



**HAL**  
open science

## Vers une remise en question des avantages d'une plantation frêne-aulne.

Philippe Balandier, André Marquier

► **To cite this version:**

Philippe Balandier, André Marquier. Vers une remise en question des avantages d'une plantation frêne-aulne..  
Revue forestière française, 1998, 50 (3), pp.231-243. <10.4267/2042/5535>. <hal-03443405>

**HAL Id: hal-03443405**

**<https://hal.science/hal-03443405v1>**

Submitted on 23 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# technique et forêt

## VERS UNE REMISE EN QUESTION DES AVANTAGES D'UNE PLANTATION FRÊNE-AULNE

P. BALANDIER - A. MARQUIER

Depuis quelques décennies, le contexte d'intensification de l'agriculture a conduit à délaisser de nombreuses parcelles parmi les moins productives au sein des exploitations agricoles. D'autres mises en valeur de ces terres abandonnées ont alors été recherchées. Pour ces parcelles, souvent de petite taille, la plantation de feuillus précieux est apparue comme une alternative intéressante, pourvu que l'on arrive à produire du bois d'œuvre de qualité (Guitton et Ginisty, 1993). Plusieurs options ont alors été testées : la plantation à large espacement en prairie pâturée (Guitton *et al.*, 1990 ; Rapey, 1994) ou des plantations plus forestières mais à relativement faible densité (de 200 à 600 tiges/ha en fonction du niveau de sélection génétique) pour des raisons essentiellement économiques (Guitton et Ginisty, 1993) : coût des plants sélectionnés, de la protection des arbres contre le gibier, des travaux de taille et de désherbage localisé.

Cependant, la parcelle agricole est un milieu souvent très contraignant pour les jeunes plants. D'une part, les antécédents culturaux peuvent fortement modifier les propriétés du sol (Guitton, 1995) : présence d'une semelle de labour (Meunier, 1990), de résidus de pesticides, difficultés de mycorhization (Haselwandter et Bowen, 1996) ; d'autre part, les conditions climatiques de ces parcelles sont rarement favorables : pas ou peu de protection face au vent ou aux températures extrêmes. Le vent peut avoir un effet mécanique direct dépréciant la forme des arbres (Crave, 1990). L'absence de végétation de protection peut aussi augmenter les risques de gelée et surtout la demande évaporatoire (Aussenac, 1986 ; Friedrich et Dawson, 1984). Le bilan hydrique devient alors souvent négatif, en particulier lorsqu'un tapis herbacé vient concurrencer les arbres (Frochot et Lévy, 1986 ; Frochot, 1990 ; Balandier, 1995). Parallèlement à ces observations, on note l'effet bénéfique d'abris latéraux sur le développement des jeunes plants (Collet et Frochot, 1992), y compris d'abris éloignés (Balandier, 1995). La végétation d'accompagnement (recrus ligneux en particulier), si elle est maîtrisée, permet d'améliorer la croissance et la forme des arbres de l'espèce principale (Hubert, 1992).

D'où l'idée de constituer un accompagnement des feuillus précieux sur terre nue par une espèce ligneuse secondaire. On cherche ainsi à créer rapidement une ambiance climatique favorable à la croissance (ambiance dite "forestière") tout en limitant le développement de la végétation herbacée concurrente. On vise également, par cet accompagnement, à limiter le développement de la branchaison et à améliorer la forme du tronc de manière à obtenir une bille de pied de la meilleure qualité possible. Cela suppose d'utiliser des essences de bourrage ne concurrençant pas trop fortement l'essence principale. Un bon accompagnement est ainsi défini par Hubert (1992) lorsque sa hauteur ne dépasse pas celle du feuillu précieux et qu'il se situe à une distance sensiblement inférieure à cette hauteur. Cela suppose également d'utiliser des espèces d'accompagnement de coût inférieur à celui de l'espèce principale (plants moins chers) ou à moindre valeur ajoutée, pour lesquelles les protections contre le gibier seront inutiles. De nombreux auteurs ont également mentionné l'effet bénéfique d'essences fixatrices d'azote pour augmenter la fertilité de la station (Courrier et Garbaye, 1981, sur Peuplier ; Friedrich et Dawson, 1984 ; Schlesinger et Williams, 1984 ; Campbell et Dawson, 1989, sur Noyer ; Le Tacon *et al.*, 1988, sur Frêne). Enfin, dans la mesure du possible, le bourrage doit pouvoir fournir une récolte de bois intermédiaire (chauffage, trituration) de manière à rentabiliser son installation.

Afin de vérifier ces postulats ou observations et améliorer la sylviculture de ces peuplements mélangés, l'INRA et le Cemagref ont mis en place, dès 1988, des essais de comparaison de densités de bourrage et d'espèces. L'essai de Rougemont (Doubs) compare ainsi du Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) accompagné d'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa* L.), espèce fixatrice d'azote, à différentes densités. Nous rapportons ici les premiers résultats et enseignements de cet essai par rapport aux trois critères qui ont guidé la mise en place de la plantation :

- amélioration de la croissance du Frêne ;
- réduction de la branchaison et amélioration de la forme du Frêne ;
- récolte intermédiaire de bois d'Aulne.

## L'ESSAI DE ROUGEMONT

L'essai est installé sur la commune de Rougemont (Doubs), dans la région IFN de la vallée de la Saône. La pluviométrie annuelle moyenne est de 1 025 mm relativement bien répartis sur l'année et la température annuelle moyenne est de 9,5° C. La parcelle est une ancienne terre agricole (culture de maïs) de 4,2 ha à 270 m d'altitude en fond de vallon exposé vers l'ouest. Le sol est constitué d'alluvions et colluvions avec une texture lourde (61,3 % d'argile et 35,9 % de limon) et un pH<sub>eau</sub> de 6,7 proche de la neutralité. La richesse chimique du sol est excellente (5 g/kg d'azote, 1,3 de phosphore et 0,39 de potassium) ainsi que le rapport C/N (9,1). La plantation des frênes et des aulnes a eu lieu au printemps 1990 selon cinq modalités :

- Frêne pur à 555 tiges/ha (4,5 × 4 m),
- Aulne pur à 1 666 tiges/ha (1,5 × 4 m),
- mélange 1/2 : 555 frênes-555 aulnes/ha, soit une densité totale de 1 110 tiges/ha (2,25 × 4 m),
- mélange 1/3 : 555 frênes-1 110 aulnes/ha, soit une densité totale de 1 665 tiges/ha (1,5 × 4 m),
- mélange 1/4 : 555 frênes-1 665 aulnes/ha, soit une densité totale de 2 220 tiges/ha (2,25 × 2 m).

