



Institut pour
le développement forestier
Service d'utilité forestière
du Centre national professionnel
de la propriété forestière
23, av. Bosquet, 75007 Paris
Tél. 01 40 62 22 80
foretentreprise@cnpff.fr

Directeur de la publication
Alain de Montgascon
Directeur de la rédaction
Thomas Formery

Rédactrice
Nathalie Maréchal
Conception graphique
Jean-Éric Ridonat (High'com)

Maquettiste
Sophie Saint-Jore

Responsable Édition-Diffusion
Samuel Six

Diffusion — abonnements
François Kuczynski

Publicité
Helium Régie

22, rue Drouot — 75009 Paris
Tél. 01 48 01 86 86
Fax. 01 48 01 86 82

Impression
Centre Impression
BP 218 — 87220 Feytiat
Tél. 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00104

Tous droits de reproduction ou de
traduction réservés pour tous
pays, sauf autorisation de
l'éditeur.

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2009
France : 47 € — étranger : 61 €
édité par le CNPPF

ISSN : 0752-5974
Siret : 180 092 355 00015

Les études présentées dans Forêt-entreprise ne donnent que des indications générales. Nous attirons l'attention du lecteur sur la nécessité d'un avis ou d'une étude émanant d'une personne ou d'un organisme compétent avant toute application à son cas particulier. En aucun cas l'IDF ne pourrait être tenu responsable des conséquences — quelles qu'elles soient — résultant de l'utilisation des méthodes ou matériels préconisés.

Cette publication peut être utilisée dans le cadre de la formation permanente.

Dépôt légal : Mars 2009



'Une forêt privée gérée et préservée
par un réseau d'hommes compétents
au service des générations futures'

sommaire

2

agenda

3

éditorial

4

actualité

5

tempête

*Évaluation des dégâts dus
à la tempête Klaus
du 24 janvier 2009*

Quelques conseils

7

cetef

*InterCetef 2008 : la région
PACA, vigie du changement
climatique*

N. Maréchal

11

dossier

*Incendies de forêts :
connaître pour prévenir*

49

économie

*Une nouvelle édition des
chiffres clés de la forêt
privée*

A. Gauthier, O. Picard,
E. Toppan

51

syvocynégétique

*Forêt et cervidés :
pour une gestion durable
des territoires*

J.-P. Loudes

55

syvopastoralisme

*De la forêt pâturée
au syvopastoralisme*

G. Guérin, J. Paulus

58

index

*Articles publiés dans Forêt-
entreprise du n°168 à 183
(2006-2008)*

Photo de couverture :

Feu de cimes

© Sapeurs-Pompiers des Bouches-du-Rhône

Salon européen du bois et de l'habitat durable

Du 23 au 26 avril 2009, le salon européen du bois et de l'habitat durable se tiendra à Alpexpo (Parc des expositions de Grenoble, Isère). Cet important salon de la construction bois, de l'habitat durable et de la maîtrise de l'énergie rassemble plus de 30 000 visiteurs et 300 exposants. Au cours de la 7^e édition auront lieu les Assises nationales de la construction passive, les Lauriers de la construction bois du concours d'architecture et la biennale de la Passion du bois.

Tous renseignements auprès d'Alpexpo, BP 2408, 38034 Grenoble cedex 2, tél. : 04 76 39 66 00 par courriel : salondubois@alpexpo.com ou sur le site : www.salondubois.com

Santé des forêts : 20 ans d'expérience, un défi pour l'avenir

Fondé en 1989 dans le contexte extrêmement tendu des pluies acides, et après avoir traversé les épreuves de la tempête de 1999 et de la canicule 2003, le Département de la santé des forêts va célébrer son vingtième anniversaire en 2009. À cette occasion commémorative, un colloque prospectif est organisé à Beaune du 10 au 11 mars 2009 afin de mieux faire connaître le dispositif de surveillance de la santé des forêts. Au côté de la cheville ouvrière – les correspondants-observateurs –, des scientifiques, des institutionnels, des forestiers seront présents afin de partager le fruit de leurs travaux, leurs réflexions et leurs pistes d'avenir. *Renseignements complémentaires auprès de Nathalie Doublet par courriel : nathalie.doublet@agriculture.gouv.fr ou par téléphone au 01 49 45 51 94.*



Salon bois-énergie 2009

Le salon bois-énergie se tiendra du 2 au 5 avril 2009 au Juraparc de Lons-le-Saunier, dans le Jura. Véritable vitrine du secteur avec tous les acteurs, de l'exploitation forestière jusqu'au chauffage au bois, il présente les différents combustibles bois-énergie aux professionnels et au grand public. Dans le contexte du projet Quality Wood, issu du programme européen, l'Ademe et ses partenaires européens organisent un séminaire et une visite technique pour promouvoir une meilleure utilisation du bois de chauffage en développant la coopération, l'information et la diffusion parmi les différents acteurs du marché du bois de chauffage. *Pour en savoir plus : BEES, BioÉnergie Événements et Services, tél. : 03 84 86 89 30, courriel : boisenergie@bees.biz, site : www.boisenergie.com*

tubex
Prendre de l'avance sur le temps

Vos plants bien protégés

TUBEX
ZA Le Colombier - 31460 CARAMAN
N°Azur 0 810 71 85 85
www.tubexfrance.com

Zimmer

EXIGEZ LA QUALITÉ D'UN ÉQUIPEMENT DE PROFESSIONNEL POUR L'ENTRETIEN DE VOS FORÊTS ET VOS LOISIRS.

LE CATALOGUE ZIMMER 2008/2009 VOUS ATTEND !!!

Des pages d'équipements, de vêtements, d'outillages pour les professionnels du bois et de la forêt, les chasseurs, les randonneurs...

ZIMMER
Domaine La Bruyère - 57690 ZIMMING
Tél. : 03 87 90 30 22 ou 03 87 90 32 22
Fax : 03 87 90 36 06
e-mail : zimmer@zimmersa.com

Réservez-le dès aujourd'hui, IL EST GRATUIT. www.zimmersa.com

BON POUR UN CATALOGUE ZIMMER GRATUIT* A retourner à l'adresse ci-dessus

Nom/Prénom : _____ FE

Établissement : _____ Fonction : _____

Rue : _____ Code postal : _____

Ville : _____ Tél. : _____

* Joindre 3,60 euros en timbres pour la participation aux frais d'envoi (remboursables à la première commande).

éditorial

Encore convalescente de la tempête de 1999, notre forêt se trouve à nouveau meurtrie dans le grand Sud-ouest et les forestiers sont désorientés. Il faudra beaucoup de courage, de ténacité et de travail pour relever la tête, hélas certains ne le pourront pas.

la récolte et la préservation du bois à exploiter, une meilleure organisation et une meilleure réactivité face aux marchés du bois, l'élaboration de modèles de sylvicultures produisant des arbres plus ou moins sensibles aux vents, ou en ayant une rotation plus courte, etc.

Catastrophe !

Dans un premier temps, il importe, au plus vite, de récolter ce qui peut l'être, le stocker en mettant en place les procédés de conservation appropriés, tout cela en étant aidé par des moyens matériels et financiers, puis écouler progressivement les produits et ainsi, éviter une autre chute, celle des cours du bois. Il serait intolérable que d'autres tirent à nouveau les marrons du feu sur le dos des sinistrés.

Avec les sécheresses, les incendies, les dégâts de gibier, les maladies et aujourd'hui encore, les tempêtes, le métier de sylviculteur frôle aujourd'hui l'impossible, mais baisser les bras n'est pas dans notre tempérament !

Tous nos encouragements aux gestionnaires confrontés à ce désastre.

Mais la répétition des tempêtes avec des vitesses de vents de plus en plus fortes, doit nous faire travailler sur des thèmes prospectifs qui concernent

Pourquoi travailler temps d'années et se soumettre à la fatalité lorsqu'une difficulté se présente. Notre capacité à réagir en entrepreneur permettra de relever les défis de l'adaptation de notre production forestière aux aléas climatiques à venir.

Alain de Montgascon

Lutte contre le commerce illégal du bois et la déforestation

La commission européenne a présenté deux propositions dans le « paquet forêt » :

- une proposition de réglementation européenne sur le bois afin de lutter contre le commerce illégal : les négociants devront fournir des garanties pour s'assurer que le bois et les produits dérivés qu'ils vendent sont issus d'une récolte conforme à la législation applicable dans le pays d'origine.

- et la création d'un mécanisme mondial pour le carbone forestier (Global Forest Carbon Mechanism, GFCM) qui permettrait de récompenser les pays en développement qui entreprendraient des mesures de protection des forêts.



AOC Bois de Chartreuse et Bois du Jura

Un dossier commun d'AOC (Appellation d'origine contrôlée) Bois de Chartreuse et Bois du Jura a été déposé à l'INAO (Institut national de l'origine et de la qualité), et déclaré recevable. Cette décision, la première en France pour un produit forestier, est un grand pas en avant pour l'ensemble des professionnels de Chartreuse et du Jura, mais aussi pour la filière bois française. La demande d'AOC porte sur des sciages de sapin ou d'épicéa dépassant une certaine section ou une certaine longueur, issus de grumes prélevées dans les forêts de Chartreuse et dans le massif du Jura franco-suisse.

Une création d'AOC nécessite un décret d'homologation : à l'instar d'une simple démarche de qualité ou de marque commerciale privée, elle permet à un produit et à toute sa filière d'entrer dans un patrimoine collectif public et reconnu officiellement.

Le bois international 15/11/2008.

Un réseau coordonné par l'IDF : « Forêts françaises face au changement climatique »

La journée de lancement du Réseau Mixte Technologique « Forêts face au changement climatique » aura lieu le 13 mars 2009 à l'AgroParisTech. Ce réseau est coordonné par l'IDF et rassemble 12 partenaires représentant la recherche, la formation et le développement. Son objectif est de structurer les réseaux de compétence et de stimuler les initiatives sur les thèmes de :

- stations forestières,
- la vulnérabilité des peuplements,
- la conservation du patrimoine génétique,
- La croissance et la sylviculture
- l'économie forestière.

Les projets seront présentés à l'occasion de cette journée de lancement. Soutenus par le réseau, les résultats seront orientés sous forme d'outils opérationnels, utilisables par les gestionnaires. Les premiers outils labellisés par le RMT seront disponibles dès 2010.



Charte énergie bois région Centre

À l'initiative d'Arbocentre, les professionnels du combustible bois énergie ont signé, en janvier 2009, la Charte énergie bois région Centre. En adhérant à la charte, les professionnels s'engagent à « assurer l'approvisionnement en bois de qualité ». Les plaquettes forestières et les produits connexes de l'industrie du bois sont issus du référentiel Ademe/FCBA. Chaque fournisseur s'engage sur les caractéristiques techniques des produits (granulométrie, humidité) ainsi que sur la qualité du service.

Tous les engagements ainsi que les coordonnées sont disponibles sur le site internet d'Arbocentre à la rubrique bois énergie.

Newsletter n°51 d'Arbocentre



Wood-Mizer

Les lames à ruban Wood-Mizer – leader des scieries à trait fin – sont désormais fabriquées à partir d'un alliage haute qualité et les dents sont durcies par induction selon un procédé conforme à la norme ISO 9001-2000. La nouveauté : chaque lame porte une identification individuelle pour un suivi de la qualité, ainsi que pour en garantir l'authenticité. La forte demande mondiale pour les lames Wood-Mizer témoigne de leur longévité, et de leur faible coût par m³ de bois scié. Lors du salon Eurobois à Lyon, une dédoubleuse horizontale à quatre têtes démontre la preuve des augmentations de productivité en assurant la transformation de billons ou d'équarris en lattes ou en planches séparément.



Une nouvelle équipe R&D est née à l'INRA de Nancy !

Une équipe Mission Gestion de la Végétation en Forêt (MGVF) est créée pour améliorer la connaissance et la gestion de la végétation accompagnatrice lors de l'installation et la croissance des jeunes peuplements forestiers. Considéré comme une alliée ou une gêne aux régénérations, tous les outils actuels (herbicides, travail du sol et méthodes alternatives) sont envisagés. Un des enjeux de la mission est le développement de méthodes de gestion acceptables aux plans environnemental et socio-économique.

*Responsable : Marine Dodet,
mgvf@nancy.inra.fr*

Évaluation des dégâts dûs à la tempête Klaus du 24 janvier 2009

Les rafales les plus fortes furent ressenties en Gironde à 172 km/h, à Formiguères (Pyrénées-Orientales) 193 km/h, à l'Aigoual (Gard) 191 km/h, ou à Saint-Paul-de-Fenouillet (P.-O.) 177 km/h. À ces vitesses de vent, aucun arbre ne peut rester debout !

Trois groupes d'essences productives ont été touchés : le pin maritime en Aquitaine, le peuplier de la vallée de Garonne et les boisements résineux du sud du Massif central. Certains peuplements pyrénéens ont également été atteints sur la partie orientale mais l'estimation des dégâts est pour l'instant impossible du fait de l'enneigement important.

Plusieurs semaines seront nécessaires pour évaluer précisément les dégâts occasionnés pour ces trois régions, sinistrées d'inégale manière selon la force du vent, la surface forestière, les conditions de milieu et de peuplements forestiers. Nous nous en tiendrons donc aux premiers chiffres, avec la prudence nécessaire.

Les premiers chiffres annoncés s'élèveraient au moins à 35 millions de m³ de bois dont certainement plus de 30 millions pour le pin maritime touché en plein cœur du massif landais entre Morcenx et Mont-de-Marsan.

Les autres chablis et volis se répartissent entre le peuplier de la vallée de Garonne avec plus de 1 millions de m³ et 1 million de m³ dans les résineux composés essentiellement d'épicéas et de douglas.

En Aquitaine où les dégâts sont énormes, plusieurs méthodes sont mises en œuvre pour affiner progressivement les indicateurs de dégâts :

- surfaces forestières sinistrées,
- taux de dégâts : pourcentage d'arbres renversés (chablis) ou cassés (volis),

- volumes de bois concernés.

Les équipes du Centre régional de la propriété forestière, de l'Office national des forêts et des services de l'État (DDAFs, DDEAs), ainsi que les organismes de gestion et les sylviculteurs, sont mobilisés pour donner les premières estimations.

Les premières synthèses des données seront réalisées avec l'appui du GIP Aménagement du Territoire et Gestion des Risques. Les secteurs les plus fortement atteints, inaccessibles par voie terrestre, sont photographiés et géolocalisés. Devront également être inventoriés les dégâts irréparables sur les peuplements classés, les vergers à graines, les dispositifs expérimentaux, nombreux en Aquitaine.

L'Inventaire forestier national pourra prochainement donner des estimations précises obtenues par voies satellitaires, aériennes et retour sur le terrain, avec une actualisation des données forestières des 2 500 points permanents du grand Sud-ouest.

En Midi-Pyrénées, les départements les plus touchés sont le Gers, la Haute-Garonne, le Tarn-et-Garonne, le Tarn et l'Aveyron ; des dégâts très localisés en Ariège ne sont pas évaluables du fait de l'impossibilité d'accès.

Le département du Gers est certainement le plus sinistré de tous, avec ses pins maritimes et ses peupliers de vallées tombés à plus de 80 % ; même les chênaies de la vallée de l'Adour et

d'Armagnac ont été endommagées. En vallée de Garonne, près de la moitié des surfaces en peupleraies de plus de 7-8 ans (environ 10 000 ha) présentent un taux de dégât compris entre 20% et 60 %, ce qui représente un volume à terre de l'ordre de 500 000 à 700 000 m³ (3 à 4 fois la récolte annuelle des étendues concernées).

Les boisements du sud du Massif central (Montagne noire, Monts de Lacaune) ont été très touchés. Les premières estimations portent sur 1 million de m³ soit l'équivalent de trois années de production, dont les 2/3 du volume sont constitués de volis d'épicéa, le tiers restant étant des chablis de douglas.

En Languedoc-Roussillon, dans l'Aude et les Pyrénées-Orientales particulièrement, des dégâts sont localement très importants, comme en Forêt de la Matte détruite à 80 %.

L'inquiétude majeure des forestiers porte sur les conditions de commercialisation des bois abattus ; le marché très déprimé de la fin 2008 semble incapable d'absorber de pareils quantités de bois, tant bois d'œuvre, surtout du pin maritime, que trituration. Quant aux prix, déjà extrêmement bas, on les voit mal supporter des surcoûts d'exploitation très importants. Il est absolument nécessaire d'élaborer un plan d'action pour mobiliser et stocker tous ces bois, en prenant en compte la situation des régions voisines et les difficultés de la filière. ■



© D. Merzeau - IDF

Volis de peuplement de pins maritimes adultes.

Quelques conseils

1/ Les organismes professionnels à votre service

Contactez un des organismes professionnels forestiers pour vous conseiller, vous aider à trouver les bons interlocuteurs locaux : bûcherons, entrepreneurs, exploitants forestiers.

2/ Inventorier les produits pour les valoriser au mieux

La seule estimation possible est souvent celle de la surface abattue par le vent, et le type de produits (sciage, industrie, trituration, etc.). Il faudra pré-

ciser si les bois sont cassés ou déracinés. L'expérience des tempêtes précédentes montrent que les arbres déracinés, avec la moitié ou le tiers de leurs racines en terre, et dont le houppier n'est pas façonné, peuvent attendre en l'état.

Attention, les peupliers et pins sont sensibles aux dégradations. Les pins exploités bleuissent rapidement et doivent être usinés après exploitation.

3/ La sécurité

N'affecter au bûcheronnage en chablis que des personnels formés et expérimentés.

Travailler en équipe comportant des bûcherons et un engin capable de tirer les arbres à risque, mécaniser dès que cela est possible.

Porter les équipements de protection individuelle, et avec du matériel adapté et en parfait état.

4/ Préserver le sol

Éviter de défoncer profondément et durablement le sol des parcelles en se réservant la possibilité d'arrêter le débardage quand le sol est trop humide.

5/ « Sortez couvert » avec le TESA (Titre emploi simplifié agricole)

Le TESA simplifie les formalités administratives liées à l'embauche occasionnelle pour des travaux forestiers. Les démarches et formulaires sont disponibles sur le site de net-entreprise : www.netentreprises.fr/html/tesa_msa.htm

6/ Aires de façonnage-stockage

L'exploitation des chablis impose de disposer de capacités de façonnage-stockage de bois bord de route. Des aires de stockage surdimensionnées en bordure de chemin de 10 à 12 mètres de largeur permettent le stockage en épis des bois par lots triés.

7/ la conservation

À la suite des tempêtes de 1999, de nombreuses installations de conservation de grumes par aspersion ont été mises en place, et ont démontré leurs avantages techniques, économiques et environnementaux.

8/ la valorisation

Les professionnels (coopératives, experts forestiers) sont particulièrement informés sur les marchés possibles et capables de traiter des contrats de vente. Le gestionnaire doit assurer le suivi de l'exploitation et l'exécution du contrat.

Une bibliographie détaillée est disponible sur le site de la forêt privée française : www.foretpriveefrancaise.com/tempete/

Des liens aux articles disponibles sont téléchargeables, -par exemple le tiré à part édité lors de la tempête de 1999-. L'institut technologique forêt, cellulose, bois, ameublement FCBA met également à disposition sur leur site des articles grâce au lien : http://www.fcba.fr/tempete/infos_tempete.php



Peupliers en vallée de Garonne

InterCetef 2008 : la région PACA, vigie du changement climatique



Nathalie Maréchal, IDF

La santé des forêts est un indicateur important du changement climatique. Suite aux sécheresses marquées et répétées, des dépérissements sont nettement perceptibles dans la région PACA et entraînent des conséquences pour la gestion forestière. Organisées et animées par le CNPPF et le CRPF Provence-Alpes-Côte d'Azur, les journées nationales des Cetef (Centres d'études techniques forestières) ont mobilisé de nombreux participants, dans le Var et les Bouches du Rhône, les 2 et 3 octobre derniers pour constater les conséquences du changement climatique et apprendre à en observer les impacts sur les peuplements et sur la gestion sylvicole.

Une forêt bio-diverse...

La région regorge de sites naturels remarquables. De vastes espaces privés se trouvent au sein des cinq parcs naturels régionaux, du site Sainte Victoire ou de la réserve de biosphère du Ventoux.

Avec un taux de boisement important de 58 %, la forêt privée, peu morcelée, représente 80 % des massifs forestiers du Var.

L'amplitude des altitudes, les écarts de climat et la variété des sols favorisent une très grande diversité. Les résineux présentent le plus fort volume sur pied ; parmi les essences pionnières, le pin d'Alep est le plus représenté (63 % des résineux).

Le chêne pubescent et le chêne vert sont présents dans la partie calcaire, le chêne liège et le châtaignier sont plus abondants dans les massifs des Maures et de l'Estérel.

Plus d'un tiers de la forêt privée, soit 300 000 hectares, sont concernés par une réglementation au titre de l'environnement (Natura 2000, arrêtés de biotope, Réserves naturelles, 3 Parcs nationaux) ou du paysage (Sites classés). Enfin, la croissance non maîtrisée

de la forêt, notamment par le reboisement de zones autrefois pastorales, a pour effet la fermeture de certains paysages.

... sous exploitée ...

Le volume moyen sur pied de 45 m³/ha a progressé de plus de 29 % depuis 15 ans, cependant l'accroissement moyen biologique reste peu élevé, environ 3 m³/ha/an. Seulement 14 % de l'accroissement des résineux et 33 % de celui des feuillus sont exploités chaque année, du fait d'une filière inexistante. Une seule papeterie achète en trituration les résineux sur pied entre 3 et 8 €/m³.

La demande est plus soutenue pour le chêne, 12 à 15 € le stère, pour le bois bûche. La forêt de Provence-Alpes-Côte d'Azur est ainsi sous-exploitée, avec un **taux de prélèvement inférieur à 30 %** (volumes récoltés annuellement par rapport à l'accroissement biologique), alors que la moyenne nationale est d'environ de 55 %.

et de plus en plus sensible au manque d'eau

En plus du risque d'incendies, la ré-

gion présente des **climats contrastés**, avec de longues périodes **sans précipitation**. Marqué par un déficit hydrique depuis 2003, la pluviométrie depuis 5 ans est inférieure aux normes de maintien de l'état boisé ; l'année 2007 fut la plus sèche depuis 1989 (près de 8 mois sans précipitation). Le vent accentue le stress hydrique, auquel s'ajoute un ensoleillement supérieur à la moyenne nationale, plus de 2 700 heures d'ensoleillement par an. La réserve en eau utile des sols peut devenir le facteur limitant prédominant.

La description des dépérissements

L'adaptation de la gestion forestière aux changements climatiques passe par l'observation rigoureuse des phénomènes de dépérissements. Bernard Boutte du Département de la santé des forêts – Sud-est présente le dispositif de surveillance de la santé des forêts, formé de trois réseaux complémentaires en région méditerranéenne :

- le réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR),

- 10 placettes en région méditerranéenne sur un ensemble de suivi à long terme des écosystèmes forestiers installées dans 34 pays européens,
- le réseau systématique des dommages forestiers (RSDF) mis en place en 1989, géré par le Département de la santé des forêts,
- le réseau de 28 correspondants-observateurs du Département de la santé des forêts (DSF) en région méditerranéenne, sur 210 en France.

Une collaboration Inventaire forestier national (IFN)/Département santé des forêts (DSF) permet l'estimation de la mortalité des branches et arbres : le taux de 0,3 % avant 2003 a plus que doublé en 5 ans, soit 0,8 % en 2007. Une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et de la quantité de feuillage) et une réduction de croissance caractérisent également les dépérissements.

Ce qu'il faut apprendre à observer

En juillet et août, deux correspondants-observateurs évaluent le taux de dépérissement depuis le sol, suite à un examen attentif du houppier aux jumelles :

- **la coloration anormale du houppier** : une coloration anormale des aiguilles ou des feuilles est une première manifestation : de vert ou jaune, les aiguilles virent au marron rouge ; l'évaluation en proportion du feuillage affecté est plus délicate,
- **la mortalité des feuilles ou aiguilles** puis de la branche ou rameaux en % du houppier affecté induit un houppier plus transparent.
- **la microphyllie** : la réduction de la dimension des feuilles ou aiguilles traduit l'adaptation des arbres au stress hydrique. Plus la surface foliaire se ré-



Maintien en forêt ou retour au pastoralisme ? commune de Trigance (Balcon de Siounet).

© N. Maréchal

duit, plus la photosynthèse diminue, ce qui entraîne une fragilité de l'arbre devenant plus facilement sujet aux attaques parasitaires ou aux intempéries.

→ **le déficit foliaire** : environ 35 % des arbres ont un déficit foliaire supérieur à 25 %,

→ la description des symptômes ou des causes des dommages : champignons, insectes, stress climatiques... Pour étalonner les observations et limiter les biais, des séances d'inter-calibration régulières avec des sujets sains sont nécessaires.

L'analyse de la dynamique du dépérissement différencie les :

→ facteurs prédisposants : les essences en limite stationnelle sont souvent les plus sensibles

→ facteurs déclenchants : les canicules (plutôt en plaine), ou sécheresses (plutôt en altitude), sont à l'origine de cycles de dépérissement de durée plus ou moins longue (on parle de 10-15 ans pour la sécheresse de 1976, ...)

