

Valorisation et gestion sylvo-pastorale de boisements naturels de pin sylvestre

A. Dorée¹, F.-X. de Montard², N. Traub³

Dans les Préalpes sèches, les élevages se sont concentrés sur les meilleures terres. Le pin sylvestre a envahi les parcours et la rentabilité de la sylviculture est aléatoire. Une remise en valeur sylvo-pastorale permet d'articuler éclaircies fortes et pâturage, voire le ressemis des pins, et d'améliorer le cadre de vie en favorisant le multi-usage.

RÉSUMÉ

Dans les Baronnies, une forte déprise agricole a entraîné l'enfrichement des parcours et l'apparition d'accrus denses de pins sylvestre. Un aménagement sylvo-pastoral par éclaircie très forte a été expérimenté à Laborel (Drôme). Trois densités, 120, 240 et 400 tiges/ha au lieu des 3 000 initiales, ont été testées pendant 10 ans pour leurs effets sur la croissance des arbres et la productivité de l'herbe en sous-bois. L'optimum, alliant la production de billes de bois valorisables et une production d'herbe égale à 60% de celle des prés voisins, combine 240 tiges/ha et la fertilisation pendant 5 ans. Le sursemis améliore fortement la réponse. Les arrière-effets restent importants pendant 5 ans. La germination printanière des graines de pin est favorisée par le pâturage, mais le pâturage estival suivant entraîne une très forte mortalité.

MOTS CLÉS

Couvert arboré, dynamique de la végétation, fertilisation minérale, gestion sylvo-pastorale, ovin, pâturage, *Pinus sylvestris* L., prairie de montagne, production fourragère, Rhône-Alpes, sursemis.

KEY-WORDS

Forage production, grazing, mineral fertilization, overseeding, *Pinus sylvestris* L., Rhône-Alpes, sheep, sylvopastoral management, sward dynamics, tree cover, upland pasture.

AUTEURS

1 : Cemagref Grenoble, phyto-écologiste pastoral à l'Unité de Recherche A2M (Agriculture et Milieux Montagnards), BP 76, F-38402 Saint-Martin-d'Hères.

2 : Directeur de recherches honoraire de l'INRA, F-63111 Dallet ; fx_de_montard@yahoo.fr.

3 : CRPF (Centre Régional de la Propriété Forestière) Rhône-Alpes.

Les Préalpes sèches sont confrontées depuis plus de 50 ans à une très forte déprise agricole entraînant un enrichissement rapide et l'apparition d'accrus forestiers spontanés, souvent dominés par le pin sylvestre. Ainsi, dans le département de la Drôme, sur 110 000 ha de pinèdes recensés, 73% sont constitués par des pinèdes de pins sylvestres. Dans la petite région naturelle des Baronnies située au sud-est de ce département, plus de 500 ha sont annuellement colonisés par des boisements naturels de cette essence (IFN, 1996).

Les propriétaires fonciers voient leur espace progressivement occupé par des peuplements de faible valeur qu'il serait trop coûteux de conduire en sylviculture classique avec éclaircies progressives, compte tenu de la très faible valeur des petits bois. Après une longue phase de déclin de l'élevage ovin, la régression des techniques de pâturage par gardiennage et du parcours sur de vastes espaces, les éleveurs d'aujourd'hui disposent de nouvelles techniques pour exploiter rationnellement des parcours clôturés et bien entretenus à la périphérie de leur exploitation. Dans ce nouveau contexte, **l'association d'une sylviculture intensive par éclaircie forte et de l'aménagement pastoral du sous-bois** - clôtures, voire fertilisation et sursemis - **offre un double intérêt pour le forestier et pour l'éleveur, auquel s'ajoute un intérêt plus global pour la collectivité eu égard à la protection contre l'incendie et à la valeur paysagère et de fréquentation pour les promeneurs.**

Dans cette perspective, une expérimentation a été mise en place en 1987 et poursuivie jusqu'en 2000 à Laborel (Drôme), pour **mieux cerner les enjeux et les règles de gestion permettant d'optimiser l'association des deux productions, fourragère et sylvicole, dans le contexte des Baronnies et plus largement des Préalpes sèches** sur sols calcaires peu profonds : Quelle intensité d'éclaircie pratiquer ? Quelle est la production fourragère obtenue ? Comment la situer dans le calendrier de pâturage ? Quelle croissance des arbres et quelle production de bois obtient-on après éclaircie ?

Contexte socio-biogéographique

La commune de Laborel, située à l'est des Baronnies, appartient biogéographiquement aux Préalpes calcaires sud-occidentales. Les crêtes qui entourent le village (point culminant, le Chamousse, 1 460 m) délimitent une dépression d'environ 400 hectares, ouverte au nord-est et parcourue par un ruisseau, le Céans. L'expérimentation sylvo-pastorale a été mise en place sur ces pentes, entre 800 et 1 100 m d'altitude.

1. Le cadre biophysique

Les formations géologiques de cette région proviennent des sédiments déposés à l'ère secondaire (DECROIX, 1985). On distingue les marnes pouvant contenir de petits bancs calcaires, plutôt en fond de

vallée ; les calcaires marneux, dans les pentes, donnant un relief dit "en dos d'éléphant" (OZENDA, 1985) ; les calcaires massifs, plus résistants, qui forment les crêtes et les falaises. Les éboulis stabilisés issus de l'érosion quaternaire sont importants. Cependant, l'ensemble de l'essai est situé essentiellement dans les **formations calcaires marneuses** ; les quelques prairies incluses dans le dispositif comme témoin de productivité sont cantonnées sur les parties marneuses.

Ce secteur des Baronnies est relativement bien arrosé par rapport à l'ensemble de la petite région (937 mm) mais avec un creux estival plus ou moins marqué. Le climat est de type montagnard thermique frais avec 123 jours de gelées, aussi bien précoces que tardives ; la croissance de l'herbe n'est active que du 15 mai au 30 juin avec de faibles repousses, aléatoires, en fin d'été.

