



HAL
open science

Santé des peuplements et équilibres biologiques dans les forêts après passage du feu

Pierre Carle

► **To cite this version:**

Pierre Carle. Santé des peuplements et équilibres biologiques dans les forêts après passage du feu. Revue forestière française, 1974, 26 (S), pp.198-206. hal-03395744

HAL Id: hal-03395744

<https://hal.science/hal-03395744v1>

Submitted on 22 Oct 2021

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

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

Santé des peuplements et équilibre biologique dans les forêts après passage du feu

Le feu est certainement l'un des facteurs déterminants de l'histoire forestière de notre globe et, d'après Iverson (Ahlgreen et Ahlgreen, 1960) la grande majorité des formations arborées paraît avoir souffert de ses sévices depuis le néolithique. Divers dans ses causes, l'incendie l'est aussi dans ses effets suivant sa nature, sa fréquence, le type de végétation, le milieu et la période de l'année où il survient. Par ailleurs, si les forêts méditerranéennes présentent des caractéristiques topographiques, phytologiques et sociologiques particulièrement favorables au déclenchement puis à la propagation de l'incendie, certaines contrées plus septentrionales ne sont pas pour autant épargnées.

L'incendie de forêt est un phénomène complexe dont la propagation, le mode d'action et les effets varient suivant divers facteurs du milieu : état de déshydratation de la litière, vitesse du vent au sein du peuplement, quantité de combustible, importance de la couverture végétale basse, état d'hydratation du feuillage, angle et longueur des flammes, intensité de chaleur irradiée, etc... Ses effets directs provoquent la mort des arbres, la destruction de la matière ligneuse ou la détérioration technologique des produits et en outre peuvent initier des processus biologiques complexes qui accentuent encore les premiers dommages pour menacer, à terme, la santé de l'ensemble du peuplement. De manière indirecte, ces processus biologiques peuvent être selon les cas à l'origine d'une réduction d'accroissement des sujets rétablis, d'une perturbation de structure des peuplements, d'un retard dans la régénération naturelle comme d'une impossibilité de replantation immédiate de l'essence disparue et dans la plupart des cas d'une profonde dégradation de l'écosystème forestier. Ces divers effets sont d'ailleurs de nature et de portée différentes selon que l'on considère l'arbre ou le peuplement.

CONSÉQUENCES BIOLOGIQUES DES EFFETS DES FEUX AU NIVEAU DU VÉGÉTAL

Dans une forêt bien développée où la croissance des arbres limite le sous-bois, dans laquelle le mort-bois est réduit et l'ouverture des peuplements négligeable, l'incendie ne présente pas, en général, un caractère de catastrophe irrémédiable. Des bouquets d'arbres, des sujets isolés, des lambeaux de forêts échappent à la destruction, soit par suite de leur situation, soit par le caprice des sautes de vent. Au contraire, dans une forêt dégradée au sous-bois très développé, dans une formation monospécifique de résineux ou dans un peuplement en cours de reconstitution après incendie, le feu se développe avec violence détruisant souvent la plus grande partie du manteau végétal. Dans tous les cas, l'importance du sinistre dépend d'abord de l'époque de l'année, des conditions climatiques et de la combustibilité des essences en place.

Au niveau de l'arbre, les conséquences biologiques des feux sont étroitement liées aux traumatismes subis. Selon les cas, ces derniers provoquent la mortalité immédiate du végétal avec ou sans calcination, l'échauffement de sa tige ou le grillage de son feuillage.

Mortalité immédiate des arbres avec calcination

Après passage de l'incendie, la calcination peut être plus ou moins partielle suivant les circonstances ; le plus souvent subsistent par place des troncs à demi-consumés et des souches encore intactes qui vont subir une lente désagrégation par l'action conjuguée d'organismes vivants : insectes (*Ancylolichra*,

Ergates, *Chalcophora*, *Camponotus*, *Mesosa*, *Cerambyx*, etc.) et champignons pathogènes (*Polyporus*, *Stereum*, *Fomes*, etc.). Bien adaptés à des états successifs de désagrégation du matériel ligneux, ces différents agents interviennent selon des enchaînements biologiques bien établis puis sont éliminés progressivement du biotope lorsque les conditions ne permettent plus leur développement ; de ce fait, en général, ils ne présentent aucun danger pour les arbres sains avoisinants. Pourtant il n'en est pas de même pour certains ravageurs de souches non calcinées encore alimentées par un système racinaire intact. Ceux-ci, qui rencontrent alors sous écorce des conditions favorables à leur développement larvaire peuvent ensuite, à l'état adulte, se porter sur les jeunes plants environnants et les détruire. C'est notamment le cas des charançons des pins du genre *Pissodes* et de certains Scolytides (*Blastophagus*, *Hylurgus*, etc.).

