



**HAL**  
open science

**La sylviculture à objectif DFCI - Analyse critique à  
dires d'experts, appliquée à une pinède à pin d'Alep des  
Bouches-du-Rhône -**

O. Chandieux

► **To cite this version:**

O. Chandieux. La sylviculture à objectif DFCI - Analyse critique à dire d'experts, appliquée à une pinède à pin d'Alep des Bouches-du-Rhône -. Forêt Méditerranéenne, 2010, XXXI (3), pp.287-298. hal-03556209

**HAL Id: hal-03556209**

**<https://hal.science/hal-03556209v1>**

Submitted on 3 Feb 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# La sylviculture à objectif DFCI Analyse critique à dire d'experts appliquée à une pinède à pin d'Alep (Bouches-du-Rhône)

par Olivier CHANDIOUX

***La sylviculture à objectif de défense des forêts contre l'incendie dont nous parle Olivier Chandieux dans cet article, a été mise au point de manière empirique et fait l'objet de controverses techniques quant à son impact réel sur les feux. L'analyse présentée ici, se base sur une expertise collective menée dans une pinède à pin d'Alep des Bouches-du-Rhône***

## Introduction

La forêt méditerranéenne possède des caractéristiques écologiques spécifiques. Elle se distingue, en outre, par sa sensibilité au feu et sa relative jeunesse dans le paysage. Ces dernières caractéristiques sont très liées aux changements d'usages des territoires, passés du statut de « paster » (territoires pastoraux où l'ensemble des ressources est exploité) à celui de « saltus » (territoire forestier non exploité, livré à la broussaille).

Cependant, malgré l'importance du phénomène des incendies dans la forêt méditerranéenne, le développement d'une sylviculture propre à prendre en compte la défense des forêts contre l'incendie n'est qu'assez récent.

Cet article est une analyse critique des pratiques de sylviculture à objectif de défense des forêts contre l'incendie (DFCI), cet ensemble de techniques ayant été développé en marge des instituts techniques et de recherche et en l'absence d'une culture forestière propre à la région méditerranéenne.

## Contexte général de la défense des forêts contre l'incendie

L'incendie de forêt est, en région méditerranéenne, un phénomène séculaire intrinsèquement lié aux conditions climatiques, à la nature de la végétation et aux pratiques pastorales et agricoles qui ont influencé l'évolution de la forêt.

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, la civilisation pastorale a laissé la place à une civilisation urbaine et périurbaine concentrée sur le littoral ; les moutons et les chèvres ont abandonné le territoire aux arbres et aux broussailles ; les cultures et vergers ont cédé le pas aux villas, rendant les espaces forestiers plus sensibles au risque d'incendie de forêt. D'après la base de données Prométhée, il brûle environ 15 000 hectares par an dans les départements de la zone de défense Sud depuis 20 ans.

A partir des années 60 et 70, une série de grands feux a conduit à la mise en place d'une politique de défense des forêts contre l'incendie (DFCI).

L'échelle du massif étant cohérente pour agir contre un phénomène ne connaissant pas les limites administratives, cette politique s'est traduite, à l'échelle intercommunale, par la mise en place de Plans intercommunaux de débroussaillage et d'aménagement forestier (PIDAF), devenus Plans de massif de protection des forêts contre l'incendie.

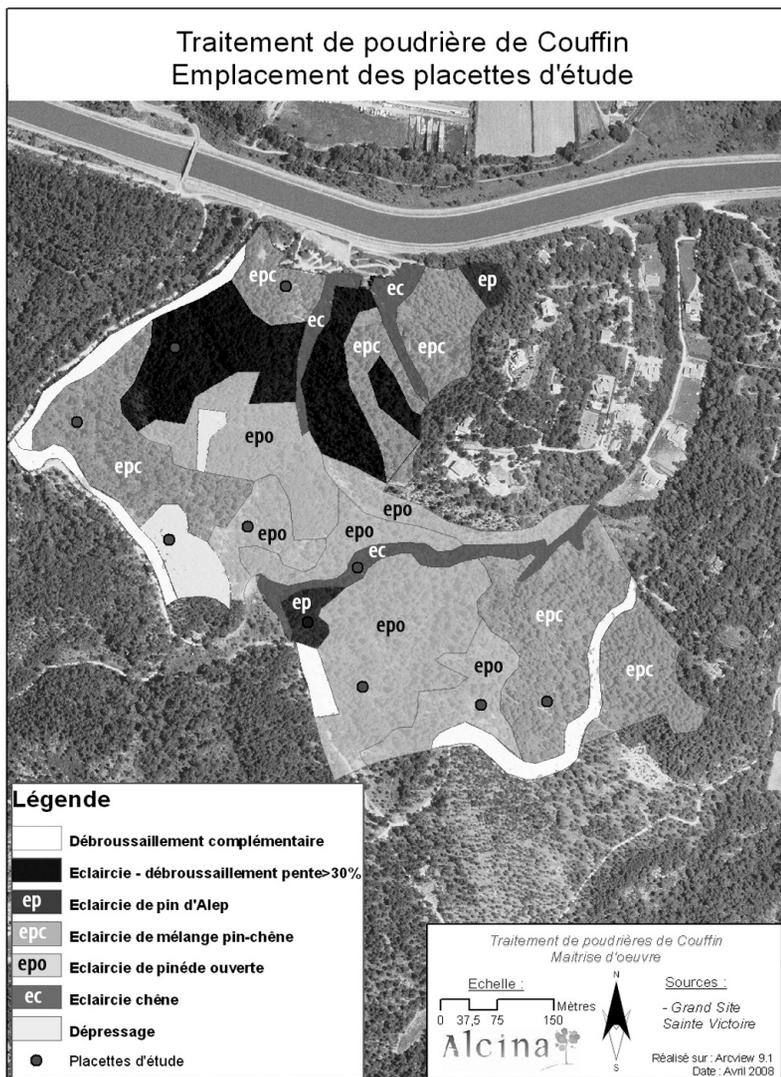
Cette échelle est intégrée dans la loi qui indique que chaque département soumis au risque « feux de forêt » doit définir une stratégie de DFCI et que celle-ci peut éventuellement être déclinée par massif forestier homogène.

Pendant longtemps, la DFCI a consisté à intervenir massivement et rapidement sur les départs de feu et à permettre une lutte efficace à terre. Les aménagements étaient essentiellement destinés à « équiper les massifs de pistes à vocation DFCI et de points d'eau (citernes, retenues collinaires, impluvium...) ».

