Propriétés stationnelles et croissance du Frêne dans l'Est de la France, Etude de certaines caractéristiques de cette essence *

R. DEVAUCHELLE * et G. LEVY **

avec la collaboration technique de Y. LEFEVRE **

* *Centre de l'Office National des Forêts,
Tarbes-Est, Le Caton, 4, place du Bois 65000 Tarbes*

** *Station de Recherches sur les Sols forestiers et la Fertilisation
C.N.R.F.-I.N.R.A.,
Champenoux 54280 Seichamps*

Résumé

Cette étude a été réalisée dans 28 placettes représentant une gamme assez étendue de types de stations.

Six classes de stations, assez bien corrélées avec la production, ont pu être définies. Elles montrent l'influence fondamentale de l'approvisionnement en eau, le rôle moins important de la texture du sol, et le caractère défavorable d'une hydromorphie temporaire.

Le « cœur noir » apparaît tôt (souvent vers 30 ans), mais n'affecte en moyenne à 120 ans pas plus de 20 p. 100 du volume de bois d'œuvre.

Les propriétés mécaniques du bois liées à sa densité régressent à partir de 70 ans.

Des accroissements annuels assez importants sur le rayon ne semblent pas affecter la densité du bois, au moins dans une certaine gamme.

I. — Introduction

Le Frêne a été longtemps considéré comme une essence secondaire et le forestier s'est souvent borné à l'éliminer, ne le tolérant que dans les stations humides réputées lui convenir.

Cependant son bois est très élastique, aucun autre bois français ne peut le concurrencer dans ce domaine. De plus il se situe à la première place des bois indigènes et en excellente place par rapport aux autres matériaux en ce qui concerne le rapport qualités mécaniques/prix (Guillard, 1974).

Depuis quelques années, et à l'exemple de nos voisins (Belges et Allemands), on commence à prendre conscience en France de l'intérêt du Frêne, mais parallèlement apparaissent les lacunes de nos connaissances sur cette essence.

* Travail réalisé en grande partie dans le cadre d'un stage au titre de la 3^e année d'étude de l'E.N.I.T.E.F.

C'est dans ce contexte que se situe cette étude, dont le but est de dégager les facteurs écologiques dont dépend la croissance du Frêne dans quelques stations variées de l'Est de la France.

L'étude des autres problèmes (défauts, maladie, sylviculture, qualité du bois) aurait exigé des critères différents dans le choix des peuplements ; c'est pourquoi elle prend un aspect secondaire limité parfois à quelques observations.

2. — Méthodes

2.1. — *Limites géographiques*

Dans ce genre d'étude, il est préférable d'essayer d'éliminer l'influence du climat en choisissant une zone de travail relativement homogène sur ce plan, donc assez restreinte. Cependant, cet impératif se heurte au fait que, le Frêne se trouvant souvent en petits peuplements disséminés, il s'avère nécessaire de prospecter une région relativement vaste si l'on veut un nombre suffisant de placettes dans des stations variées.

Finalement, nous avons prospecté essentiellement la région Lorraine, avec quelques incursions en Alsace et dans le Sud de la région Champagne-Ardennes.

Nous avons utilisé la méthode d'étude, par enquête, des relations station-croissance pour une essence déterminée, déjà utilisée pour un certain nombre de travaux similaires (Garbaye *et al.*, 1970).

2.2. — *Choix des placettes*

La sélection parmi les 290 peuplements localisés s'est avérée délicate.

En effet, un grand nombre de ces peuplements se caractérisaient par :

- une irrégularité de l'âge des frênes,
- un mélange d'essences,
- une hétérogénéité des conditions stationnelles.

Les 28 peuplements retenus pour l'installation de placettes sont équiennes et composés d'au moins 70 p. 100 de frênes en nombre de tiges et 80 p. 100 en surface terrière.

Ils ont d'autre part été choisis de façon à être représentatifs des peuplements visités.

Compte tenu des caractéristiques de la région étudiée, la variété des stations est satisfaisante en ce qui concerne les types de sols et de substratum géologique ainsi que les caractéristiques topographiques (tabl. 1).

2.3. — *Installation des placettes*

Les placettes ont généralement une surface de 5 à 10 ares. Avant leur installation, l'homogénéité du sol et du peuplement ont été vérifiées.

