
Amélioration des tubes abris protégeant les jeunes arbres contre les animaux

Philippe Balandier, Jean-Luc Guitton et Hélène Rapey

Les herbivores, qu'ils soient domestiques (bovins et ovins dans les systèmes sylvopastoraux) ou sauvages (cervidés en forêt) sont très attirés par les jeunes plants qu'ils détériorent. Les dégâts habituellement infligés sont l'abroutissement des jeunes pousses, le frotis pour calmer des démangeaisons ou pour faire partir le velours des nouveaux bois de l'année et l'écorçage. Les jeunes arbres dépérissent ou, le plus souvent, en gardent des traces qui menacent la qualité du bois final.

Ces pertes ne sont acceptables que si elles affectent un faible pourcentage d'arbres et, en particulier, ne touchent pas la population destinée à former la récolte finale (environ 70-100 feuillus et 200-300 résineux/ha).

Les éleveurs qui pratiquent le sylvopastoralisme (association des arbres et de l'élevage sur la même parcelle) ou les forestiers qui plantent des terrains fréquentés par une grande densité de cervidés ont été conduits à tester divers modes de protection des jeunes arbres : répulsifs de tous genres et protections physiques où l'imagination et le bricolage ont libre cours (grillages, tiges de fer type antenne de télévision, spirales ou manchons, barbelés, tubes abris).

Parmi ces protections, les tubes abris en plastique ont connu un grand développement dans la dernière décennie du fait de leur relatif faible coût (6-8 F pour des hauteurs de 1,2 m), de leur facilité d'emploi et de leurs résultats, no-

tamment avec les chevreuils. Pour ces mêmes raisons, le Cemagref, l'INRA et l'Agroforestry Forum en Grande-Bretagne ont eu recours à des tubes abris (de marque Tubex) dans les essais agroforestiers développés depuis 1988 pour associer, sur la même parcelle, élevage et production de bois de qualité. Les tubes utilisés sont alors de grande hauteur : 1,8 m pour protéger les arbres des ovins et 2,4 m pour les bovins (Guitton *et al.*, 1993). Ce type de protection présente l'avantage d'être très résistant aux coups des animaux du fait de sa forme cylindrique d'origine. Sa matière plastique est, par ailleurs, résistante au vieillissement et lui permet de se maintenir pendant plus de six ans même sous climat méditerranéen très ensoleillé. La protection contre le bétail est efficace et l'animal ne se rend pas compte qu'il se trouve un arbre à l'intérieur du tube !

Cependant, l'analyse de la croissance des arbres dans ces tubes abris (Bergez, 1993) a révélé des dysfonctionnements physiologiques par rapport à des arbres conduits dans les mêmes conditions sans tube abri. Ces dysfonctionnements sont d'autant plus intenses que l'arbre séjourne longtemps dans le manchon. A la suite de recherches menées au centre INRA de Montpellier, des tubes ventilés ont été mis au point. Cet article, après avoir analysé les dysfonctionnements des tubes standards, détaille les gains obtenus avec ces tubes améliorés dans des essais comparatifs dont celui du Cemagref à Montoldre (03).

**Philippe Balandier,
Jean-Luc Guitton
et Hélène Rapey**
Cemagref
Domaine de Lalvas
63200 Riom

De faux gains de croissance en tube standard

Le tube abri « standard » est totalement étanche ou ne possède, pour toute aération, que les deux petits trous pour le passage des sangles d'attache à un support (voir figure 1 SS et SA).

Ces tubes abris améliorent le taux de survie et la croissance en hauteur (Rapey, 1994) :

- pour les expérimentations du Massif Central, le taux de mortalité des arbres protégés est de moins de 5 % alors qu'il peut atteindre plus de 15 % pour des arbres témoins dans les mêmes conditions sans tube abri (Balandier, 1995) ;
- la croissance en hauteur pendant le séjour dans le tube abri (qui résulte également d'un excellent contrôle de la végétation herbacée autour de l'arbre) est bien supérieure à celle des témoins (également désherbés) (tableau 1).

Site	Espèce	Altitude (m)	Année	Témoin (cm)	En tube-abri (cm)
Theix	Merisier	800	1	28	126
			2	13	52
Orcival	Érable sycamore	1 050	1	0	64
			2	0	107
Laqueuille	Mélèze	1 250	1	7	32

▲ Tableau 1. - Accroissement en hauteur les deux premières années d'arbres témoins sans tube abri ou avec tube abri en conditions agroforestières sur le même site de plusieurs essences.

