
Influence de l'intensité de la taille de formation et de l'élagage sur la croissance en diamètre des branches de noyers hybrides

André Marquier et Philippe Balandier

La culture d'arbres feuillus à bois précieux comme les noyers, les merisiers, les frênes et les érables, est un objet de spéculation. Elle peut permettre d'obtenir des revenus élevés (le m³ de bois sur pied peut se vendre plus de 5 000 F ; Armand, 1995), dans la mesure où l'on arrive à former une bille de pied (portion de tronc comprise entre le sol et le houppier) de haute valeur technologique, de la plus grande longueur possible, et apte au déroulage ou au tranchage. Les qualités de cette bille de pied alors requises sont la rectitude, la faible décroissance, l'absence de nœud et un bon état sanitaire.

Les progrès techniques actuels de plantation et de conduite des arbres, comprenant l'utilisation de matériel génétique sélectionné, les protections contre le gibier et le désherbage, autorisent la réduction des densités de plantation des feuillus précieux. Ces faibles densités conduisent à une diminution, voire à une absence de concurrence entre les arbres pendant au moins les premières années (Guitton *et al.*, 1993 ; Balandier, 1996). Cette absence de concurrence permet d'optimiser les croissances individuelles mais provoque en retour, selon le génotype des arbres, un tronc et un houppier ayant rarement les caractéristiques attendues : nombreuses branches basses ou vigoureuses (sources de nœuds dans le bois), défauts de rectitude et forte décroissance (Balandier, 1997).

Il faut donc intervenir par des opérations de taille des branches pour essayer de rectifier la forme des arbres et tendre vers les caractéristiques commerciales : tronc droit et sans branches, donc sans nœuds, sur quatre à six mètres de long (Balandier, 1996).

Ces opérations entraînent, selon l'intensité de taille, des modifications plus ou moins importantes du fonctionnement global de l'arbre, tels le débourrement de bourgeons latents, l'apparition de gourmands et la modification de la croissance des pousses. Cependant, ces modifications ne sont pas connues de façon précise et le sylviculteur se trouve assez démuné, et se demande s'il faut tailler peu et fréquemment ou beaucoup et moins souvent.

Cet article présente une étude menée en 1997 et 1998 sur des noyers hybrides âgés de neuf ans, concernant les relations entre l'intensité de taille, la croissance des branches, et le nombre de gourmands apparus. Le but appliqué de cette étude est de déterminer le pourcentage de surface foliaire, donc de branches, qu'il est possible de supprimer en un passage, sans diminution, ou peu, de la croissance générale de l'arbre, sans augmentation trop importante du diamètre des branches et sans apparition de gourmands.

État des connaissances

Les opérations de taille comprennent deux types d'opération : la taille de formation et l'élagage.

La taille de formation (Bouvarel, 1983) vise à supprimer, dès le plus jeune âge et tout au long des premières années de développement de l'arbre, les branches gênant la formation d'un axe vertical (figure 1). Elle sert essentiellement à supprimer les « défauts de forme », c'est-à-dire tout rameau inséré sur la tige principale et susceptible d'altérer durablement la rectitude et/ou la décroissance

**André Marquier
et Philippe
Balandier**

Cemagref
UR Dynamiques et
Fonctions des
Espaces Ruraux
24 avenue des
Landais
BP 50085
63172 Aubière
Cedex

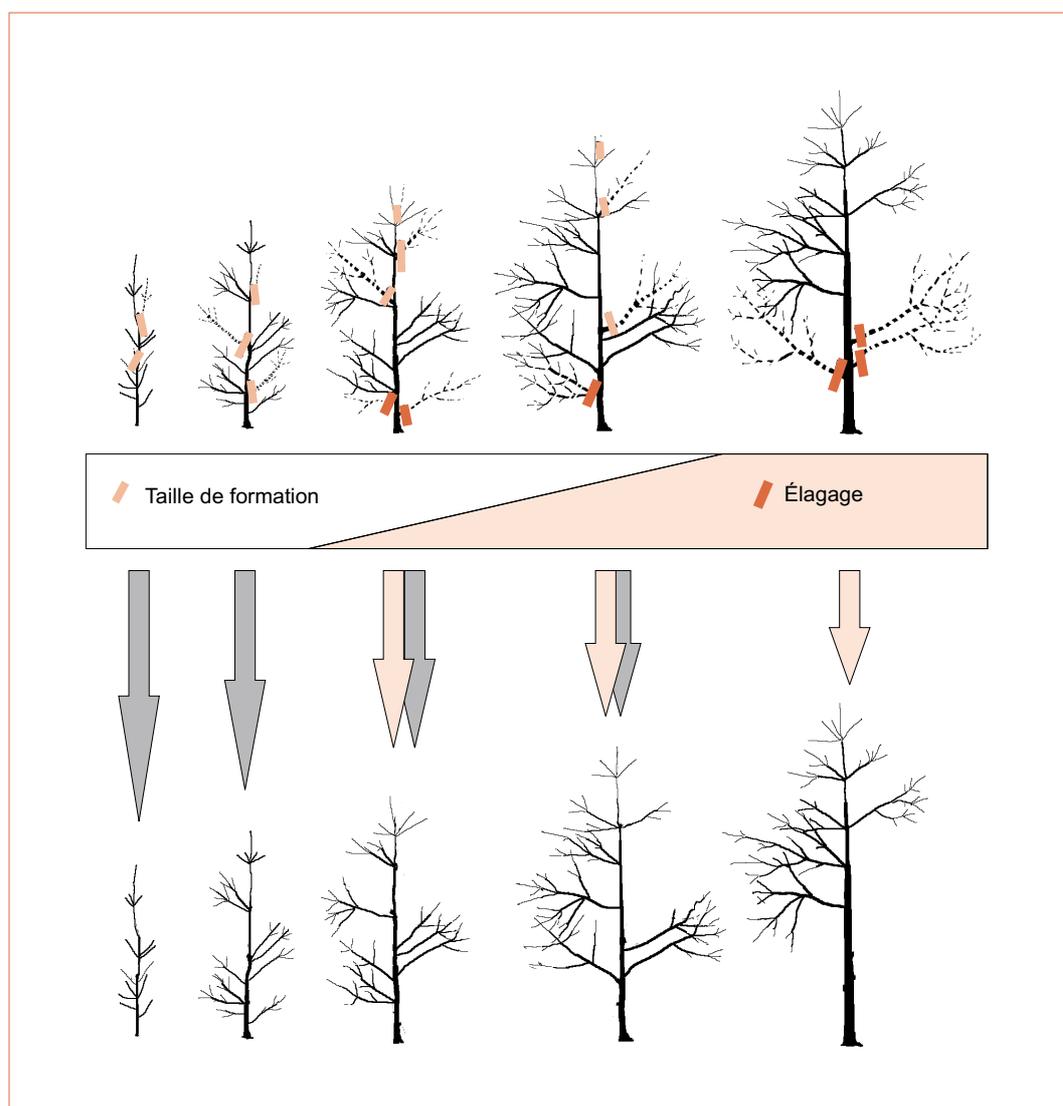
de cet axe. Ainsi, les fourches ou toute branche, risquant de prendre un trop fort développement au détriment de celui du tronc, devront être enlevées rapidement.

