



**HAL**  
open science

**Vingt ans de recherche agroforestière en  
Nouvelle-Zélande: quels enseignements pour l'Europe?  
1re partie: l'agroforesterie néo-zélandaise**

Christian Dupraz, Daniel Auclair, Jean-Luc Guitton

► **To cite this version:**

Christian Dupraz, Daniel Auclair, Jean-Luc Guitton. Vingt ans de recherche agroforestière en Nouvelle-Zélande: quels enseignements pour l'Europe? 1re partie: l'agroforesterie néo-zélandaise. *Revue forestière française*, 1992, 44 (6), pp.523-538. 10.4267/2042/26357 . hal-03444082

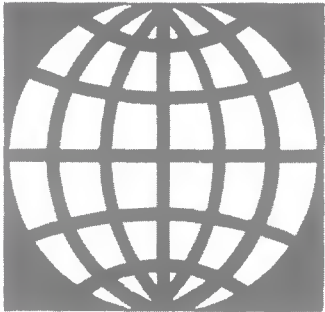
**HAL Id: hal-03444082**

**<https://hal.science/hal-03444082>**

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.



# chronique internationale

## VINGT ANS DE RECHERCHE AGROFORESTIÈRE EN NOUVELLE-ZÉLANDE : QUELS ENSEIGNEMENTS POUR L'EUROPE ?

Pour répondre au déficit en bois actuel, il est parfois préconisé de faire de « l'agriculture de bois », des « champs d'arbres à croissance rapide ». Pourtant, les perspectives de production de biomasse ligneuse à destination énergétique ou papetière en terrain agricole restent peu favorables dans le contexte actuel (Hautcolas et Sourie, 1990). Une autre possibilité existe : la culture de bois de haute valeur technologique, avec des arbres d'essences précieuses, cultivés avec des techniques intensives. On se propose ici d'évaluer dans quelle mesure ces plantations pourraient, dans le contexte européen d'aujourd'hui, prendre la forme de parcelles agroforestières.

Afin de clarifier les idées, nous retiendrons ici la définition adoptée par l'IUFRO (Nair, 1989) : « *l'Agroforesterie est un système d'utilisation du territoire qui implique la rétention, l'introduction, ou le mélange délibérés d'arbres ou d'autres végétaux ligneux pérennes dans un système de production végétale ou animale afin de bénéficier des interactions écologiques et économiques qui en résultent* ».

Une approche scientifique du concept agroforestier empruntée à Lundgren (anon., 1982) insiste sur deux caractéristiques communes à toutes les formes d'agroforesterie, et qui les distinguent des utilisations agricoles ou forestières du sol :

- l'association délibérée d'arbres et de cultures agricoles (pouvant être pâturées) sur la même unité de sol, l'association pouvant être un mélange dans l'espace (cultures associées) ou une succession dans le temps (rotations arbres-cultures) ;
- la présence d'interactions significatives entre les composantes ligneuses et non-ligneuses du système, que ce soit au plan écologique ou économique.

Sous notre climat tempéré, de nombreuses agroforesteries traditionnelles peuvent être citées : le bocage, les haies brise-vent, les cultures et prairies associées aux vergers, les parcours boisés, le pâturage en forêt. Mais, c'est en zone tropicale que l'on rencontre de très nombreux systèmes agroforestiers, en général orientés vers des productions vivrières autoconsommées.

En zone tempérée, la Nouvelle-Zélande a joué un rôle de précurseur en la matière. C'est probablement un des rares pays où une agroforesterie de type industriel est actuellement économiquement significative.

À l'heure où l'Europe s'interroge sur les voies de diversification des systèmes de culture, il nous a semblé particulièrement pertinent de faire le point sur le « modèle » néo-zélandais, et sur les enseignements possibles pour une éventuelle agroforesterie européenne de diversification.

Nous avons rassemblé ici sous une même rubrique deux contributions complémentaires. La première est une description de l'agroforesterie néo-zélandaise, telle qu'elle a été perçue à travers les missions séparées de deux de ses auteurs. La seconde tente d'en tirer les éventuels enseignements pour le contexte européen d'aujourd'hui. On s'appuie pour cela sur les éléments apportés par les quatre premières années de réflexion et d'expérimentations agroforestières menées en Auvergne et Languedoc-Roussillon. Une transposition directe à des essences et des systèmes de culture agroforestiers adaptés à l'Europe est discutée.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANON. — What is agroforestry ? — *Agroforestry Systems Journal*, vol. 1, n° 1, 1982, pp. 7-12.
- HAUTCOLAS (J.-C.), SOURIE (J.-C.). — Les Productions ligneuses intensives : une solution aux excédents agricoles ? — *Cahiers d'Économie et Sociologie rurales*, n° 15-16, 1990, pp. 127-143.
- NAIR (P.K.R.). — State of the art of agroforestry systems. In : International conference on agroforestry ; principles and practice. — Edinburgh, 1989. — 20 p.
-

# 1<sup>re</sup> partie : L'AGROFORESTERIE NÉO-ZÉLANDAISE

C. DUPRAZ - D. AUCLAIR - J.-L. GUITTON

Située à mi-chemin entre l'Équateur et le pôle Sud, entourée par l'océan Pacifique, la Nouvelle-Zélande comprend deux îles principales allongées sur 1 770 km entre le Nord subtropical (35° parallèle) et le Sud presque subarctique (45° parallèle). Entre ces deux extrêmes, le climat est tempéré océanique, sans variations thermiques importantes et avec une forte pluviométrie. Le relief, caractérisé par une longue chaîne de montagnes culminant à 3 764 m occupant toute la longueur de l'île du Sud, et par un grand plateau volcanique encore actif culminant à 2 797 m dans l'île du Nord, influence cependant fortement la répartition de la pluviométrie : de moins de 500 mm à plus de 3 000 mm au sud, autour de 1 500 mm au nord (MOF, 1988 ; NZFOA, 1991).

