

INTÉGRATION DES TECHNIQUES DE DÉBROUSSAILLEMENT DANS L'AMÉNAGEMENT DE DÉFENSE DE LA FORêt CONTRE LES INCENDIES

par Jean-Charles Valette*, Eric Rigolot* et Michel Etienne**



Photo 1 : Coupure dans les Maures.

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

Introduction

En région méditerranéenne française, la forêt, au moins dans la partie non montagneuse de la région, est présente sous la forme de massifs de quelques dizaines d'hectares pour certains à plusieurs milliers d'hectares pour d'autres, parfois contigus entre eux et s'inscrivant dans le paysage

Définitions préalables :

Le **débroussaillement** consiste à réduire ou à modifier la structure des strates basses et intermédiaires du sous-étage de la forêt. Il rompt la continuité végétale qui donne de la puissance au feu et qui favorise le développement de l'incendie.

Le **pare-feu** est une zone sur laquelle la totalité de la végétation a été détruite afin de laisser le sol à nu.

La **coupure de combustible** est une zone débroussaillée, soit placée stratégiquement par rapport au comportement du feu, soit protégeant une voie de circulation, et sur laquelle sont réalisés des aménagements visant à casser le rythme des incendies.

* I.N.R.A., Laboratoire de recherches forestières méditerranéennes, Unité de prévention des incendies de Forêts, Av. A Vivaldi, 84000 Avignon

** I.N.R.A., Unité d'écodéveloppement, Domaine St Paul, 84143 Montfavet

méditerranéen. Ces massifs, autrefois mités par des exploitations agricoles, se sont progressivement refermés au rythme de la désertification du milieu rural, essentiellement depuis la seconde guerre mondiale. Les anciennes terres cultivées ou pâturees se sont embroussaillées et la forêt a entamé sa phase de reconstitution en faisant appel à des espèces pionnières comme, par exemple, dans les milieux karsiques, le pin d'Alep. La mise en oeuvre des récentes recommandations de mise en jachère de terres agricoles, élaborées par la C.E.E., va conforter cette évolution.

Or, la structure de ces formations confère longtemps une très forte combustibilité à ces milieux en raison de l'importance de la strate arbustive et du faible couvert relatif de l'étage arboré. Depuis toujours, ces peuplements ouverts ont payé un lourd tribut aux incendies qui constituent un facteur cyclique déterminant de leur dynamique.

Ainsi que l'indique Delabraise (1990c), les coupures de combustible cloisonnant le massif sont un excellent outil pour l'aménager dans le cadre de la défense contre les incendies (D.F.C.I.). Ces coupures peuvent être périphériques afin de réduire les risques d'entrée de feux agricoles ou périurbains, elles peuvent également internes pour "cantonner" le feu lorsque l'incendie y a éclos ou y a pénétré.

Certaines de ces coupures ont une vocation stratégique, à ce titre leur implantation doit être réfléchie par les services forestiers, en concertation avec les services de lutte, afin que leurs caractéristiques (site, orientation, largeur, niveau d'entretien, ...) les rendent opérationnelles en phase de lutte. La réalisation de ces ouvrages doit tenir compte d'autres contraintes liées à la nature des peuplements à protéger, au relief souvent chahuté et à l'accessibilité du site. Pour être opérationnelles, ces coupures doivent être desservies par des pistes carrossables et assurer elles aussi, une certaine sécurité aux équipes de lutte. Le réseau de chemins préexistants qui desservait des exploitations agricoles ou reliait des hameaux entre eux, est souvent dense mais mal adapté aux caractéristiques actuelles des véhicules (largeur, pentes en long et en travers). Il a dû être aménagé pour être intégré dans ce maillage. De nom-



Photo 2 : Coupure dans pin d'Alep à la Roque d'Anthéron, 1 an après le débroussaillement.

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

breuses pistes nouvelles ont aussi été ouvertes pour compléter ce réseau.

Qu'elles soient anciennes ou nouvelles, ces pistes doivent être ourlées de part et d'autre de coupures secondaires de sécurité sur lesquelles l'incendie perdra de la puissance surtout s'il progresse latéralement vers ces coupures. Qu'elles soient primaires ou secondaires, stratégiques ou d'accès, ces coupures doivent être régulièrement entretenues pour jouer effectivement leur rôle. La structure de la coupure doit donc être également pensée en intégrant les techniques d'entretien qui seront retenues (maintien ou non de la strate arborée, broyage préalable des cailloux, élaboration d'une bordure, mais également des usages du massif forestier (production, protection, récréation...)) particulièrement importants et variés en région méditerranéenne française.

Par exemple, si la coupure stratégique est destinée à réduire la puissance du feu et à permettre aux équipes de lutte de l'attaquer (barrières chimiques, feu tactique voire contre-feu, ...), la présence d'un tapis herbacé et arbustif ras est compatible avec ces opérations. Le gestionnaire forestier dispose d'une palette complète de techniques de débroussaillement qui peuvent être utilisées, seules ou combinées, pour entretenir ces coupures. Le CEMAGREF (1989) les a fort bien décrites et Delabraise (1990a) en a fait la synthèse.

Par contre, si la coupure est destinée à arrêter d'elle-même la progression du feu, il faut qu'aucun combustible n'y soit présent ou de façon plus réaliste qu'il ne subsiste qu'un combustible qui, en biomasse et en structure, ne constitue pas un vecteur du feu. Cette option qui tend à substituer à la notion classique de coupure de combustible celle de pare-feu, est non seulement réalisable dans certains milieux favorables, mais d'ores et déjà mise en oeuvre par certains gestionnaires.

Nous tenterons ci-après:

- de rappeler brièvement, dans une première partie, les avantages, les contraintes et les inconvénients de chacune des techniques en invitant le lecteur à se référer aux documents cités;

- et de décrire, dans une deuxième partie, selon quelques scénarios expérimentés, les avantages de combiner certaines de ces techniques pour atteindre, plus rapidement et plus économiquement, la structure et le niveau d'entretien des coupures compatibles avec le rôle qui leur est assigné.

Il ne s'agit pas de prôner des solutions passe-partout mais plutôt d'inciter le lecteur, l'aménagiste, le praticien à réfléchir à une combinaison optimale de techniques permettant un aménagement le plus efficace possible.

Les techniques d'entretien des coupures de combustible

Parmi les techniques disponibles, certaines sont d'un emploi classique (débroussaillement manuel, débroussaillement mécanique), d'autres sont d'un emploi plus controversé (phytocides), d'autres encore ne sont que d'un usage limité même si les premiers résultats sont encourageants (brûlage dirigé, pâturage contrôlé), d'autres enfin, mis en oeuvre depuis peu en milieu méditerranéen par quelques gestionnaires, n'ont pas encore été expérimentées par la recherche (dessouchage). Delabrage (1990a) souligne que "chaque méthode contribue à faire évoluer la composition floristique de la zone directement traitée, de façon caractéristique pour chaque procédure suivie et les outils adoptés, mais elle entraîne aussi des transformations du milieu des abords contigus au traitement dont il convient de prendre conscience".

Quelle que soit la technique employée, il est nécessaire de faire appel à des professionnels formés et compétents. L'amélioration de l'efficacité des techniques, la réduction des coûts, l'optimisation des solutions retenues passent obligatoirement par une formation des intervenants, sans pour autant chercher une spécialisation étroite qui ne permettrait pas de jouer sur la complémentarité des techniques.

Le débroussaillement manuel

Cette opération est réalisée avec des outils à main (serpes, scies d'élagage, ...) et des outils à moteur thermique portés à dos d'homme (débroussailleuses, scies à chaîne, ...). L'intervention manuelle permet de faire évoluer progressivement vers l'étage supérieur des individus de certaines espèces susceptibles de présenter, à terme, un port arboré (*Arbutus unedo p.e.*). Elle favorise également l'étage arboré par la sauvegarde de la régénération, l'élagage des verticilles inférieurs et la suppression des branches sèches et des fourches. La technique est souvent complétée par la mise en tas et le brûlage des résidus de coupe.

Pour ce qui est des conditions de tra-

vail, la pente en travers ne pose pas de problèmes sérieux tant qu'elle est inférieure à 100%. Les conditions climatiques ne sont pas une contrainte, sauf la pluie, comme pour tout travail manuel à l'extérieur. Le travail sur la strate arbustive est excellent dès lors que le milieu n'est pas trop caillouteux, par contre, il est sans effet bien particulier sur la strate herbacée, grossièrement fauchée. Cette technique accroît significativement le phytovolume et la phytomasse de la litière, sauf si les rémanents sont collectés et brûlés dans les zones non arborées. Cette dernière opération, classiquement réalisée par les chantiers des services forestiers, confère un aspect de propreté totale à la coupure, mais présente l'inconvénient d'échauffer le feuillage des arbres à proximité du lieu d'incinération, de favoriser les semis de cistacées (phénomène de rond de feu) et d'accroître notamment le coût total du débroussaillement. Ceci pose sérieusement la question de la rentabilité des fonds publics investis et de la comparaison avec les coûts d'autres techniques.