Sur 5 frênes choisis parmi les dominants, ont été mesurées : la hauteur totale (au Blume-Leiss), la hauteur de fourche et la circonférence. D'autre part, 2 sondages

TABLEAU 1

Les placettes — The plots

N°	Localisation	Substratum	Type du sol	Position topographique
1	F. D. de Bride (parc. 20)	Argiles du Rhétien inférieur	Pélosol	Haut de pente
2	F. D. de Bride (parc. 139)	Calcaire à gryphes du Sinémurien	Rendzine brunifiée	Sommet
3	F. D. de Vénèrhes (H. A.)	Calcaire oolithique du Bajocien supérieur	Sol brun calcaïque	Haut de pente
4	F. D. de Sarre-Union (parc. 138)	Grès du Muschelkalk inférieur	Pseudogley sur limons sur marnes gréseuses	Haut de pente
5	F. D. de Sommedieu (2 ^e série)	Calcaire du Séquanien	Rendzine brunifiée	Sommet
6	F. D. du Morhomme (3 ^e s. parc. 24)	Calcaire du Séquanien	Sol colluvial calcaire marmorisé	Mi-pente
7	F. D. du Morhomme (5 ^e s. parc. 22)	Alluvions récentes sur calcaire du Séquanien	Rendzine brunifiée	Plaine
8	F. D. de Verdun (4 ^e s. parc. 15)	Marnes du Callovien	Rendzine brunifiée marmorisée	Bas de pente
9	F. D. de Verdun (11 ^e s. parc. 13)	Calcaire du Séquanien	Rendzine brunifiée	Mi-pente
10	F. C. de Chaouilley (parc. 1)	Argiles du Lotharingien	Sol brun eutrophe marmorisé	Bas de pente
11	F. D. de Parroy (parc. 10)	Marnes du Keuper inférieur	Pélosol	Mi-pente
12	F. D. de Verdun (11 ^e s. parc. 8)	Calcaire du Rauracien	Rendzine brunifiée	Mi-pente
13	F. D. de Verdun (11 ^e s. parc. 8)	Calcaire du Rauracien	Rendzine brunifiée	Mi-pente
14	F. P. à Mognéville	Argiles de l'Aptien	Pseudogley sur limons	Sommet
15	F. P. à Coin-sur-Seille	Limons	Sol brun marmorisé sur limons sur argiles	Sommet
16	F. D. de Trois-Bois (H. A.)	Grès et argiles du Muschelkalk inférieur	Pseudogley alluvial de surface	Plaine
17	F. D. de Bois-le-Comte (parc. 22)	Colluvium de grès à Voltzia sur grès vosgien	Sol humique à pseudogley sur colluvium de grès	Bas de pente
18	F. P. à Mardigny	Limons sur argiles du Pléistocène	Sol brun marmorisé sur limons sur argiles	Sommet
19	F. D. de la Voivre (parc. 25)	Alluvions récentes sur marnes du Pléistocène	Sol brun eutrophe marmorisé	Plaine
20	F. P. à Vaubécourt	Sables verts du Gault inférieur	Sol alluvial marmorisé	Plaine
21	F. P. à They-sous-Montfort	Marnes irisées du Keuper	Pélosol brunifié faiblement marmorisé	Bas de pente
22	F. C. de Mackviller (parc. 14)	Marnes du Muschelkalk supérieur	Pélosol brunifié marmorisé	Haut de pente
24	F. C. de Soufflenheim (parc. 4)	Alluvions fluviales récentes	Sol brun alluvial	Plaine
25	F. C. de Soufflenheim (parc. 16)	Alluvions fluviales récentes	Sol brun alluvial	Plaine
26	F. C. de Rittershoffen (parc. 9)	Terrasses fluviales anciennes	Sol brun alluvial très marmorisé	Plaine
27	F. C. de Sélestat (parc. 44)	Alluvions fluviales récentes	Sol alluvial calcaire marmorisé	Plaine
28	F. D. de Busnière (parc. 143)	Colluvium de grès Rhétien sur argiles du Keuper supérieur	Sol humique colluvial à pseudogley	Mi-pente
29	F. P. à Champigny-sous-Varennes	Colluvium de grès Rhétien et Keuper sur argiles du Keuper inférieur	Sol brun colluvial marmorisé	Bas de pente

au cœur à 1,30 mètres effectués sur 2 rayons perpendiculaires ont permis de noter l'âge de l'arbre et l'extension du « cœur noir ». Enfin, ont été relevées les caractéristiques (topographiques et autres) de la station et les particularités du peuplement (chancre, gelivures, etc...).

2.4. — Détermination des caractéristiques pédologiques

Sur chaque placette, une fosse a été ouverte à 1,20 mètre d'un des 5 arbres dominants retenus. Le profil a été décrit. L'horizon A_1 est le seul qui ait été analysé systématiquement, car la nutrition des arbres est souvent liée à ses propriétés chimiques. Les horizons inférieurs n'ont été analysés que lorsqu'on supposait que leurs propriétés étaient sensiblement différentes de celles de A_1 .

2.5. — Détermination de l'indice de productivité

La hauteur dominante à un âge donné constitue le meilleur indice de productivité dont on dispose actuellement (Parde J., 1961). C'est le plus facile à obtenir et, dans le cadre de cette étude, le seul utilisable.

Connaissant la hauteur dominante et l'âge moyen d'une placette, il est nécessaire, pour pouvoir comparer les placettes entre elles, de ramener les hauteurs dominantes à un même âge, et pour cela de reconstituer pour chacune l'évolution de la hauteur dominante dans le temps. En l'absence de tables de production valables pour la

FIG. 1. — Courbes moyennes de croissance en hauteur.
Mean height growth curves.

région étudiée, il serait souhaitable d'obtenir ce résultat, sur chaque placette, par analyse de tige d'un arbre de hauteur proche de la hauteur dominante.