La superficie totale est de 26,8 millions d'hectares :

- 54 % (14,4 M ha) sont occupés par l'agriculture, dont 13,8 M ha de pâturages ;
- 23 % (6,2 M ha) sont couverts de forêt indigène dont on récolte annuellement 369 000 m<sup>3</sup>, 4,7 M ha étant maintenus sous forme de parcs nationaux ou d'autres réserves non exploitées ;
- 4 % (1,2 M ha) concernent la « forêt exotique », avec une récolte annuelle de 11,4 M m<sup>3</sup>, constituée pour 90 % de Pin radiata (*Pinus radiata* D. Don, appelé aussi Pin de Monterey ou *Pinus insignis* Dougl.), 5 % de Douglas et 4 % d'autres conifères. Les reboisements actuels sont à 98 % composés de Pin radiata.

Les caractéristiques moyennes de la forêt exotique sont les suivantes : volume sur pied 190 m<sup>3</sup>, âge moyen 13 ans, accroissement courant 20,3 m<sup>3</sup>/ha/an. Cet accroissement courant annuel atteint 25 m<sup>3</sup> à 15 ans pour la partie centrale de l'île du Nord, la plus boisée, et peut dépasser 50 m<sup>3</sup> dans les meilleures conditions.

Les superficies reboisées annuellement vont de 15 à 40 milliers d'hectares par an suivant le degré d'intervention de l'État, intervention qui a considérablement varié ces dernières années avec cependant une très nette tendance à la baisse. En 1990, 25 000 ha de forêts exploitées ont été replantés et, selon les statistiques, 4 000 à 8 000 ha de nouvelles plantations ont été effectués sur d'anciennes terres agricoles abandonnées ou sur des friches.

Si les forêts indigènes appartiennent principalement à l'État, les forêts exotiques sont en cours de privatisation : 51 % étaient contrôlés par l'État en mars 1987, 46 % en septembre 1990, et 29 % en mars 1991.

La filière-bois emploie 23 000 personnes, pour une population totale de 3,4 millions d'habitants et 82 000 exploitations agricoles. La production de bois (12 M m<sup>3</sup>) et sa première transformation contribuent pour 4,5 % au PIB. Plus de la moitié de la récolte forestière (59 %) est exportée, principalement vers l'Australie et le Japon, et contribue pour 9,1 % aux exportations totales (tableau I).

Tableau I **Exportations forestières et agricoles de la Nouvelle-Zélande (1990)**  
(valeur du \$NZ, environ 3,50 FF)

	Quantité	Valeur (millions \$NZ)	% exportations
<b>Produits forestiers</b>			
Bois rond .....	2 170 000 m <sup>3</sup>	206	1,4
Sciages .....	548 000 m <sup>3</sup>	188	1,2
Pâtes et papier .....	873 000 t	689	4,5
Plaquettes .....	243 000 m <sup>3</sup>	45	0,3
Autres .....		256	1,6
<b>Total</b> .....		1 384	9,0
<b>Produits agricoles</b>			
Viande .....		2 318	15,2
Produits laitiers .....		2 065	13,6
Laine .....		1 315	8,6
Horticulture .....		800	5,3
<b>Total</b> .....		6 498	42,7

L'élevage, principalement ovin (70 millions de têtes) et bovin (8 millions), est pratiqué de manière extensive, à une grande échelle : un éleveur moyen possède 1 800 ovins. Comme dans les régions menacées par la déprise agricole en Europe (et notamment la moyenne montagne française), la capacité de charge peut être très faible, de 3 à 6 brebis par hectare, mais peut atteindre 25 dans les meilleures conditions.

Jusqu'en 1968, l'agroforesterie était inconnue en Nouvelle-Zélande. Le terme lui-même n'apparut qu'en 1971. Pour l'agriculteur néo-zélandais, la forêt était un espace à défricher, l'arbre était l'ennemi de l'herbe. Cette conception héritée de l'époque pas si lointaine des pionniers reste encore très vivante aujourd'hui.

À la fin des années soixante, une sécheresse inhabituelle provoqua une recherche de fourrage par les éleveurs, qui découvrirent et revendiquèrent l'herbe sous la forêt.

L'agroforesterie néo-zélandaise est également issue des préoccupations du secteur forestier : constatant la faible valorisation des produits des 400 000 ha de boisements de pins réalisés dans les années 1922 à 1940, les propriétaires forestiers ont recherché les moyens d'augmenter leurs profits. L'idée principale fut d'intensifier la culture (élagage, fertilisation) et de remplacer les arbres d'accompagnement (qui doivent être abattus lors d'éclaircies) par des animaux. Ils imaginèrent le « *Direct Sawlog Regime* » où les arbres sont plantés à de très larges espacements, de manière à avoir une seule éclaircie avant la récolte finale, qui a lieu vers 25-30 ans.

Le gouvernement finança alors de manière soutenue les recherches agroforestières. De 1967 à 1976, cinq expérimentations majeures d'agroforesterie ont été mises en place, avec d'importants financements. La plus célèbre est celle de Tikitere près de Rotorua, qui, à ce jour, reste la

plus ambitieuse expérimentation agroforestière du monde, sur 93 ha. Un personnel à plein temps nombreux y a été affecté.

Les principaux résultats ont été exposés lors de deux symposiums néo-zélandais (Billbrough, 1984 ; Maclaren, 1988). Dans un contexte global de désengagement de l'État, la recherche a vu ses financements gouvernementaux diminuer ; cependant la création en 1989 d'une coopérative (« *Agroforestry collaborative* ») a montré l'intérêt du secteur privé pour une poursuite des recherches en agroforesterie, et son financement. D'une vingtaine de participants en 1989, les membres, provenant des principales compagnies forestières mais aussi des conseils régionaux ou locaux, ont dépassé le nombre de 30.

Les efforts principaux se sont axés sur la vulgarisation. En 1991, on recense trois formes majeures d'agroforesterie, toutes à base de *Pinus radiata* : environ 60 000 ha de forêts artificielles pâturées intensivement, des centaines de kilomètres de haies à double finalité de protection et de production de bois de qualité, et 20 000 ha de plantations d'arbres sur prairies. L'argumentation est principalement financière, en termes de revenus (Knowles, 1989).