L'élagage élimine les branches sur une plus ou moins grande partie du tronc et vise à augmenter la proportion de bois sans nœuds (figure 1). Il se distingue de la taille de formation par le fait qu'il ne modifie pas la forme générale de l'arbre (Raimbault *et al.*, 1995).

Si les techniques de taille en elles-mêmes ne semblent pas poser de problème, il en va autrement pour fixer le niveau d'intensité de la taille.

En effet, il est recommandé d'intervenir de façon à ne pas traumatiser excessivement l'arbre et à assurer une photosynthèse suffisante pour ne pas pénaliser la croissance (Bouvarel, 1983). Ainsi, le bénéfice de la taille sur la forme de l'arbre doit toujours être mis en balance avec la perte possible de production de bois, si trop de branches ont été

▼ Figure 1. – Principes schématiques de la formation de la bille de pied des feuillus forestiers : distinction entre taille de formation et élagage (d'après Hubert et Courraud, 1987).



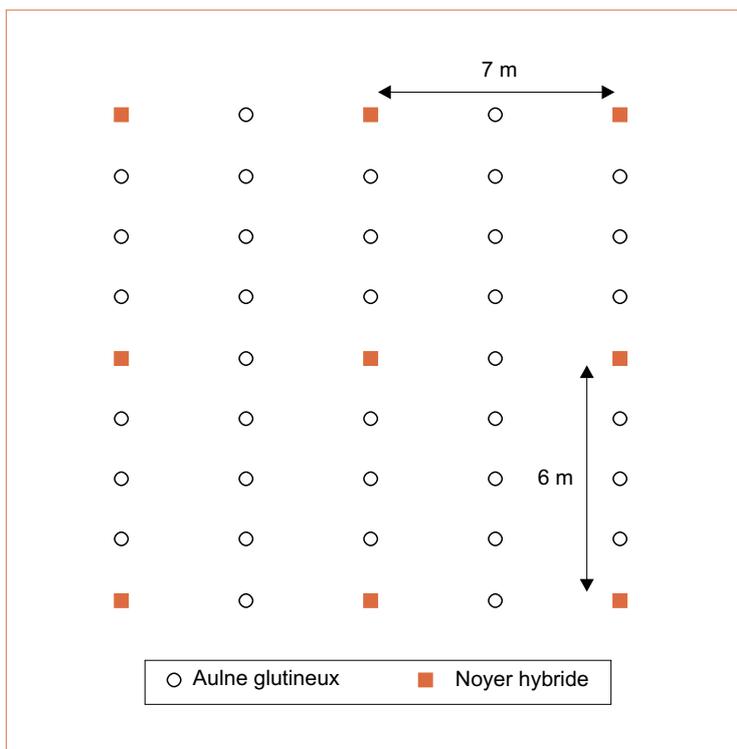
supprimées (Kerr, 1992). De nombreuses études montrent que des tailles légères ne modifient pas la croissance des arbres et même, dans certains cas, peuvent augmenter leur croissance en hauteur (Arias et Crabe, 1975 ; Funk, 1979 ; Remphrey et Davison, 1994 ; Balandier, 1997). Des tailles sévères conduisent au contraire à une perte de croissance en hauteur et en diamètre du tronc (Balandier, 1997). Cependant, le seuil de surface foliaire critique à laisser sur l'arbre pour assurer une croissance suffisante du tronc après la taille n'est encore pas déterminé (Ningre et Le Goff, 1988), et l'empirisme prévaut.

La perte de croissance liée à de fortes intensités de taille est généralement accompagnée par le développement de rameaux, souvent vigoureux, issus de bourgeons latents sur le tronc et appelés gourmands. Le nombre de ces gourmands augmente de façon exponentielle avec l'intensité de la taille (Funk, 1979). Ils représentent des défauts potentiels, des nœuds dans le bois, et compromettent les travaux de taille et d'élagage déjà réalisés, dans la mesure où il faut procéder à leur suppression.

