

# Prévention des risques et lutte contre les incendies dans un paysage fortement marqué par la présence humaine : l'histoire des incendies de chaparral<sup>1</sup> californien

par Jon E. KEELEY et C.J. FOTHERINGHAM

## Introduction

*« Santa Ana, Californie. Le feu qui s'est déclaré il y a plusieurs jours, continue de progresser dans les canyons. La zone incendiée, ou encore actuellement en feu, s'étend sur plus de 150 km du nord au sud et sur une largeur de 16 à 29 km. »*

*Los Angeles Times*<sup>2</sup>, le 27 septembre 1889

Depuis 1970, douze des quinze incendies les plus dévastateurs du pays ont eu lieu en Californie, coûtant aux assurances 4,8 milliards de dollars US [1]. Parmi ces événements records, les “tempêtes de feux”<sup>3</sup> d'octobre 2003 (cf. Encadré 1, page suivante) constituent les feux les plus destructeurs de tous.

Que la Californie soit l'Etat le plus touché par les pertes dues aux incendies n'est guère surprenant : avec 33 millions d'habitants, il s'agit en effet de l'Etat le plus peuplé d'Amérique.

Il n'est pas non plus surprenant que la plupart de ces incendies aient eu lieu en zone de maquis, puisque le chaparral constitue le type de couvert végétal le plus étendu de toute la Californie, totalisant plus de 3,5 millions d'hectares, soit un vingtième de la surface de l'Etat [6].

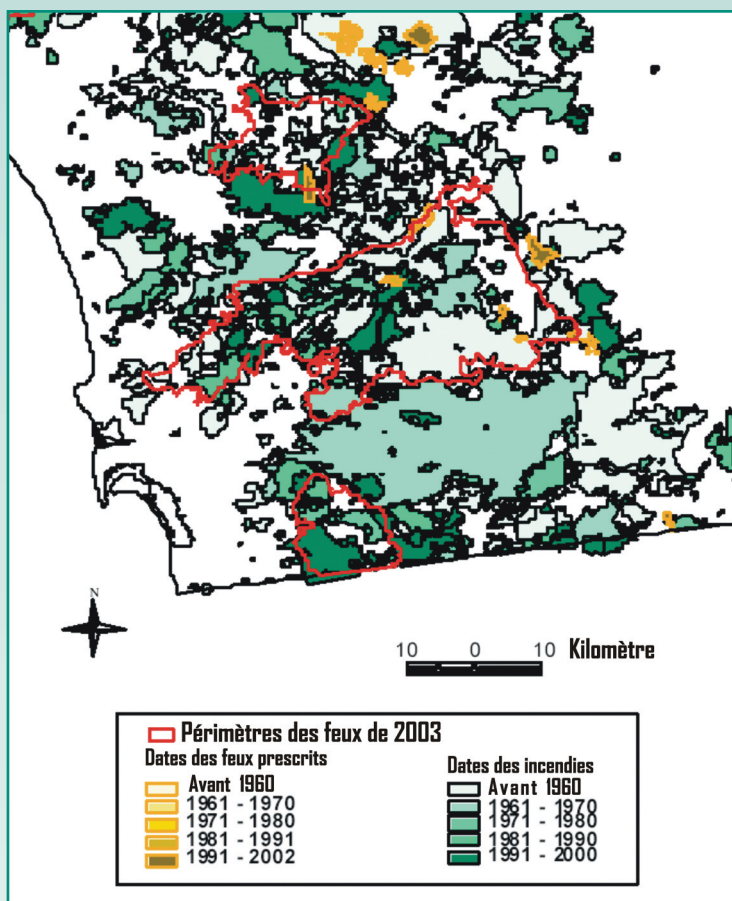
1 - Chaparral : maquis californien

2 - Fait référence aux Etats-Unis d'Amérique.

3 - Tempêtes de feux : phénomène caractérisé par de violents appels d'air, des tourbillons, et de hautes colonnes de convection qui provoquent l'essaimage du feu à de grandes distances.

# 1 - Les feux de forêts d'octobre 2003 en Californie du Sud

Les feux de forêts de Californie du Sud à la fin d'octobre 2003 ont été les plus importants dans l'histoire récente de la Californie. Avec une demi-douzaine de feux, plus de 364 000 hectares ont été brûlés. Dans la plupart des cas, ces espaces brûlés sont aussi bien des mosaïques complexes de zones urbaines et de fragments de zones naturelles, que de larges zones bien définies d'espaces naturels entre zones urbaines. 3361 maisons ont été brûlées et 26 personnes ont été tuées dans cet incendie qui représente l'une des catastrophes les plus coûteuses de Californie, dépassant les précédents incendies, les tremblements de terre et les autres catastrophes naturelles. Ces feux se sont propagés à travers divers types de végétation, mais de façon non proportionnelle à la superficie de ces unités écologiques. Les médias ont montré des images laissant penser que le feu était uniquement un feu de forêt. Cette image réduite était due au fait que ces incendies de cimes ont été incroyablement intenses et spectaculaires dans des forêts où la valeur récréative était importante, et où se trouvaient un certain nombre de maisons. Cependant, les forêts de conifères représentent seulement 5 % des surfaces brûlées [2], alors que le maquis à Chaparral représente la majorité des surfaces touchées, et est responsable de la plupart des dommages et accidents mortels. Pourtant, ce constat important n'a pas empêché les avocats des exploitants forestiers comme Tom Bonnicksen [3], d'utiliser cette catastrophe comme une justification de la nécessité d'une coupe ou une coupe à blanc.



La problématique des incendies en Californie mérite une plus grande attention au niveau national, non seulement en raison des pertes de biens et en vies humaines enregistrées – plus élevées ici qu'ailleurs – mais aussi parce que les techniques de lutte contre les incendies, efficaces dans les autres Etats, ne conviennent généralement pas à la Californie.

## Régimes des feux et options de lutte contre les incendies

L'intensité, la fréquence et la saisonnalité des feux constituent les indicateurs des régimes de feu ; ils sont déterminés par les conditions climatiques, l'aptitude à la combustion de la végétation et la répartition des départs de feux, soit naturels (la foudre), soit allumés par l'homme. La compréhension des régimes de feu est indispensable pour la mise au point d'une politique de protection efficace ; la diversité des régimes de feu dans notre région implique de ne pas se fier à un seul modèle pour la gestion du risque d'incendie.