Depuis ses premiers pas, le « modèle » néo-zélandais a diffusé peu à peu dans le monde. Il a touché surtout l'hémisphère Sud (Chili, Australie, Afrique du Sud), mais est de plus en plus cité par les forestiers européens et américains.

Deux d'entre nous ont récemment effectué des missions en Nouvelle-Zélande, l'une (Dupraz, 1991) d'une durée de cinq semaines, l'autre (Auclair, 1991) de dix mois. Ces deux séjours nous ont permis de faire une description des aspects de l'agroforesterie néo-zélandaise qui peuvent nous intéresser en Europe. On pourra également se reporter aux rapports de Behaghel (1986), Houin et Meunier (1991).

## LE PÂTURAGE EN FORÊT

Le pâturage en forêt est le système le plus répandu ; en 1990, il est appliqué sur 60 000 ha et est potentiellement applicable à 168 000 ha (Hammond, 1988).

Dès 1969, le système suivant a été préconisé : la plantation de *Pinus radiata* est faite à densité quasi définitive (400 à 800 tiges/ha) ; puis, vers dix ans, le peuplement initial est ramené par la première (et la seule) éclaircie à la densité finale de 200-250 tiges/ha, donnant ainsi un couvert clair tout au long de la première moitié de la vie des arbres. Selon la situation (proximité d'une usine à pâtes ou d'un port), cette éclaircie est commercialisée ou non.

Il est alors apparu intéressant d'utiliser l'espace entre les arbres pour le pâturage par des bovins. Mais la très faible valeur fourragère des herbacées spontanées a mis en évidence la nécessité d'un enrichissement pastoral.

Un autre facteur de développement du pâturage sous forêt a été l'invasion des plantations de deuxième génération de *Pinus radiata* par différentes herbacées très compétitives (surtout *Cortaderia selloana*). Le pâturage par des bovins s'est révélé plus efficace que les herbicides pour contrôler leur développement, et moins coûteux.

Des comparaisons variétales de différentes légumineuses fourragères ont été menées pendant une dizaine d'années à Rotorua, sous des peuplements clairs de *Pinus radiata*. C'est la variété 'Grasslands Maku' de *Lotus uliginosus* Schkuhr (appelé aussi *L. pedunculatus* en Australie et en Nouvelle-Zélande, et *L. major* aux États-Unis) qui est apparue la plus prometteuse. Sa caractéristique principale est sa capacité de colonisation par stolons, et sa tolérance marquée à



l'ombre (photo 1). Disponible dans le commerce, semé à des densités de 3 à 5 kg/ha, il est relativement lent à s'installer et, par conséquent, n'étouffe pas les jeunes arbres, sauf s'il reçoit des quantités importantes d'engrais. Enfin, il n'est pas cause de météorisation des ruminants. Son inoculation par *Rhizobium lupini* est par contre obligatoire.

Les essais, installés en 1983 dans la forêt de Kaingaroa (centre de la Bay of Plenty, excellent terrain volcanique, pH 5,3, altitude 550 m, pluviométrie 1 500 mm), comparent des parcelles semées et pâturées, des parcelles semées et non pâturées et des parcelles non semées non pâturées sous trois densités d'arbres (100, 200 et 400 tiges/ha comme densité finale). Il apparaît que le lotier « Maku » produit, 3 ans après son semis, 3,5 à 5 t de matière sèche à l'hectare sous un peuplement de pins de 5-6 ans, indépendamment de la densité d'arbres (150 à 600 tiges/ha) (West *et al.*, 1988). La fertilisation en phosphate est indispensable. Après 3 saisons de croissance du lotier, aucun effet significatif sur la croissance des arbres n'était perceptible. En 1990, soit 7 ans après le semis, le lotier s'est parfaitement maintenu même sans pâturage et l'expérience de Kaingaroa montre clairement que le sursemis augmente significativement la croissance des arbres (+ 30 % sur les diamètres en 1990), cet effet semble aller en s'amplifiant. Rappelons que le Pin radiata répond très fortement à la fertilisation azotée. L'azote fixé par le lotier est récupéré par l'arbre, que ce soit à travers les déjections des animaux ou directement. L'écart de 3 ans entre la plantation des arbres et le sursemis aérien de lotier a probablement retardé l'apparition des effets positifs sur les arbres. Trois nouveaux essais ont été mis en place récemment pour le vérifier.

Au cours de la première moitié de la vie des arbres, la principale cause de la réduction des productions fourragères sous les arbres n'est pas la concurrence avec les arbres, mais l'occupation physique du sol par les rémanents d'élagages et d'éclaircies. Des stratégies de taille fréquentes mais peu intenses sont actuellement testées (un verticille à la fois) pour limiter cet encombrement qui a plusieurs inconvénients : surface fourragère réduite, foyers de développement de mauvaises herbes, difficulté de repérer et rassembler les animaux. Le lotier « Maku » est capable de coloniser et recouvrir les rémanents (photo 1).



Photo D. AUCLAIR

Photo 1 Nappe de Lotier (*Lotus uliginosus* cv. 'Maku') en sous-bois d'agroforêt de Pins radiata. Les animaux, attirés par le fourrage, accélèrent la décomposition des rémanents et de la litière (piétinement, apports de matière organique).

Ces systèmes d'exploitation agroforestière de plantations de pins semées (par avion) en « Maku » et pâturées sont constitués de parcelles de 20 à 100 ha, délimitées par des clôtures électriques à 2 ou 3 fils. Le bétail est conduit en pâturage tournant, passant 3 à 4 fois sur la même parcelle pendant l'année et y restant une à deux semaines à chaque passage. Ce cycle lent est nécessaire pour assurer la croissance du lotier ; la rotation de pâturage maintient le contact du bétail avec l'homme et empêche qu'il ne devienne sauvage.