Quelle que soit la modalité, la densité du Frêne est donc fixe ; seule varie la densité de l'accompagnement (figure 1, p. 233). Toutes les modalités ont été répétées deux fois sauf le mélange 1/4 (2 220 tiges/ha) qui, pour des raisons de place, n'a pu être installé qu'en une répétition à un autre endroit de la parcelle. Chaque modalité comprend au minimum 40 feuillus précieux. Les frênes

de l'une des répétitions sont protégés du gibier par un tube abri de 1,20 m de hauteur de type "tubex" et les autres par un filet de type "transex" de même hauteur. Le type de protection peut influencer la croissance des arbres la première ou les deux premières années mais n'a plus d'influence ensuite (Balandier *et al.*, 1995).

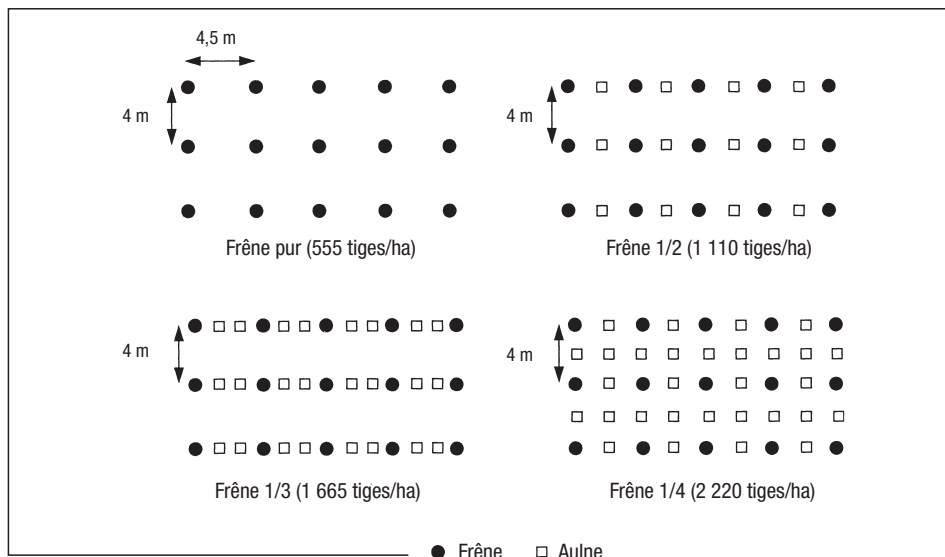
Un désherbage chimique (glyphosate) a été effectué en plein en 1991, excepté dans la densité 2 220 tiges/ha où le tracteur ne peut pas passer. Les années suivantes, la végétation dans les interlignes a été gyrobroyée (exception faite de la modalité 2 220). Le fait de ne pas désherber les arbres dans la modalité à 2 220 tiges/ha a pu pénaliser la croissance des arbres de cette parcelle durant les premières années. Cependant, si un tel effet a eu lieu, il n'a été que de faible intensité et durant les premières années. En effet, d'une part il faut rappeler que les précipitations sont relativement abondantes dans cette région et d'autre part, comme la densité des arbres est forte, le couvert s'est assez rapidement fermé entraînant une diminution du tapis de graminées.

Seuls les frênes ont fait l'objet de travaux de taille. Une gelée tardive au printemps 1991 (2<sup>e</sup> année) a entraîné une opération légère de défourchage. La première réelle taille de formation a eu lieu en juillet 1995 (6<sup>e</sup> année). Elle consistait à supprimer les rameaux gênant la formation d'un axe vertical ainsi que les plus grosses branches (le diamètre des branches à couper ne doit en effet pas dépasser 3 cm pour obtenir une bonne cicatrisation des plaies - Soutrenon, 1991). Cette taille est pratiquée de manière à ne pas trop dégarnir l'arbre en ressources photosynthétiques. On ne taille donc que rarement plus de deux branches par arbre lors d'un même passage. Cette taille modérée permet de ne pas réduire la croissance en diamètre du tronc, souvent observée, notamment pour le Frêne, lorsque la taille est très forte (Balandier, 1997). Les frênes ont à nouveau subi une taille de formation en juillet 1997 selon le même principe, complétée par un élagage systématique de toutes les branches sur une hauteur de 2 mètres.

Enfin, la concurrence de l'Aulne devenant excessive sur certaines placettes, nous avons été contraints de recéper ces derniers en janvier 1996 sur la moitié de la modalité à 2 220 tiges/ha (l'autre moitié étant conservée comme témoin) et sur la placette de la modalité 1 665 tiges/ha de l'une des répétitions.

Figure 1

**SCHÉMA DE PLANTATION DU FRÊNE ET DE L'AULNE  
SELON 4 MODALITÉS FAISANT VARIER LA DENSITÉ DE L'AULNE**



## RÉSULTATS

### Croissance des arbres

Les arbres (frênes et aulnes) ont eu une excellente croissance et ont confirmé leur adaptation à ce type de station (lourde mais non asphyxiante et riche en eau et en éléments minéraux). En moyenne, les frênes ont eu une croissance annuelle en hauteur, toutes modalités confondues, de plus de 80 cm et une croissance annuelle en circonférence à 1,30 m de plus de 4 cm. Pour l'Aulne, ces croissances annuelles moyennes sont de 116 cm pour la hauteur et 4 cm pour la circonférence. Les aulnes sont donc sensiblement plus grands en moyenne que les frênes.

Si l'on s'intéresse maintenant plus spécifiquement à la croissance du Frêne, on observe une augmentation des accroissements annuels en hauteur avec la densité (figure 2, ci-dessous). Cette augmentation se fait sentir en particulier à partir de la 4<sup>e</sup> ou 5<sup>e</sup> année et pour les densités les plus fortes (1 665 et 2 220 tiges/ha). En ce qui concerne la croissance en circonférence (figure 3, ci-dessous), la densité ne semble pas avoir eu d'influence jusqu'à la 5<sup>e</sup> année mais, durant la 6<sup>e</sup> année, on