Deux exemples illustrent amplement ce propos : les forêts de *Pinus ponderosa* dans le Sud-Ouest des Etats-Unis et les maquis de

**Fig. 1 (ci-contre) :**  
Classes d'âges de combustibles parcourues par les incendies lors des vents de Santa Ana dans le county de San Diego en Californie. [4, reproduit avec la permission du Journal of Forestry]

Le County de San Diego a spécialement été touché par ces feux, y compris celui de Cedar (limite rouge au centre), qui avec 110 620 hectares, est le plus important officiellement enregistré depuis 1910. Ces incendies se sont propagés à travers une mosaïque de combustibles jeunes et âgés et le comportement des feux était largement dicté par les vents surpuissants de Santa Ana. Malgré ces conditions de feux extrêmes, tout le monde s'attendait à ce que les services de lutte puissent attaquer de front ces "enfens". Une illustration de cette incompréhension des causes de ces incendies a été l'action collective en justice engagée par l'une des plus grandes compagnies d'assurance qui menaçait d'intenter un procès contre les services des feux, sous couvert de la juridiction des services de lutte [5].

chaparral en Californie. Par le passé, les incendies caractéristiques des pinèdes étaient des feux superficiels fréquents et de faible intensité ce qui, en raison de couverts forestiers peu denses et de combustibles de sous-étage clairsemés, limitait les feux de cimes à une superficie globale très restreinte [7]. Inversement, les maquis de chaparral sont caractérisés par des feux de cimes de haute intensité qui anéantissent toute biomasse aérienne (Cf. Photo 1) ; les feux de surface de faible intensité sont absents.

L'une des différences essentielles entre ces deux situations extrêmes se manifeste dans les résultats de la politique de "zéro feu" mise en œuvre depuis un siècle. Alors qu'elle a permis d'exclure les feux dans de nombreuses forêts de l'Ouest des Etats-Unis, elle n'a pas été du tout efficace pour les maquis de la Californie du Sud (Cf. Encadré 2 ci-contre).

Dans les zones forestières, l'objectif de "zéro feu" a pu être atteint pour plusieurs raisons :

- la saison propice au feu dans les climats de montagne est bien plus courte ;
- les départs sont largement dus à la foudre et les conditions météorologiques sont en général défavorables à une propagation rapide du feu ;
- les incendies se propagent le plus souvent par les combustibles de surface qui produisent des flammes moins hautes, ce qui facilite l'extinction rapide du feu.

Ainsi, pendant la majeure partie du XX<sup>e</sup> siècle, les succès des interventions sur les incendies ont abouti à l'exclusion totale des feux dans une grande partie des forêts de l'Ouest.

Cette exclusion a cependant entraîné une accumulation anormale de combustible de surface et une densification des jeunes essences d'ombre. La densification de ces jeunes essences constitue sans doute le problème le plus grave, car ces arbrisseaux constituent alors des combustibles "échelle" qui permettent la propagation des feux superficiels maîtrisables vers des feux de cime (de très forte intensité).

La politique du "zéro feu" n'est pas le seul facteur ayant conduit à ces conditions dangereuses dans l'Ouest des Etats-Unis. D'autres types d'utilisation des sols, comme l'exploitation forestière, y ont également participé par l'augmentation de la densité des

## 2 - Des régimes de feu opposés

Des études, qui ont mis en relation les cernes annuelles des arbres avec les cicatrices laissés par les feux dans le bois, ont révélé que les forêts de l'Ouest des Etats-Unis ont connu une longue histoire de feux majoritairement peu sévères. Tant que le feu reste de faible intensité et qu'il ne tue pas les arbres, son passage est enregistré dans les cicatrices qu'il laisse. Des milliers de ces enregistrements ont été étudiés dans l'Ouest des Etats-Unis et le schéma reste remarquablement similaire du Nouveau Mexique à la Californie. Avant le XX<sup>e</sup> siècle, les feux étaient fréquents, tous les 10-20 ans, mais depuis le début de la mise en œuvre de la stratégie de suppression des incendies, dans les années 1900, aucun feu n'a été enregistré (ALLEN *et al.* 2002). Dans ces forêts, un siècle d'activité de suppression des incendies a réussi à les exclure totalement.

Les incendies de maquis sont toujours très sévères ; ils tuent les arbres et éliminent ainsi tout enregistrement de feux passés. Même si ces enregistrements des feux passés nous font défaut, nous possédons de très bonnes archives du Service des Forêts (USFS) et d'autres services, qui donnent des indications précises sur le schéma des feux du XX<sup>e</sup> siècle. Ces données montrent qu'au cours du siècle d'importantes surfaces ont été brûlées sur la côte californienne, ce qui démontre que la politique de suppression des incendies n'a jamais réussi à exclure ces derniers du paysage. Ces enregistrements mettent en évidence que, dans cette région, l'intervalle de temps entre deux feux est de 30 - 40 ans pour quasiment tout le XX<sup>e</sup> siècle (KEELEY *et al.* 1999). Il est clair que les feux ont été bien plus fréquents que cela, puisque la limite la plus basse de tolérance (survie) de la plupart des arbustes endémiques dominants est de l'ordre de 20 à 30 ans.

jeunes arbres, et des superficies de rémanents d'exploitation, très combustibles. En fait, une étude récente sur les facteurs expliquant la sévérité du feu, réalisée suite à un important incendie dans le Nord californien, accuse les anciennes méthodes d'exploitation forestière d'être plus dévastatrices que la politique du "zéro feu" [8].



**Photo 1 :**  
Les maquis de chaparral sont caractérisés par des feux de cimes de haute intensité qui anéantissent toute biomasse aérienne

---

## Les incendies de maquis

En Californie, la plupart des incendies meurtriers de grande ampleur sont des feux de chaparral. La compréhension des facteurs déterminants est donc fondamentale pour réduire les pertes causées par ces événements catastrophiques.

Tout d'abord, le premier constat est qu'il ne s'agit pas simplement de consacrer plus de moyens aux actions de prévention et de lutte. En effet, pendant la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle, les dépenses pour les actions de prévention et de lutte contre les incendies ont augmenté décennie après décennie, mais à chaque nouvelle décennie on enregistrait encore plus de pertes en termes de vies humaines et de biens [9].

L'une des principales raisons de l'incapacité des responsables de la lutte contre les incendies de chaparral à réduire ces pertes, reste l'approche adoptée depuis plusieurs décennies des scientifiques et des responsables privilégiant le modèle « passe-partout » du zéro feu. Tout suggère que si la politique de suppression a exclu les incendies des forêts de *Pinus ponderosa*, et a créé une accumulation dangereuse de combustible, l'application de la même politique à d'autres paysages conduirait aussi à une accumulation « contre nature » du combustible. Cependant, nous savons maintenant que dans les régions du littoral californien, la politique de suppression des incendies ne peut pas conduire à l'exclusion des feux (Cf. Encadré 2), et que pendant presque tout le XX<sup>e</sup> siècle, les incendies se sont déclarés à des fréquences égales ou plus importantes que dans les conditions naturelles [10].

Il apparaît clairement aujourd'hui que l'âge et la distribution spatiale des combustibles sont des facteurs secondaires du risque, qui déterminent cependant la taille finale des incendies de chaparral (Cf. Encadré 1). En effet, l'analyse des fréquences des feux dans le secteur entre le Nord de la Baja Californie et Monterey a démontré qu'il n'existe pas de relation forte entre l'âge du combustible et les risques d'incendie [11]. Au contraire, quasiment partout, l'aléa de combustion ne s'accroît que modérément avec la durée écoulée depuis le dernier incendie.