Selon les conditions, le pâturage peut être effectué par des ovins ou des bovins, et plus ou moins tôt dans la révolution. La pratique courante de Tasman Forestry (qui possède plus de 100 000 ha de forêts) est d'introduire des ovins dès la deuxième année après plantation. Carter Holt Harvey (plus de 40 000 ha) a essayé un système très prometteur de « jachère » où, pendant un an après coupe rase et sursemis, la parcelle est pâturée par des bovins de manière à éliminer toute régénération naturelle de pins. On peut ensuite planter la meilleure qualité génétique, et pâturer à nouveau 18 mois après plantation.

Les grandes sociétés forestières qui louent ainsi leurs forêts renégocient actuellement les conditions des baux accordés aux éleveurs. Dans les premiers essais, les forestiers mettaient en place clôtures et distribution d'eau aux parcelles. L'éleveur fournissait le bétail et payait un loyer de 6 à 10 NZ\$ (20 à 35 F/ha). En automne 1990, les sociétés forestières ne voulaient plus louer à moins de 20 NZ\$. En effet, il apparaît clairement que les profits dégagés par les éleveurs sont importants dans ce système, et avaient été sous-estimés au départ. Les sociétés forestières souhaitent maintenant s'orienter vers des « joint ventures », qui les intéresseraient aux revenus de l'élevage.

### LES HAIES PRODUCTRICES DE BOIS DE QUALITÉ

La Nouvelle-Zélande est probablement l'un des pays qui a subi la plus radicale (parce que récente et massive) déforestation. L'objectif était partout l'installation de prairies. Des secteurs d'une très grande fragilité vis-à-vis de l'érosion n'auraient jamais dû être déboisés (Hawkes Bay par exemple dans l'Est de l'île du Nord). Les vents violents, les cyclones font partie du quotidien. De ce fait, la réinstallation de haies est affichée comme un objectif prioritaire.

Les haies anciennes, constituées déjà de *Pinus radiata*, parfois de *Cupressus macrocarpa*, n'ont généralement pas fait l'objet de soins appropriés. Elles ne produisent qu'un abri relatif (mauvaise structure), et pas de bois commercialisable (arbres non taillés, pittoresques mais très encombrants).

Cependant, certaines d'entre elles avaient été partiellement élaguées et il s'est avéré qu'elles pouvaient produire rapidement du bois de très bonne qualité (Tomblinson, 1984). Une série de placettes de mesure permanentes a alors été installée, ainsi que plusieurs plantations expérimentales.

Au vu des premiers résultats, des haies beaucoup mieux conçues ont été mises en place avec un objectif prioritaire de production de bois de qualité. Le schéma préconisé est la plantation de pins en une ou deux rangées à des espacements de 3 à 4 m (photo 2, p. 531), avec en intercalaire ou en rangée supplémentaire une autre essence de bourrage (*Thuja plicata*, *Cedrus deodara*, *Cryptomeria japonica*, *Larix* sp.). Les Pins sont élagués en trois ou quatre fois jusqu'à 6 m de hauteur de façon manuelle ou mécanique, ce qui est indispensable pour l'obtention de bois de qualité car, dans ce type de plantation, les branches seraient plus grosses et les entre-nœuds plus courts que dans les peuplements forestiers.

Selon l'objectif principal que se fixe le propriétaire, les schémas peuvent être très variés, avec tous les intermédiaires entre la plantation de protection brise-vent pure (dans les « Canterbury



plains ») et la rangée simple ou double d'arbres tous élagués pour la production de bois de qualité. Ian Moore est célèbre pour ses plantations d'arbres en lignes espacées de 40 m, qui redécoupent entièrement son parcellaire (photo 3, p. 531). Les arbres sont protégés des vaches laitières par une double clôture électrique. Compte tenu d'une densité linéaire de 400 arbres/km, cet éleveur obtient finalement un peuplement moyen de 100 tiges/ha sur son exploitation. Les perspectives économiques sont excellentes, la dizaine de kilomètres de haies implantées depuis 1983 font de lui un millionnaire potentiel dans 20 ans.

La mission de Auclair (1991) a permis de construire un modèle de croissance des arbres d'alignement à partir des données récoltées depuis 1983, montrant que la production annuelle moyenne pouvait être de 50 m<sup>3</sup> par kilomètre à 20 ans, dépassant même 70 m<sup>3</sup> dans les meilleures situations (Auclair *et al.*, 1991 ; Auclair, 1992).

## LES PLANTATIONS À FAIBLE DENSITÉ SUR PRAIRIES

Il s'agit de la forme d'agroforesterie qui a été expérimentée et vulgarisée la première.

Dans ce schéma, les arbres sont plantés dans des prairies existantes, de productivité moyenne à bonne, et à une densité compatible avec le maintien de la production d'herbe sur une part importante de la durée de la révolution (photo 4, p. 532). Ces deux caractéristiques, productivité de l'herbe et faible ou tardive concurrence entre les arbres, sont essentielles : il s'agit de plantation claire sur le domaine agricole avec maintien de l'élevage permettant d'obtenir des revenus à court et à long terme sur une même parcelle. Cette méthode est donc très éloignée des techniques de reboisement sur parcours, classiques en Europe sur les terroirs délaissés par le pastoralisme. Ces plantations ont fait l'objet d'un grand nombre d'études et de recherches et couvrent actuellement environ 20 000 ha.

### À la recherche d'un compromis arbre-herbe

La recherche néo-zélandaise fournit un impressionnant référentiel en matière de productivité d'une strate herbacée associée à des arbres. Face à l'agressivité de *Pinus radiata* installé (c'est-à-dire âgé de 3 ou 4 ans), la strate pastorale est toujours en position de faiblesse. Les travaux se sont attachés à définir des modes de gestion favorables à la strate herbacée.