Figure 2

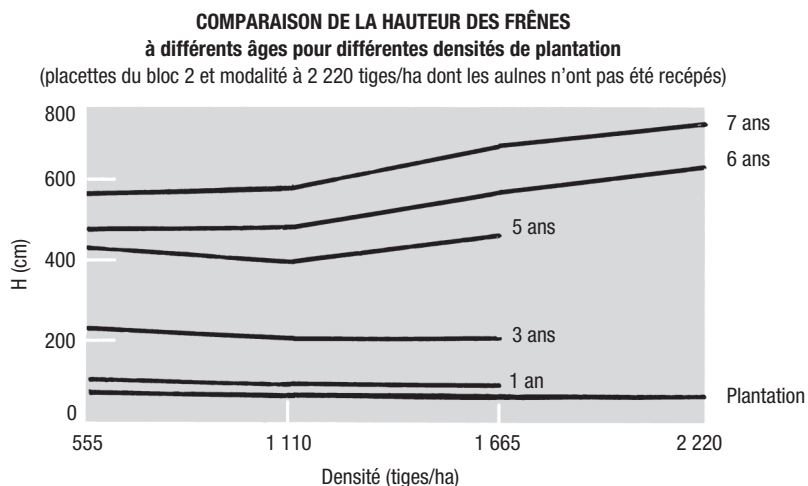
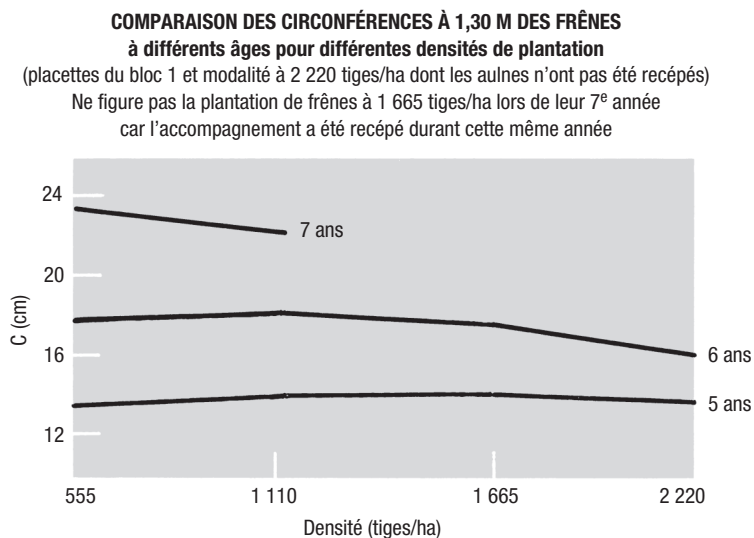


Figure 3



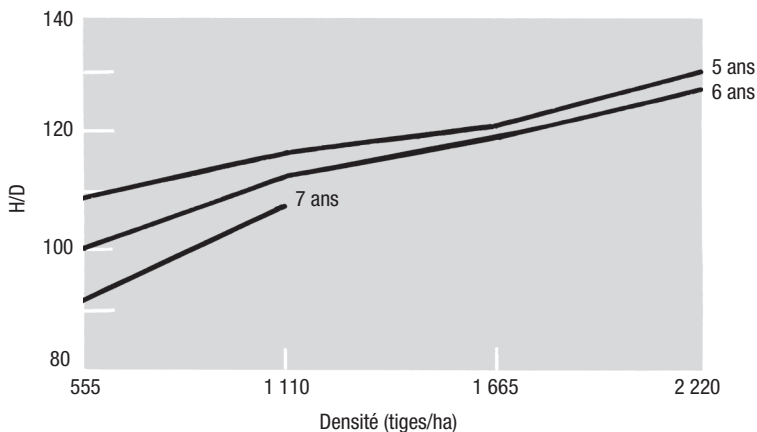
observe une nette diminution des accroissements pour la densité la plus forte (2 220 tiges/ha). Lors de la 7<sup>e</sup> année, cette diminution touche également les placettes à 1 665 (non recépée) et à 1 110 tiges/ha. La concurrence des aulnes devient donc trop forte et provoque une diminution de la croissance en circonférence des frênes.

L'augmentation de la croissance en hauteur, parallèlement à une diminution de la croissance en diamètre, conduit à des facteurs d'élancement (rapport hauteur/diamètre) particulièrement élevés pour les plus fortes densités (figure 4, ci-dessous). Une valeur normale pour un peuplement adulte serait comprise entre 80 et 90, valeur atteinte par les frênes à 555 tiges/ha. Les plus fortes valeurs (supérieures à 120) font craindre pour la stabilité du peuplement lorsqu'on recépiera les aulnes. C'est en particulier le cas pour la densité 2 220 tiges/ha où la hauteur des frênes atteint 8 mètres.

L'observation d'un début de concurrence entre les aulnes et les frênes et les fortes valeurs du facteur d'élancement nous ont donc conduit à recéper, en janvier 1996, les aulnes de l'une des placettes à 1 665 tiges/ha et ceux de la moitié de la placette à 2 220 tiges/ha où l'on observait la plus forte concurrence de l'Aulne. L'effet du recépage est alors rapide : en une année, la croissance en hauteur a chuté de 30 à 50 % et la croissance en circonférence a atteint des valeurs proches de celles observées pour les densités de 1 110 et 555 tiges/ha (4,3 cm d'accroissement en 1996 pour la placette 2 220 recépée, contre seulement 3,5 cm pour la placette 2 220 non recépée).

Figure 4 **COMPARAISON DU RAPPORT (H/D) ENTRE LA HAUTEUR ET LE DIAMÈTRE À 1,30 M DES FRÊNES**  
à différents âges pour différentes densités de plantation

(placettes du bloc 1 et modalité à 2 220 tiges/ha dont les aulnes n'ont pas été recépés)  
Ne figure pas la plantation de frênes à 1 665 tiges/ha lors de leur 7<sup>e</sup> année  
car l'accompagnement a été recépé durant cette même année



### Branchaison et forme des arbres

Durant le printemps 1995, soit à l'âge de 5 ans, tous les frênes ont fait l'objet d'une description relativement sommaire de leur branchaison et de leurs principaux défauts de forme : nombre de branches par mètre linéaire de tronc, diamètre des branches à leur insertion (réparti en trois classes : inférieur à 1 cm, de 1 à 3 cm, supérieur à 3 cm), présence d'une importante déviation du tronc (ci-après désignée par le terme "relais"), présence et nombre de fourches.

Les résultats montrent qu'après cinq années de plantation il n'y a pas de différence significative entre les différentes densités, tant en ce qui concerne le nombre de branches par mètre linéaire de tronc et par catégorie de diamètre que le nombre de relais ou de fourches (tableau I, p. 236).

