beech full-light second growths have not been sufficiently taken into account.

A inventory of plots of joung stands, between three and twenty meters high in northern France, has revealed a important natural decrease in the number of young trees.

This hard selection would result from the strong absorption of the light through the crowns, associated with the differences in rapidity of growth between the dominant trees.

The dendrometric measurements of timbers and crowns, carried out on the most vigorous big trees, show that these are correlated with their hight.

Growth modelisation is also presented.

Silvicultural diagnostics are proposed based on tree vitality, degree of self pruning and breast height diameter.

BIBLIOGRAPHIE

Les références de la majorité de ces ouvrages peuveut être obtenues sur le serveur **Minitel 3616 VELLEDA**, ou à la bibliothèque de l'ENGREF.

AUSSENAC (G.), DUCREY (M.). - Etude de la croissance de quelques espèces forestières cultivées à différents niveaux d'éclairement et d'alimentation hydrique. - Congrès national des sociétés savantes, Nancy, 1978, fasc. 1, pp 105-117.

BARY-LENGER (A.), NEBOUT (J.P.). - Les chênes pédonculé en France et en Belgique : écologie, économie, histoire, sylviculture. - Editions du Perron, 1993, 605 p.

BELLEFLEUR (P.), KUGLER (M.). - L'arbre informatisé. Forêt Conservation, 1986, pp 19-27.

BOUCHON (J.), DHOTE (J.F.) , LANIER (L.). - Note sur la réaction individuelle du hêtre à différentes intensités d'éclaircie à différents âges. - Revue forestière française, 1989, vol. 41 (1), pp 39-50.

BOURGAU (J.M.). - Eclaircies dans le hêtre et normes de sylviculture en Picardie - Bulletin technique. Office national des forêts, 1991, (22), pp 21-29.

BROUILLET (L.), DEMOLIS (C.), HERBERT (I.), ALLEGRENI (I.). - La sylviculture des peuplements réguliers de hêtre en Franche Comté : de la régénération naturelle à la première éclaircie. - Bulletin technique. Office national des forêts, 1991, (22), pp 9-19.

BRUCIAMACCHIE (M.), GRANDJEAN (G.), JACOBEE (F.). - Installation de régénérations feuillues dans de petites trouées en peuplements irréguliers - Revue forestière française, 1994 (6), pp 639-654.

BRUCIAMACCHIE (M.). - Structure, croissance et biomasse des régénérations naturelles de chêne rouvre - Institut National de Recherche Agronomique, 1982, 58 p.

BUFFET (M.), DUPLAT (P.). - Protocole d'observation des dépressages et éclaircies dans les jeunes peuplements résineux - Bulletin technique. Office national des forêts, 1980, 42 p.

COURRAUD (R.). - Culture rapide des chênes. - Revue forestière française, 1990 (2), pp 265-268.

DECOURT (N.). - Table de production pour les forêts françaises. - Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 1973, 158 p.

DEMARCQ (P.). - Conduite des peuplements de chêne sessile - Bulletin d'information. STIR Massif Central. Office national des forêts, 1995, (7), pp 1-37.

DEMOLIS (C.), JAMET (C.). - Une technique économique de conduite des jeunes régénérations de chêne dans la région de Gray. - Bulletin trimestriel. Société forestière de Franche Comté et des provinces de l'Est, 1988, vol. 43, (3/4) , pp 2-10.

DEMOLIS (C.). - Influence de la sylviculture sur l'élagage naturel du hêtre - Bulletin technique. Office national des forêts, 1991, (22), pp 31-42.

DHOTE (J.F.). - Cours sur la modélisation de la croissance du hêtre, Formation des Ingénieurs Forestiers, 1993, 9 p.

DUPLAT (P.). - La conduite des jeunes peuplements naturels de chêne sessile. Pratiques actuelles. Recherches à entreprendre - Bulletin d'information. Office national des forêts, 1992 (23), pp 3-36.

DUPRE (S.), THIEBAUT (B.), TEISSIER DU CROS (E.). - Polycyclisme, vigueur et forme chez de jeunes hêtres plantés -Revue forestière française, 1985, vol. 37 (6), pp 456-464.

FALCONE (P.), KELLER (R.), LE TACON (F.), OSWALD (H.). - Facteurs influençant la forme des feuillus en plantations. - Revue forestière française, 1986, vol. 38 (3), pp 315-323.

FAVRE (J.M.). - Cours de physiologie, Formation des Ingénieurs Forestiers, 1993, 35 p.

GORENFLOT (R.). - Biologie végétale. Plantes supérieures. Appareil végétatif. - Masson, 1990, tome 1, 247 p.

GOULET (G.), BELLEFLEUR (P.). - Leaf morphology et plasticity in response to light environment in decideous tree species and its implication on forest succession. Can. J. For. Res., vol. 16, 1986, pp 1192-1195.

GUEHL (J.M.). - Fonctionnement photosynthétique des arbres et des peuplements forestiers - Cours de bioclimatologie, Formation des Ingénieurs Forestiers, 1993, 57 p.

HUBERT (M.), COURRAUD (R.). - Elagage et taille de formation des arbres forestiers. - Institut pour le développement forestier, 1987, 292 p.

JACOBEE (F.). - Contribution à la connaissance de la croissance différentielle de quelques essences feuillues dans le jeune âge - Mémoire FIF - ENGREF, 1993.

LANIER (L.). - Les dégagements et nettoiements en futaie feuillue. - Revue forestière française, 1981, vol. 33, pp 19-40.

LANIER (L.). - Précis de sylviculture avec la collaboration de M. Badré, P. Delabraze, J. Dubourdieu, J.P. Flammarion. - 2ème édition. - 1994, 477 p.

LE TACON (F.). - La plantation en plein découvert : une des causes de la mauvaise forme du hêtre dans le Nord-Est de la France - Revue forestière française, 1983, (6), pp 452-459.

MAJCEN (Z.). - Historique des coupes de jardinage dans les forêts inéquiennes au Québec. Revue forestière française, 1994 (4), pp 375-384.

NINGRE (F.). - Comparaison de différentes modalités d'éclaircie du chêne sessile. Premiers résultats d'un dispositif expérimental situé en forêt domaniale de Réno-Valdieu (Orne) - Revue forestière française, 1990 (2), pp 254-264.

OFFICE NATIONAL DES FORETS - Direction régionale de Lorraine - Guide de sylviculture. - Office National des Forêts, 1994, 28 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS - Direction régionale de Lorraine - Normes de travaux sylvicoles. Régénération. - Office National des Forêts, 1993 , 82 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS - STIR OUEST - Dépressages des régénérations naturelles de chêne : premiers résultats. Bulletin d'information. - Office National des Forêts, 1992 (6), p 2-62.

OSWALD (H.). - Résultats principaux des places d'expérience de chêne du Centre national de Recherches forestières - Revue forestière française, 1981, vol. 33, pp 65-85.

PARDE (J.), BOUCHON (J.). - Dendrométrie - Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 1988, 328 p.

PARDE (J.). - De 1882 à 1976/80. Les places d'expérience de sylviculture du hêtre en forêt domaniale de Haye - Revue forestière française, n° spécial, 1981, vol. 33, pp 41-64.

PILARD LANDEAU (B.). - Le Hêtre. Conduite des jeunes peuplements. Règles de sylviculture - Note régionale de la STIR Nord Ouest Office national des forêts, 1995, 2 p.

PILARD LANDEAU (B.). - Le Hêtre. Mode d'emploi - Note nationale de la STIR Nord Ouest. Office national des forêts, 1992, 13 p.

POLGE (H). - Essai de ligniculture du hêtre à partir de régénérations naturelles denses - Bulletin technique. Office national des forêts, 1983 (14), pp 11-17.

ROBITAILLE (L.), SHEEDY (G.), RICHARD (Y.). - Effets de l'éclaircie précommerciale et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de bouleau jaune. - The Forestry Chronicle, 1990, pp 487-493.

ROUSSEL (L.). - Effets obtenus en ombrageant la tige du chêne pédonculé. - Université de Besançon, 1963, fasc. 19, pp 62-71.

ROUSSEL (L.). - Influence de quelques facteurs naturels sur la naissance et le développement des gourmands et des rejets de souches. - Congrès national des sociétés savantes, Nancy, 1978, fasc. 1, pp 181-188.

ROUSSEL (L.). - La formation des gourmands. Essai d'interprétation photophysiologique. - Bulletin trimestriel. Société forestière de Franche Comté et des provinces de l'Est, 1976, vol. 1, (3/4) , pp 2-23.

ROUSSEL (L.). - Recherches théoriques et pratiques sur la répartition en quantité et en qualité de la lumière en milieu forestier ; influence sur la végétation. - Université de Besançon, 1953, 102 p.

SCHUTZ (J. Ph.). - L'éclaircie sélective de Schädelin. Evolution et pratique actuelle - Revue forestière française, 1981, vol. 33, pp 7-18.

SCHUTZ (J. Ph.). - Principes d'éducation des forêts - Presses polytechniques et universitaires romandes, 1990, 243 p.

SERVICE DE L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL - Département de la Moselle. - 1985, 2 vol.

TAILLARDAT (J.) - Gourmands et brognes - Office National des Forêts, Mémoire de Chef Technicien, 1989, 30 p.

THIEBAUT (B.), PUECH (S). - Développement du hêtre commun : morphologie et architecture de l'arbre
1. Le développement des plants. - Revue forestière française, 1983, (6), pp 443-451.
2. Le développement des arbres. - Revue forestière française, 1984, (1), pp 45-57.

Annexes

LISTE DES ANNEXES

Titres	N°
Vocabulaire et définitions	1
Classement des bois de chêne et de hêtre (Moselle)	2
Normes de densité du chêne - tableau	3
Normes de densité du chêne - graphique	4
Normes de densité du hêtre - tableau	5
Normes de densité du hêtre - graphique	6
Carte des régions forestières de la Moselle	7
Fiche de suivi des jeunes peuplements	8
Données techniques et sylvicoles	9
Hypothèses de calcul des surcoût - a) couloirs de débardage, b) cloisonnements, c) densité	10
Exploitation du fichier des jeunes peuplements de la division de Thionville (par classe)	11
Exploitation du fichier des jeunes peuplements de la division de Bitche (par essences)	12
Valeurs moyennes des densité des jeunes peuplements de chêne (Thionville)	13
Macrocommande "Excel" de traitement des fichiers de jeunes peuplements (a - d)	14
Surfaces des jeunes peuplements de chêne et de hêtre des forêts domaniales de Moselle	15
Fiche d'échantillonnage de terrain	16
Définitions du statut social et des étages	17
Evolution naturelle de la densité des dominants et codominants	18
Fichier d'étude du chêne (a et b)	19
Fichier d'étude du hêtre (a et b)	20
Graphique Do=f(Ho) - chêne	21
Graphique D+=f(Ho) - chêne	22
Graphique Hauteur 1ère branche verte=f(Ho) - chêne	23
Graphique Diamètre houppier=f(Ho) - chêne	24
Graphique Hauteur 1ère branche verte=f(Ho,Rayon du houppier) - chêne	25
Graphique Do=f(Ho) - hêtre	26
Graphique D+=f(Ho) - hêtre	27
Graphique Hauteur 1ère branche verte=f(Ho) - hêtre	28
Graphique Rayon du houppier=f(Ho) - hêtre	29
Graphique Hauteur fourche=f(Ho) - hêtre	30
Diagramme de diagnostic Vigueur-Elagage - chêne	31
Diagramme de diagnostic Vigueur-Elagage - hêtre	32
Ouveture de cloisonnements sylvicoles étroits (3 pages).	33

ANNEXE 1

VOCABULAIRE ET DEFINITIONS
(sources bibliographiques)

Bourgeon adventif : bourgeon échappant au modèle phyllotaxique normal de l'espèce, apparaissant notamment à la suite d'une blessure ou sur la souche d'un arbre abattu, et provenant d'une cellule à caractère méristématique ou non, mais capable de régression structurale (dédifférentiation). Il développe soit un gourmand, soit un rejet de souche (Bary-Lenger, 1993).

Bourgeon proventif : bourgeon situé sur une partie faiblement active d'une tige ou d'un rameau, et qui subit une dormance, une quiescence ou une inhibition prolongée. Il ne redevient actif que si tout ce qui le surmonte est détruit ou supprimé, ou si l'arbre subit un dépérissement accentué. Il produit alors soit un rejet de souche, soit un gourmand (Bary-Lenger, 1993)

Broussin : Excroissance anormale du tronc d'un arbre, de 5 à 20 cm de diamètre, constitué d'un amas de bourgeons anciens, de gourmands et/ou de petites branches mortes appelées "chevilles". Synonyme : brogne (Bary-Lenger, 1993).

Codominant : arbre dont la cime atteint encore la partie supérieure du couvert, mais possédant un houppier moins vigoureux et moins bien équilibré que le dominant (Schütz, 1990).

Codominant : se dit de tout arbre dont la hauteur ne dépasse pas la hauteur moyenne de l'ensemble du peuplement et dont seule la cime reçoit directement de la lumière (Robitaille et al., 1990).

Dégagement et **nettoiement** : décrivent des opérations pratiquées en faveur de la (ou des) essence-objectif prise globalement, contre d'autres espèces jugées gênantes et souvent (il faut alors le préciser) contre certains individus de l'essence-objectif jugés nuisibles à la qualité de l'ensemble ("loups", malades...) ; on les qualifie souvent d'opérations négatives (B T ONF, 1994).

Dépressage : Opération culturale consistant à réduire la densité des tiges des essences objectifs (principales et associées) dans les peuplements feuillus jusqu'à une hauteur de 14 m. Cette opération a pour objectif d'améliorer la croissance en diamètre des tiges de l'essence principale et des essences associées.

Dépressage et **éclaircie** : décrivent des opérations pratiquées à l'intérieur de la (ou des) essences-objectif, avec réduction de la densité et choix plus ou moins implicite des individus qui doivent en profiter ; on les qualifie souvent d'opérations positives (B T ONF, 1994).

Dominant : arbre dont la cime atteint la partie supérieure du couvert, présentant une bonne croissance en hauteur et un houppier bien équilibré de toutes parts (Schütz, 1990).

Dominant : se dit de tout arbre dont la hauteur dépasse le niveau moyen de l'ensemble du peuplement et dont la cime et une partie de la couronne reçoivent pleine lumière de tous les côtés. Il est ordinairement plus gros que l'arbre moyen du peuplement (Robitaille et al., 1990).

Dominé : arbre n'atteignant pas la partie supérieure du couvert, c'est à dire dont la cime ne reçoit plus la lumière directe, mais qui est encore en contact avec les dominants.

CLASSEMENT CHENE

	A	B	C	D
Dimensions minimales (1)				
Longueur Découpe réelle	3	3	3	.(2)
Longueur Découpe fictive	2	2	2	2
Diamètre fin bout sous aubier	38	28		
Diamètre fin bout sur écorce	45	35	.(3)	30
Singularités et Altérations Caractéristiques de structure (1)				
* Accroissements Réguliers	x	x	x	x
annuels Irréguliers	-	x	x	x
* Couleur homogène claire	x	x	x	x
homogène très foncée	-	x	x	x
hétérogène	-	-	x	x
Singularités de structure (1) et (15) Noeuds découverts				
* Sains				
diamètre < 15 mm	x (4)	x (5)	x (6)	x
diamètre 16 à 40 mm	-	x (5)	x (6)	x
diamètre > 40 mm	-	-	x (6)	x
* Vicieux ou pourris				
diamètre < 15 mm	-	x (4)	x (7)	x
diamètre 16 à 40 mm	-	-	x (7)	x
diamètre > 40 mm	-	-	x (7)	x
Noeuds recouverts				
Roses et broussins				
diamètre < 40 mm	x (4)	x (5)	x (8)	x
diamètre > 40 mm	-	x (5)	3/m (9)	x
Picots	x (4)	1/m/cat de diam. (5)	3/m/cat de diam.	x
Fil tors (premier mètre exclus)				
< 5 cm/m	x	x	x	x
5 à 8 cm/m	x (10)	x	x	x
> 8 cm/m	x (10)	-	-	x

1) Sauf clauses contractuelles différentes
2) Découpes réelles 4 m cl 3 et 4
3 m cl 5 et +
3) Diamètre fin bout C : cl 2b - 20 cm
cl 3 - 25 cm
cl 4 et + - 30 cm
4) Une singularité admise par bille de 2 mètres, si c'est le seul défaut.
Deux défauts admis si proches et parfaitement alignés (sens longitudinal).
5) Admis dans la limite de 80 mm en diamètres cumulés par bille de 2,00 m. (Total de tous les défauts admis sous caractéristique (5).)
Un picot est compté pour 5 mm de diamètre.
6) Admis dans la limite de 100 mm en diamètres cumulés par bille de 2,00 m, noeuds vicieux inclus.
Pour les classes 5 et +, cette limite est portée à 150 mm.
7) Admis seulement à partir de la classe 4 dans la limite de 50 mm en diamètres cumulés par bille de 2,00 mètres.
8) Un défaut par mètre et par classe de diamètres. Exemples :
4/m en classe 4
6/ m en classe 6
9) Admis seulement à partir de la classe 4. Doivent être comptabilisés dans le total (8).
10) Admis uniquement sur tranchage.
11) Diamètre sous la lunure.
12) Mesures prises par billon de 3 m, premier mètre exclus.
13) Retrait physiologique au centre de la pièce.
14) Admis si l'utilisation potentielle n'est pas modifiée.
15) La présence d'un défaut non admis dans la qualité considérée est acceptée à condition :
' de faire une purge fictive suffisante,
' qu'il reste au moins 2 m de part et d'autre du défaut.

CLASSEMENT PROFESSIONNEL

HETRE

	CHOIX A	CHOIX B	CHOIX C	CHOIX D
DIMENSIONS MINIMALES SUR ECORCE				
Longueur	3	3	3	3
Diamètre fin bout	45	35 (1)	30 (1)	25 (1)
		40 (2)	35 (2)	30 (2)
SINGULARITES ET ALTERATIONS CARACTERISTIQUES DE STRUCTURE				
LARGEUR D'ACCROISSEMENT				
Fine <4 mm	-	X	X	X
Larg >4 mm	X	X	X	X
SINGULARITES DE STRUCTURE				
NOEUD				
NOEUD DECOUVERT				
NOEUD SAIN		x (3)	x (3)	
Petit noeud <15 mm	-	cumul de	cumul de	X
Noeud moyen 16-40 mm	-	100 mm	150 mm	X
Gros noeud >40 mm	-	/3m	/3m (7)	X
NOEUD VICIEUX OU POURRI				
Petit noeud <15 mm	-	-	cumul de	cumul de
Noeud moyen 16-40 mm	-	-	50 mm	200 mm
Gros noeud >40 mm	-	-	/3m	/3m
NOEUD RECOUVERT	-	-	1/m (4)	X
FIL TORS (6)				
Faible <=5 cm/m	X	X	X	X
Moyen 5-8 cm/m	-	X	X	X
Très fort >8 cm/m	-	-	-	X
COEUR EXCENTRE >10 % du Ø	-	X	X	X
ENTRE ECORCE	-	-	-	-
SINGULARITES DE LA FORME DU TRONC				
COURBURE (% du diamètre) (6)				
Faible <= à 3 %	X	X	X	X
Forte <= à 6 %	-	X	X	X
Très forte > à 6 %	-	-	X	X

Annexe 2

NORMES THEORIQUES DU CHENE

Equation Pardé-Bruciamacchie : paramètre densité finale nobj à 35 m
N_nobj=EXP((-0,136048*Ho+LN(117*n_obj))*(1+0,384*EXP(-0,307*Ho)))

N nombre de tiges/ha, toutes essences, sous-étage exclu, D>7 cm au-delà de 18 m
Ho hauteur dominante (m)

Variante Franche Comté : paramètre Hf hauteur dominante finale pour N70
N_Hf = exp((-4,7617/Hf*Ho+9,0102)*(1+0,384 *exp(-0,307*Ho)

N nombre de tiges/ha, toutes essences, sous-étage exclu, D>7 cm au-delà de 18 m
Ho hauteur dominante (m)

	Pardé-Bruciamacchie			Pardé prolongé			Lorraine	Lorraine	Haute Marne	Franche-Comté / Bruciamacchie						Franche-Comté prolongé linéaire				
n	70	100	120	70	100	120	densi. forte	d. faible	Pardé/Brucia	Hf	27	29	31	33	35	27	29	31	33	35
Hauteur	N_70	N_100	N_120	N_70	N_100	N_120				H	Hf_27	Hf_29	Hf_31	Hf_33	Hf_35	Hf_27	Hf_29	Hf_31	Hf_33	Hf_35
1	87694	138558	175057	7148	10212	12254			87500	1	83226	84534	85690	86720	87641	6863	6947	7021	7086	7145
2	38352	59004	73539	6239	8913	10695			38400	2	34774	35811	36739	37575	38331	5753	5895	6021	6134	6236
3	20286	30603	37762	5445	7779	9335	15000	8000	16800	3	17636	18394	19080	19705	20275	4823	5002	5164	5310	5443
4	12316	18315	22433	4753	6790	8148	10000	6000	12000	4	10288	10860	11385	11866	12310	4043	4245	4428	4596	4751
5	8264	12159	14813	4148	5926	7111			8250	5	6640	7092	7511	7899	8260	3389	3602	3798	3979	4146
6	5962	8704	10561	3621	5172	6207	6000	4000	6000	6	4610	4981	5329	5654	5959	2841	3056	3257	3444	3619
7	4533	6580	7961	3160	4514	5417			4500	7	3374	3688	3985	4266	4531	2382	2594	2793	2981	3159
8	3580	5175	6248	2758	3940	4728		3000	3600	8	2565	2836	3095	3343	3579	1997	2201	2396	2581	2757
9	2907	4189	5049	2407	3439	4127	3500	2800	2900	9	2004	2242	2472	2693	2906	1674	1868	2054	2234	2406
10	2408	3462	4168	2101	3001	3602			2400	10	1597	1807	2013	2213	2407	1403	1585	1762	1934	2100
11	2024	2905	3494	1834	2620	3144				11	1291	1478	1663	1845	2023	1176	1345	1511	1674	1833
12	1719	2464	2962	1601	2286	2744	2000	1500	1800	12	1054	1221	1389	1554	1718	986	1141	1296	1449	1600
13	1471	2106	2531	1397	1996	2395				13	867	1017	1168	1320	1470	827	968	1111	1254	1396
14	1265	1811	2175	1219	1742	2090	1300	700	1300	14	717	851	988	1126	1265	693	822	953	1086	1219
15	1093	1564	1878	1064	1520	1824	1000	700	1100	15	595	715	839	965	1093	581	697	817	940	1064
16	947	1354	1626	929	1327	1592			950	16	496	603	714	829	946	487	592	701	814	928
17	822	1175	1411	811	1158	1390				17	413	509	609	714	822	408	502	601	704	810
18	715	1022	1226	708	1011	1213			720	18	345	430	521	616	714	342	426	516	610	707
19	622	889	1067	618	882	1059				19	289	364	445	531	622	287	362	442	528	617
20	542	774	929	539	770	924			540	20	242	308	381	459	542	241	307	379	457	539
21	472	675	810	470	672	806				21	202	261	326	397	472	202	260	325	395	470
22	412	588	706	411	587	704			420	22	169	221	280	343	412	169	221	279	342	410
23	359	513	616	358	512	614				23	142	188	240	297	359	142	187	239	296	358
24	313	447	537	313	447	536			320	24	119	159	205	257	313	119	159	205	257	313
25	273	390	469	273	390	468				25	100	135	176	222	273	100	135	176	222	273
26	238	341	409	238	340	408			240	26	84	115	151	192	238	84	115	151	192	238
27	208	297	357	208	297	357				27	70	97	129	166	208	70	97	129	166	208
28	182	259	311	182	259	311			185	28		83	111	144	181		82	111	144	181
29	158	226	272	158	226	272				29		70	95	125	158		70	95	125	158
30	138	198	237	138	198	237			140	30			82	108	138			82	108	138
31	121	172	207	121	172	207				31			70	93	121			70	93	121
32	105	150	181	105	150	181			105	32				81	105				81	105
33	92	131	158	92	131	158				33				70	92				70	92
34	80	115	138	80	115	138			80	34					80					80
35	70	100	120	70	100	120			70	35					70					70

Annexe 3

ANNEXE

CHENE SESSILE

NORMES $\text{Log } N = (1 + 0.384\ e^{-0.307\ H})\ (\text{Log}\alpha + \beta\ H)$

	Norme	Log α	β
①	N 140 à 35 m	9.7033	- 0.13605
	N 120 à 35 m	9.5492	- 0.13605
	N 100 à 35 m	9.36685	- 0.13605
	N 85 à 35 m	9.2043	- 0.13605
	N 70 à 35 m	9.0102	- 0.13605
②	N 70 à 33 m	9.0102	- 0.14429
	N 70 à 30 m	9.0102	- 0.15872
	N 70 à 27 m	9.0102	- 0.17636

① Normes Pardé-Bruciamacchie
(N 120 et N 85 non représentées)

② Normes Franche-Comté

Les nombres de tiges indiqués en ordonnées sont ceux de la norme N 70 à 35 m, pour chaque mètre de H dom.