#### ● *L'itinéraire technique de base*

Installation des arbres et premiers pâturages

Les 300 à 1 200 plants (selon la qualité génétique et le goût du risque du propriétaire) sont plantés soigneusement à la main dans la prairie sans travaux préalables, excepté un désherbage local à l'aide d'herbicides sélectifs. Les plants font 30 à 40 cm de hauteur à la plantation et croissent de 50 à 150 cm en hauteur la première saison de végétation.

Si l'on attend la deuxième ou la troisième année, un pâturage réalisé par des moutons en suivant les disponibilités en herbe permet de limiter à moins de 10 % les pertes de plants par dégâts d'abroustissement et d'écorçage ; par contre, le pâturage par des vaches laitières ou en gestation ne convient pas les premières années, du fait de la toxicité des aiguilles. Malgré ces recommandations, les trois premières années sont délicates pour les arbres ; mais, heureusement, *Pinus radiata* a un fort pouvoir de récupération s'il est défeuillé ou écorcé partiellement. Il peut y avoir des pertes sur les arbres les plus exposés, près des portes, des clôtures, des points d'eau, surtout si la parcelle est petite, cependant, compte tenu des dimensions habituelles des parcelles, ces pertes sont généralement négligeables, et acceptées par le propriétaire.

Photo D. AUCLAIR



Photo 2 Haie de *Pinus radiata* de 9 ans. Arbres espacés de 2 mètres, strate inférieure de Mélézes.

Photo D. AUCLAIR



Photo 3 Redécoupage d'une exploitation laitière avec des haies productrices de bois de qualité (ferme de I. Moore, Ngongotaha, centre de l'île du Nord). Les arbres sont âgés de 5 ans et le 3<sup>e</sup> élagage vient d'être effectué. La bille de pied de 6 mètres est acquise sur la plupart des arbres.

En l'absence de pâturage, ces terrains peuvent être fauchés si l'écartement entre rangs est suffisant. Sinon, il faut pratiquer une forte pression de pâturage les années suivantes pour redonner leur place aux graminées.

Conduite des arbres : éclaircies et élagages

Le peuplement final recherché comprend 200 à 250 tiges/ha élaguées progressivement jusqu'à 6 m de hauteur quand les arbres atteignent 8 ans. L'élagage est pratiqué manuellement, à la scie, depuis le sol ou avec une échelle. La réduction du nombre d'arbres à enlever en éclaircie est la stratégie recommandée pour limiter l'impact des rémanents : si les plantations forestières classiques se font à 7/1 (7 arbres plantés pour un récolté, et donc 6 supprimés par éclaircie) ou 6/1, les plantations en prairie expérimentale utilisaient il y a peu des ratios de 5/1 ou 4/1, mais certains agriculteurs plantent désormais à 1,5/1 (photo 4, ci-dessous).

La fréquence des élagages de branches vertes permet aussi de réduire l'emprise au sol des rémanents. En élaguant tous les 6 à 9 mois, verticille par verticille, on réduit la longueur des branches supprimées, et on fait s'empiler les rémanents qui ainsi ne couvrent pas d'importantes surfaces. Notons que le broyage ou le rassemblement des rémanents sont exclus pour des raisons économiques.

Le critère majeur de qualité du bois produit est la cylindricité du cœur défectueux de la bille, et secondairement la réduction du diamètre de ce cœur. Cette cylindricité permet en effet des rendements excellents en déroulage. Le critère technique utilisé est le « diamètre sur chicots » (DOS : « Diameter Over Stubs »), qui est le plus grand diamètre au niveau d'un verticille après élagage. Par des élagages précoces et fréquents, le cœur avec défauts est réduit à l'extrême. Les ouvriers utilisent pour cela une jauge de 7 à 12 cm (généralement 9 à 10 cm), et élaguent à chaque passage tous les verticilles qui se trouvent en dessous du premier point où le diamètre

**Photo 4** Plantation à densité quasi-définitive en prairie (ferme de G. Brann, Te Puke, Bay of Plenty, centre-est de l'île du Nord). Arbres issus de boutures réalisées par l'agriculteur, âgés de 6 ans, élagués tous les 8 mois.



du tronc est inférieur à la jauge (photo 5, ci-dessous). Le dernier élagage, qui permet d'obtenir la bille finale de 6 mètres, ne laisse que très peu de houppier (30 % environ, parfois moins) (photo 3, p. 531). Il est cependant conseillé de laisser au moins 3 à 4 m de houppier vivant (Maclaren, 1989).

● *Le difficile équilibre herbe-arbre*

Le problème numéro 1 pour l'herbe : la litière

Il s'agit à la fois des aiguilles des pins et des rémanents, c'est-à-dire les produits des éclaircies et des élagages. Toutes les études confirment que ce facteur est limitant, avant la compétition pour la lumière, l'eau ou les éléments minéraux.

La litière d'aiguilles

Elle représente des biomasses considérables : à Tikitere (Bay of Plenty), 3 tonnes de matière sèche à l'hectare dans les parcelles à 100 arbres/ha à 14 ans, 6 tonnes pour 200 arbres/ha. Elle peut varier de manière imprévisible, surtout à la suite de maladies cryptogamiques des arbres, et étouffer alors brutalement l'ensemble de la strate herbacée. Cette litière a deux effets majeurs : réduction de l'azote disponible et recouvrement physique des herbacées. Le trèfle blanc n'y résiste pas, et l'utilisation d'engrais azotés est hors de question, pour des raisons économiques.

Les rémanents

Après éclaircie ou élagage, plus de 50 % de la surface du sol peut être couverte de rémanents. Outre une réduction considérable de l'herbe, ceux-ci sont à l'origine de l'installation de mauvaises herbes redoutables, à l'abri du pâturage dans les amas de branches (Chardons, *Phytolacca*).

Le problème principal pour l'éleveur est l'irrégularité de la production pastorale dans les parcelles agroforestières. Cette production peut varier brutalement (négativement par suite d'une forte chute d'aiguilles, positivement après une éclaircie).