En fait, cette analyse de tiges n'a été faite que sur 10 placettes choisies parmi celles où cela était possible (forêt soumise) et de façon à couvrir toutes les catégories de croissance.

Cela nous a permis :

- pour ces 10 placettes, de connaître leur croissance en hauteur dans le temps ;
- de déduire de façon empirique et approximative des courbes types de croissance en hauteur, courbes que nous avons utilisées pour les autres placettes (fig. 1) (ces courbes se rapprochent moins rapidement de l'horizontale que celles établies par des auteurs étrangers, notamment Wiedemann et Schober, 1957). Obtenues en encadrant par 2 courbes l'ensemble des points tirés des analyses de tiges et en traçant des courbes intermédiaires moyennes, elles ne représentent évidemment pas de véritables classes de production : ces courbes ne sont pas généralisables. Elles n'ont été tracées qu'en raison de l'absence d'une table de production française et à la suite de la constatation que les tables étrangères ne s'appliquaient pas à la région concernée ; c'était le seul moyen d'obtenir un indice de productivité pour nos placettes.

Finalement, il a été possible d'établir pour chaque placette la hauteur dominante des frênes à 50 ans avec une incertitude de 1 à 3 mètres selon leur âge.

Les hauteurs dominantes sont reportées sur le tableau 2, avec les résultats les plus significatifs des différentes analyses et mesures.

2.6. — *Etude des particularités du bois*

Les 2 carottes prélevées sur chaque arbre ont permis de chiffrer l'extension du « cœur noir » en pourcentage de la section à 1,30 mètre en assimilant la surface colorée à une ellipse.

D'autre part, sur ces 2 carottes ont été prélevées 3 portions : 1 de 2 centimètres au centre et 2 de 5 centimètres à la périphérie, pour la mesure de l'infradensité du bois.

2.7. — *Interprétation*

L'analyse des différentes données chiffrées recueillies s'est faite :

- par des méthodes simples (analyses de tableaux, graphiques),
- par des méthodes statistiques (coefficient de corrélation ; régressions progressives).

3. — **Résultats concernant la croissance du Frêne**

3.1. — *Influence des propriétés chimiques et de la texture du sol*

Dans la gamme des 28 stations étudiées, il n'apparaît aucune relation globale entre ces propriétés et la croissance du Frêne.

TABLEAU 2

Certaines caractéristiques des arbres dominants et des sols
Some characteristics of dominant trees and soils

N°	Age	HD 50 (¹)	HF 5 (²)	CN nb (³)	CN _s (⁴)	AMR (⁵)	IDC (⁶)	ID (⁷)	text. A ₁ (⁸)	pH A ₁	Prof. arg. (⁹)	Prof. CO ₂ Ca (¹⁰)
1	139	16,4	11,9	5	17,0				ALO	6,4	0	—
2	82	18,2	10,8	4	21,5	2,25	538	510	ALO	6,9	0	20
3	42	21,6	3,6	3	9,0	2,50	544	549	AL	7,1	—	20
4	64	22,4	12,9	3	6,0	1,98	508	530	LA	5,6	—	—
5	60	19,8	10,2	4	10,0	2,89	486	503	AL	7,5	75	0
6	40	23,8	3,1	2	1,6	3,20	550	531	LA	7,8	—	0
7	28	22,6	3,6	0	0	3,99	517	514	ALO	7,9	0	0
8	41	26,0	10,5	2	2,4	3,75	549	552	ALO	7,6	0	0
9	55	25,6	11,2	1	4,1	3,23	469	471	A	7,8	—	0
10	89	22,8	14,2	5	8,7	2,63	508	493	ALO	5,9	0	—
11	36	24,2	10,3	1	3,2	3,60	484	532	ALO	6,9	0	25
12	43	23,0	5,8	3	1,5	3,90	563	536	ALO	7,6	0	0
13	44	24,2	9,5	2	1,7	3,24	513	511	A	7,7	—	0
14	67	17,6	9,9	4	6,8	2,28	530	550	LMS	5,7	100	—
15	95	20,5	13,2	5	3,7	1,99	540	504	LAS	5,8	35	—
16	74	19,4	9,8	5	7,8	1,77	520	514	AL	5,0	10	—
17	68	25,4	15,1	5	12,5	2,44	504	523	SA	5,3	—	—
18	66	21,5	10,2	4	8,9	2,81	488	527	LA	5,0	90	—
19	103	17,4	13,3	5	9,4				ALO	6,3	0	80
20	112	18,2	16,8	5	13,4	1,57	539	508	LMS	6,1	—	—
21	75	21,0	12,5	5	12,4	2,54	516	508	AL	6,7	25	—
22	173	15,6	11,8	4,5	13,2				ALO	5,8	0	—
24	55	20,4	10,2	3	6,5	2,46	472	487	ALO	5,8	0	45
25	137	17,8	13,3	5	30,3	1,97	505	449	LAS	4,7	—	—
26	53	24,0	13,3	5	12,9	2,88	491	473	LMS	4,6	—	80
27	96	23,0	13,6	5	18,5	2,40	514	454	ALO	7,8	0	0
28	144	18,4	15,1	5	32,2	1,84	528	470	SA	5,7	55	—
29	91	22,8	16,0	5	24,5	2,44	530	508	LSA	7,6	—	0

(¹) HD 50 : hauteur dominante à 50 ans.