Tableau I

**Nombre de branches et de défauts de forme (fourches et relais)  
par mètre linéaire de tronc en fonction des différentes densités de plantation.**  
Les différences ne sont pas significatives au seuil de signification  $\alpha = 5\%$

Densité (tiges/ha)	Nombre d'arbres mesurés	Nombre de branches / m				Nombre de défauts / m		
		$\varnothing < 1$ cm	$1 < \varnothing < 3$ cm	$\varnothing > 3$ cm	Total	Relais	Fourches	Total
555	101	8,3	1,9	0,0	10,2	0,08	0,03	0,11
1 110	118	8,2	1,6	0,0	9,8	0,10	0,01	0,11
1 665	119	7,8	1,9	0,0	9,7	0,07	0,02	0,09
2 220	55	8,6	1,6	0,0	10,2	0,07	0,03	0,10

Il faut noter que l'absence de différence entre les densités en ce qui concerne le nombre de fourches peut résulter, au moins en partie, d'une homogénéisation due à l'opération de défouillage en 1991 (arbres de 1 an) suite à la gelée tardive de cette année-là. En effet, d'après la bibliographie, le bourrage peut jouer un rôle de protection par rapport au gel. Le nombre de fourches a donc pu être inférieur dans les modalités les plus denses. Mais, même si la taille de 1991 a supprimé ces fourches, il reste bien souvent une déformation du tronc qui ne s'élimine ni facilement ni rapidement (Balandier, 1997). Le fait que l'on observe ici le même nombre de relais par mètre de tronc entre les différentes densités indique que le nombre de fourches a donc été peu différent. Par ailleurs, entre 1991 et 1995, aucune opération de taille n'a eu lieu. L'observation de 1995 indique donc bien qu'entre 1991 et 1995, le nombre de fourches qui s'est développé par arbre a été le même entre les différentes densités.

On remarque enfin l'absence de branches de gros diamètre et le très faible nombre de défauts de forme observés (fourches et relais) : en moyenne 0,1 défaut par mètre pour des arbres de 4 à 5 m de haut. Ce chiffre est très inférieur à la moyenne observée pour le Frêne en diverses plantations de montagne en Auvergne (fréquemment plus de 1 défaut par mètre de tronc ; Balandier, 1997). La plantation a donc été une réussite en ce qui concerne la forme générale des arbres, quelle que soit la densité de plantation. Cette qualité de la forme des frênes peut être, en partie seulement, due à la relative bonne protection du site d'une manière générale et par rapport au vent notamment. Or, nous avons observé en Auvergne que l'exposition au vent ou encore l'augmentation de la contrainte climatique (altitude) augmente la gravité et le nombre de défauts de forme (Balandier, 1997).

Afin d'avoir, d'une certaine manière, une confirmation des observations de 1995 pour des arbres plus âgés, nous avons, durant l'été 1997, lors des travaux de taille et d'élagage des arbres (voir plus haut), mesuré le diamètre de toutes les branches taillées. Évidemment, cette observation n'est pas entièrement satisfaisante puisqu'elle fait suite à la taille de 1995 qui a supprimé les plus grosses branches. Mais, en l'absence de témoin non taillé (nous sommes chez un propriétaire privé, cela n'est donc guère facile), elle permet de se faire une idée des différences de croissance en diamètre des branches après deux saisons de végétation (entre 1995 et 1997) pour les différentes densités de plantation.

À nouveau, les résultats montrent qu'il n'y a pas, ou peu, de différences entre les densités : seul le diamètre moyen des branches taillées de l'une des répétitions à 555 tiges/ha est supérieur à celui observé pour les arbres à la densité de 1 665 tiges/ha : 1,5 cm en moyenne contre 1,3, soit une différence de 2 mm. Si la densité de plantation ne joue pas de rôle, on confirme par contre l'observation courante de l'effet de la vigueur des arbres : plus le diamètre du tronc d'un arbre (ou sa hauteur)

est grand et plus les branches qu'il porte ont des diamètres élevés (effet très significatif :  $\alpha < 0,0001$ ). Il y a 4 mm de différence en moyenne pour le diamètre des branches entre un arbre peu vigoureux et un arbre très vigoureux.

Si l'on considère maintenant le nombre moyen de branches taillées par mètre linéaire de tronc (branches résultant indistinctement de la taille de formation et de l'élagage), encore une fois, il y a peu de différence entre les densités : seul le nombre de branches taillées de l'une des répétitions à 555 et 1 110 tiges/ha est supérieur à celui de la densité 1 665 : 2,2 branches taillées en moyenne contre 1,7, soit une différence de 0,5 branche par mètre linéaire de tronc. Cet effet n'est pas significatif en ce qui concerne l'autre répétition.

On a également observé une différence entre les deux modalités de protection des arbres contre le gibier. Les arbres protégés par un tubex ont moins de branches taillées que les arbres protégés par un transex : 1,5 contre 2,1 branches taillées par mètre. Ce résultat est dû au fort effet du tubex qui élimine les branches sur la partie du tronc qu'il protège, contrairement au transex (Balandier *et al.*, 1996).

### Recépage des aulnes et production de bois

Lors du recépage des aulnes d'une des placettes à 1 665 tiges/ha et de la moitié de la placette à 2 220 tiges/ha en janvier 1996, nous avons évalué la biomasse d'Aulne produite. Sur le terrain, des mesures d'un échantillon de 28 arbres abattus par placette (représentatifs de toutes les catégories de diamètre des arbres), ainsi qu'un prélèvement de tronc, ont permis d'obtenir leur production de matière sèche. On peut ensuite relier assez facilement la matière sèche produite aux caractéristiques dendrométriques des arbres :

$$MS = 2679 + 0,018 \times (C^2 \times H)$$

( $R^2 = 0,84$  ;  $p = 0,00001$ , domaine d'application : C compris entre 8 et 37 cm)

avec MS, la matière sèche en grammes, C, la circonférence à 1,30 m en cm et H, la hauteur de l'arbre en cm.

La relation étant bonne, elle permet, à partir des mesures dendrométriques des arbres de chaque placette, de calculer la biomasse d'Aulne produite (tableau II, ci-dessous). Cette production est faible : de 5 à 15 tonnes de matière sèche par ha, soit environ 6 à 13 m<sup>3</sup> par hectare en volume bois fort (et moins encore si l'on s'intéresse au volume commercialisable, c'est-à-dire aux billons d'un mètre de long au moins).