Photo 5 Arbre de 17 ans à la densité de 50 arbres/ha, élagué à 8 mètres à Tikitere, centre de l'île du Nord. Le diamètre du cœur avec défauts est indiqué par les marques blanches.

Photo D. AUCLAIR



Des solutions

Ainsi qu'il a été souligné précédemment, la réduction de la litière est obtenue par une sylviculture extrêmement dynamique, comportant de faibles densités à la plantation, une seule éclaircie précoce, des élagages précoces et fréquents. Dans la mesure où l'éclaircie est non commerciale, une technique intéressante est le cernage qui fait mourir les arbres sur pied ; les aiguilles et branches tombent alors peu à peu sans laisser de gros tas de rémanents.

Le problème numéro 1 pour l'arbre et l'éleveur : les mauvaises herbes

Pour l'agriculteur néo-zélandais, planter des arbres signifie obtenir des mauvaises herbes (Ajonc d'Europe, Ronces, Fougère-aigle, *Cortaderia*). En effet, le contrôle des adventices est obtenu uniquement par pâturage, et la suppression, même de courte durée, du pâturage dans l'attente d'arbres défensables est une période critique. Il convient donc de pâturer le plus tôt possible, et la croissance initiale extrêmement rapide du *Radiata* est un atout formidable. Des risques trop élevés d'infestation par des mauvaises herbes excluent l'option agroforestière dans certaines régions de Nouvelle-Zélande.

### Gérer l'animal dans les plantations en prairie

#### ● *L'animal et l'arbre*

Les dégâts occasionnés par les animaux aux arbres inquiètent certains. Avec les densités d'arbres utilisées et les vitesses de croissance du *Radiata*, les protections individuelles d'arbres sont exclues. Les parcelles plantées sont généralement mises en défens pendant un à deux ans. Les jeunes pins mesurent 1,50 à 2 mètres de haut lors du premier pâturage. La consommation d'aiguilles est alors sans danger. Le vrai risque est l'écorçage, et une surveillance rapprochée s'impose. Les attaques sont rares mais peuvent être redoutables. Un seul animal peut être agressif et faire beaucoup de dégâts. Dans certaines circonstances peu prévisibles, des consommations d'écorce systématiques ont été observées. Ce fut le cas à Tikitere où, après de très fortes pluies, les brebis attaquèrent les écorces des arbres encore très jeunes. L'émoi fut tel que l'expérience faillit être arrêtée. Pour le *Radiata*, il n'y a plus aucun risque à partir de 6 ans, même avec des bovins ou des caprins : l'écorce est alors suffisamment résistante.

Il est clair qu'il ne faut pas planter les zones de repos, les abords des points d'eau, les chemins suivis par le bétail et les abords des portails.

Le temps de rassemblement des animaux augmente rapidement avec la densité d'arbres, et peut conduire à de mauvaises gestions pastorales (animaux laissés trop longtemps), ou rendre les animaux plus sauvages, ce qui complique les manipulations et notamment la prophylaxie.

Les clôtures sont plus difficiles à entretenir dans les parcelles plantées (chutes d'arbres ou de branches sur les clôtures, inspection moins facile).

#### ● *Quelle charge animale ?*

Il est primordial de connaître en temps réel la productivité fourragère des parcelles agroforestières pour ajuster les effectifs animaux.

De plus, lors de la planification de l'aménagement agroforestier, il est nécessaire de prévoir quel pourcentage de l'exploitation agricole doit être converti en agroforêt. Pour cela, des prévisions de productivité fourragère sont nécessaires, pour tous les stades de développement des arbres, de la plantation à la récolte.

Le degré de précision requis dans les estimations de disponibilité fourragère n'est pas le même pour ces deux questions. L'utilisation de pastomètres, appareils permettant une évaluation

rapide de la biomasse herbacée irrégulière d'une parcelle agroforestière, commence à se répandre parmi les éleveurs, et permet de répondre à la première interrogation avec une précision suffisante. Il s'agit d'une mesure par capacitance de la biomasse herbacée au sol, effectuée en de très nombreux points de la parcelle, selon des transects parcourus par l'opérateur.

Répondre à la seconde question nécessite des modélisations de la production pastorale en fonction des caractéristiques du site et du peuplement d'arbres. Ce travail est maintenant achevé pour les conditions néo-zélandaises (Percival et Knowles, 1988).

Dans les systèmes d'élevages extensifs néo-zélandais, la faible surveillance des animaux fait qu'une erreur d'estimation du disponible fourrager peut avoir des conséquences fâcheuses sur les résultats (gains de poids réduits, laine de mauvaise qualité). L'erreur fréquente des éleveurs est une surestimation de l'herbe disponible. La principale difficulté est de s'adapter aux fluctuations importantes du disponible fourrager d'une année sur l'autre, par suite de l'évolution des arbres.

● *L'herbe sous les arbres est-elle de bonne qualité ?*

L'éleveur néo-zélandais se plaint traditionnellement de performances animales médiocres en parcelles boisées. Pour répondre à cette interrogation majeure, deux importantes, longues (5 années) et coûteuses (500 000 F/an) expériences de performances animales ont été menées à Gisborne (Poverty Bay ; Jagusch et Korte, 1986) et Tikitere (Bay of Plenty ; Percival *et al.*, 1988).

Les effectifs des troupeaux ont été ajustés pour offrir des niveaux contrastés de fourrage (1 à 5 kg de matière sèche/animal/jour) dans des parcelles avec des densités croissantes d'arbres (0, 50, 100, 200 arbres/ha).

Les résultats sont clairs : aucune réduction significative de performances n'a été mise en évidence dans les parcelles boisées. Les difficultés des éleveurs proviennent plutôt de la difficulté d'évaluer correctement le disponible fourrager réel sous les arbres.

D'autres facteurs pouvant influencer les performances des animaux sous les arbres ont été mis en avant :

— La diminution de la proportion de légumineuses dans la ration. Ce problème était réel avec le trèfle blanc. L'excellente résistance du lotier « Maku » à l'ombre réduit maintenant cette contrainte, et cela d'autant plus qu'on a bien montré comment des fertilisations adaptées, essentiellement phosphatées, permettaient de stimuler les légumineuses sous les arbres.