Dans une analyse des PIDAF de PACA datant de 1993 (CRPF), on apprend que les équipements en pistes, points d'eau et pare-feu représentent 59 millions d'euros d'investissement. En revanche, les mesures d'aménagement des peuplements forestiers (hors bandes débroussaillées de sécurité le long des pistes) ne concernent que 313 ha, soit moins de 1% des investissements.

Dans les zones où l'investissement en pistes et points d'eau a été fort (les départements littoraux), la priorité est passée depuis quelques années à la diminution des causes de départ de feu et à la limitation de leur propagation. Il s'agit, entre autres, d'intervenir sur la végétation pour que le feu ne se développe pas, ne trouve pas la biomasse suffisante pour se propager, ne puisse pas passer d'une strate de végétation à une autre et finisse par buter sur des zones de moindre combustibilité. On parle de lutte passive.

L'un des outils de cette lutte passive est l'éclaircie à vocation de DFCI. Cette dernière fait l'objet d'un quasi consensus technique, alors que son analyse « à l'épreuve du feu » n'est qu'assez récente en France (alors que cette analyse est exercée dans d'autres pays européens, Fernandes 2009) et que le recul sur cette pratique est faible et n'est pas étayé par un réseau de dispositifs expéri-



mentaux ou de suivi technique, comme l'est la politique de création de coupures de combustible (RIGOLOTTI et COSTA, 2000).

Pourtant, elle est largement promue puisque :

- sur 5 Plans de massif DFCI récents des Bouches-du-Rhône (Arbois, les Roques, Pont-de-Rhaud, Chaîne des Côtes et Trevarresse, Calanques) représentant 60 000 ha, les éclaircies DFCI sont planifiées sur une surface de près de 2500 ha, soit 4 % des territoires concernés,

- une part importante des travaux financés dans le cadre des crédits du Conservatoire de la forêt méditerranéenne, dans les Bouches-du-Rhône, concerne ce type de travaux,

- le Conseil général des Bouches-du-Rhône finance, à hauteur de 50%, les broyages de rémanents issus des opérations d'éclaircies dans les pinèdes.

La sylviculture DFCI est appliquée :

- sur des zones en risque subi où l'objectif est de réduire l'intensité du feu à proximité d'enjeux vulnérables,

- sur les coupures de combustibles dont l'objectif est de permettre le jalonnement d'un incendie déclaré,

- dans le cadre des obligations légales de débroussaillage : éclaircie très intense (mise à distance des houppiers à 2 mètres les uns des autres) et débroussaillage complet dans une couronne de 50 mètres autour des habitations sises à moins de 200 mètres d'un massif forestier.

Dans cet article, nous n'analyserons que la sylviculture DFCI dont l'objectif est de réduire la sensibilité au feu des peuplements en situation de départ de feu.

## Méthodologie : analyse critique à dire d'experts

Les principes généraux de la sylviculture à objectif DFCI sont assez simples :

- réduire la biomasse disponible pour le feu, de manière à réduire l'intensité de l'incendie éventuel,

- rompre les contacts entre les différentes strates de végétation (litière, strates herbacée, arbustive et arborée) et entre les peuplements ; on parle de création de discontinuités verticales et horizontales.

## Composition du groupe d'experts

Le groupe d'experts était composé des personnes suivantes :

- au Cemagref d'Aix-en-Provence :

Marielle Jappiot, Anne Ganteaume, Christian Ripert, Bernard Prevosto, Willy Martin, N'Diaye Aminata ;

- à l'ONF et INRA Avignon : François Pimont ;

- au SDIS 13 : Yannick Forno,

- au CRPF PACA : Louis Amandier,

- au Grand Site Sainte Victoire : Philippe Maigne, Marc Verrecchia.

Ces principes peuvent être appliqués à tout type de peuplement forestier, mais nous allons nous concentrer dans cet article sur les futaies de pin d'Alep très représentatives de la situation des Bouches-du-Rhône (50% des peuplements du département selon l'Inventaire forestier national).

Pour mener cette analyse critique, nous nous sommes appuyés sur un chantier d'éclaircie à vocation DFCI, sur lequel des éléments de suivi ont été mis en place. Ce chantier présente des conditions de peuplements, topographie et situation vis-à-vis du risque, variées et représentatives de cette pratique à l'échelle du département.

L'analyse critique a été menée par un groupe d'experts (Cf. encadré ci-dessus) invités à s'exprimer sur ce chantier, sur la base d'un questionnaire abordant les questions d'impact des travaux sur l'inflammabilité, la combustibilité, le risque d'incendie, la régénération, les options sylvicoles et sur le milieu.

Le groupe d'experts s'est déplacé sur trois stations :

- la première est un témoin, non touché par les travaux,

- la seconde est une zone de pinède claire où la densité conservée est très faible,

- la dernière est une zone de pinède dense où seul un broyage de la végétation basse a été pratiqué.

**Tab. I :**

Données techniques relevées sur les placettes

	Grandes placettes (200 m <sup>2</sup> )	2 sous-placettes 25 m <sup>2</sup>	2 sous-placettes 4 m <sup>2</sup>
Mesures	Densité d'arbres conservés	Nombre de rejets feuillus	Nombre de semis de pin d'Alep
	Recouvrement des strates de végétation	Semis feuillus	

## Description du chantier

Localisation : Lieu-dit Couffin, commune de Peyrolles

Nature des travaux : éclaircie DFCI

Maître d'ouvrage : Grand Site Sainte Victoire

Maître d'œuvre : Alcina

Entrepreneur : Pirola Frères

Surface : 37 ha

Période de réalisation : janvier à mars 2008

Peuplements : futaie plus ou moins régulière de pin d'Alep, assez dense, surmontant un taillis très clair de chêne pubescent

Milieu : colline marno-calcaire, orientation générale au nord, pluviométrie de 600 mm annuels dont 114 mm en juin, juillet, août

Risque d'incendie : situation sur un piémont du massif Concors Sainte Victoire. La zone concernée se situe au sud d'un lotissement, exposé directement au vent dominant. En aval du vent dominant, se situe un massif forestier continu et combustible de plusieurs milliers d'hectares à forte valeur patrimoniale (Sainte Victoire).