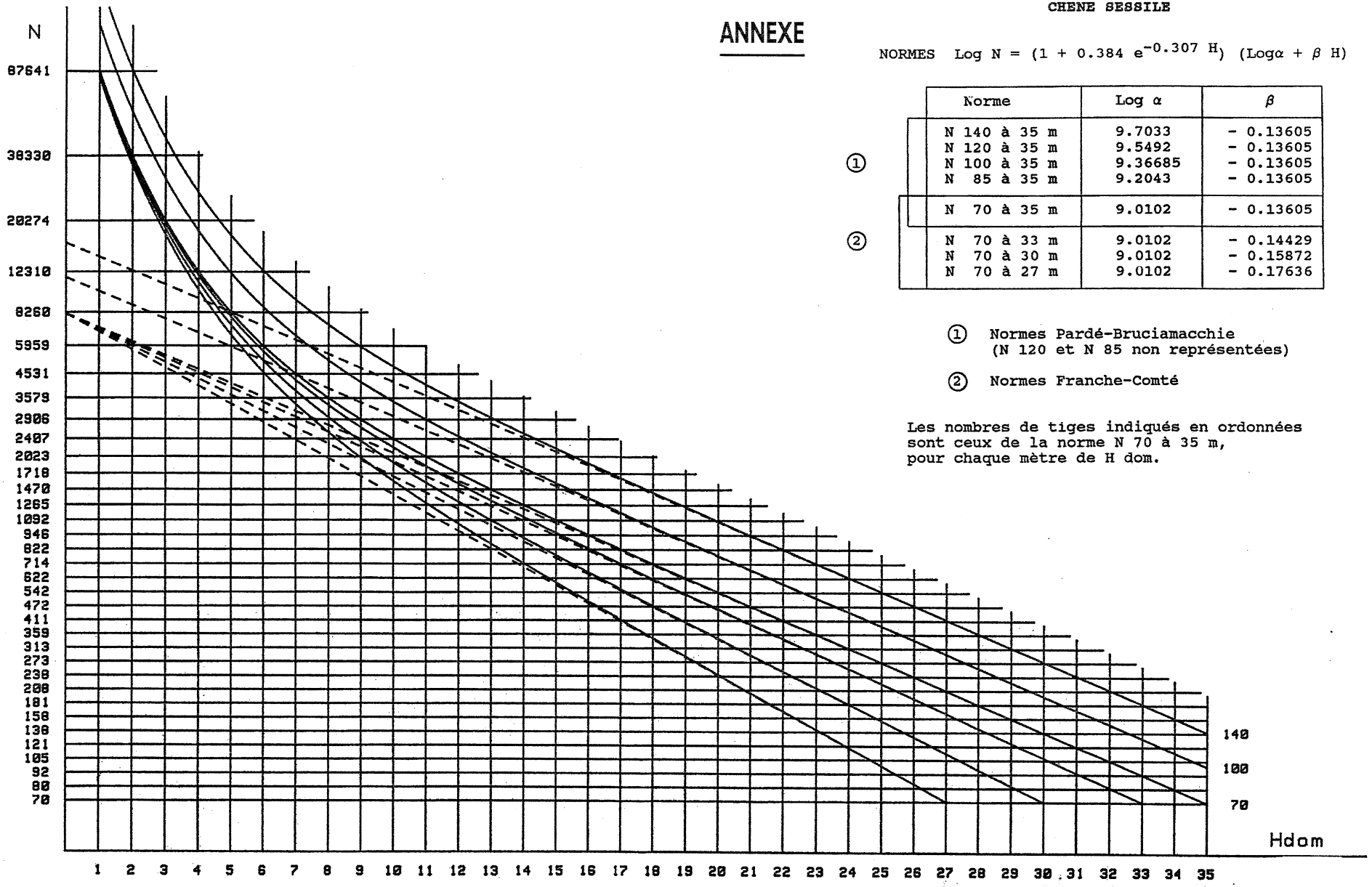


Figure 1 : Normes citées dans l'annexe, et extrapolation (H_{dom} < 18 m) de leurs parties rectilignes (échelle logarithmique pour N).

HETRE

Normes d'Oswald : N = 10 ^4 * exp(b*(Ho-2)) <=>Log N = 4 Log10 + b*(Ho-2). N : nombre de tiges de diamètre > 6,5 cm, valable de 15 à 35 m
b taux de réduction des tiges par m de hauteur (de 10 à 15 %) , droites convergentes au point N = 10 000, Ho = 2 m
Adaptation Picardie : N = exp(log(Nm/10000)/(Hm-2) * (Ho-2)) avec Hm hauteur des plus grands arbres d'une parcelle voisine, Nm densité finale, Ho hauteur dominante

Année :	1981	1981	1994	1994	1991	1991				
	Hte Marne3	**Hte Marne4**	**Lorraine**	**Lorraine**	**Franche C**	**Franche C**	**Normes d'Oswald adaptées Picardie**			
	Station riche	Station pauvre	Guide de sylviculture		**Maxi**	**Mini**	**I**	**II**	**III**	**IV**
	(Oswald N3)	(Oswald N4)	"1500 tiges Hêtre à 8 m"				(Oswald N3)	(Oswald N4)		
Hauteur							H37-N78	H35-N80	H30-N100	H25-N130
1										
2	45000				10000	10000	10000	10000	10000	10000
3	**36000**	**36000**			**6000**	**4500**	**8705**	**8639**	**8483**	**8279**
4	25000				6000	4500	7578	7463	7197	6855
5	11000	11000			6000	4500	6597	6447	6105	5675
6	*8000*				3500	2500	5742	5570	5179	4699
7	*5500*		6000	4500	3500	2500	4999	4812	4394	3890
8	4800	4800	2500	2500	3500	2500	4352	4157	3728	3221
9	**4000**	**4000**	**2500**	**2500**	**2200**	**1800**	**3788**	**3591**	**3162**	**2667**
10	3250	3250	2400	2400	2200	1800	3298	3102	2683	2208
11	2700	2700	2400	2400	2200	1800	2871	2680	2276	1828
12	2420	2250	2300	2300	2200	1800	2499	2315	1931	1513
13	*2200*		2300	2300	2200	1800	2175	2000	1638	1253
14	*1800*		2200	2200	2200	1800	1894	1728	1389	1037
15	**1630**	**1370**	**1400**	**1400**	**1300**	**1200**	**1648**	**1493**	**1179**	**859**
16	1420	1180					1435	1289	1000	711
17							1249	1114	848	589
18	1070	870					1087	962	720	487
19							947	831	611	404
20	810	640					824	718	518	334
21							717	620	439	277
22	610	470					624	536	373	229
23										
24	460	350								
25										
26	350	255								
27										
28	265	190								
29										
30	200	140								
31										
32	150	100								
33										
34	115	75								
35	100	65								

Adaptation Picardie

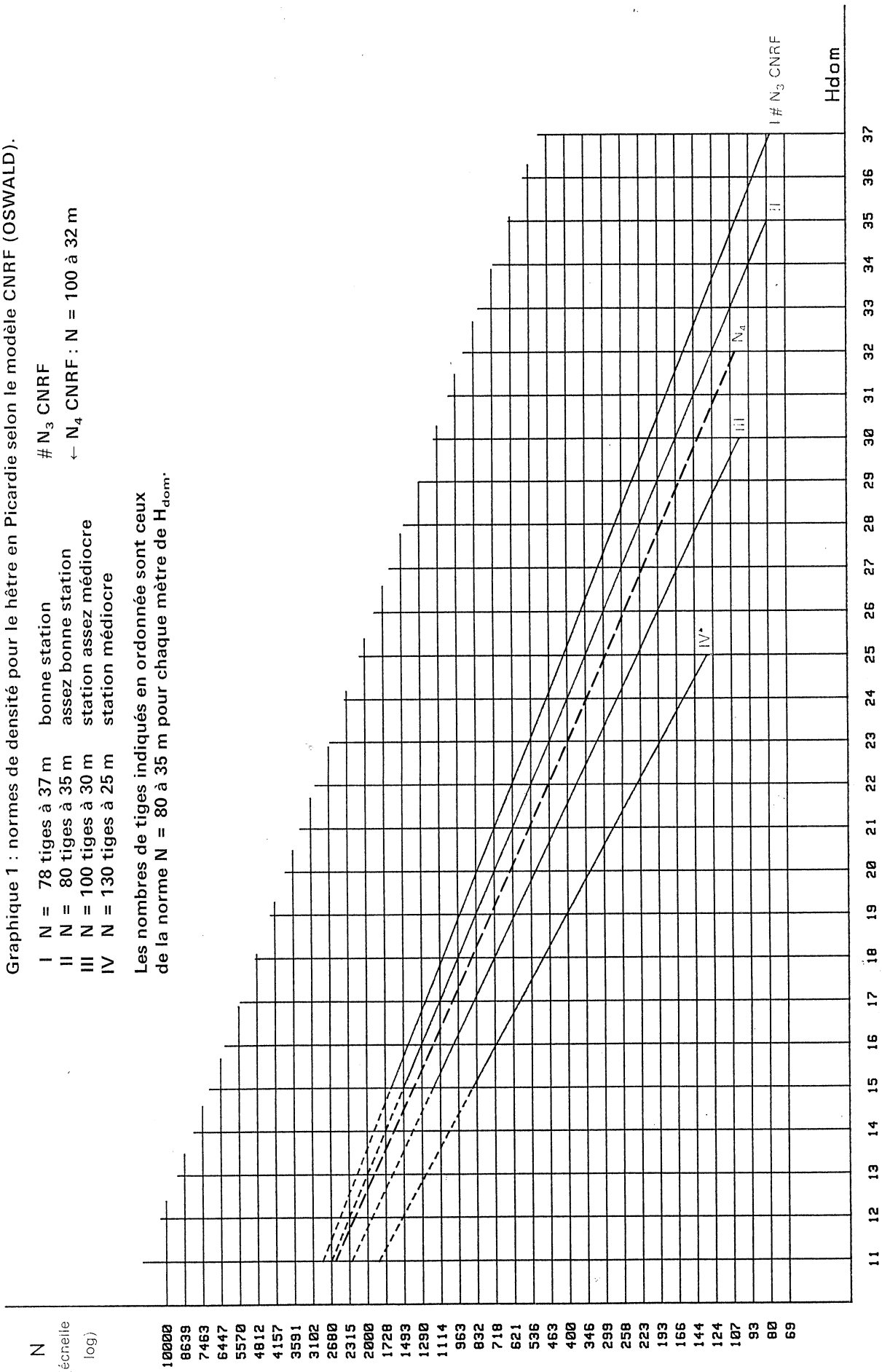
HETRE	I	II	III	IV
Hm=	37	35	30	25
Nm=	78	80	100	130
b =	-0,13868	-0,14631	-0,16447	-0,18882

Annexe 5

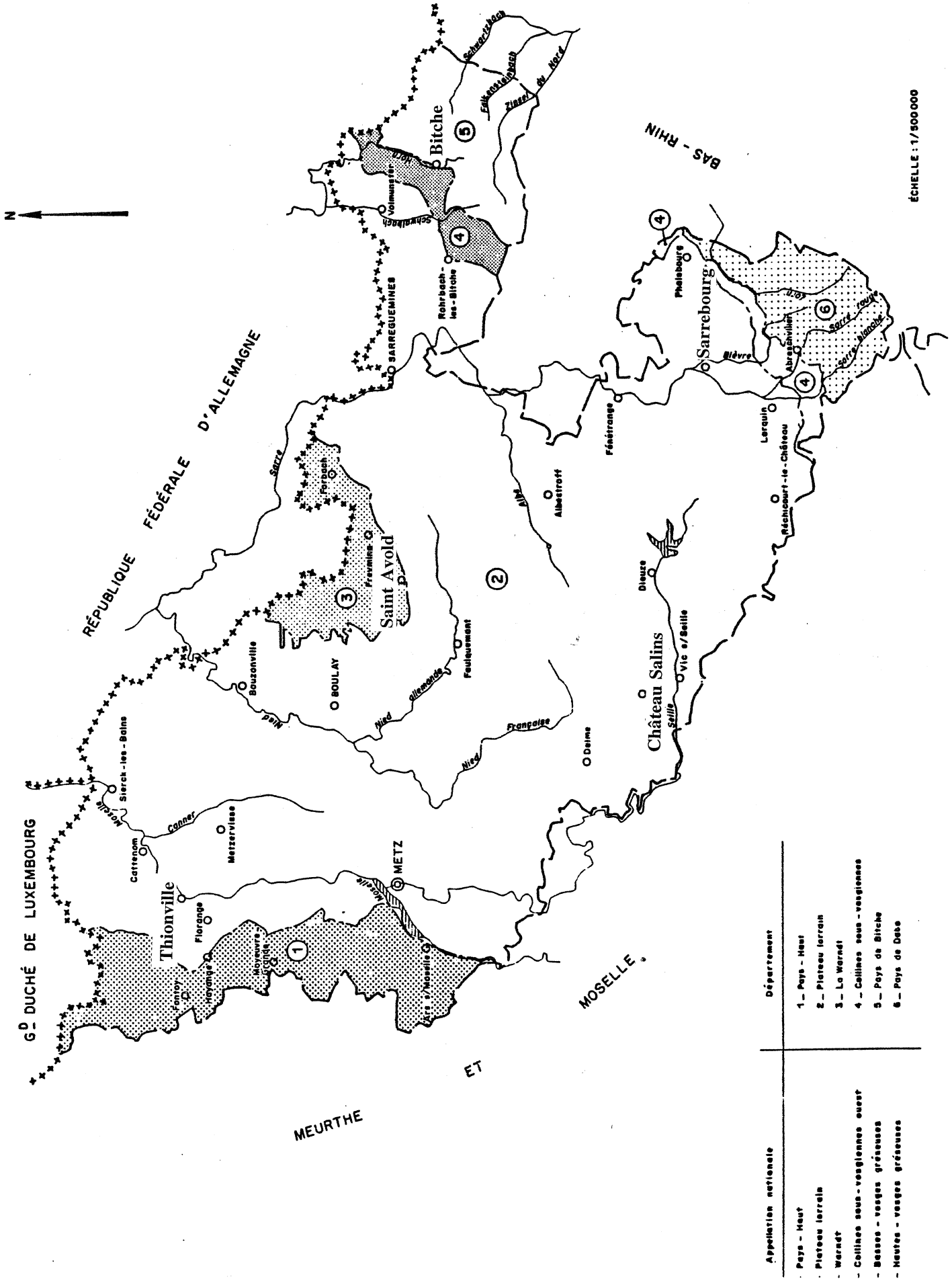
Graphique 1 : normes de densité pour le hêtre en Picardie selon le modèle CNRF (OSWALD).

I N = 78 tiges à 37 m bonne station # N_3 CNRF
II N = 80 tiges à 35 m assez bonne station ← N_4 CNRF : N = 100 à 32 m
III N = 100 tiges à 30 m station assez médiocre
IV N = 130 tiges à 25 m station médiocre

Les nombres de tiges indiqués en ordonnée sont ceux de la norme N = 80 à 35 m pour chaque mètre de H_{dom}.



CARTE DES REGIONS FORESTIERES DE LA MOSELLE



FORET ..... d ..... Série |_|_|

SUIVI DES JEUNES PEUPLEMENTS DE L'UNITE DE GESTION N° .....
(parcelle ou sous-parcelle)

Groupe d'aménagement : ..... Surface totale de l'UG : .....
Région IFN : ..... Surface forestière utile : .....
Surface initiale à travailler : .....

Norme / Classe / Année															TOTAL

TRAVAUX EFFECTUES DANS LA PARCELLE

RELEVE DES TRAVAUX EFFECTUES

Années — 1	NATURE — 2	Repère plan — 3	Plantation — Nbre plants — 4	Plantation — % réussite — 5	QUANTITES — 6	MONTANT (facultatif) — 7	OBSERVATIONS — 8

A50J bis Verso (09/93)

DONNES TECHNIQUES ET SYLVICOLES

				Bornes h 1,5 /3 3/6m 6/12m 12/18m (densités : "d classe" en milliers de tiges)					Coût annuel moyen de la norme (KF)					
Description	**Reftri**	**NORME**	Couloir	Cloiso.	**d 3**	**d 4**	**d 5**	**d 6**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Bitche non méca	1	1CHS2	24	24	14,3	7,8	2,8	1,1	1,3	1,6	1,6			
Tous-méca	1	1CHX1	24	6	14,3	7,8	2,8	1,1	0,9	1,7	1,8			
Ch. Rouge d'Amérique	14	3CHR1	24	6	14,3	7,8	2,8	1,1	10,4	0,9	0,8			
Bitche méca	13	3CHS3	24	6	14,3	7,8	2,8	1,1	6,1	1,5	1,3			
Bitche non méca	13	3CHS4	24	24	14,3	7,8	2,8	1,1	8,1	1,3	1,6			
Plateau L. hy.méca	13	3CHX1	24	6	14,3	7,8	2,8	1,1	7,7	1,2	2,8			
Tous- recrû	13	3CHX2	24	6	14,3	7,8	2,8	1,1	5,7	2,7	1,0			
Amélioration	133	5CHR1	24	6	14,3	7,8	2,8	1,1				*0,2*	*0,2*	*0,2*
Amélioration	1	5CHX1	24	6	14,3	7,8	2,8	1,1				*0,2*	*0,2*	*0,2*
Plateau C. et L.	2	1HET1	24	6	14,6	7,9	3,1	1,3	1,2	1,4	1,3			
Grès, Vôge, collines sV	2	1HET2	23	6	14,6	7,9	3,1	1,3	1,5	0,6	1,0			
Non Méca, Grès	2	1HET5	50	50	14,6	7,9	3,1	1,3	1,5	0,8	0,6			
Sous abri ou diffus	23	3HET1	24	8	1,8	1,8	1,6	1,2	4,0	1,0	1,6			
Amélioration	2	5HET1	24	6	14,6	7,9	3,1	1,3				*0,2*	*0,2*	*0,2*
Tous général	3	1AF1	24	6	1,8	1,4	0,8	0,4	0,8	1,4	1,6			
Plantation 830/ha	3	3AF1	24	6	0,8	0,8	0,8	0,8	12,2	1,3	0,9			
Plantation 480/ha	3	3AF2	24	6	0,5	0,5	0,5	0,5	7,5	1,1	0,9			
Amélioration	3	5AF1	24	6	0,8	0,8	0,8	0,8				*0,1*	*0,1*	*0,1*
Bitche Dabo, facile	4	1PS1	30	10	1,9	1,9	1,9	1,2	1,0	0,3	0,8			
Bitche travail du sol	4	1PS2	30	10	1,9	1,9	1,9	1,2	1,7	0,3	0,8			
HD, Dabo, Bitche	43	3PS1	80	10	4,0	2,0	1,9	1,2	7,0	1,5				
FD, Dabo, Bitche	43	3PS2	24	24	1,9	1,9	1,9	1,2	5,2	1,3				
Plantation 1900/ha	43	3PS3	24	8	1,9	1,9	1,9	1,2	4,0	1,0				
Amélioration	4	5PS1	24	8	1,9	1,9	1,9	1,2				*0,1*		*0,1*
Grès, bonne régé	5	1SP1	30	10	1,9	1,9	1,9	1,2	2,0	0,2				
Grès, régé difficile	5	1SP2	30	10	1,9	1,9	1,9	1,2	0,5	0,2				
Grès et granite	63	3SP1	24	24	1,4	1,4	1,2	0,8	4,4	1,4				
Amélioration	5	5SP1	30	10	1,4	1,4	1,2	0,8				*0,1*		*0,1*
Plantation 1800	73	3EPC1	40	40	1,8	1,8	1,8	1,2	2,8	1,2	0,7			
Amélioration	73	5EPC1	24	6	1,8	1,8	1,8	1,2				*0,1*		*0,1*
Plantation 1200	83	3DOU1	40	40	1,2	1,2	1,2	0,8	2,2	1,5				
Amélioration	83	5DOU1	24	6	1,2	1,2	1,2	0,8					*0,1*	
Plateau C et L, Vôge	9	3MEE1	24	12	1,2	1,2	1,2	0,8	6,7	1,1	0,2			
Amélioration	9	5MEE1	24	6	1,2	1,2	1,2	0,8				*0,2*	*0,1*	