Les groupements végétaux qui occupent l'étage montagnard sur le site appartiennent à deux séries de végétation (OZENDA, 1985) :

- **la série supra-méditerranéenne du chêne pubescent** (*Quercus pubescens*), qui peut s'élever jusqu'à 1 000 m d'altitude ;

- **la série mésophile du hêtre** (*Fagus sylvatica*), présente aux altitudes supérieures ; cette série se caractérise par des faciès plus secs à buis (*Buxus sempervirens*), lavande vraie (*Lavandula officinalis*), cytise à feuilles sessiles (*Cytisus sessiliflorus*), genêt cendré (*Genista cinerea*) pour les ligneux ; à brachypode penné (*Brachypodium pinnatum*), seslérie bleutée (*Sesleria varia*) et brome érigé (*Bromus erectus*) pour les herbacées.

Les groupements à pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) occupent une place charnière entre ces deux séries. Cette essence forestière pionnière et conquérante (DOCHE, 1983) est d'autant plus agressive que la pression exercée par les éleveurs et leur troupeau est faible.

2. L'agriculture locale, son déclin, les conséquences pour le territoire

L'agriculture locale est basée sur l'élevage ovin et la culture des plantes à parfum, lavande et lavandin. Cette agriculture est en déclin constant dans les Baronnies depuis des décennies ; à Laborel, il y avait dix troupeaux ovins totalisant 1 250 têtes sur la commune en 1955, trois troupeaux pour un effectif de 600 têtes en 1988, un seul troupeau de 360 brebis mères en 1995 (GAEC de la Montagne). Certains types de cultures (céréales, lavande) ont fortement régressé.

Cette dégradation du tissu agricole se traduit, entre 1955 et 1995, par **une forte régression de la Surface Agricole Utile** (- 33%) **et de la Surface Toujours en Herbe** (- 40%), et un fort accroissement des landes. Celles-ci couvraient 66% des surfaces communales en 1988 et sont non ou peu productives (RGA, 1988).

A l'abandon de culture et à la baisse du chargement animal répond **une colonisation incontrôlée, par le pin sylvestre, de ces espaces autrefois entretenus**. Pour peu que des pins semenciers soient proches et les conditions stationnelles favorables (expositions

nord et nord-ouest plus fraîches, sols plutôt profonds et peu caillouteux), douze à quinze années suffisent pour qu'une lande boisée s'installe (DORÉE, 2000). Les peuplements installés sont plutôt homogènes si les semenciers sont proches, et hétérogènes, de densité variable et accompagnés de feuillus et d'arbustes, lorsque l'apport de graines est plus aléatoire.

En une quarantaine d'années, on peut observer la formation de peuplements denses. En conditions stationnelles fraîches, le hêtre peut s'associer au pin sylvestre et former une hêtraie - pinède qui tend vers l'équilibre une cinquantaine d'années plus tard. Selon DAGET (1979) et DOCHE *et al.* (1991), une véritable hêtraie climacique ne s'observerait qu'un siècle plus tard. Cette séquence majeure peut subir des transformations importantes lors des coupes, éclaircies et débroussailllements, ressemis, notamment pour redynamiser les activités pastorales.

Enjeux et objectifs de l'essai

L'enjeu du dispositif expérimental était de déterminer comment l'aménagement sylvo-pastoral peut être envisagé avec profit dans les Préalpes sèches drômoises pour remettre en valeur des espaces autrefois agricoles, actuellement de moins en moins exploités ou déjà abandonnés, en prenant en compte les intérêts de l'éleveur et ceux du forestier. Les questions ont porté sur :

- les modalités techniques de mise en œuvre et les coûts engendrés ;
- les choix du traitement sylvicole le mieux adapté et de la densité forestière optimale pour obtenir une double production herbagère et de bois, de qualité et en quantité, de façon durable ;
- la faculté de régénération *in situ* du pin sylvestre et l'aménagement des mises en défens partielles permettant d'assurer le renouvellement de la strate arborée.

L'objectif du dispositif expérimental de Laborel était de déterminer, en vraie grandeur, les meilleures modalités d'éclaircie forestière et les améliorations pastorales les plus opérationnelles pour l'élaboration d'un système sylvo-pastoral adapté aux Préalpes sèches.

Caractéristiques de l'essai

1. Etat initial des parcelles

■ Le peuplement forestier

Le peuplement forestier initial est relativement équienne et presque monospécifique sur l'ensemble de l'essai. Il est composé de

pins sylvestres de deuxième génération venus spontanément à la suite de la coupe des pins installés sur des parcelles autrefois cultivées en lavande ou pâturées par des ovins.

Cette futaie régulière avait **environ 40 ans** en 1987, lors de l'installation de l'essai, avec une **densité de 3 000 à 4 000 tiges/ha**. Le volume de l'arbre moyen était de 0,1 m³ avec une hauteur de 9,8 m, une circonférence moyenne à 1,30 m de 48 cm et un coefficient de forme de 0,6. A cette densité, les houppiers s'interpénétrant, les pins avaient une très faible croissance en circonférence et une qualité médiocre ; ils ne pouvaient donner qu'une production de bois de qualité "trituration". Seule une éclaircie pouvait éventuellement laisser espérer, à terme, la production de billons de sciage.

■ La végétation herbacée

La végétation herbacée comprend **trois types de faciès** principaux classés au plan agronomique du plus riche au plus pauvre :

- Les faciès dominés par la fétuque rouge (*Festuca rubra* s.l.), le brome érigé (*Bromus erectus*), le brachypode penné (*Brachypodium pinnatum*), le pâturin des prés (*Poa pratensis*), l'avoine des prés (*Avenula pratensis*), le trèfle violet (*Trifolium pratense*), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) ; le couvert végétal est très dense et le recouvrement herbacé au sol est proche de 100%.

- Les faciès végétaux composés essentiellement de laïche de Haller (*Carex halleri*), de brome érigé, brachypode penné, fétuque ovine (*Festuca ovina* s.l.), hippocrévide à toupet (*Hippocrepis comosa*), petite coronille (*Coronilla minima*) ; le terrain est plus caillouteux ; la couverture herbacée n'est plus de 100% et la présence importante de litière témoigne d'une très faible pression de pâturage par les ovins.