Volume prélevé en éclaircie : 870 m<sup>3</sup> de pin d'Alep soit 32 m<sup>3</sup>/ha

Taux de prélèvement : 63 % du nombre de tiges (environ 500 tiges / ha avant éclaircie et 185 tiges / ha après)

Prix de vente des bois : 5,5 € / tonne

Travaux réalisés : Broyage des rémanents de coupe au broyeur à marteau et broyage "alvéolaire" de la strate arbustive conservant 10-30% des volumes arbustifs au broyeur et à la débroussailluse dans les pentes > 30%, élagage à 2 mètres.

Coût des travaux : 1217,5 € / hectare

Un questionnaire, relatif aux impacts des travaux réalisés, a été distribué à chaque intervenant. Les informations données par ce groupe d'experts et leurs interrogations sont intégrées à la rédaction de cet article.

Pour compléter cette expertise, des données techniques (Cf. Tab. I, page précédente) ont été relevées sur 10 placettes de 200 m<sup>2</sup> (2 fois 10x10 m).

Ces placettes ont été réparties pour couvrir les différents types de peuplement identifiés avant l'éclaircie (Cf. Carte page 288).

La description du chantier est présentée dans l'encadré ci-dessus. Cf. Photos 1 et 2, page suivante.

**Tab. II :**

Hauteur dominante et densité des peuplements de pin et chêne avant et après travaux  
t/ha : tige par ha

	Futaie claire de pin d'Alep		Pinède mélangée	
Surface	12,27 ha		19,35 ha	
	Avant travaux	Après travaux	Avant travaux	Après travaux
Hauteur dominante	12,3 m	12 m	11,5 m	12 m
Densité de pin d'alep	465 t/ha	185 t/ha	540 t/ha	100 t/ha
Densité de chêne	62 t/ha	62 t/ha	350 t/ha	333 t/ha
Densité de rejets de chêne		550 /ha		533 /ha
Densité de semis de pin		4375 /ha		533 /ha

## Impact de l'éclaircie DFCI sur la pinède à pin d'Alep

### Impact sur le risque d'incendie

La contribution de la végétation au risque d'incendie peut être évaluée grâce à deux facteurs : l'inflammabilité et la combustibilité.

L'inflammabilité est la propension d'un végétal à s'enflammer à proximité d'une source de chaleur. L'inflammabilité d'une formation végétale indiquera le potentiel de développement d'un départ de feu à partir d'une source de mise à feu quelconque.

La combustibilité est définie par un ensemble de caractéristiques du front de flammes qui parcourt une formation végétale dans des conditions données : longueur de flamme, vitesse de déplacement du front de flamme, dégagement calorifique. Elle indiquera donc l'intensité d'un incendie parcourant une formation végétale dans des conditions de pente et de vent données.

### Inflammabilité

L'inflammabilité peut être modifiée par les travaux réalisés. Cette modification justifie parfois la réalisation d'éclaircies DFCI.

Le broyage des rémanents et de la strate arbustive modifie la taille des éléments végétaux, leur organisation et leur état.

Dans le cas d'une végétation fine (herbacées, arbustes), le broyage va provoquer une augmentation de l'inflammabilité dans les premiers mois après les travaux. En effet, cette végétation morte est très sensible aux variations de l'humidité de l'air et son inflammabilité devient forte en période sèche. Elle diminuera dans le temps, au fur et à mesure de l'intégration du broyat à la couche d'humus.

Dans le cas d'une végétation plus grossière (rémanents d'éclaircie), le broyage va provoquer une diminution immédiate de l'inflammabilité. Les résidus de broyat forment une couche d'éléments très grossiers, peu sensibles aux variations d'humidité et peu inflammables. L'inflammabilité augmentera doucement au fur et à mesure de l'accumulation de litière et de la repousse herbacée, malgré l'intégration du broyat à la couche d'humus et dépassera, après 2 à 3 ans, l'inflammabilité initiale.

Ces deux phénomènes ont été mesurés par des tests d'inflammabilité sur des échantillons de litière (programme AIOLI, JAPPIOT 2007).

En revanche, l'impact de l'éclaircie sur le dessèchement de la végétation et sur le vent au sol, n'a pas été mesuré. On peut supposer qu'un plus grand éclaircissement et une ambiance forestière réduite augmente le dessèchement de la végétation, donc son inflammabilité. Selon un témoignage récurrent de riverains d'éclaircies DFCI, la force et la turbulence du vent sont augmentées dans les peuplements éclaircis. L'impact de cette augmentation du vent sur l'inflammabilité apparaît au groupe d'experts comme difficile à caractériser. En effet, l'inflammabilité n'est pas proportionnelle à la force du vent (un vent minimum est nécessaire, mais un vent très fort éteint la flamme).

L'inflammabilité concerne un espace géographique très limité qui est celui du départ de feu. Dans le cas étudié, les départs de feu potentiels sont concentrés sur la bordure de la route et les alentours directs des habitations.

Sur le piémont du Concors (communes de Jouques, Peyrolles, Meyrargues), la base de données Prométhée, indique que 72% des départs de feu sont localisés à moins de 50 mètres d'une habitation et 45% à moins de 15 mètres d'une voie carrossable. Or, ces zones sont soumises à l'obligation légale de débroussaillage.

La situation du chantier étudié fait donc que la réduction de l'inflammabilité n'a d'effet que sur une part restreinte des départs de feu. Cependant, même si elles sont mises en œuvre en dehors des zones de départ de feu potentielles, les méthodes de la sylviculture DFCI permettent de diminuer, du moins temporairement, l'inflammabilité.

## Combustibilité

L'éclaircie impacte différents éléments de la combustibilité d'un peuplement :

- la biomasse disponible,
- l'agencement de cette biomasse dans l'espace,
- l'écoulement du vent dans le peuplement.

La biomasse est très largement modifiée par l'opération de débroussaillage et d'éclaircie.



**Photos 1 et 2 :**  
Le peuplement étudié avant (ci-contre) et après l'éclaircie (ci-dessous).



Sur le chantier étudié, la densité moyenne de 465 tiges/ha de pin d'Alep a été réduite à 185 tiges/ha en moyenne (Cf. Tab. II). L'éclaircie a pour effet l'homogénéisation de la densité des pins et la mise à distance des houppiers.

Elle a aussi permis de supprimer de nombreux contacts entre les strates basses et la strate arborée. Les chênes ayant été systématiquement conservés, la suppression des continuités verticales s'est faite par l'extraction des pins dépassant en hauteur les feuillus. Cette dernière opération, accentuée par

l'élagage à 2 mètres des pins conservés et le broyage de la strate arbustive, est, selon le groupe d'experts, celle qui a l'effet le plus important sur la dynamique du feu.