L'efficacité du débroussaillement manuel est limitée dans le temps, le milieu se "cicatrisant" en deux ou trois saisons de végétation, surtout quand la coupe est effectuée de fin automne à

début printemps, époque favorable au développement de rejets vigoureux (effet taille). Il est alors nécessaire d'effectuer régulièrement des repasses pour maintenir le phytovolume et la phytomasse des strates basses à leur niveau opérationnel. Certains praticiens signalent l'intérêt d'un premier débroussaillement de printemps suivi d'une repasse en fin d'été. En effet, la première coupe entraîne une forte mobilisation des réserves en hydrates de carbone du système racinaire pour fabriquer des rejets vigoureux qui sont éliminés avant que ces réserves n'aient pu être reconstituées. Cette procédure devrait entraîner un épuisement accéléré du système racinaire et donc retarder la cicatrisation du milieu. Mais sa pertinence est à évaluer sur une longue période et à comparer avec le schéma classique de passages réguliers car elle mobilise les équipes de travail toujours aux mêmes périodes de l'année et accroît notablement le coût des premières années d'intervention.

Pour conclure, compte tenu de son coût élevé en main-d'œuvre, cette technique est à réservier aux sites peu praticables par les autres techniques et à vocation essentiellement touristique (valorisation du travail bien fini et risque de départ de feu accru).

Le débroussaillement mécanique

Le CEMAGREF (1989) dans sa fiche n°12 présente les outils, les engins porteurs et l'organisation des



Photo 3 : Coupure dans le Var - Débroussaillement manuel et coupe.

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

chantiers qui en découle. Maillet et al. (1990) ont testé toute une série de matériels lourds et fournissent des prix de revient actualisés. Le fonctionnement de ces matériels sur des coupures de combustible arborées ou sur forte pente, pose des problèmes parfois insolubles. Souvent, avant tout autre travail, la restructuration de la coupe est nécessaire (réduction de la couverture arboree, constitution de bosquets non traités...). Il est même parfois nécessaire, en particulier quand l'engin de traction est à chenilles, d'effectuer un passage préalable du broyeur de cailloux qui rend le milieu plus "carrossable" et, par là, réduit les risques de panne et donc les frais de maintenance.

Les contraintes climatiques sont quasiment nulles. Le travail en courbes de niveau est possible sur les pentes en travers inférieures à 30%, le travail dans le sens de la pente est possible jusqu'à 60%, à condition de ne pas rencontrer de rupture brutale. Les reliefs accentués entraînent, de toute manière un accroissement considérable des coûts surtout lorsque le matériel travaille dans le sens de la pente et qu'il doit revenir en haut de la coupe par une autre piste.

L'opération, une fois la coupe restructurée, est sans effet sur la strate arborescente sauf des écorcages au collet préjudiciables au bon état sanitaire des arbres. Si cette technique réduit spectaculairement le phytovolume et la phytomasse de la strate arbustive, elle est à peu près sans effet sur la strate herbacée. Elle accroît considérablement le phytovolume et la phytomasse de la litière qui, ici, ne peuvent être aussi aisément réduits, le "broyat" étant peu aisément mobilisé. Le tableau I propose une fourchette des quantités de broyat déposées sur le sol pour une gamme de peuplements arbustifs méditerranéens français et selon qu'il s'agit d'un débroussaillement d'ouverture ou d'entretien.

La constitution d'un lit de matériel mort, riche en éléments fins, rend alors la coupe éminemment combustible, par des feux certes peu puissants et aux flammes de taille réduite, mais particulièrement rapides, surtout dans les secteurs où la coupe suit un "couloir à vent" (bien que cette situation soit peu rationnelle pour un pare-feu). Toutefois, si l'intervention a lieu en automne ou en hiver, une partie importante du broyat peut se décomposer au cours du printemps suivant, ce qui diminue d'autant la combustibilité.

	Ouverture				Entretien			
	H	R	P	Pg	H	R	P	Pg
Cistaie	1,2	90	16	11	0,5	50	3,5	2
Eriçaire	1,8	80	115	103	0,5	50	5	3
Callunaie	0,8	90	15	11	0,3	50	2,5	1
Cytisaeie	1,8	80	6	5,5	0,8	50	1	0,7
Kermes	0,7	100	33	28	0,4	50	8	6

H = Hauteur (cm) ; R = Recouvrement (%) ;

P = Phytomasse totale (t MS/ha) ;

Pg = Phytomasse grossière à décomposition lente (t MS/ha)

Tab. I : Quantité de broyat déposée après débroussaillement en fonction du milieu.



Photo 4 : Lit de broyat sous pin d'Alep après ouverture - Sénanque (84).

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.



Photo 5 : Broyeur à chaînes - Tracteur à chenilles.

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

Cette décomposition est d'autant plus rapide que le broyat est fin et que le milieu est biologiquement actif.

La "vitesse de cicatrisation" du milieu est liée au type de végétation broyée ainsi qu'à l'engin utilisé. Les peuplements dominés par des espèces

se régénérant par semis (majorité des Cistacées) se récupèrent plus difficilement que ceux dominés par des espèces développant des rejets et pour lesquels, comme précédemment, des repasses fréquentes seront nécessaires. Pour ces espèces, le travail est d'une

efficacité croissante selon que l'engin est muni de couteaux (souches sectionnées donc chicots dangereux et effet taille), de chaînes (souches lacérées mais rejets parfois couchés) ou de marteaux (souches déchiquetées et broyat fin).

Les coûts sont liés à la topographie, à la quantité de matériel végétal à broyer et à la présence ou non d'un marché concurrentiel. A titre d'exemple, des travaux sur terrain faiblement ondulé ont été facturés 6500 F/ha pour de l'ouverture de gros maquis et 3000 F/ha pour de l'entretien de repousses.

Les phytocides

Le CEMAGREF (1989), dans sa fiche 13, rappelle les modes d'actions des matières actives, précise les modalités des divers types de traitement selon qu'ils sont appliqués à partir d'engins terrestres, de matériaux portés dorsaux ou d'aéronefs et fournit quelques solutions-types. Les principaux phytocides présentent deux stratégies de pénétration (Delabrage, 1990b). La simazine, la chlortiamide ou le dichlobénil, le tébuthiuron, l'éthidimuron ou le thiazafuron sont des herbicides à absorption racinaire quasi-exclusive; le dalapon, l'hexazinone, le glyphosate, l'association 2,4-D + dichlorop ou le triclopyr sont des phytocides à absorption foliaire dominante ou exclusive.

L'emploi des phytocides permet d'allier souplesse et facilité d'application à un spectre étendu d'efficacités spécifiques pour des matières actives à pénétration foliaire, comme le glyphosate et le triclopyr par exemple (Delabrage, 1990a). Toutefois, il y a risque d'entraînement des matières actives à action racinaire hors de la zone traitée, essentiellement par colluvionnement (1). De même, une certaine toxicité a été observée vis à vis d'espèces arborées, ce qui conduit à n'utiliser ces matières actives à action racinaire que dans des sites particuliers, sur les périphéries de zones sensibles (décharges publiques, aires de stockage

(1) - N.d.e. : **Colluvionnement** : Dépôt de matières résultant d'un remaniement voisin.

(2) - N.d.e. : **Phénologique** : relatif à la répartition dans le temps des phénomènes périodiques caractéristiques du cycle vital des organismes dans la nature.

(3) - N.d.e. : **Anastomose** : interconnexion, par exemple de tissus, aboutissant à la formation de réseaux.

de produits pétroliers ou de gaz...) ou sur une partie seulement de la coupe. Enfin, les conditions phénologiques (2) et climatiques d'emploi des matières actives à pénétration foliaire (systémiques) sont assez restrictives.

Ces réserves étant faites, cette technique, correctement utilisée, donne des résultats remarquables. Valette (1986) illustre l'action durable du glyphosate à 4320 g/ha pour détruire la strate herbacée ainsi que certaines espèces ligneuses. Il indique toutefois que les traitements de printemps, les plus efficaces, entraînent la constitution, l'été venu d'un "paillasson", complètement desséché et hautement inflammable ce qui va totalement à l'opposé du but recherché. De même, le triclopyr à 3000 g/ha contrôle certains ligneux tout en préservant le tapis de graminées. Ce composé n'étant efficace que sur certains végétaux ou groupes de végétaux, l'action sur le phytovolume et la phytomasse des strates arbustives et herbacées est plus irrégulière, les effets ne se manifestant que progressivement. Elle ne réduit en rien le phytovolume et la phytomasse de la litière. Elle est sans action directe sur l'étage arboré dès lors que l'application est réalisée correctement. Toutefois, des phytotoxicités entraînant la mort peuvent se manifester sur certaines espèces ; dans ce cas, le gestionnaire doit choisir entre le maintien de l'espèce sensible et l'emploi de la matière active. Certains transferts de matières actives systémiques peuvent également se produire par anastomose(3) entre les systèmes racinaires des espèces arborées et des espèces arbustives, expliquant ainsi la relative

sensibilité de *Pinus pinaster* au triclopyr.