La connaissance des relations entre l'intensité de taille et la croissance de l'arbre conditionne beaucoup la stratégie de taille. Elle permettrait de déterminer le nombre de branches (la quantité de surface foliaire) que l'on peut supprimer en un passage, sans perte importante de croissance et sans apparition de gourmands.

De plus, quelques études semblent montrer que le fonctionnement global de l'arbre conduit à reporter la croissance des branches taillées sur les branches non taillées, de telle sorte que ces dernières s'accroissent bien plus que si l'arbre n'avait pas été taillé (Favier, 1978, sur noyer ; Caraglio, 1996, sur merisier). Or, l'augmentation du diamètre des branches entraîne une hausse du temps nécessaire aux opérations de taille ultérieures mais surtout une augmentation du risque de contamination de la blessure, suite à l'ablation de la branche, par des micro-organismes pouvant provoquer soit une coloration anormale du bois, soit une zone de pourriture dépréciant fortement la qualité du bois (Shigo, 1967 ; Soutrenon, 1991).

Un équilibre entre la surface foliaire supprimée et la surface restante sur l'arbre doit donc être trouvé afin d'éviter une augmentation trop importante du diamètre des branches.



Par ailleurs, des travaux récents (Balandier *et al.*, 1996) montrent qu'au-delà d'un certain volume foliaire prélevé, c'est la croissance générale de l'arbre qui est déprimée, y compris celle des branches. Il semble donc exister un seuil de surface foliaire prélevée en deçà duquel la taille conduit au grossissement des branches non taillées et au-delà duquel, l'inverse est observé. L'étude présentée ici vise à mieux déterminer ce seuil.

▲ Figure 2. – Schéma de plantation du noyer hybride et de l'aune glutineux.

Matériel et méthodes

Une plantation de noyers hybrides accompagnés (selon la définition donnée par Becquey, 1997) d'aunes glutineux a servi de base aux expérimentations. La plantation est située en Limagne à 320 m d'altitude, près de Riom (63). Elle a été réalisée en 1988 sur une ancienne prairie agricole. La pluviométrie annuelle moyenne est de 730 mm avec un fort déficit estival. La température moyenne est de 10,5°C. Les plants de noyers sont espacés de 6 m sur la ligne avec trois aulnes entre deux plants successifs et de 7 m entre les lignes avec une ligne d'aunes entre ces lignes (figure 2).

La densité globale de plantation (noyers + aulnes) est de 1 905 plants/ha. On pourrait craindre que la présence des aulnes à proximité des noyers puisse avoir une influence sur le diamètre et sur le nombre de branches de ces derniers. Mais, d'une part, comme cela a été observé sur d'autres sites (Balandier et Marquier, 1998) l'accompagnement ne semble pas modifier de façon significative le diamètre et le nombre de branches dans le cas de densités inférieures à 2 200 tiges/ha. D'autre part, tous les noyers se trouvant dans le même contexte, la présence d'aulnes n'intervient pas en tant que facteur de l'expérience.

Les noyers ont reçu annuellement dès 1991 une légère taille de formation, préalablement à l'expérimentation.

Au printemps 1997, 36 noyers sains ont été repérés sur cette plantation dans différentes catégories de diamètre de tronc ($2,5 < \varnothing < 8,3$ cm). La circonférence moyenne de ces 36 noyers était de 15 cm au printemps 1997 et la hauteur moyenne à l'automne 1997 de 555 cm. Sur chaque arbre, toutes les branches d'ordre 2 (c'est-à-dire le long du tronc, le tronc étant l'ordre 1), quelle que soit leur dimension, ont été numérotées et repérées par une étiquette. Leur diamètre à environ 3,5 cm du point d'insertion sur le tronc a été mesuré au pied à coulisse. On a ainsi mesuré plus de 900 branches d'ordre 2.

Début juillet 1997, les noyers ont été taillés avec les trois modalités suivantes :

- T : témoin, aucune branche supprimée ;
- T20 : 20 % des branches le long du tronc de l'arbre (en nombre de branches) ont été supprimés ;
- T40 : 40 % des branches le long du tronc de l'arbre (en nombre de branches) ont été supprimés.

Il s'agit donc de taille en vert sur des arbres ayant déjà commencé leur croissance comme cela se pratique couramment pour des raisons sanitaires.

Pour les arbres taillés, on a essayé d'assurer une répartition des branches supprimées le long du tronc, de manière à enlever autant de petites que de grosses branches sur chaque arbre. Ce faisant, on estime avoir traité les arbres avec la même intensité de taille, pour un traitement donné, quelle

que soit leur dimension. On a également recherché à supprimer des branches sur toute la longueur du tronc et non pas seulement dans sa partie basse. On a donc combiné taille de formation et élagage. 12 arbres ont été attribués à chaque modalité (tirage aléatoire), mais de manière à retrouver la distribution mère des diamètres de tronc, c'est-à-dire qu'on s'est assuré qu'il y avait autant de petits que de gros arbres dans chaque modalité. Compte-tenu du nombre élevé de branches à mesurer, il n'était pas possible de réaliser un plan d'expérience en bloc. On ne peut donc pas dire qu'il y ait eu des répétitions de chaque modalité au sens strict du terme. Cependant, pour permettre une analyse statistique des résultats, chaque arbre a été considéré individuellement, comme une pseudo-répétition du traitement (Pearce, 1976).

En octobre 1997, le diamètre de toutes les branches non taillées a été à nouveau mesuré, et on a noté la présence éventuelle de nouvelles branches sur du bois de plus d'un an (gourmands).

