

# INFORMATIONS D.F.C.I.

## LES CONSEQUENCES DES FEUX



ENTENTE INTERDEPARTEMENTALE EN VUE DE LA PROTECTION DE LA FORÊT CONTRE L'INCENDIE  
© SCHIANO FOMEDI

chaîne de nos collines ? Ou peut-on croire que le feu fait partie de notre environnement et n'en est qu'un élément perturbateur passager ?

Si les textes qui suivent ne constituent pas un traitement exhaustif du sujet, ils apportent des éléments de réponse, en montrant par exemple que les conséquences des feux sont très variées selon que l'on considère la flore ou la faune, ou même selon le type de faune.

Ils démontrent en tout cas la complexité des réactions des écosystèmes et prouvent encore, si besoin était, que tout jugement à l'emporte-pièce est bien souvent inexact pour le scientifique.

Après chaque été, à l'époque des bilans sur les surfaces incendiées, surgit la même question : Quelles sont les conséquences réelles des incendies sur la forêt méditerranéenne ? Doit-on, comme le font "à chaud" certains journalistes, donner dans le catastrophisme et redouter la désertification pro-

### SOMMAIRE

Régénération de la végétation méditerranéenne après incendie	2
Les oiseaux et les incendies de forêt	4
Conséquences des incendies sur la santé des peuplements forestiers	6
Incendies : quel impact sur les tortues ?	7
Incendie du massif des Maures	8
Les effets des incendies sur le sol et les éléments minéraux	10
Lu pour vous	12

**«INFORMATIONS DFCI»**  
Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie - CEMAGREF - B.P. 31  
13612 AIX-EN-PROVENCE, CEDEX 01  
Tél. 42.66.93.10

**Rédacteur en chef :**  
Raymond SCHIANO

**Comité de rédaction :**  
E. ANZIANI, Cdt. BARRE, M. BARETS,  
M. GROGNOU, A. MAILLET

**Imprimeur :**  
«La Mandragore»  
36 bd Giraud 13014 Marseille

EDITE AVEC LA PARCIPATION  
FINANCIERE DE



LA REGION  
PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

N°23 DECEMBRE 1991

# REGENERATION DE LA VEGETATION

Le feu est une force écologique ancienne et universelle qui a modelé la plupart des écosystèmes méditerranéens. Associé à l'action du climat et aux formes topographiques, l'incendie a contribué à créer, mais pas toujours de façon prépondérante, les types de communautés biotiques qui vivent autour de la méditerranée. Il est difficile de connaître avec certitude depuis quelle époque le feu exerce son influence. Toutefois, il ne fait pas de doute qu'il a précédé l'apparition de l'Homme sur la terre ; le feu a pu survenir dès qu'une végétation terrestre a existé. La foudre est une cause naturelle, mais aussi les éruptions volcaniques ont pu déclencher des incendies au cours des ères géologiques.



SCHIANO/FOMEDI

## LES REPONSES DE LA VEGETATION

Pendant longtemps le feu a été considéré comme un facteur entraînant la dégradation de la végétation. Il y a plus de trente ans, quelques auteurs (Braun-Blanquet 1935 ; Kuhnholz-Lordat 1938 ; Kornas 1958) avaient envisagé le problème, mais ils ne l'avaient pas étudié de façon précise. Généralement, ces auteurs ont décrit des stades dégradés et ont comparé des zones qui avaient brûlé ; mais ils n'avaient pas analysé réellement le processus de succession après incendie. Quelques uns citaient les noms des espèces les plus fréquemment observées dans les zones incendiées (*Quercus coccifera*, *Arbutus unedo*, *Cistus spp.*, *Pinus spp.*). Leurs descriptions étaient basées sur l'observation de stades considérés a priori comme appartenant à la succession régressive de la végétation méditerranéenne : depuis la forêt de *Quercus ilex*, en passant par la garrigue de *Q. coccifera*, pour aboutir finalement aux pelouses de *Brachypodium retusum*. Mais, ces auteurs n'étudiaient pas de façon détaillée l'impact du feu

sur les communautés en place, ni leur devenir réel après cette perturbation. Depuis une vingtaine d'années seulement de nouvelles approches ont abordé le problème objectivement.

Dans le sud de la France, la dynamique de la végétation après l'incendie a été surtout étudiée dans les garrigues calcaires du Bas-Languedoc (Trabaud 1970, 1977, 1983 ; Trabaud & Lepart 1980).

Quarante sept parcelles ont été étudiées (de façon diachronique) pendant 10 à 12 ans.

Elles étaient situées dans 8 types de communautés végétales représentatives de la région : forêts, garrigues et pelouses. Après incendie, la végétation retourne rapidement à son état initial. Les espèces qui constituent les communautés 10 ans après le feu sont les premières à apparaître. Ainsi, un an après un feu, 70 % des parcelles étudiées possèdent plus de 75 % des espèces présentes 10 ou 12 ans plus tard. Deux ans après l'incendie, ce pourcentage dépasse 80 % ; et en cinq ans il atteint 100 %. Le retour vers un stade identique à celui qui existait avant le feu est donc rapide.

# MEDITERRANEEENNE APRES INCENDIE

L'évolution de la composition floristique suit un modèle identique pour toutes les communautés. Au cours des premiers mois suivant le feu, il y a peu d'espèces ; puis la richesse floristique (due surtout aux annuelles tentant d'occuper les espaces incendiés) augmente atteignant des valeurs maximales entre la première et la troisième année. Au delà de la cinquième année, cette richesse floristique tend à se stabiliser. Les changements observés montrent que les espèces pérennes de la communauté originelle prennent le dessus sur les espèces "étrangères" envahissantes. La diversité est maximale pendant la deuxième après le feu, correspondant au maximum de la richesse floristique. Au fur et à mesure que les communautés gagnent en âge, leur structure devient de plus en plus complexe, entraînant une multiplicité des strates. La végétation croît des strates basses (0-50 cm) vers les strates plus élevées (2 à 4 m) pour les peuplements forestiers.

La physionomie de la végétation tend à ressembler à celle des communautés non incendiées.