Par contre, il est rapidement apparu que les pousses des arbres en tube n'avaient pas un diamètre normal et présentaient un feuillage de plante d'ombre. Le tableau 2 suivant (d'après Bergez, 1993) illustre les

Tableau 2. - Caractéristiques physiologiques en octobre 1991 d'arbres témoins sans tube abri et d'arbres en tube abri dans les mêmes conditions après un an de croissance. ▼

	Merisier		Noyer commun	
	Témoin	Tube-abri	Témoin	Tube-abri
Croissance en hauteur	35 cm	140 cm	10 cm	65 cm
Croissance en diamètre à la base	6 mm	3,5 mm	4 mm	0,2 m
Biomasse totale	190 g	115 g	205 g	165 g
Pourcentage de biomasse souterraine	25 %	15 %	70 %	20 %

différences entre les arbres sans tube abri ou avec tube abri, obtenues lors de tests comparatifs.

Les travaux menés à Montpellier (équipe INRA de C. Dupraz) ont montré que ces caractéristiques étaient dues à une insuffisance de la ventilation à l'intérieur du tube standard, qui ne présente pas d'ouvertures latérales à l'exception des trous pour le passage des sangles d'attache aux pieux. Il en résulte une atmosphère confinée saturée en vapeur d'eau (qui évite le dessèchement), surchauffée dans la journée et appauvrie en gaz carbonique : on a mesuré des teneurs en CO₂ de 200 µl/l d'air alors que la teneur moyenne est de 350 µl/l. Enfin, le niveau d'éclairement dans le tube est de l'ordre de 40 % du rayonnement incident externe. Ces facteurs induisent donc un déficit de croissance par rapport aux plants en pleine lumière : malgré l'allongement plus grand, la biomasse aérienne est inférieure et, dans une proportion plus forte, la biomasse souterraine également. D'où la nécessité d'entreprendre des recherches pour améliorer ces tubes et éviter leurs conséquences néfastes pour la croissance des arbres. Les premiers essais en laboratoire ont montré l'intérêt d'augmenter la ventilation à l'intérieur du tube par le perçage à sa base d'un trou circulaire : selon sa taille, on a obtenu un tirage d'air plus ou moins fort (faible, optimum, fort), sans atteindre la ventilation complète où l'ambiance intérieure est la même qu'à l'extérieure, pour les tubes dits « aérés ».

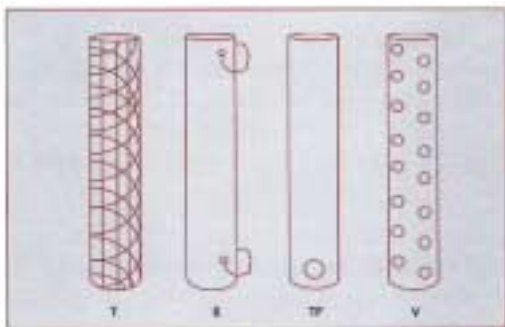
Le Cemagref (division Techniques Forestières du groupement de Clermont-Ferrand), en liaison avec l'INRA (équipe de C. Dupraz), a donc entrepris une étude particulière dès 1992 pour valider en champs ces premiers résultats et quantifier la répartition de la croissance et de la biomasse entre système aérien et racinaire des arbres conduits dans divers tubes modifiés, dans l'optique d'une amélioration de la photosynthèse par rapport au tube standard.

L'essai comparatif de différents tubes abris de Montoldre

Le merisier et le noyer commun ayant montré, dans les expérimentations de Montpellier, des différences de comportement dans les tubes abris, nous avons planté en 1992, sur le domaine du Cemagref de Montoldre (Allier) 504 merisiers (*Prunus avium*) et 525 noyers communs (*Juglans regia*) répartis chacun en 24 et 25 blocs comprenant les 21 mo-

dalités testées (20 tubes abris différents et le témoin). Ce type d'essai a été répété par l'INRA en quatre autres sites sur le territoire Français.