(²) HF 5 : hauteur de fourche moyenne des 5 arbres.

(³) CN nb : nombre d'arbres atteints de « cœur noir » sur 5.

(⁴) CNS : pourcentage moyenne la section du tronc à 1,30 m atteinte de « cœur noir ».

(⁵) AMR : accroissement moyen sur le rayon (mm).

(⁶) IDC : infradensité au centre (g/dm³).

(⁷) ID : infradensité près de la périphérie (g/dm³).

(⁸) Texture A₁ : d'après Jamagne 1967.

(⁹) Profondeur d'apparition de la texture argileuse lourde (ALO) (≥ 45 p. 100 d'argile) (cm).

(¹⁰) Profondeur d'apparition du calcaire dans la terre fine (cm).

Par exemple, le Frêne se montre aussi peu influencé par les valeurs basses que par les valeurs élevées des pH de l'horizon A₁ rencontrées dans cette étude (variation de 4,6 à 7,9). Ainsi les placettes 17 (pH 5,3) et 9 (pH = 7,8) ont toutes 2 une croissance remarquable.

Dans le même ordre d'idées, alors que la plupart des placettes ont un complexe absorbant saturé ou presque, les placettes les plus désaturées comme la 17 (S/T = 47) ou la 26 (S/T = 54) gardent une très bonne croissance.

Notons également la très bonne croissance dans la placette 9, avec des teneurs du sol en phosphore assimilable de 0,01 p. 1 000 en A₁, 0,02 p. 1 000 en (B) et 0,01 p. 1 000 en (C).

3.2. — *Influence de l'alimentation en eau*

La croissance du Frêne n'apparaît pas liée significativement aux caractéristiques topographiques individuelles. Il ne faut pas s'en étonner car l'alimentation en eau des arbres dans une station dépend en fait d'un ensemble de facteurs.

C'est pourquoi nous avons adopté un classement synthétique selon les critères suivants :

- classe 1 : placettes dont la projection horizontale de la longueur de pente en amont est inférieure à 450 mètres ⁽¹⁾ (et n'appartenant ni à la classe 3, ni à la classe 4) ;
- classe 2 : placettes dont cette projection est supérieure à 450 mètres (et n'appartenant ni à la classe 3, ni à la classe 4) ;
- classe 3 : placettes bénéficiant d'une alimentation en eau préférentielle du fait de leur situation sur un niveau d'affleurement de source (placettes 6 et 9), au niveau d'une rupture de pente favorable (placettes 10, 17 et 29) ou dans une dépression (placettes 7, 8 et 19) ;
- classe 4 : placettes où la présence de nombreuses racines de Frêne horizontales et courant à la surface du sol laisse présager l'existence d'une nappe fréquemment superficielle (placettes 16, 20 et 24).

Le classement des placettes ainsi obtenu est déjà satisfaisant, mais dans le cas de la classe 1, correspondant à une alimentation en eau déficiente, il peut encore être affiné en faisant intervenir la texture du sol dans les premiers horizons :

- sous-classe 11 : placettes dont les horizons supérieurs contiennent plus de 45 p. 100 d'argile ;
- sous-classe 13 : placettes dont les horizons supérieurs contiennent plus de 55 p. 100 de limons ;
- sous-classe 12 : placettes ne présentant aucun des 2 caractères précédents.

La figure 2 représente la disposition des placettes en fonction de ce classement et de leur hauteur dominante à 50 ans.

La relation positive entre la croissance du Frêne et l'alimentation en eau de la station apparaît alors très nettement pour les classes 1, 2 et 3.

Par contre, dans le cas de la classe 4, tout laisse supposer que la présence d'une nappe trop longtemps superficielle devient défavorable à cette croissance.

Les placettes 19 et 25 se distinguent des autres placettes de leur classe et leur cas mérite quelques explications :

- le sol de la placette 25 étant composé de 75 p. 100 de graviers et galets, sa capacité de rétention d'eau doit être très faible. Par conséquent, cette placette s'apparente plus à la classe 1 qu'à la classe 2 ;
- il est probable que la placette 19 subisse la présence d'une nappe trop longtemps superficielle, ce qui la rangerait dans la classe 4 ; cependant en l'absence de critères précis nous permettant de l'affirmer, nous l'avons maintenue dans la classe 3. Une mesure des fluctuations de la nappe permettrait de confirmer cette hypothèse.

(1) Cette valeur de 450 m s'étant avérée empiriquement la plus intéressante.