→ facteurs aggravants : la baisse de la pluviométrie, les attaques parasitaires, les maladies (champignons), les tempêtes ..., sont autant de causes de fra-

gilité qui accentuent encore le phénomène.

Il est difficile de raisonner en « mono factoriel » : les interactions sont nombreuses entre tous ces facteurs ce qui nécessite rigueur et méthode dans l'interprétation du dépérissement.

Ce que nous avons observé

La tournée a montré que les dépérissements étaient observables sur les principales essences méditerranéennes, réparties à tous les étages d'altitude.

En plaine, dans l'étage « méso-méditerranéen inférieur », ce sont les chênes lièges et pins pignons qui sont touchés. On constate notamment l'apparition de branches sèches au sommet et en périphérie des houppiers à laquelle s'ajoute la réduction du nombre et de la taille des feuilles. Comme facteurs prédisposants, on note une station à faible réserve en eau, l'absence d'entretien et le vieillissement des suberaies ; le facteur déclenchant est la canicule de 2003, suivi des sécheresses successives de 2004 à 2007.

À 500 m d'altitude (étage « méso-méditerranéen supérieur »), dans un peuplement mixte de pin d'Alep - pin sylvestre-chêne pubescent, on observe que la microphyllie constatée est d'environ 50% pour le pin d'Alep, et que la 3^{ème} année d'aiguilles est souvent manquante (la durée de vie des aiguilles normalement est de 3 à 4 ans). Cette adaptation de l'arbre qui s'auto-régule n'est pas mortelle, mais il disposera de moins de réserves pour repartir l'été suivant. Dans cette parcelle, le chêne pubescent semble en mesure de remplacer le pin sylvestre, également dépérissant.

Dans l'étage « supra-méditerranéen supérieur » à 800 mètres d'altitude, en forêt communale de Comps-sur-Artuby, une parcelle de Pin sylvestre classée porte-graine (arbres d'environ 100 ans, volume moyen de 0.8 m³ / arbre), en bonne station et apparemment en bonne santé, révèle en observation plus fine, des signes surnois de dépérissement (début de jaunissement, perte d'aiguille, parasitage par le gui...).

Sur les pentes plus au nord à environ 1 300 mètres d'altitude (étage montagnard), on observe la quasi disparition du pin sylvestre et dans une moindre mesure du sapin pectiné suite à la sécheresse de 2003, sur un sol superficiel pauvre, à réserve hydrique faible. L'effet de la sécheresse serait plus sévère à l'ubac qu'à l'adret sur lequel les arbres sont plus résistants car plus accoutumés à un fort ensoleillement.

À cette altitude, un autre facteur aggravant est observable : la pollution par l'ozone. En provenance des grandes agglomérations voisines (Toulon, Nice, Marseille, ...), et suite à des phénomènes de tourbillons atmosphériques, il se dépose et provoque sur les versants nord des petites taches claires sur les aiguilles, perturbant ainsi la photosynthèse.

Sur le massif de la Sainte Baume, dans une placette d'observation suivie par le Cemagref d'Aix en Provence, Michel Vennetier explique les dépérissements massifs qu'il a constatés sur le pin sylvestre. Les arbres en bonne santé ont été fragilisés en 2001 par les chutes de

neige lourde causant des dégâts importants dans les houppiers. Suite à la canicule de 2003, 2/3 des aiguilles ont été perdues. À ceci s'ajoute l'effet des sécheresses 2004-2007 qui fait que le houppier, pour économiser l'eau, n'a reconstitué que 1 ou 2 années d'aiguilles au lieu des 3 habituellement présentes. Par ailleurs, le suivi scientifique de placettes similaires sur une longue période permet de mettre en évidence quelques tendances significatives dans l'adaptation des arbres : diminution de la longueur des rameaux, baisse du nombre d'aiguilles par pousse, réduction de la longueur des aiguilles, -la plus grande aiguille actuelle correspond à la taille de la plus petite aiguille en 2000-, tout cela entraînant un déficit de photosynthèse. Le suivi satellite depuis 1995 montre une production en croissance jusqu'en 2000. Depuis 2004, les premières mortalités sont observées suite aux dépérissements progressifs, l'ensemble de la communauté végétale souffre, on remarque que le couvert ne se reforme pas, avec une augmentation, dans la petite flore, des plantes xéro-philés, mais aussi héliophiles.

Les incidences concrètes sur les peuplements et leur gestion

Sur chacune des parcelles visitées, les orientations de gestion sont remises en cause voire abandonnées. Dans certaines stations, les incidences multiples posent la question de la pérennité de l'état boisé.

La récolte anticipée des peuplements à risque, ou la diminution de leur densité sont préconisées afin de mieux répartir une ressource en eau plus faible, mais les débouchés manquent et l'exploitation est difficile voire impossible du fait du relief.

Sur la commune de Trigance, une étude réalisée par le CRPF et le parc du



Déficit foliaire d'un pin sylvestre, forêt communale de la Bastide.

Verdon, montrent que l'importance des dépérissements forestiers (pins sylvestres et chênes pubescents) pèse sur les différents conflits d'usage entre propriétaires, chasseurs et cueilleurs de champignons. En complément de la mise en place d'une filière bois énergie, une réorientation du massif est à envisager comme la production de plantes aromatiques, ou un retour au sylvopastoralisme.

Dans le massif de la Sainte Baume, les parcelles, gérées par l'Onf, de production faible, ont été récemment classées en RBI (réserve biologique intégrale) : on regarde pousser en limitant les interventions au strict minimum !

Comment les organismes peuvent-ils participer au suivi du changement climatique ?

Observer les modifications de la petite flore

Louis Amandier décrit le protocole d'observation de la flore mis en place par le CRPF PACA dans le cadre du réseau « SylviPaca » pour une placette expérimentale du Petit Saint Cassien, dans le massif de la Sainte Beume.

Un relevé floristique linéaire est pratiqué sur 50 mètres : pour les besoins de la réunion, Christian Gauberville ventile les 58 espèces répertoriées en fonction de leur besoin en eau (mésophile-xérophile) ou en lumière (héliophile), en notant la variété floristique - **la Flore forestière méditerranéenne**, récemment publiée, est l'outil de référence pour identifier et classer les espèces -.

Un tel dispositif d'observation floristi-

que pourrait être mis en place par les Cetef un peu partout en France. À terme, il constituerait un réseau de placettes permanentes, installées dans des milieux pertinents pour le suivi du changement climatique (par exemple : essences et peuplements représentatifs, stations à risques au plan hydrique, pas d'intervention sylvicole prévue pendant une longue période, 20 à 30 ans par exemple, ...), incluant des relevés périodiques espacés dans le temps (tous les 5 à 10 ans par exemple).

Contribuer à l'Observatoire des saisons du CNRS

Les Cetef peuvent également être le relai de l'Observatoire des saisons : Isabelle Chuine, du CNRS de Montpellier présente l'Observatoire des saisons suivi par des professionnels. Il est basé sur le relevé régulier d'un certain nombre de critères phénologiques : dates de débourrement, de feuillaison, de floraison, de fructification, de sénescence, ... Le rythme saisonnier est le premier indicateur biotique du changement climatique. Par exemple, en agriculture, Bernard Seguin (INRA Avignon, membre du GIEC - Groupe International des Experts du Changement climatique) signale que la date des vendanges (Chateauneuf du Pape) a avancé de 3 semaines en l'espace de 50 ans. La proposition faite aux Cetef est d'impliquer directement leurs membres volontaires dans le relevé des données phénologiques, puis d'en organiser le regroupement et le transfert vers

la base de données du CNRS. L'IDF pourrait aider à étendre les protocoles d'observation aux essences forestières absentes de l'observatoire actuel, également faciliter le retour des résultats vers les Cetef. À noter qu'un tel dispositif est actuellement testé en région Nord-Pas-de-Calais - Picardie, dans le cadre d'un observatoire régional mis en place à l'initiative du CRPF, avec la participation active des Cetef.

La forêt privée se doit de contribuer au suivi du changement climatique. Même s'il faut garder la tête froide, prendre un certain recul et « faire la part des choses » dans les phénomènes et prédictions annoncés, chacun peut être attentif aux modifications qu'il constate dans sa forêt en s'efforçant d'en rendre compte de manière objective et avec une approche aussi « scientifique » que possible.

Les observations concrètes de ces journées auront permis de mieux appréhender et comprendre le phénomène complexe du dépérissement, de faire connaissance avec les protocoles d'analyses actuellement utilisés, tout en s'interrogeant sur les contributions possibles des organismes de développement forestier.

Alain de Montgascon, président du Service Recherche & Développement du CNPPF (Suf IDF) conclut et remercie les organisateurs pour le bon déroulement de ces journées, les participants pour les échanges fructueux et encourage les différentes initiatives entre gestionnaires et chercheurs, ainsi que leurs efforts communs de diffusion d'informations objectives. ■

Résumé

La rencontre nationale 2008 des Cetef et organismes de développement dans le Var aborde le constat et la compréhension de l'impact du changement climatique en région PACA. Des propositions concrètes permettant l'étude et l'influence des modifications climatiques et leurs incidences sur la gestion sylvicole sont proposés aux gestionnaires.

Mots-clés : Cetef, organismes de développement, changement climatique.

Contact : Alain Colinot, animateur du réseau des Cetef et organismes de développement.

Cité de l'Agriculture,
13 avenue des Droits de l'Homme,
45921 Orléans Cedex 9,
tél. : 02 38 71 95 50,
courriel : alain.colinot@cnppf.fr

dossier

*Incendies de forêts :
connaître pour
prévenir*Dossier coordonné
par Olivier Picard
et Éric Rigolot**12 Un dossier sur les incendies, pourquoi ?** O. Picard**13 Les incendies en région méditerranéenne**
E. Rigolot et Ph. Roche**I - Déclenchements et propagations des feux****15 De la connaissance des causes de départ de feu à la prévention**
A. Ganteaume**16 Les facteurs naturels du comportement des feux de forêts**
M. Jappiot, T. Curt, F. Pimont, J.-L. Dupuy**18 La modélisation du feu**
J.-L. Dupuy, F. Pimont**19 Modélisation et cartographie du combustible**
L. Borgniet, M. Long**II - Le risque d'incendie****21 Définition du risque d'incendie**
M. Jappiot**22 Le risque conjoncturel** L. Borgniet**23 Cartographier les interfaces habitat-forêt**
C. Lampin-Maillet**III - Les impacts du feu sur les écosystèmes****26 Du régime de feu aux différents impacts**
T. Curt, F. Pimont, E. Rigolot**29 Adaptation de la végétation méditerranéenne aux incendies**
A. Schaffhauser, Ph. Roche**30 Impact sur l'environnement**
M. Vennetier**IV - Que peut faire l'homme pour limiter les impacts du feu ?****32 L'aménagement et la compartimentation des massifs**
E. Rigolot**35 Sylviculture et prévention des incendies en région PACA**
L. Amandier**38 Après l'incendie : la suberaie ?**
L. Amandier**41 Aspects légaux et réglementaires**
Y. Duché**43 La protection de la forêt contre les incendies en Aquitaine**
P. Macé, J.-M. Billac**46 La renaissance du feu tactique**
N. Coste**47 Perspectives : incendies et changement climatique**
E. Rigolot

Un dossier sur les incendies, pourquoi ?

Olivier Picard, IDF



Les incendies de forêts font partie des risques encourus par les forestiers dont les plus exposés sont les méditerranéens et les aquitains. Dans le cadre des réflexions sur l'adaptation des forêts au changement climatique, il nous a semblé opportun de faire le point avec les scientifiques sur les acquis de la connaissance des incendies et de développer des méthodes de prévention plus efficaces.

Dans ce dossier, coordonné avec Éric Rigolot de l'Inra d'Avignon, de nombreux auteurs ont accepté d'intervenir de manière synthétique pour présenter les recherches et programmes innovants de ce sujet brûlant, qu'ils en soient tous remerciés chaleureusement :

• **Déclenchements et propagations des feux ?** Les chercheurs ont considérablement amélioré leurs connaissances du fonctionnement du feu, notamment sur l'inflammabilité et la combustibilité de la végétation.

Grâce à des outils de calculs puissants partagés de part et d'autre de l'Atlantique, la modélisation permet maintenant de simuler et de prédire la propagation d'un incendie selon les conditions naturelles. Le recours à la télédétection aide à localiser et à cartographier le combustible.

• **Le risque d'incendie lié au climat, à l'organisation du territoire ?** Des outils de modélisation contribuent à mieux définir les risques : le climat, la végétation, la topographie, l'aménagement du territoire. Le recours à la cartographie des interfaces forêt-habitat est un élément majeur de l'amélioration de la prévention des risques

pour l'homme et ses biens. Le processus de mitage résidentiel associé à l'augmentation de la biomasse forestière est l'ingrédient de la remise en cause de la protection des personnes et des biens. Il faut reconnaître le travail remarquable des pompiers qui se traduit par des pertes humaines et matérielles des non professionnels comme l'exception. L'augmentation des moyens de lutte peut constituer une parade dont le coût peut devenir rédhibitoire.

• **Les impacts du feu sur les arbres et les écosystèmes ?** Une forêt incendiée est-elle identique quelques années après, reste-t-il toujours une marque du passage du feu sur l'écosystème ? Quelle est sa capacité de résilience ? Y a-t-il un seuil de perturbation au delà duquel l'écosystème forestier ne peut plus réagir ?

• **Quels aménagements et prévention pour limiter l'impact du feu ?** Comment protéger les peuplements ? Comment favoriser leurs reconstitutions ? Les exemples des régions aquitaine et méditerranéenne montrent que les stratégies s'adaptent à des peuplements très différents de pins maritimes, de chênes lièges ou de pins d'Alep.

Enfin, cela peut paraître paradoxal, mais la limitation du volume de biomasse combustible est un paramètre qu'il faut contrôler en permanence afin d'éviter l'événement catastrophique que l'homme ne pourra plus maîtriser avec ses moyens techniques de lutte. Des spécialistes de la défense contre les incendies nous montrent au travers de leurs expériences professionnelles au sein de SDIS⁽¹⁾ ou d'association



© Sapeurs-Pompiers des Bouches-du-Rhône

de DFCI⁽²⁾, l'organisation des moyens mis en œuvre pour prévenir et lutter contre les feux de forêts. Auparavant répressive, la législation a évolué vers un encadrement incitatif en faveur de la prévention.

Quelles sont les perspectives de l'évolution des relations entre incendies et changement climatique ? En 2003, la carte du niveau de risque des incendies montre que la France entière était concernée. Autour de 2070, le climat de l'été 2003 sera une moyenne. Cela nous montre alors que les incendies concerneront toutes les régions. Dans ces conditions, et sur un territoire aussi vaste, la prévention s'avère être un réflexe à cultiver. ■

(1) Service Départemental d'Incendie et Secours

(2) Défense des Forêts Contre les Incendies.

Les incendies en région méditerranéenne

Eric Rigolot⁽¹⁾, Philip Roche⁽²⁾

Les paysages méditerranéens ont subi de profondes et nombreuses transformations du fait de l'action humaine au cours des derniers millénaires. Ainsi, une grande partie des espaces naturels est occupée par des formations arbustives (garrigues, maquis...) qui doivent leur extension actuelle plus aux actions passées de l'homme (pastoralisme ovin et caprin, incendies, déforestation, taillis à courte rotation...) qu'au climat (Barbero *et al.*, 1990). Dans une période plus récente, après les fortes déprises du moyen-âge, l'apogée de cette pression anthropique au nord de la méditerranée se situe dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle (Le Roy Ladurie, 2002). Depuis, la déprise agricole, amorcée au début de l'industrialisation, et fortement am-

plifiée après la seconde guerre mondiale, a entraîné une phase de régénération de la végétation naturelle qui a été particulièrement importante en France. Ainsi, parmi les pays de l'ouest méditerranéen, c'est en France que les surfaces forestières ont le plus augmenté dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle. À titre de comparaison, les surfaces forestières actuelles n'ont pas eu d'équivalent depuis le XV^{ème} siècle. À cette époque les surfaces forestières avaient augmenté suite à la grande peste et aux guerres de religions (Le Roy Ladurie, 2002). Cette augmentation des surfaces forestières est surtout due à l'extension de forêts de pin d'Alep et de pin sylvestre (Barbero *et al.*, 1990). Cependant, les forêts de chêne pubescent se sont également accrues avec un gain de plus

110 000 ha. Au niveau du paysage, cette augmentation des surfaces forestières a induit une forte augmentation de la biomasse et de la continuité spatiale des formations boisées, avec comme conséquence une augmentation des risques d'incendies de forêt de grande intensité et de grande dimension.

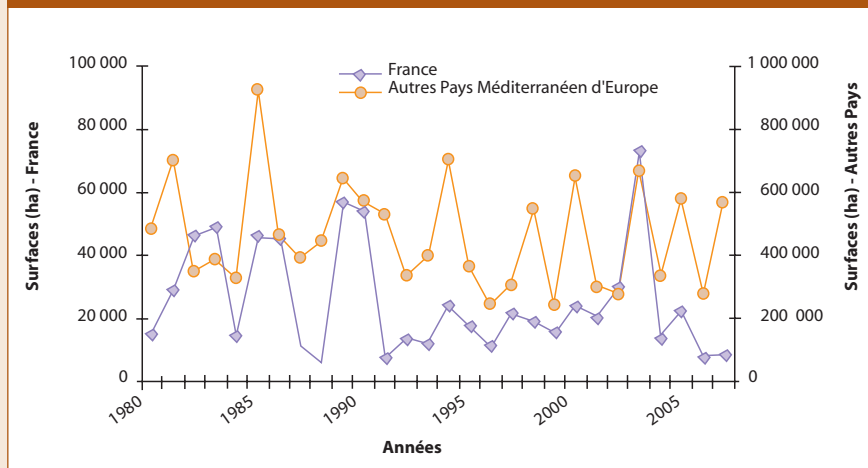
D'autant que les feux de forêt, du moins en région méditerranéenne, ne constituent pas un problème récent. Comme en témoignent les recherches historiques réalisées par Amouric (1992), l'incendie est un phénomène récurrent en région méditerranéenne. Par exemple, le Var a connu entre 1918 et 1943, 5 saisons catastrophiques avec des bilans variant entre 24 000 et 68 000 ha, alors que la surface forestière de l'époque n'était qu'aux deux tiers de celle d'aujourd'hui.

Sur la période récente, les surfaces annuelles incendiées en France ne marquent pas de tendance à la hausse, mais les saisons catastrophiques restent préoccupantes. En effet, les surfaces moyennes annuelles brûlées ont été divisées par deux quand on compare la période 1973-1990 à la période 1991-2007, passant de plus de 30 000 ha pour la première période, à moins de 15 000 ha pour la seconde, malgré la contribution importante de l'année exceptionnelle 2003 (Figure 1). Le nombre de feux a aussi baissé entre les deux périodes, passant grossièrement de 3000 à 2500 par an pour les 15 départements du sud-est de la France. On note un changement de régimes de feux entre ces deux périodes : le système de

L'incendie de forêt est l'une des rares catastrophes naturelles face à laquelle l'homme tente de s'interposer. La prévention des incendies de végétation doit notamment préparer le terrain à la lutte en assurant la sécurité des sauveteurs.



Figure 1 : Surfaces moyennes annuelles parcourues par les incendies en France (courbe bleue) et dans les quatre autres pays de l'Europe du sud, la Grèce, l'Italie, l'Espagne et le Portugal (courbe rouge) entre 1980 et 2007.



prévention et de lutte semble, depuis le début des années 90, capable de faire face aux années de sévérité « normale », mais atteint ses limites, lors de conditions exceptionnelles, comme en 2003. La forte variabilité interannuelle des surfaces brûlées en première période est suivie d'une plus grande stabilité en seconde période, 2003 mis à part. Si l'on compare la situation sur le front des incendies entre le sud-est (15 départements) et le sud-ouest de la France (Dordogne, Gironde, Landes et Lot-et-Garonne), on constate que les surfaces parcourues dans le Sud-Ouest sont en moyenne de 1 800 ha par an et représentent environ 10% du total des deux zones sur la période 1980 – 2007. Ce changement de régime n'est pas observable à l'échelle des quatre autres pays méditerranéens du sud de l'Europe (Grèce, Italie, Espagne, Portugal), où la moyenne annuelle des surfaces incendiées se maintient aux alentours des 400 000 ha, avec de fortes variabilités inter-annuelles. Fréquemment, des conditions météorologiques sévères sur une partie de l'Europe du sud alourdissent le bilan européen, comme en 2003 en France et au Portugal, en

2005 au Portugal, et en 2007 en Grèce. Quoiqu'il en soit, dans tous les pays d'Europe du sud, quelques incendies de grande dimension sont responsables de l'essentiel du bilan annuel.

Les bons résultats obtenus en France, hors années exceptionnelles, sont notamment à mettre au bénéfice de la politique d'attaque massive sur feux naissants. Une étude récente menée par Alexandrian (2008) montre que la surface moyenne par feu baisse de 10,5 ha à 6 ha sur ces trente dernières années, et que la France est le seul pays d'Europe du sud à connaître cette évolution favorable.

Il a par ailleurs été montré que la majorité des incendies de forêts en Europe sont d'origine anthropique ; la part des incendies volontaires et accidentels étant variable d'un pays à l'autre. Sur la région méditerranéenne française, la population est passée de 6,36 millions en 1990 à 7,12 millions en 2004 (IFEN) et devrait atteindre 8,9 millions en 2030 (INSEE).

Cet accroissement démographique s'accompagne de changements majeurs d'occupation des sols induits par

Bibliographie

- Alexandrian (D.), 2008 - Les statistiques « feux de forêt » de ces trente dernières années. Forêt Méditerranéenne. XXIX (4) : 377-384.
- Amouric (H.), 1992 - Le feu à l'épreuve du temps. Narration. Aix-en-Provence.
- Barbero (M.), Bonin (G.), Loisel (R.) et Quézel (P.) 1990 - Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. Vegetatio 87: 151-173.
- Lampin (C.), Jappiot (M.), Borgniet (L.) et Long (M.), 2006 - Cartographie des interfaces habitat-forêt : une approche spatiale pour estimer le risque d'incendie de forêt. Revue Internationale de Géomatique. European Journal of GIS and Spatial Analysis. Information géographique et gestion des risques, 16 : 321-340.
- Le Roy Ladurie (E.), 2002 - Histoire des paysans de France : de la peste noire à la révolution. Seuil Ed., Paris, 800 p.

le développement urbain avec pour conséquence une altération environnementale. L'imbrication croissante des milieux naturels, des réseaux de transport et des habitations qui en résulte induit également une augmentation significative du risque d'éclosion de feux (Barbero *et al.*, 1990 ; Lampin *et al.*, 2006). ■

(1) Eric Rigolot
INRA, Écologie des forêts méditerranéennes (UR629), Site Agroparc, Domaine Saint Paul, F-84941 Avignon cedex 9.
Courriel : eric.rigolot@avignon.inra.fr

(2) Philip Roche
Cemagref, Unité écosystèmes méditerranéens et risques, 3275 route de Cézanne-CS 40061-, 13182 Aix-en-Provence cedex 5.
Courriel : philip.roche@cemagref.fr

I - DÉCLENCHEMENTS ET PROPAGATIONS DES FEUX

De la connaissance des causes de départ de feu à la prévention

Anne Ganteaume ⁽¹⁾

Une meilleure investigation de la localisation du départ de feu permet de comprendre la relation entre les interfaces habitat-forêt et les points d'éclosion.

En France, la connaissance de l'aléa éclosion incendie de forêt est très peu approfondie, souvent déterminée de façon très subjective et généralement imprécise. Or, la compréhension de **l'environnement spatial des points d'éclosion** ainsi que **la connaissance des causes** est le socle d'une politique de prévention contre les incendies.

L'amélioration de la connaissance du point de départ et des causes de l'incendie est basée sur différentes méthodes d'identification de preuves physiques laissées par le passage du feu. Des formations dispensées par l'EIMFOR ⁽²⁾, et d'un guide méthodologique de recherche des causes des incendies ⁽³⁾ permettent le transfert adapté au contexte méditerranéen français.

Le contexte général du feu est d'abord appréhendé au travers :

→ de données historiques concernant les feux passés ayant affecté le territoire incendié,

→ de données météorologiques permettant d'estimer une probabilité d'ignition, de la prise en compte de la topographie et du vent conduisant à la direction et vitesse de propagation du feu et de façon plus générale à la géométrie de celui-ci.

Les indices physiques (lecture et interprétation des vestiges laissés par le passage d'un feu) présents sur la végétation d'une part (tronc, branches, houppiers, herbes, etc.) sur des éléments physiques d'autre part (pierres, coquilles d'escargot, etc.) permettent ensuite de déterminer localement le sens, l'intensité et la vitesse du feu pour se rapprocher progressivement de l'aire de départ.