- Les faciès où des espèces de très faible qualité fourragère telles que renoncules (*Ranunculus* sp.), épervières (*Hieracium* sp.), hépatique (*Hepatica triloba*), raïponces (*Phyteuma* sp.), cirse tubéreux (*Cirsium tuberosum*), astragale de Montpellier (*Astragalus monspessulanus*), deviennent dominantes et sont accompagnées d'une présence significative de ligneux bas : buis (*Buxus sempervirens*), prunellier (*Prunus spinosa*), lavande vraie (*Lavandula officinalis*), genêt pileux (*Genista pilosa*) ou églantier (*Rosa* sp.).

Sur ce site comme sur une grande partie du territoire communal, la végétation herbacée naturelle, à de très rares exceptions près, sur les zones de pelouse plates ou peu pentues, est **peu productive** : moins de 500 kg/ha de matière sèche annuelle.

■ Le dispositif expérimental

L'essai sylvo-pastoral a été installé au cours de l'hiver 1986-1987 sur 21,5 ha de parcours densément boisés. A cette occasion, il a fait l'objet de la première convention pluriannuelle de pâturage établie dans le département entre un éleveur ovin, propriétaire de 75% des parcelles concernées, et un propriétaire forestier.

Traitements forestiers	Traitements agronomiques	Pelouses naturelles	Pelouses naturelles + Fertilisation*	Pelouses naturelles + Fertilisation* + Sursemis**
d120	120 tiges/ha (9 m x 9 m)	(Parc A)	Parc B	Parc C
d240	240 tiges/ha (6 m x 7 m)	Parc D	Parc E	Parc F
d400	400 tiges/ha (bandes de 9 m)	Parc G	Parc H	Parc I
Témoin	3 000 à 4 000 tiges/ha	Parc témoin	/	/

* Fertilisation : 60 N, 60 P₂O₅, 60 K₂O, en fin d'hiver pendant 5 ans à partir de 1988 en d 120 et d 240 à partir de 1989 en d 400.
** Sursemis : bromes (*Bromus strobilifer* var. Labro), sainfoin, dicotyle aggloméré, lotier corniculé.
La fertilisation et le sursemis ont été réalisés manuellement par téléporteur.

De sévères éclaircies ont été pratiquées dans le peuplement de pins sylvestres au cours des mois de mars-avril 1987. Après cette intervention, on a observé au fil des années les conséquences sur les végétations essentiellement herbacées de la combinaison de **trois densités forestières** (d120, d200 et d400) **associées à trois traitements agronomiques** (tableau 1). Le sursemis a été effectué en 1988 en d120 et d240 et, en 1989, en d400. Le parc A (d120-P) a été exclu du dispositif dès 1990 à la demande de l'éleveur.

Les parcs expérimentaux de 1,5 à 2 hectares ont été suivis de 1987 à 1998. Quatre prairies de fauche, pâturées certaines années, et un parc, boisé naturellement à 3 000 tiges/ha, ont servi de témoin respectivement pour la production herbacée des sous-bois et la croissance des arbres après éclaircie. L'ensemble des parcs boisés a été pâturé en pâturage rationné au fil électrique par un troupeau ovin de race Préalpes de 340 à 360 brebis mères. En raison de la sensibilité au surpâturage des pelouses sur calcaire marneux, l'exploitation a lieu en un seul pâturage annuel en fin de printemps ou début d'été ; le troupeau est tenu sur une surface restreinte durant deux jours en moyenne pour consommer et un troisième jour pour finir le nettoyage. L'absence d'exploitation des faibles repousses d'été et d'automne permet d'assurer une bonne repousse au printemps suivant.

2. Mesures et suivi

■ Sur le peuplement forestier

Des mesures dendrométriques bisannuelles ont été réalisées de 1987 à 1995, sur le témoin non éclairci et dans chacun des parcs éclaircis, sur trente arbres répartis en six classes de diamètre (<10 cm, 10-15 cm, 16-20 cm, 21-25 cm, 26-30 cm, >30 cm). Elles ont porté sur la circonférence à 1,30 m et la hauteur totale de chaque arbre sélectionné. Elles ont permis de calculer les accroissements en circonférence, la croissance en hauteur, l'évolution du volume de l'arbre moyen et du volume sur pied à l'hectare.

■ Sur la régénération du pin sylvestre

La régénération naturelle du pin sylvestre a été observée pour mesurer l'impact des aménagements sylvo-pastoraux sur la germina-

TABEAU 1 : Les traitements agronomiques et forestiers sur le dispositif expérimental de Laborel.

TABLE 1 : Agronomical and forestry treatments on the experimental area.

tion et le devenir des plantules. A partir de 1991, quatre couples de placettes ont été installés à proximité de semenciers dans les parcs ni pâturés ni fertilisés ou pâturés et fertilisés, avec les densités d240 et d400. Chaque couple comprenait une placette mise en défens et une placette ouverte, parcourue par les ovins, de dimensions 15 m x 1 m ; elles occupaient un rayon de la projection au sol de la couronne, sachant que 80% des graines émises tombent à des distances inférieures à 20 m du tronc de l'arbre producteur (GUITTET et LABERCHE, 1974). Le repérage et le comptage des plantules et des jeunes pins y ont été effectués chaque année jusqu'en 2000.

■ Sur les végétations herbacée et ligneuse

Les observations ont porté sur :

- les végétations herbacée et buissonnante avec des relevés floristiques annuels ou bisannuels par la méthode des points-quadrats (DAGET et POISSONET, 1969) ;

- la biomasse végétale aérienne, récoltée entre le 10 et le 25 juin selon les années, avant l'arrivée du troupeau.

Elles ont permis d'évaluer au cours du temps la composition floristique de chaque parc, sa valeur pastorale et sa production annuelle de matière sèche. La production des repousses, souvent très faible, a été négligée car non ou très rarement exploitée par le troupeau.

■ Evaluation des coûts liés à l'aménagement sylvo-pastoral

La mise en place de tels parcs représente un coût moyen élevé de l'ordre de 1 980 € par hectare. Dans ce coût global, il faudrait considérer le coût en fonction de l'intensité d'éclaircie. Divers choix d'aménagement moins coûteux sont possibles ; par exemple en ramenant la densité à 240 tiges par hectare et en renonçant au désouchage, au broyage des rémanents et au sursemis, le coût à l'hectare serait ramené à 1 525 € environ, dont 1 065 € pour les traitements forestiers.