Parmi les écosystèmes étudiés, la garrigue de *Quercus coccifera* présente une grande résilience, car malgré des mises à feu fréquentes sa composition floristique reste inchangée (Trabaud & Lepart 1981), et la capacité de reconstitution est importante (Malanson & Trabaud 1988 ; Trabaud 1990). Dans les montagnes siliceuses des Albères et des Aspres (extrémité orientale des Pyrénées), l'étude de 6 types d'écosystèmes comprenant des forêts de *Quercus suber*, des maquis à bruyères et des pelouses, montre que la réapparition des espèces est immédiate après incendie (Prodon et al. 1984). Pendant les deux premières années après le feu les annuelles étaient extrêmement abondantes. Mais les espèces pérennes qui se rétablissent après l'incendie, sont celles qui existaient avant la perturbation. En outre, la richesse floristique est plus élevée dans les zones incendiées par rapport à celles non brûlées. En fait, les résultats des recherches mènent aux mêmes conclusions. Ce sont des espèces qui existaient avant le feu qui se réinstallent et reconstituent les communautés. Elles appa-

raissent très tôt, pratiquement au cours des premières années après l'incendie. Il n'y a pas renouvellement des communautés, dans le sens d'une communauté remplaçant une autre, mais tout simplement "autosuccession" ; c'est-à-dire qu'une communauté incendiée se rétablit identique à elle-même.

## CONCLUSION

Ces résultats, principalement axés sur des travaux réalisés en France sont corroborés par d'autres études récentes qui aboutissent à des conclusions similaires dans des pays méditerranéens tels que l'Espagne, la Grèce, l'Italie et le Portugal.

Ainsi, d'après les recherches de ces dernières décennies, le feu n'apparaît plus comme un phénomène totalement négatif mais comme une perturbation ayant un impact fugace sur les composants des écosystèmes. Les effets du feu doivent être considérés en termes de régime des incendies :

type, intensité, fréquence et saison d'apparition, ainsi que du contexte environnemental. Des incendies trop fréquents transforment une forêt en une broussaille. Le temps de cicatrisation entre les incendies est un facteur important à prendre en considération dans toute évaluation des effets à long terme du feu. Différents régimes de feu influent différemment sur les communautés tant animales que végétales et le sol.

Du fait d'une longue histoire de perturbations de toutes sortes (coupes, agriculture, feu, pâturage), chaque espèce vivant encore dans l'environnement méditerranéen a développé des caractéristiques de survie lui permettant de survivre au passage des incendies et de se perpétuer ainsi que de maintenir les communautés dans lesquelles elle vit.

**Louis TRABAUD**  
Centre d'Ecologie  
Fonctionnelle et Evolutive,  
CNRS, route de Mende,  
BP 5051, 34033 Montpellier



S. SAUBAMEA/FOMEDI

# LES OISEAUX ET LES INCENDIES DE FORÊTS

Les incendies de forêts apportent des modifications importantes à la structure des peuplements de vertébrés terrestres. Sur l'avifaune, en particulier l'action du feu peut être perçue à deux niveaux.

— Lors du passage du feu, il y a une destruction du milieu et une mortalité (variable) chez les oiseaux.

— après le passage du feu, il y a reconstitution du milieu végétal avec recolonisation progressive et différentielle par les oiseaux : ces deux aspects du problème peuvent être traités séparément.

## MORTALITES DUES AU FEU LUI-MEME

Cette mortalité, très variable, est fonction d'au moins cinq facteurs principaux dont les effets conjugués nous placent devant un grand nombre de cas de figures, donc devant des taux de mortalité très difficilement appréciables ; ces facteurs sont :

— Période de l'année où le feu a lieu : fort heureusement pour l'avifaune les grands incendies ont assez rarement lieu en mai, un peu plus souvent en juin, mais surtout en juillet août, et septembre, période où les jeunes des premières nichées sont déjà émancipés. Restent les oiseaux de seconde pontes et des pontes de remplacement qui peuvent encore être dépendants en juillet. Il reste aussi le cas du Circaète (grand aigle mangeur de serpents) dont les jeunes ne sont volants qu'en août : pour eux c'est la mort assurée.

— Richesse du peuplement avien de la zone : En région méditerranéenne les densités d'oiseaux nicheurs sont assez faibles (2 à 3 couples à l'hectare) et les zones forestières (chênaies) ont des densités et un nombre d'espèces d'oiseaux à l'hectare plus importants que des milieux ouverts comme des cistaies ; la mortalité potentielle y sera donc plus élevée (fig. 1).

Maquis bas	13	(3)
Maquis haut	19	(3)
Taillis Chêne vert	17	(0)
Chataigneraie	25	(0)
Futaie Chêne vert	24	(0)
Futaie Chêne liège	28	(1)

Fig.1 Nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs dans différentes formations végétales du massif des Maures (Var) d'après LEGRAND (1978). En caractères gras, le nombre d'espèces protégées par la directive 79/409 de la C.E.E.



c. ORSINI/FOMEDI

Rouge gorge : cet oiseau est momentanément éradiqué après le passage des incendies

— Type d'oiseaux : selon l'espèce (taille corporelle, superficie du territoire, aptitude à se déplacer, position vis-à-vis du phénomène migratoire) le comportement de fuite, donc d'abandon du territoire devant le feu, sera fort différent.

— Etendue, violence et vitesse de propagation du feu : l'existence de "poches" où les oiseaux peuvent être "piégés" par les grands incendies peut localement occasionner des pertes considérables (mortalité approchant 100 % au niveau de ces poches).

— Période de la journée où passe le feu : de nombreux petits passereaux sont incapables de voler la nuit (en dehors de leurs périodes migratoires) et l'on observe souvent que, s'ils sont dérangés en période nocturne ils se dirigent vers les sources de lumière. Cela fait en réalité beaucoup trop d'inconnues et les témoignages des personnes s'étant trouvées devant le front des flammes sont d'ailleurs discordants :

— "Rien n'est sorti de la parcelle enflammée".

— Des dizaines d'oiseaux fuyaient devant le feu".

— "J'ai vu des oiseaux se précipiter dans le brasier".

Les cadavres d'oiseaux calcinés sont extrêmement rares sur les parcelles parcourues par le feu et il est donc particulièrement difficile de faire une estimation de la mortalité avienne. Il paraît évident cependant que les oiseaux sont la classe des Vertébrés qui est la moins affectée par le passage d'un incendie. Dans le cas des grands incendies de ces dernières années, on peut cependant se poser deux questions :

— Quelles sont les possibilités de réinsertion dans les milieux voisins des oiseaux ayant échappé au feu, (problèmes de compétition intra et interspécifique) ?