Les vieux troncs en désagrégation sont également le refuge d'une entomofaune détritiphage, occasionnellement prédatrice, mais parfois potentiellement dangereuse. Ainsi de nombreuses espèces de fourmis dont *Dendrolasius fuliginosus* caractérisée par son odeur de citronnelle, et divers *Camponotus*, jouent un rôle important dans le maintien des équilibres biologiques naturels, alors que d'autres se comportent en véritables ravageurs : c'est notamment le cas de *Crematogaster scutellaris* qui s'abrite dans le suber du chêne-liège et le rend impropre à toute utilisation. Enfin, le termite, *Reticulitermes lucifugus*, habitant des fûts dégradés, maintenant répandu en France méridionale, demeure encore l'un des plus graves ravageurs des installations et des charpentés.

Mortalité immédiate des arbres sans calcination

Peu après l'incendie, la mort survient chez les arbres dont l'écorce a été gravement lésée par le feu jusqu'à l'assise génératrice libéro-ligneuse. Chez les conifères, ces dommages débutent sur le tronc par des coulées de résine ; chez les feuillus, on observe seulement de légères boursouflures. Dans les deux cas, les fûts conservent encore leur aspect primitif mais, bien que sous l'écorce le bois demeure intact, les tissus corticaux moribonds présentent de graves lésions. Dispersés par le vent ou attirés à distance vers les arbres endommagés, ravageurs et pathogènes y trouvent alors des conditions propices à leur développement.

Incendie de forêt ayant provoqué la mortalité des arbres sans calcination

Photo CARLE



L'époque du sinistre détermine le devenir du bois. Ainsi, sur les sujets tués par un feu de printemps ou de début d'été, les insectes et les champignons s'installent rapidement et dégradent le matériel ligneux ce qui nécessite l'exploitation rapide des troncs incendiés. En revanche, un feu de fin d'été ou d'automne laisse plus de latitude pour programmer et exécuter les opérations de sauvetage des bois dans la mesure où l'activité des agents d'agression est réduite durant la mauvaise saison. Dans les deux cas pourtant, d'importantes pertes sont inévitables.

Les insectes de ces bois incendiés sont généralement peu spécifiques mais à quelques exceptions près, telle *Melanophila acuminata* qui se développe sur les pins, les genévriers, les bouleaux et les chênes, leur polyphagie s'étend seulement à un seul genre d'essences. Ainsi, en France, l'entomofaune du genre *Pinus* comprend des Coléoptères : Scolytides (*Ips*, *Blastophagus*, *Orthotomicus*, *Pytogenes*, *Xyleborus*, etc.), Curculionides (*Pissodes*, *Magdalis*, etc.), Cerambycides (*Monohamnus*, *Rhagium*, *Spondilis*, *Criocephalus*, etc.) ou Buprestides (*Melanophila*, *Phaenops*, etc.), mais aussi des Lépidoptères (*Dioryctria*) et des Hyménoptères (*Sirex*, *Paururus*). Une liste analogue peut évidemment être dressée pour chaque genre d'essences : sapin, épicéa, chêne, peuplier, etc. Enfin, bien que chaque ravageur possède des caractéristiques particulières d'attaque et de développement, la grande diversité de l'entomofaune forestière implique généralement la colonisation de tous les organes végétaux y compris les racines principales (Fabre et Carle 1974).

L'installation puis le regroupement des insectes xylophages sur les sujets incendiés s'expliquent par leur très grande sensibilité aux substances volatiles émises d'abord par l'arbre à partir des tissus moribonds puis par les premiers ravageurs installés. En outre, certaines espèces comme *Melanophila acuminata* ou *Monohamnus galloprovincialis* obéissent à d'autres tactismes : la première, capable de déceler à distance les radiations infrarouges émanant des feux (Evans, 1966) vole à travers la fumée à la recherche de lieux de ponte sur les arbres encore chauds (Sargos, 1947), la seconde manifeste souvent une préférence marquée pour les surfaces carbonisées (Feytaud, 1950).

D'installation certainement moins rapide que les insectes, les champignons pathogènes se développent pourtant très vite sur les bois incendiés non écorcés ; certains pénètrent par les trous d'insectes, d'autres au niveau des fissures et des cassures. Leur développement, souvent limité aux vaisseaux du bois, est surtout abondant les trois premières années qui suivent le sinistre. Ainsi, selon Basham (Shingo, 1967) sur les chênes brûlés s'installent d'abord les champignons imparfaits des genres *Schizophyllum* ou *Stereum* qui colorent le bois, puis leur action se prolonge les années suivantes grâce à l'intervention successive d'autres espèces, l'ensemble aboutissant à une dégradation progressivement totale des différentes parties de l'arbre.