Les modalités portent sur la hauteur du tube : 1,20 ou 2,50 m, sa couleur : claire ou sombre et le niveau de ventilation : tube standard étanche avec attaches (SA) ou sans attaches (SS), à effet cheminée créé par un petit trou à la base du tube avec tirage faible (TF) ou optimal (TO) ou complètement ventilé par de nombreux trous (V). Des arbres entourés d'un grillage plastique à grosse maille de 1,20 m de haut (Norten) servent de témoin (T).



▲ Figure 1. - Modalité de tubes abris utilisés.

Tous les arbres sont désherbés chimiquement de la même façon au printemps sur un rayon de 60 cm autour de l'arbre. Chaque année à l'automne, nous mesurons hauteur et diamètre à la base de tous les arbres et arrachons cinq arbres de chaque modalité de tube, avec le plus de précaution possible, à la pelle mécanique afin de quantifier la biomasse racinaire et aérienne produite annuellement. En 1994, seuls les noyers ont été arrachés. Après arrachage, les arbres sont immédiatement nettoyés à l'eau courante puis découpés en cinq fractions : tronc, branches, pivot, racines primaires (de 1 mm à 1 cm de diamètre), chevelu (< 1 mm). Elles sont ensuite mises à sécher à l'étuve jusqu'à la stabilité de leur poids qui est alors pris comme poids sec de la fraction. Les résultats sont traités par analyse de variance puis classement des moyennes avec le test de Newman-Keuls.

Les résultats

La couleur du tube (claire ou foncée, donc laissant passer plus ou moins de lumière) n'a pas eu d'action significative sur la croissance des arbres. Nous ne la prendrons donc plus en compte dans tout ce qui suit.

Par ailleurs, nous ne présentons ici que les résultats obtenus sur les noyers qui ont fait l'objet d'une année d'étude de plus que les merisiers. Cependant, les résultats obtenus sur ces derniers sont en tous points conformes à ceux du noyer. La seule différence observée est un décalage dans le temps : la croissance des merisiers étant plus rapide que celle des noyers, ils sortent des tubes abris de 2,5 m un an avant ces derniers.

■ La croissance en hauteur

Nous obtenons les résultats classiques de stimulation de la croissance en hauteur des arbres pour tous les tubes utilisés : la croissance dans les tubes est toujours supérieure à celle des arbres témoins (figure 2). Plus le tube est grand et plus cette croissance est stimulée, en particulier pour les tubes à tirage ou ventilés. Les arbres sortent des tubes abris de 1,20 m dès la deuxième année de croissance, alors qu'après trois ans, la majorité est encore dans les tubes de 2,50 m. Il y a donc là une différence fondamentale dans le sens où les arbres auront subi l'influence du tube abri environ un an et demi pour ceux de 1,20 m et environ trois ans pour ceux de 2,50 m.

Figure 2. - Dynamiques de croissance en hauteur en fonction du temps de noyers communs protégés par différents types de tubes abris. ▼