La végétation basse et les rémanents de coupe sont broyés sur place. Une couche de broyats d'environ 5 centimètres est formée à la surface du sol. La combustibilité de cette couche d'éléments végétaux morts est importante du fait d'une grande biomasse, mais sa forte densité limite l'apport en oxygène dans le combustible.

La combustibilité va évoluer au fil du temps, avec une diminution, dans les premières années, du fait de l'intégration du broyat au sol et de la repousse d'une végétation jeune qui restera verte en été. Après quelques années, la végétation herbacée aura repris de l'importance et les herbacées sèches s'accumuleront en plus de la litière formée par les arbres conservés, mais, surtout, la végétation arbustive reprendra une importance suffisante pour que la combustibilité soit, au moins, équivalente à la combustibilité initiale après environ 5 ans selon le groupe d'experts.

Selon VIEUVILLE (1985), dans les pinèdes sur garrigue à romarin, la biomasse arbustive est équivalente à l'origine, après 11 ans sans intervention, mais sa hauteur est moins importante.

La dynamique du feu est aussi grandement influencée par le vent. Mais les avis du groupe d'experts sur ce point sont assez différents. D'une part, l'éclaircie forte augmente la pénétration du vent dans le peuplement et sa vitesse à mi-flamme ; elle peut alors favoriser la dynamique du feu en cas de passage en cime. D'autre part, si l'éclaircie est suffisamment forte, il ne peut y avoir de feu de cime généralisé, mais seulement des inflammations localisées de houppiers.

Une placette où l'éclaircie n'a pas été réalisée, mais où un débroussaillage avait été pratiqué dans les années précédentes, a été étudiée par le groupe d'experts. La repousse de la végétation est quasiment inexistante sur cette placette. Cependant, la combustibilité n'a pas été suffisamment diminuée, d'autant que des continuités de végétation sont identifiables entre le peuplement étudié et la zone d'interface voisine, sur laquelle les départs de feu sont probables. Un feu de cime est donc possible sur ce peuplement, d'autant plus que la discontinuité verticale n'est pas suffisamment assurée par l'élagage, pourtant réalisé jusqu'à 2,5 mètres.

## Les sautes de feu

Les sautes de feu constituent l'un des modes de propagation importants du feu. L'étude « Saltus » montre que les brandons les plus efficaces sont constitués par les cônes et les écorces de pin d'Alep.

L'éclaircie, dans la mesure où elle diminue le nombre de pins, peut permettre de limiter les sautes, notamment sur les zones de crête. La création d'une discontinuité verticale limitant le passage du feu en cime, réduit d'autant l'inflammation des cônes. Ainsi, sur la crête intermédiaire coupant le chantier en deux parties, les pins ont tous été supprimés dans l'objectif de limiter les sautes de feu.

## Impact sur l'évolution du peuplement forestier

### L'éclaircie

L'éclaircie influence fortement l'évolution du peuplement de pin d'Alep. Cependant, cette évolution dépend fortement de l'intensité de l'éclaircie et de l'éventuelle présence d'un sous-étage feuillu.

Dans le cas de la présence d'un taillis de chêne (vert ou blanc) en sous-étage, l'éclaircie favorisera le développement du peuplement feuillu. En effet, la bonne réaction des chênes s'observe sur la plupart des éclaircies. Cependant, la constitution d'un peuplement de chêne n'est envisageable que dans la mesure où les chênes présents en sous-étage ont une densité suffisante. Dans notre cas, cette densité, après éclaircie, est de 180 tiges/ha en moyenne et la densité de souches ayant rejeté et de semis de chêne est de 500/ha sur l'ensemble de la surface. Cette densité semble trop faible pour pouvoir conduire, à terme, à un peuplement feuillu fermé dont la constitution permettrait de réduire le risque d'incendie.

Dans le cas étudié, le peuplement que l'on obtiendra, sera moins combustible en fond de vallon, mais restera très sensible au feu sur les versants.

Dans le cas d'une absence ou d'une trop faible densité de feuillus, l'éclaircie devrait conduire à une régénération du peuplement de pin d'Alep. Cette essence a une capacité de régénération assez importante qui n'est remise en cause que dans les taillis installés de chêne ou dans certains milieux particuliers (marnes, garrigue à romarin). Deux ans après l'éclaircie, la densité moyenne de semis

de pins d'Alep est de près de 0,3 semis/m<sup>2</sup> et n'est faible que dans les zones de peuplement mélangé pin-chêne.

Le pin d'Alep est une essence qui réagit bien à l'éclaircie, même jusqu'à l'âge de 100 ans environ (D'HANENS, 1998), ce qui autorise une sylviculture assez "brutale". Cependant son enracinement superficiel le rend sensible au risque de chablis. La prudence est donc de mise dans les peuplements élancés ou situés en zone exposée au vent dominant. Or, les opérations de DFCI sont généralement situées sur les versants exposés au mistral. Sur le chantier étudié, des chablis sont visibles dans la zone où le peuplement de pin d'Alep était le plus dense avant intervention. L'intervention peut donc être localement considérée comme trop brutale.

L'éclaircie à vocation DFCI, dans la mesure où elle intègre la gestion de la lumière au sol et la stabilité du peuplement, est très proche de la sylviculture traditionnelle du pin d'Alep. Ainsi, elle devrait permettre de convertir les pinèdes à pin d'Alep en peuplements feuillus ou au moins de maintenir le couvert de pin d'Alep.

## Le débroussaillage

Le débroussaillage porte sur la totalité de la surface, mais des taches (ou alvéoles) de végétation basse ou des bouquets de chêne, ont été conservés sur près de 10 % de la surface totale.

Du fait du broyage des rémanents, très importants dans le cas d'une première intervention, le débroussaillage est non sélectif. La régénération existante, ainsi que la strate arbustive et la strate herbacée ont été broyées. Une nouvelle régénération n'est donc possible qu'à partir des semis nouveaux et des rejets de souche des feuillus coupés et broyés.

En terme de dynamique forestière, le débroussaillage associé à l'éclaircie de la futaie de pin, constitue donc un nouveau départ pour la formation végétale favorisant le mélange d'espèces et la régénération par recépage des chênes dominés (500 souches/ha de chênes verts et blancs) mais aussi la régénération par semis du pin d'Alep (3000 semis de pin / ha en moyenne après deux saisons de végétation).