Tableau II **Matière sèche totale (MS) et volume bois fort (VBF) produit par l'Aulne en mélange ou planté pur**

Densité (tiges/ha)	Nombre d'arbres mesurés	MS		VBF	
		(kg/ha)	(kg/ha/an)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha/an)
1 110	99	5 296	883	5,8	1,0
1 665	198	10 429	1 738	9,6	1,6
2 220	142	14 593	2 432	13,0	2,2
1 665 (Aulne pur)	100	15 114	2 519	13,1	2,2

## DISCUSSION SUR L'INTÉRÊT DU BOURRAGE

### Quels enseignements peut-on tirer de ces résultats par rapport aux postulats de départ ?

- *Amélioration de la croissance du Frêne ?*

Pendant les premières années, quelle que soit la densité de plantation, l'Aulne n'a pas eu d'influence significative sur la croissance en hauteur des arbres. Puis, à partir de la 5<sup>e</sup> année (ou peut-être de la 4<sup>e</sup>), la croissance en hauteur est d'autant plus forte que la densité d'Aulne est élevée, ce qui est une observation courante (Campbell et Dawson, 1989 ; Hubert, 1992 ; Ballut, 1995 ; Merriam *et al.*, 1995 ; Buresti *et al.*, 1996). En fait, il est probable que cette 5<sup>e</sup> année corresponde au passage des arbres d'un état de croissance libre (aulnes et frênes ne se touchant pas, ou peu) à un état de compétition, pour la lumière en particulier. La recherche pour cette lumière conduit alors à une augmentation de la croissance en hauteur des arbres. Plus la densité de plantation est forte et plus la croissance en hauteur est alors stimulée.

Nous n'avons mesuré le diamètre des arbres qu'à partir de la 5<sup>e</sup> année. À cette date, il ne semble pas y avoir de différence de croissance en diamètre entre les densités. Ce n'est qu'ensuite qu'on observe une diminution de la croissance en diamètre, d'autant plus marquée que la densité est forte. Mais il n'est pas impossible que les diamètres équivalents observés au bout de 5 ans entre les différentes densités résultent de différentes dynamiques de croissance. En effet, comme cela a souvent été démontré (Frochot, 1990 ; Collet et Frochot, 1992), la croissance en diamètre durant les premières années a pu être améliorée par la protection latérale qu'offre le bourrage. Cette protection latérale joue généralement en créant un microclimat favorable à la photosynthèse et donc à la croissance en diamètre : augmentation de l'humidité de l'air, diminution de la demande évaporatoire, amplitudes thermiques moins marquées (Friedrich et Dawson, 1984 ; Aussenac, 1986 ; Dohrenbusch, 1995). Par la suite, bien que ce microclimat persiste, l'entrée en compétition de l'Aulne et du Frêne, notamment pour la lumière, diminue la photosynthèse et donc la croissance en diamètre. On ne peut pas non plus exclure un effet de compétition racinaire (Dohrenbusch, 1995). L'équivalence des diamètres, observée au bout de 5 ans entre les différentes densités de plantation, peut donc résulter d'une croissance en diamètre stable pour les densités les plus faibles et d'une croissance d'abord plus forte puis plus faible à cause de la compétition pour les densités les plus fortes.

Un autre scénario possible est que l'effet de protection latérale ait été le même pour toutes les densités (de 555 à 2 220 tiges/ha). En effet, on sait qu'une protection, même assez éloignée, peut agir en quelque sorte comme un "brise-vent" (Zhang *et al.*, 1995 ; Balandier, 1995). Or, les placettes représentant les différentes modalités (d'une trentaine de mètres de large chacune) ont été plantées les unes à la suite des autres : les placettes à 555 tiges/ha ont ainsi pu largement bénéficier de l'abri des autres. Le site, globalement, est également en lui-même assez bien protégé par diverses plantations et forêts plus anciennes. On est donc loin du cadre général de terres sans protection aucune.

Dans tous les cas, le résultat est qu'à partir du moment où les arbres sont en compétition (aérienne et probablement racinaire), la croissance en hauteur augmente plus vite (toutes proportions gardées) que la croissance en diamètre. L'arbre devient alors de plus en plus filiforme comme l'attestent les valeurs plus élevées du facteur d'élancement (H/D) obtenues pour les plus fortes densités. Le problème est bien sûr de savoir jusqu'à quel seuil de H/D on peut aller sans compromettre la stabilité des arbres, en particulier lorsque le bourrage est récolté. En première approche, suite au recépage des aulnes de janvier 1996, nos observations montrent qu'il n'y a pas eu spécialement de chablis ou de casse des frênes, même pour des H/D de plus de 130. Par ailleurs, les frênes récupèrent rapidement une bonne stabilité dans l'année qui suit le recépage du bourrage.

Si les problèmes de chablis peuvent être évités même pour des H/D élevés, on n'a toutefois peut-être pas intérêt à garder le bourrage trop longtemps du fait de la diminution de la croissance en

diamètre des arbres du peuplement principal. En effet, il semble judicieux de favoriser la croissance en hauteur les premières années afin d'obtenir rapidement une bille de pied formée de 6 mètres de haut, mais pas de ralentir trop longtemps et trop fortement la croissance en diamètre de cette bille.

L'Aulne glutineux a normalement la faculté de rejeter après recépage, permettant ainsi de gagner à nouveau rapidement les frênes. Cependant, sur l'essai de Rougemont, les aulnes n'ont rejeté que très faiblement et les quelques rejets obtenus sont assez petits (de 10 à 220 cm de hauteur). Cette faible vigueur peut être en partie expliquée par le manque de lumière dû à un développement très important de l'ortie.

Enfin, l'Aulne a la faculté, grâce à l'actinomycète *Frankia*, de fixer l'azote atmosphérique, ce qui permet un enrichissement du sol en cet élément. Le développement important de l'ortie est peut-être dû à cet enrichissement. Cependant, en ce qui concerne les frênes, des analyses foliaires effectuées en août 1994 (arbre de 5 ans) n'avaient pas montré de différences significatives des teneurs en azote entre les différentes densités (Ballut, 1995). De plus, les arbres de la modalité à 555 tiges/ha en Frêne pur n'ont pas une croissance inférieure aux arbres des modalités avec Aulne. La plantation est peut-être encore trop jeune pour qu'on puisse mettre en évidence un tel effet. En effet, même s'il a été montré récemment que l'Aulne pouvait transférer directement son azote par exsudation racinaire sous forme de produits facilement assimilables (Moiroud *et al.*, 1997), les racines des frênes sont peut-être encore trop éloignées de cette source pour en bénéficier, y compris pour les densités les plus fortes. Courrier et Garbaye (1981) notent ainsi que l'effet ne se fait sentir qu'à partir d'au moins 1 000 tiges/ha à l'âge de 10 ans sur des Peupliers. De même, Le Tacon *et al.* (1988) montrent que l'effet de l'Aulne sur le Frêne ne devient significatif qu'après 6 ans. Par ailleurs, le sol de l'essai est déjà naturellement très riche en azote, de telle sorte qu'il n'y a peut-être pas encore eu d'effet de compétition pour cet élément. Une modalité de bourrage avec une espèce non fixatrice d'azote aurait peut-être permis de lever ces ambiguïtés.