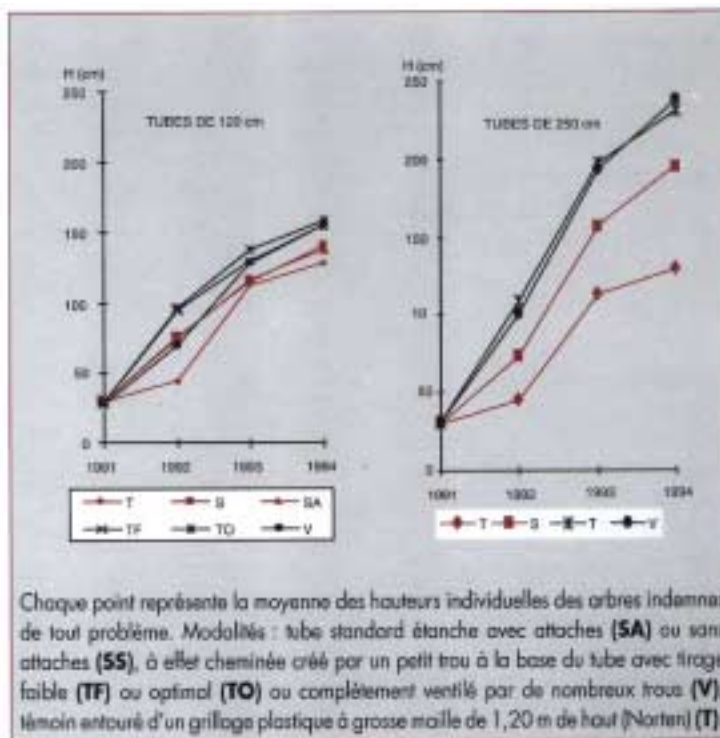
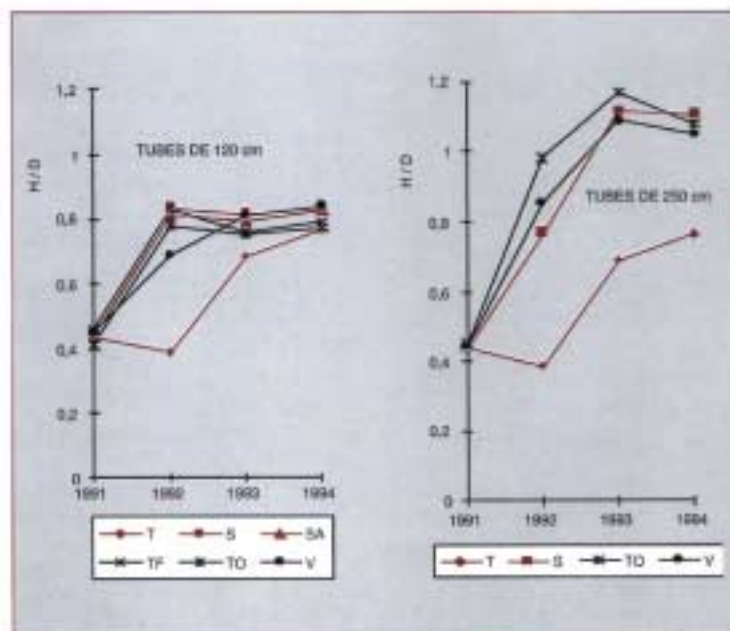
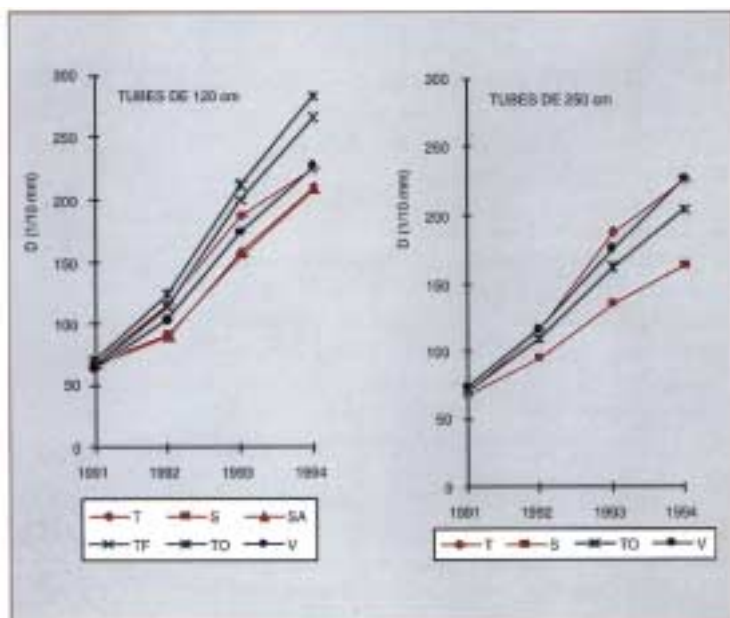


Figure 3 - Dynamiques de croissance en diamètre à la base en fonction du temps de noyers communs protégés par différents types de tubes abris. ▼



▲ Figure 4. - Dynamiques d'évolution du coefficient d'élanement, rapport hauteur (H en cm) sur diamètre (D en 1/10 de mm), de noyers communs protégés par différents types de tubes abris.

■ La croissance en diamètre

Pendant toute la période de croissance dans le tube, la croissance en diamètre des arbres est inférieure ou égale à celle du témoin (figure 3).

Cependant, une fois que les arbres sont sortis des tubes, la croissance en diamètre est stimulée pour les arbres poussant en tubes abris de 1,20 m à tirage. La croissance en diamètre dépasse alors celle des arbres témoins. Ce résultat est un peu surprenant dans la mesure où l'on pouvait s'attendre à ce que le tube n'ait plus d'influence une fois l'arbre sorti du tube et retrouvant des conditions de croissance normales.