Les contraintes climatiques (pluie, vent, sécheresse...) sont un sérieux frein à l'emploi de cette technique. Par contre, parce qu'il est possible avec certains équipements de traiter la coupe depuis la piste, le relief de la coupe et la présence de cailloux ou d'affleurements rocheux ne posent aucune difficulté.

La rémanence des effets est variable ; la cicatrisation du milieu est, en général, moins rapide qu'avec les débroussailllements manuels ou mécaniques. Bien que le coût de cette technique doive intégrer celui de la matière active et de ses adjutants éventuels, en plus de l'application et de l'approvisionnement en eau du chantier, cette rémanence plus longue permet d'obtenir, à moyen terme (sur cinq saisons de végétation par exemple) un meilleur rapport efficacité/coût et l'éradication d'espèces indésirables. Le marché des traitements à vocation D.F.C.I. étant relativement peu développé, nous fournissons, à titre d'exemple, deux cas récents d'application :

- Traitement au triclopyr (Garlon 4F) de repousses de chênes kermès de 50 cm de hauteur. Une forte dose de 10 litres de spécialité à l'hectare (4800 g/ha de matière active) a été appliquée, avec un produit à 250 F/litre soit 2500 F/ha de produit, auxquels s'ajoutent 1000 F/ha d'épandage à la rampe, soit un coût total de 3500 F/ha.

- Par contre du fait du moindre coût de la matière active, un traitement de bord de route à la turbine à la fosamine



Photo 6 : Epandage de phytocide.

Photo J. Maréchal / I.N.R.A.

ammonium (Krénite) se négociait, début 1992, de 600 à 700 F/ha. Quand le terrain est trop pentu ou que le peuplement est trop dense, le chantier doit être réalisé à la lance et pourtant il se négocie à peine plus cher, 1000 F/ha.

En conclusion, on peut dire qu'en raison de l'aspect de la coupure de combustible, au moins dans les mois qui suivent l'application, l'emploi exclusif des phytocides sera réservé aux secteurs où le rôle récréatif de la forêt est limité.

Le brûlage dirigé

Les premières opérations pratiques, sur les coupures de combustible, ont été réalisées en France par l'unité de prévention des incendies de forêt de l'I.N.R.A. dans les années 1981-1982. Depuis, de nombreux travaux ont été réalisés dans les principaux écosystèmes forestiers méditerranéens par cette équipe de recherches, relayée par d'autres équipes dans d'autres milieux et avec d'autres objectifs, rénovation de pâture par exemple. La fiche 15 du CEMAGREF (1989), Lambert & Parmain (1990), Delabraise (1990a) font le tour complet des caractéristiques de cette technique et des contraintes de sa mise en oeuvre. En entretien de coupe arborée, pour que la conduite soit aisée, il est conseillé que le couvert soit préalablement relevé, que les tiges et brins mal venants ou dépréssants soient éliminés, et que des bordures de sécurité soient créées. Celles-ci sont réalisées soit, à l'avancement du chantier, par débroussaillage manuel d'un passe-pied, ou bien ouverture d'un filet au débroussaillage mécanique ou à la charrue, ou bien en employant la technique de la ligne humide au fur et à mesure de la mise à feu ; soit, de façon plus durable, en utilisant très localement des herbicides de position qui vont débarrasser le sol de toute végétation sur l'emprise de cette bordure.

Trois contraintes d'utilisation du brûlage doivent être soulignées : absence de continuum entre les strates basses et la strate arborée, siccité du vecteur du feu et conditions climatiques strictes du jour de mise à feu.

Ce dernier aspect est très contraignant car la période favorable peut être étroite, surtout si au cours de l'hiver, saison de prédilection pour la conduite du brûlage dirigé, se succèdent des périodes pluvieuses où le feu ne peut être allumé en raison de la trop forte humidité du combustible et des périodes ventées où le feu ne peut plus être contrôlé.

Correctement conduit, le feu devrait être sans effet sur la strate arborée ; en fait, des dommages au feuillage et au tronc sont souvent observés. Plus spectaculaires que dangereux pour les arbres, les dommages foliaires ne présentent en général pas de risques importants pour la survie des individus. Les dommages au tronc posent plus de problèmes et ont fait l'objet d'études approfondies : les dommages thermiques sous-corticaux engendrent parfois des dépréssions différées notamment sur les essences à écorce fine telles que *Quercus ilex* et *Acer monspessulanum* (Maréchal & Valette, 1988). En général, ce processus est rapide (moins d'une saison de végétation) mais, dans le cas où les tissus sous-corticaux ne sont pas totalement détruits, il peut s'étaler sur deux, voire trois, saisons de végétation. Quelle que soit cette durée, ce transfert de phytovo-

1990). En effet, lorsque la coupe est étroite, l'essentiel du travail consiste à mettre à feu puis à éteindre le front de flammes avant même qu'il ait pu atteindre son régime d'équilibre. Le temps passé, et donc le coût, dépendent alors très étroitement de la largeur ou plus exactement de la surface traitée par unité de longueur de la coupe. En effet, accroître la largeur de la coupe, la doubler, voire la quintupler, ne majore que peu les coûts de mise en œuvre et réduit dans les mêmes proportions le coût à l'hectare.

A la différence des techniques précédentes, le brûlage réduit immédiatement la phytomasse des strates arbustives et herbacées, et très notablement le phytovolume et la phytomasse de la litière. Le relief chahuté de la coupe et la présence de blocs de rochers affleurant ne sont pas des obstacles à l'emploi de la technique, mais peuvent



Photo 7 : Brûlage d'andain sur pare feu dessouché - La Mole

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

lume et de phytomasse de la strate arborée à la strate arbustive est totalement incompatible avec l'objectif D.F.C.I. fixé aux coupures. Le gestionnaire devra donc obligatoirement choisir entre le maintien des individus à écorce fine sur l'emprise de la coupe et l'emploi du brûlage dirigé. En revanche le chêne pubescent et les pins méditerranéens en général ont une épaisseur d'écorce leur permettant de supporter ces feux de faible intensité.

La structure linéaire de la coupe n'est pas très favorable à la conduite du feu, même si des modes de conduite originaux ont été mis au point et donnent toute satisfaction (Valette et al.,

occasionnellement entraîner un arrêt localisé du front de feu.

La durée d'efficacité du brûlage dirigé est légèrement inférieure à celle des débroussaillages manuels pour ce qui est des strates herbacées et arbustives, sauf pour les peuplements de Cistacées dont la régénération par semis est stimulée par le passage du feu. L'effet sur la litière est ressenti à beaucoup plus long terme. Des traitements de rappel sont donc à prévoir, à condition que le combustible se soit reconstitué en quantité suffisante pour que le feu se propage et que la strate arborée supporte la répétition de brûlages. L'unité de prévention des incendies de

Référence	Objectif	Combustible	Site	Surface	Travaux préparatoires	Coûts Brûlage	Total	Coût Total/ha
Guiton 1992	DFCI	Chêne kermès et brachypode sous futaie de pin d'Alep	Coupure linéaire 2 + 25 m	6,5 ha	1500 F	27500 F	29000 F	5000 F/ha
Robion 1991	Pastoral	Tapis herbacé, thym lavande, bouquets de genêts à balai		50 ha	0	8000 F	8000 F	160 F/ha
Robion 1991	Pastoral	Refus de pâture importants et broussailles peu développées sous couvert de chêne pubescent		4 ha	13250 F	7000 F	20250 F	5060 F/ha
Robion 1990	DFCI	Hautes herbes et cistes genêts et broussailles diverses		6 ha	2000 F	7000 F	9000 F	1500 F/ha
Lambert 1991	Pastoral	Lande à Genêts purgatifs de 70 cm	Estive	50 ha	0	5400 F	5400 F	108 F/ha
Binggeli 1992	DFCI	Andains de dessouchage broyat dans chênaie et rémanents divers	Coupure bord de route 2 + 50 m	30 ha	0	15000 F	15000 F	500 F/ha

Tab. II : Quelques exemples de coûts de chantiers de brûlage dirigé.

forêt a mis en place des dispositifs destinés à résoudre ce problème, mais ils ne livreront pas avant l'an 2000 les premiers enseignements fiables.

La jeunesse de la technique d'une part et la diversité des objectifs assignés, des milieux traités et des logistiques mises en oeuvre d'autre part, ne permettent pas encore d'avancer des coûts de réalisation moyens. Il est néanmoins possible d'illustrer cet aspect à l'aide de quelques exemples types regroupés dans le tableau II. Les valeurs enregistrées montrent que les chantiers sont d'autant moins coûteux que les bandes de sécurité (travaux préparatoires) sont réduites par rapport à la surface totale traitée et que le couvert arboré est faible. Quoiqu'il en soit, les coûts à l'hectare restent concurrentiels par rapport à ceux des autres techniques.