Une étude plus localisée de l'historique des schémas de propagation/combustion des incendies du comté de Los Angeles a confirmé ce constat, avec toutefois un risque

de combustion qui croît avec l'âge des peuplements pendant les vingt premières années qui suivent un incendie [12]. Cependant, la résistance apparente à la combustion des classes d'âge jeunes est très liée aux conditions météorologiques : par temps modéré, il est plus probable que les incendies s'atténuent jusqu'à s'éteindre dans les classes d'âge jeunes, tandis que par un vent fort, l'incendie se propage facilement dans les peuplements jeunes de chaparral.

Le combustible joue donc un rôle secondaire dans la lutte contre les grands incendies de chaparral en Californie. La raison principale est que, en ce qui concerne les incendies, cette région offre les pires conditions climatiques de tout le pays. Ce sont les vents exceptionnels de cette région qui font échouer toute tentative de réduction du risque par la réduction du combustible (Cf. Encadré 3, page suivante).

Ces vents, les Santa Anas en Californie du Sud et les Diablo, dans la région de San Francisco, provoquent des conditions ressemblant à des tempêtes donnant lieu à des incendies couramment appelés les « tempêtes de feu ». Dans ces conditions, les sapeurs-pompiers ne peuvent entreprendre que des actions de défense, en attendant une amélioration météorologique. Dans le Parc national de Loisirs de Santa Monica au Nord-Ouest de Los Angeles, les douze incendies les plus destructeurs enregistrés ont détruit entre 6 700 et 17 400 ha chacun et tous ont été propagés par les Santa Anas [16]. Ailleurs dans le Sud californien, les grands incendies sont aussi généralement associés aux Santa Anas, ce qui est systématiquement le cas pour les plus dévastateurs (Cf. Tab. I).

Pour illustrer plus amplement le rôle prépondérant joué par ces vents, il suffit d'examiner la relation entre les grands incendies et la sécheresse. Dans tous les États de l'Ouest, les incendies de grande ampleur sont généralement limités aux périodes de sécheresse exceptionnelle [18]. Pourtant, en Californie du Sud, les Santa Anas peuvent provoquer des incendies de grande ampleur aussi bien en année humide qu'en année sèche [19]. Les conditions météorologiques antérieures semblent toutefois intervenir, dans la mesure où elles prolongent la saison propice au feu, puisque les incendies éclatant en dehors de la saison des Santa Anas, n'ont lieu qu'en période de sécheresse.

## Les trois points clés de la lutte contre les incendies de Chaparral

**1. Les incendies de grande ampleur et de forte intensité sont un élément naturel du maquis californien. Ils avaient déjà lieu avant l'arrivée des Euro-américains dans la région et se reproduiront encore**

Les tempêtes du feu de 2003 (Cf. Encadré 1) constituent des événements naturels qui se renouvellent depuis des siècles sur le sol californien. Par exemple, des études de dépôts de charbon de bois dans les carottes de sédiments prélevés au fond de l'océan au large de Santa Barbara montrent que la fréquence des grands incendies n'a pas évolué depuis 500 ans [20]. Certaines légendes des tribus indiennes installées dans les environs de l'actuel comté de San Diego racontent la migration en masse des tribus locales suite à un gigantesque incendie [21].

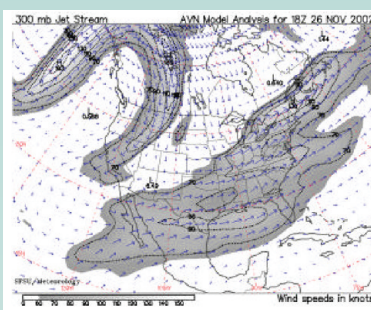
L'incendie des Cèdres d'octobre 2003 (Cf. Encadré 1) est l'incendie le plus important jamais recensé dans les archives officielles de Californie. Néanmoins, on raconte que jadis, il y en a eu d'autres, plus dévastateurs encore. En effet, l'incendie de 1889, décrit dans l'épigraphe, a probablement été trois fois plus important que l'incendie des Cèdres. En réalité, la superficie dévastée par tous les incendies qui ont frappé le Sud californien fin septembre 1889 devait être supérieure à celle des incendies d'octobre 2003, puisque au cours de la même semaine, un autre incendie s'est déclaré près d'Escondido, San Diego County, et en deux jours, poussé par les Santa Anas, avait atteint la ville de San Diego [22], parcourant ainsi à peu près la même distance que l'incendie des Cèdres de 2003. De nombreux comtés du littoral californien ont connu d'autres grands incendies au XIX<sup>e</sup> siècle [23, 24].

Bien que l'on recense, en Californie du Sud, de nombreux incendies entre le XIX<sup>e</sup> siècle et le début du XX<sup>e</sup> siècle, ce n'est seulement qu'à partir des années 1950 qu'ils ont régulièrement causé d'importantes pertes matérielles et fait des victimes [10]. La raison principale n'en est pas la modification de la dynamique du feu, mais la croissance exponentielle en 100 ans de la population californienne [25]. L'urbanisation anar-

## 3 - Les incendies sous les vents de Santa Ana

C'est en Californie du Sud que les conditions climatiques sont les pires du pays, surtout à cause des vents de foehns<sup>4</sup>, qui soufflent de façon régulière à l'automne [13]. Bien que dans le monde, d'importants incendies soient couramment associés à des conditions climatiques sévères, ce ne sont généralement pas des événements annuels. Mais la Californie du Sud, qui connaît ces conditions climatiques à chaque automne, est un cas à part. Une zone de hautes pressions, positionnée au dessus du Grand Bassin (Great Basin) pendant quelques jours à une semaine ou plus, associée à une ligne de basses pressions au dessus de la côte Pacifique, entraîne la formation de vent de terre soufflant entre 60 et 100 km/h avec une humidité relative inférieure à 10%.

A ce schéma de pressions atmosphériques à l'échelle régionale, s'ajoutent les conditions topographiques qui influencent encore les vents qui possèdent alors des caractéristiques locales propres [10,11]. Ces vents sont particulièrement dangereux parce qu'ils se produisent à la fin de la période annuelle de 6 à 8 mois de sécheresse.



**Fig. 2 :** Direction des vents lors de l'événement classique des vents de Santa Ana en Californie du Sud [14]. Ces vents induisent de dangereuses conditions climatiques pour les feux jusque dans la région de la baie de San Francisco au nord. A la frontière sud des Etats-Unis, les Santa Ana sont moins prévisibles et souvent, les vents changent de direction pour

souffler depuis la mer. Ainsi, les incendies de Basse Californie se propagent d'ouest en est, alors qu'au nord de la frontière les feux importants se propage d'est en ouest.