Résultats

1. Evolution du peuplement forestier au cours des dix années de suivi

Le suivi des peuplements depuis 1988 met en évidence **des évolutions différentes selon l'intensité de l'éclaircie** :

- **L'éclaircie à 120 tiges/ha** a sélectionné des arbres de 15 cm de diamètre moyen à 1,30 m, à un espacement régulier de 9 m par

9 m. Après 10 ans, on a observé une **forte mortalité et beaucoup de casse**, certains secteurs étant presque totalement privés de pins sylvestres. Des chablis et d'importantes attaques d'insectes ont ajouté leurs effets à celui de la faible densité de tiges pour donner un résultat très médiocre à l'hectare : ce niveau d'éclaircie n'est **pas acceptable du point de vue forestier**.

- Avec le même type de peuplement d'origine, **les parcs éclaircis à 240 tiges/ha ont permis d'obtenir une structure plus équilibrée** avec des tiges de 15 à 40 cm, plus proche d'un peuplement forestier de production. Mais le nombre de tiges d'avenir sélectionné au départ reste peu élevé.

- **Les parcs éclaircis à 400 tiges/ha ont une structure proche du peuplement témoin**, car l'abaissement de la densité a été réalisé par l'ouverture de larges cloisonnements. La structure du peuplement demeure donc irrégulière avec beaucoup de petits bois au centre, et des arbres ayant réagi avec une plus forte croissance sur les bords.

Les différentes mesures réalisées sur le peuplement forestier soulignent les effets des éclaircies réalisées en 1987 :

- **Accroissement en circonférence** : les circonférences, mesurées à 1,30 m de hauteur, marquent un effet bénéfique de l'éclaircie sur l'accroissement (+1,2 cm par an de 1988 à 1995 par rapport au témoin d3000) alors que les différences sont peu marquées entre les trois densités testées (tableau 2).

- **Croissance en hauteur** : de 1988 à 1993, la croissance en hauteur a été négligeable et n'a pas pu être estimée compte tenu de la précision des mesures à 20 cm près. Les hauteurs moyennes restent de l'ordre d'une dizaine de mètres ($h = 9,85$ m).

- **Croissance en volume** : de 1988 à 1993, les croissances individuelles des arbres ont été comparables entre les trois densités, 0,092 m³ par tige, c'est-à-dire **trois fois plus élevées qu'à la densité d3000** (0,035 m³ par tige). En ce qui concerne le gain de volume global au niveau du peuplement, deux éléments ont perturbé l'effet de la densité :

- il y a eu des chablis importants : la densité finale en 1998 en d120 n'est plus que de 70-80 tiges, tandis qu'elle est maintenue en d240 et d400 ;

- la forte hétérogénéité des peuplements en d400 et d3000, fait qu'une partie des tiges seulement sont des tiges d'avenir. L'optimisation de la production de bois en volume exploitable est obtenue aussi bien à 240 qu'à 400 tiges/hectare ; entre ces deux densités,

TABLEAU 2 : Circonférences et accroissements annuels (cm) des pins sylvestres sur 3 périodes et moyenne 1988-1995.

TABLE 2 : Circumference and annual increase of pine trees (cm) for 3 growth periods and average 1988-1995.

Année	1988 (1)	1991 (2)	Accroissement (2/1)	1993 (3)	Accroissement (3/2)	1995 (4)	Accroissement (4/3)	Accroissement moyen (4/1)
Densité (tiges/ha)								
d120	52,2	56,8	1,53	61,9	2,55	67,6	2,85	2,20
d240	52,5	57,5	1,67	62,5	2,90	68,2	2,85	2,24
d400	39,8	45,1	1,77	50,3	2,80	55,9	2,80	2,30
d3000	47,2	49,4	0,67	52,1	1,35	53,9	0,90	0,95

TABLEAU 3 : Indice de valeur pastorale moyen des parcs et des prés.

TABLE 3 : Mean pasture value index : range plots and hay meadow plots.

	Prairie entretenue	Pelouses naturelles en sous-bois des trois éclaircies			Pelouses du sous-bois non éclairci
		Sans fertilisation	Avec fertilisation	Avec fertilisation et sursemis	
1987	35,6	9,3	13,9	16,9	11,1
1988	40,3	12,6	11,6	29,0	11,5
1990	47,4	7,1	12,8	30,2	10,6
1992	39,9	11,5	15,5	35,5	11,4
1994	40,9	15,9	21,0	35,8	9,1
1997	35,2	12,4	23,3	29,3	9,8

l'optimum économique est à définir selon les objectifs visés par l'exploitant car, si l'éclaircie à 400 tiges/hectare est moins coûteuse, elle est aussi moins favorable à la production d'herbe.

2. Evolution de la valeur pastorale et de la production d'herbe

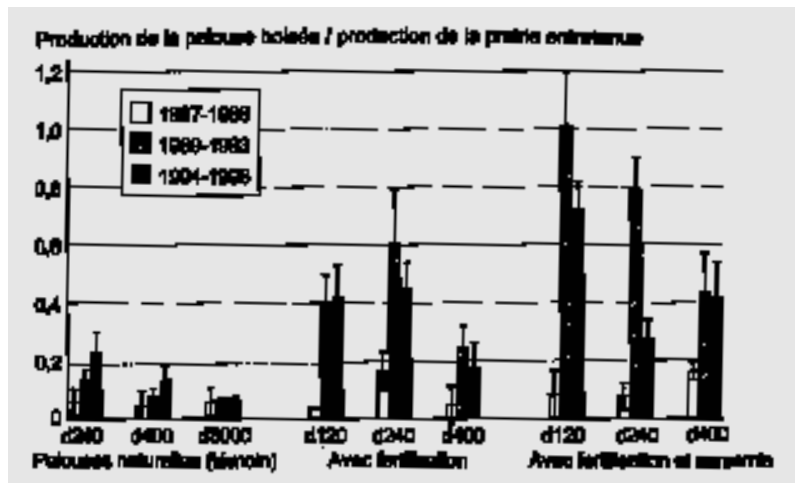
■ Effets des traitements

Après éclaircie, la valeur pastorale (DAGET et POISSONET, 1979) a évolué sous l'effet du pâturage, mais à des vitesses croissantes avec le degré d'intensification (tableau 3) ; il n'a pas été observé d'effet du niveau d'éclaircie. Par contre, la méthode de pâturage au fil électrique en une seule séquence d'une durée moyenne de 3 jours, à fort chargement, a permis de maîtriser la plupart des petits ligneux.