Signalons pour conclure que, malgré les réserves précédentes et des informations encore incomplètes, le brûlage dirigé n'en est plus au stade expérimental. En effet, dans chaque département de la façade méditerranéenne, une équipe spécialisée (pastoralistes, forestiers, pompiers, agents de collectivités territoriales...) le met en œuvre ou se propose de le faire (Rigolot, 1991). Toutefois, il s'est avant tout développé en zones de pré-montagnes, sur des landes non-arborées, comme support aux écoubages à vocation pastorale (Lambert & Parmain, 1990). Enfin, une retombée intéressante est l'utilisation des opérations de brûlage dirigé pour entraîner les forces de lutte contre les incendies à "manipuler" le feu, en dehors des périodes de hauts risques.

Le pâturage contrôlé

Plusieurs études décrivent les modalités d'utilisation du pâturage pour l'entretien des débroussailllements ainsi que les contraintes particulières à cette activité (Etienne et al., 1989 ; I.N.R.A./C.E.R.P.A.M., 1990). En France, les premières opérations de réintroduction du bétail en forêt ont mis en évidence les réticences des forestiers échaudés par les anciennes pratiques de surpâturage et les préoccupations des éleveurs soucieux du fonctionnement global de leur exploitation. Le cantonnement des troupeaux sur des zones considérées "défensables" et la recherche d'un impact fort exclusivement sur les coupures de combustible ont aidé depuis à faire évoluer les mentalités. La fiche n°14 du CEMAGREF (1989) dresse un état comparatif des impératifs du forestier et de l'éleveur et décrit quelques solutions susceptibles de les concilier.

Le choix du bétail à faire paître dépend des objectifs de l'éleveur, de l'activité des filières économiques en aval mais également de la nature et de la structure des écosystèmes. La valeur fourragère des strates sub-forestières étant souvent faible, l'éleveur utilise la coupure de combustible quand le bétail présente de faibles besoins à moins que la ration alimentaire ne puisse être complétée par ailleurs (distribution de mélasse, surface fourragère d'appoint). Les femelles parturientes ou allaitantes, par exemple, auront du mal à équilibrer leurs besoins si elles ne disposent pas dans la forêt même ou à proximité de surfaces fourragères de qualité utili-

sables en "soupade" (4). Il est alors astucieux de prévoir l'implantation de ces zones comme appui au réseau D.F.C.I. (coupures vertes) ou bien sur des portions de pare-feu favorables (relief modéré, couvert arboré moyen). L'implantation de clôtures et la création de points d'eau sont généralement nécessaires pour faciliter la gestion des troupeaux.

Le pâturage contrôlé, plus encore que le brûlage dirigé, est mal valorisé lorsque les coupures sont linéaires. Par contre, lorsque la structure de la coupe est alvéolaire, lorsque les distances à parcourir entre la zone à pâture et l'exploitation sont raisonnables, il constitue une méthode de débroussaillage de fond. Toutefois, quelle que soit la structure de la coupe, quel que soit l'écosystème forestier concerné, quelles que soient les espèces constitutives des strates herbacée et surtout arbustive, le pâturage, aussi contrôlé soit-il, laissera en place des "refus". Ces îlots pourront être maintenus s'ils sont peu nombreux et s'ils couvrent une faible surface mais devront impérativement être éliminés, en faisant appel à d'autres techniques, si les espèces non consommées sont trop dynamiques.

Le pâturage des ovins est d'autant plus aisé à conduire que le tapis herbacé est riche, continu et varié. Une strate arborée dense, au couvert bien relevé, est favorable à ce type de pâturage car

(4) La **soupade** est un repas de courte durée effectué en début ou en fin de journée sur des prairies de très bonne qualité

les ovins ont du mal à mettre en valeur des milieux fermés. Le pâturage des caprins, étroitement contrôlé, donne d'excellents résultats dans des milieux riches en ligneux bas car les chèvres pénètrent beaucoup mieux dans des strates arbustives fermées et recherchent intensément le feuillage des espèces ligneuses (Etienne et al., 1985 ; Léouffre, 1991). Enfin, des opérations pilotes, réalisées avec des animaux plus lourds et plus frugaux, ont également donné d'excellents résultats : ânes ou taureaux dans des zones à *Quercus coccifera*, bovins ou chevaux dans des formations à *Quercus suber*, *Quercus ilex* ou *Quercus pubescens*. La transhumance inverse de troupeaux de génisses dans les forêts et maquis du Var ou des Pyrénées Orientales est d'ailleurs la modalité qui s'est le plus développée au cours de ces dernières années.

L'impact du pâturage est conséquent sur deux composantes du combustible : il en modifie partiellement la structure par écrasement mécanique (essentiellement lié au piétinement) et il en réduit la phytomasse par consommation. L'effet mécanique est proportionnel au poids de l'animal et au niveau de chargement, il est particulièrement effectif sur les rémanents qu'il casse et tasse sur le sol (Genin, 1985). L'effet d'aboutissement est plus complexe à définir car de nombreux facteurs extérieurs entrent en jeu (topographie, complément nutritif, phénologie, apprentissage, espèces dominantes...) qui s'ajoutent à l'espèce animale choisie. De toute façon, l'impact de l'animal sur la strate arbustive est toujours incomplet, souvent dispersé et sélectif (Combier, 1990 ; Pirat, 1991). Il n'intervient que comme un frein au développement des repousses. Par contre son utilité dans le contrôle du tapis herbacé est indéniable, le nettoyage du combustible fin d'origine herbacée étant parfaitement assuré par une pression de pâturage soutenue en fin de printemps.

Il est particulièrement performant quand il est associé à des opérations d'amélioration pastorale directement pratiquées sur la coupure de combustible. En effet, le développement d'une strate herbacée de bonne qualité freine substantiellement les repousses (Etienne et al., 1991) et stimule leur consommation (Combier, 1990 ; Pirat, 1991). L'intervention avec des moyens mécaniques pour l'entretien ne devient alors nécessaire que tous les 5-6 ans.



Photo 8 : Pare feu avec ou sans sursemis.

Photo M. Etienne

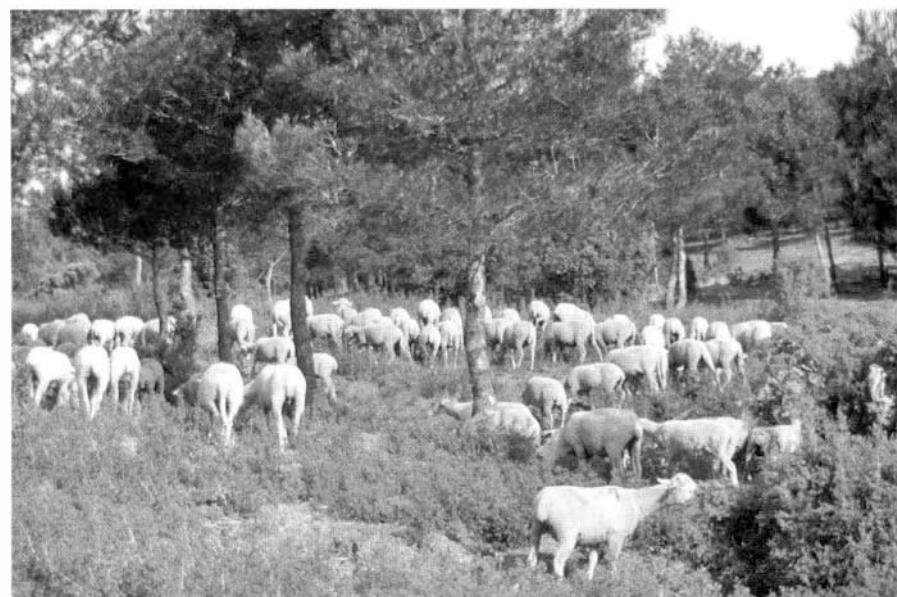


Photo 9 : Pâturage ovin en boisement.

Photo M. Etienne

Sur le plan économique, il n'existe pas de coût moyen, car les dépenses liées à l'aménagement pastoral et à la conduite des troupeaux sur coupures de combustible sont fonction des ressources spontanées, du maillage D.F.C.I., ou du type d'élevage en jeu (exploitation agricole à proximité, transhumance hivernale, installation en forêt).