— Quelles ressources les surfaces incendiées offriront-elles aux oiseaux hivernants, dans les mois suivant les incendies ?

En effet, en région méditerranéenne les plus fortes densités d'oiseaux sont observées durant l'hivernage (d'octobre à mars) quant l'Europe septentrionale centrale se vide pratiquement de ces nicheurs dont une grande partie émigre dans la neige et le froid. (Roi-telets, Rougegorges, Grives, Merles, Bécasses, Accenteurs, Troglodytes, Pouillots).

Ces oiseaux se nourrissent essentiellement de baies (lentisque, filaire myrte, viorne-tin, arbousier) qui composent la flore du maquis et de la garrigue ainsi que d'insectes encore en activité grâce à la douceur du climat. Dans le cas d'incendies comme ceux

plus rares et jouissent donc, du fait de leur grande rareté, d'une protection juridique plus importante, celle de la directive n°79/409 de la C.E.E. concernant la conservation des oiseaux sauvages. L'affirmation selon laquelle les surfaces incendiées perdent leur valeur biologique est donc fautive en ce qui concerne les oiseaux. Si la loi était appliquée strictement, il serait même plus difficile de faire des aménagements (golfs, villas) sur des parcelles parcourues par le feu que sur celles qui ne le sont pas !!

Certaines espèces comme le Traquet rieur et le Cochevis de Thékla, extrêmement localisées en France,

logues et chasseurs se réjouissent des catastrophes écologiques que constituent les grands incendies de ces dernières années. Les petits feux sont maintenant rapidement circonscrits grâce à l'efficacité des moyens de lutte, et ce sont quelques grands incendies, totalement incontrôlés qui vident en quelques jours un massif de toute sa faune. Les temps de recolonisation par les différentes espèces d'oiseaux seront d'autant plus longs que ces espèces sont plus inféodées à un stade forestier avancé (cas des Pics et des Sittelles qui fréquentent les plus vieux arbres).

On peut donc dire que les petits incendies sont assez peu dommageables pour l'avifaune qui arrive à en réchapper et même qu'ils favorisent le maintien de certaines espèces méditerranéennes rares. En ouvrant localement le milieu ils peuvent de plus constituer un facteur favorisant la bio-diversité. Les grands incendies, au contraire, outre la mortalité liée à leur passage, sont responsables de la chute de la diversité biologique en introduisant une forte monotonie de l'environnement végétal et en éradiquant momentanément l'avifaune forestière. S'ils se reproduisaient trop souvent cette éradication serait définitive, et de nombreuses espèces d'oiseaux disparaîtraient de massifs tout entiers.

Un autre aspect important et indirect des incendies sur l'avifaune est la création des pistes forestières et les débroussailllements intenses pour protéger la forêt contre l'incendie. La création de pistes favorise la pénétration humaine dans les massifs (véhicules, marcheurs, cavaliers, chasseurs) et peut provoquer des dérangements importants, notamment sur les rapaces en période de nidification. Les débroussailllements peuvent avoir un effet bénéfique (ouverture du milieu) ; encore faut-il qu'ils ne soient pas effectués en pleine période de nidification, ni de manière brutale. Le sylvopastoralisme a la préférence des ornithologues. En tout état de cause, il ne faudrait pas que le remède soit plus important que le mal. La création de pistes nouvelles et les grands travaux de débroussailllements devraient donc être réalisés après concertation avec les zoologistes (ornithologues, herpétologues, entomologistes) afin d'évaluer leur impact sur la faune. Cela pouvait apparaître comme un vœu pieux, il y a quelques années mais la tendance actuelle de la concertation est à encourager.



Fauvette passerinette : un des premiers oiseaux à se réinstaller après l'incendie

© ORSINI/FOMEDI

de 1990 dans les Maures (20 000 ha) ce sont environ 1 million d'oiseaux qui ont perdu momentanément leur aire d'hivernage habituelle.

### MODIFICATION DE L'AVIFAUNE :

Après le passage du feu on assiste à une ouverture du milieu végétal. Or, dans le biome méditerranéen, l'avifaune forestière est essentiellement d'origine médio-européenne ; elle est composée d'espèces assez banales en Europe (Pics, Mésanges, Grimpereaux, Grives, Rougegorge, Pinsons). Ces espèces forestières disparaissent après le passage du feu. Elles sont remplacées par des espèces de milieux ouverts (Bruants, Piégrichés, Alouettes, Fauvettes, Traquets) espèces dont l'aire de nidification en Europe est restreinte puisqu'elles sont souvent localisées sur la bordure méditerranéenne (Fig. 2).

Ces espèces, apparaissant après l'incendie, sont donc généralement

aurait même probablement disparu si la forêt avait envahi les milieux qualifiés de "dégradés" qui leur sont nécessaires.

La perdrix rouge, très recherchée des chasseurs méridionaux est aussi favorisée par l'ouverture du milieu, conséquence des incendies. Il ne faut pas trop rapidement conclure qu'ornitho-

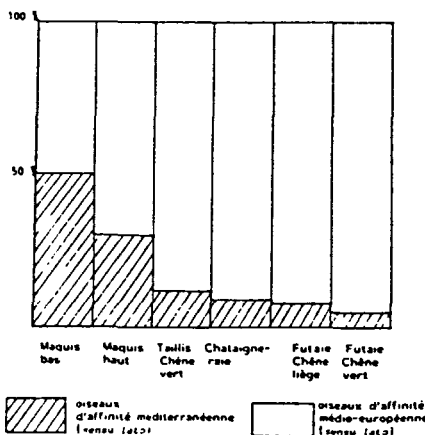


Fig. 2 Structure biogéographique de l'avifaune des différentes formations végétales des Maures (Var) d'après C. LEGRAND (1978).

# CONSEQUENCES DES INCENDIES SUR LA SANTE DES PEUPLEMENTS FORESTIERS

Près de 7 000 ha de forêts (hors maquis et garrigues) ont été dévastés cet été par le feu dans le Sud-Est de la France. En raison de l'importance des superficies boisées détruites, nous rappelons dans cette note les conséquences que peuvent avoir les incendies dans le domaine phytosanitaire et les mesures à envisager dans certains cas.