A la perte de production de bois qu'entraîne la pratique de faibles densités devait répondre un gain du point de vue pastoral. **Les trois traitements (niveau d'éclaircie, fertilisation et sursemis) ont tous des effets et arrière-effets significatifs sur la production fourragère.** Le sursemis et les apports annuels NPK, qui ont débuté en 1988 en

FIGURE 1 : Taux de productivité des pelouses boisées par rapport aux prairies entretenues en fonction de la densité d'arbres et du traitement agricole (intervalles de confiance au seuil P=0,05).

FIGURE 1 : Productivity rate of the swards under trees compared to that of cultivated meadows, according to stem density and to agricultural treatment (intervals of confidence for P=0.05).



d120 et d240 (en 1989 sur d400), n'ont eu d'effet mesurable qu'à partir de 1989 (en 1990 sur d400) ; en 1993, première année sans fertilisation (1994 en d400), le niveau de production s'est maintenu.

On a donc distingué les trois phases suivantes : 1/ initiale de 1987 à 1988 (1987-1989 en d400) ; 2/ de plein effet : 1989-1993 (1990-1994 en d400) ; et 3/ d'arrière-effet prolongé : 1994-1998 (1995-1998 en d400). Pour réduire le biais lié à l'influence du climat de l'année, l'analyse des variations de production herbacée des parcs a porté sur le taux de réalisation par rapport à la production des prés (figure 1). En référence, la production annuelle des prés a été de : 3 825, 3 468 et 2 685 kg MS/ha pour les trois phases respectivement.

Une présentation de la dynamique d'année en année permet d'affiner l'analyse de cette évolution (figure 2). Sur la **période initiale**, les taux moyens de production de matière sèche montrent **peu ou pas de différence avec le témoin non éclairci**.

Sur la **période de plein effet** 1989-1993 (1990-1994 en d400) :

- **la fertilisation** est appliquée chaque printemps jusqu'à 1992 (jusqu'à 1993 dans le parc d400) et a encore un arrière-effet puissant l'année suivante. **Associée au sursemis, elle permet la réalisation de 101%, 79%, et 44% environ de la production moyenne des prés** aux densités 120, 240 et 400 tiges/ha respectivement. Sous la densité 400, le déficit de rayonnement entraîne un délai de réponse qui se traduit par une montée progressive régulière de 18% en 1989 à 65% en 1993 ;

- **la fertilisation sur végétation naturelle est moins efficace** : la production atteint 42%, 45% et 17% de celle des prés respectivement. En d120, l'évapotranspiration au niveau de l'herbe doit être plus intense et la réserve en eau du sol plus importante compte tenu de la faible densité d'arbres, mais l'enracinement de la pelouse est trop superficiel pour permettre la compensation. En d400, la montée en

FIGURE 2 : Evolution du taux de productivité des pelouses boisées par rapport aux prairies entretenues, en fonction de la densité d'arbres, selon le traitement agronomique.

FIGURE 2 : Changes in the productivity rate of the swards under trees compared to that of cultivated meadows, in relation to stem density and to agricultural treatment.

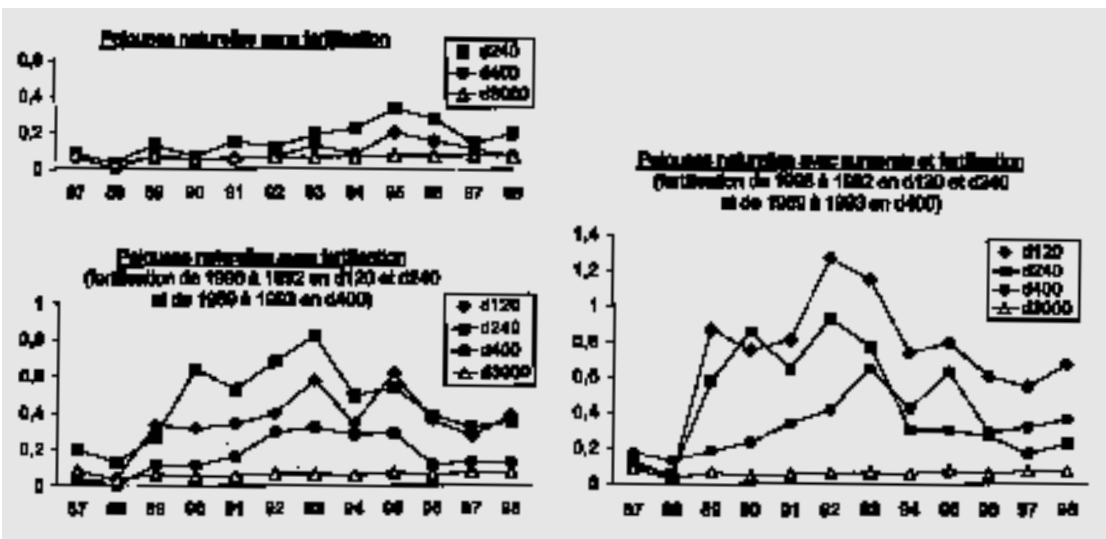
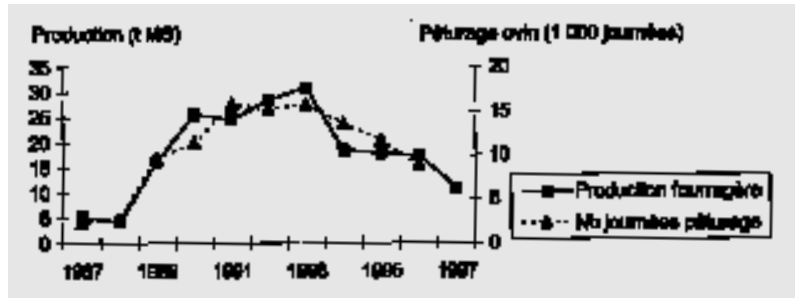


FIGURE 3 : Evolution de la production fourragère et du nombre de journées de pâturage ovin sur l'ensemble du dispositif expérimental de 1987 à 1997.