Comme les autres techniques, voire plus encore, le pâturage contrôlé ne peut être mis en oeuvre que par des techniciens compétents : éleveurs soucieux du bon état de leur troupeau, acceptant pleinement de faire jouer un rôle d'entretien des aménagements D.F.C.I à leur bétail tout en préservant l'équilibre financier de leur exploitation. Des expériences en

vraie grandeur, suivies par l'I.N.R.A. et le C.E.R.P.A.M., s'appuient sur des relations contractuelles entre les services forestiers et des éleveurs qui perçoivent une indemnité au prorata de l'efficacité de l'entretien effectué par le troupeau. En général, ces opérations entraînent des réaménagements des coupures de combustible tant au niveau de leur structure (alvéoles, points d'eau) que de leur assiette (surface, gradient topographique, coupure verte) pour que soient minimisés les frais d'exploitation de l'éleveur, et que ces coupures restent pleinement intégrées au maillage D.F.C.I. Cette technique, pour donner pleinement satisfaction, doit s'appuyer sur un dialogue débouchant sur un accord entre le forestier et l'éleveur.

Le dessouchage

Cette technique, non encore suivie expérimentalement, dérive de celle qui est employée dans les plantations de *Pinus pinaster* dans les Landes, sur la façade atlantique. Les coupures de combustible qui quadrillent ces peuplements sont non-arborées et sont systématiquement entretenues par le passage de la charrue à disques, type "cover-crop", le terrain sablonneux facilitant considérablement l'opération. En milieu méditerranéen la faisabilité de ces travaux est conditionnée par la nature de la roche-mère. Souvent beaucoup trop coûteux pour être réalisés sur une largeur significative en milieu calcaire où les sols sont trop superficiels, ils trouvent par contre bien mieux leur place en milieu cristallin, et sont déjà mis en œuvre notamment par les S.I.V.O.M. du Pays des Maures et du Centre Var.

L'objectif est à la fois l'élimination totale du combustible sur la zone traitée et une déstabilisation des souches qui entraîne un taux de repousse plus faible des arbustes par rapport au broyage classique. Au regard de ces objectifs et des types d'engins utilisés, on préférera le terme général de dessouchage à celui trop restrictif de labour.

Deux types de chantiers se distinguent selon que le dessouchage est opéré par bandes ou sur l'ensemble de la coupure. Dans le premier cas, l'objectif est d'adoindre aux coupures débroussaillées classiques, une ou plusieurs bandes à "sol nu" (pare-feu vrai) qui contribueront à empêcher un feu courant de franchir la coupure. Pour conserver leur efficacité durant toute la période estivale, ces bandes doivent être entretenues annuellement au début de la période de risque et après le recrû de printemps. Techniquement, cela consiste, là où les sols le permettent, à dessoucher une bande de 2,5 m de large (un passage), ou mieux de 5 m de large (deux passages). Ces bandes judicieusement placées peuvent éventuellement servir de support à l'allumage d'un contre-feu. En dehors de la période de haut risque, le reste de l'emprise de la coupure peut être entretenu par d'autres techniques. Dans le cas où le brûlage dirigé est la technique retenue, ces bandes seront localisées en bordure externe de la coupure et constitueront d'excellentes bandes de sécurité pour la mise à feu, puis la conduite du brûlage ; l'investissement est alors mieux amorti. Ces

bandes de sécurité ont été utilisées avec succès sur les chantiers de brûlage des Forestiers-Sapeurs de Lambesc (Bouches du Rhône).

Dans le cas du traitement de l'ensemble de la coupure, la solution technique qui semble donner les meilleurs résultats consiste en deux passages successifs la même année, le premier avec une lame Fleco ou un godet munis de dents, et le second avec des griffes du type Chizel ou une charrue à disques du type Crabe. Le premier passage seul ne suffit pas car les souches et notamment celles de l'arbousier, sont fragmentées et enterrées, et chaque fragment produit de nouveaux rejets. Le deuxième passage les ramène en surface et le taux de repousse est alors bien moindre. Ce deuxième passage assure le niveling du terrain qui a été fortement perturbé par le premier décapage. Le Chizel semble plus fragile que le Crabe, lequel est équipé de disques dentelés indépendants et articulés. L'essentiel des travaux réalisés par le S.I.V.O.M. des Maures correspond actuellement au nettoyage de zones incendiées, ce qui peut s'apparenter à de l'entretien. Pour les travaux d'ouverture, quand les pentes sont trop fortes pour être gyrobroyées, le dessouchage a été préféré au débroussaillement manuel jugé trop coûteux. La moins bonne visibilité dans la végétation haute se traduit par un travail souvent grossier, et une finition manuelle s'avère le plus souvent nécessaire, ce qui accroît le coût du chantier. Ces chantiers restent cependant volontairement limités en surface compte tenu de leur impact psychologique sur les populations riveraines. L'ouverture d'une coupure de combus-

tible heurtant déjà les sensibilités, on préfère reporter, quand c'est possible, le dessouchage au premier entretien, et on a intérêt à laisser quelques bouquets d'arbres et quelques touffes d'arbisseaux comme l'arbousier ou le myrtle.

En plus des contraintes paysagères et d'érosion des sols liées à la topographie et au substrat, il faut mentionner les risques de chablis en bordure du dessouchage, sur certains substrats ou dans les régions ventées, en particulier avec les essences forestières à enracinement superficiel.

Ce type d'intervention favorise l'installation d'une strate herbacée au détriment de la strate arbustive. Sans intervention complémentaire, le milieu est donc rendu plus inflammable, mais les feux qui s'y développent sont plus facilement contrôlables. Toutefois, l'énorme quantité de matériel végétal et d'humus ratissée par les engins est amoncelée sous la forme d'andains trop souvent placés en bordure de coupure. Dans la mesure du possible, ces andains sont partiellement enfouis, sinon ils doivent être éliminés par une autre technique car ils constituent une accumulation de combustible inacceptable sur une coupure de combustible.

A titre d'exemple, les coûts des chantiers réalisés pendant l'hiver 1991-1992 dans le massif des Maures varient entre 3500 F/ha et 5500 F/ha pour le premier passage avec lame ou godet incluant une éclaircie de la strate arborée, et 1200 à 1800 F/ha pour le second passage avec griffe ou disques dans le cas d'un entretien, alors qu'en ouverture, le premier passage avec lame ou godet revient à 4500 F/ha complété par une finition manuelle à environ 2000 F/ha.



Photo 10 : Souche de bruyère dessouchée.

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

Combinaisons de techniques



Photo 11 : Dessouchage, fertilisation et sursemis avec le DUTZI.

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

A plusieurs reprises, au sein du chapitre précédent, il a été souligné que l'emploi de telle ou telle technique demandait, au préalable, que la coupure soit restructurée (relèvement du couvert pour le passage des engins, création de bandes latérales de sécurité...). Il a également été indiqué que les effets, ou les impacts, d'une technique sur telle ou telle strate doivent être complétés par l'emploi d'une autre technique (élimination du broyat résultant du débroussaillement mécanique, suppression des charpentes détruites par les phytocides, résorption des refus de pâture...). Depuis plus de cinq ans, l'Unité de prévention des incendies de forêt et l'Unité d'écodéveloppement de l'I.N.R.A. d'Avignon, recherchent des solutions combinant deux techniques, voire plus.

Ces combinaisons sont de deux natures, elles consistent :

- soit à juxtaposer presque simultanément deux techniques sur la coupure comme, par exemple, la création de bandes de sécurité latérales (débroussaiillées, traitées chimiquement ou brûlées à l'avancement) bordant le centre de la coupure traitée au brûlage dirigé ;

- soit à échelonner dans le temps les interventions en définissant alors un véritable itinéraire technique.

Dans ce second cas, les opérations s'inscrivent dans un plan pluriannuel d'entretien, le gestionnaire renonçant alors au résultat spectaculaire, immédiat mais souvent fugace, pour un résultat, moins spectaculaire certes, mais

plus durable et généralement moins coûteux.

Des dispositifs expérimentaux ont été installés depuis 1985 dans ce but, les premiers résultats sont encourageants. Ils mettent en évidence la complémentarité des techniques et, surtout, ils identifient des combinaisons qui conduisent à des impasses (Valette et al., 1990; Valette & Rigolot, 1991; Bertrand et al., 1991). Les principales combinaisons testées sont présentées ci-après.

Débroussaillement mécanique puis brûlage dirigé

Le débroussaillement mécanique constitue un lit de broyat très inflammable en été et qui rend la coupure très combustible. Si ce débroussaillement est réalisé en automne, ou en hiver, il est possible de résorber le broyat par un brûlage dirigé qui sera conduit sans aucune difficulté dans ce combustible qui assure un continuum horizontal. La date de mise à feu est à choisir selon l'objectif à atteindre :

- à l'issue d'une période de sécheresse si le brûlage doit éliminer non seulement le broyat mais également la litière pour dégager le sol nu (strict objectif D.F.C.I.),

- après une période un peu humide si la couche de litière en voie de décomposition est à conserver pour protéger le sol (sauvegarde de la mi-

crofaune, de la microflore et de la banque de graines).

L'importance des surfaces concernées par cette combinaison, l'intérêt qu'elle présente conduit l'unité de prévention des incendies de forêt à entamer des études approfondies, sur son banc d'essai, en vue de modéliser la propagation du feu dans le broyat (Dupuy, 1991). Elle devrait amener également à étudier la vitesse de décomposition des broyats en fonction des espèces, de l'activité biologique du milieu ou de techniques associées (fertilisation, pâturage,...).