FIG. 2. — Hauteur dominante à 50 ans en fonction des classes d'alimentation en eau.
Dominant height when 50 years old in relation to water supply classes.

Complétant cette étude graphique, la méthode d'analyse par régressions progressives nous a permis de mettre en évidence l'« équation prédictive » suivante :

$$HD\ 50 = 16,91 + 1,07\ x_1 + 5,26\ x_2 + 5,23\ x_3 + 0,02\ x_a.$$

HD 50 représente la hauteur dominante des frênes à 50 ans, en mètre.

x_a représente la profondeur d'apparition de la texture argileuse (≥ 45 p. 100 d'argile) en centimètres.

x_1 prend la valeur 1 pour les placettes de la classe 1 d'alimentation en eau ; il en est de même pour x_2 et les placettes de la classe 2, et x_3 et celles de la classe 3. Dans tous les autres cas, x_1 , x_2 et x_3 prennent la valeur 0.

Cette équation a un coefficient de corrélation multiple de 0,78, c'est-à-dire qu'elle rend compte de 61 p. 100 de la variation de la hauteur dominante sur les 28 placettes.

Son écart type résiduel est de 1,99 mètre.

4. — Discussion sur la croissance du Frêne

4.1. — Influence primordiale de l'alimentation en eau

Ce n'est pas, dans son aspect qualitatif, un résultat original. Ainsi Thill (1970) cite Wardle (1961) qui mentionne une liaison entre la largeur des accroissements du Frêne sur le rayon et la hauteur d'eau recueillie en mai et juin, ainsi que Maurer (1963) et Hulten (1941), pour qui l'élongation annuelle des pousses terminales de cette essence dépend essentiellement de l'alimentation en eau. Il est cependant inté-

ressant d'avoir pu le confirmer de façon rigoureuse. Il est également bon d'avoir quelques ordres de grandeur sur les écarts de croissance que l'on peut attendre pour cette essence du simple fait de son alimentation en eau : les différences de hauteur totale sont de l'ordre du 1/4 voir du 1/3, ce qui correspond à des variations de production en volume pouvant aller du simple au double.

Cette influence peut se résumer de la façon suivante : la croissance du Frêne est d'autant meilleure que la station bénéficie d'un apport d'eau important au cours des périodes critiques (pente, sources, nappe profonde) ; par contre, elle chute brusquement si la nappe est particulièrement superficielle. De plus, dans le cas de conditions topographiques entraînant des alimentations en eau également défavorables (classe 1), une texture limoneuse favorisant un bon enracinement améliore la croissance tandis qu'une texture argileuse est défavorable.

Cela dit, il existe certainement des stations bien alimentées en eau dans lesquelles le Frêne pousse mal ; les résultats de notre étude ne peuvent être appliqués qu'à des stations incluses dans la gamme écologique de celles étudiées.

Ces résultats globaux vont être complétés par des études plus précises : humidité du sol en période de sécheresse, fluctuation des nappes. En particulier, si nous avons émis l'hypothèse que la présence d'une nappe devenait dans certains cas défavorable, nous n'avons aucune donnée sur les critères qui interviennent (durée d'immersion des racines, potentiels d'oxydo-réduction).

4.2. — Influence limitée de la texture

Nous venons de citer l'influence favorable des limons, et celle, défavorable, d'un excès d'argile dans le cas des placettes de la classe 1 (alimentation en eau défavorable) ; il est d'ailleurs probable que c'est par son action sur l'alimentation en eau que la texture intervient ainsi (par l'intermédiaire peut-être de l'enracinement).

Par contre dans les classes 2 et 3, des placettes à production excellente sont situées sur des sols très argileux.

Peu de placettes se trouvent sur sol sableux. La production du Frêne ne semble y dépendre également que de la classe d'alimentation en eau et non de la texture, du moins dans la gamme texturale représentée. Ainsi la placette 17, contenant plus de 50 p. 100 de sables (surtout grossiers) dans tout le profil, a une production excellente.

4.3. — Faible influence des propriétés chimiques du sol

Ce résultat est assez étonnant car le Frêne a la réputation d'être exigeant en éléments nutritifs minéraux. Précisons cependant que son indifférence vis-à-vis de la nature chimique du sol mise en évidence dans cette étude correspond à des sols globalement assez riches : par exemple, le rapport C/N des horizons A₁ ne dépasse jamais 16,4. Il n'en serait peut-être pas de même pour des frênes poussant sur des sols particulièrement pauvres. Ainsi Gordon (1962) a montré que dans le Lake District, en Angleterre, 78 p. 100 de la variation de la croissance en hauteur du Frêne était associée à la teneur en azote des feuilles et au rapport C/N des horizons organiques.

4.4. — Aspect génétique

En l'absence de données concrètes, nous avons volontairement négligé cet aspect. Le problème reste cependant posé. Ainsi l'excellente croissance en hauteur des

frênes plantés dans la région de Verdun, après la guerre de 1914-1918 (placettes 6, 7, 8, 9, 12 et 13) est-elle uniquement due au choix judicieux des stations ou s'agit-il d'une provenance particulièrement bonne ?