Le même protocole a été appliqué en 1998 : mesure des branches en mars 1998, taille en juin 1998, nouvelle mesure des branches et notation des gourmands en décembre 1998, avec les mêmes modalités de taille : les arbres témoins sont restés témoins, ceux taillés avec une intensité de 20 % ont à nouveau été taillés avec une intensité de 20 %, etc. On renforce donc théoriquement l'effet du traitement en 1998 : T40 a conduit à supprimer beaucoup de branches en 1997 et parmi celles qui restent en 1998, on en supprime à nouveau 40 %. Finalement sur deux ans, le traitement T20 aura conduit à supprimer environ 36 % des branches présentes début 1997 et le traitement T40, 64 % des branches du début 1997 (calcul excluant les nouvelles pousses apparues en 1997).

Il faut noter qu'un gel sévère début novembre 1997 a conduit à la perte de quelques branches encore en croissance, notamment dans la partie supérieure des arbres (entre trois et six branches sont mortes par arbre). L'échantillon (nombre de branches) a donc un peu diminué entre 1997 et 1998 pour des causes non liées à la taille. Nous avons cependant vérifié après-coup, que le nombre de branches mortes à cause du gel n'avait pas d'influence sur l'effet de la taille : pour un traitement de taille donné, le nombre de branches mortes à cause du gel n'influence pas le résultat de

croissance pour la saison 1998. Par ailleurs, une à deux branches par arbre en moyenne ont disparu (mortalité naturelle) au cours de l'année 1997, toutes modalités de taille confondues.

On a enfin décrit la ramification normale de printemps sur le bois de l'année, pour voir si l'intensité du traitement de taille pouvait influencer sur les caractéristiques de débourrement printanier des arbres, c'est-à-dire sur le schéma de ramification naturel des arbres.

Résultats

En 1997, l'intensité de taille de 20 % a conduit à un accroissement en diamètre significativement plus grand des branches au cours de la saison, comparé aux deux autres traitements (tableau 1) : 2,3 mm contre 1,7 ou 1,8 mm, soit 20 % d'augmentation en moyenne pour T20 contre 16 à 17 % pour T et T40, calcul excluant les nouvelles pousses apparues en 1997. Il n'y a pas de différence significative entre T et T40.

On peut évidemment se demander si la croissance des branches n'est pas essentiellement expliquée par l'état initial des arbres (diamètre moyen initial de T20 supérieur à T et T40). Les branches de T20 étant en moyenne plus grosses que celles des traitements T et T40, on pourrait s'attendre à ce qu'elles aient le plus fort développement.

D'une part, les résultats de 1998 (figure 3) nous montrent que ce n'est pas le cas : en 1998, ce sont les branches avec le plus petit diamètre initial moyen (T40) qui ont le plus poussé. Il ne semble donc pas y avoir de cause à effet entre le diamètre initial des branches et leur accroissement ultérieur, ou tout au moins, l'effet de la taille est plus fort que l'effet de l'état initial.

D'autre part, la taille a deux effets majeurs : elle provoque le débourrement de bourgeons latents et modifie la croissance des organes déjà en croissance (Balandier *et al.*, 1996 ; Balandier, 1997). En effet, dans un arbre, il existe un complexe d'inhibitions corrélatives, c'est-à-dire que la croissance d'un organe est sous le contrôle d'un autre organe ou groupe d'organes qui empêchent sa croissance. Par conséquent, la suppression d'un organe par la taille, brise ce complexe d'inhibitions corrélatives et des bourgeons auparavant inhibés peuvent se développer et donner naissance à de nou-

Modalité	T	T20	T40
N	310	302	318
Diamètre (mm)	10,2 (a)	11,4 (b)	10,4 (a)
AD (mm)	1,8 (a)	2,3 (b)	1,7 (a)
AD (%)	17,6	20,2	16,3

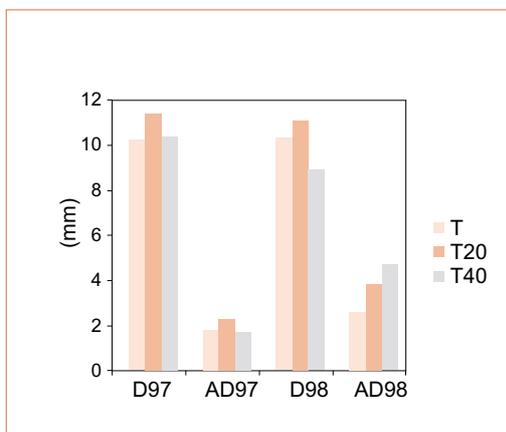
▲ Tableau 1. – Accroissement en diamètre des branches de noyer hybride au cours de la saison 1997 en fonction de l'intensité de taille (branches apparues au cours de la saison de croissance 1997 exclues). La taille est intervenue en juillet 1997 soit environ un mois après le débourrement des arbres. Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative entre deux traitements au seuil $\alpha = 5\%$.

N : nombre total de branches présentes en début d'année (avant taille).
Diamètre : diamètre initial moyen de ces branches, présentes début 1997 (avant taille).
AD : accroissement moyen en diamètre au cours de la saison 1997 des branches restant après taille.

Modalité	T	T20	T40
Nombre moyen de gourmands	0	0	2,5

▲ Tableau 2. – Nombre de gourmands apparus sur des noyers hybrides au cours de la saison 1997 en fonction de l'intensité de taille.

▼ Figure 3. – Évolution, en fonction de l'intensité de taille, du diamètre initial moyen des branches présentes avant la taille (printemps 1997 et 1998) et de l'accroissement moyen en diamètre au cours de la saison des branches restant après la taille.