Échauffement des tiges

L'échauffement ou flambage des tiges, fréquemment observé après les feux courants, provoque des lésions de l'écorce limitées aux portions échaudées. Ces traumatismes déclenchent chez l'arbre des processus réactionnels qui tendent vers la guérison des blessures par cicatrisation mais dont la mise en œuvre s'accompagne souvent d'une baisse générale d'activité physiologique des sujets, variable selon les circonstances et la gravité initiale des dommages. Certains se rétablissent rapidement, d'autres y parviennent plus tard, quelques-uns meurent après un temps de survie plus ou moins long. D'après Miller et al. (1961) l'aptitude au rétablissement dépend en outre du port de l'arbre et de ses caractéristiques dendrométriques ; elle est donc liée à sa vigueur physiologique initiale.

Au cours de sa période de survie après échaudage, l'arbre en voie de guérison subit l'attaque des agents d'agression. Certains, qui intervenaient dans le cas précédent, ne peuvent se maintenir, qu'ils soient tués ou rejetés par la résine ou que leur développement soit bloqué par des réactions locales de cicatrisation ou de défense des troncs. D'autres en revanche, moins exigeants ou plus favorisés, triomphent des mécanismes de défense de l'arbre. Leur installation déclenche alors l'intervention en chaîne d'une série d'organismes conduisant à la mort de tout ou partie du végétal atteint. Très vite le processus s'accélère de lui-même car les insectes colonisent d'abord les plages lésées, puis les portions saines, et les champignons qui pénètrent par ces mêmes blessures ou par les ruptures sommitales de tige se développent ensuite de proche en proche.

Certains agents d'agression présentent un développement insidieux bien adapté à l'état d'affaiblissement du végétal en survie. C'est le cas des larves subérophages de *Dioryctria sylvestrella* qui peuvent parvenir à leur complet développement sans provoquer la mort de l'arbre ou celui de différentes espèces de *Fomes*, agents de la pourriture rouge du cœur qui ne détruisent leur hôte qu'après plusieurs années.

Enfin, la guérison des lésions chez les sujets rétablis s'accompagne toujours d'une détérioration plus ou moins grave de la valeur technologique des bois du fait de cicatrices et de callus, ainsi que de



Photo CARLE

Attaque de scolytide (*Orthotomicus erosus*) sur tronc incendié

dépôts internes de résine chez les conifères et de difficultés de traitement des produits notamment au déliépage chez le chêne-liège. D'après Fielding (1967) ces malformations offrent en outre et pour longtemps, des portes d'entrée supplémentaires aux agents d'agression.

Grillage du feuillage

En général, l'effet du grillage des feuilles est moins important que celui du flambage des fûts. Chez les feuillus, il est très vite masqué par de nouvelles pousses l'année même du sinistre ; chez les résineux en revanche, pour lesquels ses conséquences sont souvent plus graves, il peut provoquer l'année suivante une mortalité supplémentaire des arbres, notamment durant la période de plus grande sécheresse (Mann et Gunter, 1960).

Un affaiblissement physiologique général consécutif aux traumatismes subis par l'arbre après la perte de son feuillage et de ses dernières pousses peut provoquer sa mort et l'installation des ravageurs xylophages déjà cités. Dans le cas d'un grillage partiel du houppier, les dommages souvent sectoriaux sont seulement limités aux branches les plus touchées. Ils sont alors assez rarement suivis d'attaques d'insectes (*Coroebus*, *Agrius*, *Ips* et *Orthotomicus*, etc.) mais plus fréquemment colonisés par des champignons du genre *Stereum*. Des moignons de branches mortes témoignent durant plusieurs années de ces dégâts donnant alors aux arbres une allure de « perchoirs à perroquet ».

Si la disparition des végétaux entraîne une perte de production considérable, les dommages partiels qu'ils subissent provoquent aussi des déprédations technologiques importantes par suite d'écimages,

de pertes de dominance apicale ou de malformations des tiges, et, en outre, compliquent souvent la tâche du forestier. Ainsi, d'après Boissin (1957), le traitement des forêts incendiées de chêne-liège devrait comprendre des opérations de nettoyage, de recépage puis d'élimination sélective des rejets excédentaires, de dégagement des semis, etc., toutes mesures particulièrement onéreuses et de rapport souvent très incertain dans un milieu toujours menacé de destruction.