Description : Mot-clé de la description de la norme de travaux sylvicoles

Reftri : code de tri par essence

NORME : code figurant dans les normes de travaux sylvicoles

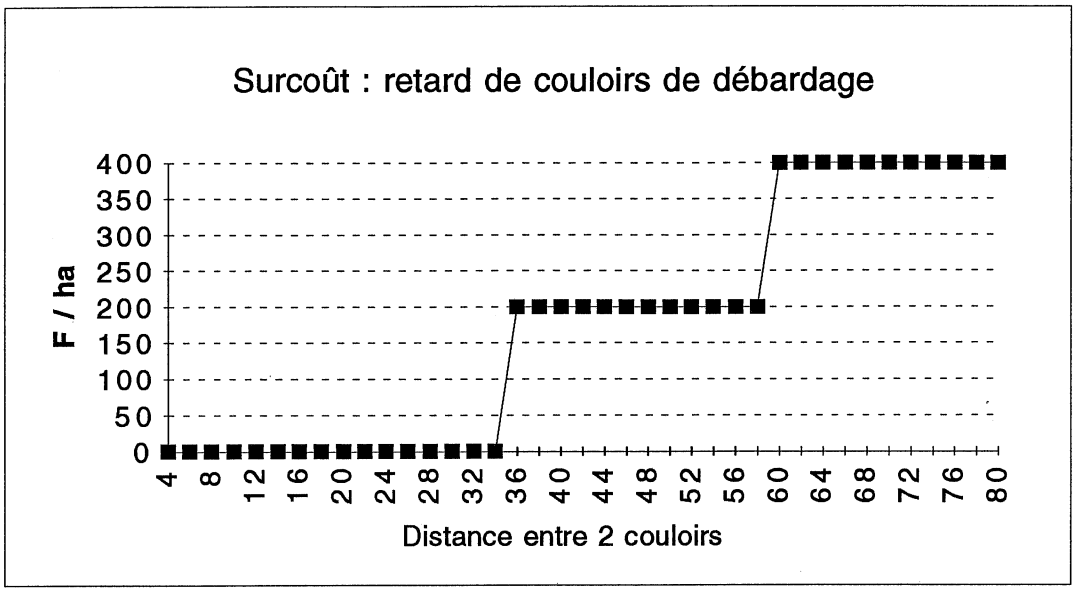
Couloir : valeur recommandée d'espacement entre cloisonnements d'exploitation

d3 à d6 : densité moyenne des normes de densité

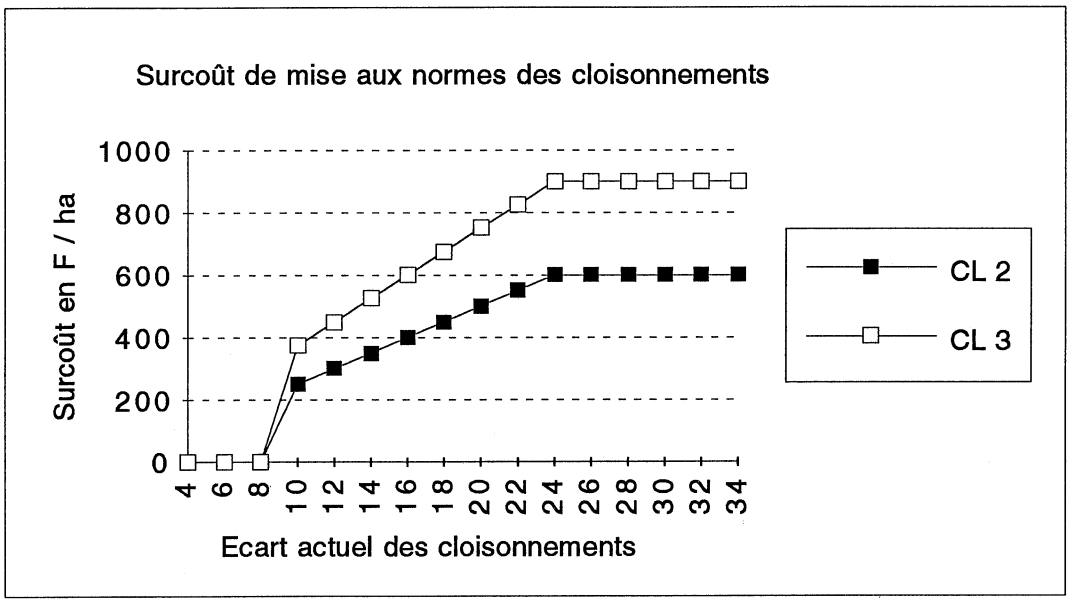
Coût annuel moyen de la norme : de 1 à 3, coût indiqué par les normes de travaux sylvicoles, de 4 à 6, coût estimé (normes provisoires)

HYPOTHESES DE CALCUL DES SURCOUTS DE TRAVAUX

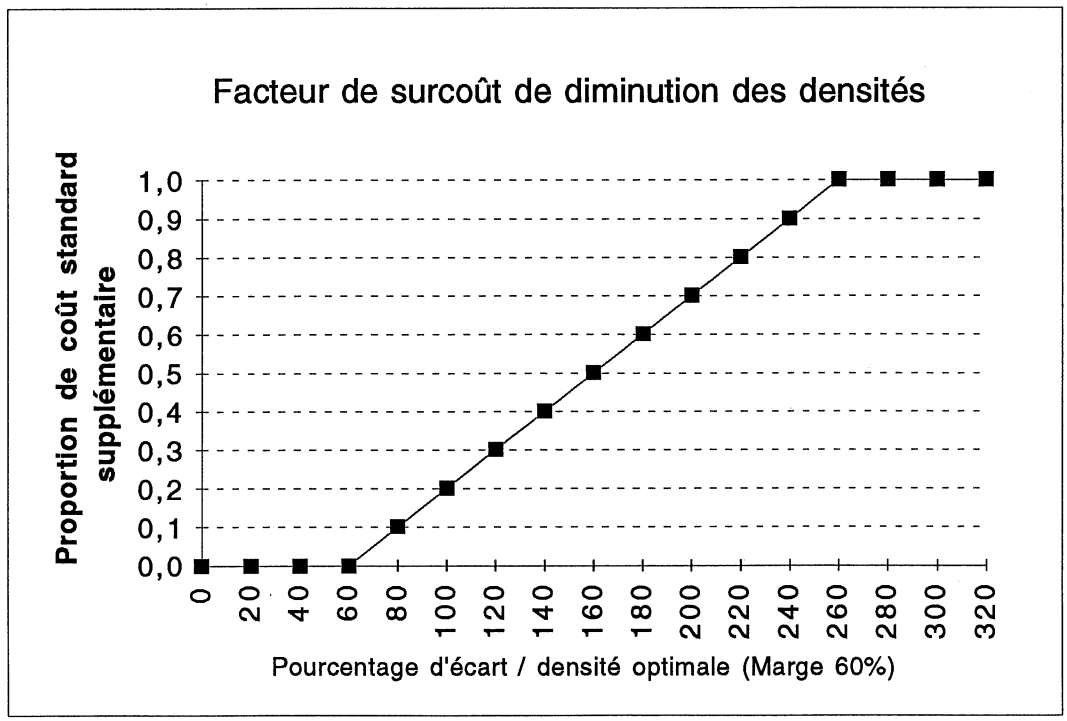
a



b



c



FF

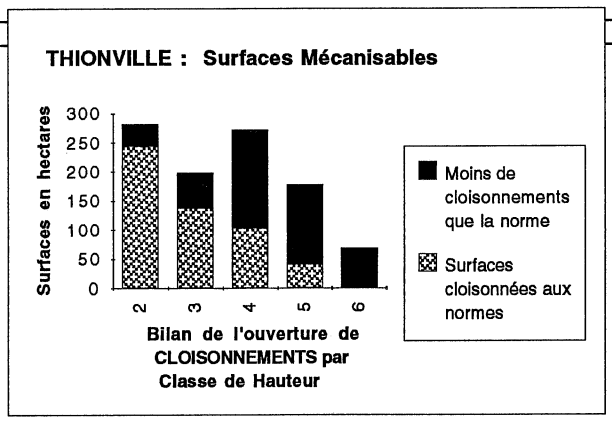
EVALUATION DES COUTS STANDARDS ET DES SURCOUTS

Coûts en KF par classe et norme de travaux — Total 2968 KF

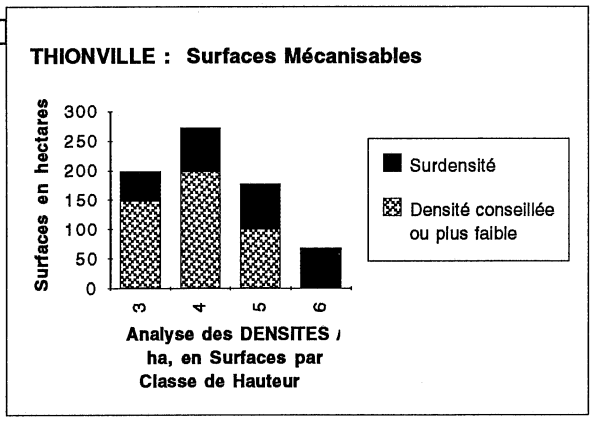
	25		*9*	**160**	*46*	**499**	*139*	**297**	*346*	**485**	*316*	**263**	*245*	**135**	*1128*	**1840**
Norme	*O*	**O**	*1*	**1**	*2*	**2**	*3*	**3**	*4*	**4**	*5*	**5**	*6*	**6**	***H.N.***	**O.K.**
1CHS2																
1CHX1	*7*		*7*	**74**	*1*	**232**	*64*	**178**							*78*	**484**
3CHR1					*1*	**0**	*2*	**1**							*3*	**2**
3CHS3																
3CHS4																
3CHX1				**36**	*12*	**29**	*3*	**32**							*15*	**97**
3CHX2					*6*	**161**	*12*	**21**							*18*	**182**
5CHR1																
5CHX1									*113*	**210**	*159*	**204**	*240*	**132**	*512*	**546**
1HET1	*19*		*1*	**28**	*3*	**18**	*19*	**40**							*41*	**86**
1HET2																
1HET5																
3HET1																
5HET1									*129*	**233**	*87*	**44**	*2*	**1**	*219*	**278**
1AF1						**10**	*17*	**17**							*17*	**27**
3AF1			*1*	**17**	*5*	**5**	*8*	**5**							*14*	**27**
3AF2	*0*						*3*	**1**							*3*	**1**
5AF1									*12*	**8**	*30*	**16**			*42*	**23**
1PS1																
1PS2																
3PS1																
3PS2																
3PS3			*1*	**6**		**8**									*1*	**14**
5PS1																
1SP1																
1SP2																
3SP1																
5SP1																
3EPC1					*18*	**35**	*3*	**2**							*21*	**37**
5EPC1									*75*	**34**	*40*		*3*	**2**	*118*	**35**
3DOU1							*8*								*8*	
5DOU1									*17*						*17*	
3MEE1																
5MEE1																

THIONVILLE : Surfaces Mécanisables

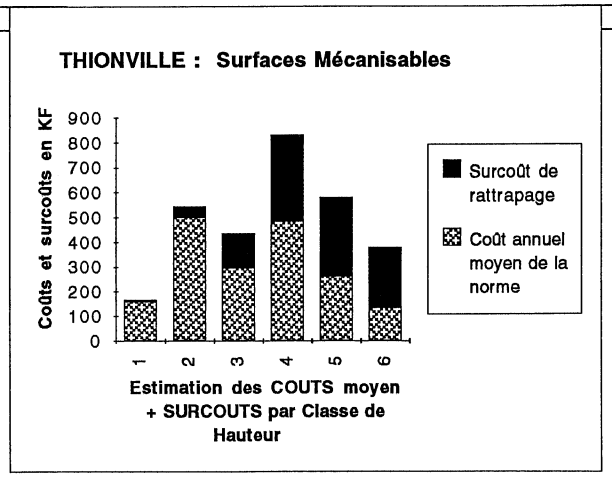
1



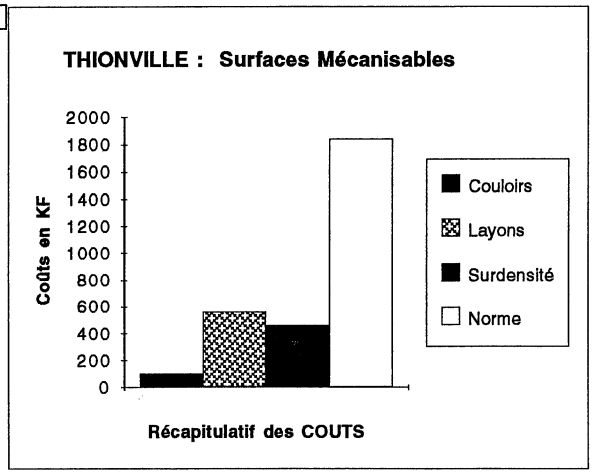
2



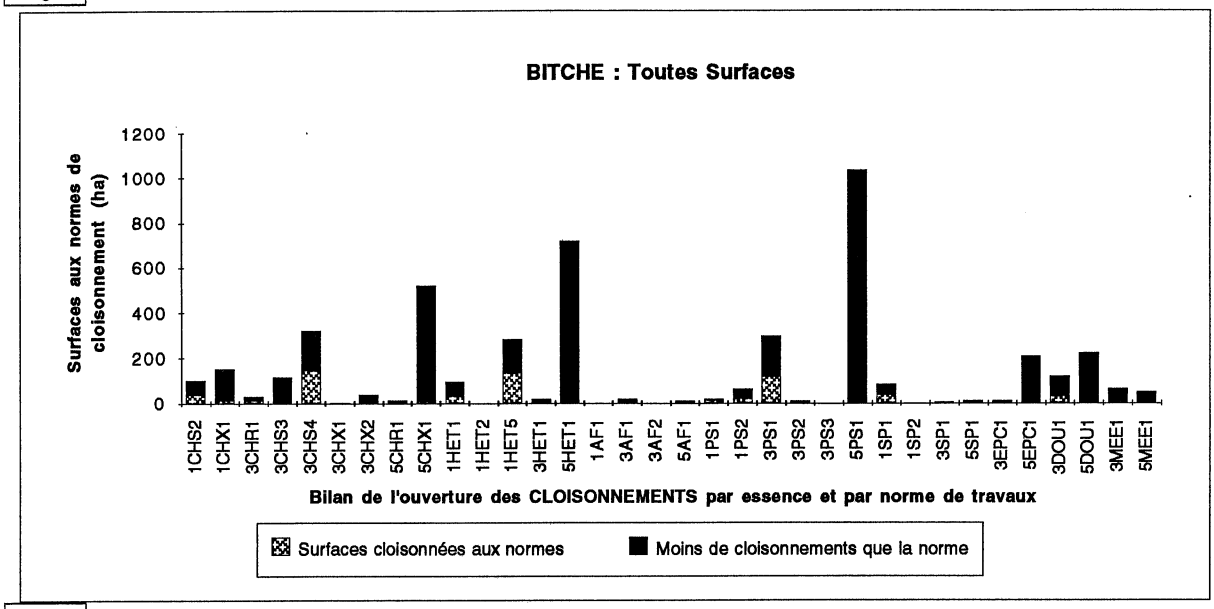
3



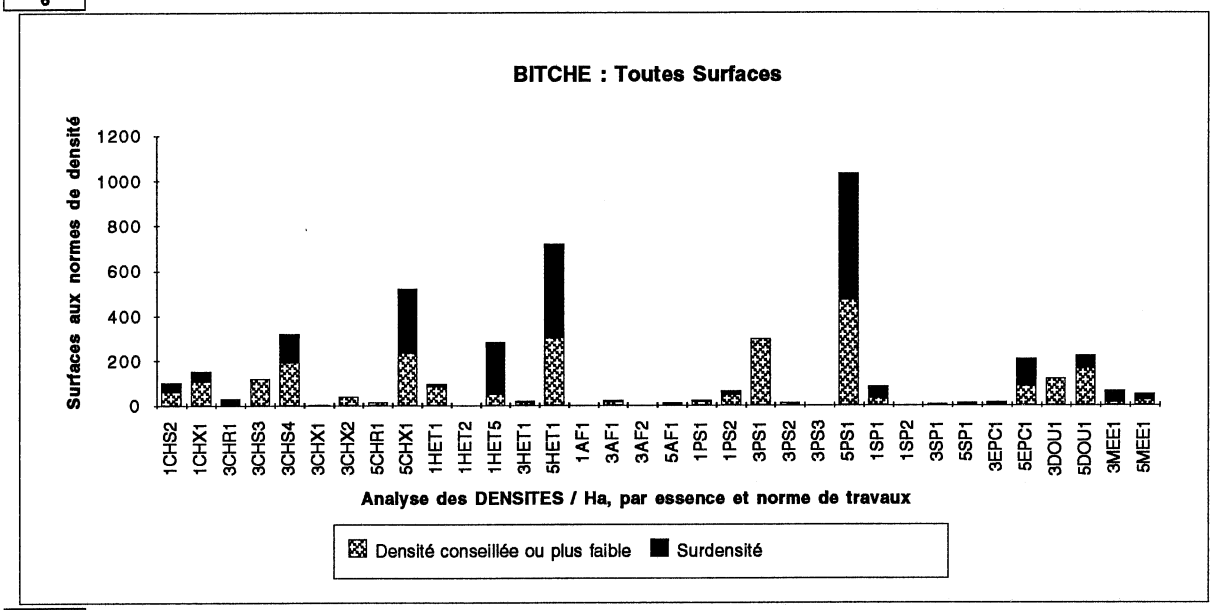
4



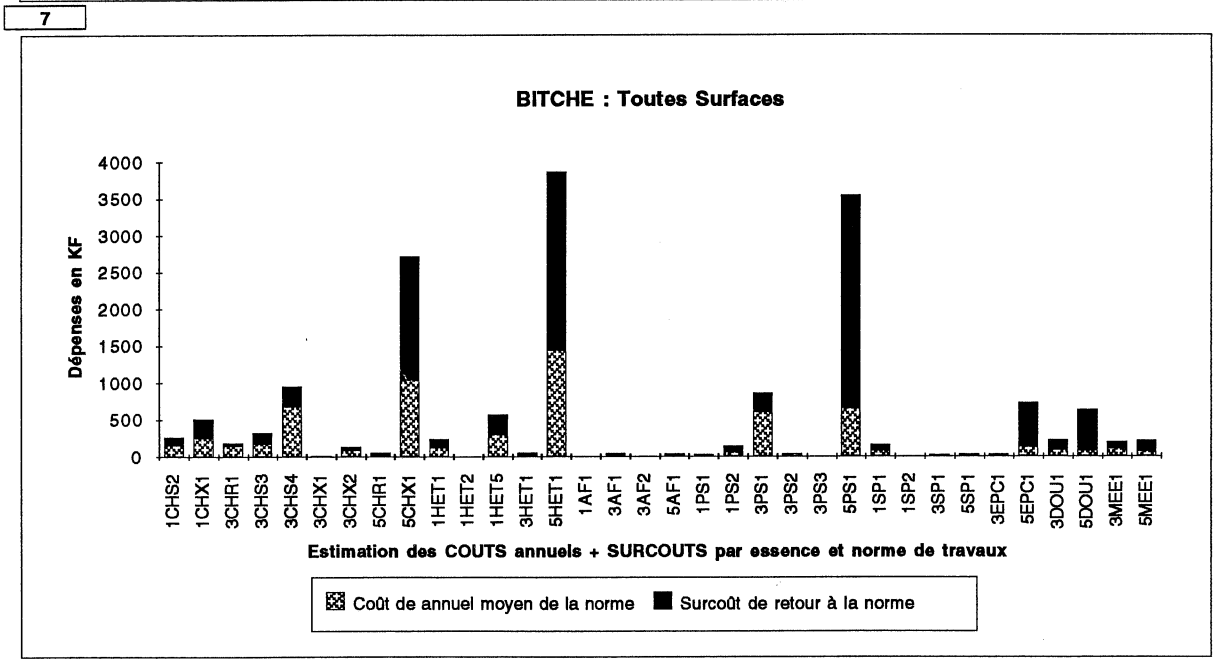
5


BITCHE : Toutes Surfaces
Surfaces aux normes de cloisonnement (ha)
1200
1000
800
600
400
200
0
1CHS2 1CHX1 3CHR1 3CHS3 3CHS4 3CHX1 3CHX2 5CHR1 5CHX1 1HET1 1HET2 1HET5 3HET1 5HET1 1AF1 3AF1 3AF2 5AF1 1PS1 1PS2 3PS1 3PS2 3PS3 5PS1 1SP1 1SP2 3SP1 5SP1 3EPC1 5EPC1 3DOU1 5DOU1 3MEE1 5MEE1
Bilan de l'ouverture des CLOISONNEMENTS par essence et par norme de travaux
Surfaces cloisonnées aux normes
Moins de cloisonnements que la norme