Des résultats encourageants

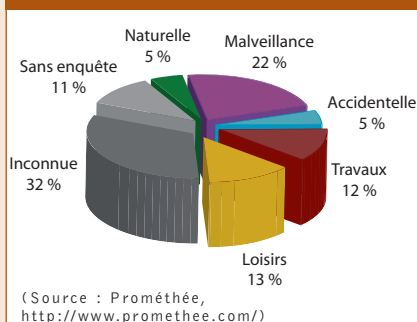
Aujourd'hui, au Portugal par exemple, 80 % des causes d'incendies sont identifiées, grâce à cette méthode. Sa simplicité et son faible coût la rendent prometteuse d'un point de vue technique. Dans le Var, elle donne des résultats encourageants, depuis 2003, plus de 90 % des causes enquêtées sont déterminées.

Parmi les causes connues de départ de feu (moins de 60 % des causes), les causes accidentelles et celles liées aux travaux (près de la moitié des causes connues) peuvent faire l'objet d'actions de prévention ciblées vis-à-vis du risque d'incendie (Figure 1). D'où l'importance de mieux connaître les causes pour diminuer le nombre de départs de feu.

La connaissance de l'environnement spatial des points d'éclosion passe par des analyses sur la répartition spatiale des points d'éclosion (à partir de la base Prométhée et des points d'éclosion numérisés par l'ONF), en fonction de paramètres socio-économiques (densité de bâtis, de réseaux) et environnementaux (types d'occupation du sol), pour évaluer une probabilité d'ignition comme cela se fait déjà aux Etats-Unis par exemple.

L'objectif de cette démarche est de mettre en évidence des facteurs anthropiques significatifs pour expliquer la localisation des éclosions d'incendies de forêt et de comprendre quels types d'espaces sont favorables à l'aléa éclosion. Il en ressort principalement une relation caractéristique entre les interfaces habitat-forêt et le nombre de départs de feu, également en relation avec la proximité aux réseaux de transport. ■

Figure 1 : Causes de départs de feu entre 1996 et 2006 sur les 15 départements de la zone Sud-Est



(1) Cemagref d'Aix en Provence

Unité écosystèmes méditerranéens et risques - 3275 Route de Cézanne-CS 40061-13182 Aix-en-Provence cedex 5

(2) Entrenamiento e Información Forestal, Madrid : entreprise espagnole privée spécialisée dans la formation, la prévention, la recherche des causes d'incendies de forêt.

(3) Long M., Ripert C., Piana C., Jappiot M., Lampin C., Ganteaume A., 2008. Amélioration de la connaissance des causes de départ de feu de forêt - Convention DGFAR Forest Focus n° 2004-06. 99 pages + Annexes.

Prométhée : base de données sur les incendies de forêts méditerranéennes ; le site <http://www.promethee.com/>

I - DÉCLENCHEMENTS ET PROPAGATIONS DES FEUX

Les facteurs naturels du comportement des feux de forêts

M. Jappiot*, T. Curt*, F. Pimont**, J.-L. Dupuy**⁽¹⁾

L'éclosion d'un feu, puis sa propagation, sont conditionnées par un certain nombre de facteurs naturels, tels que météorologie, topographie et nature du combustible. Cet article décrit comment ces facteurs affectent les mécanismes d'éclosion et de propagation afin de mieux comprendre leurs effets sur le comportement du feu.

L'inflammabilité est la facilité avec laquelle un matériel végétal s'enflamme sous l'action d'un apport de chaleur. Sa caractérisation est essentielle pour prédire l'éclosion d'un feu. Elle dépend à la fois du mode d'ignition (nature du brandon et énergie spécifique), des caractéristiques propres du végétal (humidité, composition, taille des particules) et des facteurs externes comme le vent et l'humidité atmosphérique.

Éclosion du feu et inflammabilité de la végétation

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer l'inflammabilité de la végétation. En France, les mesures d'inflammabilité sont réalisées en laboratoire pour des questions de sécurité, sur des échantillons végétaux prélevés sur le terrain. En forêt, comme dans les garrigues ou les maquis, ces végétaux sont principalement des combustibles « morts » formés par des litières et des débris de matériel végétal tombé au sol (brindilles, écorce, feuilles).

Ils peuvent aussi être constitués de végétaux vivants : espèces herbacées de bord de route ou dans l'environnement proche des habitations (interfaces habitat-forêt).

Les expérimentations d'inflammabilité consistent à mettre en contact les

échantillons avec une source de chaleur comme une flamme, une cigarette ou un cube de bois incandescent, qui miment les situations réelles. Plusieurs variables sont mesurées : la probabilité d'ignition, le délai d'apparition des flammes, leur hauteur, le pourcentage de végétal consommé, etc. Ces mesures peuvent être intégrées dans des modèles de prédiction de l'aléa d'éclosion des incendies en fonction des conditions météorologiques et des faciès végétaux.

Les mécanismes de la propagation

La propagation des incendies de forêts est due aux transferts thermiques entre les sources de chaleur (flamme, braises, etc.) et le combustible imbrûlé. Ces transferts portent le combustible imbrûlé à une température d'ignition (proche de 300°C), à laquelle le combustible dégage des gaz inflammables (pyrolyse). Ces gaz réagissent avec l'oxygène, en produisant une grande quantité de chaleur (combustion de flamme), qui constitue à son tour une source d'énergie pour échauffer le combustible encore imbrûlé : le feu se propage. La vitesse de déplacement de cette zone en combustion est la vitesse du feu. L'énergie libérée par le feu (appelée intensité) dépend de cette vitesse, mais aussi de la quantité

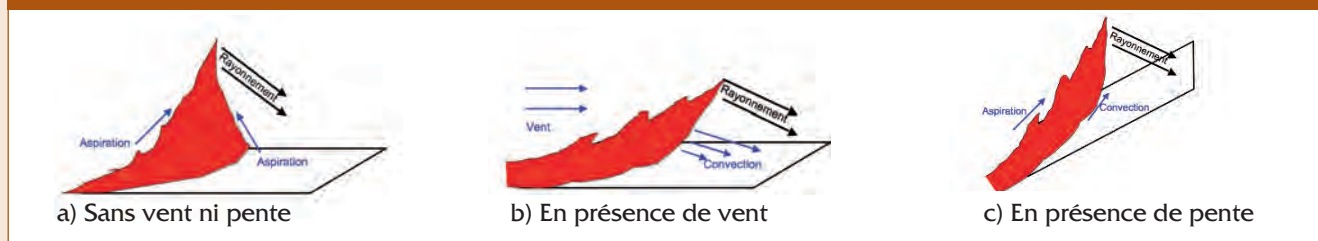
de combustible disponible pour le feu. Les principaux modes de transferts de chaleur associés à cette propagation sont le rayonnement⁽²⁾ et la convection⁽³⁾. Ces transferts thermiques, et donc le comportement du feu, sont influencés par des facteurs environnementaux, d'origines anthropiques (prévention, lutte) ou naturels. On classe généralement les facteurs naturels en trois groupes :

- Météorologie
- Topographie
- Végétation

Facteurs météorologiques-climatiques

Lorsque la force du vent devient suffisamment importante par rapport aux forces de flottabilité (poussée d'Archimède) qui font monter les gaz chauds dans le panache, la flamme s'incline de plus en plus dans le sens du vent (*fig 1a, 1b*). Ceci induit une augmentation des transferts convectifs et radiatifs, ainsi qu'une augmentation de la turbulence (fluctuations de l'écoulement), qui favorisent la diffusion de la chaleur et conduisent à une accélération du feu. Les expériences de terrain établissent généralement une dépendance quasi-linéaire entre la vitesse du feu et celle du vent. Il s'agit donc d'un facteur essentiel de la propagation. Il intervient notamment

Figure 1 : Mécanismes de la propagation du feu



dans le calcul du risque de Météo-France.

Un second facteur naturel est l'hygrométrie de l'air. En effet, plus l'air est humide, plus il est nécessaire de lui fournir de l'énergie pour en augmenter la température. Elle a aussi une influence indirecte sur la teneur en eau du matériel végétal mort. Mais la météorologie influe également de manière globale sur le comportement du feu. La stratification verticale de la température de l'atmosphère, qui conditionne sa stabilité, peut déterminer des changements de régime de feu. Par exemple, lorsque le vent est relativement faible et que le soleil chauffe le sol, la température de l'air s'élève au niveau du sol en provoquant des instabilités convectives. Cette instabilité induit des feux « dominés par leur panache », en général assez lents ; un effondrement de la colonne de convection en cas de condensation de l'eau due à l'air froid peut produire une accélération. À l'inverse, une atmosphère stable (vent fort, absence de soleil) induit des feux « dominés par le vent », dont le comportement est rapide et stable. L'influence des facteurs météorologiques est donc déterminante, mais complexe.

Facteurs liés à la topographie

Lorsqu'un feu remonte une pente, l'inclinaison relative entre la flamme et le sol se réduit, induisant une augmentation des transferts de chaleur (fig. 1c). Un attachement de la flamme au sol peut même se produire, avec une flamme en contact direct avec le com-

bustible de surface ; le transfert convectif est alors maximal. Les effets de pente peuvent induire des augmentations très importantes de la vitesse de propagation du feu. À l'inverse, un feu se propageant selon une pente descendante voit sa vitesse réduite, par réduction de l'efficacité des transferts convectif et radiatif.

Lorsque la topographie devient réellement complexe (fig. 2), elle influe également sur le comportement du feu de manière indirecte, au travers de la météorologie. En effet, la présence de relief modifie largement la météorologie locale (vent et turbulence).

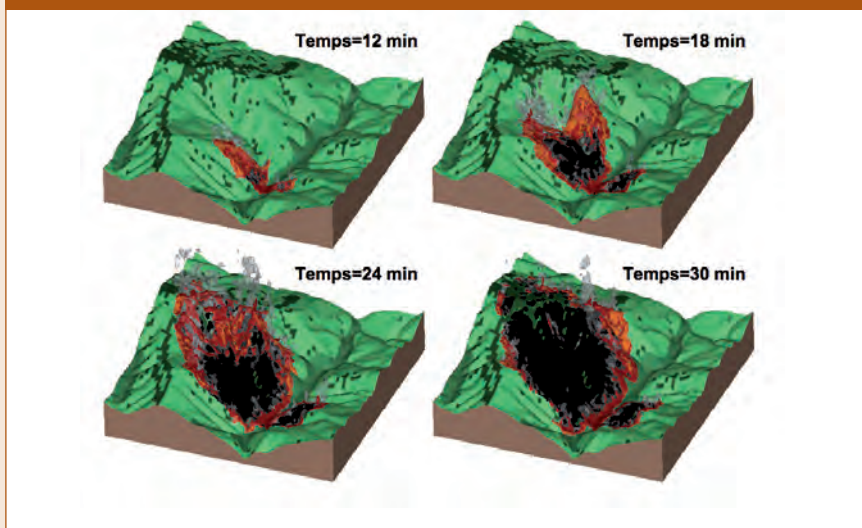
Facteurs liés à la végétation et combustibilité d'une formation végétale

Si la végétation joue un rôle déterminant dans l'éclosion du feu, elle conditionne aussi sa propagation. On parle

de combustibilité pour traduire l'aptitude d'un peuplement à propager l'incendie. La combustibilité d'une formation végétale dépend de plusieurs facteurs :

- la teneur en eau : plus un combustible est sec, moins l'énergie nécessaire pour l'amener à la température d'ignition est grande. Ainsi, il va s'enflammer plus rapidement produisant des feux plus rapides et plus intenses.
- la biomasse et le pouvoir calorifique conditionnent la quantité de combustible brûlée ainsi que l'énergie libérée par sa combustion.
- l'épaisseur des particules : plus un combustible est fin, plus les transferts thermiques induisant son chauffage vont être rapides.
- la composition et la structure des peuplements : la hauteur, le recouvrement, la continuité des strates, le niveau d'élagage influencent le passage

Figure 2 : Simulation du feu de Cerro Grande (Californie) sur un relief complexe avec le modèle FIRETEC (1,3 x 1,3 km).



du feu en cime⁽⁴⁾.

Ces différents facteurs peuvent être traduits au travers de modèles de combustibles, correspondant chacun à un comportement du feu différent.

En conclusion

Les facteurs naturels d'éclosion et de propagation du feu sont donc d'ordre météorologique et topographique, mais dépendent aussi du végétal, qui demeure le principal facteur naturel sur

lequel on puisse agir au titre de la prévention. Ces facteurs interagissent de manière complexe. Leur connaissance permet de définir des niveaux d'inflammabilité et de combustibilité, qui sont des paramètres de l'aléa feu de forêt. Leur évaluation est une aide précieuse pour la gestion du risque d'incendie de forêt. ■

(1)*Cemagref d'Aix-en-Provence

Unité écosystèmes méditerranéens et risques -

3275 Route de Cézanne-CS 40061-13182 Aix-en-Provence cedex 5

**INRA, URFM - Écologie des forêts méditerranéennes, UR 629 Domaine Saint Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 9

(2) Transfert de la chaleur sous forme d'ondes ou de particules par rayonnement électromagnétique, de la flamme et des charbons, vers le combustible solide.

(3) Transfert de la chaleur vers le combustible solide par transport des gaz chauds.

(4) Un feu de cime, par opposition à un feu de surface, brûle toute la végétation y compris les arbres. Son intensité et sa sévérité sont très élevées ; il est très difficile à maîtriser.

Modélisation du feu : une technologie puissante pour la simulation et la prédiction de la propagation

Jean-Luc Dupuy, François Pimont⁽¹⁾

L'observation scientifique des incendies en conditions naturelles constitue une tâche ardue en raison de la multiplicité des facteurs (voir article précédent) et de la dangerosité du phénomène. La modélisation du feu permet de réduire le nombre d'observations nécessaires pour la compréhension et la prédiction du comportement du feu.

Trois approches de modélisation ont été développées : empirique, semi-physique et physique.

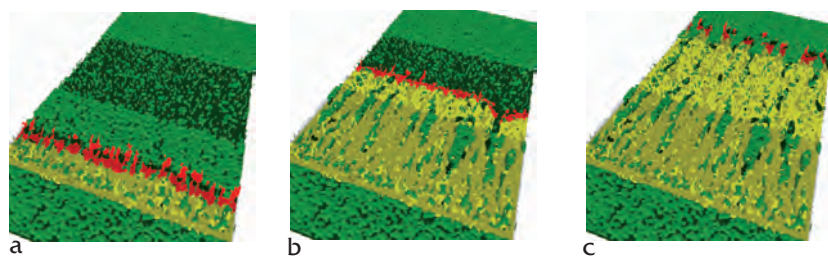
Les **modèles empiriques** sont établis sur la base d'un large échantillon d'observations de feu. Ils établissent des formules mathématiques simples permettant de calculer la vitesse de propagation en fonction de quelques paramètres représentant les facteurs du milieu (vitesse du vent, pente, teneur en eau et hauteur du combustible, etc.). Les modèles canadiens et australiens sont les plus aboutis et sont largement utilisés par les forestiers. Les européens ont récemment déve-

loppé des modèles similaires, notamment au Portugal et en Espagne. L'intérêt de ce type de modèle provient de leur proximité avec les données de terrain. Cependant, ils ne permettent pas de comprendre les mécanismes et sont incapables de fournir de réponses dans des configurations complexes, qu'elles soient naturelles (relief, hétérogénéité spatiale, etc.) ou anthropisées (gestion sylvicole, ouvrages de prévention des incendies).

Les **modèles physiques** sont fondés sur les principes de la physique du feu. Cette discipline est très récente, puisque les premières prédictions basées

sur une représentation complète des mécanismes de la physique n'ont été obtenues qu'à la fin des années 1990. Ces modèles simulent la propagation d'un feu en trois dimensions à l'échelle d'un peuplement forestier ou d'un petit paysage (20-50 ha). L'intérêt des modèles physiques provient de la richesse de leurs prédictions et de la complexité des scénarios qu'ils permettent d'envisager. Leur description spatiale détaillée du combustible permet de prendre en compte des traitements fins de la végétation, comme un élagage, une éclaircie ou du débroussaillage (figure 1). Ils peuvent aussi intégrer des scénarios de

Figure 1 : Simulation d'un feu abordant une coupure de combustible dans un peuplement de pin d'Alep, réalisée avec le modèle couplé feu-atmosphère HIGRAD-FIRETEC (Pimont-thèse 2008).



- a) le feu se propage dans le peuplement
 b) son intensité diminue sur la coupure (couvert réduit à 25 %)
 c) le feu se propage à l'aval de la coupure

changement climatique, en utilisant des valeurs des paramètres (atmosphériques, teneur en eau) anticipant les changements futurs. Leur limite provient des connaissances approfondies et des ressources de calcul importantes qu'ils requièrent, puisqu'ils sont comparables dans leur fonctionnement à des modèles de prévision météorologique.

L'approche semi-physique mêle en général ces deux approches, pour fournir des modèles qui s'appuient sur la conservation de l'énergie, complétée par des corrélations entre variables issues d'expériences de laboratoire. C'est le cas du modèle BEHAVE, qui calcule les vitesses de feu utilisées par le simulateur FARSITE (simulation des contours d'un feu sur une carte).

L'intérêt de ces modèles est de bénéficier d'un temps de calcul très réduit qui permet au plus grand nombre de les utiliser, tout en facilitant leur évaluation. Leur limite provient d'une description du combustible limitée (en particulier des combustibles hétérogènes), de certains paramètres d'entrée difficiles à définir (par exemple le vent à mi-hauteur de flamme) et des corrélations obtenues en laboratoire pas toujours valides sur le terrain.

Des modèles empiriques et physiques ont été développés pour prédire d'autres caractéristiques du feu que la vitesse et l'intensité, comme les sautes de feu ou encore les hauteurs de roussissement foliaire, dont la connaissance permet d'anticiper la mortalité des arbres après incendie (*voir l'impact du feu sur les arbres, p. 26*). ■

(1) INRA, URFM - Écologie des forêts méditerranéennes, UR 629 Domaine Saint Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 9
<http://www.avignon.inra.fr/URFM>.

Modélisation et cartographie du combustible

Laurent Borgniet, Marlène Long ⁽¹⁾

La classification des différents éléments inflammables (de l'arbre à la litière) permet la réalisation de cartes d'aléa feux de forêt.

Au delà d'une simple classification de végétation, nous considérons le combustible comme une association d'objets végétaux regroupés par types. La structure de cette classification se fait sur la base d'hypothèses fortes : les arrangements spatiaux d'objets hétérogènes sur quatre strates (arbres, arbustes, herbacées, litières) produiront des niveaux d'inflammabilité, de combustibilité et de propagation différents.

Description et modélisation du combustible

Ces hypothèses sont validées par l'analyse d'incendies bien documentés et par la réalisation de feux expérimentaux complétés par l'utilisation de modèle de propagation du feu permettant d'associer à chaque type de combustible un comportement au feu particulier. Une connaissance à très fine échelle de chaque strate est nécessaire. Plusieurs méthodes de description sont développées : à l'échelle

d'une placette d'une part en prenant en compte l'organisation spatiale (*levés GPS*) et les dimensions des individus la composant, à l'échelle de l'arbre et de l'arbuste d'autre part en effectuant des prélèvements de biomasse permettant d'évaluer la distribution spatiale des particules de combustible et d'obtenir des fractions volumiques.

Chaque type de combustible ainsi répertorié, décrit et modélisé depuis la particule millimétrique jusqu'à des

formations décimétriques, peut-être reconnu sur des superficies plus vastes (échelle régionale).

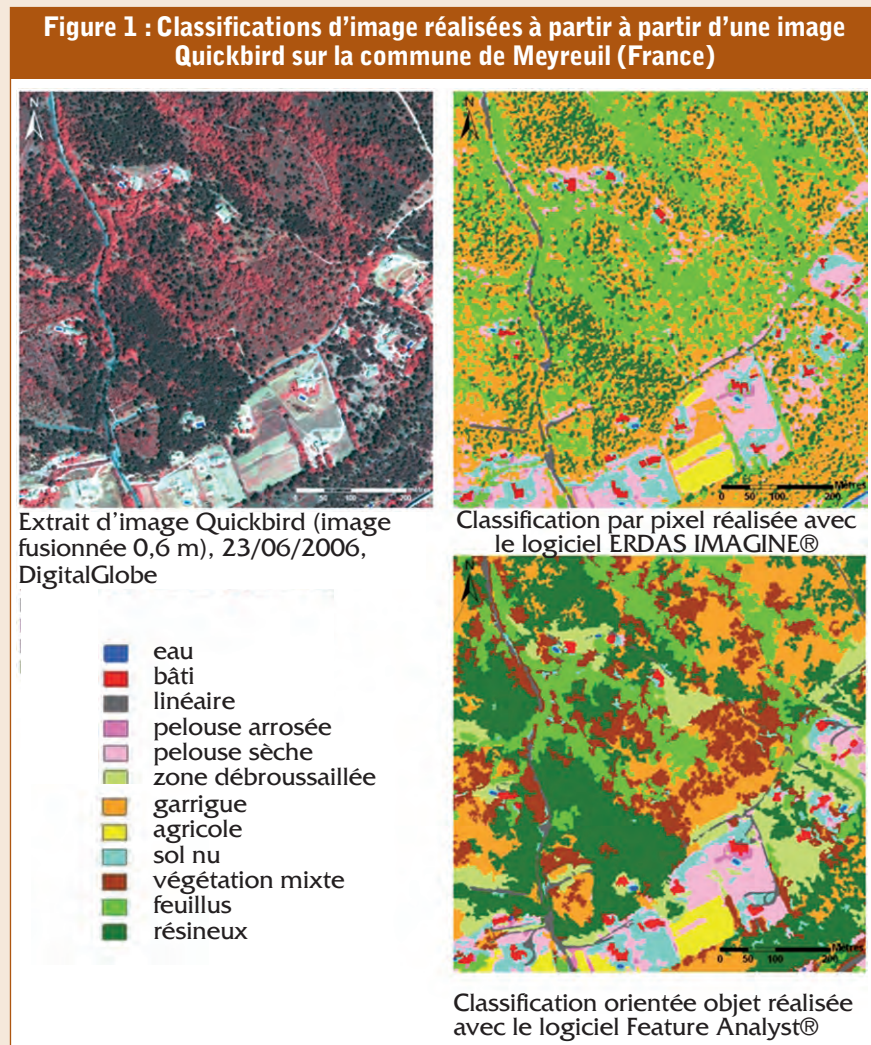
Cartographie du combustible par télédétection

La cartographie du combustible par télédétection s'attache à caractériser le combustible à grande échelle et sur de vastes territoires dans les milieux forestiers méditerranéens, mais aussi dans des milieux plus hétérogènes et plus complexes à l'image des interfaces Habitat-Forêt. Cela dans une optique de prévention du risque que ce soit pour aider à la réalisation de cartes d'aléa feu de forêt mais également pour aider les gestionnaires dans l'aménagement du territoire.

La cartographie du combustible est souvent réalisée à partir d'images satellitaires de haute voire très haute résolution spatiale et se base sur des typologies du combustible existantes – typologies réalisées par le Cemagref en Provence calcaire⁽²⁾ et Provence siliceuse⁽³⁾, typologies basées sur les modèles Prometheus⁽⁴⁾, etc. (*voir bibliographie*) – ou décrites sur le terrain dans lesquelles les types de végétation sont identifiés à partir de leur hauteur, de leur biomasse ainsi que de leur structure horizontale.

D'un point de vue méthodologique, différentes techniques de classification d'images sont utilisées (*fig. 1*).
La classification par pixel basée sur la radiométrie des objets identifie des classes de signatures spectrales caractéristiques pour chacun d'entre eux ; elle traite chaque pixel indépendamment les uns des autres et considère que le pixel décrit correctement l'objet, c'est-à-dire que sa résolution spatiale est en accord avec la taille et l'organisation spatiale des objets présents ce qui n'est évidemment pas le cas pour des images de très haute résolution spatiale.

La classification orientée objet est



plus adaptée pour les images de très haute résolution spatiale car basée sur l'ensemble des éléments contextuels décrivant les objets, elle considère la forme, la taille, la couleur, la texture et l'association de ceux-ci. Elle permet ainsi d'identifier des classes constituées de plusieurs types d'occupation du sol ; un peuplement mixte par exemple constitué de feuillus et de résineux, une zone débroussaillée caractérisée par de la pelouse au sol et des arbres mis à distance, etc. ■

(1) Cemagref;

Unité écosystèmes méditerranéens et risques, 3275 route de Cézanne, CS 40061, 13182 Aix-en-Provence cedex 5.

Bibliographie

- (2) Lampin (C.), Chandiox (O.), Paulet (V.), Jappiot (M.), 2004 - *Typologie de la végétation combustible dans les interfaces agriculture - forêt - urbain*. Rapport final, Conseil Régional, 116 p
- (3) Chandiox (C.), Jappiot (M.), Lampin (C.), Curt (T.), Borgniet (L.), 2006 - *Towards fuel models in calcareous southern France*. *Forest Ecology and Management*. V Conference international on Forest fire research. 27-30 novembre 2006, Figueira da Foz (Portugal). Résumé dans For. Ecol. Manage. Volume 234, Supplement 1 pp. S241. Poster.
- (4) <http://kentauros.rtd.algo.com.gr/promet/index.htm>

II - LE RISQUE D'INCENDIE

Définition du risque d'incendie

Marielle Jappiot⁽¹⁾

L'évaluation des niveaux de risque d'incendie est basée sur les facteurs naturels et anthropiques caractérisant le comportement potentiel du feu, ainsi que sur les enjeux et parades possibles pour limiter les conséquences du phénomène.