RÉPERCUSSIONS BIOLOGIQUES DES EFFETS DES FEUX AU NIVEAU DES PEUPELEMENTS

Les effets directs des feux au niveau de l'arbre vont avoir à leur tour des répercussions biologiques sur le milieu forestier. Lentement élaboré au cours de l'évolution progressive des écobiocénoses, ce milieu constituait auparavant un ensemble cohérent d'éléments interdépendants intégrant dans un dispositif harmonieux les strates cryptogamique, herbacée, frutescente et arborée successivement formées. Ainsi, dans les meilleures conditions méditerranéennes, cinq niveaux de végétation peuvent se superposer depuis la strate arborescente supérieure à chêne vert ou pubescent, s'étalant entre 8 et 20 m de hauteur jusqu'à la strate herbacée-muscinale à carex, lierre et *Teucrium chamaedrys*. Chacune d'elles se développe de façon interdépendante et crée progressivement une unité phytosociologique faite de cohabitation nécessaire, de compétition, de concurrence et de solidarité. En outre, à chaque strate aérienne correspond une strate souterraine, avec pour chacune d'elles un microclimat particulier et un milieu biotique original. Quant survient l'incendie, c'est toute l'harmonieuse construction qui s'écroule, détruite en un instant, parfois même ruinée à jamais. Pour toutes ces communautés parfaitement organisées le feu représente donc le cataclysme qui bouleverse l'équilibre naturel initial. Mais qu'advient-il ensuite de la forêt? C'est au niveau du sol, du microclimat et du milieu biotique qu'il faut y chercher des éléments de réponse.

Les effets immédiats du feu sur le sol se manifestent de diverses manières. La forte irradiation calorifique provoque d'abord un brusque changement de son état d'hydratation qui s'accompagne de la destruction d'une partie de sa matière humique, d'une modification de sa structure et, dans les terrains les plus superficiels, d'une altération de la roche. La suppression soudaine du couvert végétal entraîne un accroissement considérable de l'absorption photique, de l'amplitude journalière des variations thermiques, de l'évaporation et une diminution de la capacité de rétention en eau. Enfin, l'accumulation en surface de charbon de bois et de cendres modifie la composition chimique du sol.

Une dégradation d'intensité variable suivant les conditions locales suit généralement le passage de l'incendie. Dans les contrées méditerranéennes, une érosion rapide et excessive emporte la terre arable, la sécheresse estivale intense réduit la couche meuble et le vent, souvent violent, disperse les cendres et élimine ainsi le faible apport fertilisant qu'elles pouvaient représenter. Dans les régions plus continentales, cet effet de dégradation est souvent moins marqué du fait de conditions climatiques moins excessives.

Modifications biocœnotiques dans les milieux incendiés

Le bouleversement biocœnotique enregistré au niveau du sol est d'abord la conséquence de la forte irradiation calorifique et des modifications édaphiques et microclimatiques. Des transformations qualitatives et quantitatives de la population bactérienne apparaissent rapidement puis s'atténuent au bout de quelques jours avant qu'un nouvel équilibre intervienne (Hall, 1921 — Corbet, 1934). Chez les invertébrés, la microfaune hypogée subit des perturbations. Ainsi, d'après Heyward et Tissot (1936) les populations de l'horizon Ao et des horizons inférieurs sont respectivement 5 et 11 fois moins élevées dans les sols incendiés que dans les sols épargnés. Ici le feu réduit surtout les populations de vers de terre, de myriapodes, de fourmis et d'insectes pollinisateurs vivant dans le sol. Chez les vertébrés, la faune s'appauvrit en petits rongeurs par suite de la disparition de la couverture herbacée. La flore mycélienne est également modifiée : une stérilisation totale intervient au niveau de la litière et tous les horizons supérieurs du sol subissent une réduction qualitative de la matière organique (Springett, 1971). En outre, après l'incendie, si dans certains cas les truffières sont détruites (Maury, 1957), dans d'autres en revanche, on note une augmentation des Pezizes et des Agaricacées (Ahlgreen et Ahlgreen, 1960). Enfin, les mycorrhizes, malgré leur disparition des racines superficielles, survivent en profondeur et très vite réinfectent les couches de surface (Mikola et al, 1964).

En surface, le vide biologique est souvent presque total car une grande partie de la vie animale est détruite ou abandonné le territoire. Invertébrés (gastéropodes, arachnides, insectes, etc.), petits vertébrés rampants ou courants sont éliminés et dans le cas des feux de printemps, l'avifaune périt avec sa progéniture. Harant et Jarry (1967) par exemple, estiment que la destruction d'un hectare de pineraie provençale provoquerait la mort de 300 oiseaux, 400 petits mammifères, plusieurs dizaines de tortues, serpents ou amphibiens et plus de 5 millions d'insectes.

Bientôt pourtant la vie animale reprend ses droits et les milieux incendiés sont recolonisés. Bons voiliers, les insectes xylophages des troncs sont les premiers installés; souvent, moins de 15 jours après un incendie de début de saison, ces ravageurs et leurs principaux parasites et prédateurs occupent déjà tous les sites de développement. Peu après cette première colonisation, l'avifaune tente de se reconstituer : certaines espèces insectivores, pies, mésanges, etc., trouvent leur nourriture dans les troncs incendiés et au printemps, y rencontrent des sites de nidification. Ailleurs, divers passereaux granivores se réinstallent. A partir de ces premières implantations se poursuit la recolonisation des territoires dans le même temps où la végétation se reconstitue (Riney et Batcheler, 1959).