5. — Autres résultats

5.1 — Chancre

Le chancre est la maladie du Frêne la plus répandue (3 de nos placettes sont fortement atteintes et 8 présentent quelques attaques). Notre étude n'a pu mettre en évidence de relations significatives entre la présence de chancre et, d'une part les conditions de station, d'autre part les caractéristiques du peuplement.

5.2. — Hauteur de fourche

Très fréquemment, les frênes présentent une bifurcation de la tige. Il ne s'agit d'un défaut (d'un point de vue technologique) que lorsqu'elle intervient trop tôt, par exemple avant que l'arbre n'ait développé un tronc de 6 ou 7 mètres. Sinon, mis à part les risques de fente à l'abattage (ou antérieurement) elle a même peut-être une influence favorable sur la croissance en diamètre, car elle élargit le houppier.

Les moyennes de hauteur d'apparition de fourche sur les 5 arbres dominants étudiés dans chaque placette s'échelonnent de 3 à 16 mètres. Ce sont donc des écarts très importants, mais ils n'apparaissent pas liés non plus à des conditions de station ou de peuplement.

5.3. — Etude de la coloration du cœur

Elle est appelée indifféremment « cœur noir », « cœur brun » ou « Frêne olivier ». Il semble pourtant que ces termes correspondaient à l'origine à diverses nuances.

L'étude de ce phénomène est complexe car, outre la variation de coloration, on observe une variabilité le long du tronc : c'est en général au pied de l'arbre que son développement est le plus important ; mais dans certains cas, absent au niveau de la souche, il apparaît à 1 ou 2 mètres. Cette étude s'est faite essentiellement grâce aux 2 carottes prélevées à 1,30 mètre sur chaque arbre dominant.

Là encore, il ne nous a pas été possible de mettre en lumière des relations significatives très évidentes avec les conditions de station et de peuplement. Un certain nombre de remarques s'imposent cependant à la lecture du tableau 3 :

- le « cœur noir » semble apparaître vers 30 ans ;
- à partir de ce moment le nombre d'arbres atteints croît très rapidement et on peut considérer qu'à 70 ans tous le sont ;
- la surface atteinte croît beaucoup plus régulièrement, avec des variations importantes d'une placette à l'autre (de l'ordre du simple au double).

Les résultats d'une étude comparable effectuée par Thill (1970) diffèrent assez notablement de ceux-ci :

- le pourcentage de la section atteinte a été mesuré sur les souches et non à 1,30 mètre ; il est donc normal qu'il soit plus élevé ;

TABLEAU 3

Extension du « cœur noir » en fonction de l'âge
Extension of « black heart » in relation with age of trees

Classe d'âge (ans)	Nombre d'arbres examinés	p. 100 d'arbres atteints		p. 100 de la section atteinte sur ces arbres	
		dans notre étude	dans l'étude de Thill	dans notre étude (à 1,30 m)	dans l'étude de Thill (au pied)
20-30	5	0	0	0	0
30-40	10	30	6	2,4	8
40-50	20	50	26	3,6	16
50-60	15	60	45	7,8	14
60-70	25	80	56	9,5	19
70-80	10	100	60	10,1	15
80-90	10	90	61	15,1	19
90-100	15	100	89	15,5	23
100-110	5	100	100	9,4	} 17 à 32
110-120	5	100	100	13,4	
130-140	10	100	100	23,6	
140-150	5	100	100	32,2	

— le nombre d'arbres atteints à un même âge est plus faible, ce qui s'explique plus difficilement.

L'écart vient peut-être de ce qu'il s'agit de régions et de gammes de stations différentes.

La physiologie du cœur noir a été étudiée par Bosshard (1955) ; ce phénomène semble surtout lié à une teneur en eau supérieure à celle du bois blanc (teneur en eau souvent favorisée par les blessures). Quoi qu'il en soit, les différents auteurs reconnaissent que cette coloration n'affecte en rien les qualités mécaniques du bois (Kühne, 1954). Par conséquent, la dépréciation engendrée est seulement d'ordre esthétique et dépend de la mode et du marché.

Notons également que parmi les arbres étudiés, son extension sur la section n'atteint 20 p. 100 qu'à partir de 120 ou 130 ans, 32 p. 100 à 150 ans : le pourcentage de bois d'œuvre touché, en volume, est donc en moyenne inférieur ou, de toute façon, non sensiblement supérieur à ces valeurs. Le bois coloré n'est d'ailleurs pas perdu puisqu'il est soit vendu comme Frêne coloré, soit décoloré.

5.4. — Etude sommaire de la qualité du bois

Elle s'est faite par la mesure de l'infradensité, d'une part près de l'axe de l'arbre, d'autre part à sa périphérie (cf. tabl. 2). Nous rappellerons que l'infradensité ID est le rapport de la masse de l'échantillon anhydre sur son volume à l'état saturé.