■ L'élanement

Par le jeu des croissances différentes en hauteur et en diamètre, nous obtenons, pour le coefficient d'élanement (rapport hauteur sur diamètre, H/D), des valeurs très différentes suivant la hauteur des tubes abris (figure 4).

Ceux de 1,20 m conduisent à une légère augmentation du rapport H/D durant la phase de croissance dans le tube, puis à une légère diminution. Globalement, après trois années de croissance, les rapports H/D des arbres en tube et des témoins sont proches. Les tubes abris de 2,50 m provoquent, par contre, un fort déficit de croissance en diamètre par rapport à la croissance en hauteur comme l'attestent les fortes valeurs du rapport H/D même après trois ans de croissance.

Les plantations plus anciennes effectuées en Auvergne (sur lesquelles nous n'arrachons pas d'arbres) nous permettent de savoir que ce rapport élevé d'élanement des arbres à la sortie des tubes de 2,50 m finit par se rétablir mais seulement après plusieurs années (Balandier, tableau 3).

Dans les figures 3 et 4, chaque point représente la moyenne de tous les arbres indemnes de tout problème. Modalités : tube standard étanche avec attaches (SA) ou sans attaches (SS), à effet cheminée créé par un petit trou à la base du tube avec tirage faible (TF) ou optimal (TO) ou complètement ventilé par de nombreux trous (V), témoin entouré d'un grillage plastique à grosse maille de 1,20 m de haut (Norton) (T).

Site et année de plantation	Essence	1991			1992			1993			1994		
		H	D	H/D	H	D	H/D	H	D	H/D	H	D	H/D
Brioude 1990	Noyer noir	213	1,6	133	252	2,5	101	273	3,0	91	298	3,8	78

▲ Tableau 3. – Evolution de la hauteur (H, en cm), du diamètre à la base (D, en cm) et du rapport entre la hauteur et le diamètre (H/D) d'arbres en tubes abris de 2 m à Brioude et 2,50 m à Orcival.

Figure 5. – Dynamiques d'évolution de la biomasse totale (BT) produite (partie aérienne + partie racinaire, en gramme de matière sèche) par des noyers communs protégés par différents types de tubes abris. ►

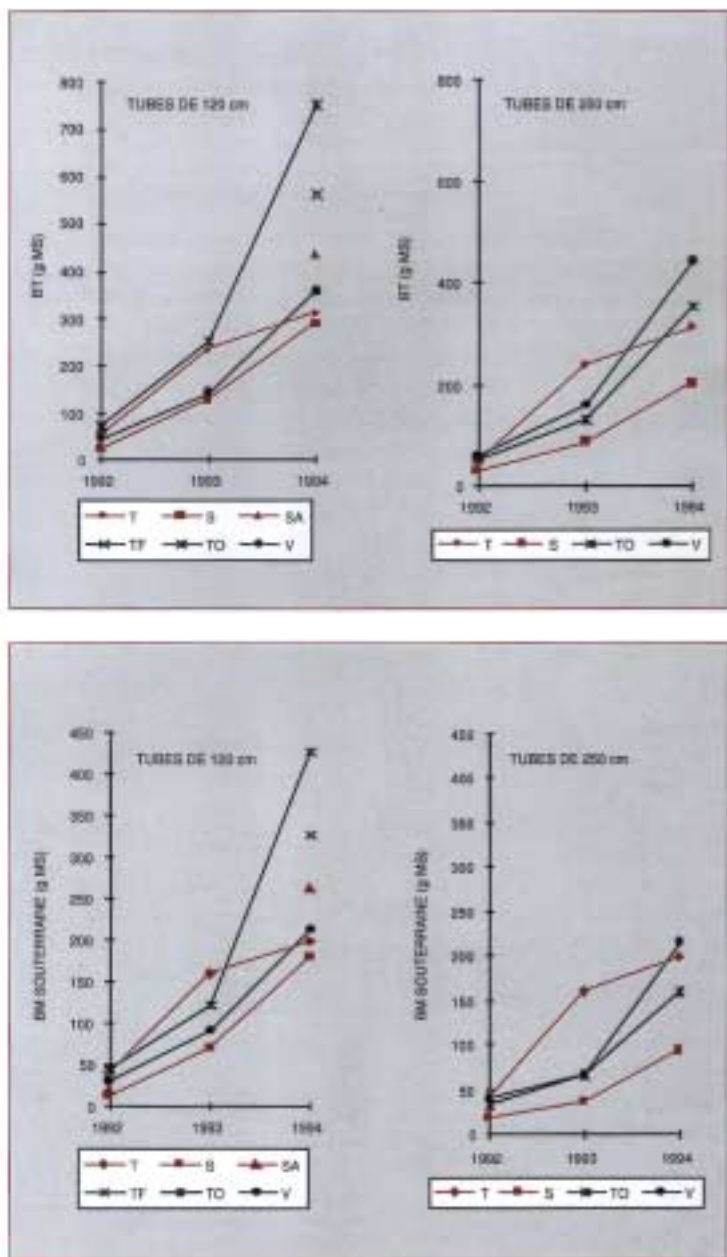
Dans les figures de 5 à 7, chaque point représente la moyenne de cinq arbres. Modalités : tube standard étanche avec attaches (SA) ou sans attaches (SS), à effet cheminée créé par un petit trou à la base du tube avec tirage faible (TF) ou optimal (TO) ou complètement ventilé par de nombreux trous (V), témoin entouré d'un grillage plastique à grosse maille de 1,20 m de haut (Norten) (T).