En revanche, on sait que la dynamique des arbustes méditerranéens est très forte. D'après le groupe d'experts, la contribution

de l'éclaircie à cette dynamique apparaît comme faible du fait de la faible densité initiale des peuplements et de la légèreté des houppiers de pin d'Alep interceptant peu de lumière.

Deux saisons de végétation après le feu, la végétation arbustive reste sensiblement réduite : 18 % de recouvrement pour une hauteur moyenne de 30 cm, alors que la projection au sol de cette strate représentait 46% de la surface et qu'elle mesurait en moyenne 1,3 mètres de haut. Cependant, le groupe d'experts estime que la biomasse arbustive sera reconstituée au bout d'environ 5 ans.

La vocation de l'éclaircie DFCI implique un entretien régulier (tous les 5 ans environ) de la strate arbustive.

La réalisation d'un broyage alvéolaire, épargnant 10 à 30 % de la strate basse, dans les phases d'entretien des éclaircies DFCI permettrait de favoriser la régénération dans les alvéoles épargnées. Lors de la repasse sur ce type de peuplement (à réaliser dans un délai d'environ 5 ans après le premier passage), l'éclaircie à réaliser étant moins forte, le débroussaillage peut être sélectif. Cependant, la forme du pin d'Alep (un pin d'Alep de 100 ans en pleine lumière a un houppier d'une dizaine de mètres de diamètre) et les règles de gestion DFCI (mise à distance des houppiers entre eux et avec les tâches de régénération d'au moins 2 mètres) ne permettent d'imaginer qu'un peuplement au stade de la régénération constitué de 30 à 50 pins âgés pour un nombre équivalent de tâches de régénération.

La dynamique conduirait dans ce schéma à un peuplement très clair de pins et de feuillus. En cas de difficultés dans l'application du débroussaillage sélectif ou de la régénération, ce traitement conduit à la constitution d'un peuplement clair de chênes, voire d'une pelouse ou d'une garrigue basse dans les zones de pin d'Alep pur.

## Impacts environnementaux

La modalité du débroussaillage alvéolaire tel que préconisée par le Groupement d'Intérêt Cynégétique et Faunistique de Sainte Victoire (d'après RICCI 1999), vise à favoriser les garrigues en « peau de léopard » et matorrals d'arbustes à baies, habitats favorables aux colombidés, turdidés et à la petite faune sédentaire.



**Photo 3 :**  
Broyage des rémanents

Les modalités à mettre en œuvre sont les suivantes :

- conservation de 75 à 150 îlots de végétation de 5 à 7 mètres de diamètre par hectare,
- arbustes à conserver : filaire, genévrier, lentisques, chêne kermès, cistes, ronces, aubépines.

Ces modalités, mises au point pour le traitement des zones d'appui des pistes DFCI (Bandes débroussaillées de sécurité) n'ont pu être mises en œuvre que sur les zones de pin d'Alep les plus claires. Ailleurs, la dispersion des rémanents de pin d'Alep était trop grande pour que le broyeur épargne suffisamment d'îlots de végétation. Le milieu est donc profondément modifié par le débroussaillage.

Ces travaux sont situés pour partie dans une ZNIEFF qui recense, entre autres, le Circaète Jean-le-Blanc, l'Autour des palombes, la Bondrée apivore, le Faucon hobereau, le Grand-Duc d'Europe et un cortège intéressant de passereaux. Bien qu'au moment du martelage, une certaine attention soit portée à la présence de nids dans les arbres, la méconnaissance des espèces nicheuses, comme le Circaète, ne permet pas de garantir l'absence d'impact de l'éclaircie sur ces espèces, bien que dans le cas de Peyrolles, les travaux d'éclaircie aient été terminés début mars. En outre, on peut supposer que la faune occupant le milieu avant l'opération ait pu être fortement perturbée. En effet, le nichage au sol n'est plus possible, les caches existantes ont disparu et les arbustes à baies ont été broyés pour la plupart.

En revanche, la repousse herbacée et l'éclaircie au sol ont pu favoriser la présence d'autres types d'espèces plus héliophiles et d'habitats d'oiseaux moins forestiers. Enfin, les couches superficielles du sol sont très fortement impactées par le broyage (Cf. Photo 3), provoquant certainement une perturbation, au moins temporaire, des espèces vivantes du sol.

## Les outils d'évaluation de l'impact des opérations sylvicoles à objectif DFCI

En parallèle de l'approche analytique à dire d'experts, enrichie d'éléments bibliographiques, présentée ci-dessus, nous avons cherché à identifier les outils de diagnostic par modélisation qui permettraient de généraliser ce type d'analyse, de répondre aux questions posées dans le groupe d'expert et de montrer, sur la base du chantier analysé, le type d'informations apportées par ces outils.

### *Impact de l'éclaircie sur le risque*

Les discussions au sein du groupe d'experts, mais aussi entre organes techniques et financeurs, illustrent les difficultés d'évaluation de l'impact des opérations sylvicoles sur le risque d'incendie.

Un des premiers éléments évaluable relève de l'implantation géographique des travaux. Les travaux doivent être localisés au plus près des points préférentiels de départ de feu et leur largeur doit être suffisante pour permettre aux secours de déplacer des moyens lourds.

### *Typologie du combustible*

La typologie du combustible en basse Provence calcaire et la méthode d'étude mise au point pour cette typologie (CHANDIOUX *et al.*, 2009) permettent de faire une évaluation de l'évolution du comportement du feu. Des types de combustible ont été définis à partir des deux formes de peuplement les plus représentées sur le site étudié de Couffin. A partir des données relevées avant et 2 ans après l'opération, des modèles de combustibles ont été construits avec le logiciel de modélisation du comportement du feu

*Behave Plus*. Ici, cette méthode permet de souligner l'impact de l'éclaircie et du débroussaillage, 2 ans après les travaux. Les résultats présentés pour la vitesse de propagation (Cf. Fig. 1), ainsi que ceux, équivalents, pour la hauteur de flamme et l'intensité, montrent que ces facteurs sont très fortement diminués par l'éclaircie DFCI.