Incendies	Mois	Année	Surface	Pertes	
				Constructions	Vies
*Cedar	Oct	2003	281 000	2 232	14
*Laguna	Oct	1970	190 000	382	5
*Paradise	Oct	2003	56 600	169	2
*Harmony	Oct	1996	8 600	122	1
*Viejas	Déc	2001	10 350	23	0
*Gavilan	Fév	2002	6 000	43	0
Pines	Juil	2002	61 690	45	0
La Jolla	Sept	1999	7 800	2	1

\* Incendies s'étant produits sous les vents de Santa Ana

**Tab. 1 :**

Grands incendies récents dans le county de San Diego. Les incendies les plus destructeurs se sont déroulés en période de Santa Ana. Cependant, même en dehors de ces conditions de vent, le climat reste un facteur important. En exemple, le feu de Pines en juillet 2002 qui s'est produit sous une forte chaleur associée à des vents en rafale.

4 - Foehn (effet de) : phénomène de réchauffement et d'assèchement de l'air sous le vent d'une barrière montagneuse, lorsque des précipitations se produisent "au vent" du relief.

chique a amené un grand nombre d'habitants à s'installer en périphérie de bassins de risque très combustibles (Cf. Photo 2). De plus, 95 à 99% des départs de feu étant d'origine humaine, la fréquence des incendies s'est accrue avec la croissance démographique (Cf. Fig. 3), augmentant d'autant les risques de départs de feu en période de Santa Anas.

L'élément clé à retenir est que des incendies de cette ampleur ont déjà eu lieu à intervalles réguliers et se reproduiront certainement de la même manière dans le futur. Dès lors, il serait peut-être plus utile, du point de vue de l'aménagement et de la gestion, de considérer ces événements de la même manière que les crues centennales ou autres catastrophes naturelles cycliques.

## 2. Les stratégies de lutte contre les incendies du XX<sup>e</sup> siècle n'ont pas été efficaces et n'ont pas assuré la protection des ressources naturelles

Depuis plusieurs décennies, la lutte contre les incendies de maquis en Californie du Sud a été basée sur un principe : la capacité des techniques de gestion préalable du combustible à réduire la propagation des incendies.

Ainsi, dans les espaces de maquis californien, on privilégie depuis longtemps le brûlage dirigé en alternance, qui permet de créer une mosaïque de combustibles d'âges différents. Cette action, visant la réduction du combustible, était censée prévenir les incendies de grande ampleur grâce aux mosaïques comportant, entre autres, des parcelles de combustible jeune, pouvant théoriquement servir de pare-feu donc empêcher la propagation de l'incendie. Mais depuis quelques décennies, ces principes de gestion ne se sont pas montrés efficaces en ce qui concerne l'élimination des incendies catastrophiques.

Certains déclarent que cela est dû à l'insuffisance des financements consacrés au traitement des combustibles, combinée aux contraintes subies par le brûlage dirigé en raison des normes de qualité de l'air et également aux risques d'incendie accrus sur les mosaïques d'espaces naturels / urbains.

Ces problèmes sont réels [26], mais il faut retenir deux points :

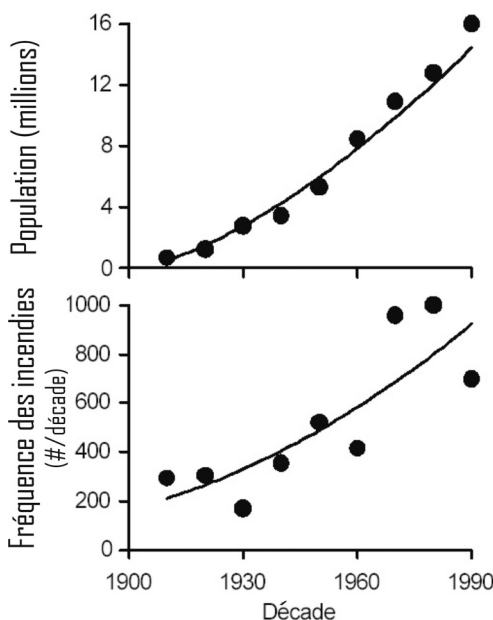
- d'une part, rien, ni les perspectives économiques, ni les restrictions environnementales, ne suggère que ces contraintes pourraient évoluer ;
- d'autre part, on peut raisonnablement penser que si elles évoluaient, ce qui permettrait plus d'opérations de traitement du combustible, les risques d'incendie grave ne seraient pas pour autant diminués.

Cela s'explique par le fait que le degré d'efficacité des traitements du combustible dépend des conditions météorologiques pendant l'incendie. Si les conditions météorologiques sont exceptionnellement sévères, il existe de multiples observations qui témoignent du fait que les combustibles jeunes (Cf. Fig. 1 et Photo 3), voire les coupures de combustibles, (Cf. Photo 4) ne sont pas efficaces en tant que pare-feu.

Ce constat est encore plus qu'évident dans le cas des incendies d'octobre 2003 (Cf. Encadré 1). L'incendie des Cèdres, de direc-



**Photo 2 :**  
L'urbanisation anarchique a amené un grand nombre d'habitants à s'installer en périphérie de bassins de risque.



**Fig. 3 :**  
La fréquence des incendies s'est accrue avec la croissance démographique.

tion est-ouest, a traversé deux larges bandes nord-sud de végétation âgée de moins de 10 ans sur la quasi-totalité de la largeur de la zone brûlée. Au même moment, l'incendie d'Otay, a traversé des milliers d'hectares de végétation âgée de 7 ans seulement.

Dans de telles conditions météorologiques exceptionnelles, les combustibles jeunes (Cf. Photo 3) ne peuvent donc pas servir de pare-feu, pour une raison principale : si les vents puissants ne parviennent pas à propager le feu dans ces peuplements jeunes, ils lui permettent de les contourner ou de les franchir par des sautes de feu capables de propager l'incendie à plus d'un kilomètre au-delà du front actif.

### Quelle stratégie de prévention des risques et de lutte contre l'incendie pour l'avenir ?

Les traitements préalables du combustible resteront sans nul doute un aspect essentiel de la lutte contre les incendies en Californie du Sud, mais leur mise en œuvre et surtout leur localisation doivent être déterminées avec attention pour s'assurer de leur efficacité avec un niveau de rentabilité satisfaisant.

Par exemple, les feux par vents calmes ou modérés, avec un degré d'humidité élevé, s'atténuent lorsqu'ils rencontrent des combustibles jeunes et il y a moins de chances que de tels feux puissent sauter au-delà des pare-feu. Cependant, de tels feux sont rarement problématiques pour les équipes d'intervention anti-incendie et ne constituent pas une menace importante pour les biens ou les vies humaines (Cf. Tab. I). De ce fait, il est nécessaire d'évaluer avec grand soin la véritable rentabilité du traitement du combustible.