FIGURE 3 : *Changes in the forage production and the annual count of sheep grazing days from 1987 to 1997 on the whole sylvopastoral experimental layout.*



production est plus lente qu'avec sursemis et apparaît surtout à partir de la 3^e année de fertilisation (figure 3) ;

- **en végétation naturelle sans fertilisation**, les productions des parcs d3000 et d400 restent au niveau de départ, soit 6% à 8% ; la production en d240 est de 13% en moyenne, mais amorce une amélioration en 1993, atteignant alors 19% de celle des prés.

Sur la **période d'arrière-effet** prolongé 1994-1998 (1995-1998 en d400) :

- **la fertilisation a un arrière-effet lentement décroissant sur 5 ans** ; la production moyenne a été de 72%, 28% et 42% avec sursemis, et de 41%, 45% et 17% en végétation naturelle, respectivement en d120, d240 et d400. La végétation sursemée produit plus que la végétation naturelle lorsqu'elle dispose d'une lumière abondante (d120) mais, sous d240, elle s'effondre en partie dès la deuxième année après arrêt de la fertilisation. Sous d400, la végétation mixte, naturelle et de semis, maintient le niveau 40% après le pic de production de 65% atteint en 1993 ;

- en l'absence de fertilisation, la production moyenne est de 23%, 13% et 7% respectivement en d240, d400 et d3000. La production d'herbe sous la densité 400 tiges/ha passe par un maximum en 1995 puis revient progressivement au niveau du témoin d3000 en 1998 ; sous la densité 240 tiges/ha, la production progresse de 1993 à 1995 jusqu'à atteindre 20% en 1995, puis diminue à nouveau de 1996 à 1998 à mesure que le couvert forestier se referme. **La production obtenue sans fertilisation paraît résulter de l'effet combiné des variations de lumière incidente** résultant de l'éclaircie puis de la fermeture progressive du couvert arboré, **et de la stimulation du couvert herbacé par les effets, cumulés au cours des ans, de la fréquentation du troupeau** (défoliation, restitutions et piétinement).

■ Evolution de la production herbacée de l'ensemble du dispositif expérimental ; effet de l'ombrage sur la phénologie

La ressource fourragère globale sur l'ensemble des parcs (figure 3) **augmente** à partir de 1989, **un an après les premiers apports de fertilisation et passe par un maximum** durant trois ans : les deux dernières années de fertilisation et la première année sans ; par la

suite, elle décroît progressivement jusqu'en 1997. Cette évolution est accompagnée d'**une évolution parallèle du nombre de journées de pâturage** : celui-ci est multiplié par six entre 1987 et 1993, puis une chute régulière se poursuit jusqu'à 1997, dernière année de référence obtenue auprès de l'éleveur.

Par ailleurs, chaque année nous avons constaté **un retard de deux semaines** en moyenne entre le stade pleine floraison de la végétation herbacée la plus productive de l'essai et le même **stade de développement** observé dans les prairies avoisinantes avec les mêmes espèces. Ce décalage dans le temps a permis de mettre à la disposition des animaux une herbe de meilleure qualité à une période où la sécheresse estivale se fait le plus sentir.

La régénération naturelle du pin sylvestre

Pour de nombreux auteurs, les causes essentielles liées aux difficultés d'implantation ou à la disparition des plantules sont les suivantes : 1/ l'absence de contact des graines avec le sol lorsqu'il est couvert par une pelouse dense et des mousses (FROCHOT *et al.*, 1986 ; ANDERSON *et al.*, 1987) ; 2/ une alimentation en eau insuffisante résultant de la faible réserve en eau des sols et d'une forte évapotranspiration ; 3/ la compétition pour l'eau et pour la lumière dans un couvert herbacé dense ; 4/ l'abrouissement et le piétinement par les herbivores (MC VEAN, 1963 ; PEARSON *et al.*, 1990).

Des **comptages des germinations** au printemps avant l'arrivée du troupeau, puis des plantules restantes à l'automne après son départ, ont été effectués sur des placettes de 15 m² situées dans les différents traitements, soit sur une surface totale de 120 m² (tableau 4).

On n'a **pas observé de différence entre les trois niveaux d'éclaircie**. De grandes variations sont observées d'une année à l'autre en fonction de la production annuelle de graines résultant des conditions climatiques. **Des différences importantes et significatives ont été observées en fonction de la densité du couvert herbacé** : ainsi, aucune germination n'a pu être observée de 1992 à 2000 dans le parc

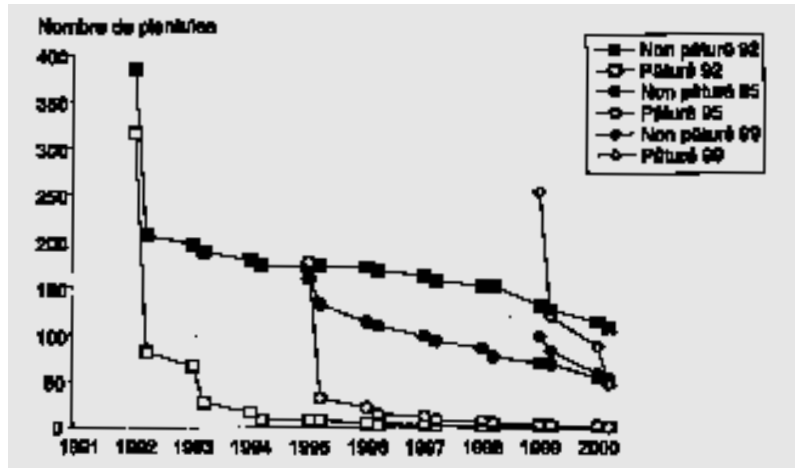
TABLEAU 4 : Nombre de plantules de pin sylvestre apparues sur l'ensemble des placettes avant et après le passage du troupeau ovin.

TABLE 4 : Pine tree seedling number on the totality of the plots before flock grazing and after flock departure.