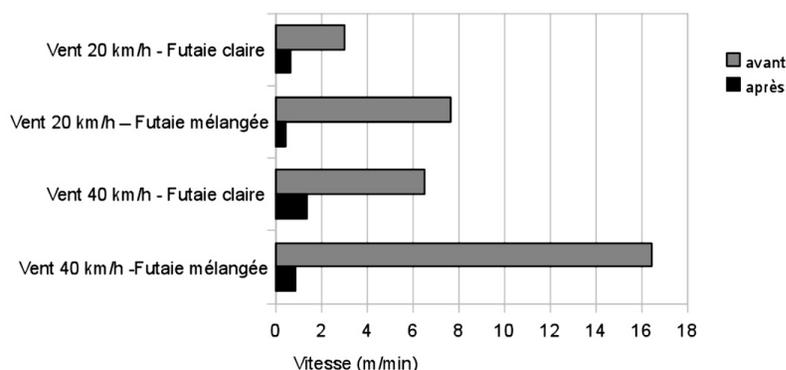
### Modélisation physique 3D

Dans le cadre du projet de recherche européen *FireParadox*, un système de modélisation du feu de forêt a été développé. Sont intégrés dans ce système :

- un logiciel de représentation des peuplements forestiers et des complexes de combustibles en 3D, lié au projet *Capsis (Fire Paradox Fuel Manager)*,
- une base de données européenne de types de combustibles (*EuroForestFuels*),
- un modèle physique de propagation du feu nommé *Firetec*.

Les outils développés dans le cadre de ce programme ne sont pas encore utilisables en routine et n'ont pu être testés sur le cas de Peyrolles. Un test, sur la base des deux principaux types de peuplement de la zone étudiée, pour lesquels nous disposons des données d'entrée nécessaires, permettrait de quantifier l'impact des travaux réalisés en terme de puissance du front de flamme, de hauteur de flamme, de vitesse de propagation...

Des essais menés à l'aide de cet outil ont montré par exemple, que sur une coupure de combustible, l'intensité du feu n'était très nettement diminuée que si le couvert de la futaie de pin d'Alep était inférieur à 25% (PIMONT 2009), ce qui, dans le cas de la pinède de Couffin, représente une densité de 90 tiges/ha. Des tests comparables sur un peuplement de pin d'Alep dense (couverture arborée de 80%) et embroussaillé (DUPUY et MORVAN 2006) ont montré qu'un départ de feu pouvait se transmettre à la base des houppiers après avoir parcouru environ 25 mètres et, qu'ensuite, le feu se propageait en feu de cime rapidement. Ces tests ont aussi confirmé qu'un incendie arrivant sur un peuplement dense très fortement débroussaillé et élagué à 3 mètres de haut, perdait rapidement son énergie en passant en feu de surface et qu'une éclaircie très forte avec un embroussaillage léger était tout aussi efficace, malgré un risque d'embrasement localisé de pins isolés.



**Fig. 1 :**  
Vitesse de propagation du front de flamme sous 2 régimes de vent et 2 types de peuplements

## Synthèse et conclusions

### Efficacité des opérations sylvicoles DFCI

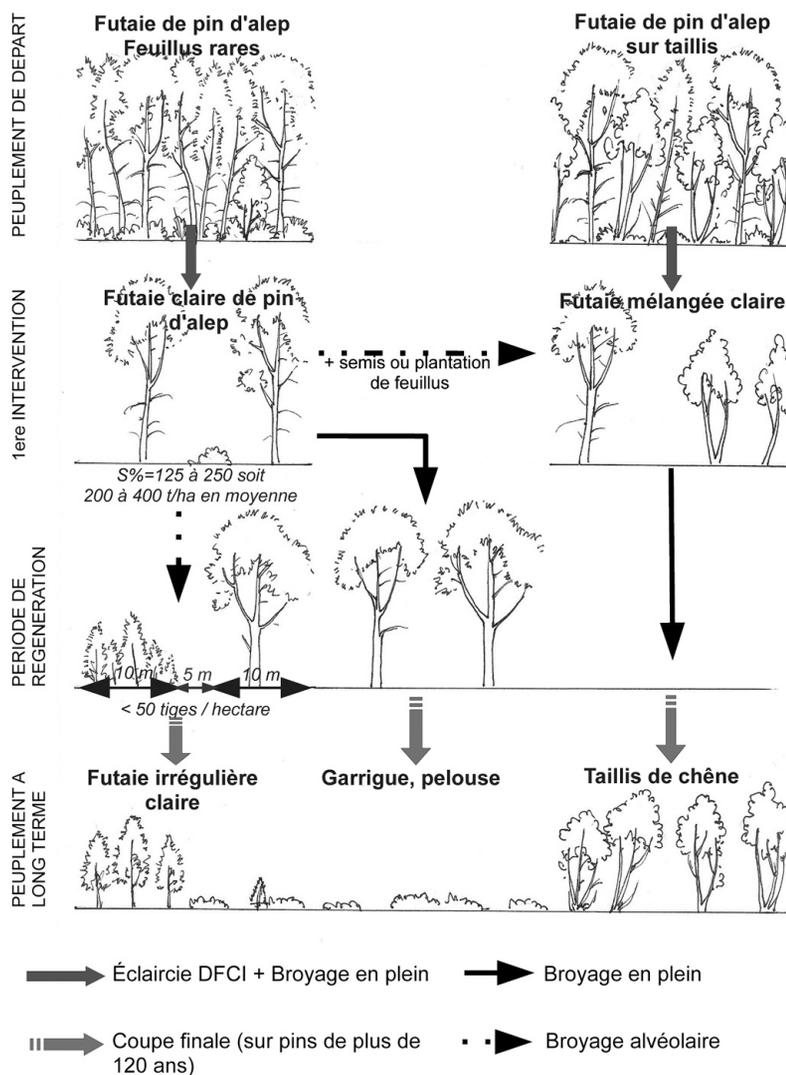
Les opérations menées dans le cadre de la sylviculture DFCI ont pour effet de réduire l'inflammabilité des formations végétales. Cependant, c'est sur les zones d'application des obligations légales de débroussaillage que la réduction de l'inflammabilité est la plus utile.

En revanche, l'application des principes de réduction de la biomasse combustible et des continuités verticales et horizontales permet de modifier considérablement la dynamique du feu pendant une période d'au moins 5 ans. A plus long terme, ce traitement permet de passer d'un régime de feu de type « feu de cime » à un régime de feu de surface avec des embrasements localisés de pins.

Cependant, la définition de seuils pour l'intensité de l'éclaircie des pins ou de niveaux de débroussaillage est complexe, dans la mesure où des effets contradictoires sur les différents paramètres du feu sont observés.

Les objectifs de réduction de la dynamique du feu dans sa phase de départ semblent cependant atteints sur le chantier de Peyrolles.