D97 : diamètre initial moyen des branches présentes début 1997 (avant taille).
AD97 : accroissement moyen en diamètre au cours de la saison 1997 des branches présentes en début d'année (avant taille) et vivantes en fin de saison.

N : nombre total de branches présentes en début d'année (avant taille).
Diamètre : diamètre initial moyen de ces branches, présentes début 1998 (avant taille).
AD : accroissement moyen en diamètre au cours de la saison 1998 des branches restant après la taille.

Modalité	T	T20	T40
N	445	382	368
Diamètre (mm)	10,3 (a)	11,1 (b)	8,9 (c)
AD (mm)	2,6 (a)	3,8 (b)	4,7 (c)
AD (%)	25,2	34,2	52,8

▲ Tableau 3. – Accroissement en diamètre des branches de noyer hybride au cours de la saison 1998 en fonction de l'intensité de taille (branches apparues au cours de la saison de croissance 1998 exclues). La taille est intervenue en juin 1998 soit juste après le débourrement des arbres. Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative entre deux traitements au seuil $\alpha = 5\%$.

Modalité	T	T20	T40
Accroissement moyen en circonférence en 1997 (cm)	3,4 (a)	3,4 (a)	2,5 (a)
Accroissement moyen en circonférence en 1998 (cm)	4,5 (a)	4,0 (a)	3,6 (a)

▲ Tableau 4. – Accroissement du tronc des noyers hybrides en circonférence à 1,30 m au cours des saisons 1997 et 1998 en fonction de l'intensité de taille. Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative entre deux traitements au seuil $\alpha = 5\%$.

Modalité	T	T20	T40
Nombre total de branches mesurées	254	159	68
Diamètre initial moyen des branches avant taille en 1997 (mm)	11,1 (a)	10,1 (a,b)	9,5 (b)
Accroissement moyen au cours de la saison 1997 (mm)	2,1 (a)	3,0 (b)	2,1 (a)
Accroissement moyen au cours de la saison 1998 (mm)	1,8 (a)	2,9 (b)	4,0 (c)

▲ Tableau 5. – Accroissement en diamètre des branches de noyer hybride au cours des saisons 1997 et 1998 en fonction de l'intensité de taille et présentes dès le printemps 1997 (branches apparues et disparues au cours des saisons de croissance 1997 et 1998 exclues). Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative entre deux traitements au seuil $\alpha = 5\%$.

velles pousses. En parallèle, les pousses déjà présentes sur l'arbre voient leur croissance modifiée (Favier, 1978). Ces réactions à la taille sont rapides et interviennent dès que le complexe d'inhibitions corrélatives est modifié, soit dans les jours qui suivent la taille. Cependant, elles sont d'autant plus importantes que la taille est pratiquée tôt en saison : la réactivité de l'arbre est très forte au printemps, puis diminue régulièrement au fil de la saison (Mauget, 1984 ; Mauget *et al.*, 1993). Dans notre cas, en taillant en début de saison de croissance, nous favorisons donc une réponse forte de l'arbre à la taille en elle-même.

La modalité T40 a conduit au développement de deux ou trois gourmands par arbre en moyenne alors que les deux autres traitements n'en ont pas présenté (tableau 2).

Les résultats de 1998 sont un peu différents de ceux de 1997 (tableau 3).

En premier lieu, il faut signaler que l'échantillon de branches pour 1998 ne correspond pas exactement à celui de 1997. D'une part, de nouvelles branches sont apparues au cours de l'année 1997 qui ne faisaient pas partie de l'échantillon initial et d'autre part quelques branches sont mortes entre 1997 et 1998 (*voir* Matériel et méthodes). Cela explique que le diamètre moyen initial des branches en 1998 n'est pas égal au diamètre initial 1997 + l'accroissement 1997 (par exemple pour le témoin $10,2 + 1,8 = 12,0$ mm alors que si l'on considère l'ensemble des branches initiales en 1998, le diamètre moyen est de 10,3 mm). C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas cherché à analyser les résultats d'accroissement des branches sur les deux années cumulées. On considère plutôt que le traitement 1998 a permis de tester l'effet des traitements 1997, intensifié par une deuxième application des mêmes modalités de taille sur les mêmes arbres avec une année climatique différente.

L'accroissement en diamètre des branches de T20 est bien supérieur à celui de T mais c'est T40 qui a présenté les plus forts accroissements avec plus de 50 % d'augmentation par rapport au diamètre initial (calcul excluant les nouvelles pousses apparues en 1998). Ici, de toute évidence, les résultats d'accroissement ne peuvent pas être dus au diamètre initial des branches puisque c'est T40 qui présentait le plus petit diamètre initial.

On peut tenter d'expliquer ce résultat comme le fruit d'une excellente croissance en 1998 par rapport à 1997 : 3,7 mm d'accroissement moyen en diamètre des branches en 1998 contre seulement 1,9 en 1997, soit une augmentation de 95 %. Cette augmentation est perçue plus faiblement au niveau de l'accroissement en circonférence des troncs à 1,30 m au-dessus du sol avec un gain de 30 % en moyenne par rapport à 1997 (tableau 4). Les raisons de cette bonne croissance sont difficiles à cerner avec précision. Sans doute le climat y est pour beaucoup, 1998 se caractérisant par une excellente pluviométrie : environ 300 mm d'eau bien réparties d'avril à juillet en 1998 contre seulement 186 mm en 1997. Cependant sans analyse fine des dynamiques de croissance des branches sur ces deux années, il est difficile d'en dire davantage.