Pour une mise en œuvre efficace du traitement préalable du combustible des écosystèmes présentant des risques de feux de cimes tels que le chaparral, c'est la stratégie d'implantation des coupures de combustibles qui sera l'élément clé.

En effet, par temps sévère, les combustibles de sous-étage n'empêcheront pas la propagation du feu, mais réduiront son intensité, offrant des espaces défendables pour les équipes anti-incendie. L'amélioration de la sécurité des sapeurs-pompiers constitue donc l'intérêt principal des coupures de combustible, d'où l'importance critique de bien définir leur implantation.



**Photo 3 :**  
Si les conditions météorologiques sont exceptionnellement sévères, les combustibles jeunes ne sont pas efficaces en tant que pare-feu...

Quelle que soit la structure du combustible, la plupart des zones de maquis du Sud californien sont trop escarpées pour offrir des espaces où les interventions sont possibles. Le traitement du combustible dans ces secteurs aura donc peu de chances d'être utile et rentable. Nous proposons donc de réserver ce genre de traitement à l'interface entre les espaces naturels et les zones urbanisées. La destruction d'habitations lors des incendies en conditions météorologiques sévères est en effet souvent due au refus des sapeurs-pompiers de pénétrer dans les secteurs ne possédant pas de zones tampon, où le combustible réduit permet un accès sécurisé.

### Comment mesurer l'efficacité de la lutte contre l'incendie ?

En ce qui concerne les objectifs de gestion, les critères d'évaluation du traitement préalable du combustible sur les maquis doivent évoluer de la simple « superficie traitée » à la prise en compte du « positionnement stratégique » ; cette évolution philosophique est actuellement recommandée par le service des Parcs nationaux du Sud californien [16].

**Photo 4 :**  
... pas plus que les coupures de combustible.



---

Pour être capables de mesurer le degré d'efficacité de ce traitement préalable du combustible, il est nécessaire d'évaluer son impact par rapport à celui des conditions météorologiques pendant l'incendie. Par exemple, en raison des conditions météorologiques sévères au début de l'incendie des Cèdres (Cf. Encadré 1), les coupures de combustible décrites dans la photo 4 n'ont pas été efficaces pour prévenir des pertes importantes dans tous les secteurs voisins. A l'inverse, le traitement du combustible au nord-ouest de la ville de Pine Valley, située à l'est du comté de San Diego, a peut-être empêché la destruction de la ville. Cependant, le front d'incendie menaçait Pine Valley après que les Santa Anas se soient apaisés et que le vent du large ait rafraîchi la température et fait remonter l'humidité. Si les conditions météorologiques ne s'étaient pas améliorées, la zone traitée aurait sans doute été moins efficace en tant que pare-feu et aurait peut-être moins protégé la ville ; par conséquent, les techniques de brûlage dirigé mises en œuvre dans ce cas précis ne constituent sans doute pas le bon standard de prévention des risques d'incendie, applicable aux autres incendies qui menaceraient cette ville.

Un autre raison avancée pour justifier le recours au brûlage dirigé en alternance est que le maintien d'une grande proportion du paysage en combustibles jeunes réduit la sévérité du feu, sévérité qui est susceptible de réduire la repousse de la végétation, d'augmenter la perte de sol par érosion et d'augmenter les risques d'inondation. Cependant, des études extensives de la repousse post-feu suite aux incendies de 1993 dans le Sud californien, ont conclu que les impacts des incendies très sévères sont variables, et peuvent influencer à la fois positivement et négativement la repousse post-feu [27]. Cinq ans après l'incendie, la repousse de chaparral n'était guère différente sur les sites soumis à une sévérité très élevée et sur les sites soumis à une sévérité peu élevée [28]. Il est donc prématuré à ce stade de procéder à des traitements coûteux, si leur justification est l'amélioration de la repousse post-feu.

On suppose également depuis longtemps que l'un des avantages des traitements du combustible est qu'ils ont un effet positif sur les inondations après les incendies et sur les pertes sédimentaires [29]. Une illustration

simple de cet effet est que si un bassin versant à proximité d'une zone urbaine est traité par brûlage dirigé en alternance, seule une très faible part du bassin versant est sensible à l'érosion à un moment donné, et que le risque d'érosion est donc réduit par rapport à l'effet d'un grand incendie. Cependant, en fin de compte, cette mosaïque créée par le brûlage dirigé reste vulnérable aux incendies lorsque soufflent les Santa Anas (Cf. Encadré 1).

Une autre proposition consistait à soumettre les bassins versants au brûlage dirigé en alternance à intervalle de 5 ans, sans tenir compte de la taille des parcelles brûlées ; de cette manière, les pertes sédimentaires immédiatement après l'incendie seraient considérablement réduites. A long terme, cette solution ne serait peut-être pas rentable pour plusieurs raisons. L'abondance des précipitations pendant la première année suivant l'incendie est un facteur critique qui détermine les pertes sédimentaires [40]. S'il s'agit de pluies légères, la dégradation sédimentaire sera minimale, quel que soit l'âge du peuplement avant le feu. Mais si au contraire, l'incendie est suivi d'un hiver très pluvieux, les pertes sédimentaires seront énormes. Avec le brûlage dirigé à intervalles de 5 ans, la probabilité de voir arriver une année « El Niño » à pluies abondantes, juste après les feux augmente considérablement ; en revanche, une période de retour des feux plus naturelle de l'ordre de 35 ans, réduit cette probabilité. De plus, le cumul des pertes sédimentaires à long terme serait largement supérieur en cas d'intervalle de 5 ans puisqu'en 35 ans, la période normale de retour, le débit de pointe interviendrait de multiples fois. Plus important encore : le brûlage dirigé à 5 ans d'intervalle conduirait de manière quasi certaine au remplacement des maquis endémiques par des herbages et dicotylédones herbacées exotiques [41], ce qui augmente considérablement les risques d'éboulements ou de glissements de terrain sur ces bassins versants escarpés [42].

#### Dégradation des ressources naturelles par les pratiques de lutte contre les incendies

Les pratiques de prévention des risques et de lutte contre les incendies peuvent avoir un impact négatif sur les ressources naturelles, mais les capacités des différentes