Mais ces travaux, malgré leur impact positif supposé sur la protection des massifs forestiers à court terme, laissent de nombreuses incertitudes quant à l'impact à long terme. Le maintien de l'impact positif sur le risque incendie nécessite un débroussaillage répété. Or, dans les pinèdes à pin d'Alep pures ou faiblement mêlées de feuillus, ce débroussaillage sur des surfaces importantes peut conduire à un blocage de la dynamique forestière ou à la création de peuplements clairs dont la combustibilité, en l'absence d'entretien, est forte.



**Fig. 2 :**  
Évolution des formations  
à pin d'Alep  
sous l'influence  
de la sylviculture DFCI

### Vers une sylviculture DFCI

La sylviculture traditionnelle du pin d'Alep, dans les Bouches-du-Rhône, telle que préconisée dans le Schéma régional de gestion sylvicole en forêt privée, est une sylviculture très extensive, liée à l'usage peu valorisant du bois de pin d'Alep en papeterie. Elle consiste en une ou deux éclaircies de rattrapage précédant une coupe de régénération. Cette sylviculture est très proche de l'éclaircie DFCI pratiquée sur Peyrolles. Le broyage des rémanents et du sous-étage, ainsi que le soin porté à la création de discontinuités verticales et horizontales, sont les principales différences entre ces deux types de sylviculture. Ces deux éléments rapprochent la sylviculture DFCI du traitement des Bandes débroussaillées de sécurité ou des règles du débroussaillage obligatoire. Cependant, dans ces deux derniers cas, le maintien de l'état boisé à long terme n'est pas un objectif majeur.

Or, l'application, à long terme, des principes de la sylviculture DFCI aux peuplements de pin d'Alep peut induire des évolutions régressives, comme l'illustre le schéma de la figure 2.

En effet, le respect des règles de mise à distance des tâches de régénération entre elles et d'isolement des houppiers des arbres conservés, visant à garantir les discontinuités verticales et horizontales, induit de très faibles densités d'arbres (moins de 50 tiges par hectares) à l'issue de la phase de régénération du peuplement initial. Ainsi, dans les situations où il n'y a pas de sous-étage feuillu préexistant susceptible de remplacer le couvert des pins d'Alep après leur disparition, la sylviculture DFCI, si l'état débroussaillé est maintenu à long terme, risque fort de conduire à la constitution de formations non forestières (pelouse ou garrigues boisées).

Les outils développés par les organismes de recherche, notamment l'outil de modélisation 3D du feu, devraient permettre de définir des critères sylvicoles qui permettront d'atteindre les objectifs DFCI, tout en garantissant l'avenir des peuplements forestiers, une conversion vers des peuplements moins sensibles au feu et un impact plus faible sur le paysage, tout en maintenant les activités en forêt et les objectifs de maintien de la diversité biologique.

Les questions de la dynamique des peuplements et de l'utilisation du couvert des arbres pour limiter la repousse de la végétation et ainsi limiter les travaux de broyage de la végétation arbustive, ont fait l'objet de discussions au sein du groupe d'experts. Les solutions d'entretien par le pastoralisme et par le brûlage dirigé ont aussi été évoquées.

Mais sur des surfaces importantes et dans un contexte très périurbain qui est celui des Bouches-du-Rhône, le pastoralisme et le brûlage dirigé ne peuvent constituer une réponse unique et la question du coût du débroussaillage mécanique mérite d'être posée.

Ce contexte périurbain oblige à prendre en compte, en plus de la nécessaire protection des forêts contre l'incendie, les autres fonctions de la forêt, pour mettre au point une sylviculture DFCI qui soit aussi multifonctionnelle.

En effet, les fonctions sociales de la forêt méditerranéenne sont, dans les Bouches-du-Rhône plus qu'ailleurs, majeures.

Par exemple, la multiplication des retours négatifs ou des « levées de bouclier » avant la

réalisation de chantiers d'éclaircie DFCI n'est plus simplement le fait de chasseurs désireux de protéger des zones de refuge du gibier, mais aussi celui de riverains choqués par la coupe d'arbres dans des espaces considérés comme forestiers et miraculeusement épargnés par le feu, ou encore d'usagers utilisant ces milieux forestiers pour se promener.

Ainsi, la question de l'efficacité de la sylviculture dite DFCI et de ses impacts, est un premier pas pour la définition de modalités sylvicoles permettant de contribuer à la prévention des feux de forêt de manière plus pérenne. Mais l'apport des outils les plus récents de la recherche et un bilan des opérations réalisées depuis de nombreuses années, notamment par le retour d'expérience au feu, sont nécessaires pour réussir le pari fait depuis quelques années dans la planification des travaux DFCI : réduire les coûts et améliorer l'efficacité, pour une meilleure intelligence des contraintes et processus.

## O.C.

### Remerciements

Merci aux membres du comité d'experts cités dans l'article, au Grand Site Sainte Victoire et aux personnes ayant participé à la rédaction de cet article (Sébastien Diette, Isabelle Sicard).

### Références

Alcina - Actualisation du Plan de Massif des Roques ; Syndicat Mixte du Massif des Roques ; 2009

Alcina - Actualisation du Plan de Massif de Pont de Rhaud; Syndicat Mixte d'Etude et de Réalisation du Massif de Pont de Rhaud ; 2009

Amandier L. Sylviculture et prévention des incendies en région PACA, *Forêt Entreprise* n°185, Mars 2009

Bouchon J.- Pour la détermination rapide du facteur d'espacement de Hart-Becking, RFF n°11; 1966

BRL Ingenierie - Diagnostic des PIDAF des Bouches du Rhône ; Conseil général des Bouches-du-Rhône ; 2002

Centre Régional de la Propriété Forestière PACA - Evaluation des PIDAF en Région PACA ; Conseil Régional PACA ; 1992

Chandioux O., Jappiot M., Lampin C., Curt T., Borgniet L. - Towards fuel models in calcareous southern France, *Forest Ecology and Management*, 234, p.S241-S241, Nov 2006

Chandioux O., Lampin-Maillet C., Jappiot M., Curt T. - Mise au point d'une typologie de combustibles pour la basse Provence calcaire, *Forêt Méditerranéenne*, tome XXX, n°3, 2009