En terme de mécanismes, la croissance ayant été forte en 1998, peu limitée par les facteurs du milieu, on peut penser que T40 a logiquement conduit à l'augmentation la plus forte de la dimension des branches : même potentiel de croissance à partager entre peu de branches (peu de puits). En 1997, la croissance étant plus faible (était-ce dû à moins de photosynthèse, à une contrainte hydrique plus forte ?), même si le nombre de puits était plus faible pour T40, les sources n'ont pas été suffisantes pour alimenter la croissance des branches. Ce mécanisme général n'est bien sûr qu'hypothétique.

L'analyse de la croissance en diamètre de la sous-population de branches présentes en 1997 et que l'on retrouve fin 1998, branches non taillées et non mortes, confirme ces résultats (tableau 5). L'accroissement en diamètre des branches de T20 est supérieur à celui de T et T40 en 1997, alors qu'on observe en 1998 une augmentation de l'accroissement en diamètre des branches avec l'augmentation de l'intensité de la taille.

Au niveau du tronc, bien que les résultats ne soient pas significatifs, on note une tendance systématique à la diminution des accroissements en circonférence avec l'augmentation de l'intensité du traitement de taille (tableau 4).

Les gourmands ont été très peu nombreux en 1998 (tableau 6) et notamment pour le traitement T40 comparé aux deux à trois gourmands par arbre pour ce traitement en 1997. Là encore, la bonne

Modalité	T	T20	T40
Nombre moyen de gourmands	0,4	0,3	0,3

▲ Tableau 6. – Nombre de gourmands apparus sur des noyers hybrides au cours de la saison 1998 en fonction de l'intensité de taille.

croissance de 1998 est peut-être une explication à ces observations. En effet, on peut penser que les conditions favorables à la croissance ont permis d'alimenter l'arbre à partir des seules branches encore présentes après la taille en 1998, alors qu'en 1997, la réaction de l'arbre a été d'émettre de nouvelles branches pour compenser un faible potentiel de croissance. L'augmentation du potentiel de croissance constatée en 1998 semble donc limiter le développement des gourmands. Il faudrait bien entendu mettre en place des expérimentations plus précises pour répondre en toutes certitudes à ces hypothèses de fonctionnement. Enfin, l'examen des ramifications de printemps apparues sur le bois d'un an (ramification normale) permet de mettre en évidence que l'intensité de taille n'a pas d'effet sur le nombre de branches émises lors du débourrement des arbres (voir résultat de 1998 ; pour 1997, on ne s'attend pas à un effet sur le nombre de branches émises puisque le traitement de taille a été pratiqué après le débourrement de printemps), mais par contre entraîne une augmentation du diamètre moyen de ces branches au cours de la saison qui suit (tableau 7).

Tableau 7. – Nombre et diamètre moyen des branches de noyer hybride apparues sur le bois d'un an au cours des saisons 1997 et 1998 en fonction de l'intensité de taille. Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative entre deux traitements au seuil $\alpha = 5\%$. ▼

Modalité	T	T20	T40
Nombre moyen par arbre de branches apparues sur le bois d'un an en 1997	12,7 (a)	11,9 (a)	14,7 (a)
Diamètre moyen de ces branches fin 1997	7,7 (a)	10,0 (b)	8,3 (a)
Nombre moyen de branches apparues sur le bois d'un an en 1998	8,0 (a)	7,8 (a)	7,5 (a)
Diamètre moyen de ces branches fin 1998	8,3 (a)	9,5 (b)	10,1 (b)

Les traitements de taille, tout au moins à la date où ils sont pratiqués (juin-juillet), ne semblent pas entraîner de modification des schémas de débourement printanier. Par contre, les branches issues de ce débourement printanier subissent, comme les autres branches, les effets de la taille sur l'augmentation de leur croissance en diamètre en fonction de l'intensité de la taille.

Discussion

Cette expérimentation tend à confirmer globalement que la taille des branches, du moins avec les intensités que nous avons testées, peut effectivement conduire à un accroissement du diamètre des branches, supérieur à celui qu'il serait sans taille. Cependant les réponses peuvent être assez différentes suivant les conditions de croissance, notamment climatiques, de l'année d'application du traitement.

Le fait que cette expérimentation n'ait été conduite que sur un seul site et sur deux années, représentant tout de même la mesure du diamètre de plus de 900 branches à quatre reprises, ne permet pas de dégager un mécanisme-clé liant la croissance des branches et l'intensité de taille. Les résultats obtenus conduisent malgré tout à proposer les explications suivantes. Si la croissance de l'arbre est faible (1997), seules des intensités de taille légères conduisent à l'augmentation de la dimension des branches (T20). L'arbre semble alors ne pas avoir assez de « potentiel » de croissance (mauvaises conditions climatiques) pour compenser la perte de trop nombreuses branches (T40) et développe des gourmands le long du tronc pour augmenter sa surface foliaire. Dans le cas d'excellente croissance (cas de 1998), même des tailles de forte intensité conduisent à une augmentation de la dimension des branches sans qu'il y ait pour autant apparition de gourmands car l'arbre n'est pas limité, même avec un faible nombre de branches (de sources en carbone), par de mauvaises conditions climatiques. Parallèlement, comme l'ont montré d'autres études (Balandier *et al.* 1996 ; Balandier, 1997), et même si dans notre cas les résultats ne sont pas statistiquement différents, la croissance en diamètre des troncs a tendance à diminuer lorsque l'intensité de taille augmente (tableau 4).