## CONSEQUENCES SUR LA SANTE DES FORETS

Dans les zones incendiées de très nombreuses espèces d'insectes et champignons ont été détruites par le feu. Cependant, certaines d'entre elles peuvent recoloniser rapidement les peuplements parcourus par le feu puis s'étendre, dans des conditions exceptionnelles, aux peuplements voisins.

### 1 - LES INSECTES XYLOPHAGES

(Cerambycidae, Buprestidae)  
Ce sont généralement des ravageurs très secondaires qui vont s'attaquer aux arbres morts carbonisés. Ils ne représentent donc pas un danger pour les peuplements sains voisins ; leurs populations vont se multiplier sur les bois morts puis regresser naturellement.

### 2 - LES INSECTES SOUS-CORTICAUX RAVAGEURS DE RESINEUX

(Curculionidae, Scolydidae)  
Ces insectes, particulièrement dangereux pour l'arbre, se multiplient sur des arbres affaiblis. Ils vont donc s'installer préférentiellement sur les arbres venant de mourir, mais non carbonisés, ainsi que sur les arbres endommagés au pied par des échauffements (feux courants). Si les conditions climatiques sont favorables aux arbres encore vivants (pluviométrie normale), les populations de

ravageurs ne pourront se développer sur de nouveaux hôtes ; par manque de nourriture, elles retrouveront alors un niveau endémique.

Si, par contre, des conditions climatiques exceptionnelles (sécheresse marquée, températures élevées, gels) continuent à affaiblir les arbres survivants ainsi que ceux situés dans les peuplements sains avoisinants, toutes les conditions seront alors réunies pour le déclenchement d'épidémies de ces insectes sous-corticaux.

### 3 - LES CHAMPIGNONS

Certaines espèces vont trouver après les incendies des conditions favorables à leur installation :

— *Rhizina inflata* (un des agents de la maladie du rond) ; il apparaît surtout sur sols acides et semble plus agressif dans les zones incendiées. Ce champignon, parasite des résineux, peut alors présenter un risque lors de la reconstitution des peuplements détruits (cas observés dans les Landes).

— *Hypoxylon mediterraneum* : parasite de blessure et de faiblesse, il peut entraîner le dépérissement des chênes-lièges affaiblis.

— *Divers champignons lignivores* (Stereum sp., Xanthocrous sp...) : parasites de blessure et de faiblesse, ils entraînent la pourriture des parties affectées de l'arbre. Ils contribuent, avec l'action des insectes xylophages, à la dégradation du matériel ligneux.

L'éventuelle multiplication de ces champignons dans les zones incendiées ne présente pas toutefois un danger pour les peuplements voisins.

## MESURES PREVENTIVES ET CURATIVES

Elles ne s'appliquent qu'à la lutte éventuelle contre les attaques d'insectes sous-corticaux des résineux ; les autres insectes et les champignons précédemment cités ne constituent pas, en effet, une menace suffisante pour justifier une intervention.

## CAS DES FEUX D'ETE :

Afin de limiter au maximum les risques de pullulation de Curculionidae (*Pissodes notatus*) et de Scolytidae (*Tomicus* sp., *Ips sexdentatus*, *Ips acuminatus*...) dans les massifs voisins, il serait souhaitable de pouvoir exploiter et évacuer (ou écorcer) avant le printemps prochain les résineux qui ne survivront sans doute pas au passage du feu.

Si ces mesures ne peuvent être envisagées, il conviendra de surveiller attentivement au printemps prochain les peuplements résineux situés en bordure de zones incendiées afin de détecter précocement tout foyer de *Pissodes* ou de *Scolytes*. Une lutte par rondins-pièges préalablement traités à l'insecticide pourra être envisagée le cas échéant.

## CAS DES FEUX DE PRINTEMPS (OU DE DEBUT D'ETE) :

Dans ce cas, il serait souhaitable d'exploiter et d'évacuer (ou d'écorcer), dans les meilleurs délais, les arbres qui ne survivront pas au passage du feu afin que les insectes sous-corticaux ne puissent se multiplier avant l'hiver. De plus, une évacuation rapide des produits permettrait d'éviter leur détérioration par l'action des insectes xylophages et des champignons lignivores.

Département de la Santé des Forêts  
Echelon technique interrégional Sud-Est  
BP 95, 84140 Montfavet, tél. 90 87 67 53

# INCENDIES : QUEL IMPACT SUR LES TORTUES ?



LA POSTE ET LA TORTUE : La poste a édité en 1991 un très beau timbre à 3 F consacré à la tortue de Hermann. Philatélistes. Hâtez-vous !...

Les tortues terrestres d'Hermann et tortues aquatiques Cistude ont été durement touchées par les incendies ces dernières années. S'agit-il d'un phénomène nouveau ? Va-t-il entraîner à court terme la disparition de ces animaux ?



La plaine des Maures au nord des Mayons après passage du feu (1979).

La réponse à la première interrogation est délicate car elle nécessite la prise en compte de données statistiques et cartographiques fiables sur les incendies des décennies passées et une connaissance de l'historique de la régression des populations de tortues.

Or les éléments dont on dispose sont loin d'être satisfaisants, dans un cas comme dans l'autre. Cela dit, l'examen de la répartition actuelle de la tortue d'Hermann et de la tortue Cistude dans le département du Var montre que ces deux espèces font aujourd'hui pratiquement défaut dans les secteurs plus touchés par l'incendie tandis qu'elles subsistent dans les secteurs épargnés : zone centrale du Massif des Maures, plus particulièrement secteur des Maures, Collobrières, La Môle, Cogolin et la presqu'île de Saint-Tropez. A l'est et à l'ouest du massif, les densités ont chuté en dessous du seuil viable pour les populations de tortues d'Hermann. Dans l'Estérel, la dégradation du milieu due au passage ancien et répété du feu a fait disparaître les deux espèces depuis longtemps, mais les écrits et témoignages indiquent que ce massif était jadis bien occupé par les tor-



Quelques unes des milliers de tortues détruites par l'incendie de la plaine des Maures d'août 1979.

tues. L'historique de la disparition de la tortue d'Hermann dans le Massif des Albères montre également l'influence directe du phénomène incendie.