DDAF 13 - Plan de Massif des Calanques de Marseille à Cassis ; 2008

DRAF PACA - Orientations régionales forestières ; 1999

Dupuy J.L., Morvan D. - Numerical study of a crown fire spreading toward a fuel break using multiphase physical model, *Int. Jour. of Wildland Fire*, 2006, 14

d'Hanens, G. - Les peuplements mixtes de pin d'Alep et chênes en Provence, comment pérenniser le mélange des essences ? *Forêt Méditerranéenne*, Tome XIX, n°3, 1998, pp. 261-266

Fernandes P. - Examining fuel treatment longevity through experimental and simulated surface fire behaviour: a maritime pine case study, *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 39, n°12, pp. 2529-2535, 2009

Jappiot M. et al. - Fire risk ignition, the integrated model "AIOLI" *Forest Ecology and Management*, 234, p.S42-S42, Nov 2006

Jappiot M. et al. - Vegetation flammability and ignition potential at road-forest interfaces (southern France). 4th International Wildland Fire Conference, Seville, May 2007

ONF Agence 13/84 ; Actualisation du Plan de Massif de la Chaîne des Cotes et de la Trevaresse ; Syndicat Mixte du Massif Forestier de la Chaîne des Cotes et de la Trevaresse ; 2007

ONF Agence 13/84 ; Actualisation du Plan de Massif de l'Arbois ; Syndicat Mixte du Massif de l'Arbois ; 2007

Lecomte, I., de Coligny, F., Griffon, S., Pimont, F., Rigaud, E., Rigolot, E., Vigy, O. 2008. Fire Paradox Fuel Manager: User's manual Deliverable D6.1-5 of the Integrated project "Fire Paradox", Project no. FP6-018505, European Commission, 83 p

Pimont F., Dupuy J.L., Linn R., Morvan D. Effects of vegetation description parameters on forest fire behavior simulated with FIRETEC 18° Congrès Français de Mécanique Grenoble, 27-31 août 2007

Pimont F., Dupuy J.L., Linn R., Dupont S. Impacts of fuel-break structure on wind-flows and fire propagation simulated with FIRETEC Eighth Symposium on Fire and Forest Meteorology October 2009

Rigolot E., Costa M., (Coord.) - Conception des coupures de combustible, Réseau Coupures de combustible RCC n°4 - Éd. de la Cardère, Morières, 154 p., 2000,

Vieuville B. - impact des opérations du débroussaillage effectués en milieu méditerranéen ; ADR/ Conseil Régional PACA, 1985

Olivier CHANDIOUX  
Alcina Forêts  
824 Av. du Professeur  
Ravas  
Rés. Villa Ravas 34080  
Montpellier  
Mél : olivier.  
chandioux@alcina.fr

## Résumé

---

Couper des arbres pour couper le feu n'est pas bien original. La prévention des feux de forêt par la réduction de biomasse se fait depuis de nombreuses années. Cependant, la mise en place d'une sylviculture à vocation de défense des forêts contre l'incendie est plus récente. Mais cette sylviculture, mise au point de manière empirique fait l'objet de controverses techniques sur son impact sur les feux de forêt et d'oppositions des riverains et usagers.

Cet article fait l'analyse des impacts en matière de feux de forêt et d'évolution du milieu forestier de la sylviculture à objectif DFCI sur une pinède à pin d'Alep des Bouches-du-Rhône. Cette analyse menée sur la base d'une expertise collective et d'une étude bibliographique appliquée à un chantier réalisé en 2008 sur le massif du Concors, valide partiellement l'effet des travaux en matière de réduction des risques d'incendie, mais identifie une probable menace pour la pérennité du couvert forestier. Enfin, des outils de diagnostic de l'impact de ce type de sylviculture sur le risque d'incendie sont identifiés pour avancer vers la mise au point d'une sylviculture permettant de réduire les risques de feu de forêt, tout en assurant les nombreuses autres fonctions des forêts méditerranéennes.

## Summary

---

**Silviculture aimed at limiting and combating wildfire – Expert critical analysis applied to an Aleppo pine stand, *Bouches-du-Rhône* (S.E. France)**

Felling trees to stop the spread of wildfire is nothing new: the prevention of forest fires by reducing the biomass has been done for many years. However, implementing silviculture specifically aimed at protecting forests from wildfire is a more recent step. This kind of forest management, resulting from an empirical approach, has in fact become the object both of technical controversy on account of its impact on wildfire and of opposition from local residents and other users.

This article undertakes the analysis of the impact of forest fire on the evolution of the forest environment in an area of silviculture specifically aimed at protecting forests from fire in an Aleppo pine stand in *Bouches-du-Rhône* (S.E. France). This analysis has been carried out on the basis of an expert audit of a site in the Concors mountains that underwent such silviculture in 2008 and of a study of the relevant literature. The results validate in part the positive effect of the work carried out in reducing the risk from wildfire but highlights a likely threat to the survival of the forest cover. Finally, the tools for diagnosing the impact of this type of silviculture on the risk from fire are specified with a view to perfecting the techniques involved in this kind of silviculture while at the same time ensuring that the other functions of Mediterranean forests are not compromised.

## Riassunto

---

**La silvicoltura a obiettivo di Difesa della Foresta Contro l'Incendio – Analisi critica a detta dell'esperto applicata a una pineta a pino d'Aleppo (Bocche del Rodano)**

Tagliare alberi per tagliare il fuoco non è molto originale. La prevenzione dei fuochi di foresta dalla riduzione di biomassa si fa da numerosi anni. Tuttavia, la messa in posto di una silvicoltura a vocazione di difesa delle foreste contro l'incendio è più recente. Ma questa silvicoltura messa a punto in modo empirico fa l'oggetto di controversie tecniche sul suo impatto sui fuochi di foresta e di opposizioni dai rivieraschi e dagli utenti.

Questo articolo fa l'analisi degli impatti in materia di fuoco di foresta e di evoluzione dell'ambiente forestale della silvicoltura a obiettivo DFCI su una pineta a pino d'Aleppo delle Bocche del Rodano. Questa analisi condotta sulla base di una perizia collettiva e di uno studio bibliografico applicato a un cantiere realizzato nel 2008 sul massiccio del Concors, convalida parzialmente l'effetto dei lavori in materia di riduzione dei rischi d'incendio, ma identifica una probabile minaccia per la perennità del coperto forestale. Finalmente, gli attrezzi di diagnosi dell'impatto di questo tipo di silvicoltura sul rischio d'incendio sono identificati per avanzare verso la messa al punto di una silvicoltura che permetterebbe di ridurre i rischi di fuoco di foresta, assicurando allo stesso tempo le numerose altre funzioni delle nostre foreste mediterranee.