Conséquences immédiates des modifications de biocénoses sur les écosystèmes forestiers

Ces modifications de biocénoses ne vont pas sans retentir sur l'ensemble de la forêt tant dans les zones fortement endommagées que dans les peuplements épargnés et dans les forêts limitrophes exemptes de tout sinistre. Certaines paraissent bénéfiques à la forêt; ainsi, Muller (1929) signale l'action purgative du feu sur les insectes et les champignons et Siggers (1934) rapporte qu'un seul feu hivernal élimine durant une année les attaques du champignon *Septoria acicola*. Pourtant, dans la plupart des cas, les conséquences immédiates des perturbations biocénologiques provoquées par l'incendie sont néfastes à la forêt. En effet, l'exploitation par les agents d'agression de l'importante quantité de matériel que constituent les arbres affaiblis ou morts sans calcination s'accompagne nécessairement d'un accroissement considérable de leurs populations respectives et fait encourir de grands risques aux peuplements sains avoisinants.

Après des incendies répétés, certaines espèces de ravageurs xylophages bien intégrés dans le milieu naturel présentent une démographie galopante. C'est notamment le cas, en France, de certains Buprestides comme *Melanophila acuminata* sur les pins méridionaux. Il en est de même du charançon *Pachylobius picivorus* aux États-Unis qui, d'abord attiré par les arbres grillés, peut ensuite se porter sur les sujets sains (Fox et Hill, 1973). D'autres espèces assez peu exigeantes mais toujours « sur la brèche » profitent des conditions créées par le feu pour développer de fortes populations puis envahir les peuplements avoisinants. Ce fut le cas d'*Ips sexdentatus* dans les Landes de 1945 à 1950, à la suite d'une période prolongée d'intense sécheresse assortie d'incendies répétés, souvent très graves, et d'un défaut d'entretien sylvicole (Feytaud, 1950). La lutte menée tardivement s'avéra alors particulièrement difficile et les pertes occasionnées aux peuplements sains furent très élevées. Cette invasion massive de xylophages, l'une des plus importantes que la France ait connue, ne fut finalement jugulée que grâce au retour de conditions climatiques normales coïncidant avec une trêve du feu et des exploitations plus rationnelles, toutes conditions susceptibles de freiner la multiplication des ravageurs en raréfiant leur matériel de développement et en accroissant la vigueur des arbres sains. Des dommages comparables furent enregistrés dans les peuplements de résineux des Vosges alsaciennes à la suite, ici encore, d'un cumul de circonstances favorables (sécheresse, dégâts de guerre, défaut d'entretien) auxquels sont venus s'ajouter les dégâts du feu. Comme dans les Landes, le danger vint des Scolytides (*Pityogenes chalcographus*, *Ips typographus*) et le rétablissement de la forêt exigea plusieurs années d'efforts (Anonyme, 1923). Plus récemment, au cours des cinq dernières années et à la suite d'incendies d'importance plus réduite et d'une aridité estivale accentuée, des foyers de multiplication de ravageurs xylophages apparurent sur tout le littoral méditerranéen. Aucun pourtant ne prit l'ampleur des catastrophes précédentes surtout, semble-t-il, à cause d'un rétablissement rapide de conditions climatiques propices à une bonne vigueur végétative des arbres. En fait, dans la plupart des cas, l'invasion des peuplements sains par les insectes xylophages est souvent la conséquence d'un cumul de causes prédisposantes parmi lesquelles les effets de l'incendie jouent d'abord un rôle de catalyseur puis d'entretien des premiers foyers de multiplication.

Répercussions biologiques à terme des effets des feux sur la forêt

A terme, les effets des feux retentissent de manière indirecte sur la forêt par suite du remaniement progressif des composantes principales de l'écosystème. Ils se traduisent par une réduction d'accroissement des arbres, une perturbation de la structure des peuplements, un retard de réinstallation de l'essence initiale et s'accompagnent, dans tous les cas, d'une détérioration profonde de l'écosystème.