Ceci implique donc :

1° que ces espèces, présentes dans ces régions depuis plusieurs milliers d'années (les restes découverts dans les gisements préhistoriques en apportent la preuve), ne peuvent pas surmonter ce type de catastrophe ; 2° que les incendies de ces dernières décennies ne sont pas normaux et habituels dans les régions occupées par ces animaux.

Contrairement à l'avis de nombreux spécialistes, le phénomène incendie n'est donc pas naturel en région méditerranéenne française puisque non "pris en compte" par des espèces animales implantées de longue date. Le fait qu'il soit toléré et tolé-

ble pour certaines formations végétales (suberaies) et certains animaux (oiseaux, petits mammifères) montre que les écosystèmes méditerranéens sont pour partie, mais pour partie seulement, adaptés à l'incendie. De fait, c'est probablement la nature de l'incendie et l'évolution récente des paysages qui expliquent les problèmes rencontrés actuellement.

En ce qui concerne les tortues, plusieurs facteurs sont en effet à prendre en compte : date de l'incendie, vitesse de progression, nature du feu (en nappe ou en mosaïque), fréquence de passage. Les études menées en France et à l'étranger montrent clairement à quel point le taux de survie des

tortues terrestres est lié à la nature du paysage : celui-ci pouvant être de 60 à 70 % dans des paysages encore exploités par l'homme-Albères espagnoles, Grèce, tandis qu'il n'excède pas 5 % dans le Massif des Maures. En outre, il ne semble pas que les capacités démographiques de l'espèce puissent répondre à des fréquences de passage supérieures à 20-30 ans, tandis que la Cistude, touchée par les proportions similaires, parvient à retrouver ses effectifs en moins de 10 ans.

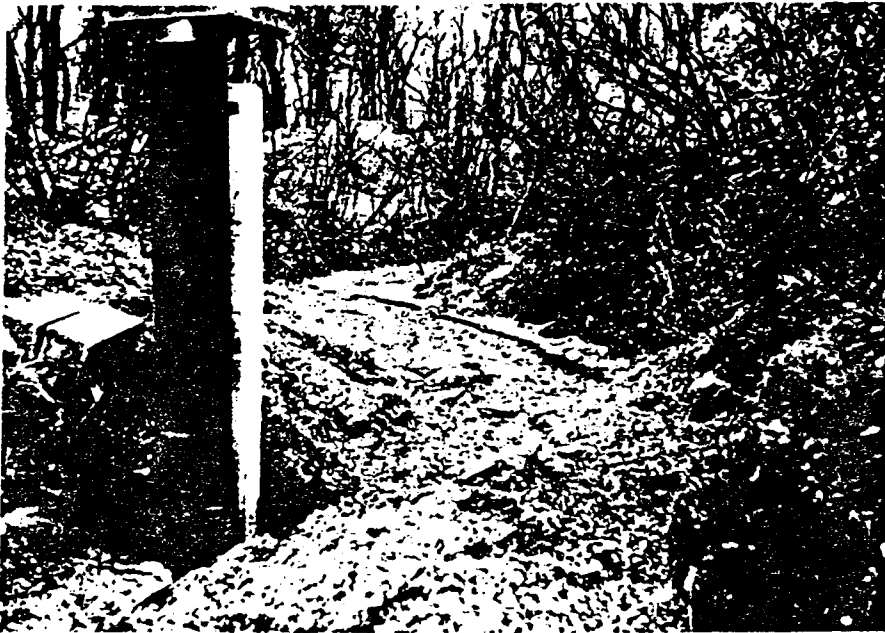
Si la tendance actuelle n'évolue pas, il y a donc fort à craindre que la tortue d'Hermann ne soit plus qu'un souvenir dans la mémoire des provençaux dans moins de 20 ans. Dans un cas comme dans l'autre, des solutions existent. Mais leur application nécessite des actions concertées entre partenaires encore peu habitués à mettre leurs efforts en commun.

Marc CHEYLAN,  
Ecole Pratique des Hautes  
Etudes, Montpellier



# INCENDIE DU MASSIF DES MAURES :

Un an après le grand incendie d'août 1990, cet article présente d'abord l'utilisation de l'imagerie satellitaire, ensuite les premières conséquences du feu sur le comportement hydrologique de la zone incendiée, enfin les recherches sur les phénomènes d'érosion.



Exemple d'érosion mécanique : atterrissement après une crue

Les scientifiques qui travaillent sur ce bassin, disposent ainsi d'un plan expérimental extrêmement riche, et sont à même d'apprécier les perturbations d'un tel événement sur le fonctionnement du milieu. Nous reportons ici, les premiers résultats après l'observation d'un cycle hydrologique.

## UTILISATION DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE

### Cartographie des zones incendiées

Le premier réflexe a été de programmer une prise de vue aussitôt après l'incendie.

L'image SPOT qui a été analysée date du 4 septembre 1990. Les zones incendiées apparaissent très clairement ; le planimétrage précis des zones incendiées est immédiat (rappelons que l'unité de base, le pixel, est un carré de 20x20 m).

### Suivi de la reprise de la végétation

Nous nous proposons de suivre l'évolution de la végétation après incendie grâce aux images satellite (SPOT, NOAA, LANDSTAT).

L'analyse des données thermiques permet en effet une évaluation de la biomasse, et le croisement de l'information avec un modèle numérique de terrain, c'est-à-dire une cartographie informatisée, permettra de préciser quels sont les effets de l'orientation des versants, des pentes... L'information doit aussi être validée, par des reconnaissances de terrain ; elle est basée sur le suivi de 32 placettes témoins de 20x20 m, sur lesquelles sont examinés : l'intensité du feu, l'état de la végétation, sa densité et les espèces qui la composent, des éléments de pédologie et de géologie, les critères topographiques... Un état annuel sera établi qui permettra de suivre l'évolution de la reprise.

## INCIDENCE DE L'INCENDIE SUR LE CYCLE HYDROLOGIQUE

Nous n'avons traité qu'une partie de la masse des informations disponibles ; les résultats présentés concernent le bassin versant du Rimbaud, qui draine une superficie de 146 ha.