	Non pâturé			Pâturé		
	Avant l'arrivée du troupeau	Après le départ du troupeau	Taux de mortalité (%)	Avant l'arrivée du troupeau	Après le départ du troupeau	Taux de mortalité (%)
1991	42	13	68,0	11	5	54,5
1992	384	206	46,4	316	81	74,4
1993	384	206	27,5	109	19	82,6
1994	0	0	.	0	0	.
1995	160	132	17,5	178	33	81,5
1996	71	65	6,5	143	69	51,7
1997	83	59	6,3	78	32	59,0
1998	0	0	.	8	2	75,0
1999	99	83	16,2	254	120	52,9
2000	153	132	13,7	583	214	63,3
Moyenne	125,6	89,6	28,7	168,0	57,5	68,8

FIGURE 4 : Evolution du nombre des plantules de pin sylvestre apparues sur l'ensemble des placettes aux printemps 1992, 1995 et 1999 (pour chaque année : à gauche, nombre au printemps ; à droite, nombre en fin de saison).

FIGURE 4 : *Changes in seedling number of pine trees appearing in spring on the totality of the plots ; years 1992, 1995 and 1997 (for each year, the spring number, shown on the left is compared with the autumn number shown on the right).*



240 tiges/hectare + fertilisation + sursemis où la végétation semée était dense et puissante. Au fil du temps (figure 4), les germinations de printemps se maintiennent sur les **placettes pâturées** et tendent à diminuer dans les placettes non pâturées où la litière s'accumule, montrant ainsi le rôle de barrière et la compétitivité d'un couvert herbacé dense et vigoureux. Le pâturage durant la saison de végétation détruit une très grande partie des jeunes plantules (tableau 4), la perte est de 65,8% en moyenne au lieu de 28,7% en l'absence de pâturage. Dans ce dernier cas, l'effectif diminue très progressivement au fil des ans et les pertes sont principalement associées à la période hivernale (figure 4).

Conclusions et perspectives

Dix ans après les opérations d'éclaircie - un court délai en matière forestière - **le système sylvo-pastoral a permis d'entretenir des accrus de pin sylvestre** qui seraient difficiles à valoriser en sylviculture par des éclaircies successives, ménagées pour la seule production de bois. La diminution de matière inflammable sur pied par l'éclaircie aura réduit les risques d'incendie, sous condition toutefois d'un pâturage sévère de l'herbe et des buissons, et de gyrobroyages complémentaires (ETIENNE, 1996). Compte tenu de la perte importante de volume résultant des éclaircies fortes (densités de 120, 240 et 400 tiges/ha), le propriétaire pourrait opter pour des densités plus élevées, mais le maintien d'une couverture herbacée productive nécessite la transmission en sous-bois d'au moins 30% de la lumière solaire incidente (BALANDIER *et al.*, 2002)

La fertilisation a accru la production un an après la première application et son effet s'est prolongé plusieurs années après l'arrêt des apports, avec une forte diminution dans la deuxième année de cessation. Au cours des 4 années suivantes, la production diminue lentement (figure 2) jusqu'à un niveau qui traduit l'arrière-effet croisé de la densité de tiges et des traitements fertilisation et sursemis. **Un optimum de réponse à la fertilisation a été obtenu pour la densité**

240 tiges/ha en végétation naturelle, et pour la densité 120 tiges/ha avec sursemis ; la fertilisation assure un gain annuel de plus d'1 t MS/ha sur végétation naturelle et de plus de 2 t MS/ha avec sursemis ; mais après l'arrêt des apports, l'arrière-effet de la fertilisation reste important, même cinq ans après cessation. L'effet du sursemis a perduré sur cette période en d120 et d400 ; le fléchissement observé en d240 pourrait être expliqué par un surpâturage en 1994.

La présence d'arbres disséminés dans les parcs présente un intérêt particulier pour l'éleveur : le retard du développement de l'herbe au début de l'été (10 à 20 jours selon les années) apporte **une souplesse supplémentaire dans la gestion et la conduite des animaux au pâturage**. Ce décalage phénologique permet à l'éleveur de disposer d'une herbe appétente en sous-bois à une époque où une herbe sur pied de qualité fait souvent défaut.

La méthode de pâturage - au filet électrifié en une seule séquence annuelle de deux ou trois jours par petites plages - permet une exploitation très complète mais non pénalisante pour la repousse d'herbe de l'année suivante (Institut de l'Élevage *et al.*, 1999 ; Réseau Equipements Pastorales, 2001). Ce nettoyage a pour conséquence, à terme de quelques années, le maintien à un bon niveau du nombre de germinations de graines de pin sylvestre au printemps, mais aussi la disparition d'une grande partie des plantules lors du passage des brebis. En ouvrant la végétation, d'une part, le pâturage améliore le contact direct des graines avec le sol, et le renforce par le piétinement ; d'autre part, il diminue la compétition de l'herbe pour la lumière et pour l'eau. Avec comme objectif **la constitution d'un jeune peuplement**, il faudrait attendre une année d'abondante grenaison du pin et de bonne levée printanière pour **mettre en défens pendant quelques années** tout un secteur consacré jusqu'alors au pâturage ; on assisterait ainsi à la constitution d'un peuplement dense et régulier à éclaircir précocement et à remettre au pâturage dès qu'une écorce résistante et une taille suffisante seraient acquises.

Le dispositif sylvo-pastoral étudié, avec éclaircie forte, fertilisation et pâturage rationné, **a permis une forte amélioration de la productivité et de la qualité de la pelouse**. Il a offert 20% du temps de pâturage annuel du troupeau dès 1991 alors qu'à peine 5% de ce temps de pâturage était assuré par cet espace avant 1988. La concentration du troupeau sur l'espace de cet aménagement peut conduire à l'enfrichement des parcours d'alentour non clôturés et peu pâturés. **Un tel aménagement doit donc être intégré dans un plan d'occupation de l'espace agricole plus vaste**, où différents types de conduites - cultures et prés, rotation entre les mises en défens et le pâturage sous couvert - associent différents types de couverts végétaux. Le but ultime est 1/ de constituer un ensemble paysager harmonieux, avec un minimum de risque vis-à-vis de l'incendie, 2/ de maintenir un environnement diversifié favorable à la fréquentation humaine et à la biodiversité, 3/ d'assurer la pérennité des systèmes d'exploitation agricole et forestier.