Les effets du feu sur le sol agissent d'abord sur la croissance des végétaux car, malgré des répercussions jugées bénéfiques sur la croissance des plantes herbacées, une diminution notable de la fertilité des stations incendiées à l'égard des arbres forestiers est souvent en rapport avec les profondes modifications physico-chimiques enregistrées. Cet appauvrissement du sol peut se perpétuer durant de longues années. Arnould (1933) en France, signale une mauvaise croissance des arbres pendant plus d'un siècle sur les stations incendiées à sols argileux. Par ailleurs Gagnon (1965) pour des peuplements de conifères brûlés 20 ans plus tôt, note des symptômes de déficiences physiologiques en relation avec un déficit

en azote et phosphore des feuilles et une chlorose des aiguilles. Enfin, Jordan (1966) constate sur le chêne rouge endommagé par le feu, une absence totale de croissance radiale du fût sur les secteurs échaudés l'année qui suit le sinistre, puis une reconstitution complète des cernes trois ans après. Il est bien évident que de tels phénomènes d'affaiblissement physiologique s'accompagnent souvent d'une augmentation de susceptibilité de la forêt aux agents d'agression. Ainsi des sujets échaudés de pin noir d'Autriche âgés de plus de 55 ans peuvent être attaqués par le champignon du sol *Rhizina inflata*, parasite fréquent des jeunes semis (Gremmen, 1961); de même, les rouilles et les champignons du genre *Fomes* dont l'installation est favorisée par les dégâts du feu (blessures, cassures, etc.), se développent rapidement dans les peuplements incendiés. Parfois aussi le feu agit comme un facteur stimulant de l'agent d'agression; c'est notamment le cas de *Rhizina undulata* (Kramer, 1965) et *Rhizina inflata* (Wagner, 1960) qui, activés par l'échauffement de la couche d'humus consécutif au passage de l'incendie, attaquent, dans les contrées septentrionales, les jeunes sujets de sapin, de pin et de mélèze trop vite replantés après le sinistre. De même, la répétition des feux serait l'une des causes affaiblissantes des peuplements qui prédisposeraient les chênaies aux spectaculaires attaques du *Coroebus bifasciatus* (Maury, 1957), aux détériorations répétées du Bombyx disparate, *Lymantria dispar* (Boissin, 1957) et aux attaques des résineux par les Scolytides (Carle, 1973).

Indirectement, la destruction plus ou moins complète de certains arbres, l'affaiblissement de leurs voisins et les dommages partiels que subissent par contre coup les peuplements sains avoisinants concourent à désorganiser la structure du massif forestier. Or un massif qui s'ouvre devient immédiatement plus sensible aux facteurs d'agression de toute nature et tend progressivement vers un état de « saltus boisé ».

Ces perturbations de structure peuvent alors engendrer de très graves conséquences. Ainsi, une réduction d'épaisseur du sol due à l'érosion diminue la profondeur d'enracinement de l'épicéa. Or, la tendance naturelle de cette essence étant plutôt à l'étalement superficiel, des risques de chablis pèsent sur la forêt dès que le peuplement est désorganisé. On connaît alors les répercussions de ces dommages, notamment sur les multiplications d'insectes xylophages. De même, l'ouverture d'un peuplement de conifères en multipliant les effets de bordure et les arbres isolés favorise la dispersion des pontes de certains Lépidoptères comme la processionnaire du pin, *Taumatopoea pityocampa* et la généralisation de ses attaques.

A plus long terme encore, la reconstitution de la couverture végétale varie suivant l'importance des dommages, l'état du sol et la situation climatique et stationnelle. Dans les régions rarement sinistrées où les conditions écologiques sont propices à la forêt, l'incendie initie une succession écobioécénologique primaire qui sans intervention humaine aboutit progressivement à la reconstitution d'un état stable voisin de l'état initial. En revanche, dans les contrées souvent dévastées où les conditions écologiques sont moins favorables à la forêt, la dégradation des sols qui s'en suit limite la reconstitution d'une couche meuble et humifère. Progressivement, le manteau végétal s'appauvrit tant en volume qu'en qualité de couvert et le milieu se modifie. Ces nouvelles conditions accentuent l'irrégularité des régimes hydrauliques ce qui, du même coup, favorise l'érosion et engendre une nouvelle détérioration des sols conduisant parfois à la roche nue.

Outre des pertes économiques, cette évolution régressive a des incidences écologiques secondaires sur la forêt en reconstitution. Ainsi, dans les Landes, à la suite des nombreux feux volontairement allumés en 1942, un développement très abondant de la Molinie bleue se produisit sur les surfaces incendiées et des foyers de grégarisation du criquet migrateur *Locusta migratoria* se multiplièrent. Ce ravageur envahit ensuite les cultures et les forêts avoisinantes et causa de graves dommages. De la même manière, en région méditerranéenne, on note sur les espaces dénudés par l'incendie l'installation de pelouses dans lesquelles les acridiens abondent. Les Éphippigères notamment, attaquent alors puis détruisent en quelques mois les jeunes plantations et parfois les régénérations naturelles de certaines essences. Ces dernières qui se constituent dans les rares surfaces peu dégradées ont d'ailleurs, parfois de façon simultanée, à surmonter la concurrence d'une végétation pyrophyllie souvent exubérante. En revanche, leur trop forte densité, en accentuant la faiblesse des jeunes plants, peut offrir un terrain de développement favorable à la multiplication des pathogènes (maladie chancreuse du pin d'Alep) et des ravageurs (dégâts de *Pissodes* dans les Maures). Enfin, les effets des feux favoriseraient l'extension des taches de *Fomes*, champignon pathogène très fréquent dans notre pays (Basham, 1957) et accroîtraient la sensibilité aux maladies de la végétation reconstituée (Wilson, 1914).