En tout état de cause, si l'azote libéré par les aulnes améliore la croissance des frênes, il ne suffit pas à empêcher la diminution des accroissements en diamètre observée pour les plus fortes densités, preuve qu'il existe aussi une compétition pour d'autres ressources (autres éléments minéraux, lumière, eau...).

### • Réduction de la branchaison et amélioration de la forme du Frêne ?

On admet généralement que l'augmentation de la densité de plantation peut influencer la qualité de la bille de pied des arbres de trois manières :

- diminution du diamètre des branches,
- diminution du nombre de branches,
- diminution du nombre de défauts de forme (fourches et relais).

À Rougemont, les différentes densités de bourrage en Aulne n'ont pas influencé de façon significative la forme des arbres. Une petite tendance semble se dessiner vers une augmentation du nombre et de la grosseur des branches pour les plus faibles densités. Cependant, cet effet n'est observé que pour l'une des répétitions et non dans l'autre. Évidemment, l'absence de témoin avec des arbres non taillés empêche de conclure entièrement. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, le défourchage de l'année 1991, un an après la plantation, a peut-être homogénéisé la forme des arbres. Cependant, ce défourchage n'explique pas entièrement l'absence ou les faibles différences de formes observées en 1995 (grosseur et nombre de branches et de défauts) après quatre années sans intervention. Si la densité a eu un effet, il n'a donc été que de faible ampleur et n'a pas concerné les défauts de forme (même nombre de fourches et relais entre les différentes densités). Ces résultats vont dans le sens d'observations faites par un certain nombre d'auteurs (Ballut, 1995 ; Balandier *et al.*, 1996) mais pas tous.

Pour certains, seul le diamètre des branches peut être modifié (diminution avec l'augmentation de la densité) mais pas le nombre de branches (Brazier, 1977 ; Hubert, 1992 ; Buresti *et al.*, 1996). Cette diminution serait très corrélée avec la diminution du diamètre du tronc due à la compétition (Brazier, 1977), ce que nos observations confirment d'une certaine manière : augmentation de la taille des branches en fonction de la vigueur des arbres (mesurée par exemple par le diamètre de la tige). Pour d'autres, la probabilité de fourcher augmente avec les faibles densités de plantation (Dupré *et al.*, 1986, Nicolini et Caraglio, 1995, sur Hêtre ; Barthélémy *et al.*, 1995, sur Noyer), ce que ne confirment pas nos observations, ni celles effectuées sur des plantations à très faible densité (100 tiges/ha) en agroforesterie (Balandier *et al.*, 1996).

En fait, les différences de comportement observées semblent surtout dues à des différences dans les densités utilisées ainsi qu'à l'espèce étudiée (Dohrenbusch, 1995). Bien souvent, des résultats significatifs sur la forme des arbres ne sont obtenus que pour des densités bien supérieures à celles représentées dans cette étude. Ainsi, Crave (1990) parle de 4 000 tiges/ha ou plus et Hubert (1992) note qu'il faudrait planter 10 000 arbres/ha pour obtenir le même effet qu'une végétation d'accompagnement buissonnante dense. De telles densités ne sont pas envisageables ni d'un point de vue économique (coût de plantation), ni d'un point de vue performances de croissance pour les feuillus précieux.

Enfin, comme cela a été observé sur bien d'autres sites (Balandier *et al.*, 1996), il faut noter l'effet positif du tubex quant à l'élimination des branches sur la partie de tronc qu'il protège. Cet effet est non négligeable d'un point de vue temps de taille et d'élagage.

- *Récolte intermédiaire de bois d'Aulne ?*

Comme nous l'avons vu, l'entrée en compétition entre le Frêne et l'Aulne est intervenue très rapidement : dès la 5<sup>e</sup> ou 6<sup>e</sup> année. Pour éviter des pertes de croissance trop importantes, des risques de chablis ou de casse des arbres après ouverture du peuplement et des déviations des troncs vers la lumière, nous avons été obligés de recéper les aulnes des plus fortes densités bien avant qu'ils n'aient une production de biomasse suffisante pour rentabiliser la coupe. En effet, dans le meilleur des cas, on ne peut espérer sortir que 13 m<sup>3</sup>/ha de bois fort d'Aulne en recépant les arbres lors de leur 6<sup>e</sup> année (ce qui représente moins de 12 m<sup>3</sup>/ha de billons d'un mètre réellement commercialisables).

## CONSÉQUENCES PRATIQUES ET PERSPECTIVES EXPÉRIMENTALES

### Les principaux résultats peuvent être résumés comme suit :

- Le Frêne a eu une excellente croissance sur le site de Rougemont, quelle que soit la densité de bourrage d'Aulne utilisée y compris pour la plantation pure de Frêne à 555 tiges/ha. Les arbres plantés à cette densité ne montrent pas en effet, durant les cinq premières années, de différences de croissance en circonférence par rapport aux arbres des modalités avec bourrage d'Aulne. De même, durant les trois à quatre premières années, la croissance en hauteur des arbres a été la même pour toutes les densités. Cela est probablement dû à la protection, même éloignée, qu'offraient les modalités les plus denses sur les moins denses de par l'arrangement expérimental des modalités, ou plus généralement au site relativement bien protégé dans son ensemble.

- La compétition entre le Frêne et l'Aulne, aérienne mais aussi probablement souterraine, s'est fait sentir dans les modalités les plus denses dès la 5<sup>e</sup> ou 6<sup>e</sup> année, obligeant à un recépage rapide des aulnes ne permettant pas la production intermédiaire d'un volume de bois très important.

- Le bourrage, même dans la plus forte densité testée de 2 220 tiges/ha, n'a pas eu une influence suffisante sur la grosseur des branches, leur nombre ou encore le nombre de défauts de

forme (fourches et relais) permettant de réduire significativement le travail de taille de formation et d'élagage des arbres.

On peut donc légitimement s'interroger sur la pertinence d'un bourrage avec une espèce secondaire accompagnant une plantation de feuillus précieux. En effet, de fortes densités de bourrage qui permettraient d'avoir un effet significatif sur la forme des arbres et leur branchaison en termes de temps de travail en taille (4 000 tiges/ha ou plus ?) ne sont pas compatibles, d'une part avec les coûts de plantation, d'autre part avec une croissance soutenue du fait de l'entrée en compétition précoce déjà observée pour des densités de 1 500 à 2 000 tiges/ha. On ne peut pas non plus espérer produire une récolte de bois intermédiaire de bourrage suffisante pour rentabiliser la coupe (sauf dans l'optique d'une coupe effectuée par le propriétaire à des fins personnelles de bois de chauffage). Par ailleurs, une excellente croissance des frênes a été observée, même à 555 tiges/ha en peuplement pur, probablement par effet de protection plus ou moins éloignée des autres modalités.