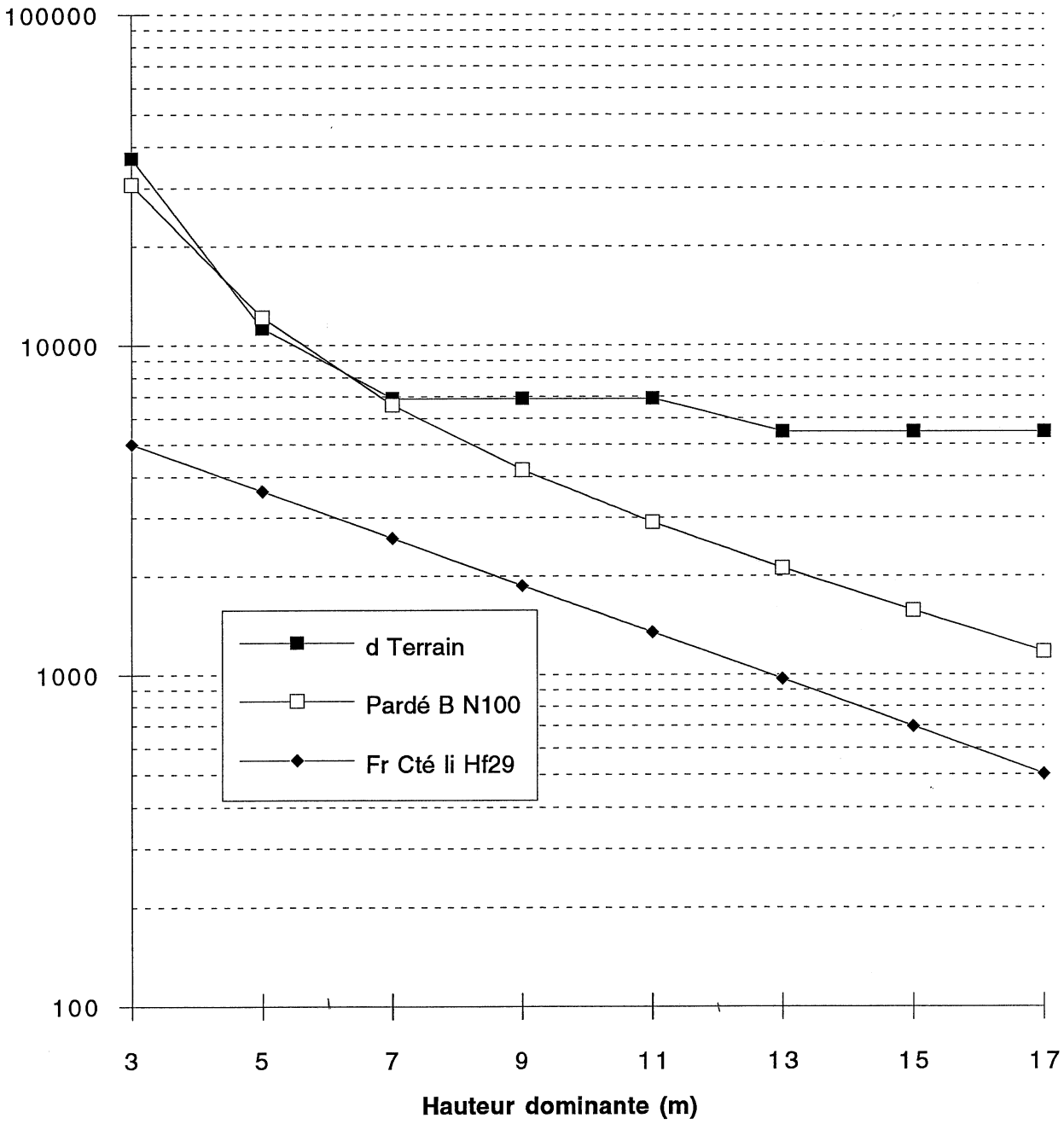
6


BITCHE : Toutes Surfaces
Surfaces aux normes de densité
1200
1000
800
600
400
200
0
1CHS2 1CHX1 3CHR1 3CHS3 3CHS4 3CHX1 3CHX2 5CHR1 5CHX1 1HET1 1HET2 1HET5 3HET1 5HET1 1AF1 3AF1 3AF2 5AF1 1PS1 1PS2 3PS1 3PS2 3PS3 5PS1 1SP1 1SP2 3SP1 5SP1 3EPC1 5EPC1 3DOU1 5DOU1 3MEE1 5MEE1
Analyse des DENSITES / Ha, par essence et norme de travaux
Densité conseillée ou plus faible
Surdensité

7


BITCHE : Toutes Surfaces
Dépenses en KF
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
1CHS2 1CHX1 3CHR1 3CHS3 3CHS4 3CHX1 3CHX2 5CHR1 5CHX1 1HET1 1HET2 1HET5 3HET1 5HET1 1AF1 3AF1 3AF2 5AF1 1PS1 1PS2 3PS1 3PS2 3PS3 5PS1 1SP1 1SP2 3SP1 5SP1 3EPC1 5EPC1 3DOU1 5DOU1 3MEE1 5MEE1
Estimation des COUTS annuels + SURCOUTS par essence et norme de travaux
Coût de annuel moyen de la norme
Surcoût de retour à la norme

Densités moyennes : Thionville Chêne 1/5



	A	B
1	**ENTREE SAISIE ET CALCUL**	**COMMENTAIRES**
2	=PLEIN.ECRAN(VRAI)	(version juin 1995)
3	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]CALCUL";FAUX)	Accés à la feuille "CALCUL"
4	*=RETOUR()*	
5	**EXTRACTION DES CODES NORME PARTIE "O"**	
6	=PROTEGER.DOCUMENT(FAUX;FAUX;;FAUX)	Suppression de la protection
7	=MODE.DE.CALCUL(3;FAUX;100;0,001;VRAI;FAUX;VRAI;VRAI;VRAI;	Bloquage des cellules de calcul
8	=SELECTIONNER([GAULIS]CALCUL!EXCODE)	Remise à blanc des zones de calcul précédentes
9	=EFFACER()	
10	=SELECTIONNER([GAULIS]CALCUL!CODESAISIE)	Sélection de colonne Norme, titre inclus
11	=BASE.DE.DONNEES()	
12	=DEFINIR.NOM("Critères";"=CALCRITERES")	Nomme la zone de critères de la partie "A"
13	=SELECTIONNER("Critères")	
14	=CRITERES()	Opérations d'extraction des essences
15	=DEFINIR.NOM("Extraction";"=NORMEXTRACT")	Nomme la colonne cible, titre inclus
16	=SELECTIONNER("Extraction")	
17	=EXTRACTION()	
18	=EXTRAIRE(VRAI)	
19	=ENCADREMENT(0;0;0)	
20	=ENCADREMENT(0;1;0;;;;;0)	
21	=CALCULER.MAINTENANT()	Actualisation des cellules de calcul
22	*=RETOUR()*	
23		
24	**ECART_NORME**	
25	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]CALCUL")	
26	=ECRAN(FAUX)	
27	=SELECTIONNER("VALTEST;CLOISORESUL;DENSIRESUL;COUTRESUL	Mise à blanc des blocs test, écart et résultat
28	=EFFACER(3)	
29	=CALCULER.MAINTENANT()	Actualisation des cellules de calcul
30	=MODE.DE.CALCUL(3;FAUX;100;0,001;VRAI;FAUX;VRAI;VRAI;VRAI;	Calcul sur ordre
31	**surf=7+[GAULIS]CALCUL!MECA**	**S mécanisable=colonne 7, non méca = col. 9**
32	**ecart=surf+1**	Colonne du cloisonnement
33	=POUR("count1";1;[GAULIS]CALCUL!NBLIGN)	=POUR("count1";1;[GAULIS]CALCUL!NBLIGN)
34	***=SI([GAULIS]CALCUL!MECA=1;;ATTEINDRE(A38))***	Option toutes surfaces ou choix Méca, non Méca
35	=POUR("count2";0;2;2)	Option toutes surfaces
36	surf=7+count2	Option toutes surfaces
37	ecart=surf+1	Option toutes surfaces
38	=count1+2	Décalage d'origine
39	=count1	Compteur
40	=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;surf)	Lecture de la surface méca/non méca L Count1
41	***=SI(A40=0;ATTEINDRE(A120))***	Surface nulle => parcelle suivante
42	***=SI(A58>6;ATTEINDRE(A120))***	Test classe >6 (norme rare) => parcelle suivante
43	**Contrôle du couloir d'exploitaton**	
44	codenorme=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;4)	Lecture du code norme de la ligne Count1
45	=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;4)	Code norme
46	lignnorm=EQUIV(codenorme;[GAULIS]CALCUL!REFCODE;)	Position du code dans le tableau des normes
47	=EQUIV(codenorme;[GAULIS]CALCUL!REFCODE;)	ligne norme
48	=INDEX([GAULIS]CALCUL!REFNORM;lignnorm;2)	Lecture de l'écartement idéal des couloirs
49	=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;ecart)	Lecture de l'écartement réel des cloisonnements
50	***=SI(A49<1,5*A48;;0,2*A40)***	Calcul du test "couloir > 1,5 écart idéal m => 200F/Ha"
51	***=SI(A49=0;0,4*A40;A50)***	Test "pas de couloir => 400F/Ha"
52	***=SI(A51>0;1;2)***	Choix de la colonne "écart/standard"
53	*=SI(A51=0;ATTEINDRE(A56))*	Si le surcoût est nul : pas d'impression
54	=INDEX(!VALTEST;count1;A52)+A51	Cumul du coût si cumul des surfaces
55	=FORMULE(A54;INDEX(!VALTEST;count1;A52))	**Ecriture du coût couloir LCount1 C1**
56	**Contrôle du cloisonnement sylvicole**	
57	classe=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;5)	Lecture de la classe
58	=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;5)	Classe
59	=INDEX([GAULIS]CALCUL!REFNORM;lignnorm;3)	Lecture de l'écartement du cloiso objectif
60	***=SI(A49<1,5*A59;;0,6/A48*A49*A40*(1+(A58-1)/2))***	Calcul du test "cloisonnement < 1,5*ExObj.(m) ou 600
61	***=SI(A49=0;0,6*A40*(1+(A58-1)/2);A60)***	Test "pas de cloisonnement =>600F/Ha*f(classe)"
62	***=SI(A58<2;;A61)***	Si classe <=2, pas de cloiso
63	***=SI(A62>0;3;4)***	Choix de la colonne "avance/retard"
64	*=SI(A62=0;ATTEINDRE(A67))*	Si le surcoût est nul : pas d'impression
65	=INDEX(!VALTEST;count1;A63)+A62	Cumul du coût si cumul des surfaces
66	=FORMULE(A65;INDEX(!VALTEST;count1;A63))	**Ecriture du coût cloiso LCount1 C3**
67	**Tableau mise à la norme des cloisonnements sylvicoles**	
68	lig=EQUIV(codenorme;[GAULIS]CALCUL!EXCODE;)	N° ligne = position code norme / EXCODE "Mise à la nor
69	=EQUIV(codenorme;[GAULIS]CALCUL!EXCODE;)	Valeur du n° de ligne dans EXCODE

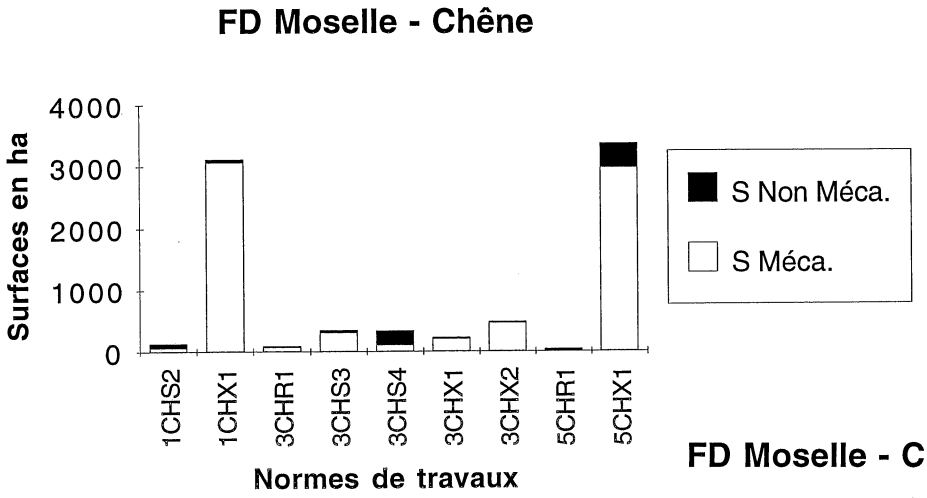
b

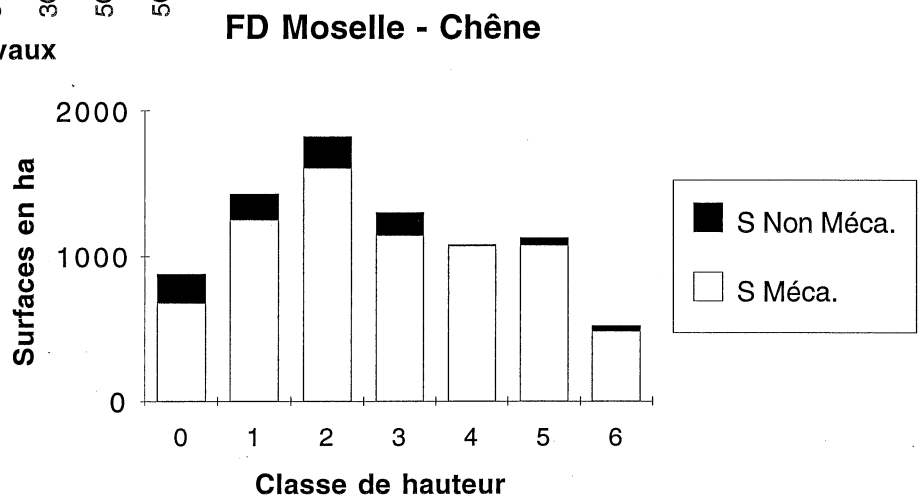
	A	B
70	col=2*classe+1+A63-3	Position de la colonne-classe dans "Mise à la norme des
71	=INDEX([GAULIS]CALCUL!CLOISORESUL;lig;col)	Lecture de la surface précédente
72	=A40+A71	Cumul des surfaces concernées
73	=FORMULE(A72;INDEX(!CLOISORESUL;lig;col))	**Ecriture dans le tableau : résultat-cloisonnement**
74	**Contrôle des densités**	
75	***Coût de base***	
76	***=SI(ESTNA(A69);ATTEINDRE(A127))***	Test de détection d'absence de code norme dans EXCOL
77	=INDEX([GAULIS]CALCUL!REFCOUT;lignnorm;classe)	Lecture du coût de base (#VALEUR si classe <2)
78	=A77*A40	Coût de base * surface (#VALEUR si classe <2)
79	***=SI(A58=0::A78)***	Test "classe 0 => pas de travaux"
80	*=SI(A79=0;ATTEINDRE(A83))*	Si le coût de base est nul : pas d'impression
81	=INDEX(!VALTEST;count1;6)+A79	Cumul du coût si cumul des surfaces
82	=FORMULE(A81;INDEX(!VALTEST;count1;6))	**Ecriture du coût de base LCount1 C(+6)**
83	***Calcul du surcoût de retour à la norme***	
84	=[GAULIS]CALCUL!Marge	Valeur du seuil de tolérance de densité sylvicole
85	colclasse=A58+1	.colclasse=classe+1
86	=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;11)	Lecture de la densité réelle
87	=INDEX([GAULIS]CALCUL!REFNORM;lignnorm;colclasse)	Lecture de la densité objectif
88	***=SI(A86=0;FORMULE(0;A99);)***	Test "si densité absente => écart=0"
89	***=SI(A86=0;ATTEINDRE(A104))***	Test "si densité absente =>renvoi en "mise à la norme
90	***=SI(A58=0;ATTEINDRE(A129))***	Test si CI = 0 et d<>0 =>renvoi en "message d'erreur"
91	=(A86-A87)/A87*100	Calcul du % d'écart (réel-objectif)/objectif
92	***=SI(A86=0;;A91)***	***Test "si densité absente => écart=0"
93	=FORMULE(A92;INDEX(!VALTEST;count1;7))	**Ecriture de l'écart/densité colonne "%écart"**
94	=FORMULE(A87;INDEX(!VALTEST;count1;9))	**Ecriture de la densité objectif**
95	**=A79*(A92-!Marge)*!COEFBASE**	Surcoût prop. à (l'écart % - seuil de Marge)*COEFBASE
96	***=SI((A92-!Marge)*!COEFBASE>!FACTMAXI;!FACTMAXI*A79;A***	Test "Surcoût limité au double"
97	=FORMULE(A96;A99)	Affectation de la valeur de calcul à la cellule cible
98	=FORMULE(SI(A96<0;0;A96);A99)	Prise en compte des surcoûts (retard) seulement
99	***0***	Cellule cible du surcoût
100	***=SI(A99>0;5;6)***	Choix de la colonne "surcoût/standard"
101	*=SI(A99=0;ATTEINDRE(A105))*	***Si le surcoût est nul : pas d'impression
102	=INDEX(!VALTEST;count1;5)+A99	Cumul du coût si cumul des surfaces
103	=FORMULE(A102;INDEX(!VALTEST;count1;5))	**Ecriture du surcoût L Count1 C(+5)**
104	**Tableau de mise à la norme des densités**	
105	coldensi=2*classe+1+A100-5	Classe >0 , double, colonne écart, paire ou non
106	=INDEX([GAULIS]CALCUL!DENSIRESUL;lig;coldensi)	Lecture de la surface précédente
107	=A40+A106	Cumul des surfaces concernées
108	=FORMULE(A107;INDEX(!DENSIRESUL;lig;coldensi))	**Ecriture dans le tableau : résultat-densité**
109	**Estimation des coûts standards**	
110	colcout=(2*classe+1)+1	Colonne paire car standard
111	=INDEX([GAULIS]CALCUL!COUTRESUL;lig;colcout)	Lecture du coût précédent
112	=A79+A111	Cumul coût précédent + coût de base
113	=FORMULE(A112;INDEX(!COUTRESUL;lig;colcout))	
114	**Estimation des surcoûts**	
115	colsurcout=(2*classe+1)	Colonne impaire car surcoût
116	=INDEX([GAULIS]CALCUL!COUTRESUL;lig;colsurcout)	
117	=A51+A62+A99+A116	Cumul des coûts couloir+cloiso+densité+préc.
118	=FORMULE(A117;INDEX(!COUTRESUL;lig;colsurcout))	**Ecriture des coûts cumulés L5 C classe**
119	=FORMULE(A39;[GAULIS]CALCUL!COMPTEUR)	Ecriture du compteur
120	**=SUIVANT()**	
121	***=SI([GAULIS]CALCUL!MECA=1;;ATTEINDRE(A123))***	Option toutes surfaces ou choix Méca, non Méca
122	**=SUIVANT()**	
123	=CALCULER.MAINTENANT()	
124	=SELECTIONNER("L1C1")	
125	=BIP()	
126	=RETOUR()	
127	=FORMULE("Erreur Code";[GAULIS]CALCUL!ERREUR)	
128	=RETOUR()	
129	=FORMULE("d<>0 et CI = 0";[GAULIS]CALCUL!ERREUR)	
130	=ATTEINDRE(A104)	
131	=RETOUR()	
132	***Protection feuille***	
133	SELECTIONNER("FEUILCALCUL")	Sélection de la feuille entière
134	PROTECTION.CELLULE(VRAI;FAUX)	
135	SELECTIONNER("REFCOUP;TARES;Travaux")	Sélection des zones à protéger
136	PROTECTION.CELLULE(FAUX;FAUX)	
137	PROTEGER.DOCUMENT(VRAI;FAUX;;VRAI)	Protection sélective
138	SELECTIONNER("L1C1")	
139	*RETOUR()*	