CONCLUSIONS

Les conséquences des feux de forêt ne se limitent pas à une simple perte immédiate de production ligneuse. Les incendies nuisent aussi à la santé des peuplements encore en place et bouleversent pour longtemps les équilibres biologiques naturels. A terme, ces modifications des écosystèmes forestiers induisent de nouveaux dommages souvent aussi considérables que les précédents par le biais d'interactions biocœnotiques complexes. A la limite, dans les régions les plus fréquemment sinistrées, la substitution de l'essence initiale devient obligatoire. Pourtant, dans certains cas, des conditions particulières, économiques ou écologiques s'y opposent. Alors se poursuit, dans ces contrées, un véritable « drame biologique ».

En conclusion, si nul ne peut contester la nécessité et l'urgence d'une lutte directe contre les incendies de forêt, il convient de ne pas oublier que leurs conséquences biologiques présentent, à terme, des incidences économiques et sociologiques considérables. Celles-ci imposent donc des obligations particulières. Aussi, afin de ne rien négliger qui puisse en réduire les méfaits, toute stratégie d'action contre les feux de forêt doit nécessairement être assortie d'une prévention écologique de leurs dommages susceptible d'en limiter les répercussions ultérieures.

Pierre CARLE
Ingénieur agricole
Docteur ès sciences
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES
(I.N.R.A.)
Avenue A. Vivaldi
84000 AVIGNON

BIBLIOGRAPHIE

- AHLGREN (I.F.), AHLGREN (C.E.). — Ecological effects of forest fires. *Botanical Review*, vol. 26, n° 4, 1960, pp. 483-535.
- ARNOULD (M.). — Enquête internationale sur les incendies de forêts. — Rome, Institut international d'agriculture, 1933. — 457 p.
- BASHAM (J.T.). — The deterioration by fungi of jack, red and white pine killed by fire in Ontario. *Canadian journal of botany*, vol. 35, 1957, pp. 155-172.
- BOISSIN (H.). — Le chêne liège dans le département du Var. Voyage d'études en France dans la région provençale. — F.A.O. — Sous-commission de coordination des questions forestières. V^e session, Nice, 27 mai-3 juin 1956. (Édité par l'École nationale des Eaux et Forêts, 1957.)
- CARLE (P.). — Le dépérissement du Pin mésogéen en Provence. Rôle des insectes dans les modifications d'équilibre biologique des forêts envahies par *Matsucoccus feytaudi* DUC (*Coccoidea*, *Margarodidae*). — Thèse de la Faculté des sciences de Bordeaux, 1973, 174 p.
- CORBET (A.S.). — Studies in tropical soil microbiology. II the bacterial numbers in the soil of the Malay Peninsula. *Soil science*, vol. 38, 1934, pp. 407-416.
- DROUET (J.C.). — Étude théorique de la lutte contre les incendies de forêt. — Thèse de la Faculté de Marseille, 1972, 409 p.
- DUGELAY (A.). — Des essences dites « ignifuges ». *Revue forestière française*, n° 4, 1966, pp. 229-241.
- EVANS (W.G.). — Perception of infrared radiation from forest fires by *Melanophila acuminata* (*Buprestidae* — *Coleoptera*). *Ecology*, vol. 47, n° 6, 1966, pp. 1061-1065.
- FABRE (J.P.), CARLE (P.). — Contribution à l'étude biologique d'*Hylurgus ligniperda* F. (*Col. scolytidae*) dans le sud-est de la France. *Annales des sciences forestières*, vol. 32, n° 1, 1975, pp. 55-71.
- FEYTAUD (J.). — Les Coléoptères du Pin maritime. *Annales de l'École nationale des eaux et forêts*, vol. 12, n° 1, 1950, pp. 1-96.
- FIELDING (J.M.). — The influence of silvicultural practices on wood properties. *International review of forestry research*, vol. 2, 1967, pp. 95-126.
- FOX (R.C.), HILL (T.M.). — The relative attraction of burned and cut-over pine areas to the pine seedlings *Hylobius pales* and *Pachylobius picivorus*. *Annals of entomological society of America*, vol. 66, n° 1, 1973, pp. 52-53.