L'incendie de forêt qui a dévasté, en août 1990, plus de 8 000 ha du massif des Maures, a partiellement affecté la zone de mesure du bassin de recherche expérimentale du Réal Collobrier. Le réseau de mesure hydroclimatologique, déployé sur environ 100 km<sup>2</sup> dans la région de Collobrières, est suivi depuis 1966 par le CEMAGREF. Le réseau consiste à mesurer en continu le débit des cours d'eau (11 bassins versants), la pluviométrie grâce à 17 pluviographes, les paramètres climatologiques à la station de Ferme Lambert.

Lors de l'incendie, seuls 2 pluviographes ont été détruits. Les faibles pertes en matériel sont à l'actif du débroussaillage autour des postes de mesure.

L'incendie a détruit la couverture végétale dans des proportions variables selon les bassins versants ; pour certains plus de 80 % de leur surface a été parcourue par l'incendie, d'autres n'ont pas été affectés.



# CONSEQUENCES SUR LE CYCLE DE L'EAU ET SUR LES PROCESSUS D'EROSION

Plus de 80 % de la végétation a été détruite en août 1990 : c'était essentiellement un maquis bas, complanté de chênes lièges.

La comparaison avec les 25 années d'information avant incendie, permet d'avancer les résultats suivants :

— le bassin produit un supplément d'écoulement qui atteint, sur le cycle hydrologique (c'est-à-dire, l'année commençant en août 1990 et finissant en juillet 1991), 150 mm, soit 150 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>. Ceci correspond à une augmentation du ruissellement d'environ 25 %.

— les processus de formation de crues\* ont été profondément bouleversés : toute pluie, sur les bassins incendiés, provoque une réponse importante et rapide. Les débits de pointe (maximum d'une crue) sont extrêmement forts : ainsi, en seulement 15 mois depuis l'incendie, on a observé trois épisodes supérieurs à 4 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> ; il a fallu 25 ans avant incendie pour observer le même nombre d'épisodes ! De plus, les crues se forment très brutalement, et certaines même, sont des réponses impulsives. Ces phénomènes sont en marge de l'hydrologie classique. La formation des crues ne résulte pas d'une saturation progressive du bassin. Seules les zones préférentielles, le chevelu hydrographique et les petits axes drainants contigus, contribuent au ruissellement. L'incendie a donc, seulement contribué à remettre en action ces petits axes drainants qui ne sont plus protégés par la végétation. Ici, l'hydrologie rurale rejoint l'hydrologie urbaine.

## L'EROSION CHIMIQUE ET MECANIQUE

### L'érosion chimique

Comme précédemment, les résultats sont basés sur les observations recueillies sur le bassin du Rimbaud. Les effets de la destruction du couvert végétal sont très sensibles sur les flux de produits dissous. L'exportation des éléments libérés par la combustion des végétaux a provoqué un accroissement de la minéralisation, notamment lors des premières crues. Les plus fortes concentrations mesurées,

font ressortir un enrichissement dans un rapport de 20 à 30 pour l'ensemble des éléments chimiques par comparaison aux teneurs avant incendie. En fin de cycle, les concentrations sont déjà beaucoup moins élevées, et après cette libération brutale de la minéralomasse, nous commençons à observer le phénomène inverse : mobilisation des éléments nutritifs nécessaires à la reprise de la végétation.

### L'érosion mécanique

L'érosion mécanique quasi absente avant l'incendie est à présent extrêmement active. Les estimations présentées ici sont basées sur les mesures effectuées durant l'été 1991, sur quelques retenues d'eau du massif des Maures.

Une fourchette provisoire d'estimation des exportations peut être avancée : — 450 à 850 t/an/km<sup>2</sup> pour les éléments fins (inférieurs à 2 microns). La proportion de cendres est d'environ 50 % ;

— 850 à 1400 t/an/km<sup>2</sup> pour les éléments grossiers. Ces matériaux sont

issus de l'érosion par ruissellement diffus sur les versants et de la formation de rills sur les versants et en bordure des ravines existantes. On ne constate pas d'incision dans les ruisseaux, mais cela était prévisible car sur ce massif les ruisseaux coulent pratiquement sur la roche.

Il convient de rappeler qu'avant incendie, les exportations représentaient moins de 5 t/an/km<sup>2</sup> pour tous les éléments.

Avec la destruction du couvert végétal, les processus d'érosion mécanique se sont donc amplifiés de façon spectaculaire.

Ces études sont réalisées dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique REAL COLLOBRIER, avec le soutien financier du Ministère de la Recherche et de la Technologie et celui de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Secrétariat du GIS :  
CEMAGREF Aix-en-Provence  
Division Ouvrages Hydrauliques  
et Equipements pour l'Irrigation.



S. CEMAGREF

Erosion dans un petit ruisseau du bassin-versant du Rimbaud.

\* crue pour l'hydrologue, toute réponse à une pluie

# LES EFFETS DES INCENDIIS ET LES ELEMENTS MINERAUX

**Le feu agit sur le sol essentiellement de deux manières : par dégagement de chaleur et par minéralisation de la matière organique.**

Le passage du feu entraîne un échauffement du sol. Cependant, la chaleur transmise au sol ne représente qu'environ 5 % de l'énergie libérée par le feu et, comme le sol est un très mauvais conducteur, les températures atteintes au passage du feu décroissent rapidement avec la profondeur. Ainsi les températures de 400° à 500°C, couramment observées à la surface du sol au cours de brûlages dirigés en forêt méditerranéenne française, n'entraînent aucun échauffement sensible dès 5 cm de profondeur ; mais lorsqu'elles atteignent 900°C en surface, la température peut s'élever jusqu'à 100°C à 5 cm dans le sol. On ne connaît naturellement pas les températures atteintes lors des grands incendies de forêt, mais au cours d'un brûlage intense simulant un incendie sévère aux USA, 220°C a été enregistré à 7 cm de profondeur dans le sol. Cet échauffement du sol, même faible, peut avoir des conséquences importantes sur ses habitants et ses caractéristiques chimiques et physiques. Quelque soit l'intensité du feu, ce sont toujours les couches superficielles du sol, justement les plus riches en matière organique et biologiquement les plus actives, qui sont les plus exposées à l'échauffement au passage du feu.