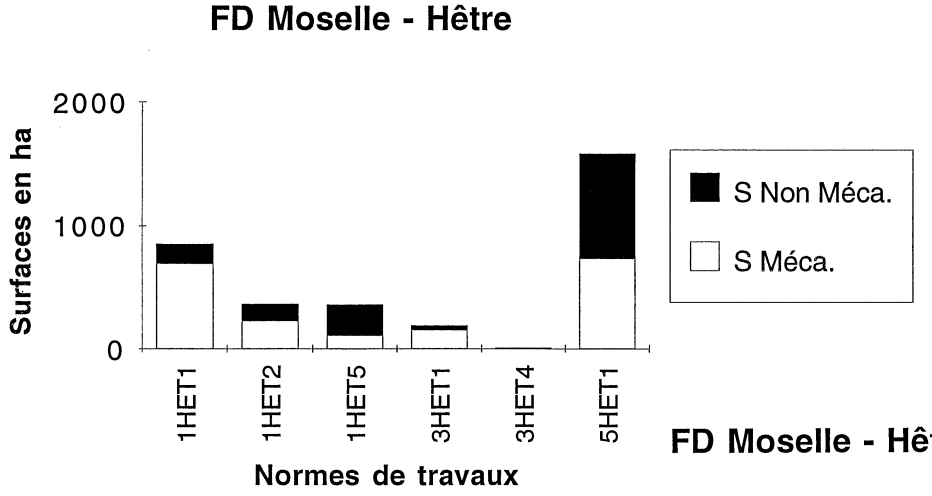
	C	D
1	**DENSITES MOYENNES**	**(version juin 1995)**
2	**Affectation d'un code de tri**	
3	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]CALCUL";FAUX)	
4	ECRAN(FAUX)	
5	=SELECTIONNER("[GAULIS]CALCUL!TRI;[GAULIS]CALCUL!TIGES")	Remise à blanc des colonnes "TRI" et "TIGES"
6	=EFFACER()	
7	codetri=[GAULIS]CALCUL!ZCRITC	Variable du code de tri par norme
8	=[GAULIS]CALCUL!ZCRITC	Valeur du code de tri par norme
9	=CALCULER.MAINTENANT()	Actualisation des cellules de calcul
10	=POUR("count1";1;[GAULIS]CALCUL!NBLIGN)	=POUR("count1";1;[GAULIS]CALCUL!NBLIGN)
11	=count1	Valeur du compteur
12	densite=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;11)	Lecture de la densité réelle
13	=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;11)	Valeur de la densité réelle
14	*=SI(C13=0;ATTEINDRE(C26))*	Si la densité est nulle, parcelle suivante
15	codenorme=INDEX([GAULIS]CALCUL!VALSAISIE;count1;4)	Lecture du code norme de la ligne Count1
16	lignnorm=EQUIV(codenorme;[GAULIS]CALCUL!REFCODE;)	Position du code dans le tableau des normes
17	=INDEX([GAULIS]CALCUL!REFTRI;lignnorm)	Lecture du code de tri de la norme de la parcelle
18	*=SI(C17<>C8;ATTEINDRE(C26))*	Si le code <> code-critère , parcelle suivante
19	=FORMULE(C17;INDEX([GAULIS]CALCUL!TRI;count1))	Ecriture du code dans la colonne de tri
20	**Densité moyenne**	
21	=INDEX(!VALSAISIE;count1;9)	Surface non mécanisable
22	=INDEX(!VALSAISIE;count1;7)	Surface mécanisable
23	=(C22+C21)*C13	Somme des surfaces * densités
24	=FORMULE(C23;INDEX([GAULIS]CALCUL!TIGES;count1))	Ecriture du nombre de tiges dans la colonne TIGES
25	=FORMULE(C11;[GAULIS]CALCUL!COMPTEUR)	Ecriture de la valeur du compteur
26	*=SUIVANT()*	
27	=SELECTIONNER("[GAULIS]CALCUL!FICHSAISIE")	Sélection de la base de données
28	=BASE.DE.DONNEES()	
29	=MODE.DE.CALCUL(2;FAUX;100;0,001;VRAI;FAUX;VRAI;VRAI;VRAI;F.	Calcul automatique sauf les tables
30	***Zone de critères***	
31	=DEFINIR.NOM("Critères";"=EXTRACRITERES")	Nomme la zone de critères de la partie "B"
32	=SELECTIONNER("Critères")	
33	=CRITERES()	Entrée de la zone de critères
34	***Formule de BDcalcul***	
35	=FORMULE("=BDNBVAL(Base_de_données;Norme;Critères)";!ZEXN)	Calcul du nombre de parcelles;du critère de tri
36	=FORMULE("=BDSOMME(Base_de_données;SNM;Critères)+BDSOMM	Calcul de la surface totale correspondante
37	=FORMULE("=BDSOMME(Base_de_données;Stiges;Critères)";!ZXDer	Calcul du nombre total de tiges inventoriées
38	=SELECTIONNER("ZEXTABLE")	
39	=TABLE(;"ZCRITD")	Extraction à l'aide de la table de calcul
40	=CALCULER.MAINTENANT()	Réactivation des cellules de calcul
41		
42	=SELECTIONNER("ZEXTABLE")	
43	=COPIER()	
44	=COLLAGE.SPECIAL(3;1;FAUX;FAUX)	Collage des valeurs => pas de LN(0)
45	**Ecriture des densités standard**	
46	=31+(!ZCRITC-1)*14	Repère tableau de référence de densité de l'essenc
47	=C46+9	Repère de coin inférieur bas du tableau
48	=SELECTIONNER("L"&C46&"C62:L"&C47&"C64")	Sélection de la colonne de références de densités
49	=COPIER()	
50	=SELECTIONNER([GAULIS]CALCUL!DENCIBLE)	
51	=COLLER()	
52	*SI(C45=1000;ATTEINDRE(C52);ATTEINDRE(C58))*	Si l'essence n'est ni chêne ni hêtre renvoi à REFNOR
53	*lignenorme=EQUIV(codetri;[GAULIS]CALCUL!REFTRI;)	Repérage de la ligne de la norme
54	*POUR("Count2";4;7)*	Compteur pour lecture successive des valeurs de d
55	INDEX([GAULIS]CALCUL!REFNORM;lignenorme;Count2)*1000	Lecture de la densité objectif (milliers->unités)
56	*lignesd=Count2-2	
57	FORMULE(C54;INDEX([GAULIS]CALCUL!STANDENSI;lignesd))	Ecriture de la densité idéale
58	*SUIVANT()*	
59	=SELECTIONNER("[GAULIS]CALCUL!DENSIBLOC")	Sélection du bloc de résultats
60	=COPIER()	
61	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]RESULTAT";FAUX)	
62	=1+24*([GAULIS]CALCUL!CoinCALCUL-1)	Répérage du coin cible
63	=SELECTIONNER("L"&C62&"C1")	Pointage

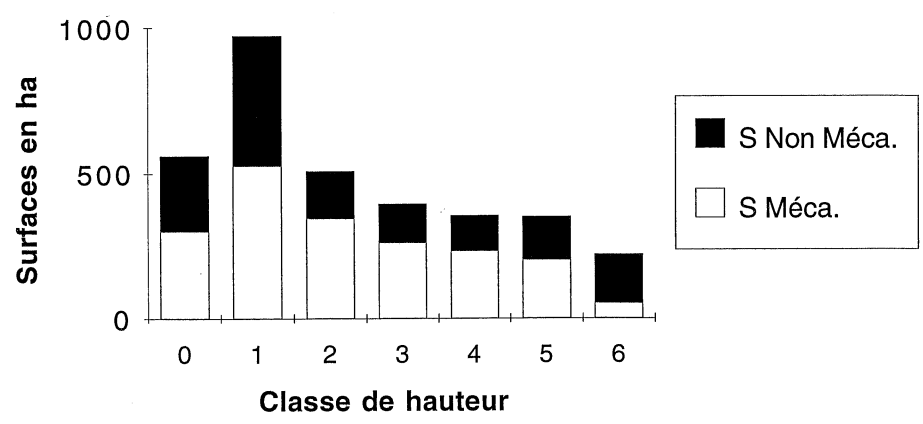
	C	D
64	=COLLAGE.SPECIAL(4;1;FAUX;FAUX)	Collage des formats
65	=COLLAGE.SPECIAL(3;1;FAUX;FAUX)	Collage des valeurs
66	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]CALCUL";FAUX)	
67	=BIP()	
68	=SELECTIONNER("L1C61")	
69	*=RETOUR()*	
70	**IMPRESSION EXTRACTION PARTIE B**	
71	=SELECTIONNER("L1C53:L40C65")	
72	=ZONE.IMPRESSION()	
73	=MISE.EN.PAGE("";"";0,78740157480315;0,78740157480315;0,78	
74	=IMPRIMER(1;;;1;FAUX;FAUX;1;FAUX;1)	
75	=RETOUR()	
76		
77	**IMPRIMER CALCULS PARTIE A**	
78	=SELECTIONNER("L1C27:L156C43")	
79	=ZONE.IMPRESSION()	
80	=MISE.EN.PAGE("";"";0,78740157480315;0,78740157480315;0,7	
81	=IMPRIMER(1;;;1;FAUX;FAUX;1;FAUX;1)	
82	=RETOUR()	
83		
84	**IMPRIMER SAISIE PARTIE "O"**	
85	=[GAULIS]CALCUL!NBLIGN+17	
86	=SELECTIONNER("L1C4:L"&C85&"C22")	
87	=ZONE.IMPRESSION()	
88	=MISE.EN.PAGE("";"";0,78740157480315;0,78740157480315;0,7	
89	=IMPRIMER(1;;;1;FAUX;FAUX;1;FAUX;1)	
90	=RETOUR()	
91		
92	**PROTECTION**	
93	SELECTIONNER("FEUILEXTRACT")	
94	PROTECTION.CELLULE(VRAI;FAUX)	
95	PROTEGER.DOCUMENT(VRAI;FAUX;;VRAI)	Protection de toute la feuille de calcul
96	SELECTIONNER("L1C1")	Pour l'esthétique
97	*RETOUR()*	
98		
99	**LISTE DES DENSITES HORS NORME PARTIE "C"**	
100	=PROTEGER.DOCUMENT(FAUX;FAUX;;FAUX)	Suppression de la protection
101	=CALCULER.MAINTENANT()	Actualisation des cellules de calcul
102	=MODE.DE.CALCUL(3;FAUX;100;0,001;VRAI;FAUX;VRAI;VRAI;VRAI;F	Bloquage des cellules de calcul
103	=SELECTIONNER([GAULIS]CALCUL!MARGIRESUL)	Remise à blanc des zones de calcul précédentes
104	=EFFACER()	
105	=SELECTIONNER("[GAULIS]CALCUL!FICHSAISIE")	Sélection de la base de données
106	=BASE.DE.DONNEES()	
107	=DEFINIR.NOM("Critères";"=MARGICRITERES")	Nomme la zone de critères de la partie "A"
108	=SELECTIONNER("Critères")	
109	=CRITERES()	Opérations d'extraction des essences
110	=DEFINIR.NOM("Extraction";"=MARGIEXTRACT")	Nomme la colonne cible, titre inclus
111	=SELECTIONNER("Extraction")	
112	=EXTRACTION()	
113	=EXTRAIRE(VRAI)	
114	=CALCULER.MAINTENANT()	Actualisation des cellules de calcul
115	*=RETOUR()*	
116		
117	**TRI DES PARCELLES HORS NORME**	
118	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]CALCUL";FAUX)	
119	=SELECTIONNER("[GAULIS]CALCUL!MARGIBLOC")	Sélection du bloc des cellules marginales extraites
120	=COPIER()	
121	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]RESULTAT";FAUX)	
122	=27+20*([GAULIS]CALCUL!CoinMARGI-1)	Sélection du repère de colonne
123	=SELECTIONNER("[GAULIS]RESULTAT!L1C"&C122&"")	
124	=COLLAGE.SPECIAL(3;1;FAUX;FAUX)	
125	=ACTIVER.CLASSEUR("[GAULIS]CALCUL";FAUX)	
126	*=RETOUR()*	
127		

Surfaces de jeunes peuplements de chêne et de hêtre des forêts domaniales de Moselle.
Répartition par normes de travaux sylvicoles, par classe de hauteur et topographie.









FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE TERRAIN

Opérateurs :		N°
M F :	Date :	Heure :	ESS/CL :

NOM de CODE	Relevé
FORME PLACETTE	
S PLACETTE	
CONVERSION DENSITE	
ESSENCE	
H + BEAU +GROS	
R HOUPPIER	
H FOURCHE	
H BRANCHE VERTE	
BOURGEON DORMANT	
CHANCRE	
LOUPS	
Sylviculture :	
AGE	
H FINALE	
STATION	
PENTE	
EXPOSITION	
ALTITUDE	
G /HA TOUR	

fourche = d'<2d, i<30°

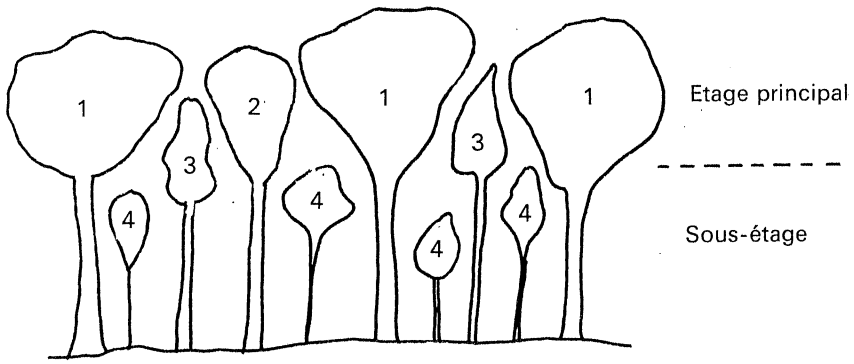
DIVISION	
FORET	
PARCELLE	
NORME	
SURFACE	

Pointage								
Etage	Dominant		Codominant		dominés		sous-étage	
HAUT.								
ESS.	1	2	1	2	1	2	1	2
D(cm) 0								
2								
4								
6								
8								
10								
12								
14								
16								
18								
20								

2. STATUT SOCIAL, ÉTAGES

Le vocabulaire utilisé en France pour décrire le statut social des individus d'un peuplement régulier, et les étages qu'ils constituent, comprend les termes suivants :

Statut social	ÉTAGE
1. arbre dominant 2. arbre codominant 3. arbre dominé	ÉTAGE PRINCIPAL
4. arbre de sous-étage	SOUS-ÉTAGE



Les arbres dominants (1) et codominants (2) ont un plus ou moins large accès à la lumière directe, mais les seconds semblent avoir déjà perdu l'avantage par rapport aux premiers qui leur sont proches.

Les arbres dominés (3) ont un accès réduit ou nul à la lumière directe ; il sont moins hauts que leurs voisins dominants et codominants mais leur houppier reste globalement dans le même étage que celui de ces voisins.

Le houppier des arbres de sous-étage (4) ne se mêle pas vraiment à celui des arbres des trois autres catégories.

Le statut social d'un arbre a donc une définition locale : il est déterminé par le voisinage immédiat de l'arbre en question. Il faut reconnaître que cette détermination peut être entachée d'incertitude : les cas ne sont pas rares où l'on peut hésiter entre deux catégories voisines.

Remarque 1 : Le mot « dominant » n'a pas exactement le même sens quand il est utilisé pour définir des variables comme la « hauteur dominante » et le « diamètre dominant » d'un peuplement régulier : il s'agit alors des caractéristiques moyennes des 100 plus gros arbres par hectare.

Remarque 2 : On parle aussi parfois d'étage dominant pour l'ensemble des arbres dominants et codominants ; vu qu'ils ne constituent pas à eux seuls un étage à proprement parler, cela me semble plutôt à éviter.

Remarque 3 : La lecture de la littérature étrangère et même française demande de la circonspection quand le sujet y est abordé : le vocabulaire, voire la définition des catégories, peuvent y être différents de ce que j'ai indiqué.

En Belgique et aux Etats-Unis, avec semble-t-il les mêmes catégories, les arbres dominés sont appelés « intermédiaires » et « intermediate », les arbres de sous-étage sont appelés « dominés » ou « surcimés » et « suppressed ».

En Suisse et en Allemagne, le haut de la classification s'enrichit des « prédominants ».

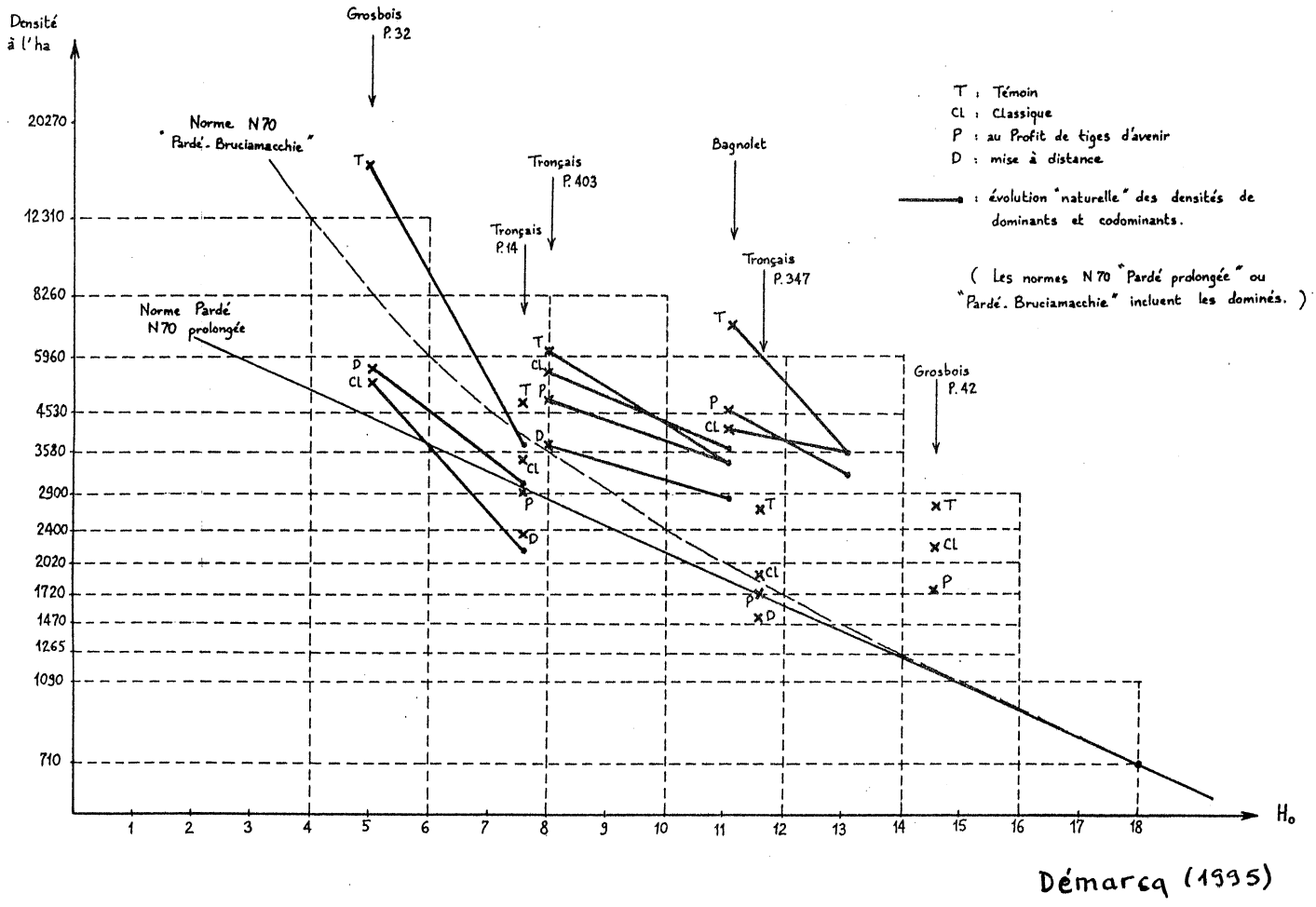
En France, LANIER (1986) propose une classification qui intègre en fait statut social et qualité.

* Evolution naturelle de la densité des dominants et codominants - Normes de sylviculture :

Le graphique ci-après indique la densité des dominants et codominants à l'installation de nos placettes, juste après les interventions éventuelles, et, pour 3 des 6 dispositifs, au moment de la dernière mesure (de 5 à 6 ans plus tard). Il indique aussi le tracé de la norme *"Pardé-Bruciamacchie N70"* et de la norme *"Pardé N70 prolongée"* ; ces normes sont censées, contrairement à nos données, inclure les dominés (mais pas le sous-étage). L'échelle est linéaire pour la hauteur dominante (abscisse) et logarithmique pour la densité (ordonnée).

Si l'on regarde l'évolution de la densité des dominants et codominants dans les parcelles-témoins, on s'aperçoit que la structuration *"naturelle"* des peuplements conduit à une diminution drastique du nombre de ces arbres : il y a de nombreux changements de statut social, vers le bas ; bien moins marquée, une diminution nette s'observe aussi dans les modalités éclaircies.

Il semble donc que, pour obtenir un état de concurrence vraiment différent du témoin, il faille tester des interventions beaucoup plus violentes ; c'est ce que nous sommes en train de faire sur certains dispositifs lors d'un deuxième passage.