■ La biomasse

La biomasse totale produite par les arbres en tubes abris de 1,20 m (partie aérienne + partie racinaire) après trois années de croissance est au moins égale à celle des témoins et même statistiquement supérieure ($p = 0,020$) dans le cas des arbres en tubes abris à tirage. Par contre, les arbres en tubes abris étanches de 2,50 m accusent un net déficit de biomasse comparés au témoin (figure 5). Dans le cas des tubes abris à tirage ou ventilés, les arbres commencent à dépasser le témoin.

Les dynamiques de production de la biomasse racinaire sont globalement les mêmes que celles de la biomasse totale (figure 6) : les tubes à tirage de 1,20 m favorisent, une fois l'arbre sorti du tube abri, une production de biomasse racinaire supérieure à celle des témoins. Il faut noter que cette plus grande production résulte d'une meilleure croissance du système racinaire dans son ensemble : pivot, racines primaires, chevelu. Par contre, pour les tubes abris de 2,50 m, seul le tube ventilé finit par produire une biomasse racinaire équivalente à celle du témoin après trois années de croissance.

Figure 6. – Dynamiques d'évolution de la biomasse racinaire produite (pivot + racines primaires + chevelu, en gramme de matière sèche) par des noyers communs protégés par différents types de tubes abris. ►



Le rapport biomasse aérienne/biomasse souterraine est de 0,4 en moyenne pour les témoins (figure 7).

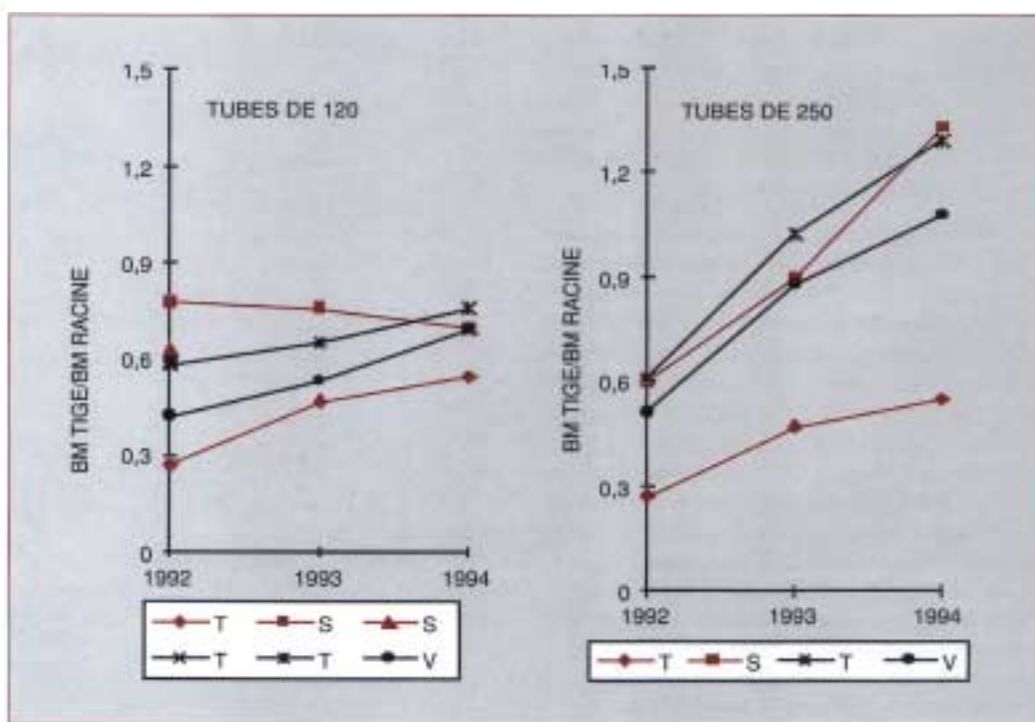
Il est nettement supérieur pour tous les arbres en tubes abris pendant la première année de croissance (de 0,6 à 0,8 en moyenne). Les années suivantes, ce rapport reste stable pour les arbres en tubes abris de 1,20 m, par contre, il augmente encore (jusqu'à plus de 1,3) pour les arbres en tubes abris de 2,50 m. Les arbres sont donc particulièrement déséquilibrés dans ce dernier cas au profit de la partie aérienne. La longueur totale des racines, la masse du pivot, des racines primaires et du chevelu sont inférieures par rapport aux arbres témoins.