- GAGNON (J.D.). — Nitrogen deficiency in the York river burn Gaspé. *Plant and soil*, vol. 23, n° 1, 1965, pp. 49-59.
- GREMMEN (J.). — Dieback of conifers caused by *Rhizina undulata* particularly after slash burning on clear felled sides. *Nederlands Bosbouw-Tijdschrift*, vol. 33, n° 1, 1961.
- HAGNER (M.). — Damage by *Rhizina inflata* on burnt-over felled areas. *Norlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, vol. 2, 1960, pp. 81-96.
- HALL (A.D.). — The soil. — London, J. Murray, 1921. — 352 p.
- HARANT (H.), JARRY (D.). — Guide du naturaliste dans le midi de la France. T. II. — Neufchatel, Delachaux et Niestlé, 1967. — 398 p.
- HEYWARD (F.), TISSOT (A.N.). — Some changes in the soil fauna associated with forest fires in the long leaf pine region. *Ecology*, vol. 17, 1936, pp. 569-666.
- HUBAULT (E.). — Forêt landaise 1945 et invasions d'insectes. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie d'Agriculture de France*, n° 8, 1945, pp. 415-420.
- HUBAULT (E.). — Invasions d'insectes dans la forêt de Pin maritime des Landes de Gascogne. *Annales de l'École nationale des eaux et forêts*, tome 10, fasc. 1, 1946, pp. 103-112.
- HUBAULT (E.). — Invasions d'insectes xylophages dans les peuplements de résineux des Vosges alsaciennes. *Annales de l'École nationale des eaux et forêts*, tome 1, fasc. 1, 1923, pp. 107-128.
- Les incendies de forêts. *Bulletin technique d'information*, n° spécial 268, 1972.
- ISAAC (L.A.), HOPKINS (H.G.). — The forest soil of the Douglas fir region and the changes wrought upon it by logging and slash burning. *Ecology*, vol. 18, 1937, pp. 569-571.
- JORDAN (C.F.). — Fire produced discontinuous growth rings in oak. *Bulletin of the Torrey botanical club*, vol. 93, n° 2, 1966, pp. 114-116.
- KRAMER (W.). — Observations on damage by *Rhizina undulata*. *Forst- und Holzwirt*, vol. 20, n° 17, 1965, pp. 381-382.
- MANN (W.F.), GUNTER (E.R.). — Predicting the fate of fire damaged pine forests and people. *Alexandria La.*, vol. 10, n° 1, 1960, pp. 26-27, 43.
- MAURY (R.). — La garrigue. Voyage d'études en France dans la région provençale. — Nancy, École nationale des eaux et forêts, 1957. — pp. 142-152.
- MIKOLA (P.). — The effect of slash burning on the commencement of mycorrhizal association. *Acta forestalia fennica*, vol. 77, n° 3, 1964, 13 p.
- MILLER (S.R.), MALAC (B.F.), JOHNSON (J.W.). — A case history of slash and long leaf pine survival following a winter wildfire. *Woodlands research notes. Union Bag Pap. Corp. Savannah*, n° 11, 1961.
- MULLER (K.M.). — Aufbau, Wuchs und Verjüngung der Südösteuropäischen Urwälder. — Hanover, M. et H. Schaper, 1929.
- PERRY (G.S.). — Effect of fire on seedlings. *Forest leaves*, vol. 25, n° 7, 1935.
- PUTOD (R.). — Les propriétaires forestiers particuliers et la prévention contre les incendies de forêt dans la région méditerranéenne. *Bulletin de la vulgarisation forestière*, n° 73/10, 1973, pp. 49-95.
- RINEY (T.), BATCHELER (C.L.). — Relations between vertebrates and forest after the 1955 fire of Balmoral state forest. *Forest service research Note NZ* n° 13, 1959, 15 p.
- SARGOS (R.). — Un problème landais. Causes d'altération du bois de Pin. *Revue du bois*, vol. 2, n° 2, févr. 1947.
- SCHMIDT (W.). — Waldbrandboden und Keimling. *Deutsche Forstwirtschaft*, vol. 11, 1929, pp. 189-194.
- SHINGO (A.L.). — Successions of organisms in discoloration and decay of wood. *International review of forestry research N.Y.*, vol. 2, 1967, pp. 237-299.
- SIGGERS (P.V.). — Observations of the influence of fire on the brown spot needle blight of longleaf pine seedbed. *Journal of forestry*, vol. 32, 1934, pp. 556-562.
- SPRINGETT (J.A.). — The effects of fire on litter decomposition and on the soil fauna in a *Pinus pinaster* plantation. — 4^e Colloque de pédobiologie, Dijon, 14-19 octobre 1971, pp. 529-535.
- WILSON (G.W.). — Studies of plant growth in heated soil. *Biochemical bulletin*, vol. 3, n° 10, 1914, pp. 202-209.