Ces observations et hypothèses nous amènent alors à reconsidérer la plantation de feuillus précieux en terres agricoles. Si, d'une part, on ne peut pas améliorer de façon significative la forme des arbres avec des densités raisonnables de bourrage, ni espérer une production de bois intermédiaire rentabilisant son installation et que, d'autre part, la croissance du feuillu précieux peut être améliorée même avec des protections assez éloignées, pourquoi ne pas réduire l'utilisation de l'espèce secondaire à la constitution de lignes de protection (jouant en quelque sorte le rôle de "brise-vent") plus ou moins espacées, encadrant plusieurs lignes de feuillus précieux ? Il faudrait bien sûr utiliser une espèce secondaire à fort effet protecteur et à croissance rapide. L'espacement de ces lignes de protection est à déterminer de manière à en limiter le nombre, tout en assurant une croissance correcte des feuillus précieux : tous les 10 mètres, 20 mètres ou plus ? Sans nul doute, on doit pouvoir en ce domaine tirer des enseignements des expérimentations d'installation et de conduite de haies menées depuis des décennies.

Enfin, sur la plantation de Rougemont, nous avons montré que l'Aulne, fixateur d'azote, n'avait pas amélioré de façon significative la croissance des frênes par effet d'enrichissement du sol en azote. La richesse naturelle du site en cet élément est sans doute la cause de cette observation. Cela ne remet pas en cause l'effet bénéfique bien souvent démontré que peuvent avoir les espèces fixatrices d'azote sur les sites pauvres en cet élément (Schlesinger et Williams, 1984). Dans ce cas, le bourrage pied à pied des feuillus précieux avec de telles espèces ne semble pas devoir être remis en cause, tout au moins si l'on estime que la croissance des arbres ne sera pas limitée par la compétition entre arbres pour d'autres facteurs — espace, lumière, eau, autres éléments minéraux —, ou encore par la compétition avec une strate herbacée développée (Friedrich et Dawson, 1984). Il faut en effet rappeler ici que la principale amélioration de la croissance initiale des feuillus précieux est obtenue par le contrôle de la végétation herbacée (Frochot et Lévy, 1986 ; Lévy *et al.*, 1990 ; Balandier, 1995).

P. BALANDIER - A. MARQUIER  
Division Forêt et Agroforesterie  
CEMAGREF  
Groupement de Clermont-Ferrand  
24, avenue des Landais  
BP 50085  
F-63172 AUBIÈRE CEDEX

### Remerciements

Les auteurs remercient le Centre régional de la Propriété forestière (CRPF) de Franche-Comté pour son aide dans l'installation et le suivi de l'essai ainsi que M. Morizot, propriétaire de la plantation, pour sa disponibilité et l'entretien attentif des parcelles.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUSSENAC (G.). — La Maîtrise du microclimat en plantation. — *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, n° 3, 1986, pp. 285-292.
- BALANDIER (P.). — A method to evaluate needs and efficiency of formative pruning of fast-growing broad-leaved trees and results of an annual pruning. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 27, 1997, pp. 809-816.
- BALANDIER (P.). — Potentialités agroforestières de six essences (feuillus précieux et Méléze) pour le Nord Massif Central. — Clermont-Ferrand : Cemagref - Division Techniques forestières, 1995. — 65 p. + annexes (Rapport interne).
- BALANDIER (P.), LE DIZES (S.), JACQUET (P.), CRUIZIAT (P.). — Formation de la bille de pied en culture d'arbres à bois précieux. — Clermont-Ferrand : Cemagref - Division Techniques forestières, 1996. — 83 p. (Rapport interne).
- BALANDIER (P.), GUITTON (J.-L.), RAPEY (H.). — Amélioration des tubes abris protégeant les jeunes arbres contre les animaux. — *Ingénieries - Eau-Agriculture-Territoire*, n° 4, 1995, pp. 41-48.
- BALLUT (C.). — Premiers bilans des plantations mélangées biomasse-bois d'œuvre. — Nancy : ENGREF ; Clermont-Ferrand : Cemagref - Division Techniques forestières, 1995. — 78 p. + annexes (Mémoire de 3<sup>e</sup> année, Formation des Ingénieurs forestiers).
- BARTHÉLÉMY (D.), SABATIER (S.), PASCAL (O.). — Le Développement architectural du Noyer commun *Juglans regia* L. (*Juglandaceae*). — *Forêt-Entreprise*, n° 103, 1995, pp. 61-68.
- BRAZIER (J.-D.). — The effect of forest practices on the quality of the harvested crop. — *Forestry*, vol. 50, n° 1, 1977, pp. 49-66.
- BURESTI (E.), DE MEO (I.), FALCIONI (S.). — Mixture with nurse trees. In : Contrat ALWAYS AIR3 - CT92-0134, 4<sup>e</sup> rapport annuel, 1996/10. — ISSA (Ita), 1996. — 6 p. + figures.
- CAMPBELL (G.E.), DAWSON (J.O.). — Growth, yield, and value projections for black walnut interplantings with black alder and autumn olive. — *Northern Journal Applied Forestry*, vol. 6, 1989, pp. 129-132.
- COLLET (C.), FROCHOT (H.), PITSCH (M.), WEHRLÉN (L.). — Effet d'un abri latéral artificiel sur le développement de jeunes merisiers (*Prunus avium* L.) installés en pépinière. — *Revue forestière française*, vol. XLIV, n° spécial "Les feuillus précieux : Frêne, Merisier et grands Érables", 1992, pp. 85-90.
- COURRIER (G.), GARBAYE (J.). — À propos de la sylviculture des peuplements mélangés : un exemple de l'effet bénéfique de l'Auline sur la croissance des peupliers. — *Revue forestière française*, vol. XXXIII, n° 4, 1981, pp. 289-292.
- CRAVE (M.F.). — Chênes : boisement des terres agricoles et gestion des peuplements irréguliers. — *Forêt-Entreprise*, n° 67, 1990, pp. 6-8.
- CRAVE (M.F.). — L'Effet du vent sur les noyers. — *Forêt-Entreprise*, n° 66, 1990, pp. 13-17.
- DUPRÉ (S.), THIÉBAUT (B.), TEISSIER DU CROS (E.). — Morphologie et architecture des jeunes hêtres (*Fagus sylvatica* L.). Influence du milieu, variabilité génétique. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 43, n° 1, 1986, pp. 85-102.
- DOHRENBUSCH (A.) (coord.). — Young stand silviculture. In : Production of quality wood from broadleaves. — AIR Project contract n° CT92-0608, Final report, task 3, 1995. — 45 p.
- FRIEDRICH (J.M.), DAWSON (J.O.). — Soil nitrogen concentration and *Juglans nigra* growth in mixed plots with nitrogen-fixing *Alnus*, *Eleagnus*, *Lespedeza* and *Robinia* species. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 14, 1984, pp. 864-868.
- FROCHOT (H.). — Compétition et relation de voisinage dans les jeunes peuplements forestiers. In : 14<sup>e</sup> Conférence du Columa. Journées internationales d'études sur la lutte contre les mauvaises herbes, Versailles (France), 1990. — pp. 861-870.
- FROCHOT (H.), LÉVY (G.). — Facteurs du milieu et optimisation de la croissance initiale en plantations de feuillus. — *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, n° 3, 1986, pp. 301-306.
- GUITTON (J.-L.). — Implications sylvicoles du reboisement des terres agricoles. — *Ingénieries - Eau-Agriculture-Territoire*, n° 3, 1995, pp. 29-36.
- GUITTON (J.-L.), BRÉTIÈRE (G.), SAAR (S.). — Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide. — *Études du Cemagref, série Forêt*, n° 4, 1990, 119 p.
- GUITTON (J.-L.), GINISTY (C.). — Les Plantations à grands espacements. — *Informations techniques du Cemagref*, 90, 1, 1993, 8 p.
- HASELWANDTER (K.), BOWEN (G.D.). — Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation. — *Forest Ecology and Management*, vol. 81, 1996, pp. 1-17.
- HUBERT (M.). — La Végétation d'accompagnement : un auxiliaire sylvicole à surveiller de près. — *Forêt-Entreprise*, n° 82, 1992, pp. 39-47.
- LE TACON (F.), BOUCHARD (D.), GARBAYE (J.). — Augmentation de la croissance initiale du Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) par épandage de boues de station d'épuration urbaine et plantation intercalaire d'Auline blanc (*Alnus incana* L. Moench.). — *Revue forestière française*, vol. XL, n° 2, 1988, pp. 117-125.
- LÉVY (G.), FROCHOT (H.), BECKER (M.). — Installation des peuplements de Chêne et facteurs du milieu. — *Revue forestière française*, vol. XLII, n° 2 spécial "Chêne sessile, Chêne pédonculé et Chêne rouge d'Amérique en forêt française", 1990, pp. 240-245.
- MERRIAM (R.A.), PHILLIPS (V.D.), LIU (W.). — Early diameter growth of trees in planted forest stands. — *Forest Ecology and Management*, 75, 1995, pp. 155-174.
- MEUNIER (C.). — Extrapolation du catalogue des stations forestières de la Haute-Marne : Bassigny, Pays d'Aumance-Apance, aux espaces agricoles en vue d'éventuelles plantations suivant une phase de déprise. — Nancy : ENGREF, 1990. — 99 p. (Rapport).