Bien sûr, il faudra vérifier ces premières hypothèses et poursuivre ces expérimentations dans des

conditions plus variées avant de conclure définitivement. Ces premières observations montrent cependant que la notion de « seuil de surface foliaire supprimée » conduisant ou non à une augmentation importante du diamètre des branches n'est pas aussi simple que cela. La réponse dépend aussi de l'intensité de croissance des arbres et donc du climat, sans oublier également l'effet que peut avoir la densité globale du peuplement. En effet, il est certain que les résultats obtenus avec une plantation à une densité plus élevée (4 000 tiges/ha et plus) auraient été différents. Dans ce cas, l'entrée en compétition précoce entre individus entraîne une diminution rapide de la croissance en diamètre du tronc mais aussi de celui des branches (Brazier, 1977 ; Drenou, 1997 ; Balandier *et al.*, 1998).

Évidemment, cela ne facilite pas la mise au point d'outils simples pour le gestionnaire, lui permettant de savoir combien de branches il peut supprimer en un passage, avec quelle fréquence intervenir, etc ? Suivant les conditions climatiques, les conditions de croissance, la même intensité de taille, le même itinéraire technique, n'auront pas les mêmes effets.

Conclusion et perspectives

La complexité des phénomènes et le faible nombre d'années d'observations n'ont pas permis de mettre en évidence un mécanisme-clé liant croissance des branches et intensité de taille et on est loin actuellement d'avoir testé expérimentalement tous les itinéraires techniques possibles, croisés avec les conditions climatiques. Ce travail est d'ailleurs « titanesque » et un peu « utopique ». Une voie parallèle, qui n'exclut pas l'expérimentation de terrain mais lui est complémentaire, est la modélisation. En effet, les progrès dans les domaines de l'informatique et des sciences fondamentales conduisent à développer des modèles de croissance de plantes qui permettent de prendre en compte les effets du climat et des interventions techniques (Balandier *et al.*, 2000).

Bien qu'à leurs balbutiements, la conception de logiciels de simulation du développement de l'arbre en interaction avec le climat, mêmes imparfaits, permettrait de simuler les réactions de l'arbre dans des conditions de croissance, d'itinéraires techniques variés, et de mettre à l'épreuve du terrain seulement les scénarios plus plausibles.

En attendant, même si les premiers résultats de cette expérimentation ne permettent pas de donner avec précision l'itinéraire technique de taille idéal pour le noyer, on peut en tirer quelques enseignements pratiques. Une intensité de taille élevée (40 % de branches supprimées) entraîne en fonction des conditions de croissance, soit une apparition de gourmands, soit une augmentation importante du diamètre des branches non taillées. Il semble donc souhaitable de préconiser une taille plus douce (20 % du nombre de branches supprimées) pour éviter ces inconvénients. Cela implique bien sûr un ou deux passages supplémentaires de taille mais qui de toute manière auraient été pratiqués dans le cas d'apparition de gourmands. Il ne faut pas oublier également qu'il est fortement conseillé de tailler les branches avant que leur diamètre ne dépasse 3 cm, afin de réduire le risque de contamination de la plaie par des micro-organismes pouvant déprécier fortement la qualité du bois. En présence d'arbres vi-

goureux, cette consigne est difficile à respecter car le diamètre des branches est souvent supérieur à 3 cm deux ans après leur apparition, et la pratique d'une taille forte ne fait qu'amplifier ce phénomène. Aussi, il paraît préférable dans ce cas de privilégier un passage annuel, avec une pression de taille modérée, plutôt qu'un passage tous les deux à trois ans, très traumatisant pour l'arbre et plus long car le temps nécessaire à la taille augmente avec le diamètre des branches. □

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt du ministère de l'Agriculture et de la Pêche pour le financement de cette étude ainsi que Fabrice Landré et Julien Cuzol pour les mesures effectuées sur le terrain.

Résumé

La production de bois d'œuvre de grande qualité n'est possible que si des opérations de taille de formation et d'élagage sont pratiquées sur les arbres forestiers au cours des dix premières années après leur plantation, sauf plantation à très forte densité. L'intensité de ces tailles peut modifier la croissance des arbres et entraîner un accroissement de la dimension des branches restantes. Ces inconvénients pourraient être évités si le sylviculteur connaissait le seuil de surface foliaire supprimée (donc le nombre de branches) à ne pas dépasser à chaque intervention.

L'article présente les résultats de l'expérimentation menée sur des noyers hybrides visant à étudier la relation entre l'intensité de la taille et l'accroissement en diamètre des branches. Il confirme l'effet de l'intensité de la taille sur la croissance des branches, tout en mettant l'accent sur le rôle important des conditions climatiques de l'année d'application de la taille. Cependant, des expérimentations complémentaires et le développement de logiciels de simulation seront nécessaires pour comprendre plus parfaitement les relations « intensité de taille – croissance des branches » et mettre au point des itinéraires de taille plus performants.

Abstract

Effect of pruning intensity on diameter growth of hybrid walnut shoots.

Yielding quality timber is possible only if trees are pruned in their young age to produce a straight and knot-free bole (at least when trees are not planted with a high density). Shoots must be pruned as small as possible to avoid decay problems. However pruning can modify tree growth and particularly lead to an increase of shoots diameter growth which counterbalances the objective of pruning only small shoots. This problem appears from a certain threshold of removed leaf volume, which is in part still undetermined. The study reported here aimed to specify the relationship between pruning intensity and shoot diameter growth of young hybrid walnuts in central France. Results showed that pruning can effectively increase shoot diameter growth but with a magnitude depending not only on pruning intensity but also on climatic and growth conditions. Further experiments and modelling tasks will be necessary to end in a more rational pruning management of forest trees.