À court terme, le **risque conjoncturel** est fonction du climat et de la teneur en eau des végétaux. Les indices opérationnels permettent d'évaluer le niveau de risque journalier et d'aider à la décision, notamment en termes de lutte. À moyen terme, le **risque structurel** est défini comme le résultat de la probabilité qu'un événement de se produire et les conséquences particulières découlant de cet événement. Deux notions s'individualisent donc dans le risque : l'**aléa** et la **vulnérabilité**. L'évaluation des niveaux de risque structurel constitue un outil opérationnel nécessaire à l'aménagement du territoire (Blanchi *et al.*, 2002).

L'**aléa** est caractérisé par la détermination de l'occurrence spatiale d'un incendie et l'évaluation de son intensité potentielle.

L'**occurrence spatiale** correspond à la probabilité, pour chaque zone du bassin de risque, d'être soit à l'origine d'un départ de feu (éclosion), soit touchée par un incendie (propagation). La probabilité d'éclosion dépend essentiellement de l'inflammabilité de la végétation et des activités humaines. Les zones de passage préférentielles des incendies peuvent être cartographiées

grâce à des simulateurs de la propagation des incendies, ou à partir des événements passés, qui permettent d'identifier les zones de passage répété des incendies (*fig. 1*).

L'**intensité** de l'incendie est la quantité d'énergie dégagée par unité de temps par mètre linéaire de front de feu (en kW/m). Elle est souvent calculée au travers de la formule de Byram, produit de la vitesse par la masse brûlée et par la chaleur de combustion. Elle est étroitement liée à la combustibilité de la végétation. Les services de lutte indiquent des seuils d'intensité en fonction des possibilités de maîtrise des incendies (*fig. 2*).

La **vulnérabilité** d'un territoire est fonction de deux éléments : les enjeux et les parades. Les enjeux sont les biens exposés pouvant être affectés par un incendie (vies humaines, biens,

activités humaines, espaces naturels). Les parades sont les moyens de prévention, d'équipement et de lutte tels que les pistes, les points d'eau, les zones d'appui.

Les plans de prévention des risques (PPR) ont pour objectif de réaliser une carte des aléas et une carte des enjeux en incluant les zones protégées, afin de délimiter les zones concernées par les risques et d'y prescrire des mesures de prévention. Le PPR est le document de référence pour la prise en compte des risques naturels dans l'aménagement. Une attention particulière est de plus en plus donnée aux interfaces habitat-forêt. ■

(1) *Marielle Jappiot*
Cemagref Unité écosystèmes méditerranéens et risques - 3275 Route de Cézanne - CS 40061-13182 Aix-en-Provence cedex 5
Courriel : marielle.jappiot@cemagref.fr

Figure 1 : Carte d'occurrence des feux dans les Bouches-du-Rhône

Figure 2 : Seuils d'intensité et lutte.
Source : Guide méthodologique PPRIF

Intensité du front de feu	Détermination des seuils en France
< 2 000 kW/m	Feu maîtrisable par des moyens terrestres
2 000 - 4 000 kW/m	Les moyens aériens sont nécessaires
> 4 000 kW/m	Impossible de contenir la tête du feu

Bibliographie

- **Blanchi (R.), Jappiot (M.), Alexandrian (D.), 2002** - Forest fire risk assessment and cartography. A methodological approach. Proceedings of the IV International Conference on Forest Fire Research - 18 novembre au 22 novembre 2002, Luso (Portugal).
- **Guide méthodologique PPRIF, 2002**. Plans de prévention des risques naturels (PPR) Risques d'incendies de forêt. Guide méthodologique, 86 pages, La Documentation Française. Pour le Ministère de l'Environnement.

II - LE RISQUE D'INCENDIE

Le risque conjoncturel

Laurent Borgniet, Cemagref ⁽¹⁾

Une veille informative permet la surveillance des paramètres météorologiques et leurs incidences sur les combustibles : l'Indice Forêt Météo.

Des systèmes d'information, faisant intervenir l'évolution temporelle des conditions météorologiques, évaluent l'influence sur la teneur en eau dans les combustibles. C'est le cas de MétéoFrance qui, dans la lutte contre les incendies, est responsable de la production opérationnelle de cartes diagnostiquant ou prévoyant le risque à partir de données physiques : l'Indice Forêt Météo (IFM) adapté au milieu méditerranéen en 1987 et utilisé opérationnellement depuis l'été 1995 dans les zones sud-est et sud-ouest de la France, se base sur un modèle empirique canadien développé dès 1976 (Canadian Forest Fire Danger Rating System). L'IFM est une évaluation numérique de l'intensité du feu en progression d'après la quantité d'énergie produite par unité de longueur au front (Météo-France).

La méthode combine plusieurs indices normalisés :

→ un premier niveau de 3 indices qui indiquent les variations journalières de la teneur en eau de 3 types de combustibles forestiers ayant différentes vitesses de dessèchement ;

→ un deuxième niveau présentant 2 indices qui se rapportent au comportement du feu et sont représentatifs de la vitesse de propagation et de la quantité de combustibles brûlés.

À partir des conditions météorologiques de température, humidité relative, vitesse du vent et pluie des dernières 24 heures, la référence quotidienne retenue est la valeur la plus forte de l'indice entre 14 et 17 heures légales pour la période 15 juin –

30 septembre de chaque année (MTDA 2006).

Si l'échelle de l'IFM est uniforme à l'échelle du pays, la gamme des conditions météorologiques propices aux incendies ne l'est pas. Chaque organisme responsable d'un territoire établit donc son propre système de classes de danger, fixant pour chacune de ses classes l'intervalle approprié de l'IFM. Les départements du sud de la France sont découpés en 90 zones homogènes du point de vue climatique. Un niveau de risque journalier, dont les valeurs sont données en 5 classes (de faible à très sévère), est fourni pour chacune de ces zones.

Le système d'information met en relation les données de stations semi-automatiques qui sont expertisées avant d'être diffusée aux institutions et aux organismes participant à la prévention et à la lutte contre les incendies. Le principe régissant le système d'alerte opérationnel consiste en un indice de risque auquel on applique des seuils pour signifier l'imminence et l'intensité potentielle du phénomène surveillé.

En cas de situation exceptionnelle, des plans d'alerte (Alerte Liée Aux Dangers Météorologiques Exceptionnels, ALADIN, Héphaïstos) sont déclenchés au niveau départemental pour renforcer les dispositifs de surveillance et de lutte habituels (guet aérien, guets mobiles, guets terrestres). Les études méthodologiques en cours, à l'échelle européenne (Eufirelab, Fireparadox, Forest Focus), se concen-

trent sur le couplage spatialisé des paramètres météorologiques et de l'évolution de la teneur en eau. Depuis 1997, le réseau « stress hydrique », constitué d'équipes de recherche et développement (INRA, Météo-France, ONF, Cemagref et Cnes) a une mission zonale sur les 15 départements de l'Entente avec pour objectif de suivre la variation de la teneur en eau d'espèces arbustives méditerranéennes au cours de la période estivale.

Ce suivi se concentre sur des espèces indicatrices de certains types de combustibles (garrigues, maquis). La relation entre des états de dessiccation à partir d'échantillons végétaux récoltés sur le terrain et des valeurs seuils repérées sur des images satellites est en cours de validation. Le but à court terme est de pouvoir suivre sur des milliers de kilomètres carrés des zones tests sensibles à l'éclosion. La mise en rapport des feux passés et simultanément des seuils de teneur en eau sur les images satellites anciennes permettra d'établir la relation avec les surfaces brûlées. ■

(1) Laurent Borgniet - Cemagref
3275 route de Cézanne - CS 40061
13182 Aix-en-Provence cedex 5.

Bibliographie

- **Évaluation du risque feux de forêts.** Info-DFCI n°44 juin 2000
- **FIRE PARADOX Deliverable 5.1-1. 2008.** Method to assess with good spatial accuracy the meteorological and fuel moisture components of the fire risk.
- <http://www.meteo.fr/special/diro/IFM/lfm-expli.htm>
- **MTDA 2006.** Plan départemental de protection des forêts contre les incendies, DDAF de la Drôme 94 pages.

II - LE RISQUE D'INCENDIE

Cartographier les interfaces habitat-forêt : un enjeu pour la prévention

Corinne Lampin-Maillet ⁽¹⁾

Mieux connaître les interfaces habitat-forêt pour agir efficacement contre l'incendie de forêt et pour optimiser les aménagements préventifs : en les cartographiant et en les caractérisant par la structure de l'habitat combinée à la structure de la végétation.

La dynamique du territoire méditerranéen observée depuis le milieu du XX^{ème} siècle s'est traduite par une diminution des surfaces agricoles, gagnées par la déprise agricole, et la conquête des surfaces forestières. En effet le phénomène de déprise agricole, conjugué à celui de la colonisation d'espèces forestières comme le pin d'Alep, et accompagné de la faible exploitation de la forêt aujourd'hui économiquement peu rentable, a conduit à une augmentation de la biomasse. Par ailleurs l'urbanisation a poursuivi son développement aux franges comme au cœur de massifs forestiers, et sur ces anciens espaces agricoles en voie de reforestation. Ainsi on peut chiffrer sur les 15 voire 25 dernières années, d'une part une croissance soutenue de la population permanente sur le territoire méditerranéen de 0,9 à 1 % par an en moyenne (pour une croissance moyenne annuelle en France métropolitaine de 0,3 %) et d'autre part une diminution des surfaces agricoles de 0,4 % par an poursuivant ainsi le processus de déprise agricole et une conquête des surfaces forestières de 0,6 % par an (valeurs stables sur les 15 ou 25 dernières années). Cette dynamique du territoire engendre la multiplication de zones de contact et/ou d'interpénétration entre les espaces naturels et l'urbanisa-

tion. Dynamique qui est loin de s'achever si l'on en croit les prévisions de croissance démographique de 0,9 % par an pour la période 2005-2030 (Léon, 2008).

Caractériser les interfaces

Ces zones, appelées **interfaces habitat-forêt**, sont sources de graves problèmes en Défense des forêts contre l'incendie (DFCI) dans les territoires soumis au risque d'incendie. En effet, elles augmentent le risque d'incendie de forêt en constituant des lieux où se combinent à la fois l'aléa feu de forêt et la vulnérabilité, les deux éléments qui définissent le risque générant ainsi un risque structurel d'incendie. Marquées d'une présence forte d'activités humaines, elles sont sources privilégiées de départs de feu au contact d'une végétation inflammable et combustible (facteurs contribuant à l'occurrence et à l'intensité d'un feu). Elles constituent également des zones de vulnérabilité accrue par la présence de biens et de personnes à protéger (enjeux principaux pour lesquels des mises en protection spécifiques sont déployées), voire à évacuer en cas d'incendie mais aussi du fait de leur dispersion, du phénomène de mitage. Ces interfaces en Europe méditerranéenne constituent des systèmes composites qui sont généralement situés dans un contexte spatial com-

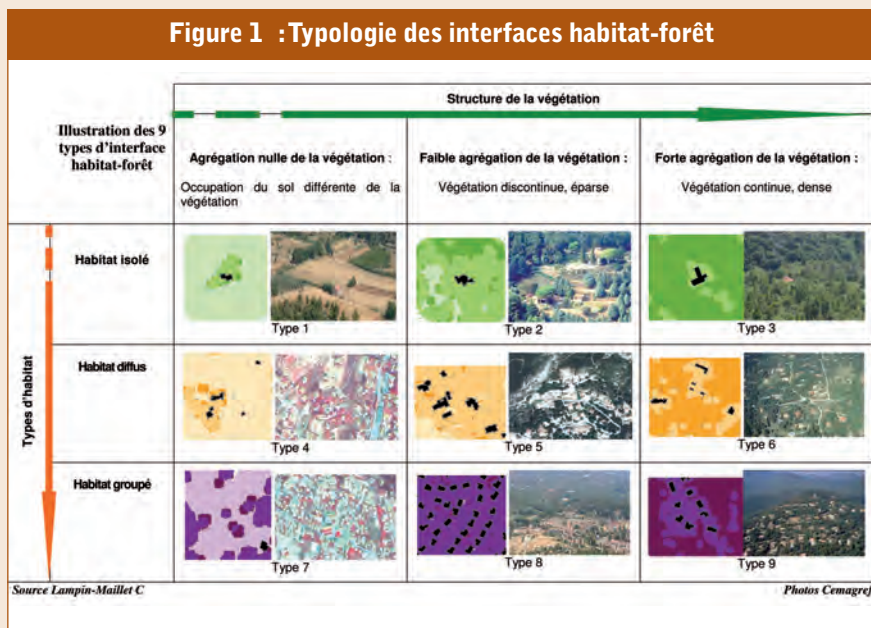
plexe et qui depuis ces dernières dizaines d'années sont de plus en plus menacés par les feux de forêt (Lampin-Maillet, 2008a).

Aussi scientifiques et gestionnaires du feu insistent sur l'importance de caractériser les interfaces habitat-forêt et d'en élaborer une cartographie ce qui constitue une action essentielle en matière de prévention du risque d'incendie : localiser ces zones à enjeux forts pour en optimiser les aménagements préventifs contre l'incendie, pour assurer et faciliter la protection des populations et des biens en cas de feu, pour diffuser des messages de prévention ciblés auprès des populations résidentes, et enfin pour en maîtriser le développement.

Pour répondre à cet objectif, une méthode de caractérisation et de cartographie a été développée en France mais aussi dans les pays de l'Europe méditerranéenne dans le cadre du projet intégré Fireparadox.

L'interface habitat-forêt, qui naît du contact de la végétation de type forêts, garrigues, maquis avec les zones bâties, est caractérisée par l'arrangement spatial de cette végétation et des maisons. Elle concerne les bâtis de type résidentiel situés à moins de 200 mètres de forêts, garrigues ou maquis, qu'ils soient occupés de façon permanente, temporaire ou

Figure 1 : Typologie des interfaces habitat-forêt



saisonnaire, eu égard aux actions de prévention à développer auprès de la population résidente (les constructions agricoles, industrielles, commerciales et édifices publics bien que soumis au débroussaillage ne sont donc pas pris en compte dans cette définition) (Lampin *et al*, 2008b). L'interface habitat-forêt est délimitée par l'espace inscrit dans un rayon de 100 m autour de ces bâtis, distance qui prend en compte la profondeur maximale à l'intérieur de laquelle les opérations de réduction du combustible s'imposent aux propriétaires de maisons par la loi forestière française (Art.321.5.3).

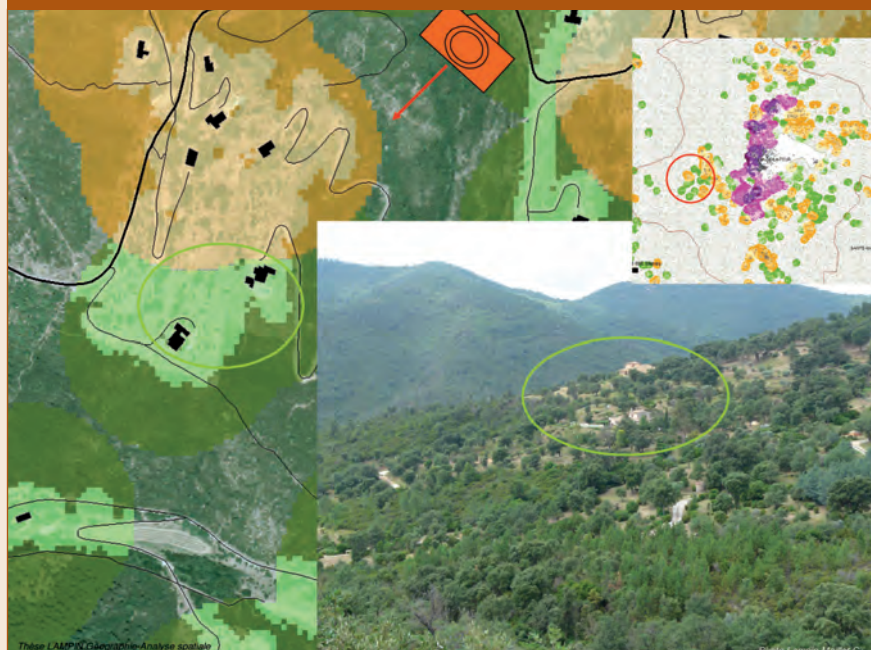
Ainsi en règle générale, l'interface sera constituée d'une zone de 50 m autour de la maison en principe débroussaillée (obligation légale de débroussaillage) et d'une couronne entre 50 m et 100 m, débroussaillée ou non. Sa caractérisation repose alors sur la combinaison de deux critères, l'un relatif à la structure de l'habitat et l'autre à la structure horizontale de la végétation. L'habitat différencié en habitat isolé, diffus et groupé sous-tend trois niveaux de densité (Lampin *et al*, 2008c) qui sont combinés à trois niveaux d'agrégation de la végétation relatifs

à une végétation compacte, éparse ou quasi-absente (Lampin *et al*, 2006). Cette combinaison produit une typologie différenciant **9 types d'interface habitat-forêt** (fig. 1) (Lampin *et al*, 2008b). La carte des interfaces alors produite (fig. 2) permet d'identifier des interfaces différenciées (isolées en plein cœur de massif, diffus en zone

débroussaillée...) qui présentent des configurations particulières par rapport au risque. Ainsi la distribution spatiale des départs de feux sur le territoire fait apparaître que la densité des départs de feu est significativement plus forte (1,5 fois plus) dans les interfaces habitat-forêt que dans le reste du territoire. Cette densité varie par ailleurs selon les types d'interfaces en diminuant avec un habitat de plus en plus groupé (fig. 3, page 23). Ces interfaces présentent également des sensibilités spécifiques en termes d'exposition au feu, de défense et d'évacuation ou d'actions de sensibilisation. Ainsi l'analyse des territoires brûlés montre que certaines interfaces comme celles en habitat isolé ou diffus sont plus particulièrement parcourues par les incendies que d'autres (fig. 4, page 23).

La carte des interfaces habitat-forêt ainsi produite constitue un moyen efficace pour repérer les zones à enjeux forts, à protéger en cas d'incendie (présence de population et de biens).

Figure 2: Extrait d'une cartographie d'interface avec habitat isolé (nuances de vert), habitat diffus (nuances d'orange), habitat groupé dense à très dense (nuances de rose-violet), et photo zoomée sur un habitat isolé en contact d'une végétation éparse

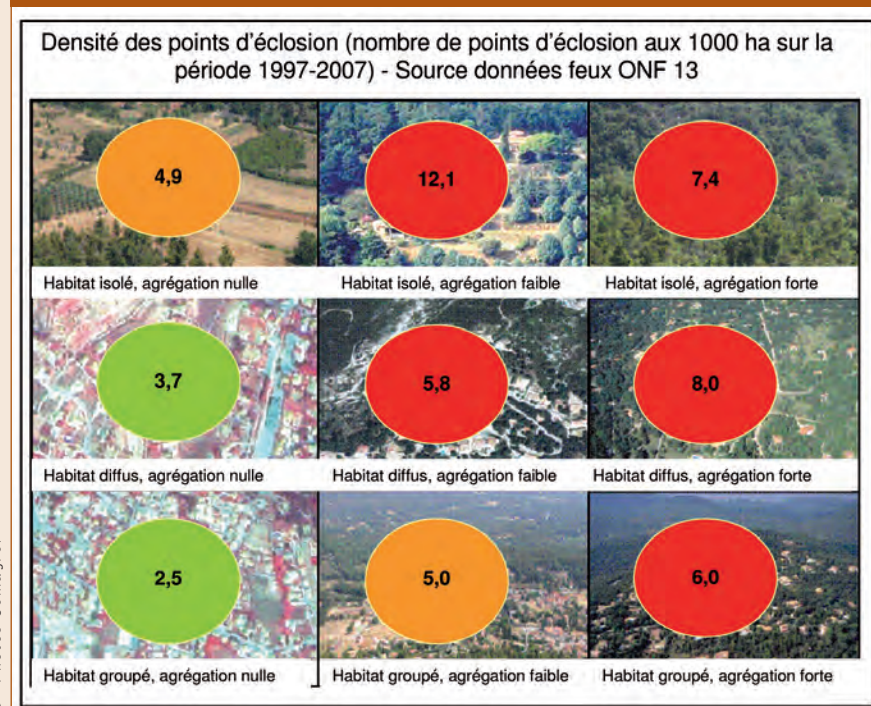


Elle peut servir de support pour la lutte contre les incendies en orientant les stratégies d'action grâce à une meilleure connaissance de l'organisation spatiale des habitations au contact de la végétation et de leur extension. Elle peut également être un outil pour lo-

caliser les populations qui vivent dans ces interfaces et pour lesquelles il est important de donner une information ciblée sur le risque d'incendie pour diminuer les départs de feu liés aux imprudences. La nécessité de délimiter les interfaces s'est affirmée depuis plu-

sieurs années pour mieux agir dans le cadre de la prévention des incendies de forêt, pour assurer une maîtrise optimale de leur développement. Elle pourrait permettre à terme de clarifier les intentions de l'action publique. ■

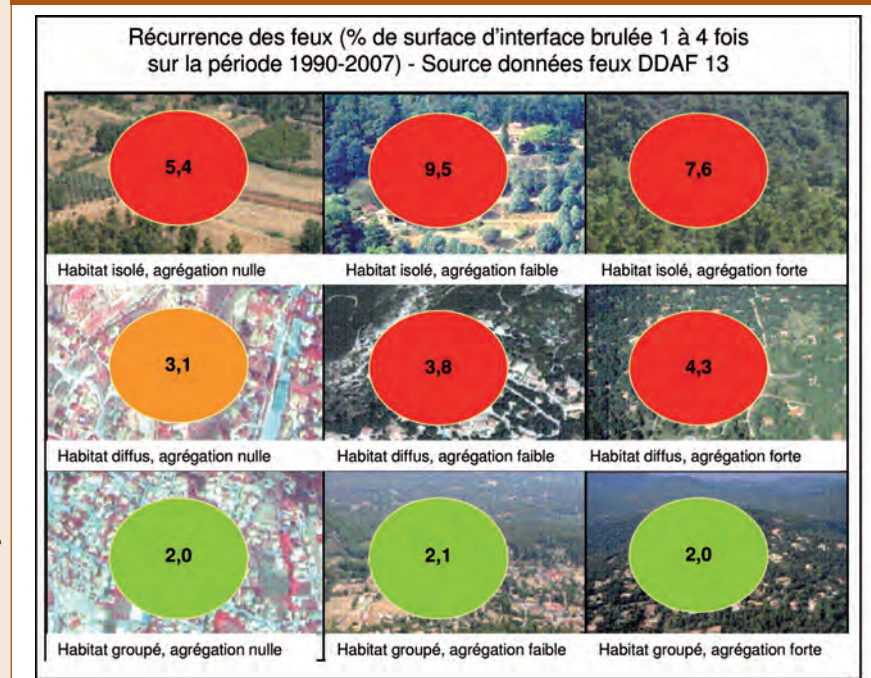
Figure 3 : Densité des points d'éclosion selon les types d'interface habitat-forêt



Bibliographie

- **Lampin-Maillet (C.), 2008a.** 2007 - Summer Fires in the European Mediterranean – The Cases of Greece, Italy and Spain. Mediterranean yearbook. European Institute of the Mediterranean. Med.2008, Economy and Territory- Sustainable Development, pp243-247. <http://www.iemed.org/anuari/2008/aarticles/EN243.pdf>.
- **Lampin-Maillet (C.), Long (M.), Jappiot (M.) 2008b.** Une méthode pour caractériser et cartographier les interfaces habitat-forêt, un enjeu pour la prévention des incendies de forêt. Revue forestière française N°3-2008a - pp 363-380.
- **Lampin-Maillet (C.), Jappiot (M.), Long (M.), Morge (D.), Ferrier (J.P.) 2008c.** Characterization and mapping of dwelling types for forest fire prevention. Computers, Environment and urban systems (2008), doi:10.1016/j.compenvurbysys.2008.07.003
- **Lampin (C.), Jappiot (M.), Borgniet (L.), Long (M.), 2006.** Cartographie des interfaces habitat-forêt : une approche spatiale pour estimer le risque d'incendie de forêt. Revue internationale de géomatique. European Journal of GIS and Spatial analysis. Information géographique et gestion des risques. Vol.16-n°3-4/2006-pp321-340.
- **Léon (O.), 2008.** Les projections régionales de population 2005-2030- Economie et statistiques n°408.

Figure 4 : récurrence des feux selon les types d'interface habitat-forêt



(1) Corinne Lampin-Maillet
Cemagref d'Aix-en-Provence,
Unité Écosystèmes méditerranéens et risques
3275 route de Cézanne-CS 40061,
13182 Aix-en-Provence cedex 5.

III - LES IMPACTS DU FEU SUR LES ÉCOSYSTÈMES

Du régime de feu aux différents impacts

T. Curt*, F. Pimont**, E. Rigolot**⁽¹⁾

La végétation méditerranéenne est fortement conditionnée par les feux depuis des millénaires, et nombre d'espèces ont développé des adaptations pour résister au régime d'incendie, même s'il est sévère.