Accepté pour publication, le 11 août 2003

Remerciements

Ces travaux, financés par l'Etat (crédits FIAT) et le Conseil Régional Rhône-Alpes, ont associé depuis 1987 le CRPF Rhône-Alpes, la Chambre d'Agriculture du département de la Drôme, le Cemagref-Groupement de Grenoble et, surtout, les éleveurs du GAEC de la Montagne, Myriam et Gilbert JOUVE, que nous remercions particulièrement pour leur accueil, leur appui et leur participation constants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON G.W., MOORE R.W. (1987) : "Productivity in the first seven years of *Pinus radiata* annual pasture agro forest in Australia", *Australian J. of Exp. Agric.*, 27, 238-248.
- BALANDIER P., RAPEY H., RUCHAUD F., DE MONTARD F.X. (2002) : "Agroforesterie en Europe de l'Ouest : pratiques et expérimentations sylvo-pastorales des montagnes de la zone tempérée", *Cahiers Agricultures*, 11, 103-113.
- DAGET P. (1979) : "Etude sur la végétation du Massif Central, III : Place du pin sylvestre dans le climax du Hêtre en Margeride", *Bull. d'Ecologie*, tome 10 (4), 315-325.
- DAGET P., POISSONET J. (1969) : *Analyse phytologique des prairies - applications agronomiques*, éd. CNRS-CEPE Montpellier, doc, 48, 67 p.
- DECROIX L. (1985) : *Contribution à l'étude de la dynamique érosive dans les Baronnies orientales et les Pays du Buëch moyen : problèmes d'aménagement*, thèse 3^e cycle de géographie de l'aménagement, Université Lumière- Lyon II, 260 p.
- DOCHE B. (1983) : "Contribution à l'étude d'une séquence majeure du dynamisme végétal dans l'étage montagnard granitique du Massif Central (Cantal)", *Bull. d'Ecologie*, tome 14 (2), 79-85.
- DOCHE B., POMMEROL V., PELTIER J.P. (1991) : "Les landes à Ericacées (Callunaies, Rhodoraies) et vitesse de transformation des paysages végétaux en montagne (Massif Central et Alpes)", *Bulletin d'Ecologie*, tome 22 (1), 221-226.
- DORÉE A. (2000) : *Expérimentation sylvo-pastorale sur un boisement naturel de pin sylvestre (Pinus sylvestris L.) dans les Préalpes drômoises ; impact de dix années d'utilisation sur les végétations herbacées et arborées et sur la conduite du troupeau ovin*, Cemagref, A2M, 23 p. + 3 planches couleurs.
- ETIENNE M. (1996) : "Research on temperate and tropical silvopastoral systems : a review", *Western European silvopastoral systems*, M.Etienne éd. INRA, Versailles, France, 5-19.
- FROCHOT H., PICARD J.F., DREYFUS P. (1986) : "La végétation herbacée, obstacle aux plantations", *Revue Forestière Française*, vol. XXXV, n°3, 271-279.
- GUITTET J., LABERCHE J.C. (1974) : "L'implantation naturelle du Pin sylvestre sur pelouse xérophile en forêt de Fontainebleau. II : Démographie des graines et des plantes au voisinage des vieux arbres", *Oecologia Plantarum*, 9, (2), 111-130.
- IFN (Institut Forestier National) (1996) : *Surfaces boisées par département et usage du sol*.
- Institut de l'Élevage, Sime, Cerpam, Chambres d'Agriculture (Ardèche, Aveyron et Lozère) (1999) : *Référentiel Pastoral Parcellaire*, éd. Institut de l'Élevage, 412 fiches.

- MC VEAN D.N. (1963) : "Ecology of Scots pine in the Scottish Highlands", *J. Ecology*, 51, 3, 671-686.
- OZENDA P. (1985) : *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*, Paris, Masson, 345 p.
- PEARSON H.A., BALOWEN V.C., BARNETT J.P. (1990) : "Cattle grazing and pine survival and growth in subterranean clover pasture", *Agroforestry Systems*, 10, 161-168.
- Recensement Général de l'Agriculture (1988) : Résultats locaux.
- Réseau Equipements Pastoraux (2001) : *Conception d'un parc ; les clôtures et leur installation ; les franchissements pour le multi-usage*, éd. Institut de l'Elevage, 40 p. et 66 fiches.

SUMMARY

Valorization and sylvopastoral management of natural *Pinus sylvestris* (Scots pine) stands

The Baronnies, in the Pre-alpine Highlands, is a limestone region with shallow and steep soils and with dry summers despite an annual rainfall of 750 mm. There are 125 days of frost per year. In such a difficult environment, there has been a decline in sheep farming and crop cultivation, concomitant with a large depopulation of the land by the poorer farmers. As a result, the number of sheep declined and grazed rangelands were replaced by scrub, increasingly invaded by young Scots pine trees (*Pinus sylvestris*); sheep farming became concentrated in the valleys and on moderate slopes. Classical forest management by moderate thinning is too costly with regard to the poor quality of the trees. In order to study the potential of sylvopastoral management, three levels of severe thinning were compared at the village of Laborel (about 850 m a.s.l.), to test their effects on tree growth, grass production, and the grazing potential. The pine trees were thinned to obtain three stem densities : 120, 240, and 400 stems per hectare. Pasture management consisted in full grazing every year for ten years, either 1) without fertilization or 2) with NPK fertilization applied during the first five years on the voluntary vegetation or 3) with the same fertilization but after an initial sowing of a grass-legume mixture. The most balanced result, combining the production of timber of acceptable quality with the production of some herbage, was obtained with 240 stems per hectare. With initial sowing and fertilization, herbage production was about 75% of that of the control (cultivated meadows); with fertilization of the native sward, it was 60%. During the five years following the last fertilizer application, herbage production declined progressively, to stabilize at 30-40% of the control. With a density of 120 stems per hectare, some 40 stems per hectare broke down; with a density of 400 stems, too many poor trees were maintained, resulting in a prospect, ten years after thinning, of timber of heterogeneous quality. Sheep grazing had a mixed effect on tree seedlings : a better contact between seed and soil surface resulted in a better germination in spring than if there had been no grazing, but entailed a very large mortality later on. It was concluded that sheep grazing could be practised to initiate pine tree seed germination; then the sheep should be excluded for some years to allow the seedlings to develop. Hay meadows, sylvopastoral plots and protected areas for forest renovation are complementary in land management.