Annexe 19a : Fichier d'étude du chêne

Division	No	FORET	Parcelle	H+	D+	Rhoup	Hbrv	Hbv/Ho	Typo	Hdo	Hco	hminé	Ddo	Dco	dminé	gdo	gco	gminé	GTotal	Ghoriz
SARREB	37	FENETRAN	66/	7,5	6	65	3	*40*	4 EtBu	7	6	4	6,0	3,0	1,8	12	3	6	21	20
CHASA	22	AMELECOU	33/	7,5	8	70	3	*40*	4 EtBu	7,5	6	4	5,8	4,0	2,0	14	4	1	18	20
SARREB	41	LANGUIMB	191/	8,5	8	75	3,2	*38*	4 EtBu	8	7	5,5	8,0	5,3	2,3	26	9	9	44	20
BITCHE	108	LEMBERG	117/	5	6	30	3	*60*	1 EtEla	5	0	0	3,8	2,0	1,4	10	1	7	19	19
NEVERS	307	PREMERY	23	6,5	6	55	3,5	*54*	1 EtEla	6,5	0	4	4,7	4,7	1,7	5	11	6	22	
CHASA	29	ST-JEAN	157/	7,5	6	60	4,5	*60*	1 EtEla	7,5	6	4,5	5,3	4,0	2,4	18	6	8	32	20
SARREB	82	SARREBOU	11/A	7,5	6	70	4	*53*	1 EtEla	7,5	5	4	4,3	3,2	1,6	9	10	8	27	28
BITCHE	102	STURZELB	77/B	7,5	6	45	5	*67*	1 EtEla	7,5	0	6	4,9	4,0	2,2	7	4	4	14	15
BITCHE	118	LEMBERG	102	9	8	70	5	*56*	1 EtEla	9	0	0	7,3	4,5	3,6	5	5	5	15	19
MOULINS	312	TRONCAIS	403	9,6	8	85	5	*52*	1 EtEla	9,5	0	6,3	6,7	4,3	2,7	11	3	10	24	
SARREB	34	FENETRAN	217/	11	12	70	7	*64*	1 EtEla	11	9	5,5	8,0	5,0	3,6	14	2	6	22	
NEVERS	308	PREMERY	10	11,5	10	95	7	*61*	1 EtEla	11,5	0	0	10,0	7,1	2,6	12	14	7	33	22
NEVERS	303	BERTRANGES	207	12	6	110	6,5	*54*	1 EtEla	12	0	6	9,3	7,6	2,9	13	7	14	35	31
NEVERS	305	BERTRANGES	207'	13	12	110	8	*62*	1 EtEla	12	0	8	10,3	8,0	3,9	33	5	20	58	
NEVERS	310	PREMERY	53	13	16	125	7,5	*58*	1 EtEla	13	0	0	11,2	7,8	3,5	26	11	12	49	
NEVERS	302	BERTRANGES	226	13,5	12	80	10	*74*	1 EtEla	13,5	0	9	11,3	10,7	4,2	12	5	11	28	27
THIONV	13	ZOUFFTGEN	32*	16	18	150	8	*50*	1 EtEla	16	14	10	12,7	9,5	3,5	22	1	3	26	21
BITCHE	91	HANAU3	244/P	17	14	150	11	*65*	1 EtEla	17	14	9	12,0	10,0	6,7	13	2	10	24	26
NEVERS	306	PREMERY	18/54	20	24	150	15	*75*	1 EtEla	20	0	0	21,3	14,7	7,6	11	3	7	20	21
SARREB	55	FENETRAN	45/	3	4	30	0,7	*23*	3 LaBu	3	0	0	3,0	2,0	1,3	3	4	4	10	
SARREB	81	SARREBOU	113/	3,4	4	60	0,8	*24*	3 LaBu	3	0	0	2,1	2,0	0,7	3	1	2	6	
ST AVOLD	133	HEMILLYD	071/	3	2	30	1,1	*37*	3 LaBu	3	0	0	2,0	1,3	0,5	6	5	0	11	
THIONV	15	SIERCK	101	3,5	2	50	1,7	*49*	3 LaBu	3,5	3	1,8	2,0	2,0	0,8	9	1	1	12	12
SARREB	46	FENETRAN	130/	4,5	4	45	2	*44*	3 LaBu	4	3	2	3,6	2,9	2,0	4	7	2	12	
SARREB	47	FENETRAN	130/	5	4	60	2	*40*	3 LaBu	4,5	4	2	4,0	2,0	2,1	11	3	17	31	
THIONV	19	SIERCK	89	5	6	60	1,6	*32*	3 LaBu	5	4	1,6	4,6	2,5	1,2	12	2	3	17	15
BITCHE	121	MOUTERHO	13/A	6,5	6	100	3	*46*	3 LaBu	5,5	0	2,5	4,3	2,7	1,2	10	6	6	21	20
CHASA	21	AMELECOU	33/	6	4	70	2,5	*42*	3 LaBu	6	6	4	4,2	3,3	2,0	7	4	3	14	20
CHASA	26	ST-JEAN	130/A	9	8	100	3	*33*	3 LaBu	6	5	3,75	5,4	4,6	4,0	9	6	6	20	25
SARREB	36	FENETRAN	37/A	6,5	6	85	3	*46*	3 LaBu	6	5,5	3,5	5,0	4,0	1,3	20	3	5	28	
SARREB	31	FENETRAN	175/	6,25	8	70	3	*48*	3 LaBu	6,25	5,5	2,5	4,7	4,0	1,9	22	4	9	34	25
BITCHE	122	MOUTERHO	171/A	6,5	6	70	3	*46*	3 LaBu	6,5	0	3	5,0	3,8	2,2	10	5	2	17	
SARREB	32	FENETRAN	175/	7,25	6	80	2,5	*34*	3 LaBu	7	5,5	3	5,0	4,4	2,1	16	8	8	32	21
SARREB	38	FENETRAN	66/	7,5	8	80	3	*40*	3 LaBu	7	6	3	6,5	5,5	2,9	7	10	3	20	
CHASA	71	ALBESTRD	18/	7,5	8	110	2,2	*29*	3 LaBu	7,5	0	2,1	5,5	4,0	2,1	17	1	1	20	20
ST AVOLD	131	HEMILLYD	010/	7,5	8	120	3,5	*47*	3 LaBu	7,5	0	4	6,8	5,0	3,3	22	6	4	33	22
SARREB	42	LANGUIMB	191/	8	8	150	2	*25*	3 LaBu	8	7	5,5	6,1	5,0	2,1	9	2	1	12	
CHASA	74	ALBESTRD	44/	9	10	130	4	*44*	3 LaBu	9	0	5	6,8	4,3	4,7	8	2	1	11	
ST AVOLD	132	HEMILLYD	008/	9,5	8	90	4,5	*47*	3 LaBu	9	0	7	6,6	5,4	3,5	9	9	2	20	23
MOULINS	311	TRONCAIS	14	9,1	10	110	3,8	*42*	3 LaBu	9,1	0	5,15	8,0	4,9	2,7	10	5	4	19	17
SARREB	57	FENETRAN	15/	13	14	150	6	*46*	3 LaBu	12	0	6	10,3	7,0	3,3	26	4	13	43	20
NEVERS	309	PREMERY	54	13	14	160	6	*46*	3 LaBu	13	0	6	12,0	8,0	3,0	29	3	19	50	
BITCHE	112	LEMBERG	85/	3,5	2	30	2	*57*	2 LaEla	3	0	2	2,0	2,0	0,8	8	8	6	22	
THIONV	11	GARCHE	30*	3,8	4	40	1,9	*50*	2 LaEla	3,8	2,5	1,5	2,0	2,0	1,5	10	9	8	27	11
CHASA	24	BRIDE	93 A	3,8	4	50	2	*53*	2 LaEla	4	3,5	2,5	2,8	2,0	0,5	21	4	0	25	18
ST AVOLD	134	LAHOUVE	042/	4,5	4	50	2,5	*56*	2 LaEla	4,5	0	2	4,0	2,0	1,0	4	6	7	17	
NEVERS	304	BERTRANGES	117	5,8	12	75	3,1	*53*	2 LaEla	5,8	0	4	4,7	3,2	1,8	6	5	9	20	
CHASA	27	ST-JEAN	130/A	6	6	70	3	*50*	2 LaEla	6	5	3,75	4,0	2,7	1,3	16	6	1	22	
SARREB	45	LANGUIMB	145/B	6,5	6	80	4	*62*	2 LaEla	6	5	4	5,2	4,0	2,0	33	11	10	55	
CHASA	72	ALBESTRD	18/	8	6	100	4	*50*	2 LaEla	7,5	0	3,5	4,4	2,8	0,7	8	2	0	11	13
SARREB	56	FENETRAN	15/	8,5	10	110	5	*59*	2 LaEla	8	7	5	8,0	7,0	2,5	11	4	7	22	23
CHASA	73	ALBESTRD	44/	8,5	10	120	4,5	*53*	2 LaEla	8	0	5	6,8	5,0	4,0	9	2	0	11	16
ST AVOLD	136	LAHOUVE	011/	8,5	10	90	4,7	*55*	2 LaEla	8,5	0	0	8,2	6,2	4,0	12	4	0	16	17
SARREB	44	LANGUIMB	187/	12	10	200	6	*50*	2 LaEla	12	10	6	9,0	5,7	3,5	13	8	7	28	27
SARREB	59	ALBESTRO	163	14	14	200	8	*57*	2 LaEla	13	0	6	10,0	6,5	3,0	13	7	10	29	24
MOULINS	313	TRONCAIS	347	13	16	150	8	*62*	2 LaEla	13	0	0	11,7	10,0	3,9	13	2	6	20	
SARREB	43	LANGUIMB	187/	14	16	200	8	*57*	2 LaEla	14	12	8	10,5	6,8	3,5	19	10	7	36	
CHASA	75	ALBESTRD	115/	14	20	200	8	*57*	2 LaEla	14	12	7	13,1	10,3	4,9	23	5	10	38	
CHASA	23	BRIDE	130/	17	20	200	9,5	*56*	2 LaEla	17	15	10	15,1	11,1	7,0	**33**	14	10	**57**	30
CHASA	28	ST-JEAN	145/	17,5	22	200	11	*63*	2 LaEla	17	15	11	16,2	13,0	6,2	19	3	8	29	19
NEVERS	301	BERTRANGES	211	19	26	200	10	*53*	2 LaEla	19	0	8	19,3	12,0	5,5	14	3	6	23	22
SARREB	58	FENETRAN	23/	4	2		1,2	*30*		3	0	1,5	2,0	2,0	1,3	5	2	9	16	
CHASA	25	BRIDE	93 A		2					3,8	3	2,5	2,0	1,1	0,5	7	3	1	11	
SARREB	35	FENETRAN	37/A	5,5	10		3,5	*64*		5,5	4,5	3	4,3	2,7	1,5	29	11	4	44	27
BITCHE	93	HANAU3	293/B	8	6		4,5	*56*		8	7	5	4,0	4,0	6,3	8	6	6	20	
THIONV	12	GARCHE	6A*	16	16		12	*75*		16	14	12	12,0	0,5	8,0	32	0	5	37	25
CHASA	30	ROMERSBE	23/205	20	18		7,5	*38*		20	17	5	13,3	9,4	5,0	31	10	11	52	28

Annexe 19b : Fichier d'étude du chêne

Division	No	FORET	Parcelle	Ndo	Nco	N ppal	Nminé	No/ha	Tn/ha	Eo	S %	Ho/Do	Age	Hof	Do/Ho	Dh/Ho	Tx
SARREB	37	FENETRAN	66/	4	4	8	22	8	30	1,2	17	156		30	64	19	3
CHASA	22	AMELECOU	33/	10	6	16	4	8	10	1,2	16	146	25	33	68	19	0
SARREB	41	LANGUIMB	191/	7	6	13	26	9	26	1,2	14	118	16	31	85	19	0
BITCHE	108	LEMBERG	117/	10	5	15	46	12	49	1,0	20	156	15	28	64	12	5
NEVERS	307	PREMERY	23	3	6	9	22	9	31	1,1	17	139	17	34	72	17	0
CHASA	29	ST-JEAN	157/	8	5	13	16	13	29	0,9	13	157	25	34	64	16	11
SARREB	82	SARREBOU	11/A	6	12	18	29	18	47	0,8	11	211	17	28	47	19	
BITCHE	102	STURZELB	77/B	7	6	13	17	7	15	1,3	18	168	25	30	59	12	4
BITCHE	118	LEMBERG	102	6	15	21	24	4	9	1,7	18	169	26	32	59	16	0
MOULINS	312	TRONCAIS	403	11	6	17	52	5	20	1,5	16	162	35	28	62	18	3
SARREB	34	FENETRAN	217/	5	2	7	10	4	9	1,8	17	154	26	26	65	13	3
NEVERS	308	PREMERY	10	3	7	10	22	5	16	1,5	13	144	27	32	70	17	0
NEVERS	303	BERTRANGES	207	6	5	11	55	3	21	1,8	15	140	27	36	71	18	0
NEVERS	305	BERTRANGES	207'	8	2	10	29	5	20	1,5	13	122		36	82	18	0
NEVERS	310	PREMERY	53	10	9	19	46	5	16	1,6	12	136	30	32	74	19	3
NEVERS	302	BERTRANGES	226	6	3	9	31	2	8	2,5	19	122	47	36	82	12	0
THIONV	13	ZOUFFTGEN	32*	32	4	36	53	2	4	2,5	16	130	55	26	77	19	2,5
BITCHE	91	HANAU3	244/P	11	2	13	27	1	4	3,0	18	145	47	30	69	18	
NEVERS	306	PREMERY	18/54	6	3	9	27	0	2	5,1	25	105		34	96	15	4
SARREB	55	FENETRAN	45/	2	7	9	14	15	38	0,9	29	135	12	30	74	20	0
SARREB	81	SARREBOU	113/	14	5	19	43	12	39	1,0	33	143		30	70	40	4
ST AVOLD	133	HEMILLYD	071/	6	9	15	4	45	57	0,5	17	188	10	28	53	20	0
THIONV	15	SIERCK	101	10	1	11	5	33	48	0,6	17	175	19	29	57	29	0
SARREB	46	FENETRAN	130/	5	14	19	10	13	19	1,0	24	131	15	29	76	23	0
SARREB	47	FENETRAN	130/	3	3	6	15	18	63	0,8	18	150	15	29	67	27	3,5
THIONV	19	SIERCK	89	13	8	21	33	11	27	1,0	21	131	20	30	76	24	4
BITCHE	121	MOUTERHO	13/A	6	9	15	37	15	52	0,9	16	165	19	28	61	36	0
CHASA	21	AMELECOU	33/	10	8	18	17	9	18	1,1	19	142	25	30	70	23	7
CHASA	26	ST-JEAN	130/A	7	7	14	8	7	12	1,3	21	120		32	83	33	4
SARREB	36	FENETRAN	37/A	10	2	12	28	12	40	1,0	16	124	15	33	81	28	3
SARREB	31	FENETRAN	175/	12	3	15	26	15	41	0,9	14	138	20	28	73	22	5
BITCHE	122	MOUTERHO	171/A	10	9	19	9	10	14	1,1	17	147	26	28	68	22	0
SARREB	32	FENETRAN	175/	8	5	13	20	13	33	0,9	13	147	20	28	68	23	0
SARREB	38	FENETRAN	66/	4	8	12	9	6	11	1,4	20	120		30	83	23	4
CHASA	71	ALBESTRD	18/	13	2	15	7	8	11	1,2	17	141	20	31	71	29	4
ST AVOLD	131	HEMILLYD	010/	12	6	18	8	9	13	1,1	15	121	15	30	83	32	0
SARREB	42	LANGUIMB	191/	14	4	18	16	4	7	1,8	22	136	16	31	74	38	0
CHASA	74	ALBESTRD	44/	10	8	18	3	4	4	1,8	20	159	25	32	63	29	4
ST AVOLD	132	HEMILLYD	008/	13	20	33	8	7	8	1,3	15	153	26	28	65	20	
MOULINS	311	TRONCAIS	14	9	13	22	35	4	11	1,6	18	147	30	40	68	24	3
SARREB	57	FENETRAN	15/	6	2	8	26	4	17	1,7	14	126		32	79	25	
NEVERS	309	PREMERY	54	5	1	6	40	3	23	2,0	15	115	30	32	87	25	0
BITCHE	112	LEMBERG	85/	9	8	17	29	51	138	0,5	16	150	16	30	67	20	0
THIONV	11	GARCHE	30*	27	26	53	36	53	89	0,5	12	188	13	32	53	21	0
CHASA	24	BRIDE	93 A	10	4	14	5	42	57	0,5	13	156	13	32	64	25	2
ST AVOLD	134	LAHOUVE	042/	2	11	13	35	22	80	0,7	16	195	12	30	51	22	4
NEVERS	304	BERTRANGES	117	6	12	18	63	9	41	1,1	20	158	18	36	63	26	0
CHASA	27	ST-JEAN	130/A	12	9	21	6	21	27	0,7	12	175	25	34	57	23	
SARREB	45	LANGUIMB	145/B	5	3	8	11	24	57	0,7	12	126	22	30	79	27	3,5
CHASA	72	ALBESTRD	18/	11	5	16	14	8	15	1,2	16	194	20	31	52	27	4
SARREB	56	FENETRAN	15/	4	2	6	22	3	14	2,0	25	104	28	32	96	28	
CHASA	73	ALBESTRD	44/	12	4	16	1	3	3	1,9	24	125	25	32	80	30	4
ST AVOLD	136	LAHOUVE	011/	22	13	35	2	4	4	1,8	21	114		29	87	21	5
SARREB	44	LANGUIMB	187/	4	6	10	12	5	11	1,5	13	171	30	28	58	33	0
SARREB	59	ALBESTRO	163	3	4	7	23	4	15	1,8	14	163		31	62	31	0
MOULINS	313	TRONCAIS	347	12	2	14	37	1	5	2,9	22	114	40	38	88	23	
SARREB	43	LANGUIMB	187/	4	5	9	13	5	11	1,6	11	166	30	28	60	29	3
CHASA	75	ALBESTRD	115/	16	6	22	52	2	7	2,3	16	113			88	29	
CHASA	23	BRIDE	130/	9	7	16	12	3	6	1,9	11	127		32	79	24	2
CHASA	28	ST-JEAN	145/	9	2	11	22	1	3	3,2	19	109		32	92	24	5
NEVERS	301	BERTRANGES	211	9	6	15	40	1	3	3,9	21	116	50	36	86	21	3
SARREB	58	FENETRAN	23/	5	2	7	17	21	72	0,7	25	150	12	32			3,5
CHASA	25	BRIDE	93 A	7	8	15	14	45	87	0,5	13	253	13	32			0
SARREB	35	FENETRAN	37/A	6	6	12	6	36	54	0,6	10	157	15	31			3
BITCHE	93	HANAU3	293/B	6	5	11	6	11	17	1,0	13	200	35	30			5
THIONV	12	GARCHE	6A*	5	1	6	2	3	4	2,0	12	159	50	33			0
CHASA	30	ROMERSBE	23/205	11	7	18	24	4	8	1,8	9	170	55	32			0

Annexe 20a : Fichier d'étude du hêtre

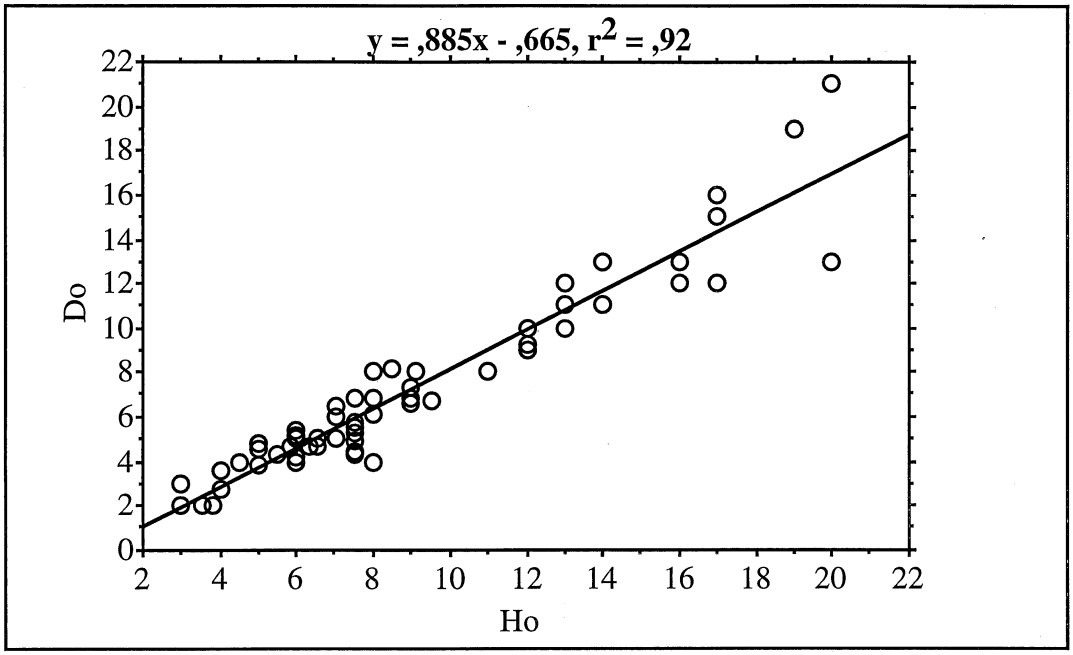
Division	No	FORET	Parcelle	S éch.	H+	D+	Rhoup	Hfour	H br vi	%Hbr/H	Chc.	Hdo	Hco	hminé	Ddo	Dco	dminé	gdo	gco	gminé	GTotal	Ghoriz
SARREB	53	ALBESTRO	145/	*20*	13	8	50	6	6	*46*		13	12	6	9,1	8,0	3,4	33	13	11	57	23
SARREB	68	ST-QUIRI	38/A	*10*	7,5	6	60	4	4	*53*		7,5	0	5	4,2	3,3	1,7	17	8	10	35	27
SARREB	52	ALBESTRO	168A	*20*	9,5	8	80		5,5	*58*		9,5	8	6	7,3	6,0	3,1	13	9	5	26	22
EPINAL S	325	Ban d'Harom	103	*25*	8,5	6	75	7,5	3,6	*42*	1	8,5	0	6	6,0	4,2	2,2	6	6	10	21	
LYONS L F	203	BEZANCOURT	431/O	*20*	7	6	75	5	3	*43*		6	0	3	6,3	4,6	2,2	11	9	7	27	28
ST AVOLD	144	ST-AVOLD	225	*50*	11	10	125		5	*45*		11	0	6	8,0	6,3	4,1	12	4	4	21	
EPINAL S	326	Ban d'Harom	103	*100*	11	12	130	7,5	5	*45*		11	0	6	8,2	6,7	3,8	7	3	1	12	17
EPINAL S	321	Ban d'Harom	31	*50*	13	16	160	7	5,5	*42*	1	13	0	6	14,0	7,4	3,3	12	6	12	30	29
EPINAL S	322	Ban d'Harom	31'	*50*	13	10	160	8	5,5	*42*	1	13	0	6	9,0	7,6	4,5	3	11	4	17	
BITCHE	107	LEMBERG	137/	*10*	10,5	8	130	5	4,5	*43*	1	10	0	7	7,0	6,0	3,3	8	8	22	38	32
BITCHE	105	LEMBERG	137/	*20*	14	14	180		7	*50*	1+G	14	0	6	10,7	8,0	3,9	14	10	16	40	31
EPINAL S	324	Ban d'Harom	103	*20*	10	10	130	8	4	*40*	1	10	0	6	8,8	4,3	2,3	16	5	9	30	
SARREB	66	ST-QUIRI	73/B	*10*	6,5	6	90	4,5	3	*46*	1	6,5	5	3,5	5,5	3,5	2,3	10	4	9	23	21
BITCHE	106	LEMBERG	137/	*100*	13	14	180		7	*54*	1	13	0	7	11,3	9,1	4,5	12	7	3	22	24
BITCHE	95	STURZELB	42/H	*50*	14	12	200	9,5	9,5	*68*	Gd	14	0	0	9,1	8,7	4,7	15	7	3	25	28
EPINAL S	323	Ban d'Harom	46	*20*	9	10	130	6	4	*44*	1	9	0	5	8,0	5,0	2,6	8	6	9	23	
SARREB	64	ST-QUIRI	93/A	*100*	16	18	250	13	11	*69*		16	14	8	14,3	10,0	6,0	11	6	7	24	26
BITCHE	97	STURZELB	42/B	*100*	19	26	300	14	13	*68*	Gd	20	0	12	17,6	13,0	6,0	26	11	4	40	
SARREB	90	WALSCHEI	105	*16*	15		250		9	*60*	Gd	15	0	0	13,5		6,0	38	0	28	66	
ST AVOLD	135	LAHOUVE	55D	*50*	10	10	130	7,5	3,5	*35*		9	0	5,5	7,3	4,6	1,9	10	3	4	18	
SARREB	67	ST-QUIRI	38/A	*20*	6	6	80	5	0,1	*2*		6	0	0	5,7	5,3	1,9	9	3	1	14	
ST AVOLD	142	ST-AVOLD	29/	*35*	8	10	110	6,5	2	*25*	1	7		4	6,8	4,3	1,8	9	3	3	14	11
ST AVOLD	145	ST-AVOLD	228/	*50*	6,5	8	90	3,8	1,2	*18*		6	0	0	6,2	5,1	2,0	8	3	0	11	
THIONV	16	SIERCK	101	*20*	4	4	65	1,8	0,8	*20*		4	3,5	1	2,1	2,0	0,8	5	1	2	7	7
ST AVOLD	141	ST-AVOLD	29/	*50*	6	8	100	2,5	0,8	*13*	1	6	0	3	5,4	3,2	2,1	7	2	1	10	13
BITCHE	111	LEMBERG	85/	*20*	6	6	100		1,4	*23*	1	6	0	2,5	5,0	3,5	1,6	8	8	2	18	16
LYONS L F	201	LYONS L F	56	*50*	6,5	8	110	4,5	1,3	*20*		6	0	4	7,1	4,7	1,9	10	2	2	15	20
SARREB	63	ST-QUIRI	93/A	*50*	9	8	160	4	1,5	*17*		9	0	3	9,2	5,4	2,8	7	5	3	15	15
BITCHE	116	MOUTERHO	201/A	*20*	5		100		1	*20*		6,5	5	0	5,0	4,0	2,0	28	1	2	31	
SARREB	65	ST-QUIRI	EP16/A	*50*	7,5	8	150	3,5	2,5	*33*		7,5	6	3,5	6,9	6,0	1,9	7	2	2	11	
LYONS L F	204	BEZANCOURT	431/E	*60*	11	12		4,5	1,5	*14*		11	0	0	10,5	7,0	4,8	16	5	2	23	
THIONV	17	SIERCK	104	*20*	8	6	80		3	*38*		8	7	3	4,6	4,0	2,3	17	1	2	20	
SARREB	62	ST-QUIRI	82/A	*10*	2,8	4	30		0,2	*7*		3	0	0	2,5	2,0	0,8	4	0	4	9	
BITCHE	101	STURZELB	98/A	*20*	7,5	6	85	3	2	*27*		7,5	0	4	4,8	4,0	1,9	5	3	5	13	14
BITCHE	94	STURZELB	15/B	*10*	7	6	80	4,2	0,7	*10*	Gd	7	6	3	4,0	3,6	2,0	7	5	12	24	18
BITCHE	123	MOUTERHO	214/B	*50*	9,5	10	110		3	*32*		8,5	0	4	5,9	4,8	1,9	9	2	4	15	17
BITCHE	116	MOUTERHO	85	*20*	6,5	8				*0*		6,5	5	0	5,0	4,0	2,0	28	1	2	31	
SARREB	61	ST-QUIRI	82/A	*10*	5	6		3	1,5	*30*		5	4,5	6	4,0	2,6	1,6	11	8	5	23	17
BITCHE	113	LEMBERG	213/	*50*	9	10		8	3,5	*39*	1	9	0	0	6,6	4,8	3,4	10	6	2	17	22
LYONS L F	202	LYONS L F	58	*100*	13,5	16		4	7	*52*		13	0	7	11,2	7,3	5,6	11	5	1	17	26
BITCHE	114	LEMBERG	195	*200*	25	30	500		11	*44*	1	26	0	0	25,0	17,5	8,7	18	5	9	32	