Le passage du feu constitue une perturbation modifiant la dynamique naturelle de l'écosystème. Cette perturbation dépend des caractéristiques des incendies, qui sont synthétisées pour une région donnée par la notion de régime de feu. Celle-ci comprend une composante temporelle (saison, fréquence, cycle⁽²⁾), une composante spatiale (surface brûlée, hétérogénéité) et d'autres caractéristiques comme le type de feu (naturel ou anthropique ; feu de surface ou de cime), son intensité ou sa sévérité. Le régime de feu peut être modifié par les efforts de prévention et de lutte contre les incendies et par des facteurs supplémentaires comme les changements climatiques ou l'évolution des espèces.

Les conséquences liées à un régime de feu se déclinent en général selon que les effets sont immédiats, différés ou à long terme. Les effets immédiats concernent essentiellement la consommation de combustible, la production de fumées, l'échauffement des sols, la mortalité immédiate (plantes, animaux). Les effets différés concernent les impacts ayant lieu entre le jour qui suit l'incendie et la décennie. Ils concernent la dispersion des fumées, les cycles biogéochimiques, l'érosion des sols, les attaques d'insectes, la mortalité différée des espèces végétales, les successions et les modèles de végétation. Enfin, les effets à long terme sont le résultat de répétitions d'effets immédiats et différés. Le régime de feu influe sur la distribution spatiale du combustible qui en retour

conditionne l'occurrence et le comportement du feu.

Ici nous traitons des processus affectant la dynamique arbustive et forestière (mortalité, régénération, croissance), qui sont donc essentiellement des effets immédiats et différés.

Comprendre et diagnostiquer la mortalité des ligneux après incendie

Le passage du feu induit généralement une destruction de la strate arbustive et une mortalité variable dans la strate arborée, liée à la gravité des dommages et à la résistance de l'espèce. Les feux peuvent entraîner la mortalité de l'arbre par la destruction partielle ou totale du feuillage et par les dégâts causés aux tissus situés entre le bois et l'écorce. La température létale pour les aiguilles est voisine de 60°C, alors que les bourgeons peuvent résister à des températures allant jusqu'à 100°C. Ces températures sont très inférieures aux températures de flamme (350 à 1000 °C). Les arbres les plus grands et les plus gros ont généralement une écorce plus épaisse et sont donc mieux protégés, les propriétés thermiques des écorces de la plupart des arbres étant très voisines. Cette protection par l'écorce incite le gestionnaire à favoriser les techniques sylvicoles augmentant le diamètre des individus (voir article p.33). La mortalité intervient généralement durant les deux premières années après le feu et



Le chêne liège est une espèce « résistante » qui rejette directement à partir du houppier.

on observe une stabilisation au bout de 3 à 5 ans. La présence de scolytes peut induire une mortalité différée jusqu'à 10-15 ans chez les plus vieux individus. Des facteurs abiotiques comme la sécheresse peuvent augmenter la mortalité après incendie.

Le diagnostic précoce de la mortalité des arbres après incendie constitue un enjeu important pour le gestionnaire. En effet, s'il convient de supprimer les arbres qui vont mourir, afin de limiter les risques d'attaques de scolytes, d'ouvrir le milieu pour favoriser la régénération naturelle ou de limiter l'impact paysager dans les zones touristiques, il est important de ne pas couper les arbres qui peuvent survivre.

Dans ce contexte, les chercheurs ont développé des modèles statistiques, qui estiment la probabilité de mortalité de l'arbre en fonction de certains paramètres dendrométriques et du niveau de dégât constaté (roussissement du houppier et carbonisation du tronc). Ces modèles permettent d'évaluer les probabilités individuelles de mortalité des arbres dans le peuplement. Des modèles de ce type sont disponibles en France pour les pins pignon, d'Alep, maritime, laricio, et pour le chêne liège notamment.

Croissance après incendie

Lorsque les individus survivent après le passage d'un feu, leur potentiel de croissance s'en trouve affecté. D'un

côté, le feu peut favoriser la croissance des survivants par réduction de la compétition (c'est notamment le cas pour les espèces qui rejettent) et par fertilisation du sol (minéralisation de la matière organique). D'un autre côté, le feu produit un élagage par mortalité des branches basses, qui peut être très fort. Quand les arbres survivent, les dommages liés au feu s'accompagnent d'une baisse de croissance pendant quelques années.

Deux stratégies de régénération après incendie : régénération par graines ou production de rejets

Deux stratégies de régénération des ligneux après incendie existent : la régénération par dissémination de graines ou par production de rejets. L'efficacité de la dissémination de graines dépend de multiples facteurs, comme la présence de semenciers, la réceptivité du sol, la présence de végétation concurrente (notamment les espèces qui rejettent), mais aussi de l'ouverture du milieu, ou de la saison et des conditions climatiques. Cette stratégie se fonde sur la capacité des graines de ces espèces à rester en dormance pendant plusieurs années en attendant les conditions favorables à la germination. Certaines espèces comme les pins méditerranéens développent des réserves de graines aériennes dans les cônes maintenus fermés par la résine, d'autres espèces

développent des banques de graines souterraines (cistes). La connaissance de ces processus aide à la gestion des opérations de débroussaillage et à la réhabilitation des forêts incendiées. La stratégie de régénération après feu par la production de rejets (régénération dite végétative) est fréquente dans les écosystèmes méditerranéens. Les rejets sont produits à partir de bourgeons situés au-dessus du sol (dans le houppier, sur le tronc) ou en-dessous (rejets de souche). La qualité et la quantité de la régénération dépend de l'espèce et de l'intensité des dommages subis. En règle générale, la régénération s'opère préférentiellement dans le houppier quand le niveau de dommage est modéré, et au pied quand les dommages sont très importants. Une mortalité différée pouvant survenir après que l'arbre ait rejeté, il est important de disposer de bons modèles de prédiction de la régénération végétative pour ne pas éliminer des individus ayant un potentiel de régénération. Les espèces rejetant après feu sont importantes car leur récupération et leur croissance sont généralement rapides : elles occupent ainsi l'espace et protègent le sol. Par contre, elles peuvent gêner l'installation des autres espèces, et produisent une accumulation rapide du combustible.

Les stratégies adaptatives illustrées dans le tableau ci-dessous combinent les processus de croissance, de

Tableau : Stratégie adaptative des espèces ligneuses après incendie

	Régime d'incendie compatible	Taux de mortalité	Mode de régénération	Croissance après feu	Espèces typiques
Espèces « résistantes »	Feux peu intenses et fréquents	Faible	- Faible production de graines - Production de rejets	Moyenne	Pin pignon (pionnier) Chêne liège
Espèces « invasives »	Feux intenses	Forte	Forte production de graines	Forte	Cistes Pin d'Alep
Espèces « endurentes »	Feux intenses et répétés	Faible	Production de rejets	Forte	Chêne kermès Chêne vert

mortalité et de régénération adaptés à chaque régime de feu.

Les espèces « résistantes » ont une mortalité faible ; il s'agit typiquement d'espèces de pins ou de chêne à mortalité faible et à régénération limitée comme le pin pignon ou le chêne liège ; leur croissance est généralement moins forte après l'incendie. Ces espèces sont typiques des régimes de feux peu intenses, mais fréquents.

Les espèces « pionnières pyrophytes » privilégient une régénération forte et une bonne capacité de dispersion ; en contrepartie leur mortalité est forte. Il s'agit typiquement d'espèces comme le ciste pour les strates arborescentes et le pin d'Alep pour les strates arborées. Ces espèces sont typiques des régimes de feux intenses.

Enfin, les espèces « endurentes » sont

capables de survivre à des incendies successifs et intenses. Il s'agit principalement d'espèces qui rejettent (chêne kermès, chêne vert), dont la croissance après incendie est forte. Ces espèces sont typiques des régimes de feux fréquents.

La diversité des réponses des espèces à un régime de feu conditionne les dynamiques de végétation des milieux soumis aux incendies. La notion de pyrodiversité (introduite par Martin & Sapsis, 1992), mesure la diversité des

régimes d'incendies dans une région donnée. La pyrodiversité contribue à l'hétérogénéité du paysage et de ce fait entretient une certaine diversité biologique. En ce sens, la gestion du combustible par le brûlage dirigé élargit la gamme des régimes de feu et la diversité des impacts sur la végétation. ■

Bibliographie

- **Fernandes (P.), Vega (J.A.), Jiménez (E.), Rigolot (E.), 2008** - *Fire resistance of European pines*. *Forest Ecology and Management* 256 (3) 246-255.
- **Martin (R.E.) & Sapsis, D.B. 1992** - *Fires as agents of biodiversity - Pyrodiversity promotes biodiversity*. University of Berkeley, Californie, 23p.

(1) *Thomas Curt - Cemagref

Unité écosystèmes méditerranéens et risques -
3275 Route de Cézanne-CS 40061-
13182 Aix-en-Provence cedex 5

Courriel : thomas.curt@cemagref.fr

**INRA, Ecologie des Forêts Méditerranéennes

Site Agroparc, Domaine Saint-Paul

F-84914 Avignon cedex 9

Courriel : eric.rigolot@avignon.inra.fr

pimont@avignon.inra.fr

<http://www.avignon.inra.fr/lurfin>

(2) Nombre d'années nécessaires pour qu'une

surface équivalente au paysage soit parcourue par les différents incendies.



© Sébastien Claudin

Le chêne vert est un exemple d'espèce « endurent » qui rejette de souche après le passage du feu.

Bibliographie de l'article p. 29

- **Buhk (C.), Gotzenberger (L.), Wesche (K.), Gomez (P. S.), Hensen (I.), 2006** - *Post-fire regeneration in a Mediterranean pine forest with historically low fire frequency*. *Acta Oecologica* 30:288-298.
- **Capitaino (R.), Carcaillet (C.), 2008** - *Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: a discussion of succession models*. *Forest Ecology and Management* 255 :431-439.
- **Pimm (S. L.), 1991**. *The balance of nature ?* University of Chicago Press, Chicago.
- **Trabaud (L.), 1983**. *Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc (Sud de la France)*. *Ann. Sci. For.* 40 : 177_196.
- **Trabaud (L.), 1987**. *Dynamics after fire of sclerophyllous plant communities in the mediterranean bassin*. *Ecol. Medit.* 13: 25-37.
- **Trabaud (L.), Martinez-Sanchez (J. J.), Ferrandis (P.), Gonzales-Ochoa (A. I.), Herranz (J. M.), 1997**. *Végétation épigée et banque de semences du sol : leur contribution à la stabilité cyclique des pinèdes mixtes de Pinus halepensis et Pinus pinaster*. *Canadian Journal Botany* 75 (6):1012-1021.
- **Trabaud (L.) et Galtié (J.F.), 1996**. *Effects of fire frequency on plants communities and landscape pattern in the Massif des Aspres (southern France)*. *Landscape Ecology* 11: 215-224.

III - LES IMPACTS DU FEU SUR LES ÉCOSYSTÈMES

Adaptation de la végétation méditerranéenne aux incendies

Alice Schaffhauser, Philip Roche ⁽¹⁾

La végétation méditerranéenne présente une remarquable capacité de reconstitution suite aux incendies qui a longtemps laissé penser que les espèces méditerranéennes présentaient des adaptations spécifiques au feu par une sélection naturelle.

Il apparaît cependant plus probable que les capacités remarquables de résistance et de résilience des espèces végétales méditerranéennes au feu résultent principalement d'une préadaptation en réponse à des stress climatiques comme la sécheresse (sérotinie⁽²⁾) et à des pressions de broutage par les herbivores (rejet de souche⁽³⁾). La capacité de réaction d'un système donné aux perturbations peut se mesurer de deux manières : **sa résistance et sa résilience**. La résistance constitue la capacité de survie du système à la perturbation (Pimm, 1991). Ce terme peut s'appliquer à un individu, une population ou une communauté. La résilience, selon ce même auteur, est la vitesse à laquelle une population revient à son taux d'équilibre, après en avoir été éloigné. Au niveau de la végétation, les incendies présentent différents impacts sur la flore selon l'échelle de temps, d'espace et selon les composantes spécifique et fonctionnelle.

Dans les premières années après l'incendie, un pic de diversité floristique est en général observé, dû essentiellement à l'apparition de plantes herbacées rudérales⁽⁴⁾ notamment (Buhk et al., 2006). Ensuite un retour peut être très rapide à une composition flo-

ristique proche de l'état initial du fait notamment de l'importance des espèces ayant une forte capacité de rejet de souche. Le retour à une structure de végétation proche de l'état initial sera quant à lui plus long (Trabaud, 1983 ; 1987).

Ainsi, des études récentes sur l'impact de feux récurrents ont montré un affaiblissement de la capacité de résilience de la végétation (Capitanio et Carcaillet, 2008).

Le feu va favoriser certaines espèces (comme les espèces à dissémination anémochore⁽⁵⁾, les thérophytes⁽⁶⁾, les espèces à capacité de rejet de souche ou sérotineuses...), contrairement à d'autres plus sensibles (telles que les phanérophytes, les espèces à dissémination zoochore⁽⁷⁾, ...) ; avec un impact plus fort au centre de la tache brûlée décroissant jusqu'à la lisière (Bonnet et al., 2002). L'impact de plusieurs feux accentuera ces tendances. Cependant, l'impact des feux n'est pas systématiquement négatif car des fréquences d'occurrence et d'intensité intermédiaires des feux favorisent la biodiversité à l'échelle de la communauté, mais également du paysage (Trabaud et Galtié, 1996).

Or, comme on l'a vu, la végétation peut être résiliente mais des seuils peuvent être observés en fonction des

modifications actuelles des régimes des feux (dont la récurrence).

En outre, la situation est bien plus complexe, résultant d'une synergie de facteurs dont la sécheresse. Des niveaux différenciés de la capacité à la résilience pourraient être définis afin d'induire une meilleure gestion des écosystèmes régulièrement perturbés par les feux. ■

Voir Bibliographie page 28.

(1) Alice Schaffhauser - Philip Roche
CEMAGREF - CS 40061
13182 Aix-en-Provence Cedex 5

(2) La sérotinie qualifie la propriété de certains végétaux qui conservent dans la canopée des graines matures qui sont libérées par des conditions de sécheresse et/ou de température élevée (Lamont et al. 1991). Ainsi le pin d'Alep en région méditerranéenne présente un sérotinie partielle et libère de nombreuses graines après le passage d'un feu qui entraîne l'ouverture des cônes.

(3) Le rejet de souche est un mécanisme de reproduction végétative à partir de la souche associé à l'existence d'une structure anatomique particulière.

(4) Végétation croissant dans un site fortement transformé par l'homme, décombres, terrains vagues.

(5) Qualifie un mode de dispersion des graines par le vent.

(6) Plante passant la saison défavorable à la végétation sous forme de graines.

(7) Plante disséminée par les animaux, soit par transport externe, soit après ingestion.

III - LES IMPACTS DU FEU SUR LES ÉCOSYSTÈMES

Impact sur l'environnement

Michel Vennetier

L'équilibre d'un écosystème biologique est profondément modifié par l'incendie. La résistance ou la résilience dépend de la fréquence des feux.

Dans les régions habituellement touchées par les feux, les paramètres de l'écosystème sont en équilibre avec le régime moyen d'incendie. L'équilibre s'établit autour de trois ressources :

- le stock de matière organique,
- les espèces végétales adaptées à ce régime, et capables de reconstituer ce stock entre deux feux,
- la vie du sol et de l'humus (faune, bactéries, champignons), dont l'activité et la diversité dépendent de la matière organique.

Cet équilibre dépend aussi des caractéristiques physico-chimiques du sol : profondément modifiées par l'incendie, elles sont progressivement restaurées par l'activité biologique.

Il existe donc une forte interaction entre paramètres physico-chimiques et activité biologique, ces interactions étant essentielles pour comprendre la résistance et la résilience du milieu au feu.

Résistance et résilience globale de l'écosystème

En milieu forestier méditerranéen, la plupart des paramètres physico-chimiques modifiés par le feu récupèrent quantitativement en 15 à 25 ans. Mais il faut 50 ans pour une bonne résilience qualitative de l'écosystème : en dessous de ce seuil, les communautés bactériennes et la faune du sol sont moins diversifiées et moins efficaces, la matière organique produite contient des substances difficilement biodégradables, le cycle de l'azote n'est pas équilibré. Avec une fréquence d'un feu tous les 25 à 50 ans, le niveau de po-

tentialités reste bas, en limite de rupture. L'essentiel de la matière organique se cantonne aux premiers centimètres du sol, où se concentre l'activité biologique avec des effectifs faibles et fragiles. Un seul épisode d'érosion intense peut compromettre durablement l'avenir de l'écosystème. Avec des fréquences de feux plus élevées, de l'ordre de 4 feux ou plus en 50 ans, les paramètres chimiques et biologiques sont durablement altérés, marquant une dégradation des potentialités.

Les communautés bactériennes survivantes sont pauvres et ont une faible efficacité : la sélection a favorisé les plus résistantes au stress, mais ces espèces ont un mauvais rendement énergétique, gaspillant les faibles ressources du sol. Leur concurrence pour l'azote avec la végétation est exacerbée, ce qui limite encore plus la productivité végétale. Le cycle de l'azote est particulièrement touché, car les populations bactériennes qui en sont responsables ont diminué plus que d'autres en taille et en diversité.

La faune du sol est également affectée, avec notamment la perte d'une partie des vers de terre : diminution du nombre d'individus, du nombre d'espèces et de la taille moyenne des individus. Leur fonction essentielle de brassage et de structuration du sol, en plus d'être ralentie là où elle persiste, n'est plus assurée spatialement car les vers n'occupent plus que 50 % ou moins de la surface. La résistance du sol à l'érosion en est diminuée ainsi que sa perméabilité. Les turricules⁽¹⁾ étant des foyers de vie intense pour la

microfaune, celle-ci est directement affectée et appauvrie. Or c'est cette faune qui assure la structuration du sol et sa porosité à l'échelle microscopique, facteurs déterminants pour sa capacité de rétention en eau.

Un nouvel équilibre s'établit, où la forêt a régressé au profit de garrigues ou maquis. Les espèces sclérophylles se développent, et la matière organique qu'elles produisent est plus récalcitrante à la biodégradation.

Inversement, l'absence de feux durant 150 à 200 ans permet une spectaculaire remontée du potentiel de l'écosystème. Elle est caractérisée par la reconstitution du stock de carbone non seulement en surface du sol mais aussi en profondeur, une modification de la structure et composition floristique, une diversification de l'activité biologique du sol.

Interaction feu-sécheresse

La conjonction de nombreux feux et de sécheresses répétées conduit à un effondrement du fonctionnement biologique.

D'une part, la répétition des sécheresses accroît la sensibilité au feu :

- elle diminue la productivité végétale, privant la vie du sol de son principal « carburant », limitant la taille, la diversité, la résistance et la résilience des communautés. Les vers de terre ont quasiment disparu après les feux de 2007 faisant suite à 4 années de sécheresse. Il était aussi difficile de trouver sur ces sites un seul exemplaire de myriapode, insecte, araignées ou cloportes sur plusieurs m² au printemps 2008, alors que l'on trouvait plusieurs



© M. Vennetier

Véritables ingénieurs de l'écosystème, les vers de terre contribuent à restaurer le milieu après un feu : ils remontent en surface la matière organique profonde, enfouissent la litière, concentrent l'activité bactérienne et celle de la microfaune, accélèrent les cycles biogéochimiques, rendent au sol sa porosité et le protègent de l'érosion. Ce sont de bons indicateurs de l'état de santé des forêts incendiées, de la fréquence des feux et de la date du dernier feu.

spécimens sous chaque pierre après les feux de 2003.

→ les végétaux desséchés sont également plus sensibles à l'incendie : ainsi, les houppiers de chênes lièges n'ont pas rejeté massivement après les feux de 2007.

→ la sécheresse intense peut modifier la dynamique végétale après feu : le pic de diversité habituellement observé 2 à 5 ans après un incendie a été réduit après 2003, les espèces rudérales et héliophiles opportunistes ne pouvant pas toutes s'exprimer. À l'opposé, le nombre d'espèces a augmenté à la même époque dans les forêts anciennes et denses, des espèces héliophiles s'étant réintroduites dans ces milieux à la faveur d'une canopée rendue claire par la transparence des houppiers et une mortalité élevée chez les arbres.

D'autre part le feu accroît la sensibilité

à la sécheresse :

→ c'est ainsi qu'en 2008, la mortalité des chênes lièges était beaucoup plus élevée sur les zones brûlées en 2003, où ils avaient initialement bien rejeté, que sur les zones brûlées il y a 15 ans ou plus.

→ les communautés bactériennes des zones fréquemment ou récemment brûlées s'avèrent moins résilientes au stress hydrique que celles des zones peu ou anciennement brûlées.

→ la faune des zones brûlées en 2003 a proportionnellement plus souffert de la sécheresse 2003-2007 que celle de forêts brûlées il y a 15 ans ou plus.

Chacune des perturbations (feu et sécheresse) amplifie donc les effets néfastes de l'autre. Un seuil de 4 années successives de sécheresse semble constituer un seuil critique pour la résistance de l'écosystème au feu, et un seuil de 4 feux en 50 ans dans le mas-

sif des Maures (Var) a rendu les forêts bien plus sensibles à la sécheresse.

Dans le contexte du changement climatique, la répétition d'épisodes prolongés de sécheresses et canicules est probable. Ces événements climatiques sont de nature à étendre spatialement l'emprise des incendies, à accroître leur fréquence là où ils se produisent déjà, et à augmenter leur puissance et donc leur impact. En interactions avec la sécheresse, le feu pourrait donc transformer et appauvrir les écosystèmes forestiers plus profondément et plus rapidement que l'impact direct du changement climatique.

Implications pour les gestionnaires

D'un point de vue gestion, la protection des forêts n'ayant pas brûlé depuis quelques dizaines d'années, et à priori résilientes, serait donc moins prioritaire que celles de zones plusieurs fois brûlées récemment, qu'un feu supplémentaire pourrait dégrader irrémédiablement. La protection des forêts les plus anciennes s'impose aussi, parce qu'elles sont rares et morcelées et contiennent des espèces spécifiques qui risquent de disparaître localement. La réflexion sur les stocks de carbone en forêt, en lien avec l'effet de serre, aboutit aux mêmes priorités.

Avec le changement climatique, il est urgent d'étudier l'impact potentiel des incendies dans les régions où les communautés ne sont pas adaptées au feu. ■

(1) *Rejets des lombrics présents à la surface du sol.*

Bibliographie

- Vennetier (M.) et al. (49 co-auteurs) - 2008. *Etude de l'impact d'incendies de forêt répétés sur la biodiversité et sur les sols : recherche d'indicateurs*. Rapport final. Cemagref, Union Européenne, Ministère de l'Agriculture et de la pêche, 236 p.

IV - QUE PEUT FAIRE L'HOMME POUR LIMITER LES IMPACTS DU FEU ?

L'aménagement et la compartimentation des massifs : principe, conception et entretien des coupures de combustible

Eric Rigolot, INRA ⁽¹⁾

Quels principes dirigent la conception d'aménagement d'un massif ? Les recommandations du Réseau Coupures de combustible (RCC) insistent sur l'accessibilité et la présence de points d'eau, l'entretien des coupures de combustible.

La gestion du combustible constitue la clé de voûte de la politique de prévention des incendies de végétation.

La réduction de la biomasse inflammable et combustible permet de diminuer la puissance du feu, de faciliter les actions de lutte et de limiter les impacts du feu sur les enjeux.

Pour être efficaces, ces travaux sont généralement concentrés sur des aménagements de Défense des forêts contre les incendies (DFCI), les coupures de combustible. Une coupure de combustible est un ouvrage sur lequel la végétation a été traitée tant en volume qu'en structure, pour réduire la puissance d'un front de feu l'affectant en tenant compte de la vitesse de propagation de ce front sur la coupure. Les autres caractéristiques de l'ouvrage (équipement pour la lutte, implantation, dimensionnement, ...) dépendent de l'objectif opérationnel assigné.

Ces coupures répondent à trois objectifs principaux :

→ la limitation des départs de feu pour éviter les éclosions et faciliter l'attaque initiale du feu,

→ la limitation des surfaces parcourues par le feu en cloisonnant les massifs forestiers par un réseau d'ouvrages stratégiquement localisés (*photo 1*),

→ la protection rapprochée d'enjeux comme le débroussaillage obligatoire autour des habitations à l'interface forêt - urbanisme. Dans cette troisième catégorie entrent aussi les pratiques plus extensives de sylviculture préventive visant à la réduction du combustible pour la protection en plein de certains peuplements remarquables par leur potentialités de production, leur qualité paysagère ou leur rôle de protection (*voir article page 35*).

La conception des aménagements

Le Réseau Coupures de combustible (RCC) produit depuis plus de 15 ans des recommandations pour la conception et l'entretien des équipements de DFCI. La plupart ont été reprises dans les documents cadres départementaux d'aménagement des massifs forestiers contre les incendies. On se limitera ici à en rappeler les grands principes et on se reportera aux documents de synthèse du RCC pour approfondir les

détails techniques (Rigolot *et al.*, 2002). Un **ouvrage de cloisonnement** des massifs forestiers est un espace débroussaillé qui doit comporter au minimum une bande de roulement et des points d'eau. Ce type d'ouvrage répond aux caractéristiques techniques les plus exigeantes car il s'agit de zones d'appui à la lutte sur lesquels des personnels sont engagés pour limiter la progression du feu. L'objectif de ces actions est de ramener le traitement de l'incendie à un problème de feu courant au sol maîtrisable par les moyens de lutte terrestres et aériens.