Keller (1972) a montré que tout particulièrement dans le cas du Frêne, elle était directement liée aux principales propriétés mécaniques du bois. Il est possible d'en déduire la densité à 12 p. 100 d'humidité D 12 : en prenant une valeur de la rétracti-

bilité totale tirée des tables (et non calculée par nous-mêmes), nous obtenons (Kollman, 1941) $D\ 12 = 1,23\ ID$. Cela nous permet de vérifier que les valeurs moyennes que nous avons obtenues correspondent aux chiffres déjà cités pour le Frêne (Keller, 1972). Dans la gamme de nos placettes, la densité du bois de Frêne ne dépend ni des caractéristiques de la station, ni du traitement, et elle n'est pas liée à l'indice de fertilité (hauteur dominante à 50 ans).

Enfin, il n'apparaît aucune relation significative entre la densité et les accroissements moyens sur le rayon des 125 frênes étudiés ; à titre d'exemple, le tableau 4 (qui n'a évidemment aucune valeur générale), résume les caractéristiques de 2 couples de portions de carottes étudiées et montre qu'à densité égale et à âge comparable, la largeur des cernes peut être très différente. Ce résultat devrait pouvoir s'expliquer au niveau de la structure du bois. Il nécessite cependant quelques réserves car la plupart des frênes étudiés ont des accroissements singulièrement faibles.

TABLEAU 4

Infradensité et accroissements de 2 couples de carottes
Wood density and increments for two couples of boring cores

N°	1530	1040	1740	2420
ID (g/dm 3)	509	508	497	490
Accroissement moyen sur les 5 cm (en mm)	1,41	5,33	1,68	6,37
Age au milieu de l'échantillon (ans)	67	77	39	43

L'infradensité du bois ne semble pas par ailleurs liée à la présence ou à l'extension du cœur noir.

Il semble, enfin, qu'elle dépende de l'âge de l'arbre : dans les placettes de plus de 70 ans, la densité du bois le plus récent est toujours inférieure à celle du bois le plus âgé.

5.5. — Remarques sur la sylviculture du Frêne

L'accroissement moyen sur le rayon des 125 frênes étudiés, tous dominants, est en moyenne de 2,66 millimètres ; il ne dépasse 4 millimètres que pour 4 de ces arbres.

Sur 13 des 25 placettes étudiées, les accroissements moyens sont inférieurs à 2,5 millimètres. Le Frêne est pourtant une essence à croissance assez rapide et cette propriété ne semble pas nuire aux qualités technologiques. Pourtant, le gestionnaire, démuné de données sur sa sylviculture, se montre en général beaucoup trop timoré dans ses éclaircies.

Nous avons pu observer plusieurs cas où des frênes réagissaient très vigoureusement à des éclaircies (probablement accidentelles) même au-delà de 70 ans. Bien sûr, avant de préconiser des éclaircies relativement fortes dans des peuplements assez âgés, il reste à vérifier que les chablis ne sont pas à craindre sur la station concernée et à démontrer que les différences d'accroissement ne sont pas trop préjudiciables aux propriétés mécaniques du bois (il semble qu'elles ne le soient pas, étant donné que la densité du bois de Frêne ne dépendrait pas de la largeur des accroissements annuels, du moins dans une gamme assez importante).

Conclusion

Cette étude, effectuée sur un nombre de placettes assez restreint (28) mais représentant assez bien la variabilité des types de stations des peuplements de Frêne dans la région étudiée, a permis de préciser l'influence fondamentale des conditions d'alimentation en eau sur la croissance de cette essence. Dans les cas les plus défavorables (classe 1) la texture du sol intervient (limons favorables, argiles défavorables). Par ailleurs, une hydromorphie temporaire marquée, qui maintient l'enracinement superficiel, est néfaste. Les propriétés chimiques du sol n'interviennent pas, dans la gamme des stations étudiées tout au moins.

Nous avons montré que le problème du « cœur noir » ne semble pas un obstacle absolu à la conduite des peuplements de Frêne jusqu'à un âge relativement élevé. Cependant, les propriétés mécaniques liées à la densité du bois régressent à partir de 70 ans, mais il reste à montrer dans quelle mesure.

D'ailleurs, il est possible qu'une sylviculture bien menée rende inutile des révolutions supérieures à par exemple 70 ou 80 ans ; en effet, des accroissements assez larges n'altèrent probablement pas les qualités du bois et sont recherchés par les utilisateurs (notamment pour des raisons d'ordre esthétique). Le problème est à résoudre sur le plan économique.

Les hypothèses d'ordre édaphiques émises dans ce mémoire seront vérifiées ; nous comptons effectuer prochainement des études plus précises dans le domaine des propriétés physiques (profils hydriques, structure et sa stabilité) et de la nutrition. En ce qui concerne les autres problèmes, en particulier ceux liés aux propriétés du bois, nous avons effectué des études simples de corrélation avec l'ensemble des données recueillies dans les placettes ; mais nous laisserons à des spécialistes le soin d'étudier ces problèmes plus à fond.