— Les parasites gastro-intestinaux seraient beaucoup plus présents sous les arbres, car leurs larves sont moins détruites par le soleil. Les traitements vermifuges doivent en effet être plus fréquents en agroforesterie.

— La consommation d'aiguilles de pins (involontairement ingurgitées avec l'herbe) pourrait avoir des effets négatifs. Des expériences en stabulation, avec des complémentations d'aiguilles vertes et d'aiguilles sèches, ont montré que cette hypothèse n'est pas correcte (Hawke *et al.*, 1984). La teneur en azote de la ration est telle qu'aucun effet n'a été détecté. On signale par ailleurs des avortements plus fréquents pour des vaches mises brutalement en parcelle boisée dans les trois derniers mois de la gestation. Ce problème disparaît pour des animaux habitués. Un problème similaire a été signalé en Australie, et aux États-Unis dans des agroforêts à *Pinus ponderosa*, et serait lié à la consommation d'aiguilles.

— La densité de la strate herbacée serait réduite sous agroforêt. Le coup de dent serait moins efficace (plus faible quantité de matière sèche par bouchée) et obligerait l'animal à pâturer plus longtemps, à se déplacer plus, et peut-être à avoir des dépenses de locomotion et une activité de prélèvement de nourriture plus importantes.



De ces quatre hypothèses, seules les deux premières sont retenues aujourd'hui. Le remplacement du trèfle blanc par le lotier et des pratiques de fertilisation adéquates permettent désormais d'obtenir des pâturages de grande qualité sous les arbres.

● *La qualité des produits animaux est-elle diminuée en agroforêt ?*

Des essais de tests gustatifs sur la viande ont été négatifs : impossible de déceler si l'agneau a vécu en plein air ou sous des arbres ! De même, il n'a pas été possible de mettre en évidence des effets significatifs sur le classement qualitatif de la laine (Hawke *et al.*, 1984).

● *Le confort climatique des animaux*

La température moyenne annuelle sous les arbres est plus fraîche de 3 à 4° C qu'en plein air (Percival *et al.*, 1984). L'influence est nette également sur les températures moyennes du sol à 30 cm de profondeur. Mais ceci a peu d'influence sur les animaux. En été, l'ombre est très recherchée par les animaux, et en hiver la protection contre les vents violents et très humides est un avantage important dans ces élevages en plein air intégral. La protection contre la neige qui peut parfois former des congères est également importante dans l'île du Sud. De nombreux éleveurs, en dehors de toute idée de production de bois, conservent une parcelle boisée pour servir d'abri en période d'agnelage ou de conditions climatiques difficiles.

### **Un succès mitigé**

Un relatif échec de la politique de vulgarisation des plantations d'arbres sur terrain agricole est plus ou moins mis en avant selon les interlocuteurs (Hawke et Maclaren, 1990 ; Knowles, 1989). Le public visé par cette technique est constitué de petits exploitants familiaux. Le parallèle avec la situation européenne est beaucoup plus fort que pour le pâturage en forêt.

Les simulations économiques montrent que, dans le contexte néo-zélandais, une parcelle agroforestière est nettement plus profitable qu'une prairie, si la marge brute par hectare de l'élevage est inférieure à 400 NZ \$ (chiffres 1986) et si le terrain est fertile. Le message met longtemps à passer : en 1986, seulement 149 agriculteurs familiaux avaient adopté cette forme de diversification, sur à peine 2 000 ha ! L'explication a été bien mise en évidence par une enquête approfondie auprès de 1 600 exploitants (Morey, 1986). Les agriculteurs ne croient pas à la possibilité de gagner de l'argent avec des arbres. Cependant, pour qui visite l'exploitation d'un pionnier de l'agroforesterie comme Geoff Brann (photo 4, p. 532), la démonstration est éclatante. En récoltant son premier demi-hectare de pins en 1990 (âgés de 28 ans), Geoff a doublé son chiffre d'affaires. Ces premiers pins avaient été plantés selon un modèle forestier, mais rapidement éclaircis selon une tendance agroforestière désormais classique. Les banques viennent de comprendre : elles valorisent désormais fort cher les hectares d'agroforêt d'un exploitant quand il s'agit d'évaluer son exploitation, pour accorder un prêt par exemple. Cette évolution est extrêmement récente (1990).

Avec de nouveaux outils de simulation au niveau du système d'exploitation agricole (Knowles *et al.*, 1991), la vulgarisation progresse maintenant plus rapidement et le nombre d'adhésions payantes à l'« Agroforestry Collaborative » augmente en s'étendant vers un public plus large constitué de banquiers et d'investisseurs.

La mise sur pied d'un marché des peuplements jeunes pourrait également améliorer la situation, en permettant aux exploitants de récupérer leur capital investi à tout moment. Dans le contexte actuel, ce sont les investisseurs non agriculteurs qui ont compris tout l'intérêt financier de l'agroforesterie. D'où des efforts importants en termes de formation des agriculteurs et des agents de développement agricole.

La tendance à la réduction des aides (pourtant déjà très réduites) à l'agriculture et à la sylviculture, qui se manifeste très fortement en Nouvelle-Zélande, poussera de plus en plus les

## Chronique internationale

investisseurs à planter *Pinus radiata* à densité quasi définitive et sur des pâturages riches. Des taux internes de rentabilité de 12 % semblent possibles en agroforesterie, nettement supérieurs à ceux de la forêt classique (Knowles, 1989). Plus d'un million d'hectares serait ainsi concerné pour fournir principalement le marché japonais en bois d'œuvre avec des révolutions inférieures à 30 ans.