- MOIROUD (A.), BEAUPIED (H.), DOMENACH (A.M.). — Mécanismes de transfert d'azote d'arbres fixateurs à des feuillus précieux en culture associée. *In* : L'Agroforesterie pour un développement durable, compte-rendu de colloque, Montpellier (France), 23-29 juin 1997. — pp. 327-332.
- NICOLINI (E.), CARAGLIO (Y.). — L'Influence de divers caractères architecturaux sur l'apparition de la fourche chez *Fagus sylvatica* L. (*Fagaceae*) en fonction de l'absence ou de la présence d'un couvert. *In* : Architecture des arbres fruitiers et forestiers, compte-rendu de colloque, Montpellier (France), 23-25 novembre 1993. — Paris : INRA Éd., 1995. — pp. 273-287 (Les Colloques ; n° 74).
- RAPEY (H.). — Les Vergers à bois précieux en prairie pâturée : objectifs, principes et références. — *Revue forestière française*, vol. XLVI, n° spécial "L'Agroforesterie en zone tempérée", 1994, pp. 61-71.
- SCHLESINGER (R.C.), WILLIAMS (R.D.). — Growth response of black walnut to interplanted trees. — *Forest Ecology and Management*, 9, 1984, pp. 235-243.
- SOUTRENON (A.). — Élagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus. — Antony : Cemagref - Dicova, 1991. — 101 p.
- ZHANG (H.), BRANDLE (J.R.), MEYER (G.E.), HODGES (L.). — The relationship between open windspeed and windspeed reduction in shelter. — *Agroforestry Systems*, 32, 1995, pp. 297-311.

---

#### VERS UNE REMISE EN QUESTION DES AVANTAGES D'UNE PLANTATION FRÊNE-AULNE (Résumé)

L'essai de Rougemont (Doubs) compare la croissance et la forme générale de frênes plantés sur une ancienne terre agricole, en plantation pure (555 tiges/ha) ou accompagnée d'un bourrage d'aulnes glutineux à différentes densités (de 1 110 à 2 220 tiges/ha).

Le début de la concurrence entre les frênes et les aulnes apparaît dès la 6<sup>e</sup> année pour la plus forte densité, réduisant de façon significative la croissance en circonférence des arbres. À cet âge, les aulnes sont de dimensions trop faibles pour rentabiliser leur exploitation. Par ailleurs, après sept années de croissance, nous n'avons observé aucun effet significatif des différentes densités d'aulnes sur la forme et la branchaison des frênes. Nous discutons, à partir de ces résultats, de la pertinence du peuplement d'accompagnement dans un certain nombre de situations et de la façon dont pourraient évoluer les techniques de plantation des feuillus précieux sur terres agricoles.

#### IS THE ASH / ALDER COMBINATION TRULY SUITABLE FOR PLANTATION PURPOSES ? (Abstract)

The Rougemont trial in the Doubs area has compared the growth and general shape of ashes planted on formerly cultivated land as a single species plantation (555 stems/hectare) or in combination with alders at various densities (1 110 to 2 220 stems/hectare).

The competition between the ashes and alders begins to be apparent as of the 6th year at the highest densities, with significant reduction in girth growth of the trees. At this age, alders are too small for it to be worth felling them. Furthermore, after 7 years of growth, we observed no significant effect arising from different alder densities on the shape and growth habit of the ashes. We shall discuss the suitability of this combination in certain stations and ways in which planting techniques of precious broad-leaved species on farmland could be adjusted.

---