## LES ELEMENTS MINERAUX

Le feu entraîne des pertes en éléments minéraux pour la forêt. Au cours de la combustion de la végétation et de la litière, les éléments minéraux qui se volatilisent à faibles températures s'échappent dans l'atmosphère sous forme d'oxydes gazeux. C'est le cas bien sûr du carbone, mais également de l'azote, perte d'autant plus importante que cet élément est bien souvent limitant dans les milieux méditerranéens. On a pu mesurer, au cours des feux prescrits dans différents types de forêts dans le monde, des pertes en azote variant de 12 à 110 kg/ha. D'autres minéraux moins volatils sont entraînés, sous forme de très fines particules de cendres, par les courants de convection, parfois très violents au cours des incendies de forêt, et sont transportés,



SCHIANO/FOMEDI

Maures, 1990 un arbre réduit en cendres...

puis restitués plus tard avec les pluies, souvent loin de leur lieu d'origine. En même temps, un tapis de cendres provenant de la combustion du matériel végétal se dépose sur le sol, riche en éléments minéraux qui ne se volatilisent qu'à hautes températures comme le phosphore, le potassium et le calcium, sous forme minérale ou encore liés à la matière organique facilement minéralisable. Mais cette couche est très vulnérable à l'érosion ou bien au lessivage dans les couches profondes du sol. Les pertes par érosion sont surtout importantes sur fortes pentes lors des premières pluies, d'autant plus qu'il se constitue parfois sur le sol une couche superficielle hydrophobe après le feu. Les cendres, une fois incorporées au sol par la pluie, libèrent pendant plusieurs mois des éléments minéraux sous forme soluble. Les pertes par drainage sont alors minimisées si la végétation est rapidement active et absorbe ces éléments minéraux, d'où le rôle essentiel des espèces végétales qui germent ou rejettent rapidement après le feu.

Les microorganismes (bactéries et champignons) et les animaux du sol, qui jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organi-

que et le recyclage des éléments minéraux, sont essentiellement concentrés dans la litière et les couches superficielles du sol riches en matière organique ; ils sont donc directement touchés par la vague thermique au passage du feu. La faune de litière et de surface, essentiellement détritivore, est décimée et se reconstitue lentement en fonction de la restauration du milieu forestier et de ses couches de litière. Pendant des années après un incendie, la faune du sol reste déséquilibrée et rare, dominée par des espèces qui vivent en profondeur. Par contre, avec l'apport des éléments minéraux et de la matière organique facilement minéralisable des cendres, ainsi qu'avec le changement du microclimat du sol, on observe généralement une stimulation rapide, mais temporaire, des microorganismes dans le sol. C'est, avec la reprise de la végétation, un mécanisme majeur de conservation des éléments minéraux après les feux.

Quelles sont les effets à long terme de ces incendies sur le sol ? Les pertes en éléments minéraux au cours d'un feu sont relativement faibles si on les compare aux quantités stockées dans le sol et dans les masses ligneuses

## La forêt carbonisée : son présent, son futur

C'est sous ce titre que l'Union Régionale de la Forêt Privée a organisé un symposium qui s'est tenu à Hyeres les 5 et 6 avril 1991. Au total 26 intervenants ont pu effectuer des communications dans leurs spécialités.

laissées sur pied après un incendie de forêt en région méditerranéenne. Mais ces éléments ne sont pas tous également mobilisables. Or les feux affectent plus spécialement le pool des éléments les plus mobiles de l'écosystème, ceux qui transitent dans les feuilles, puis sont recyclés dans la litière et les couches superficielles du sol, pour être remis à la disposition des plantes. A long terme pourtant, aucune étude n'a pu déceler de répercussions du feu sur le capital d'éléments minéraux du sol. Les apports atmosphériques et différents mécanismes permettent probablement aux écosystèmes forestiers de compenser, avec le temps, les pertes en éléments minéraux occasionnés par le feu. On a pu cependant observer des modifications de type fonctionnel : changement de la répartition de l'azote entre les diverses couches du sol, aptitudes différentes à la minéralisation..., sans bien en comprendre la signification et les conséquences. Le feu pourrait alors être considéré comme ayant un rôle moteur dans la dynamique des écosystèmes méditerranéens. Il semble en effet que les écosystèmes régulièrement soumis à des périodes de stress hydrique et où les éléments minéraux sont limitants, comme beaucoup de milieux forestiers méditerranéens, ont des espèces végétales plus inflammables et produisent une litière qui se décompose plus lentement que les écosystèmes sous climats plus humides et sur sols plus fertiles. Cette accumulation de matériel organique immobilise les éléments minéraux, ce qui les rend encore plus limitants. Elle accroît également la combustibilité du milieu, ce qui augmente les probabilités de feu. Les feux pourraient donc être un facteur essentiel dans la dynamique de ces écosystèmes forestiers en permettant la remise en circulation des éléments minéraux progressivement immobilisés depuis le dernier feu. Ces mécanismes sont difficiles à généraliser car ils dépendent de processus propres à chaque écosystème, déterminés par l'interaction entre les sols, le climat et la végétation.

**Dominique GILLON**  
Centre d'Ecologie  
Fonctionnelle et Evolutive,  
Montpellier

Les communications dont la liste suit feront l'objet d'une publication par l'Union Régionale (tél. 91.64.21.71) en début d'année 1992.

### INTRODUCTION

- après l'incendie, un réaménagement global (J. DOUHERET)
- forêt méditerranéenne : passé, présent, devenir (Prof. BARBERO)

### LES EFFETS DE L'INCENDIE

- effets de l'incendie sur les sols forestiers (M. AUBERT)
- incidence de l'incendie sur la flore et la végétation (M. LOISEL)
- des animaux microscopiques et discrets au service de la forêt (Prof. COINEAU)
- conséquences des incendies sur la santé des forêts (M. SCHVESTER)