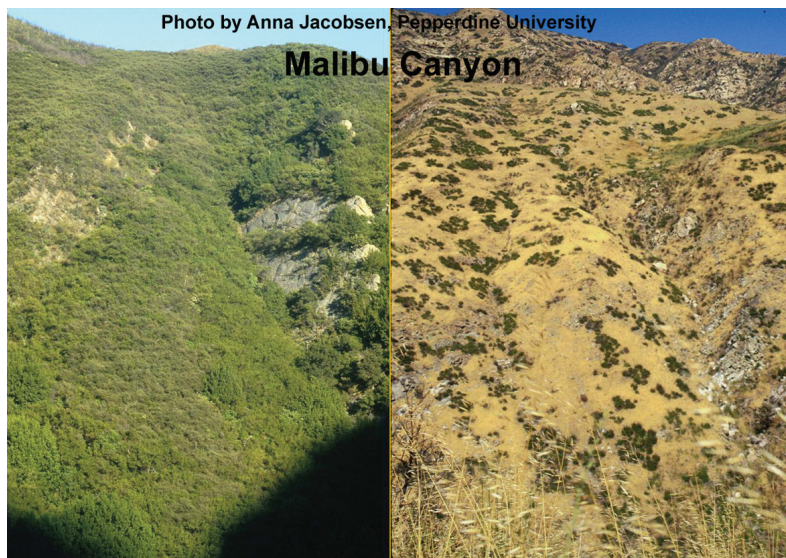


autorités à intégrer les enjeux liés au feu et aux ressources naturelles sont inégales. La prévention des risques liés au feu constitue la mission prioritaire de nombreux Services des Pompiers et de la Direction Californienne de la Forêt et de la Défense Contre les Incendies ; les enjeux relatifs aux ressources naturelles ne sont souvent pas au centre de leurs préoccupations. Même au sein des agences fédérales plus directement concernées par la gestion des ressources naturelles, telles que le Service des Forêts ou le Service des Parcs Nationaux américains, la prise de décision dans le domaine de la gestion du feu n'est pas toujours étroitement liée à la gestion des ressources naturelles, à cause de la complexité des pratiques de gestion actuelles. Par conséquent, les responsables ne sont parfois pas conscients des menaces sur les ressources naturelles que peuvent générer certaines pratiques de gestion du feu [43].

La suppression des incendies et le traitement préalable du combustible ont des équivalences écologiques car le premier tente de maintenir l'équilibre des écosystèmes par la prévention des perturbations, tandis que le second induit un déséquilibre.

Dans certains milieux forestiers comme les écosystèmes de *Pinus ponderosa*, certaines espèces dominantes ont un cycle reproductif qui dépend des perturbations ; de ce fait, l'équilibre obtenu grâce aux succès de la politique de suppression des incendies a des impacts très négatifs sur la pérennité des forêts à long terme.

Par contre, pour de nombreux écosystèmes de maquis, la politique de suppression des incendies, malgré la vaillance des efforts, n'a pas été en mesure d'enrayer la fréquence toujours croissante des incendies sur ces paysages fortement empreints de présence humaine (Cf. Fig. 3). Par conséquent, ces écosystèmes ont été exposés à une fréquence anormalement élevée de perturbations. A première vue, la plupart des observateurs informels n'y voient aucun inconvénient, car ces maquis sont décrits comme des écosystèmes « dépendants du feu » ou « adaptés au feu ». Mais les espèces ne sont pas en soi adaptées au feu ; elles sont plutôt adaptées à un certain régime de feu avec une certaine fréquence, une saisonnalité et une intensité données. Toute divergence de ce régime menace la pérennité de beaucoup d'espèces endémiques.



La menace principale vient du fait que les incendies créent un déséquilibre écologique qui peut être exploité par de nombreuses espèces exotiques envahissantes. Le couvert dense des maquis non perturbés fait suffisamment d'ombre pour éliminer les herbacées exotiques et après un incendie, le degré d'envahissement par des espèces exotiques dépend de la rapidité de l'arrivée de ces semences par rapport à la repousse du couvert arbustif [41]. Entre chaque feu, il y a une période d'évolution pendant laquelle les peuplements arbustifs reconstituent des banques de semences dormantes et réalimentent leurs organes de stockage souterrains.

Les incendies à répétition, avec des périodes de récupération insuffisantes, limitent le rétablissement des arbustes endémiques, ce qui laisse un vide écologique, rapidement comblé par les plantes adventices exotiques (Cf. Photo 5). Il s'ensuit une évolution du maquis originel en végétation herbacée exotique, évolution susceptible de modifier en profondeur de nombreux processus écologiques.

Une telle évolution a déjà eu lieu sur au moins un quart des espaces naturels actuels du littoral californien ; elle a commencé dès la première installation de l'homme dans la région [42]. Si la politique de suppression des incendies n'a pas réussi à éliminer le feu de ce paysage, elle a pourtant, de manière quasi certaine, empêché de considérables évolutions paysagères qui auraient pu intervenir en l'absence de lutte contre une fréquence

**Photo 5 :**  
Les incendies à répétition, avec des périodes de récupération insuffisantes, conduit à une évolution du maquis originel en végétation herbacée exotique.

d'incendie d'origine humaine en croissance exponentielle au cours du XX<sup>e</sup> siècle [24]. Bien qu'il n'existe actuellement aucun suivi de ce type d'évolution, il semblerait qu'elle se produit à un rythme sans cesse croissant dans le Sud californien. De ce fait, les écosystèmes subissent trop de pressions dues à une trop grande quantité de feux ; donc, toute approche de gestion du feu — les projets de réduction du combustible par exemple — susceptible de provoquer des déséquilibres doit d'abord analyser les impacts négatifs potentiels des pratiques envisagées.

### **3. Une autre vision du feu : il faut considérer ces incendies comme des catastrophes naturelles non maîtrisables parmi d'autres et concentrer nos efforts sur la mise au point d'infrastructures humaines capables de minimiser les dommages**

Les Californiens doivent dorénavant adopter une nouvelle vision sur la place et sur la gestion du feu dans ces écosystèmes. Il est nécessaire de nuancer les analyses et d'accepter qu'il s'agit d'événements naturels qui font partie intégrante du paysage californien et ne peuvent être éliminés. La sismologie et la gestion des catastrophes naturelles ont beaucoup à nous apprendre en ce sens. Personne ne prétend pouvoir empêcher un séisme ou une catastrophe naturelle, bien au contraire, mais les bureaux d'études s'occupent d'aménager l'espace pour en minimiser les impacts.

Vu sous cet angle, il nous faut effectuer un diagnostic attentif des méthodes d'aménagement et d'amélioration de nos pratiques susceptibles de nous exposer à des risques sérieux d'incendie destructeur. Les techniques de prévention et de lutte contre les incendies utilisées par les gestionnaires ont jusqu'ici échoué, car ces derniers n'ont pas su faire comprendre au public l'incapacité dans laquelle ils se trouvaient d'empêcher les grands incendies lors des Santa Anas.

La plupart du temps, pendant les 50 dernières années, les organismes publics ont cru à tort que les modes et les localisations des zones d'urbanisations qu'ils autorisaient importaient peu en termes de protection contre les incendies, car il était soi-disant certain que les responsables de la lutte anti-incendie seraient en mesure d'empêcher le franchissement par les incendies de l'inter-

face entre les espaces naturels et les zones urbaines. Ces responsables ont sans doute subi des pressions considérables dans le sens qu'il valait mieux transmettre une image trop sûre de soi-même, plutôt que de faire état d'une quelconque insuffisance humaine.