La circulation

La **bande de roulement** doit faciliter l'accès, la circulation et l'engagement des actions de lutte. Le croisement des engins de lutte doit être rendu possible par une plate forme de largeur utile suffisante ou par des aires de croisement régulièrement réparties. Ces pistes ne doivent présenter aucune impasse, et même disposer d'aires de retournement pour faciliter les manœuvres d'autodéfense.

L'équipement minimum en matière de points d'eau sur des coupures destinées à limiter les surfaces des grands

1



Exemple de coupure de combustible destinée à limiter les surfaces parcourues par les incendies dans le Massif des Maures.

incendies est d'une citerne de 30 m³ tous les kilomètres. L'ouvrage doit être positionné de manière stratégique en fonction des vents dominants et du relief. Par exemple, dans les zones de relief accentué, l'ouvrage est disposé en position de crête, en répartissant le débroussaillage de part et d'autre de la crête, et en implantant la bande de roulement en arrière de la crête sous le vent dominant, pour une meilleure sécurité des forces de lutte qui s'y positionneraient.

Le traitement de la végétation

La réduction de la puissance du feu sur l'ouvrage, garante d'un engagement efficace des pompiers, est d'abord fonction de sa largeur locale qui dans

tous les cas ne sera pas inférieure à 100 m. La réduction de la puissance du feu dépend surtout du traitement de la végétation. Trop souvent, on ne considère que la strate arbustive, et en ce sens le terme « débroussaillage » est assez réducteur. La strate arbustive doit effectivement être éliminée, à l'exception, le cas échéant, de quelques bouquets épars et de dimension limitée pour améliorer la rugosité au vent ou combler des manques dans la strate arborée. Le traitement de la strate arborée, longtemps limité à l'élagage, est aujourd'hui étendu à l'éclaircie. Le maintien des arbres sur les ouvrages de DFCI est nécessaire pour limiter la vitesse du vent au sol qui pousse le feu, mais les houppiers ne doivent pas se toucher pour éviter les feux de cimes (*photo 2*). Les rémanents d'élagage et d'éclaircie doivent être soigneusement éliminés. Tous ces travaux conduisent souvent à une accumulation de résidus combustibles fins et morts au sol, favorisant la propagation d'un feu de surface. Le traitement de la strate d'herbe et de la couverture morte par le brûlage dirigé est donc un complément souvent indispensable.

2



Exemple de traitement des arbres pied à pied sur une coupure de combustible de cloisonnement dans le cas d'une pinède adulte.

L'entretien indispensable

Quel que soit le type d'ouvrage, la clé de la réussite réside dans la qualité de la conception initiale des coupures de combustible, mais surtout dans la permanence de l'état débroussaillé, ce qui nécessite des travaux récurrents compte tenu de la vigueur de la repousse. Le débroussaillage est assuré par des séquences techniques où sont mis en œuvre de manière simple ou combinée le débroussaillage mécanique, le dessouchage, le pâturage contrôlé ou le brûlage dirigé (Legrand *et al*, 1994). Le débroussaillage mécanique reste la technique de référence tant elle est répandue, il s'impose souvent en première intervention du fait de la masse très importante de matière végétale à éliminer, et peut parfois nécessiter des compléments manuels très coûteux. La biomasse broyée lors de ces travaux mécaniques est laissée au sol, et constitue, quand elle est abondante, une couche de combustible pouvant contribuer à la propagation d'un feu courant de surface. Le dessouchage peut permettre d'incorporer au sol la végétation broyée, et déstabilise durablement la dynamique de repousse des espèces qui produisent des rejets de souche. Cependant, les dommages aux racines des arbres doivent être soigneusement évités. Cette technique est souvent combinée à des améliorations pastorales (sursemis d'espèces fourragères, fertilisation) lorsque l'ouvrage est destiné à être entretenu par la dent du bétail.

Par le brûlage dirigé ou la dent du bétail ?

Les opérations sylvo-pastorales se sont en effet largement développées ces dernières décennies en région méditerranéenne, parce qu'elles permettent le développement d'une activité économique durable sur les équipements de DFCI. Enfin, le brûlage dirigé

est lui aussi en pleine extension depuis une quinzaine d'années et a obtenu un statut légal avec la loi d'orientation sur la forêt du 9 juillet 2001. Chaque département du grand sud dispose au moins d'une équipe spécialisée à laquelle les propriétaires forestiers peuvent faire appel. Le brûlage dirigé se pratique aussi bien dans des garrigues ou des maquis que sous peuplements (*photo 3*). Le choix des modalités de conduite du feu et des conditions météorologiques présidant à l'opération permettent de garantir la mise hors feu du peuplement sans limiter son potentiel de production. La fréquence de repasse en entretien est de 3 à 6 ans selon la séquence technique utilisée. Le pâturage contrôlé permet d'accroître le délai entre deux interventions.

Les retours d'expériences menés suite aux grands incendies de l'été 2003 ont permis d'évaluer une large gamme d'équipements, en soulignant les points forts et les limites (Perchat & Rigolot 2005). Ces analyses ont rappelé l'importance de la conformité technique initiale et de la qualité et la fréquence des entretiens, qui n'étaient pas toujours constatés sur le



Peuplement de pin pignon mis hors feu par un brûlage dirigé.

terrain du fait des contingences budgétaires. Elles ont aussi souligné que la fiabilité juridique de l'ouvrage renforcée par une bonne maîtrise foncière étaient indispensables, tout comme la bonne connaissance des équipements DFCI par les services de lutte qui les utilisent. ■

(1) INRA, *Écologie des Forêts Méditerranéennes (UR629), Site Agroparc, Domaine Saint Paul, F-84914 Avignon cedex 9, E-mail : eric.rigolot@avignon.inra.fr*



Brûlage dirigé sous pinède.

Bibliographie

- **Legrand, (C.), Etienne (M.), Rigolot (E.), 1994.** *Une méthode d'aide au choix des combinaisons techniques pour l'entretien des coupures de combustible.* Forêt Méditerranéenne XV(4) : 397-408.
- **Perchat (S.) & Rigolot (E.) (Coord.), 2005.** *Analyse du comportement au feu et utilisation par les forces de lutte des coupures de combustible touchées par les grands incendies de la saison 2003.* Réseau Coupures de combustible RCC n°9 – Ed. de la Cardère Morières : 55p. + CDRom.
- **Réseau Coupures de combustible 2002.** *Du plan départemental à la coupure de combustible : guide méthodologique et pratique.* Réseau Coupures de combustible RCC n°6 – Ed. de la Cardère Morières : 48 p.

Résumé

L'importance de la qualité de conception des aménagements d'un massif est déterminante pour faciliter les actions de lutte et de limitation des impacts du feu : voies d'accès, points d'eau, aménagement et entretien des coupures de combustible.

Mots-clés : Aménagement, coupures de combustible.

IV - QUE PEUT FAIRE L'HOMME POUR LIMITER LES IMPACTS DU FEU ?

Sylviculture et prévention
des incendies en région PACA

Louis Amandier, ingénieur CRPF-PACA (1)

Comment le travail du forestier peut-il influencer le comportement d'un peuplement forestier vis à vis du feu ? Quelles sont les principes généraux qui pourraient limiter les risques de destruction ?

Volontairement nous limiterons notre propos à la sylviculture des peuplements, sans aborder l'échelle de la propriété, de la vallée ou du massif forestier qui relèvent d'un aménagement plus global.

Constat préliminaire : tout végétal brûle, certes plus ou moins rapidement, en dégageant peu ou beaucoup d'énergie, mais même des arbres turgescents tels que des Aulnes en ripisylves peuvent brûler s'ils sont cernés de végétation sèche qui, en brûlant, les chauffe, les déshydrate et les enflamme.

Il est néanmoins vrai que tous les peuplements ne sont pas égaux devant l'incendie. L'**inflammabilité** intrinsèque des différentes essences ainsi que celle des végétaux ligneux et herbacés des sous-bois varie très fortement ; la disposition spatiale des feuilles ou aiguilles et la dimension des organes jouent un grand rôle car le combustible qui alimente un feu de forêt est essentiellement constitué d'éléments fins de petites dimensions et de quotient « surface/volume » élevé, une géométrie qui favorise les échanges thermiques et les flux énergétiques.

La propagation du feu est favorisée par la **continuité du combustible** sur le plan **horizontal**, le feu se communiquant d'une touffe à sa voisine essentiellement par rayonnement, et aussi



Dépressage systématique (layons) et sélectif dans un gaulis dense de Pin sylvestre à Valderoure (Alpes-Maritimes). Cette opération sylvicole classique laisse sur le sol de grandes quantités de rémanents qui mettront assez longtemps à se décomposer et qui, temporairement, maintiennent un risque d'incendie élevé.

sur le plan **vertical** où l'empilement des strates favorise les transferts thermiques par convection. Les houppiers des arbres sont souvent enflammés par un feu qui grimpe depuis le sol jusqu'en cime en se servant des broussailles et branches basses comme d'un escalier.

Paradoxe : le bois ne brûle pas... ou plutôt n'est généralement calciné que superficiellement ; preuve en est qu'après un feu, seuls subsistent les troncs et les branches noircies de gros diamètres. Le bois ne brûle pas mais il structure le peuplement en étirant le biovolume combustible sur quelques mètres de hauteur, favorisant ainsi des

fronts de flamme développés, un meilleur contact avec l'oxygène comburant et par conséquent, une forte intensité énergétique. Les feux de cimes sont ainsi redoutables et il est quasiment impossible aux pompiers de s'en approcher !

Le sylviculteur intervient classiquement en exportant du bois hors de la parcelle, des troncs d'un certain diamètre minimal, précisément ceux qui ne brûlent pas... mais les rémanents de coupe restent sur place ; les éléments fins combustibles sont toujours présents et leur continuité au sol est même accrue... Il est donc assez inexact d'affirmer *ex abrupto* qu'une

ylviculture standard diminue les risques en enlevant du combustible... En revanche l'enlèvement de certains arbres lors des coupes d'éclaircies modifie la structuration spatiale du biovolume ; la mise à distance des houppiers est efficace pour diminuer le risque de propagation du feu de cimes, l'énergie rayonnée décroissant avec le carré de la distance. D'un côté la prévention des feux de cimes est bien réelle, mais d'un autre, les rémanents secs des coupes sont ajoutés à la végétation basse du sous-bois pour produire un combustible qui reste très dangereux... (photo 1, p.35).

Les solutions sont très limitées. Nonobstant l'espoir d'une hypothétique utilisation économique des houppiers par récolte et broyage en plaquettes aux fins d'alimentation énergétique de chaudières, il n'y a guère d'autre choix que d'attendre quelques années, en croisant les doigts, que les rémanents se décomposent... ou encore, pour les forestiers précautionneux, de broyer finement ce mélange de sous-bois et de houppiers, ce qui a pour effet, non de réduire la biomasse combustible, mais de compacter cette dernière au ras du sol, ce qui limite l'accès au comburant et donc la vitesse et l'énergie dégagée par un feu éventuel. L'opération peut coûter cher, souvent davantage que la valeur du bois exploité... mais des subventions publiques sont disponibles dans certains départements (Bouches-du-Rhône) pour aider les propriétaires à financer de telles opérations; motivées par la prévention des incendies, ces interventions favorisent une sylviculture générant des retombées économiques sur l'emploi et les filières, bien préférable à une non-intervention provoquant l'accumulation de combustible par capitalisation d'une biomasse inutilisée.

Attention! Le **gyrobroyage des rémanents** est efficace mais il s'agit bien là

d'une opération de prévention des incendies, à réserver à certaines zones à risque; ce n'est pas une opération sylvicole à proprement parler, les effets étant souvent contradictoires avec la gestion forestière, notamment vis à vis de la régénération et, plus globalement, défavorables au fonctionnement écologique des écosystèmes naturels: la réduction du sous-bois supprimant certaines niches écologiques pour la faune, etc.

Quels seraient les objectifs d'une sylviculture préventive et quelles mesures spécifiques pourrait-on préconiser ?

L'idéal serait, bien sûr, d'empêcher l'éclosion et la propagation d'un feu, ce qui est peu réaliste bien que certains cas intéressants aient été observés (photo 2); plus généralement il s'agit de briser la violence d'un feu éventuel en limitant le volume de combustible offert ou encore celui du comburant (oxygène) nécessaire à la réaction chimique. L'intérêt est alors, d'une part de faciliter l'accès à la lutte active et d'autre part, de limiter les dégâts infligés aux arbres. On augmente alors la **résilience** des écosystèmes, c'est à dire la rapidité de leur reconstitution naturelle, du retour à un état proche de l'initial. Il est vrai que les végétaux méditerranéens qui « vivent avec le feu » depuis des milliers d'an-

nées se sont adaptés et que la plupart des espèces sont des pyrophytes qui développent des stratégies de résistance telles que l'écorce isolante du chêne-liège et ses rejets épïcormiques⁽²⁾ ou encore une capacité exacerbée de rejeter de souche (chêne kermès, arbousier, daphné garou...) ou de repartir facilement de graines (divers pins, cistes, calycotome...).

Il est bien difficile de modifier la composition de la végétation forestière liée à des séquences dynamiques dépendant du bioclimat et du sol; en revanche, **le forestier peut intervenir sur sa structure en jouant sur la continuité horizontale et verticale du biovolume combustible.**

Son action est modulée selon les grands types de peuplements rencontrés dans la région.

Le cas très fréquent des peuplements résineux réguliers (pin d'Alep, pin sylvestre, etc.) est relativement facile à théoriser; il s'agit de pratiquer des **éclaircies assez fortes** qui mettent à distance les houppiers et d'**élaguer** les branches basses des arbres réservés. La limitation est alors économique: l'éclaircie peut souvent s'autofinancer par la vente de bois au dessus d'un certain diamètre et dans de bonnes conditions d'accessibilité mais l'élagage est, quant à lui, extrêmement coûteux, à limiter aux arbres d'avenir susceptibles de produire du



Été 2003. Malgré sa grande violence, le feu de Vidauban 1 s'est arrêté spontanément dans cette suberaine récemment restaurée à Roquebrunel/Argens par l'ASL « suberaine varoise » faute de combustible dans la strate basse. Quelques arbres sont un peu roussis mais la forêt est sauvée.



© L. Amandier

Sous le couvert dense et opaque de ce vieux taillis de chêne vert des Alpilles, la lumière est insuffisante pour que se développe un sous-bois combustible. Malgré la forte inflammabilité des feuilles de chêne vert, ce peuplement ne brûlera pas facilement.

bois d'œuvre de qualité — cas hélas bien rare en région méditerranéenne. L'éclaircie des peuplements favorise l'installation du chêne vert ou du chêne pubescent mais elle a aussi pour effet de favoriser la repousse du sous-bois, ce qui impose, à terme, d'autres interventions certes plus légères mais néanmoins coûteuses, telles que des brûlages dirigés lorsque les conditions sont favorables... Seuls les plus beaux peuplements peuvent faire l'objet d'une telle sollicitude ! Pour les autres, si les conditions d'exploitation sont acceptables, il convient d'envisager une sylviculture *a minima*, avec un dépressement initial et une coupe à blanc finale avec des cycles courts, limitant le risque en jouant sur la probabilité d'occurrence du feu. Le broyage des rémanents dans les zones mécanisables est à recommander mais il coûte cher.

Une autre orientation peut s'appliquer aux peuplements d'arbres à feuillage relativement dense et opaque tels que le chêne vert ; il s'agit lorsque le taillis est suffisamment haut et dense, de

traiter les lisières pour éviter la montée en feu de cime et si c'est possible de **nettoyer sommairement le sous-bois** qui ensuite ne repoussera pas faute de lumière (photo 3). La combustibilité du taillis de chêne pubescent, par nature plus clair, peut efficacement être diminuée par un entretien pastoral.

Il est plus difficile d'intervenir dans des peuplements irréguliers mélangeant des arbres de toutes tailles ; les volumes unitaires et les prélèvements par hectare sont trop faibles pour intéresser des exploitants ; la régénération doit être en permanence préservée et éduquée. Cette sylviculture « proche de la nature », celle que préconise l'association Prosylva, convient aux peuplements de montagne (sapin, épicéa...), lorsque les risques d'incendies sont faibles. Elle est peu adaptée quand il n'y a pas l'espoir d'une valorisation par des bois d'œuvre de gros diamètre et de grande qualité. C'est le cas des suberaies, forêts méditerranéennes très particulières, très anthropisées, qui ont besoin d'interventions régulières d'entretien pour se régénérer et produire du liège de qualité. La subériculture idéale a façonné des futaies « jardinées » claires qui étaient jadis entretenues par des labours légers et, plus généralement, par le pâturage ; l'abandon généralisé de ces pratiques il y a quelques décennies a provoqué un envahissement rapide par un sous-bois de maquis très combustible. La sylviculture préventive consiste alors à restaurer le peuplement par des **éclaircies bien orientées** (sanitaires + mise à distance et ré-équilibre des classes de grosseur...) ainsi qu'une **stimulation de la régénération naturelle**. Le gyrobroyage d'une partie du sous-bois, en bande ou alvéolaire, se justifie alors comme une pratique sylvicole à intégrer pleinement dans l'itinéraire technique ; il est judicieux de le compléter

et le relayer par un entretien pastoral quand c'est possible. Ces opérations sont néanmoins coûteuses et doivent être réservées aux zones à bon potentiel.

Conclusion

Sauf cas très favorables, la sylviculture standard n'a qu'un impact limité sur la combustibilité et le risque d'incendie. Une sylviculture préventive génère certains surcoûts devant, bien souvent, être pris en charge par la collectivité. Le subventionnement du gyrobroyage des rémanents est exemplaire et pourrait être élargi aux autres mesures spécifiques. De tels investissements demeurent néanmoins marginaux devant l'énormité des sommes consacrées à la lutte et à la réparation des dégâts quand passe le feu. Toutefois, de façon générale, il faut apprendre à « vivre avec le feu », tout comme les végétaux méditerranéens et, pour être plus positif et efficace, associer la sylviculture préventive des peuplements aux aménagements de l'espace à d'autres échelles : coupures de combustibles et autres ouvrages destinés à faciliter la lutte et à limiter les occurrences de ce fléau. ■

(1) Louis Amandier - CRPF PACA

7 impasse R. Digue

13004 Marseille

Louis.amandier@crpf.fr

(2) Bourgeons dormants sous l'écorce.

Résumé

Une sylviculture préventive consiste à intervenir sur la structure du biovolume combustible par des éclaircies fortes, le broyage des rémanents, l'entretien des sous-bois par le pâturage ou le brûlage dirigé, etc. L'objectif est de diminuer l'intensité d'un feu éventuel et de limiter les dégâts et d'augmenter ainsi la résilience de l'écosystème.

Mots-clés : sylviculture préventive, incendies, résilience.

IV - QUE PEUT FAIRE L'HOMME POUR LIMITER LES IMPACTS DU FEU ?

Après l'incendie : la suberaie ?

Louis AMANDIER, ingénieur du CRPF-PACA

Certains secteurs des Maures dans le Var ont brûlé quatre fois en cinquante ans ! Quelle forêt autre que la suberaie pourrait supporter une telle pression ? Comment le forestier peut-il intervenir pour restaurer les terrains incendiés et augmenter la résilience naturelle des écosystèmes ?

Pourquoi le chêne-liège ?

Précisons d'emblée que ce propos ne concerne que les zones de sols acides de Provence littorale, à savoir les massifs des Maures et de l'Esterel, aire écologique du chêne-liège. Cet arbre possède la grande originalité de produire une écorce épaisse qui peut être périodiquement récoltée sans (trop) endommager les arbres. Cette écorce fournit le liège, matière première de la fabrication de bouchons mais ici, seule nous intéresse sa grande faculté d'isolation thermique et la résistance au feu qu'elle confère à cette essence. En effet, lorsque le feu parcourt une suberaie, les feuilles et les brindilles sont calcinées mais le liège noirci en surface, protège les tissus vivants sous-jacents et, au bout de seulement quelques semaines, des bourgeons épécormiques émettent des rejets aériens. En quelques mois, l'arbre a recouvert un houppier fonctionnel. Ce phénix des forêts méditerranéennes offre un magnifique exemple d'adaptation biologique aux incendies mais pour la production de liège, sa qualité et sa pérennité, tout n'est pas aussi idyllique. Le feu cause toujours un grand traumatisme aux arbres, même au chêne-liège qui doit mobiliser beaucoup d'énergie pour reconstituer les organes perdus. Pour peu que l'incendie soit suivi de périodes climatiques défavorables telles que des sécheresses répétées, beaucoup d'arbres finis-

sent par dépérir. C'est ce que l'on a récemment observé en 2007 suite aux incendies de 2003.

Cet arbre représente néanmoins une importante richesse écologique et paysagère à défaut d'une production économique fortement amoindrie par le feu, le liège noir (brûlé) étant impropre à la fabrication de bouchons. Il peut rapidement recréer un paysage forestier là où les autres essences, chêne vert, chêne blanc, pin méso-géen mettent plusieurs années pour atteindre la dimension d'un arbre à partir de rejets de souche ou de graines. C'est donc lui qui est privilégié dans les opérations dites de RTI (restauration de terrains incendiés), partout où il est présent.

RTI et suberaie

Nous passons rapidement sur les mesures d'urgence qui s'imposent, en suberaie comme ailleurs, suite au passage du feu. Il s'agit de régler au plus vite les problèmes de sécurité civile liés aux arbres morts qui menacent de tomber ainsi que de prévenir le danger d'érosion : fascinage, nettoyage des talwegs par exemple. En effet, après les incendies de l'été, les orages méditerranéens peuvent ajouter une seconde catastrophe à la première, le sol étant complètement nu pendant quelques mois. Dès le printemps suivant, à partir de la banque

de graines du sol, se développe généralement une abondante strate herbacée ; des petites fabacées telles que la psoralée et diverses vesces, des chardons (*Galactites elegans*), etc., protègent alors le sol des agressions de la pluie.

Le danger est à présent écarté et le chêne-liège restaure le paysage forestier... jusqu'au prochain incendie car aux herbacées succèdent les cistes puis les rejets de bruyères et d'arbusier qui, en moins de cinq années, reconstituent un combustible idéal, homogène, très continu, encore plus sensible que la végétation initiale... C'est bien ce qui se passe sur la majorité des surfaces concernées par les feux. Certaines forêts de Sainte Maxime ont ainsi brûlé quatre fois dans les cinquantes dernières années ! Les propriétaires forestiers sont découragés et beaucoup ont baissé les bras depuis longtemps ; les services incendies sont assurés de ne pas manquer de travail... Tout serait pour le mieux dans le meilleur des mondes si certaines personnes n'étaient pas attachées à la qualité du paysage, notamment des élus, des résidents ainsi que les milliers de touristes qui fréquentent la Côte d'Azur en été ! Il est alors question de mobiliser des fonds publics pour le «gommage paysager», pour enlever les chicots noircis qui enlaidissent les lieux et rappellent de mauvais souvenirs.



© L. Amandier

En 2007. Sur les interbandes forestières de 15 m de large, le bois issu de l'éclaircie sanitaire est enstéré au pied des arbres réservés tandis que les rémanents sont disposés en cordons sur les bandes pastorales de 5 m ; ils y seront broyées pour apporter au sol la matière organique qui lui fait cruellement défaut.

Dans ce contexte global bien ingrat, que peut proposer le forestier ?

Les récents retours d'expérience ont bien montré qu'un maillage de coupures DFCI ne suffisait pas et que les pompiers ont peu utilisé ces dispositifs. Outre des mesures évidentes telles que l'autoprotection des maisons par application rigoureuse des lois et arrêtés préfectoraux (débroussaillage), il apparaît nécessaire de **travailler au sein des mailles** pour briser l'homogénéité de la couverture combustible et ainsi ralentir la progression des feux. Trop rapides, ils sont très dangereux et les services de lutte n'ont même pas le temps de se positionner sur les coupures !

Travailler dans les mailles c'est vite dit, mais les surfaces sont considérables, certains sols sont irréversiblement dégradés, beaucoup de secteurs sont inaccessibles, parfois il n'y a plus que du maquis, les arbres ayant, à la longue, disparu... Il est donc important de réaliser un diagnostic préalable de l'état des lieux : densité résiduelle des arbres susceptibles de repartir, aptitude des sols, accessibilité, etc., en s'appuyant sur de bonnes photogra-

phies aériennes et aussi sur les outils existants tels que le **catalogue des stations** rédigé par le Cemagref ou encore la **typologie des suberaies varoises** proposée par le CRPF et l'ONF du Var. Une animation foncière est dans un second temps nécessaire pour rechercher les propriétaires concernés par les secteurs présentant le meilleur potentiel et surtout pour les convaincre de réaliser des travaux — sous réserve de disposer de fonds publics — car bien rares sont ceux qui peuvent engager de tels moyens dans de telles conditions de risque et d'absence de rentabilité.

Une fois déterminées des zones d'intervention, que faire précisément et dans quel ordre chronologique ?