### LA RECONSTITUTION FORESTIERE

- Connaissance du milieu :
  - gestion de l'après-feu - réhabilitation des massifs forestiers sinistrés (M. MAILLET)
  - la typologie des stations (M. LADIER)
  - Dynamique et potentialités de la végétation du feu (M. BONIN)
- Choix des espèces :
  - Le recépage des chênes-liège (MM. MEDORY & FLORY)
  - Douglas : un travail de sélection en cours (M. DODD)
  - place du Douglas en France (M. NEVEUX)
  - intérêt des différentes provenances de sapins en Grèce dans les reboisements des zones méditerranéennes (M. FADY)
  - Variabilité et diversité biologique des provenances forestières en vue d'opérations raisonnées de reboisement (M. FERRANDES)
  - un outil pour les reboiseurs : le choix des essences (M. RIPERT)
- Choix des techniques :
  - la production de plants forestiers (M. FALCONNET)
  - des mycorhizes pour des plants forestiers de qualité (M. MOUSAIN)
  - techniques de reboisement (M. SARDIN)

### LE REAMENAGEMENT GLOBAL

- réaménagement global (M. DE SAINT LAGER)
- incendies et terrasses de cultures :

réponses de la végétation et du sol - impact sur les paysages (M. TATONI)  
— réhabilitation du massif de Sainte-Victoire (M. MARCH)

### LES IDEES IMPORTANTES DU SYMPOSIUM

extrait des conclusions du Prof. BLANDIN, Museum National d'Histoire Naturelle.

1. Le poids de l'histoire écologique du site détruit : le feu, un processus qui s'inscrit dans une histoire ancienne. Le poids de cette histoire est important notamment à propos des sols, dont l'état actuel dépend d'une pédogenèse qui remonte à des millions d'années. *Que faut-il faire par rapport à cette situation ?*

2. Appliquer les soins d'urgence en attendant : c'est-à-dire les mesures destinées à la sauvegarde du sol.

3. Etablir un diagnostic :

— tout d'abord un diagnostic écologique qui va tenter de faire le point sur ce qu'était le milieu auparavant et ce qu'il en reste en termes de potentialités. Cette analyse conduit à imaginer différents scénarios d'évolution du site.

— ensuite un diagnostic beaucoup plus complexe qui va prendre en compte tous les acteurs. En effet, scientifiques et techniciens avec leur savoir-faire vont se trouver confrontés à tous les acteurs qui ont des "voulir-faire" sur le site, des projets sociaux. Certaines personnes auront donc un rôle de régulation de cette confrontation, de façon à ce que se négocie finalement un projet social global sur le site. C'est à partir de lui qu'il y aura mise en œuvre de procédures techniques où se retrouveront les scientifiques.

4. Pour bien élaborer le diagnostic écologique, il faut bien prendre conscience de la nature des systèmes écologiques qui s'emboîtent en différents niveaux d'intégration.

5. Raisonner à ces différents niveaux d'échelle

On peut définir un certain nombre de fonctions du territoire boisé :

- fonction paysage
- fonction protection des sols
- fonction patrimoine naturel
- fonction production

Le projet social global résultant de la concertation se traduit par un choix hiérarchisé de ces fonctions. On va cerner des objectifs, définir des priorités (définition de la structure à réaliser.).

Le Centre de Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie est installé dans les locaux du

**CEMAGREF**

d'Aix-en-Provence.  
B.P. 31 - Le Tholonet  
13612 Aix-en-Provence  
Cedex 01.

Ce centre recueille les informations à caractère scientifique et technique sur la forêt méditerranéenne. Il fonctionne grâce au concours de :

Ministère de l'Agriculture et de la forêt,

Ministère de l'Intérieur,

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur,

Entente Interdépartementale en vue de la protection de la forêt méditerranéenne contre l'Incendie.

## DES PIN'S POUR LA FORET

A l'occasion de la troisième édition de "Un Noël pour la forêt", la Fondation pour la forêt méditerranéenne (tél. 42.51.41.00) a édité quatre pin's. Le produit de leur vente est destiné à financer des opérations de reboisement (20 000 arbres plantés en 1991, 24 000 prévus en 1992) et notamment de réhabiliter des sites brûlés. Vente dans les magasins Carrefour en novembre et décembre 1991, et dans les bureaux Caisse d'Epargne et MACIF à partir du 18.11.1991.



## PIN'S BIS

Sont également disponibles :  
— la feuille et l'aiguille, 30 F, de l'association forêt méditerranéenne (91.56.06.91).  
— "Prévention d'abord", 25 F, de l'Union Régionale des Propriétaires de la Région PACA (91.64.21.71).  
— "Auprès de mon arbre", 25 F, Association de reboisement du Cengle (42.53.31.75).  
De nombreux autres organismes ont produit des pin's. Si tous ne sont plus forcément disponibles, citons néanmoins : l'Entente, le Conseil Régional PACA, de nombreux Conseils Généraux, les DDAF de l'Aude, de l'Hérault et des Pyrénées-Orientales, les CCFF de l'Hérault, le FFN, le CTBA,...



## Le châtaignier en Europe

C'est le dossier présenté dans "Forêt Entreprise" n°76, 4/1991. On y présente d'abord une histoire commune, puis on aborde la situation dans ces pays : Espagne (Galice et Catalogne), Italie, Portugal, Grèce, Grande-Bretagne. Voici les superficies forestières en châtaignier pour l'Europe :

- France ..... 1 000 000 ha
- Italie ..... 500 000 ha
- Espagne ..... 130 000 ha
- Portugal ..... 32 000 ha
- Royaume-Uni ..... 30 000 ha
- Grèce ..... 17 000 ha

## 10<sup>e</sup> Congrès Forestier Mondial : les actes

Le 10<sup>e</sup> Congrès Forestier Mondial s'est tenu du 17 au 26 septembre 1991 à Paris, réunissant 2500 participants venus de plus de 130 pays. La Revue Forestière Française en a publié les actes, dont les 8 premiers volumes (3500 p.) ont pu être remis aux congressistes. Même s'il y est assez peu question de forêt méditerranéenne, le programme en 6 chapitres aborde de nombreux sujets d'actualité, articulés en 25 thèmes et 104 sujets. Les 8 volumes sont disponibles pour 700 F franco à la Revue Forestière Française, 14 rue Girardet, 54042 Nancy Cedex.

Pour recevoir ce bulletin régulièrement, veuillez détacher et renvoyer ce papillon\*

NOM : .....

ADRESSE : .....

Remarques et suggestions : .....

Autres personnes auxquelles ce bulletin peut être adressé : .....

DOCUMENTATION FORÊT MÉDITERRANÉENNE & INCENDIE - B.P. 31 - 13612 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 01 - TÉL. 42.66.93.10