Ces taux sont obtenus au détriment de la production en volume par hectare, qui reste nettement plus faible que dans les forêts classiques. En ce qui concerne le pâturage en forêt, ceci explique certaines réticences des grandes entreprises forestières, qui ont besoin de volumes importants de bois, compte tenu de leur structure industrielle. Elles ont tendance à sacrifier quelques points en rentabilité à l'hectare pour alimenter leurs usines avec des volumes suffisants de bois. Cependant, même dans leur sylviculture « classique », l'utilisation du pâturage pour réduire la quantité d'adventices et faciliter les travaux sylvicoles se répand de plus en plus.

Face à cette situation, il y a lieu de s'interroger sur les possibilités de développement d'un système agroforestier dans le contexte européen actuel. La deuxième partie de l'article <sup>(1)</sup> analysera les avantages et inconvénients du modèle néo-zélandais et décrira les premières expérimentations menées en France, pour donner ensuite des éléments permettant de développer une forme d'agroforesterie adaptée à l'Europe.

C. DUPRAZ

Laboratoire d'Études comparées des systèmes agraires  
INRA  
Place Viala  
34060 MONTPELLIER CEDEX

D. AUCLAIR

Laboratoire de Recherches forestières méditerranéennes  
INRA  
Avenue A. Vivaldi  
84000 AVIGNON

J.-L. GUITTON

CEMAGREF  
Groupement de Clermont-Ferrand  
Laluas  
63200 RIOM

(1) À paraître dans le numéro 1/1993, sous le titre : « Les pratiques agroforestières néo-zélandaises sont-elles transposables en France ? »

## BIBLIOGRAPHIE

- AUCLAIR (D.). — Compte rendu de mission en Nouvelle-Zélande et Australie du 04-12-1990 au 15-10-1991. — Avignon : INRA - Laboratoire de Recherches forestières méditerranéennes, 1992. — 21 p.
- AUCLAIR (D.), KNOWLES (R.L.). — A growth model for *Pinus radiata* timberbelts in New Zealand. — *New Zealand Journal of Forestry Science*, 1992 (sous presse).
- AUCLAIR (D.), TOMBLESON (J.D.), MILNE (P.). — Timberbelt growth model. — *Agroforestry research collaborative report*, n° 17, 1991. — 45 p.
- BEHAGHEL (I.). — Filière *Pin radiata* en Nouvelle-Zélande. — Nancy : ENGREF, 1986 (Mémoire).
- BILBROUGH (G.W.) Ed. — Proceedings of a technical Workshop on Agroforestry. — Wellington : Ministry of Agriculture and Fisheries, 1984. — 98 p.
- DUPRAZ (C.). — L'Agroforesterie « Down Under », ou les difficultés de mise en œuvre d'un modèle séduisant. — Rapport de mission en Australie et Nouvelle-Zélande. — Montpellier : INRA-LECSA, 1991 (sous presse).
- HAMMOND (D.). — Survey of agroforestry in New Zealand. — In : Proceedings of the agroforestry symposium / P. Maclaren, 1988, pp. 14-18.
- HAWKE (M.F.), JAGUSCH (K.T.), NEWTH (R.P.). — Feeding sheep decaying pine needles. — In : Proceedings of a technical Workshop on Agroforestry / G.W. Bilbrough, 1984, pp. 23-24.
- HAWKE (M.F.), MACLAREN (P.). — Agroforestry - an opportunity overlooked? — *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, vol. 51, 1990, pp. 55-58.
- HOUIN (H.), MEUNIER (C.). — Rapport d'un voyage d'étude en Nouvelle-Zélande. — Nancy : ENGREF, 1991.
- JAGUSCH (K.T.), KORTE (G.J.). — Annual report of MAF agricultural research division 1985-86. — Wellington : Ministry of Agriculture and Fisheries, 1986. — pp. 84-85.
- KNOWLES (R.L.). — New Zealand experience with silvopastoral systems : a review. In : International Conference on Agroforestry - Principles and practice. — Edinburgh, 1989. — 22 p.
- KNOWLES (L.), MANLEY (B.), THOMSON (J.). — FRI modelling systems help evaluate profitability of agroforestry. — *What's new in forest research*, n° 207, 1991. — 4 p.
- MACLAREN (P.). — Proceedings of the agroforestry symposium held at Rotorua on 24-27 november 1986. — *FRI Bulletin*, n° 139, 1988, 299 p.
- MACLAREN (P.). — A manual for selecting crop trees when pruning and thinning radiata pine. — *FRI Bulletin*, n° 133, 1989, 16 p.
- MOF. — The forestry sector in New Zealand. — Wellington : Ministry of Forestry, 1988. — 62 p.
- MOREY (C.M.). — Farm Forestry in New Zealand : a 1985-86 survey of farmer practice, intentions, and opinions. — In : Proceedings of the agroforestry symposium / P. Maclaren, 1988, pp. 19-34.
- NZFOA. — Forestry facts and figures . — Wellington : New Zealand forest owners'association, 1991. — 12 p.
- PERCIVAL (N.S.), HAWKE (M.F.), ANDREW (B.L.). — Preliminary report on climate measurements under radiata pine planted on farmland. — In : Proceedings of a technical Workshop on Agroforestry / G.W. Bilbrough, 1984, pp. 57-60.
- PERCIVAL (N.S.), HAWKE (M.F.), JAGUSCH (K.T.), KORTE (C.J.), GILLINGHAM (A.G.). — Review of factors affecting animal performance in pine agroforestry. — In : Proceedings of the agroforestry symposium / P. Maclaren, 1988, pp. 165-174.
- PERCIVAL (N.S.), KNOWLES (R.L.). — Relationship between radiata pine and understorey pasture production. — In : Proceedings of the agroforestry symposium / P. Maclaren, 1988, pp. 152-164.
- TOMBLESON (J.D.). — Waikite shelterbelt - a glimpse at the future? — *New Zealand tree grower*, vol. 5, 1984, pp. 70-72.
- WEST (G.G.), PERCIVAL (N.S.), DEAN (M.G.). — Oversowing legumes and grasses for forest grazing : interim research results. — In : Proceedings of the agroforestry symposium / P. Maclaren, 1988, pp. 203-220.