Annexe 20b : Fichier d'étude du hêtre

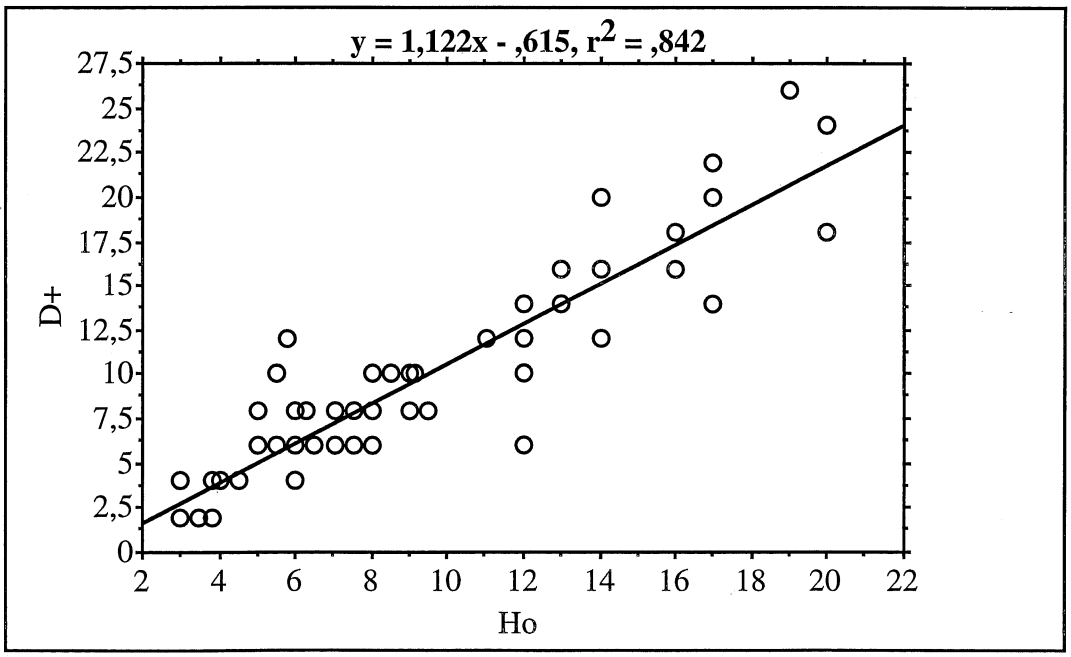
Division	No	FORET	Parcelle	Ndo	Nco	N ppal	Nminé	No/ha	Tn/ha	Eo	S %	Ho/Do	Age	Hof	Typo	Dhp/Ho	Trx	Densité
SARREB	53	ALBESTRO	145/	9	5	14	21	7	17,5	1,3	10	149	32	32	1EtEl	8	0	40,0
SARREB	68	ST-QUIRI	38/A	12	9	21	35	21	56	0,7	10	197	14	32	1EtEl	16	0	10,0
SARREB	52	ALBESTRO	168A	6	6	12	10	6	11	1,4	15	143	32	32	1EtEl	17	4	50,0
EPINAL S	325	Ban d'Harom	103	5	10	15	59	6	29,6	1,4	16	177	17	35	1EtEl	18	4	
LYONS L F	203	BEZANCOUR	431/O	7	10	17	35	8,5	26	1,2	19	113		35	1EtEl	21	1	
ST AVOLD	144	ST-AVOLD	225	12	7	19	14	3,8	6,6	1,7	16	149		35	1EtEl	23	0	
EPINAL S	326	Ban d'Harom	103	13	9	22	10	2,2	3,2	2,3	21	146		35	1EtEl	24	4	
EPINAL S	321	Ban d'Harom	31	4	7	11	57	2,2	13,6	2,3	18	132	25	35	1EtEl	25	3	
EPINAL S	322	Ban d'Harom	31'	2	11	13	11	2,6	4,8	2,1	16	166	25	35	1EtEl	25	3	
BITCHE	107	LEMBERG	137/	2	3	5	21	5	26	1,5	15	156	25	32	1EtEl	25	0	
BITCHE	105	LEMBERG	137/	3	4	7	21	3,5	14	1,8	13	153	22	35	2LaEl	26	0	50,0
EPINAL S	324	Ban d'Harom	103	5	6	11	41	5,5	26	1,4	14	157	20	35	2LaEl	26	0	
SARREB	66	ST-QUIRI	73/B	4	4	8	18	8	26	1,2	18	144	12	36	2LaEl	28	0	25,0
BITCHE	106	LEMBERG	137/	12	11	23	16	2,3	3,9	2,2	17	127	27	32	2LaEl	28	5	40,0
BITCHE	95	STURZELB	42/H	11	6	17	9	3,4	5,2	1,8	13	157	45	32	2LaEl	29	0	
EPINAL S	323	Ban d'Harom	46	3	6	9	28	4,5	18,5	1,6	18	150	20	35	2LaEl	29	0	
SARREB	64	ST-QUIRI	93/A	7	7	14	21	1,4	3,5	2,9	18	132		32	2LaEl	31		8,0
BITCHE	97	STURZELB	42/B	10	8	18	12	1,8	3	2,5	13	129	45		2LaEl	32	0	
SARREB	90	WALSCHEI	105	4	0	4	15	2,5	11,9	2,1	14	111		25	2LaEl	33	0	
ST AVOLD	135	LAHOUVE	55D	12	10	22	50	4,4	14,4	1,6	18	148	17	30	3LaBu	26	0	6,0
SARREB	67	ST-QUIRI	38/A	7	3	10	8	5	9	1,5	25	107	12	32	3LaBu	27	4	10,0
ST AVOLD	142	ST-AVOLD	29/	8	6	14	33	4	13,4	1,7	24	123	20	35	3LaBu	28	4	8,0
ST AVOLD	145	ST-AVOLD	228/	13	7	20	1	4	4,2	1,7	28	103	14	35	3LaBu	28	5	4,2
THIONV	16	SIERCK	101	23	6	29	41	14,5	35	0,9	22	195	19	29	3LaBu	33	4	8,0
ST AVOLD	141	ST-AVOLD	29/	14	13	27	6	5,4	6,6	1,5	24	137	14	35	3LaBu	33	4	8,0
BITCHE	111	LEMBERG	85/	8	15	23	16	11,5	19,5	1,0	17	150	18	35	3LaBu	33	10	15,0
LYONS L F	201	LYONS L F	56	13	6	19	25	3,8	8,8	1,7	29	95	14	35	3LaBu	34	0	
SARREB	63	ST-QUIRI	93/A	5	10	15	24	3	7,8	2,0	22	135		35	3LaBu	36	2	8,0
BITCHE	116	MOUTERHO	201/A	24	1	25	15	12,5	20	1,0	15	131	13	30	3LaBu	40		6,0
SARREB	65	ST-QUIRI	EP16/A	9	3	12	23	2,4	7	2,2	29	113		30	3LaBu	40	0	3,0
LYONS L F	204	BEZANCOUR	431/E	11	8	19	5	3,17	4	1,9	17	122			3LaBu		1	
THIONV	17	SIERCK	104	19	1	20	6	10	13	1,1	13	174	17	28	4EtBu	20		8,0
SARREB	62	ST-QUIRI	82/A	8	1	9	53	9	62	1,1	38	123		35	4EtBu	21	0	40,0
BITCHE	101	STURZELB	98/A	5	4	9	34	4,5	21,5	1,6	21	169	17	30	4EtBu	23	0	8,0
BITCHE	94	STURZELB	15/B	5	5	10	34	10	44	1,1	15	184	17	32	4EtBu	23	0	3,0
BITCHE	123	MOUTERHO	214/B	15	5	20	49	4	13,8	1,7	20	152	20		4EtBu	23	0	8,0
BITCHE	116	MOUTERHO	85	24	1	25	15	12,5	20	1,0	15	131	13	30	Ns	0	0	
SARREB	61	ST-QUIRI	82/A	8	13	21	20	21	41	0,7	15	159	10	35	Ns	0	0	40,0
BITCHE	113	LEMBERG	213/	13	16	29	10	5,8	7,8	1,4	16	161	20	32	Ns	0	5	15,0
LYONS L F	202	LYONS L F	58	10	11	21	5	2,1	2,6	2,3	18	142		35	Ns	0	1	
BITCHE	114	LEMBERG	195	7	4	11	26	0,55	1,85	4,6	18	117			Ns	0	0	
																	5	8,0

Annexe 20 b

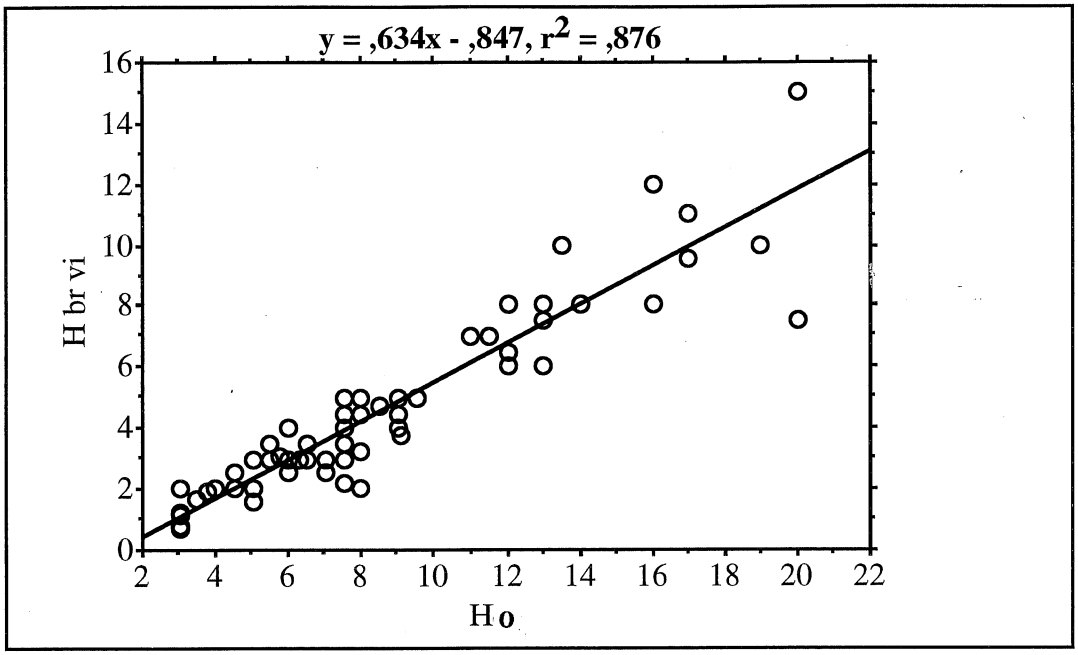
Annexe 21. Graphique : Do=f(Ho) - Chêne (dominants exclusivement)



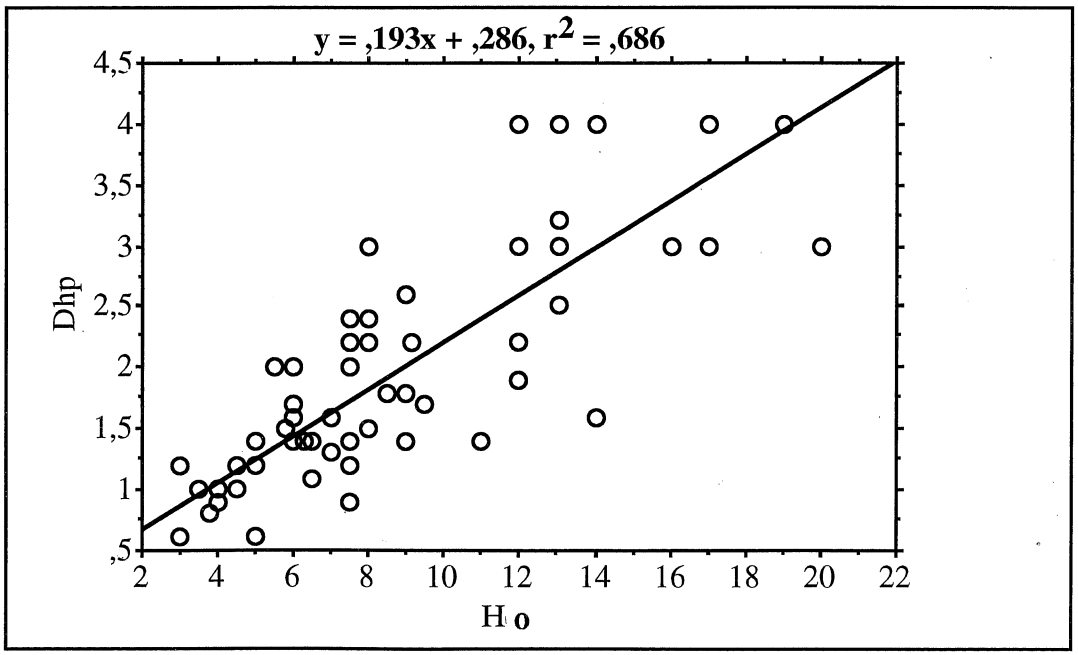
Annexe 22. Graphique : D+=f(Ho) - Chêne



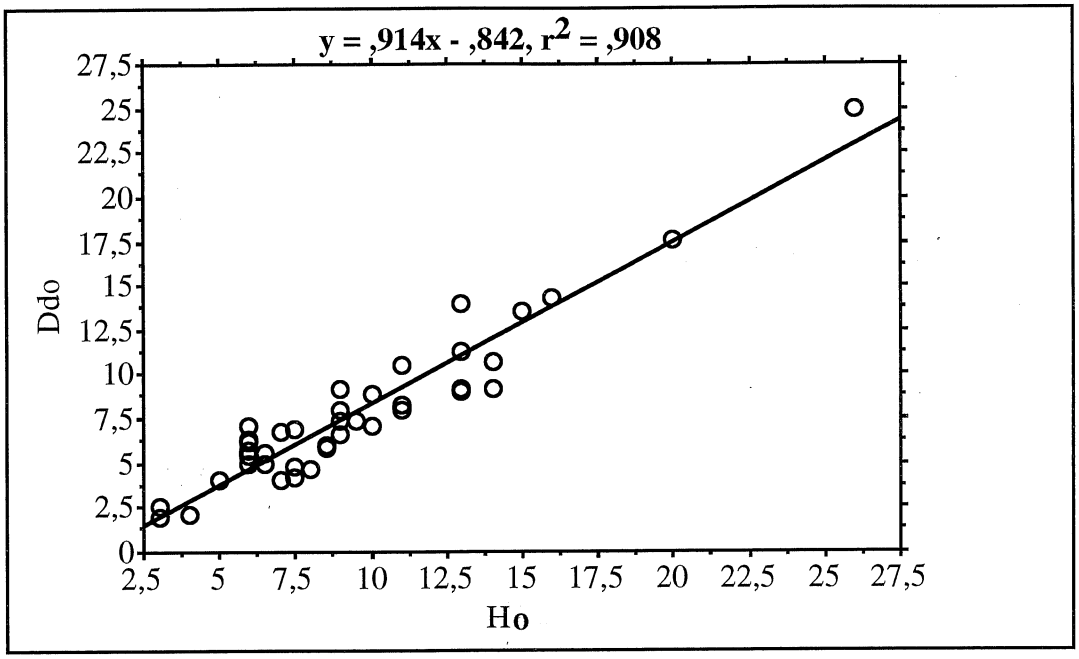
Annexe 23. Graphique : Hauteur branche verte=f(Ho) - Chêne



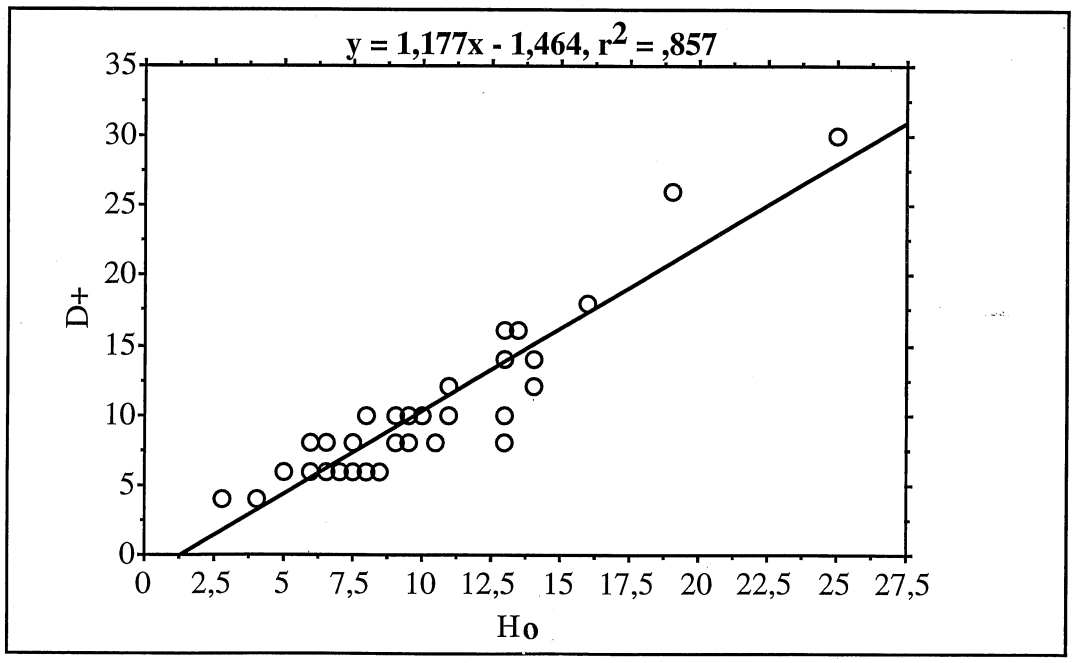
Annexe 24. Graphique : Diamètre du houppier=f(Ho) - Chêne



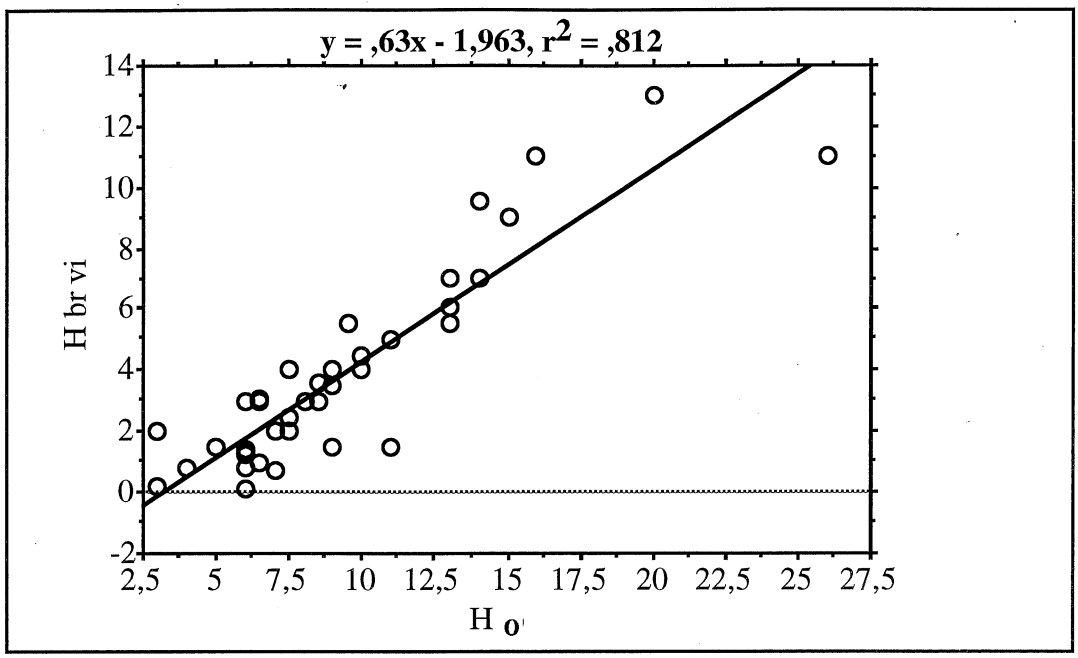
Annexe 26. Graphique : Do=f(Ho) - Hêtre (dominants exclusivement)