Dorénavant, les plans de développement en Californie devront mettre en relation et coordonner les stratégies d'aménagement et de gestion du risque, en relation avec les responsables de la prévention et de la lutte contre les incendies. Par ailleurs, les municipalités devront accepter de s'engager et de se responsabiliser pour la création de zones protégées du feu grâce aux implantations d'aménagements de type espaces verts (golfs et parcs) entre les espaces naturels et les habitations.

**J.K., C.J.F.**

## **Bibliographie**

1. C. Miller, "Wildfire Underwriting in California," in Richard W. Halsey, ed., *Fire, Chaparral and Survival in Southern California* (Escondido, Calif.: Southern California Chaparral Field Institute, 2004), in press.
2. California Department of Forestry and Fire Protection, Fire and Resource Program, 2003 Southern California Fires – New Assessments (Sacramento, 2004) <http://frap.cdf.ca.gov/>.
3. T. M. Bonnicksen, "Foresters Need Complete Set of Tools to Trim the Trees," Op-Ed, *San Francisco Chronicle*, Aug. 19, 2004. <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?file=/chronicle/archive/2004/08/19/EDGE989OGA1.DTL>
4. J. E. Keeley, C. J. Fotheringham, and M. Moritz, "Lessons From the 2003 Wildfires in Southern California," *Journal of Forestry* 103 no. 9 (2004): in press.
5. J. Steele, "Insurer Seeks Reparation; Class-Action Suit Pursued," *San Diego Union-Tribune*, July 18, 2004, <http://www.signonsandieg.com/news/fires/20040718-9999-1m18claims.html>. See response,
6. Jones & Stokes, *Sliding Toward Extinction: The State of California's Natural Heritage, 1987* (San Francisco: California Nature Conservancy, 1987).
7. C. D. Allen, M. Savage, D. A. Falk, K. F. Suckling, T. W. Swetnam, T. Schulke, P. B. Stacey, P. Morgan, M. Hoffman, and J. T. Klingel, "Ecological Restoration of Southwestern Ponderosa Pine Ecosystems: A Broad Perspective." *Ecological Applications* 12 (2002): 1418-1433.
8. D. C. Odion, E. J. Fost, J. R. Strittholt, H. Jiang, D.A. Dellasala, and M. A. Moritz, "Patterns of Fire Severity and Forest Conditions in the Western Klamath Mountains, California" *Conservation Biology* 18 (2004): 927-936.

**Jon E. KEELEY** <sup>a, b</sup>  
**C.J. FOTHERINGHAM** <sup>b</sup>

**a - U.S. Geological Survey, Western Ecological Research Center, Sequoia-Kings Canyon Field Station 47050 Generals Hwy Three Rivers, CA 93271-9651 USA**  
**Tél. : +1 559 565 3170**  
**+1 559 561-3218**  
**+1 559 730-1502**  
**Fax : +1 559 565 3170**

**b - Department of Organismic Biology, Ecology and Evolution, University of California, Los Angeles, CA 90095, Mél : jon\_keeley@usgs.gov seajay@ucla.edu**

9. C. R. Clar, California Government and Forestry - I. (Sacramento: Division of Forestry, Department of Conservation, State of California, 1959); S. J. Pyne, *Fire in America. A Cultural History of Wildland and Rural Fire* (Princeton: Princeton University Press, 1982).
10. J. E. Keeley and C. J. Fotheringham, "Historic Fire Regime in Southern California Shrublands," *Conservation Biology* 15 (2001): 1536-1548; J. E. Keeley and C.J. Fotheringham, "Impact of Past, Present, and Future Fire Regimes on North American Mediterranean Shrublands," in T. T. Veblen, W. L. Baker, G. Montenegro, and T. W. Swetnam, eds., *Fire and Climatic Change in Temperate Ecosystems of the Western Americas* (New York: Springer, 2003), pp. 218-262.
11. M. A. Moritz "Spatiotemporal Analysis of Controls on Shrubland Fire Regimes: Age Dependency and Fire Hazard," *Ecology* 84 (2003): 351-361; M. A. Moritz, J. E. Keeley, E. A. Johnson, and A. A. Schaffner, "Testing a Basic Assumption of Shrubland Fire Management: How Important is Fuel Age?" *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 (2004): 65-70.
12. R. Schoenberg, R. Peng, Z. Huang, and P. Rundel, "Detection of Nonlinearities in the Dependence of Burn Area on Fuel Age and Climatic Variables," *International Journal of Wildland Fire* 12 (2003): 1-10.
13. M. J. Schroeder, et al., *Synoptic Weather Types Associated With Critical Fire Weather* (Washington, DC: U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Institute for Applied Technology, AD 449-630, 1964).
14. California Regional Weather Service, *Jet Stream Analyses and Forecasts at 300 mb* (San Francisco State University, San Francisco, 2002) <http://squall.sfsu.edu/crws/jetstream.html>, accessed 27 Nov 2002.
15. R. A. Minnich and R. J. Dezzani, "Suppression, Fire Behavior, and Fire Magnitudes in Californian Chaparral at the Urban/Wildland Interface," in J. J. DeVries, ed., *California Watersheds at the Urban Interface*, Proceedings of the Third Biennial Watershed Conference (University of California, Davis: Water Resources Center, Report No. 75, 1991), pp. 67-83.
16. National Park Service, *Draft Environmental Impact Statement. Fire Management Plan* (Thousand Oaks, Calif.: Santa Monica Mountains National Recreation Area, 2004).
17. USDA Forest Service fire records for the Cleveland National Forest.
18. A. L. Westerling, A. Gershunov, D. R. Cayan, T. P. Barnett, "Long Lead Statistical Forecasts of Area Burned in Western U.S. Wildfires by Ecosystem Province," *International Journal of Wildland Fire* 11 (2002): 257-266.
19. J. E. Keeley, "Impact of Antecedent Climate on Fire Regimes in Coastal California," *International Journal of Wildland Fire* 13 (2004): 173-182.
20. S. A. Mensing, J. Michaelsen, and R. Byrne, "A 560-year Record of Santa Ana Fires Reconstructed From Charcoal Deposited in the Santa Barbara Basin, California," *Quaternary Research* 51 (1999): 295-305.
21. P. Odens, *The Indians and I. Visits with Dieguenos, Quechans, Fort Mojaves, Zumis, Hopis, Navajos and Piutes* (El Centro, Calif.: Imperial Printers, 1971).
22. L. A. Barrett, L. A. A Record of Forest and Field Fires in California From the Days of the Early Explorers to the Creation of the Forest Reserves (San Francisco, CA: USDA Forest Service, 1935).
23. W. S. Brown and S. B. Show, *California Rural Land Use and Management. A History of the Use and Occupancy of Rural Lands in California* (Berkeley, Calif.: USDA Forest Service, California Region, 1944); D. Gomes, O. L. Graham, Jr., E. H. Marshall, and A. J. Schmidt, *Sifting Through the Ashes: Lessons Learned From the Painted Cave Fire* (University of California, Santa Barbara: Graduate Program for Public Historical Studies, 1993).
24. J. E. Keeley, C. J. Fotheringham, and M. Morais, "Reexamining Fire Suppression Impacts on Brushland Fire Regimes," *Science* 284 (1999): 1829-1832.
25. United States Department of Commerce, Bureau of the Census, *Selected Historical Decennial Census* (Washington, D.C. 2004) <http://www.census.gov/population/www/censusdata/hiscendata.html>.
26. S. G. Conard, and D. R. Weise, "Management of Fire Regime, Fuels, and Fire Effects in Southern California Chaparral: Lessons From the Past and Thoughts for the Future," *Tall Timbers Ecology Conference Proceedings* 20 (1998): 342-350.
27. J. E. Keeley, "Postfire Ecosystem Recovery and Management: The October 1993 Large Fire Episode in California," in J. M. Moreno, ed., *Large Forest Fires* (Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers, 1998), pp. 69-90.
28. J. E. Keeley, C. J. Fotheringham, and M.B. Baer, "Dynamics of Postfire Recovery and Succession in Mediterranean-Climatic Shrublands of California: Major Determinants of Change," *Ecological Applications*. In review.
29. R. M. Rice, R. R. Ziemer, and S. C. Hankin, "Slope Stability Effects of Fuel Management Strategies--Inferences From Monte Carlo Simulations," in C. E. Conrad and W. C. Oechel, eds., *Proceedings of the Symposium on Dynamics and Management of Mediterranean-Type Ecosystems* (Berkeley, Calif.: USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, General Technical Report PSW-58, 1982); P. J. Riggan, S. E. Franklin, J. A. Brass, and F. E. Brooks, "Perspectives on Fire Management in Mediterranean Ecosystems of Southern California," in J.M. Moreno and W.C. Oechel, eds., *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystem*. (New York: Springer, 1994), pp. 140-162.
30. J. Loomis, P. Wohlgemuth, A. Gonzalez-Caban, and D. English, "Economic Benefits of Reducing Fire-Related Sediment in Southwestern Fire-Prone Ecosystems" *Water Resources Research* 39, no. 9, WES 3 (2003): 1-8.
31. P. M. Wohlgemuth, J. L. Beyers, and S. G. Conard, "Postfire Hillslope Erosion in Southern California Chaparral: A Case Study of Prescribed Fire as a Sediment Management Tool," in A. Gonzalez-Caban and P.N. Omi, eds., *Proceedings of the Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: Bottom Line* (Albany, Calif.: USDA Forest Service, Pacific