Enfin, une étude floristique est actuellement effectuée sur un phytoécologiste ; elle permettra de compléter notre travail (mais n'en modifiera pas, bien sûr, les conclusions).

Reçu pour publication en février 1977.

Remerciements

Nous remercions particulièrement :

- MM. Venet, Polge, Millier, Keller pour leurs précieux conseils ;
- les Chefs de Centres de l'Office National des Forêts, ainsi que le C.R.P.F. de Lorraine-Alsace, qui ont grandement facilité le choix et l'installation des placettes ;
- M. Thill, dont l'ouvrage nous a été d'une grande utilité.

Summary

Site properties and growth of Ash (Fraxinus excelsior) in the east of France. Study of some of its characteristics

This study was realised in 28 plots representative of a relatively large scale of site types.

Six site classes, relatively well related with production, were defined. They showed the preponderant influence of water supply, the less important part of soil texture, and the unfavourable character of a temporary water-table.

The « black heart » appears early (about 30 years old), but no more than 20 p. 100 of the timber volume are concerned at 120 years old.

The mechanical properties of the wood, which are related with its density, regress from 70 years. Relatively important annual increments in diameter do not affect wood density.

Références bibliographiques

- BEZENCON, 1963. Répartition du chancre du Frêne dans la Forêt d'enseignement de l'E.P.F. *J. Forest. Suisse*, 12, pp. 715-722.
- BOSSHARD H. H., 1955. Zur Physiologie des Eschenbraunkerns. *J. For. Suisse*, 106 (9-10), 592-612.
- ENGLER J. M., 1973. Pré-enquête sur le Frêne (*Fraxinus excelsior*) dans les régions Nord, Picardie, Champagne-Ardenne, Lorraine-Alsace. *Rapport E.N.E.F.*
- FAURE J. J., JACAMON M., LANIER L., VENET J., 1975. Le Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en France. Production et culture. *Rev. for. franç.*, n° 2, pp. 100-114.
- GARBAYE J., LEROY Ph., LE TACON F., LEVY G., 1970. Réflexions sur une méthode d'études des relations entre facteurs écologiques et caractéristiques des peuplements. *Ann. Sci. forest.*, 27 (3), pp. 303-321.
- GORDON A. G., 1964. The nutrition and growth of ash, *Fraxinus excelsior*, in natural stands in the english Lake district as related to edaphic site factors. *J. Ecol.* 52, pp. 169-187.
- GUILLARD J., 1974. Comment se situe le bois dans la compétition entre matériaux. *R.F.F.*, n° 4, pp. 316-318.
- HUBERT, 1970. Le Frêne. *Bull. Vulg. forest.*, 10, 12 p.
- HÜLDEN E., 1941. Studien über *Fraxinus excelsior* L. *Acta botanica Fennica*, 28, 250 p.
- JAMAGNE M., 1967. Bases et techniques d'une cartographie des sols. *Ann. agron.*, 18, n° hors série, 142 p.
- KELLER R., 1972. Propriétés mécaniques du bois et composantes de la densité. C.N.R.F., Stat. de Rech. Qual. bois, *document interne*.
- KELLER R., 1972. Résultats tirés des 30 frênes échantillonnés en forêt domaniale de la Garenne de Perthes. C.N.R.F., Stat. Rech. Qual. bois, *document interne*.
- KÜHNE H., 1954. Contribution à l'étude des propriétés mécaniques du bois du « cœur brun » du Frêne. *J. For. Suisse*, 105 (12), pp. 733-745.
- MAURER E., 1963. Waldbauliche und Holzkundliche Untersuchungen an Eschen aus dem Allgäu. *Forstw. Centralbl.*, 82 (5-6), pp. 162-188.
- MISSION R., 1967. Considérations sur le Frêne commun. *Bull. Soc. Roy. Forest. Belg.*, 74 (2), pp. 117-124.
- PARDE J., 1961. Dendrométrie. Imprimerie Louis-Jean, Gap.
- PEARSALL W. H., 1950. in « Symposium on ash as a forest tree in the British isles ». *J. Ecol.*, 38, pp. 409-412.
- THILL A., 1970. Le Frêne et sa culture. *Les Presses Agron. de Gembloux*, Editions Duculot, Gembloux, 85 p.
- TOUSSAINT J., 1970. Les peuplements à vocation Frêne, leur traitement dans la région de Colmar. *Bull. Soc. Forest. Franche-Comté*, 35 (1), pp. 28-31.
- VENET J., 1963. Propriétés physiques et mécaniques des bois.
- WARDLE P., 1957. The autecology of *Fraxinus excelsior*. Ph. D. thesis, University of Cambridge.
- WIEDEMANNE, SCHÖBER R., 1957. Ertragstafeln wichtiger Holzarten bei verschiedener Durchforstung. M. H. Schaper, Hannover, 194 p.
- WINTER, 1948. Traduction technique n° 1079. *Off. nat. d'étude et de recherche aéronautique*.