Cette combinaison convient également lorsque, sur la coupure à traiter par le brûlage dirigé, la strate arbustive assure le continuum vertical entre les cimes et le sol. En rabattant, préalablement au brûlage dirigé, les individus de cette strate, le feu se propage mieux à l'horizontale et les flammes étant plus courtes, les risques de dessèchement foliaire des cimes, voire d'embrasement, sont réduits. Cette opération a été testée sur quelques parcelles du dispositif de Mazaugues (Var).

Débroussaillement et pâturage contrôlé

Le pâturage, surtout s'il n'est pas introduit immédiatement après le débroussaillement, laisse en place des refus. Si ceux-ci sont concentrés en îlots, ils sont facilement éliminés à moindre coût par le débroussaillement manuel. Par contre, lorsque ces refus sont diffus, l'éleveur devra faire appel à des moyens mécaniques plus lourds qui peuvent rapidement grever les frais de l'exploitation. Par contre, le pâturage contrôlé combiné avec des améliorations pastorales évite la "cicatrisation" rapide du milieu tout en accélérant la décomposition du broyat et en "nettoyant" régulièrement le tapis herbacé. Cette combinaison diminue donc d'autant les risques de propagation du feu en été et réduit notamment la fréquence des débroussaillements d'entretien.

La combinaison inverse a également été testée en utilisant des caprins pour nettoyer le sous-bois de taillis de chêne vert, en préalable à la création d'un pare-feu. Dans ce cas, le pâturage facilite l'accès aux cépées et rend plus aisés le travail de restructuration de la coupure (éclaircie du peuplement, relèvement des houppiers) puis, après le passage des bûcherons et des équipes de débroussaillement, assure le contrôle partiel des repousses.

Les nombreuses études en vraie grandeur et les nombreux suivis d'exploitations pastorales réalisés par l'I.N.R.A. et le C.E.R.P.A.M. permettent de définir les conditions d'une optimisation de la combinaison qui sauvegarde les intérêts de l'éleveur et du forestier (I.N.R.A.-C.E.R.P.A.M., 1991).

Phytocides et débroussaillement

Cette combinaison est susceptible d'améliorer significativement la durée des effets du broyage en évitant le recrû brutal de la végétation dès la première saison de végétation qui suit le débroussaillement.

L'application de phytocides systématiques (glyphosate ou triclopyr) en début d'automne, lors de la reprise partielle de la végétation après la pause estivale entraîne l'accumulation, au printemps suivant, de végétaux morts dont le feuillage sec tardera à tomber. Un débroussaillement de printemps va permettre de supprimer ces charpentes avant l'été tout en ayant laissé le temps aux matières actives de migrer dans la rhizosphère⁽⁵⁾ des végétaux et de la détruire.

A l'inverse, cette combinaison peut être également réalisée en broyant la végétation non traitée, puis en appliquant un phytocide de position type urée substituée (éthidimuron) qui bloquera le recrû et empêchera les nouvelles germinations. Cette seconde méthode est à réservier aux zones à haut risque de feu (périmètre de décharge par exemple) en raison du risque d'entraînement de la matière active et ne peut être utilisée que sous des peuplements résineux (pinède de pin d'Alep), les espèces feuillues étant en général beaucoup moins résistantes.

Phytocides et brûlage dirigé

L'unité de prévention des incendies de forêt est à l'origine de l'utilisation de cette combinaison sur la façade méditerranéenne, des travaux antérieurs ayant toutefois été réalisés par quelques équipes nord-américaines. La première combinaison, brûlage dirigé puis phytocides, "brûler puis brunir" (Valette et al., 1990) s'apparente à la première variante de la combinaison précédente.

(5) - N.d.e. : Rhizosphère : milieu où vivent les racines.

Comme elle, elle permet d'appliquer les phytocides à la période d'efficacité maximum des matières actives. Comme elle, elle nécessite que les rejets après le feu soient suffisamment développés. Elle présente toutefois la supériorité d'avoir considérablement éliminé la litière et le tapis herbacé, et ce durablement quand il y a application simultanée de matières actives (exemple : glyphosate + simazine) qui empêche de nouvelles germinations.

La seconde combinaison, phytocides puis brûlage dirigé, "brunir puis brûler" (Valette et al., 1990) poursuit le même objectif que la seconde variante de la combinaison précédente. Les phytocides sont appliqués à la même période mais le brûlage dirigé est appliqué un peu plus tôt que le débroussaillement. Cette combinaison présente l'avantage de ne pas maintenir sur la coupure un broyat inflammable mais demande l'existence d'un tapis d'aiguilles, de feuilles, ou d'herbacées, pour que le feu se propage régulièrement et consomme les charpentes.

Sur le dispositif de Mazaugues, des impasses ont été identifiées (Valette et al., 1990). L'application en plein du glyphosate élimine la strate herbacée ; les ligneux peu sensibles à cette matière active (*Erica arborea* ou *Erica scoparia*), rejettent d'autant mieux qu'ils profitent de l'absence de concurrence. Ce déséquilibre va s'amplifier avec le temps si bien que la strate arbustive doit être à nouveau éliminée en deux ou trois saisons de végétation. Faute de litière (couvert arboré clair) et d'herbacées, le brûlage dirigé ne peut être appliqué; seul le débroussaillement manuel, mécanique lorsque le relief le permet, est utilisable. Dans de tels cas, il est préférable de chercher, dans un premier temps, à éliminer la strate arbustive, sans toucher au tapis herbacé, par une application très localisée de glyphosate ou une application en plein de triclopyr. L'application en plein de glyphosate, pour éliminer durablement le tapis herbacé, ne sera effectuée que lorsque le milieu sera stabilisé. Entre temps, l'emploi régulier du brûlage dirigé aura été possible.

Phytocides puis pâturage contrôlé

La sélectivité des matières actives permet d'utiliser ces débroussaillants pour ouvrir un milieu, en détruisant les ligneux, sans toucher aux herbacées. Mais les charpentes des arbustes restent

sur pied. L'éclaircissement au sol et la réduction de la compétition entraînent un bon développement des herbacées qui peuvent être suffisamment attractives pour inciter les animaux à pénétrer dans ces charpentes, surtout si l'éleveur en a profité pour sursemer. Les animaux lourds comme les bovins et les équins font alors un excellent travail mécanique en rabattant l'essentiel des végétaux morts. Pour des animaux plus légers, caprins et surtout ovins, la tâche est plus rude et l'efficacité moindre, l'effet du piétinement ne s'exerçant que sur les petits ligneux (cistes ou romarin par exemple). Toutefois, les rejets de certaines espèces arbustives (genêt, bruyère arborescente par exemple) peuvent être fortement abrutis, en particulier par le pâturage des caprins.

Il est intéressant de noter que si les ovins ne tirent profit que du tapis herbacé, l'emploi du glyphosate est alors exclu. Par contre, les caprins ou les ânes sont tout à fait en mesure de tirer profit de ligneux bas comme *Quercus coccifera* qui est plutôt résistant au triclopyr.

Il va de soi que ces techniques ne sont complémentaires que si les produits de dégradation des matières actives ne pénètrent pas dans la chaîne alimentaire (viande ou lait), la toxicité des matières actives et de leurs produits de dégradation étant très attentivement étudiée avant la mise sur le marché. Il faut reconnaître que, malgré son intérêt, cette combinaison est peu employée.

Brûlage dirigé puis pâturage contrôlé

Cette combinaison est l'héritière directe de pratiques ancestrales des éleveurs, encore employées de manières plus ou moins sauvages. La mise en oeuvre du brûlage dirigé dans les Alpes-Maritimes par l'équipe spécialisée de l'O.N.F., est en relation directe avec cette pratique de même qu'une part importante de l'activité de l'équipe montée par la Société d'élevage des Pyrénées orientales (Lambert & Parmain, 1990).

L'opération en soit est simple, elle consiste à éliminer par le feu les refus de pâture diffus (réénérgénation des pâtures), voire à ouvrir le milieu en friches ou embroussaillé pour permettre la pâturage.

Le dispositif expérimental de l'unité de prévention des incendies de forêt au Baroux (Valette & Rigolot, 1991) est destiné à préciser les modalités de

conduite de l'opération sur d'anciennes terres agricoles, abandonnées depuis la fin de la seconde guerre mondiale. Cette opération présuppose que l'éleveur soit motivé et qu'il s'engage à maintenir une pression de pâturage soutenue même si le milieu n'est pas ouvert en totalité dès le premier feu. Les observations prouvent que des animaux, même de petite taille comme les caprins, sont tout à fait à même de tirer profit de ces espaces surtout si l'éleveur, par des interventions ponctuelles et des façons culturelles convenables, vient en aide aux animaux.