Discussion et perspectives

Aucun des tubes utilisés ne permet de corriger totalement les déséquilibres de croissance qu'ils induisent, c'est-à-dire la stimulation de la croissance en hauteur au détriment de la croissance en diamètre et la diminution de la biomasse racinaire au profit de la biomasse aérienne. Cependant, l'utilisation de tubes de 1,20 m, et notamment à tirage, permet de corriger rapidement ces déséquilibres, qui sont d'ailleurs beaucoup plus faibles que ceux induits par les tubes de 2,50 m.

Le fait le plus remarquable de ces tubes de 1,20 m à tirage est, dans nos conditions, de stimuler la croissance générale de l'arbre (en épaisseur et pour le système racinaire) une fois l'arbre sorti du tube alors qu'*a priori*, on s'attendait à ce que le tube n'ait justement plus d'influence. La biomasse totale produite par l'arbre est alors supérieure à celle des témoins. L'explication d'un tel phénomène est, pour le moment, loin d'être élucidée sur un plan physiologique et il y a là matière à recherche. On pourrait notamment proposer que les conditions des tubes abris — faible luminosité et faible teneur en CO₂ — provoquent en réponse, chez les arbres, une meilleure efficacité de la photosynthèse, tout au moins pour les tubes peu contraignants tels ceux à tirage, qui resteraient acquise lorsque l'arbre sortira du tube ; il bénéficierait alors de conditions optimales... On peut aussi envisager la combinaison d'effets positifs (humidité dans le tube...) et d'effets négatifs (ombre, déficit en CO₂) qui se compensent jusqu'à 1,20 m, suivis, lorsque l'arbre sort du tube, par la disparition des seuls effets négatifs. La question reste ouverte.

Dans le cas des tubes de 2,50 m, il est probable que les effets de stimulation de la croissance, une fois les arbres sortis des tubes abris, se feront sentir comme pour les tubes abris de 1,20 m. Cette



amélioration s'est déjà amorcée. Cependant, comme les déséquilibres induits au départ sont beaucoup plus importants, le nombre d'années nécessaires au rétablissement des arbres sera beaucoup plus long. C'est d'ailleurs ce que nous avons observé pour le rapport H/D et il est probable qu'il en est de même pour le rapport biomasse aérienne/biomasse racinaire.

D'un point de vue pratique, il faut retenir que le séjour d'un plant dans un tube abri n'est pas anodin et peut modifier sa physiologie pour plusieurs saisons de végétation. On évitera donc d'en utiliser en plantation forestière si on n'en tire pas intérêt (protection contre le gibier, repérage des plants, désherbage facilité). Les petits tubes de 1,20 m à effet tirage paraissent toutefois présenter une amélioration intéressante par rapport aux tubes standards sans tirage du fait du déséquilibre biomasse aérienne/souterraine relativement faible à la sortie du tube, d'un coefficient d'élanement (H/D) peu élevé et de l'augmentation de production de la biomasse totale.