Bibliographie

- ARIAS, O., CRABE, J., 1975. *Les gradients morphogénétiques du rameau d'un an des végétaux ligneux, en repos apparent*. Données complémentaires fournies par l'étude de *Prunus avium* L. *Physio. Vég.*, 13, 1, p. 69-81.
- ARMAND, G., 1995, *Feuillus précieux : conduite des plantations en ambiance forestière*, IDE, (ed.), Paris, 49 p. + ann.
- BALANDIER, P., 1996, *La taille de formation des feuillus précieux*, Document interne, Cemagref, Division Forêt et Agroforesterie, Clermont-Ferrand, 1996/10, 16 p.
- BALANDIER, P., 1997. A method to evaluate needs and efficiency of formative pruning of fast growing broad-leaved trees and results of an annual pruning. *Can. J. For. Res.*, 27, 6, p. 809-816.
- BALANDIER, P., DUPRAZ C., 1998. Growth of widely spaced trees. A case study from young agroforestry plantations in France. *Agroforestry system*, 43, 1/3, p. 151-167.
- BALANDIER, P., LACOINTE, A., LE ROUX, X., SINOQUET, H., CRUIZIAT, P., LE DIZES, S., 2000. SIMWAL, a structural-functional model simulating single walnut tree growth in response to climate and pruning. *Ann. For. Sci.*, n° 5-6 . À paraître.

- BALANDIER, P., LE DIZES, S., JACQUET, P., CRUIZIAT, P., 1996, *Formation de la bille de pied en culture d'arbres à bois précieux*, Rapport interne, Cemagref, INRA, Clermont-Ferrand, 83 p.
- BALANDIER, P., MARQUIER, A., 1998. Vers une remise en question des avantages d'une plantation frêne-aulne. *Revue Forestière Française*, L, 3, p. 231-243.
- BECQUEY, J., 1997. Plantations de feuillus sur terres agricoles avec «accompagnement ligneux». *Forêt-entreprise*, 118/1997, p. 37-41.
- BOUVAREL, L., 1983, *La taille de formation et l'élagage de quelques feuillus précieux. Où en est-on en 1982 ? Réflexions*, Mém. Elève Ingénieur Civil des Forêts (EICF), ENGREF, Nancy, 1983/01, 37 p.+ann.
- BRAZIER, J.D., 1977. The effect of forest practices on the quality of the harvested crop. *Forestry*, vol. 50, n°1, p. 49-66.
- CARAGLIO, Y., 1996, *Étude des réactions à la taille chez le merisier (Prunus avium L.-Rosaceae) en plantations à larges espacements*, Rapport de travail, contrat européen AIR3, ALWAYS, 1996/10, CIRAD, IDF, Montpellier.
- DRENOU C., 1997. Accompagnement ligneux : le régime minceur des branches. *Forêt-entreprise*, 118, p. 45-47.
- FAVIER J.F., 1978, *Corrélations entre organes chez le noyer (Juglans regia L., cv Franquette)*, Mém. de fin d'études, ENITA, Bordeaux, INRA, Laboratoire de Bioclimatologie, Clermont-Ferrand, 55 p.
- FUNK, D.T., 1979. Stem form response to repeated pruning of young black walnut trees. *Can. J. For. Res.*, 9, p. 114-116.
- GUITTON, J.-L., GINISTY, C., 1993, *Les plantations à grands espacements*, Informations Techniques du Cemagref, 90, 1, 8 p.
- HUBERT, M., COURRAUD R., 1987, *Élagage et taille de formation des arbres forestiers*, Institut pour le Développement Forestier, Paris, 292 p.
- KERR, G., 1992, *Formative pruning*, Forestry and British timber, 1992/05, p. 26-28.
- MAUGET, J.-C., 1984. Comportement comparé des bourgeons de l'année et des bourgeons latents chez le noyer (*Juglans regia L.*, cv. « Franquette »), Conséquence sur la morphogénèse de l'arbre. *Agronomie*, 4 (6), p. 507-515.
- MAUGET, J.-C., FRIZOT, N., GUINARD, J., 1993. Effect of time and position of summer pruning on the release from inhibition of the axillary buds of walnut sprouts, In : *International walnut meeting*, Tarragona, Spain, 1991/10, Acta Hort. 311, p. 210-216.
- NINGRE, F., LE GOFF, N., 1988, *Suivi d'un dispositif expérimental sur frêne et merisier en plantation (forêt communale d'Imbsheim/Bas-Rhin)*, Rapport de convention INRA/ONF (1987-1988), INRA, Station de sylviculture et de production, Doc. Interne n°88/01, Nancy, 1988/10, 20 p.+ann.
- PEARCE, S.C., 1976, *Field experimentation with fruit trees and other perennial plants*, Commonwealth Agric. Bur., Farnham Royal, Bucks, England.
- RAIMBAULT, P., DE JONGHE, F., TRUAN, R., TANGUY, M., 1995. La gestion des arbres d'ornement. 2^e partie : gestion de la partie aérienne : les principes de la taille longue moderne des arbres d'ornement. *Revue Forestière Française*, XLVII, 1, p. 7-38.
- REMPHREY, W.R., DAVISON, C.G., 1994. Shoot and leaf growth in *fraxinus pennsylvanica* and its relation to crown location and pruning. *Can. J. For. Res.*, 24, p. 1987-2005.
- SHIGO, A.L., 1967. Succession of organisms in discoloration and decay of wood. *Int. Rev. For. Res.*, 2, p. 237-299.
- SOUTRENON, A., 1991, *Élagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus*, Cemagref, Dicova, Antony, 101 p.