Un grand engouement pour cette combinaison se manifeste depuis quelques années, de nombreuses équipes sylvo-pastorales et des services de gestion et de lutte s'y impliquent (Rigolot, 1991). Par contre, sur les coupures de combustible en bordure de voies, même si la combinaison est aussi efficace, les contraintes de conduite des troupeaux, induites par la structure linéaire de la coupure et l'absence de points d'eau, rendent son application beaucoup plus difficile.

Bandes dessouchées et débroussaillement ou brûlage dirigé

Les combinaisons faisant intervenir les bandes dessouchées, appartiennent au groupe des combinaisons juxtaposées dont il est fait état au début de ce chapitre. Il est inutile de revenir sur la description des opérations techniques, par contre, il est fondamental de souligner que d'adoindre aux débroussaillements ou au brûlage dirigé deux bandes latérales non franchissables par un feu courant présente des avantages non négligeables pour le gestionnaire sans accroître démesurément le coût global. En effet, lorsque la bande dessouchée, côté peuplement, équipe une coupure de combustible sur toute la longueur, elle augmente considérablement l'efficacité de la coupure car elle évite le franchissement de la zone débroussaillée par un feu courant, de faible puissance.

Le débroussaillement réduit le phytovolume des strates basses en une couche de broyat au sol dont la charge est le plus souvent supérieure à celle nécessaire à la propagation du feu (Dupuy, 1991). En l'absence de forces de lutte occupées à d'autres tâches, ce feu finira par traverser, même lentement, la totalité de la coupure pour se propager dans l'autre partie du peu-



Photo 12 : Brûlage en ouverture pour le pâturage.

Photo D. Afxantidis

plement et annihiler les efforts consentis par le gestionnaire et annuler l'intérêt du maillage réalisé. Inversement, surtout lorsque ces coupures ourlent des voies fréquentées ou lorsque le rôle des formations forestières est essentiellement récréatif ou touristique, ces bandes discrètes, s'intégrant bien dans le paysage, sont en mesure d'arrêter le développement initial de feux allumés par mégarde par les promeneurs.

Combien d'incendies catastrophiques auraient pu être évités si le feu, qui au départ est souvent de très faible puissance, était venu "buter" sur ces bandes, voire y mourir, en donnant le temps aux patrouilles de surveillance de "moucher" ces feux naissants. Il faut signaler que la plupart des peuplements polonais de production de pin sylvestre *Pinus silvestris*, au voisinage des grandes villes, sont systématiquement équipés de cette manière de même que les grandes plantations de *Pinus radiata* du Chili.

Juxtaposées au brûlage dirigé, ces bandes dessouchées jouent le même rôle que lorsque le travail du sol est combiné avec les débroussaillements. La plus grande réduction du combustible par le brûlage dirigé renforce encore cette efficacité. Surtout que réciproquement, comme cela a déjà été souligné, ces zones dessouchées constituent des bandes de sécurité idéales pour l'établissement de la ligne de mise à feu mais également pour éviter qu'une reprise tardive sur les zones déjà traitées n'échappe à la surveillance de l'agent et se communique aux peuplements à protéger.

De par la sécurité supplémentaire qu'elles apportent aux chantiers, elles permettent d'accroître considérablement la surface, ou plutôt le métrage linéaire de coupures à traiter par le brûlage dirigé, ce qui permet aux équipes de choisir les conditions optimums pour mettre à feu, voire de conduire le feu plus activement et donc d'améliorer leur productivité.

Dessouchage puis brûlage dirigé ou pâturage contrôlé

Le dessouchage favorise le développement de la strate herbacée au détriment de la strate arbustive. L'objectif D.F.C.I. ne se trouve que partiellement rempli et le contrôle, voire l'élimination, du tapis herbacé est souvent nécessaire. Un brûlage dirigé sera d'autant plus facile à conduire que la continuité horizontale du combustible fin est améliorée et que la phytomasse totale est plus faible. Certains spécialistes envisagent de l'utiliser juste avant la période estivale pour éliminer le recré printanier.

Le pâturage contrôlé est aussi à même de réduire la repousse après dessouchage. Cette combinaison s'est développée dans certaines communes du Var soucieuses de diminuer les coûts d'entretien de leur dispositif D.F.C.I. et préférant engager de grosses dépenses à l'installation de la coupure de combustible, dans la mesure où celles-ci sont largement prises en compte par d'autres collectivités (Département, Région, Etat, voire C.E.E.). L'itinéraire tech-

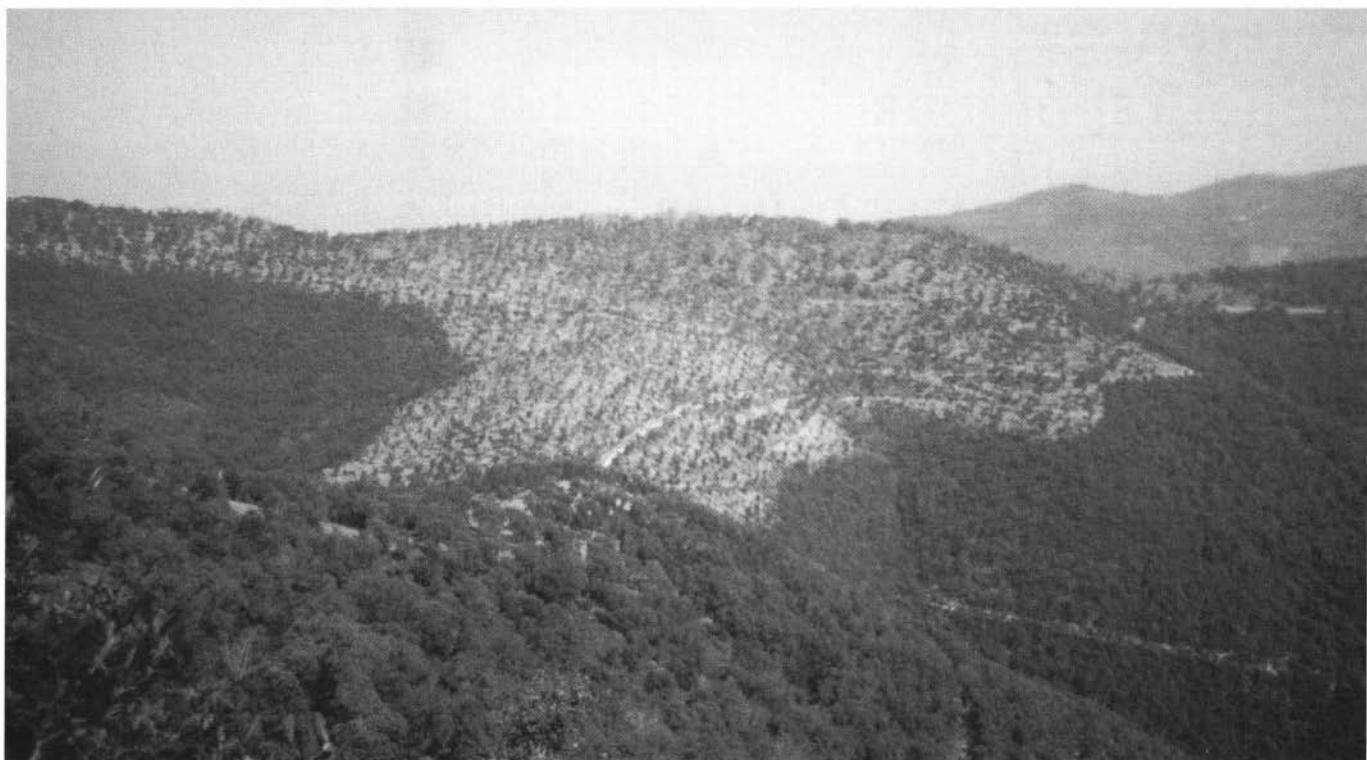


Photo 13 : Piste Martel dans les Maures.

Photo E.Rigolot / I.N.R.A.

nique mis en oeuvre consiste à coupler la création d'une coupure de crête plus ou moins arborée par travail du sol, avec l'installation d'une prairie entretenue par pâturage. Plusieurs matériels et combinaisons ont été testées, la plus prometteuse semblant être l'association rippers/rotor/cultipacker (Millat et al., 1989). Les rippers déracinent et éclatent les souches, qui sont ensuite broyées et mélangées à la terre par le rotor, le rouleau terminant le travail en tassant le sol pour diminuer les risques d'érosion et favoriser l'installation des espèces fourragères semées. Le pâturage régulier de ces zones doit garantir le maintien d'une strate herbacée rase mais couvrante. Le choix d'espèces comme le trèfle souterrain est particulièrement conseillé car il allie une forte résistance à la sécheresse à une phénologie estivale sous forme de graines enterrées dans le sol ne laissant aucune matière combustible sur pied en début d'été (Etienne et al., 1989).