Pour les plantations agroforestières avec du bétail, les expérimentations ont montré la nécessité de protections plus hautes que 1,20 m afin d'éviter toute préhension du feuillage par les animaux : pour les ovins, il faut une hauteur de tube de 1,80 m ;

pour les bovins, il faut 2,40 m. Or, même avec des tubes de 2,40 m à tirage qui amélioreront quelque peu la croissance des arbres dans le tube, le déséquilibre à sa sortie sera encore trop important et les arbres seront pliés ou cassés par le vent comme nous l'avons observé dans de nombreux sites.

On peut alors penser, sans l'avoir encore testée, que l'utilisation de tubes de 1,80 m à tirage sera peu dommageable pour les arbres car ils sortent, pour la plupart des essences, dès la première année après transplantation. Ce type de tube pourrait donc être bien adapté pour les ovins. Une solution pour les bovins pourrait être de prolonger un tube de 1,80 m par un filet à maille fine dans sa partie supérieure afin de constituer une protection de 2,40 m ayant les inconvénients d'un tube de 1,80 m (on retient une hauteur de tube rigide de 1,80 m car c'est celle qu'atteignent les bovins en se grattant le cou). Évidemment, cette solution technique, pas nécessairement plus coûteuse que l'actuelle, devra être testée et comparée à la possibilité d'autres arrangements sur l'exploitation (mise en défens, pâturage par ovins).

Ainsi, cette invention assez simple a ouvert tout un champ de recherche du fait de ses conséquences inattendues. Les premiers travaux fournissent déjà des connaissances sur la physiologie des jeunes arbres et des recommandations d'usage pratique. □

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier G. Agrech, G. Bretiere et A. Marquier pour le suivi technique de l'essai et l'arrachage des arbres !

Résumé

La protection des jeunes arbres contre les herbivores domestiques (bétail) ou sauvages (cervidés), ainsi que contre les rongeurs est une préoccupation constante dans les plantations. Différents tubes abris plastiques ont été mis sur le marché ces dernières années. L'INRA et le Cemagref ont obtenu, avec le modèle Tubex, de bons résultats quant à la protection contre ces animaux.

Ces tubes entraînent malheureusement des modifications physiologiques dans la croissance de l'arbre, dont le plus visible est un allongement soutenu de la tige. L'article détaille ces modifications et la tentative d'atténuation de ces perturbations par la création d'une ventilation dans le tube. Il en tire des conséquences d'utilisation dans les plantations futures forestières et agroforestières.

Abstract

Protecting young trees against domestic herbivores (livestock) or wild herbivores (deer) as well against rodents is a continuous preoccupation in all plantations. Various types of plastic tree protectors have been marketed recently. Results obtained by INRA and Cemagref have shown that Tubex protectors achieve a high level of protection against these animals.

Unfortunately these tubes cause physiological modifications in the growth of the trees. The most visible effect is a substantial elongation of the leading shoot. This paper describes these physiological modifications and the attempt to reduce them by ventilating the tubes. It draws conclusions for their utilisation in future forestry and agroforestry plantations.

Bibliographie

BALANDIER, P., 1995. Potentialités agroforestières de six essences (feuillus précieux et mélèze) pour le Nord Massif Central. *Rapport interne*, Cemagref, Clermont-Ferrand, 65 p. + annexes.

BERGEZ, J.E., 1993. Influence de protections individuelles à effet de serre sur la croissance de jeunes arbres. Interprétations physiologiques et perspectives d'amélioration des protections. *Thèse d'université*, Physiologie et biologie des organismes et des populations, INRA-LECSA-USTL, Montpellier, 159 p.

GUITTON, J.L., DUPRAZ, C., DE MONTARD, FX., RAPEY, H., 1993. Vingt ans de recherche agroforestière en Nouvelle-Zélande : quels enseignements pour l'Europe ? 2^e partie : Les pratiques agroforestières néo-zélandaises sont-elles transposables en France ? *Revue Forestière Française*, XLIV, 1, 43-58.

RAPEY, H., 1994. Les vergers à bois précieux en prairie pâturée : objectifs, principes et références In : Agroforesterie en zone tempérée, *Revue Forestière Française*, n° spécial 1994, 61-71.