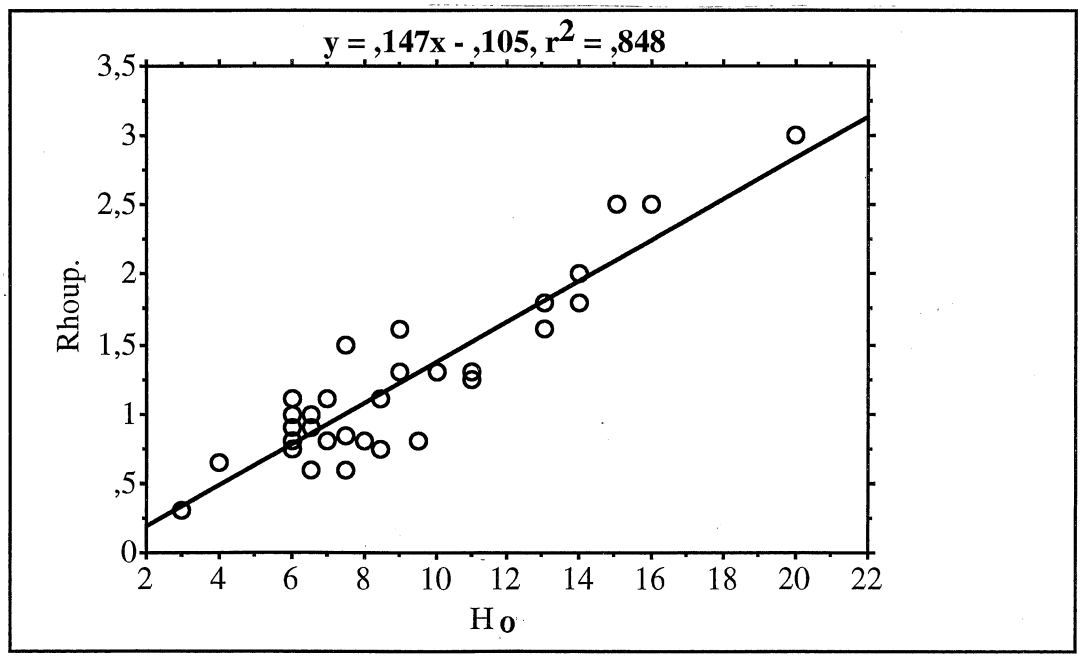
Annexe 27. Graphique : D+=f(Ho) - Hêtre



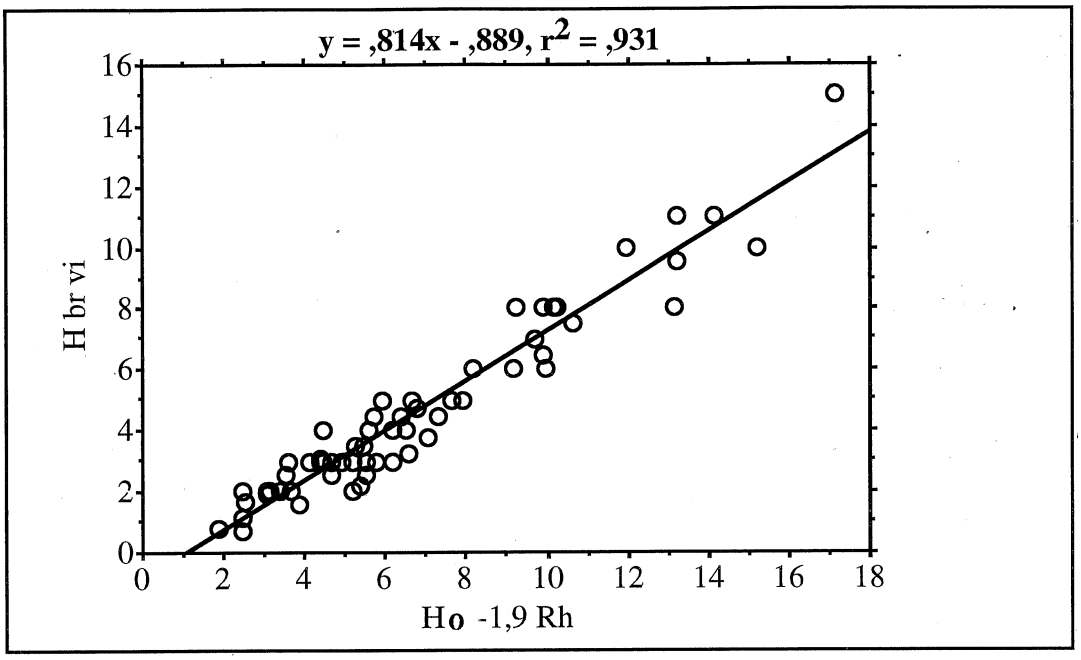
Annexe 28. Graphique : Hauteur Branche verte=f(Ho) - Hêtre



Annexe 29. Graphique : Rayon du houppier=f(Ho) - Hêtre



Annexe 25. Graphique : Hauteur branche verte=f(Ho,Rhp) - Chêne



Annexe 30. Graphique : Hauteur fourche=f(Ho) - Hêtre

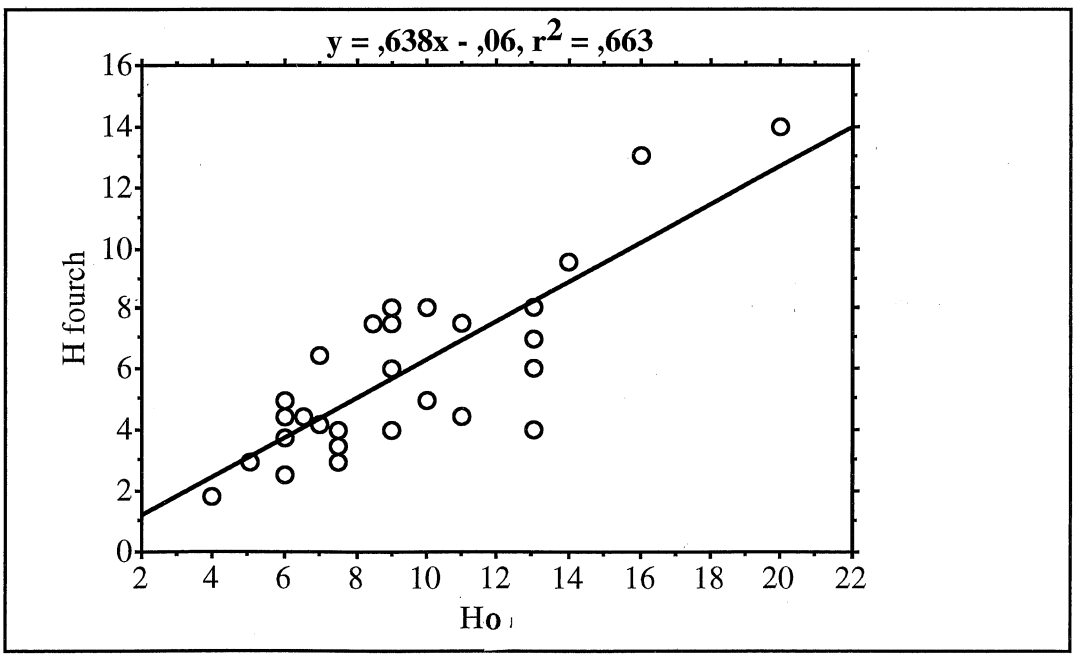
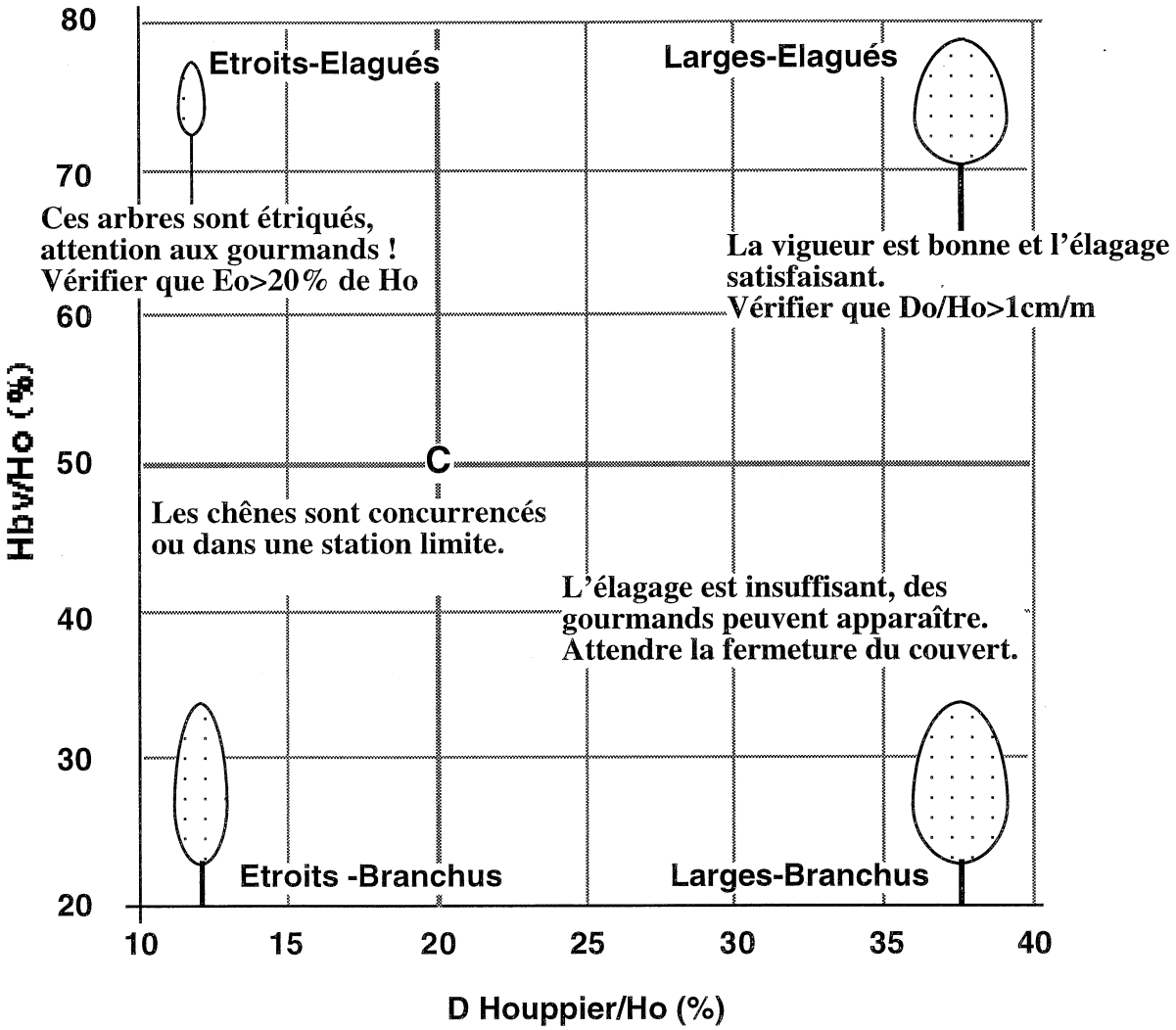


DIAGRAMME VIGUEUR-ELAGAGE



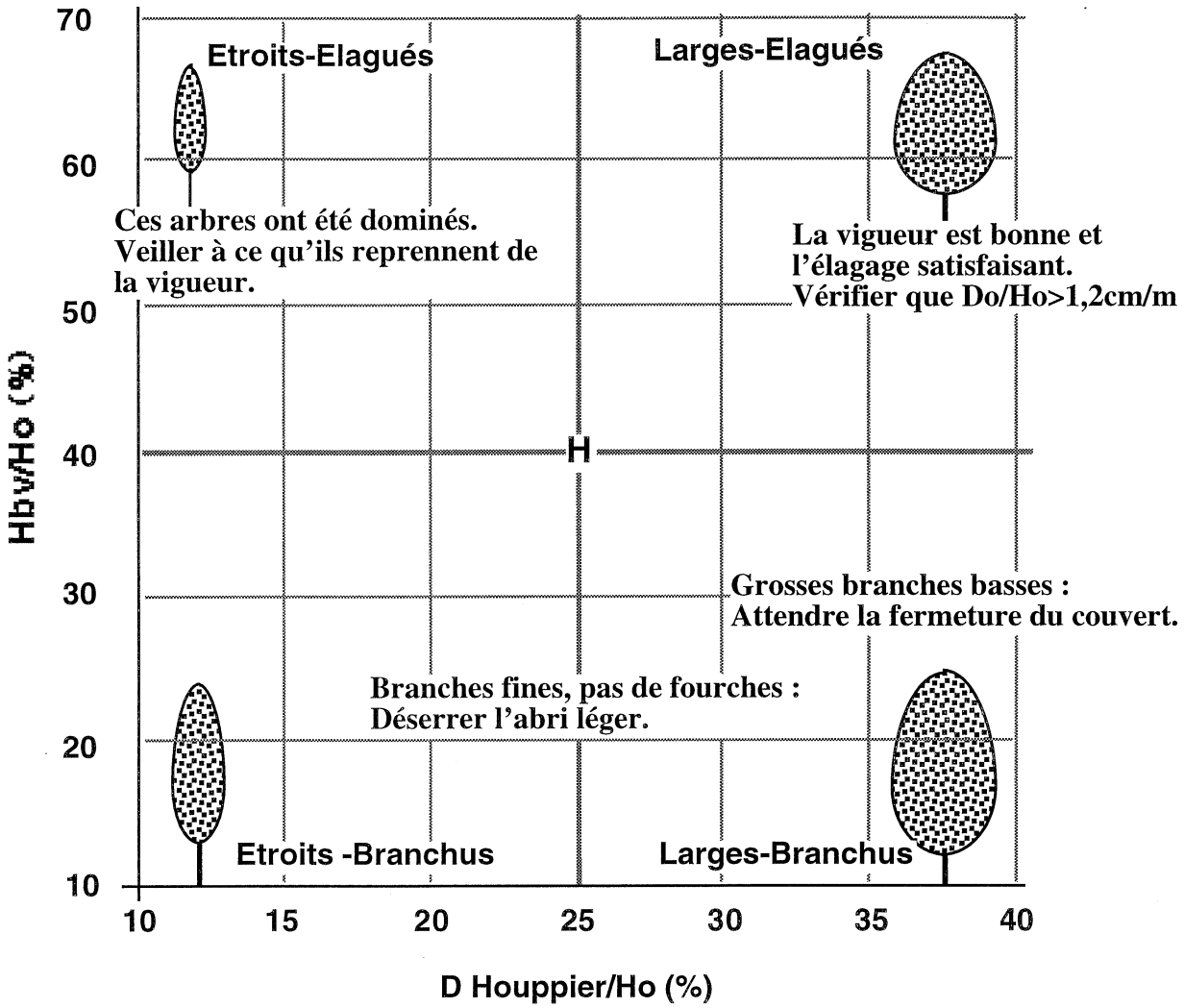
Mémoire FIF-ENGREF 1995

Grille de décision :

	Diagnostic (cocher) Mauvais	Bon	Objectif	Moyens
Vigueur				
Elagage				
Gourmands				
Gain de diamètre				
Taille des noeuds				
Ecart. dominants				
Essences de lumière				
"Précieux"				
Essences d'ombre				

Diagramme Vigueur-Elagage du hêtre.

DIAGRAMME VIGUEUR-ELAGAGE



Mémoire FIF-ENGREF 1995

Grille de décision (hêtre) :

	Diagnostic (cocher) Mauvais	Bon	Objectif	Moyens
Vigueur				
Elagage				
Chancre				
Gain de diamètre				
Taille des noeuds				
Ecart. dominants				
Gestion de l'abri				
"Précieux"				
Essences associées				

Ouverture de cloisonnements sylvicoles étroits

Le cloisonnement sylvicole est **une éclaircie systématique en ligne**, peu coûteuse, d'intensité voisine de 30 %.

La réalisation de cette opération a probablement un effet positif sur la **différentiation** des tiges dominantes en concurrence (création d'une asymétrie dans le peuplement et relance de la sélection naturelle).

Le travail des ouvriers est fortement facilité lorsque les bandes à travailler n'excèdent pas trois fois la **longueur de l'outil** ; il est plus facile et plus stimulant de **contrôler** l'avancement de son travail et tout simplement de **se repérer** sur la parcelle.

En effet tant que les tiges du jeune peuplement sont distantes de moins de 70 cm (20000 tiges/ha) il est pratiquement impossible de travailler le peuplement avec un outil (croissant, débroussailleuse).

*** Entre 6 et 15 mètres**

A ce stade de hauteur les engins permettant un gyrobroyage étroit ne sont pas assez puissants pour ouvrir des cloisonnements.

La densité des peuplements a baissé et on peut s'y déplacer avec un outil.

L'ouverture d'un **pré-cloisonnement d'exploitation de 2 m** de large peut s'envisager avec un espacement de 20 mètres pour structurer la parcelle ; ces cloisonnements devront être portés à 4,5 m dès la première éclaircie en plein.

*** Au delà de 15 mètres**

L'intervention consiste à ouvrir un cloisonnement d'exploitation de 3,5 mètres de large, tous les 20 mètres.

La direction de ces cloisonnements doit permettre de déboucher sur une piste de débardage avec, si possible, un **angle optimum** de 45° pour limiter les dégâts causés aux arbres d'angle.

La prévision d'une large **place de dépôt** aux alentours évite une détérioration des chemins.

3. 3 Matériel disponible pour la réalisation de cloisonnements étroits

*** Tracteurs**

Pour broyer des fourrés et gaulis sur une largeur aussi faible que 1m à 1,5 m il faut un engin possédant des caractéristiques techniques particulières.

La **largeur** de l'engin ne doit pas excéder celle de l'outil de coupe, sinon les arbres de bordure seront écrasés et écorcés par les pneus.

La **puissance** du moteur doit être élevée car le sol forestier est souvent peu roulant (limons, argiles) et l'outil de coupe peut avoir à broyer localement des arbres préexistants plus gros que les autres. La puissance optimale se situe entre **60 et 80 CV**.

La **transmission** doit porter sur les **quatre roues motrices** pour éviter une rupture d'adhérence des pneus (patinage). Une **garde au sol** d'au moins **30 cm** est indispensable pour passer au dessus des souches des coupes de régénération et dans les **ornières** des exploitations de la coupe définitive.

Un renfort de l'engin à l'aide de carters sous le châssis et de **grilles de sécurité** à l'arrière de la cabine sont indispensables ; l'**embrayage**, fortement sollicité lors de la mise en régime de l'outil de coupe doit être renforcé.

*** Gyrobroyeurs**

Les gyrobroyeurs à **axe vertical** sont les plus économiques, l'outil de coupe le plus courant est la chaîne.

Les gyrobroyeurs à **axe horizontal** sont munis de couteaux dont l'entretien est plus onéreux.

La **position de travail** retourné en direction de la prise de force située à l'arrière du tracteur est souvent pénible. En effet la petite taille des tracteurs ne permet pas toujours une inversion du poste de commande.

Malgré ce **cahier des charges strict** plusieurs entreprises lorraines se sont équipées de tracteur étroits à quatre roues motrices.

En 1995 on peut citer le matériel suivant :

Tracteur Renault R80-14 F de 80 CV, 4 roues motrices et 2,5 tonnes de masse à vide. La largeur hors tout est de 1,45 m. Un gyrobroyeur de marque Quivogne (Vesoul) pesant 1 tonne et de 1,50 m de large vient compléter cet équipement.

Le tracteur Carrero de 65 CV, modèle espaces verts, est encore plus étroit (1,20 m) ; le tracteur articulé Holder de 60 CV permet de placer le gyrobroyeur à l'avant..

Le prix de ces matériels complets se situe entre 160000 F H.T. et 240000 F H.T, ce qui reste à la portée d'un petit entrepreneur. Ces prix sont bien inférieurs aux investissements de débardage.



3.4 Technique de réalisation des ouvertures

La vitesse d'avancement du gyrobroyeur varie de 300-600 m à l'heure en ouverture de peuplements de 4 m , avec 2 passages ; lors du premier passage l'outil de déplace à 30 cm du sol , suivi d'un retour près du sol pour l'arasement des souches.

La vitesse est portée à 2 k m/h en rafraîchissement annuel.

Le déplacement d'ouverture du cloisonnement s'effectue en marche arrière, les tiges se couchant avant désagrégation au contact de la chaîne.

Une très bonne visibilité est nécessaire pour le conducteur qui doit centrer son engin dans la ligne médiane des jalons et surveiller le contact avec les souches ou rochers.

L'avancement nécessite aussi du doigté dans le réglage du régime moteur qui malgré les 80 CV chute lorsque les gros brins sont trop importants.

Un régime minimum de rotation de la chaîne, environ 1000 tours/mn est indispensable pour disposer d'une inertie mécanique suffisante.

3.5 Fréquence de passage

Le broyage **hors saison** de végétation, dicté par le respect des périodes de nidification et de mise bas, se traduit par l'apparition de rejets pendant les saisons suivantes.

Un cloisonnement de 1,5 m à 2 m demande un passage **annuel** jusqu'à 2,5 m de hauteur de peuplement puis tous les **2 ans** jusqu'à 6 m de haut (espacement de 100 % à 25 %).

Une ouverture de **1 m** devrait permettre d'arrêter les passages dès que le peuplement atteint **4 m de haut.**

Un passage alternant les couloirs travaillés offre au gibier de la végétation à des stades variés de développement.

3.6 Coûts

Les devis d'ouverture de cloisonnements sylvicoles indiquent un coût de **300 à 500 F/km** en ouverture et **180 à 300 F/km** en entretien.

Une ouverture de couloir tous les **4 mètres** à 4,5 mètres (3 mètres de bandes en plein, puis une ouverture de 1 m à 1,5m de large) correspond à 2,5 km de cloisonnements.

Le coût moyen à l'hectare de cette opération est de 1000 F/ha en ouverture et 500 F/ha en entretien.

L'ensemble des passages se résume en une ouverture suivie de quatre entretiens jusqu'à 4 mètres de haut, pour un montant de **3000 F/ha** environ.

Cet **investissement** n'est **pas très élevé,** mais c'est au gestionnaire de décider de son opportunité.