Conclusion

Ce survol des différentes techniques dont dispose le gestionnaire pour entretenir le réseau de coupures de combustible ainsi que celui des possibilités offertes par leurs combinaisons illustrent l'impérieuse nécessité d'inté-

grer ces opérations dans des plans cohérents pluriannuels d'entretien. Ils illustrent également combien il est souhaitable d'éviter de réaliser des opérations ponctuelles, dans le temps comme dans l'espace, toujours trop coûteuses lorsqu'elles ne s'avèrent pas efficaces.

Cette étude rappelle que la réflexion quant à la structure de la coupure doit naturellement prendre en compte la place qu'aura cet équipement dans la stratégie de lutte (coupures stratégiques, ou seulement de sécurité des voies d'accès) ainsi que les impératifs liés au relief, à la direction des vents à risques, à la nature et l'état des peuplements à protéger. Mais cette réflexion doit intégrer également la nature des techniques susceptibles d'être employées pour assurer l'entretien de la coupure, au meilleur niveau possible et à moindre coût. Pour ce faire, il faut, dès avant que soit assis le dispositif à créer, compléter le projet avec les équipements indispensables aux entretiens et définir, a priori, les secteurs qui relèveront de telle ou telle technique en veillant à constituer des lots qui correspondent à une unité de travail pour réduire les frais d'entretien.

Les travaux, à l'échelle des dispositifs expérimentaux de l'Unité de prévention des incendies de forêts et les chantiers en vraie grandeur sont complémentaires. Les premiers apportent une connaissance précise des phéno-

mènes en jeu et permettent de les quantifier (dynamisme des strates herbacée et arbustive, réaction de la strate arborée, modification de flore, dégradation du milieu...). Les seconds fournissent toute une série d'informations sur les difficultés pratiques de mise en oeuvre, le poids des contraintes climatiques, édaphiques, parfois socio-économiques ainsi qu'une évaluation réelle des coûts, tant en terme d'investissements que d'amortissements.

Le dialogue entre praticiens du feu témoigne de l'interdépendance de ces deux démarches et de la fertilité de ces contacts. Des questions sont posées à la recherche et conduisent à définir de nouveaux protocoles expérimentaux, voire de nouvelles actions de recherche, comme par exemple la combustibilité du broyat et le comportement du feu dans ce type de combustible. Toutefois, l'inertie inhérente à ce type de démarche où souvent plusieurs années séparent les observations du praticien de la réponse du chercheur, doit inciter à poursuivre les travaux tout en veillant à conserver prudence et lucidité quant à la portée et la représentativité des résultats. Jusqu'ici l'écho auprès des divers intervenants, ou services intéressés, conduit à persévérer dans ce sens.

J.-C.V., E.R., M.E.

Références bibliographiques

A.C.T.A. Index phytosanitaire. Association de coordination technique agricole, Paris. 1991. 519 p.

BERTRAND M., ETIENNE M., GILLON D., LEGRAND C., LUMARET JP., RIGOLOT E., VALETTE JC. Prévention des incendies de forêt en région méditerranéenne par l'utilisation du feu et du pâturage contrôlés : impact sur l'écosystème forestier. Rapport final contrat CEE, 1991. 59 p.

C.E.M.A.G.R.E.F. Guide technique du forestier méditerranéen français. Chapitre 4 : Protection des forêts contre l'incendie. Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et Forêts, Groupement d'Aix en Provence, Division Techniques Forestières Méditerranéennes. 1989.

COMBIER N. Consommation d'espèces arbustives méditerranéennes par un troupeau ovin sur pare-feu. Mémoire ENITA Clermont-Ferrand, 1990. 52 p.

DELABRAZE P. Les débroussailllements. Rev. For. Fr. 42, numéro spécial, 1990a. 124-126.

DELABRAZE P. Phytocides et nanifiants pour l'entretien des coupures de combustible et de pare-feu en région méditerranéenne. Rev. For. Fr. 42, numéro spécial, 1990b. 135-139.

DELABRAZE P. Quelques concepts sylvicoles et principes d'aménagement de prévention et de prévision des risques d'incendies. Rev. For. Fr. 42, numéro spécial, 1990c. 182-185.

DUPUY, JL. Modélisation prédictive des incendies de forêt. D.E.A., Université Lyon 1., 1991. 26 p.

ETIENNE M., HUBERT B., LASSEUR J., LECRIVAIN E., MEURET M., NAPOLEONE M. Participation d'un troupeau caprin à la création d'un pare-feu arboré dans le sud de la France. Colloque FAO Fourrages grossiers, Genève (Suisse), 1985. 21p.

ETIENNE M., LEGRAND C., ARMAND D. Stratégies d'occupation de l'espace par les petits ligneux après débroussaillage en région méditerranéenne française. Ann. Sci. For., 8(6), 1991. 667-677.

ETIENNE M., NAPOLEONE M., HUBERT B., JULLIAN P., LACHAUX M. Six années d'entretien de pare feu par des moutons. Rapport INRA-SAD Avignon, 1988. 107 p.

ETIENNE M., NAPOLEONE M., JULLIAN P., LACHAUX M. Elevage ovin et protection de la forêt méditerranéenne contre les incendies. Etudes et Recherches SAD, 15, 1989. 1-46.

GENIN D. L'animal débroussaillleur en forêt méditerranéenne. Mémoire ENITA Dijon, 1985. 74 p.

I.N.R.A./C.E.R.P.A.M. Espaces forestiers, élevage et incendie. Rev. For. Fr. 42, numéro spécial, 1990. 156-172.

LAMBERT B., PARMAIN V. Les brûlages dirigés dans les Pyrénées-Orientales : de la régénération des pâtures d'altitude à la protection des forêts. Rev. For. Fr. 42, numéro spécial, 1990. 140-155. Forêt méditerranéenne T IX, n° 1.

LANIER L., Précis de sylviculture. ENGREF, 1986, 468p.

LEOUFFRE MC. Effet du pâturage caprin sur la dynamique des productions fourragères de taillis de chêne en

région méditerranéenne française. Thèse Ecologie, Université Aix-Marseille III, 1991. 87 p.

MAILLET A., DUMAY D., LABADIE J., TREILHOU JP. Les matériels lourds de débroussaillage. Rev. For. Fr. 42, numéro spécial, 1990. 127-134.

MARECHAL J., VALETTE JC. Le dispositif d'Ollières. Atelier International sur le Brûlage Contrôlé, Avignon (France), 1988. 189-206.

MILLAT C., THAVAUD P., ARNAUD MT. Expérimentation d'une nouvelle technique d'amélioration pastorale dans le massif des Maures avec le semoir cultivateur Dutzi. Rapport CERPAM 73, 1989. 23 p.

PIRAT C. Impact du pâturage sur des formations arbustives en forêt méditerranéenne.

DESS Agroforesterie, Université Paris XII, 1991. 39 p.

RIGOLOT, E. Rencontre des praticiens du brûlage dirigé. Deuxième session, Sophia Antipolis (France), 1991. 19 p.

VALETTE JC., RIGOLOT E. Brunir, broyer et brûler pour brouter : intégration de ces techniques combinées de débroussaillage dans un aménagement sylvopastoral. 4ème Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier (France), 1991. 8 p.

VALETTE JC., RIGOLOT E., MARECHAL J. Le brûlage dirigé : efficacité de la technique "brunir et brûler" dans les formations forestières méditerranéennes. 19ème Congrès de l'I.U.F.R.O., Montréal (Canada), 1990. 13 p.

VALETTE, JC. Glyphosate et triclopyr pour l'entretien des pare-feu méditerranéens. 18ème Congrès de l'I.U.F.R.O., Ljubljana (Yougoslavie), 1986. 8 p.

Résumé

Les efficacités et les contraintes de mise en œuvre du débroussaillage manuel, du débroussaillage mécanique, de l'emploi de phytocides, de la conduite du brûlage dirigé, du pâturage contrôlé et du dessouchage sont décrites, technique par technique dans une première partie. Dans une deuxième partie, les avantages qui peuvent être tirés de la combinaison d'au moins deux techniques sont illustrés à partir d'exemples d'ores et déjà testés. L'intérêt de telles combinaisons pour l'entretien à long terme des coupures de combustible est souligné.

Summary

Firstly, efficiency and constraints of techniques for fuel-break clearing (brush cutter, brush hog, flail mower, herbicides, prescribed burning, controlled grazing and grubbing) are described. Secondly, the usefulness of combining two or more techniques is demonstrated through the many examples already tested. Finally, the interest of such combinations for long term fuel-break clearing and maintenance is underlined.

Resumen

En una primera parte, se describen la eficacia y las contraintas de la implantación del desbroce manual, del desbroce mecánico, del empleo de fitocidas, de la manera como hay que manejar la quema dirigida, del pastoreo controlado y de la extracción de los troncos, técnica tras técnica. En una segunda parte, se ilustran las ventajas que se pueden sacar al combinar por lo menos dos técnicas a partir de ejemplos de aquí en adelante testados. Se subraya el interés de semejantes combinaciones para mantener a largo plazo cortes de combustibles.