Le temps joue ici contre le forestier et il faut agir rapidement pour plusieurs raisons : profiter du nettoyage réalisé par le feu pour circuler commodément dans les zones incendiées, et ainsi réaliser facilement le recépage des arbres morts ou condamnés et aussi pour ne pas laisser aux arbres le temps d'émettre des rejets de pied qui risquent d'être détruits par les travaux trop tar-

difs et donc d'épuiser inutilement les souches. Lorsque la pente est forte, on peut également profiter de ces recépages pour rassembler les rémanents en fascines utiles pour retenir la terre et prévenir l'érosion.

Comment repérer et marquer les arbres à recéper ? Pas d'hésitation pour les pins et les feuillus autres que le chêne-liège... mais pour ce dernier il est intéressant de conserver des arbres susceptibles de repartir dans de bonnes conditions, en attendant la régénération qui est généralement fortement stimulée par l'incendie et dont on s'occupera plus tard. Pour estimer les chances de survie du chêne-liège, le CRPF a proposé l'observation de certains critères qui leur sont fortement corrélés, tels que l'intensité locale présumée du feu, estimée par la nature des dégâts visibles sur les houppiers. Une échelle assez simple a été testée :

- 0 arbre intact
- 1 arbre conservant après le feu un feuillage roussi
- 2 arbre ayant perdu complètement son feuillage mais brindilles fines visibles à l'extrémité des branches
- 3 arbre aux brindilles complètement calcinées ne présentant plus que des moignons de branches d'assez gros diamètre
- 4 arbre au tronc calciné suite à une insuffisante couverture liégeuse liée à une récolte récente ou à d'anciennes blessures de démasclage.

Ces observations complétées d'un examen sommaire de l'état des troncs permettent de décider si l'arbre doit être recépié ou non. En résumé, les classes 0, 1 et 2 présentent de très bonnes chances de reprise sans recépage alors que ce dernier est nécessaire pour la classe 4. La 3 peut être subdivisée lorsqu'apparaissent les premiers rejets aériens, en 3- si ces derniers émergent à moins de 2 m du

sommet de l'arbre — les chances de survie sont encore satisfaisantes — et 3+ dans le cas contraire — l'arbre subira alors vraisemblablement une **mortalité différée** et il est préférable de le recéper sans attendre.

Une fois ces recépages réalisés, si la pente n'est pas trop accusée, il est conseillé de procéder à un **dessouchage** à l'aide d'un buteur équipé de rippers ou mieux d'un râteau fléco. Ce dessouchage a pour but de stimuler la production de drageons et surtout d'éliminer le fort ensouchement des grandes espèces du maquis : bruyère arborescente, arbousier, lentisque, etc., ce qui retardera fortement la repousse d'un sous-bois combustible. Ce léger travail du sol facilite aussi la réalisation de sursemis pastoraux destinés à renforcer ou à créer une offre fourragère fort opportune si l'on envisage une gestion pérenne par le pâturage.

Le **simple gyrobroyage des chicots** est très efficace pour le «nettoyage» de

la parcelle mais son impact est moindre sur les autres points.

Quatre à cinq ans après le feu, il est recommandé d'intervenir sur les **régénérations** qui se produisent abondamment par **rejets** sur les arbres recépés ainsi que par **drageons** issus de racines superficielles blessées. Sur quelques dizaines de brins, un, deux ou parfois trois acquièrent une dominance apicale qui se manifeste par un fort épaississement du collet qui devient très conique ainsi que par l'apparition précoce de liège en partie inférieure. Il convient de choisir l'un de ces brins d'avenir si la touffe est bien située, en évitant les surdensités. Cette opération peut être reportée à plus tard mais elle sera alors plus coûteuse du fait d'une pénétrabilité plus difficile du peuplement et d'un travail de sélection beaucoup plus important, les jeunes tiges pouvant être facilement sectionnés avec un gros sécateur.

Au bout de cinq à six ans, selon les



© L. Amandier

Début 2008. Le broyat a été incorporé au sol par un « merry crusher », un outil rotatif proche des fraises. Des lignes parallèles soulignent la levée des graines et, au premier plan, on distingue les fils de la clôture électrique. Le stress hydrique dû aux sécheresses et l'incendie de l'été 2003 induit une perte de feuilles et une microphyllie des arbres réservés.

conditions de croissance des arbres, il devient possible d'enlever la couche de liège brûlé, les arbres ayant alors recouvert un houppier fonctionnel et un courant de sève descendante permettant le décollement de l'écorce. Cette opération purement subéricole est nécessaire si l'on souhaite restaurer une production économique en repartant sur un nouveau cycle de formation d'un liège commercialisable au bout de 13 à 15 ans.

Un **gyrobroyage d'entretien** doit être prévu lorsque les régénérations émergent visuellement du maquis de ciste qui ne manque pas d'envahir la parcelle après le feu, et qu'ainsi elles peuvent être évitées et contournées par les engins. Cette opération peut être retardée en cas d'entretien pastoral. On profitera de ce nettoyage pour réaliser les **tailles de formation et élagages** des régénérations.

Dès que les jeunes arbres atteindront environ 70 cm de circonférence, entre 25 et 30 ans d'âge, il conviendra de procéder à leur premier démasclage pour les mettre en production un cycle plus tard... mais ces opérations de subériculture classique ne sont alors plus spécifiques aux secteurs incendiés. ■

Une opération exemplaire de RTI : la réhabilitation de la suberaie incendiée du Vallon du Pey à Sainte Maxime.

Cette opération a été réalisée par l'Association syndicale libre «suberaie varoise» dans le cadre de l'Opération Cadre Régionale OCR-INCENDI (programme européen INTERREG III). Les travaux ont débuté en 2006, le CRPF assurant la mise en place des protocoles et le suivi technique et scientifique. L'opération est destinée à servir de démonstration pour inciter les propriétaires à reprendre confiance et à visualiser les techniques préconisées par les techniciens, ici une combinaison originale de subericulture et de pastoralisme.

Sur environ 1,5 ha d'une suberaie assez claire, très dégradée par des feux répétés, un petit témoin a été mis à part pour effectuer des comparaisons et, sur le reste de la parcelle, des bandes de 5 m ont été coupées à blanc dans le sens de la pente puis sursemées pour intensifier la production fourragère tandis que les interbandes de 15 m sont réservées à la forêt. Après un inventaire initial, les arbres ont été marqués et éclaircis. Les touffes de régénérations ont été aussi comptées. Un échantillon d'arbres et de touffes est identifié pour un suivi plus intensif, tant dans le témoin que dans la zone traitée. La sélection de rejets a été récemment réalisée. Un dispositif fin de suivi de la biodiversité a été aussi installé au printemps 2008. Une clôture électrique périmétrale mise en place avec le conseil du CERPAM* protège le témoin et permet de gérer le pâturage d'un troupeau d'ânes sur la parcelle traitée.

Quelques données sont disponibles dans un rapport provisoire produit par le CRPF fin 2007 mais l'opération sera suivie sur quelques années.

Nous espérons un bon développement des arbres avec la reconstitution d'un peuplement à densité optimale pour la subericulture, présentant un couvert total voisin de 70 % et une limitation de l'embroussaillage par le pâturage, intensif sur les bandes et plus extensif sur la partie forestière. La comparaison avec un témoin permettra de juger, à terme, de la pertinence des opérations proposées.

Nous attendons également l'application du modèle INRA « FIRETEC » de propagation du feu qui devrait simuler l'effet de la sylviculture mise en place sur la combustibilité du peuplement et sur l'intensité supposée d'un feu. L'objectif n'est pas d'arrêter passivement le feu mais de réduire sa puissance, de limiter son impact, augmentant ainsi la résilience de cet écosystème.

* Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes Méditerranée

IV - QUE PEUT FAIRE L'HOMME POUR LIMITER LES IMPACTS DU FEU ?

Aspects légaux et réglementaires : un corpus assez complet existe, encore faut-il l'appliquer !

Yvon Duché, ONF ⁽¹⁾

La Défense des forêts contre les incendies (DFCI) a fait l'objet au cours des siècles de nombreuses dispositions du droit forestier. La loi d'orientation forestière en 2001 comprend trois régimes adaptés au risque d'incendies.

L'ordonnance de 1669, premier texte connu sur le sujet, interdit à toute personne d'allumer du

feu dans les forêts sous peine d'amende, voire de punition corporelle. Jusqu'en 1870 le droit forestier est principalement répressif.

On observe une ébauche de politique de prévention avec la loi des 6 juillet et 3 août 1870, relative aux mesures à prendre contre les incendies dans la région des Maures et de l'Estérel.

Ce n'est qu'à partir de 1924 que, pour la première fois à l'échelle nationale, les propriétaires forestiers des secteurs reconnus comme les plus menacés, peuvent se voir contraints d'effectuer des travaux de protection contre les incendies. Pour ce faire, ils peuvent toutefois recevoir des aides de l'Etat.

D'une législation *a posteriori*...

À compter de cette date, la politique de prévention des incendies de forêt est caractérisée par une évolution chaotique, chaque nouveau texte étant peu, ou progressivement de moins en moins bien appliqué, au moins sur une partie du territoire, souvent par suite d'une baisse des mesures incitatives, jusqu'à concurrence de feux catastrophiques... et d'une nouvelle loi, suivie de nouvelles mesures financières.

- La création d'un corps de sapeurs



Incendie des Adrets (Var) 16 juillet 2007.

© ONF Méditerranée

pompier forestier par décret du 25 mars 1947 dans le massif des Landes après les incendies de 1941 à 1947, s'est fait grâce à l'octroi de larges crédits du Fonds forestier national.

- Après les feux de 1962 et 1964, de nouvelles mesures de police et d'aménagement pour la région méditerranéenne (loi du 12 juillet 1966) sont mises en place de travaux financés directement par l'Etat dans les périmètres de protection et de reconstitution forestière.

- Après les feux de 1979, 1982 et 1985, au cours desquels l'impact sur les zones urbanisées est de plus en plus évident, de nouvelles mesures législatives (loi du 4/12/85) visent à ob-

tenir une auto protection des zones urbanisées (débroussaillage obligatoire aux abords des secteurs urbanisés).

Les premières conséquences de la décentralisation sont aussi tirées, avec une implication forte des collectivités locales (elles peuvent demander la création de périmètres de protection et de reconstitution forestière, l'État renonçant implicitement à le faire, et doivent faire respecter les obligations de débroussaillage).

Des subventions à l'équipement des massifs forestiers accompagnent ces textes (contrats de Plan État-région avec des contreparties de l'Union européenne sur le Fonds européen

d'orientation et de garantie agricole ou au titre d'un règlement spécifique). Il faut attendre un nouvel été catastrophique en 1986 en région méditerranéenne, pour que de nouveaux moyens financiers soient mis en place par l'état et les collectivités (création du Conservatoire de la forêt méditerranéenne).

Les conséquences des incendies de 1989 et 1990 de plus en plus dommageables pour les zones habitées conduisent à la parution d'un premier texte permettant à l'État de fixer des règles d'urbanisme spécifiques dans les secteurs soumis à de forts risques d'incendie, instaurant les Plans de zones sensibles aux incendies de forêt (loi du 3/01/91), remplacés par les Plans de prévention des risques en 1995 (loi du 2/02/95) avant que le premier d'entre eux ait pu être approuvé.

L'évolution de la réglementation a ainsi été marquée par une triple préoccupation :

→ instaurer un cadre réglementaire puissant, avec des sanctions pénales fortes ;

→ permettre la réalisation de travaux de prévention, de lutte et de reconstitution soit à l'initiative des propriétaires dans les forêts de rapport, soit à l'initiative de l'État puis des collectivités publiques dans les forêts peu rentables ;

→ déconcentrer les actions pour les adapter aux conditions locales, en donnant des pouvoirs étendus aux préfets.

Le dernier grand texte qui finalise le corpus réglementaire de la prévention des incendies de forêt en France est la loi d'orientation sur la forêt du 9 juillet 2001, pour une fois votée sans la pression d'incendies récents.

...à une réglementation préventive

Ce corpus réglementaire comprend

désormais trois régimes adaptés au niveau de risque d'incendie :

→ un régime applicable **sur tout le territoire national**, limitant les possibilités d'emploi du feu en forêt, donnant des pouvoirs spécifiques de police aux maires et aux préfets pour édicter toutes mesures de nature à assurer la prévention des incendies de forêt, à faciliter la lutte contre ces incendies et à en limiter les conséquences, mais aussi permettant à l'État de prescrire l'élaboration de plans de prévention des risques naturels prévisibles,

→ un régime applicable dans **certains massifs forestiers** particulièrement exposés aux incendies de forêts, dans lesquels l'État peut contraindre les propriétaires forestiers concernés à se réunir pour réaliser des travaux de défense contre les incendies, et qui comprend des mesures de police spécifiques à ces massifs et aux régions citées à l'alinéa suivant,

→ un régime applicable aux **32 départements du sud** du territoire métropolitain, qui comprend des mesures de planification, mais aussi des mesures de police complémentaires.

Le dispositif est donc très complet, mais en contrepartie son application peut dans certains cas être assez lourde ou complexe.

D'autre part, la responsabilité de sa mise en œuvre est aujourd'hui partagée entre l'État et les collectivités locales.

Une analyse des conditions d'application de ces textes dans les 32 départements identifiés par la loi de 2001 comme aux plus forts risques d'incendies de forêts montre une assez forte hétérogénéité :

→ les **plans départementaux** ou, le cas échéant, régionaux de protection des forêts contre les incendies, instaurés par la loi de 2001 définissent des priorités par massif forestier. Ceux-ci ne sont pas encore approuvés partout, malgré le délai reporté par décret du

12 juillet 2006 à la fin de l'année 2006. De ce fait, l'élaboration, ou la révision de plans de massif pour la protection des forêts contre les incendies par les collectivités locales a, dans certains cas, été différée, ce qui peut se traduire par un ralentissement des travaux d'équipement ou d'entretien des ouvrages de défense des forêts contre les incendies ;

→ le nombre de communes dotées d'un **Plan de prévention des risques d'incendies de forêts** approuvé ou mis en application anticipée est faible (moins d'une centaine de communes sur ces 32 départements) ;

→ les **obligations de débroussaillage** aux abords des lieux habités et des infrastructures publiques, qui sont pourtant un des facteurs clé de la protection des populations et des services de secours sont très inégalement respectées ; dans les cas les plus favorables, on atteint des taux de réalisation moyens départementaux voisins de 50 %.

L'État et les collectivités locales étant soumis à un contexte budgétaire extrêmement contraint, il serait illusoire d'espérer un renforcement important des moyens consacrés à cette politique.

La seule voie de progrès semble donc une concentration des efforts sur des priorités bien identifiées et partagées entre l'État, les collectivités locales et les propriétaires forestiers, et une harmonisation des interventions.

Le rôle des préfets de régions et des préfets de zone de défense en ce domaine sera décisif.

Faute de réaction, il est à craindre que l'histoire ne se répète et que la situation continue à se dégrader jusqu'à l'apparition de feux catastrophiques, qui obligeront à réagir dans l'urgence et sous la pression des événements. ■

(1) ONF responsable technique national incendies de forêts 46 avenue Paul Cézanne CS 80411 13097 Aix-en-Provence Cedex 2.
Courriel : yvon.duche@onf.fr

IV - QUE PEUT FAIRE L'HOMME POUR LIMITER LES IMPACTS DU FEU ?

La protection de la forêt contre les incendies en Aquitaine

Pierre Macé*, Jean-Marc Billac***(1)

Le sud-ouest de la France est touché par deux natures de risques feu de forêt bien distinctes : le risque sur la chaîne Pyrénées essentiellement dû à des écobuages mal contrôlés et le risque sur l'aire d'extension du pin maritime. Les premières associations de défense contre les incendies sont créées dès 1880 afin d'assurer l'aménagement du massif et la prévention.

Cet article aborde uniquement l'incendie sur la zone non montagnarde qui correspond aux départements de la Dordogne, de la Gironde, des Landes et du Lot-et-Garonne où se trouve 1 250 000 ha de forêts, constituant le massif des Landes de Gascogne et soumis à haut risque feu de forêt.

Dans ce massif des Landes de Gascogne, les grands incendies des années 1934-1944 ont détruit plus de 44% de la surface du massif et mis en danger l'économie de la filière forestière y compris les industries dont la ressource disponible partait en fumée. L'année 1949 fût dramatique avec 82 morts en une après-midi lors d'un incendie au sud de Bordeaux.

Le risque feu de forêt a évolué, mais la pression des incendies est croissante, voire supérieure à celle subie par certains départements méridionaux.

Grâce à la généralisation des Associations syndicales autorisées (ASA) de Défense des forêts contre l'incendie (DFCI) gérées par les sylviculteurs et la constitution des corps des sapeurs-pompiers, ce risque est aujourd'hui contenu.

Mais des évolutions sont nécessaires : il convient de maintenir des efforts d'aménagement du territoire et de

structuration des propriétaires pour préserver cet équilibre de protection qui donne des conditions favorables au développement de la filière forestière et à la protection du territoire aquitain.

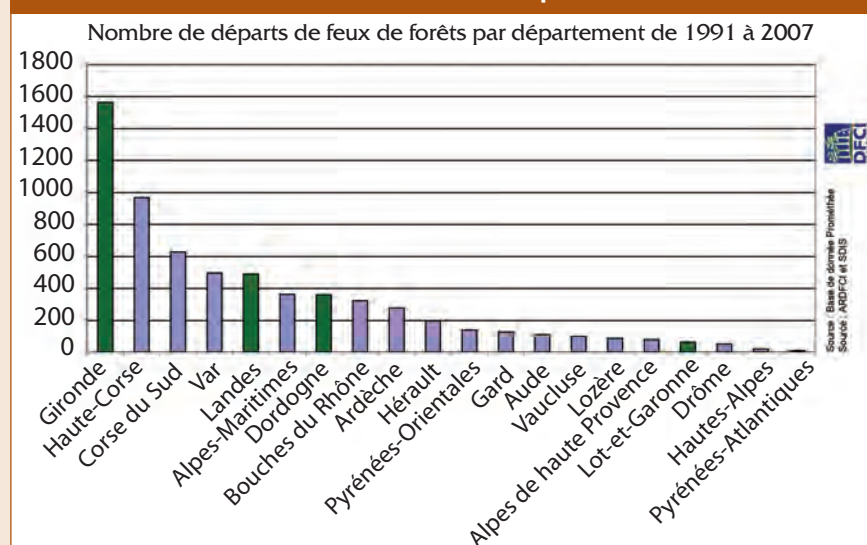
Des surfaces détruites contenues malgré une pression grandissante des départs de feu.

La pression des incendies est constante voire croissante avec en moyenne 1 714 départs de feu par an (cf. 1980 à 2006), les départements du massif des Landes (Dordogne, Gironde, Landes et Lot-et-Garonne) sont parmi ceux qui connaissent le

plus de départs en France même si la surface forestière détruite est limitée à 0.12 % par an. La Gironde avec 1 163 départs en moyenne par an est le premier département français (figure 1). Cette augmentation est en particulier imputable à l'accroissement de la fréquentation humaine en forêt. Les causes classées « inconnues » sont encore beaucoup trop nombreuses. Grâce à un système de suivi des impacts de foudre, il est possible de déterminer que 17 % des départs de feu sont dus à la foudre, donc 83 % sont d'origine anthropique.

L'été est la période où le nombre de départs est le plus important. Mais la

Figure 1 : Classement des départements en fonction du nombre de départs de feu





© DFCI Aquitaine

Passage de feu, incendie de Carcans, 2002.

période printanière est la plus dangereuse, les terrains ne sont pas portants, la nappe phréatique étant au plus haut. Ceci compromet la méthode de lutte des sapeurs-pompiers qui est basée sur une attaque des flammes depuis le véhicule. D'autre part, les pousses de molinie (*Molinia caerulea*) et de fougère (*Pteridium aquilinum*) de l'année précédente sont desséchées à la fin de l'hiver, constituant un couvert végétal d'une très forte inflammabilité.

Un siècle de structuration pour protéger la forêt

Pour faire face à ce risque les propriétaires se sont organisés depuis plus d'un siècle contribuant ainsi à une réduction sensible de la surfaces moyenne brûlée par incendie ; celles-ci passe de 100 ha en moyenne par incendie jusqu'en 1949 à moins de 1 ha en moyenne par incendie actuellement.

Dès le XIXème siècle, les propriétaires ont tenté de s'organiser face au risque incendie, souvent en réaction à des épisodes catastrophiques. Les propriétaires se regroupent librement en association de Défense des forêts contre l'incendie (comme à Saint Jean d'Ilac en 1880), afin d'assurer la lutte et l'aménagement du massif.

Durant la période 1937-1945, deuxième guerre mondiale, les campagnes sont désertées, il n'y a plus personne pour prêter main forte aux secours lors des incendies très nombreux et dommageables en ces années de sécheresses exceptionnelles. La lutte est complètement désorganisée. De 1940 à 1950, les surfaces brûlées sont estimées à 440 000 ha, soit plus de 40 % de la surface du massif.

En 1945, les ASA de DFCI sont alors rendues obligatoires sur l'ensemble du massif des Landes de Gascogne. Ce sont des établissements publics gérés par les propriétaires forestiers impliqués localement qui orientent les décisions et les affectations budgétaires d'équipements.

À l'heure actuelle, les 241 ASA de DFCI et les Syndicats intercommunaux en Dordogne couvrent 454 communes sur 1 250 000 ha cotisants. Ces structures sont la base de la protection de la forêt contre les incendies en Aquitaine.

Elles ont pour mission de concourir à la prévention contre les incendies en réalisant des pistes, des points d'eau, des ponts. Elles contribuent aussi à la mise en valeur du massif par le réseau de fossés qui permet la régulation de la nappe d'eau superficielle, -celle des

couches géologiques dernières du plioquaternaire(1)- et l'accès aux parcelles pour le travail sylvicole. Ce réseau de desserte est un facteur de compétitivité pour la mobilisation de la ressource forestière avec un réseau très dense (400 km de pistes/10 000 ha).

Cette filière est le premier maillon de la prévention contre les incendies. Réciproquement, le niveau de protection existant sur ce massif de production est un préalable aux investissements forestiers, industriels et au maintien de près de 34 000 emplois.

La moitié du budget des ASA est consacré aux investissements (4.5 Millions d'euros/an) avec le concours de l'Union européenne, du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, du conseil régional d'Aquitaine et du conseil général de la Gironde. Un tiers du budget est consacré aux travaux d'entretien et un cinquième au fonctionnement.

Ces associations regroupent l'ensemble des terrains du massif des Landes de Gascogne, soit environ 60 000 propriétaires qui cotisent à hauteur de 2,3 €/ha/an en moyenne.

Les ASA de DFCI ont l'avantage primordial de regrouper l'ensemble des propriétaires, quels que soient la taille des propriétés ou leur statut juridique, permettant ainsi de réaliser des travaux sur l'ensemble du massif en favorisant la cohérence et la continuité du réseau de pistes ou de fossés.

Ces structures spécifiques travaillent en collaboration avec les collectivités locales et les sapeurs-pompiers pour protéger le territoire.

Les associations ou leurs unions départementales, animent avec les sapeurs-pompiers des journées de formation des responsables locaux.

Ces confrontations d'expérience sont, sans aucun doute, une des clefs de voûte de la collaboration constructive

et durable entre pompiers et ASA de DFCI. Ces échanges permettent de valoriser au mieux les compétences complémentaires de chacun et évitent des tensions infructueuses pendant et après les sinistres.

Les Unions de DFCI concourent également à l'ensemble des initiatives de protection de la forêt, élaboration des réglementations, participation à des programmes de coopérations transfrontalières, communication et sensibilisation du grand public, etc.

En outre, l'Association régionale de défense des forêts contre les incendies (ARDFCI) a réalisé depuis 10 ans une cartographie informatisée des infrastructures de DFCI sur l'ensemble du massif forestier et partage, en réseau, ces informations avec les DDAF, les SDIS (Service départementale d'incendie et de secours), et leurs représentants régionaux (16 sites équipés, plus de 140 000 cartes produites, connexions extranet, suivi des orages). Ce système, à l'origine mis en place pour la DFCI, s'étend aujourd'hui à l'aménagement du territoire, à la gestion des autres risques et est hébergé au sein d'un Groupement d'intérêt public.

Ce partage de méthodes de travail initié autour de la DFCI est un exemple de collaboration et d'utilisation pertinente des nouvelles technologies.

Un réseau compétent

Les ASA sont animées par des propriétaires forestiers bénévoles. Ces structures, la collaboration qu'elles ont su instituer avec les collectivités territoriales et les sapeurs-pompiers sont, sans aucun doute, une des explications du bon niveau de protection dont bénéficie le massif aquitain. Pour autant, ce massif n'est pas à l'abri de sinistres importants comme le rappellent les difficiles années 2001, 2002 et 2003 avec une surface brûlée atteignant 7792 ha.

Le risque feu de forêt évolue et concerne de plus en plus de franges périurbaines.

Aujourd'hui, il convient d'accompagner ces structures de plus en plus sollicitées sur des domaines comme les Schémas d'aménagement et de gestion de l'eau, Natura 2000, les Plans de prévention du risque incendie.