- 
- Southwest Research Station, General Technical Report PSW-GTR-172, 1999), pp. 269-276.
32. J. E. Keeley, "Fire and Invasive Species in Mediterranean-Climatic Ecosystems of California," in K. E. M. Galley and T. P. Wilson, eds., *Proceedings of the Invasive Species Workshop: The Role of Fire in the Control and Spread of Invasive Species* (Tallahassee, Flor.: Miscellaneous Publication No. 11. Tall Timbers Research Station, 2001), pp. 81-94; J. E. Keeley, "Invasive Plants and Fire Management in California Mediterranean-Climatic Ecosystems," In M. Arianoutsou, ed., *10th MEDECOS – International Conference on Ecology, Conservation and Management* (Rhodes Island, Greece: University of Athens, 2004), electronic, no page numbers; M. L. Brooks, C. M. D'Antonio, D. M. Richardson, J. M. DiTomaso, J. B. Grace, R. J. Hobbs, J. E.
- 12 Keeley, M. Pellant, D. Pyke, "Effects of Invasive Alien Plants on Fire Regimes," *Bioscience* 54 (20 04): 677-688.
33. E. S. Corbett and R.M. Rice, "Soil Slippage Increased by Brush Conversion," (Berkeley, Calif.: USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest & Range Experiment Station, Research Note PSW-128, 1966).
34. K. E. Merriam, T. W. McGinnis, and J. E. Keeley, "The Role of Fire and Fire Management in the Invasion of Nonnative Plants in California," *Park Science*. In press.
35. A. L. Jacobson, S. D. Davis, and S. L. Babritius, "Fire Frequency Impacts Non-Sprouting Chaparral Shrubs in the Santa Monica Mountains of Southern California" in M. Arianoutsou, ed., *10th MEDECOS – International Conference on Ecology, Conservation and Management* (Rhodes Island, Greece: University of Athens, 2004), electronic, no page numbers.
36. J. E. Keeley, "Native American Impacts on Fire Regimes in California Coastal Ranges," *Journal of Biogeography* 29 (2002): 303-320.

## Résumé

---

Les incendies de grande ampleur, faisant parfois même des victimes, sont le produit inévitable du paysage et du climat californiens. A travers l'histoire, les interventions contre les incendies n'ont jamais pu éliminer les feux des maquis à chaparral et à sauge en zone littorale, ce qui a pourtant été possible dans de nombreuses forêts de conifères de l'Ouest. Par conséquent, l'accumulation naturelle de combustible ne suffit pas pour expliquer l'augmentation progressive des coûts générés par les impacts des incendies dans la région. Par le passé, les techniques de lutte contre les incendies ont été trop influencées par l'idée qu'elles pouvaient prévenir ou arrêter les feux dévastateurs. Pourtant il est impossible d'atteindre un tel objectif à cause des conditions météorologiques sévères que connaît la région, d'où la nécessité de concentrer les efforts sur la création d'espaces défendables aux interfaces entre les zones urbaines et les espaces naturels. Grâce aux zones tampon et à une collaboration plus étroite entre les responsables de la lutte contre les incendies et les aménageurs, il sera peut-être possible de construire un environnement apte à minimiser les impacts des incendies sur les biens et sur la vie humaine. A l'inverse de nombreuses forêts de l'Ouest où la régénération par le feu est nécessaire pour réduire les risques et restaurer les processus naturels, les maquis de la Californie réclament beaucoup plus de protection face à l'assaut toujours grandissant du feu.

## Summary

---

### Wildfire Management on a Human Dominated Landscape: The Story of California Chaparral Wildfires

Large and potentially lethal wildfires are an inevitable outcome of the California landscape and climate. At no time during the history of this region have fire suppression activities been able to achieve fire exclusion in the coastal chaparral and sage scrub, as has been the case in many western conifer forests. As a consequence, unnatural accumulations of fuel cannot explain the increasingly costly impact of wildfires in this region. Historically, fire management practices have been too heavily influenced by the notion that they can prevent or stop large catastrophic fires. However, the severe weather conditions of this region make this goal an impossibility, and thus greater focus needs to be given to creation of defensible space at the wildland/urban interface. Through a combination of buffer zones and better cooperation among fire managers and community planners, we may be able to engineer an environment that minimizes wildfire impacts on property and lives. Unlike many western forests where fire restoration is needed to reduce fire hazards and return natural processes, California shrublands need much greater protection from an ever increasing onslaught of fires.