Il est aussi important que ces associations s'approprient les outils modernes de travail, comme les technologies de l'information et de la communication. Ces outils sont une aide pour l'analyse de leur territoire, la programmation des travaux, mais aussi dans le rapport avec les tiers, propriétaires forestiers, néo-ruraux, collectivités, Trésor public.

Ces actions peuvent se faire par le renforcement des équipes techniques, le bénévolat local étant de plus en plus rare.

Les structures en ASA sont des associations de terrain (foncières), dont la stabilité juridique est en cohérence

avec l'échelle de temps nécessaire pour l'aménagement du territoire. Elles ont l'avantage d'impliquer les acteurs locaux.

Ce type d'organisation pourrait être utilisé pour la mise en protection des zones périurbaines en permettant le regroupement des habitants dans une communauté d'intérêt. Cela permettrait aussi d'assurer l'entretien des pistes autour des zones bâties, le débroussaillage... ■

(1) *Pierre Macé

Directeur de la DFCI Gironde

pierre.mace@ardfci.com

** Jean-Marc Billac

Coordonnateur de la DFCI en Aquitaine

jean-marc.billac@ardfci.com

DFCI Aquitaine 6 parvis des Chartrons

33075 Bordeaux cedex - www.dfcj-aquitaine.fr

(2) Nappe d'eau plioquaternaire : ensemble d'aquifères de surface dont le réservoir présente un faciès sableux (sable des landes, sables fauves) installés au pliocène et au quaternaire lors du comblement du triangle landais.



Création de piste en sol naturel

© DFCI Aquitaine

Résumé

La pression constante des incendies en Aquitaine a impliqué les propriétaires forestiers à des aménagements et des actions préventives. Aujourd'hui, 1 250 000 ha sont concernés par une structure de protection contre les incendies.

Mots-clés : Association de défense des forêts contre les incendies, aménagement.

IV - QUE PEUT FAIRE L'HOMME POUR LIMITER LES IMPACTS DU FEU ?

La renaissance du feu tactique

Nicolas Coste ⁽¹⁾

Si autrefois, le feu tactique était souvent utilisé dans la lutte contre les incendies de forêts, son recours a sensiblement diminué pendant quelques années, après que ses effets eurent été quelquefois à tort contestés.

Aujourd'hui, cette technique de lutte a bien évolué pour être employée, en complément des autres techniques conventionnelles, dans un cadre anticipé et organisé, s'intégrant parfaitement dans une opération de lutte contre un incendie de forêt.

Le terme « feux tactiques » regroupe deux techniques utilisant le feu pour lutter contre les incendies de forêt : le contre-feu et le brûlage tactique.

Le contre-feu, consiste à allumer un feu devant un incendie en propagation en s'appuyant sur une zone non combustible. Cela peut-être une route, un sentier, un champ, une vigne... Le contre-feu va se diriger vers celui-ci. À la rencontre des deux foyers (du contre-feu et de l'incendie), l'extinction se produit faute de combustible. Il reste alors à traiter les flancs par les techniques de lutte appropriées.

Le brûlage tactique est une opération d'allumage, qui peut-être différée dans le temps, et qui consiste à supprimer du combustible potentiel à l'incendie. Il peut permettre d'aligner une lisière de l'incendie sur une zone linéaire matérialisée par un couvert non combustible (chemin, route, ruisseau...).

Cette technique est mise en œuvre, généralement lorsque une lisière est mal éteinte ou lorsqu'elle présente des risques de reprise. La recherche de conditions météo favorables peut justifier la planification d'un brûlage tactique au cours d'une nuit ou dès le lever du jour.

La mise en œuvre de ces techniques de lutte un peu particulière ne peut ré-

sulter d'initiatives personnelles, mais au contraire répond à une procédure d'emploi aujourd'hui bien définie et enseignée.

Il s'agit tout d'abord de se référer à du personnel ayant suivi une formation nationale à ces techniques (43 cadres formés en France à ce jour). Placé sous l'autorité du commandant des opérations de secours (COS) qui a en charge la conduite de l'opération, le « cadre feux tactiques » va reconnaître le sinistre et effectuer des recherches d'opportunités d'allumage selon différents critères (changement de versant, diminution de la végétation,...). Il les expose ensuite au COS, qui après analyse, peut accepter ou refuser l'allumage. Dans l'affirmative, il en informe les différents chefs de secteur. Des moyens de lutte peuvent être mobilisés pour assurer la protection et la mise en œuvre du feu tactique.

Les derniers cas réels de feux tactiques sur incendie en France ont donné de très bons résultats. Réalisés par des cadres formés, placés sous l'autorité des COS, les actions d'allumage ont per-

mis de limiter de façon significative les surface brûlées, préservant ainsi des espaces forestiers en limitant les moyens de lutte engagés dans ces secteurs, et permettant ainsi de les déployer sur d'autres, plus nécessaires. À titre de référence, au cours de l'année 2007, il a été recouru 15 fois aux feux tactiques en France dans les départements du Sud (Aude, Corse-du-Sud, Haute-Corse, Alpes-maritimes, Gard, Lozère, Hautes-Pyrénées). Régulièrement employé dans plusieurs pays, le feu tactique s'intègre bien aujourd'hui en France dans l'arsenal des techniques de lutte contre les incendies de forêts.

Son recours peut être utile sur tout incendie de forêt indépendamment de sa surface brûlée ou de sa localisation, et par l'économie de moyens et d'efforts humains qu'il génère, constituer une réelle plus-value pour la sauvegarde du patrimoine forestier.

(1) Commandant Nicolas COSTE
Service départemental d'incendie et de secours
du Gard - coste@sdis30.fr



L'allumage d'un contre-feu (à gauche) et sa rencontre avec l'incendie (à droite).

Perspectives : incendies et changement climatique

Eric Rigolot, INRA ⁽¹⁾

Le changement climatique est déjà en marche depuis la révolution industrielle. La température moyenne du globe a subi une augmentation générale de +0,8 °C sur le siècle passé. La décennie 1990 a connu le réchauffement le plus important du XX^{ème} siècle.

Le GIEC ⁽²⁾, dans son rapport d'avril 2007, pour un scénario moyen comparant les périodes 1980-1999 à 2080-2999, prédit que :

→ les températures moyennes annuelles en région méditerranéenne devraient augmenter de +2,2 °C à 5,1 °C, avec des températures estivales maximales augmentant probablement plus que la moyenne,

→ les précipitations moyennes annuelles devraient très probablement baisser pratiquement partout en zone méditerranéenne avec des prévisions variant de -4 % à -27 % selon les modèles. En zone méditerranéenne, les plus fortes baisses sont attendues en été.

→ Le nombre d'événements extrêmes, comme la vague de chaleur de l'été 2003, devrait aussi augmenter (photo p. 48).

Les premiers effets sur la végétation des changements climatiques sont déjà visibles en région méditerranéenne, avec notamment des dépérissements depuis 2003 du pin sylvestre dans le haut Var, du sapin en Vésubie, sur le Mont Ventoux et dans l'Aude. Des changements de distribution des plantes ont été observés sur le Montseny en Espagne, avec une remontée du hêtre d'environ 70 m sur la période 1950 – 2000, avec un remplacement par le chêne vert à moyenne altitude.

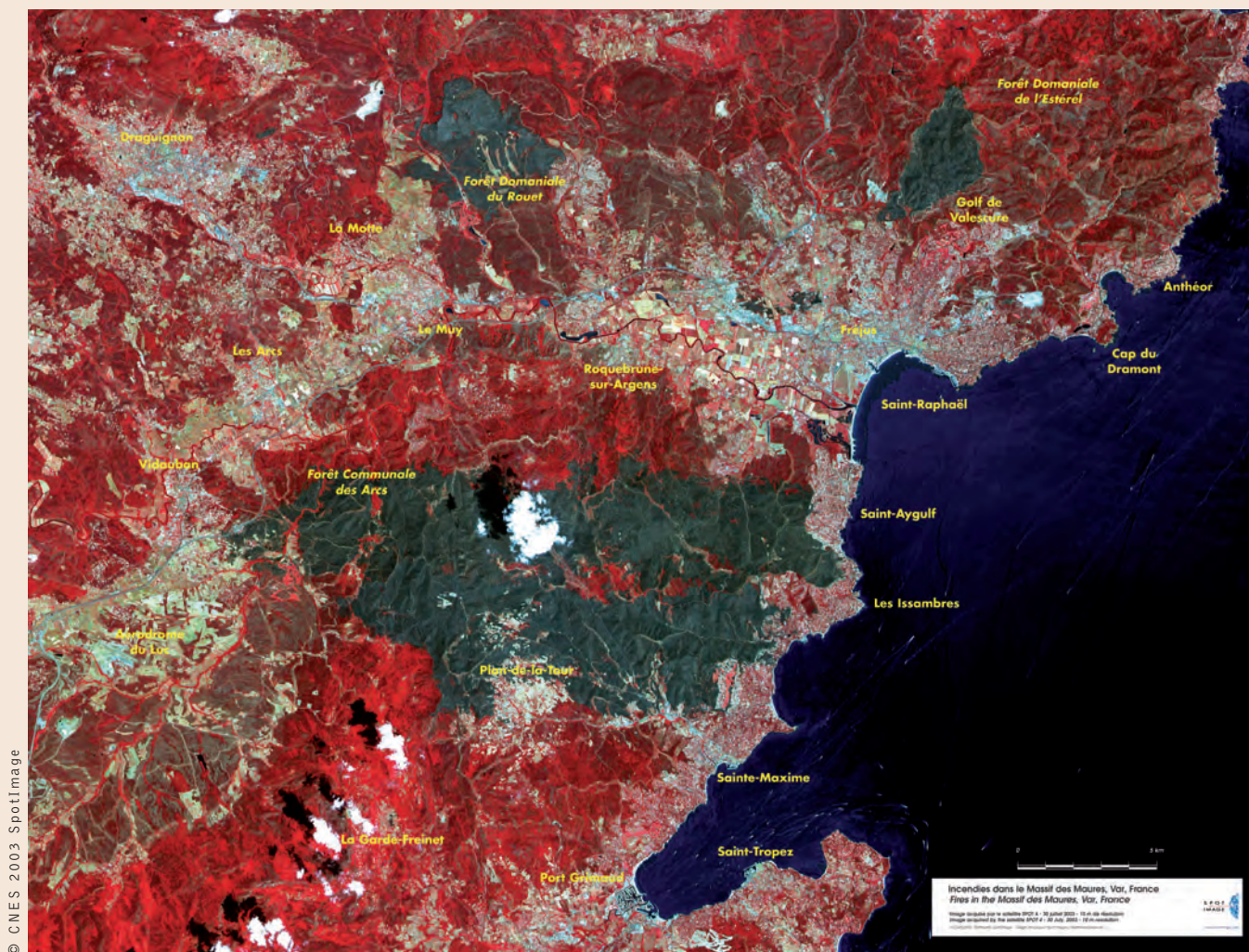
En terme de prédictions, un certain nombre d'études soulignent les impacts potentiels des changements cli-

matiques sur la végétation. Le projet Carbofor prévoit un déplacement des aires bioclimatiques des essences méditerranéennes vers le nord. L'aire potentielle des forêts de type méditerranéen pourrait s'étendre en France de 9 % à 28 % à l'horizon 2100. On peut donc s'attendre à une augmentation de la fréquence des incendies dans des régions qui n'y sont pas habituées, ni préparées. Le risque d'incendie pourrait ainsi concerner une bonne partie des forêts de production. La question est maintenant de savoir si les espèces de type méditerranéen seront capables de suivre l'évolution de leur aire potentielle. Cela dépendra de leur capacité à ajuster leur comportement notamment hydrique (plasticité), de leur évolution génétique (adaptation) et de leur capacité à la dispersion sur de longues distances (migration). Quoiqu'il en soit, même sans changement de végétation, les régions nouvellement soumises au climat de type méditerranéen verront le risque d'incendie augmenter au moins par sa composante météorologique.

La forêt de type méditerranéen s'accroîtrait en surface, mais aussi en biomasse. En effet l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère accélère la croissance des arbres, du moins tant que la contrainte hydrique n'est pas trop forte. Cette stimulation de la croissance s'accompagnerait naturellement de celle de la biomasse combustible sous les arbres, c'est à dire d'une augmentation de l'aléa d'incendie et d'une ré-

duction de la durée d'efficacité du débroussaillage.

Les conséquences attendues de ces phénomènes sur le régime des feux est une augmentation de la fréquence et de la gravité des incendies de forêts, une augmentation de la durée des saisons à risque d'incendie et une augmentation de la fréquence des épisodes orageux dans l'hémisphère nord engendrant plus de feux liés à la foudre. On s'attend aussi à une augmentation de la combustibilité des formations dépérissantes. En Espagne, l'étude rétrospective des statistiques des incendies (occurrence, surface) sur le siècle passé confrontées aux enregistrements climatiques montre des modifications du régime des incendies déjà à l'œuvre. En Catalogne, depuis le début des années soixante-dix, la fréquence des incendies augmente concomitamment avec l'augmentation de la température globale. En Espagne, une augmentation du risque météorologique feu de forêt aurait donc amorcé un changement du régime des feux. Nous avons vu en introduction de ce dossier qu'aucune incidence de ce type n'est encore notable en France. Néanmoins la multiplication annoncée des événements extrêmes comme le fut l'année 2003, augure d'une évolution préoccupante en France aussi. À terme, ce régime de feux plus sévère pourrait avoir un effet plus important sur la végétation que le changement climatique lui-même.



© CNES 2003 SpotImage

Incendies dans le massif des Maures (Var), image prise par le satellite SPOT4-30 juillet 2003.

Dans ce contexte, il convient de ne surtout pas baisser la garde en matière de prévention des incendies de forêt. Il est recommandé de promouvoir les mesures d'atténuation du risque de type débroussaillage, mesures agri-environnementales favorisant le pâturage contrôlé et le développement du brûlage dirigé comme outil de prévention. La compartimentation des massifs par des réseaux de coupures de combustible devra être renforcée en respectant les bonnes pratiques de conception et d'entretien de ces ouvrages.

Les interventions de débroussaillage et d'éclaircie peuvent avoir des conséquences positives sur le fonctionnement des peuplements des écosystèmes méditerranéens dans le contexte du changement climatique.

En réduisant la biomasse qui respire, ces interventions peuvent augmenter la disponibilité de l'eau pour les arbres maintenus, ce qui peut être très important pour soutenir les écosystèmes forestiers et leur permettre de supporter des périodes sévères de sécheresse et de fortes températures. En zone méditerranéenne dans sa répartition géographique future, il convient de définir les mesures de prévention à mettre en place progressivement, en utilisant tous les outils réglementaires et de planification disponibles. Les lois et règlements applicables aux trente deux départements du grand Sud devront être progressivement étendues aux départements plus au nord, tout en renforçant partout la qualité de leur application. L'exploitation de la biomasse à des fins

énergétiques peut contribuer à l'atténuation du risque d'incendie par le débroussaillage ciblé (coupures de combustible, interfaces habitat-forêt) ou extensif (auto-protection des peuplements forestiers). L'exploitation de la biomasse peut être une réponse économiquement intéressante si elle est organisée en respectant les bonnes pratiques de la DFCI et en pratiquant un taux de prélèvement acceptable compte tenu des prévisions de renouvellement de la ressource sous différentes contraintes climatiques. ■

(1) Eric Rigolot, INRA, Écologie des Forêts Méditerranéennes (UR629), Site Agroparc, Domaine Saint Paul, F-84914 Avignon Cedex 9, E-mail: eric.rigolot@avignon.inra.fr
 (2) Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Une nouvelle édition des chiffres clés de la forêt privée

Alice Gauthier*, Olivier Picard*, Eric Toppan** (1)

L'actualisation des chiffres clés est disponible... et permet de redécouvrir les différentes informations disponibles sur la forêt privée.

Quelle est la part de la forêt privée sur le territoire ou dans l'économie française ? Quelles essences sont utilisées ? Quelles sont les principales caractéristiques de la propriété privée : foncier, gestion... La plaquette des chiffres clés vous donnera également des données détaillées et des analyses sur les principales caractéristiques de la récolte et des prix du bois, les chiffres clés du bois énergie ou de l'emploi, les chiffres d'affaires et du commerce extérieur de la filière bois ou la présentation des organismes au service des forestiers privés. Quelques exemples de ce que vous pourrez y apprendre...

En France, la forêt gagne du terrain !

La France possède le 3^{ème} massif forestier européen par la surface (après la

Suède et la Finlande). La forêt française gagne du terrain : elle a doublé ses surfaces en un siècle et demi !

Très diversifiée, elle comporte 137 espèces différentes d'arbres. Première forêt feuillue d'Europe : on y trouve des chênes, des hêtres, mais aussi de résineux comme l'épicéa ou le pin maritime.

En France, bois et forêts couvrent 15,7 millions d'hectares, soit 28,6 % du territoire.

La forêt privée représente 75 % de la forêt française et appartient à 3,5 millions de propriétaires privés.

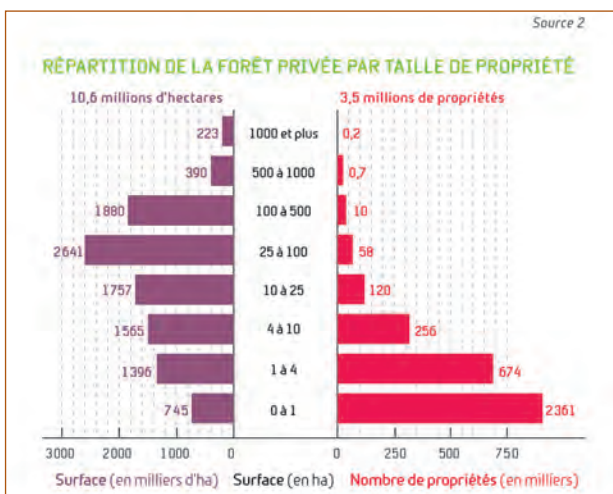
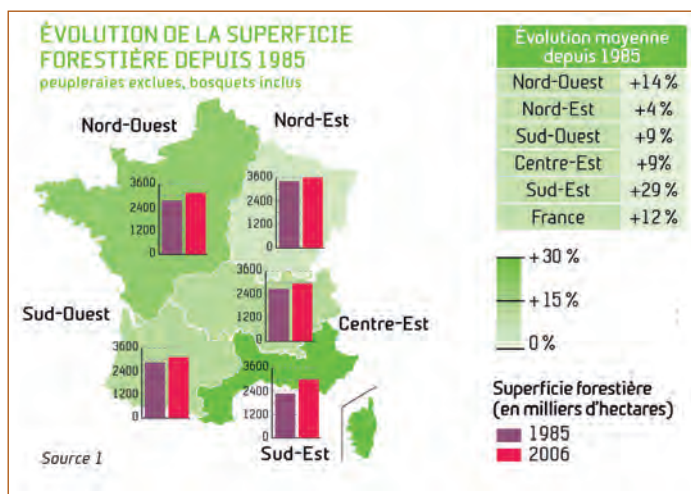
Les 3/4 des propriétaires ont hérité de leur forêt.

96 % des propriétaires privés sont des personnes physiques et possèdent 82 % de la surface privée.

85 % des propriétaires forestiers



Tous les schémas sont extraits de l'édition « Les chiffres clés de la forêt privée »



résident dans la région où est située leur forêt.

60 % des propriétaires le sont depuis plus de 20 ans.

Ils sont propriétaires mais aussi sylviculteurs et producteurs de bois.

La filière forêt/bois en France = 425 000 emplois

Le propriétaire forestier est le premier maillon d'une filière de 425 000 emplois en France. Ces 425 000 personnes sont employées dans l'exploitation forestière, les scieries, le travail du bois (meubles, papiers, cartons...), la mise en œuvre du bois (charpente, menuiserie, agencement), les organismes de la forêt privée et publique. Installés le plus souvent en milieu rural, ces emplois contribuent au développement local. Le chiffre d'affaires de la filière bois est de 60 milliards d'euros par an. La forêt constitue un enjeu d'avenir pour notre pays par son potentiel économique et social.

La récolte de bois en forêt privée

21.4 millions de m³ de bois sont commercialisés actuellement chaque année par la forêt privée, soit 59.5 % de la production nationale.

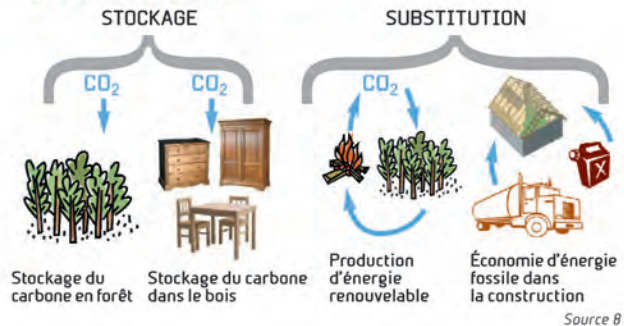
La valeur de la récolte de bois en forêt privée est d'environ 600 millions d'euros par an. La forêt est cependant encore largement sous exploitée puisqu'on estime le prélèvement à 57 % de la croissance annuelle alors que les besoins en bois ronds sont loin d'être couverts. Ainsi, en 2007, le déficit de la balance commerciale en bois rond était d'environ 42 millions d'euros dont 33 millions en résineux.

Enjeux écologiques

Le bois, un écomatériau

La mise en œuvre de bois massif consomme 60 fois moins d'énergie fossile que celle de l'acier et 4 fois moins que celle du béton

RÔLE DE LA FORÊT ET DU BOIS DANS LA LIMITATION DE L'EFFET DE SERRE



La forêt française : des rôles essentiels pour la société de demain

Une ressource considérable pour le bois énergie, un matériau écologique limitant l'effet de serre, un air renouvelé grâce à la photosynthèse, un réservoir pour la biodiversité, la qualité de l'eau et des sols améliorée... la forêt française contribue au bien être de la société et à sa pérennité dans de nombreux domaines.

Le souci de la gestion durable

La forêt française est gérée durablement. Cette gestion a permis d'obtenir une des plus grandes et des plus belles forêts d'Europe. Elle est le résultat du travail des forestiers, mais aussi de ceux qui permettent le renouvellement de la forêt en employant le bois : bûcherons, scieurs, charpentiers, me-

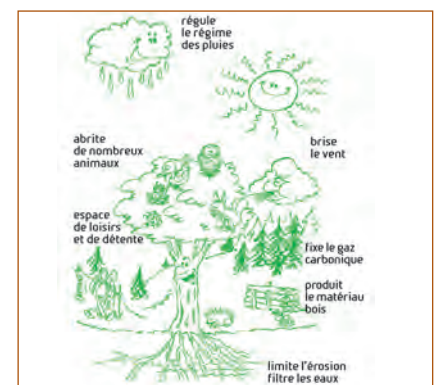
nusiers, fabricants de meubles ou de papier... et surtout les consommateurs des bois et produits en bois issus des forêts françaises : « consommer du bois fait du bien à nos forêts ».

Cette plaquette est publiée sur papier certifié PEFC. Elle a été conçue en partenariat par le CNPPF/IDF et la fédération des Forestiers privés de France.

Pour mieux parler de la forêt privée, ayez sur vous les chiffres clés édition 2008! ■

(1)* IDF

**Economiste à la fédération Forestiers privés de France



Rôle fonctionnel de l'écosystème forestier.

Forêt et cervidés : pour une gestion durable des territoires

Jean-Pierre Loudes, chargé de mission au CRPF d'Ile-de-France et du Centre⁽¹⁾

Dans le cadre de la Charte forestière de territoire du Pays de grande Sologne, 10 fiches conseils ont été conçues pour une gestion forestière et cynégétique complémentaire. Elles sont destinées en priorité aux propriétaires de forêts titulaires d'un plan simple de gestion et aux gestionnaires de territoire de chasse.

Associer forêt et chasse dans les mentalités des propriétaires et gestionnaires

Dans de nombreuses propriétés solonotes, travaux sylvicoles et aménagements cynégétiques sont effectués **sans complémentarité**. En effet, de nombreux propriétaires pensent qu'une gestion intégrant à la fois sylviculture et chasse est impossible sur un même territoire forestier. Souvent la gestion cynégétique est exclusive sur l'ensemble d'une propriété, elle est associée dans la plupart des cas à une fonction économique et de loisir évidente. Cette gestion unique peut engendrer d'importantes conséquences sur la dynamique forestière. Dans certains secteurs, peu d'opérations sylvicoles sont effectuées, **les forêts vieillissent, elles montrent des difficultés à se régénérer**, la pression des cervidés est trop forte par endroits et la composition des peuplements évolue vers **des essences forestières de moindre intérêt**.

Pourtant il est possible de bien gérer sa forêt tout en valorisant la capacité d'accueil du milieu pour le gibier et dégageant un retour positif pour la chasse. Des actions de gestion sylvicoles et cynégétiques concrètes, faciles à mettre en place et peu

coûteuses peuvent améliorer la qualité des peuplements forestiers, augmenter la ressource alimentaire naturelle pour le gibier et limiter ou prévenir les dégâts occasionnés par la dent des cervidés.

Guider le propriétaire

Accorder chasse et forêt est une initiative qui nécessite en premier lieu que les différents acteurs s'entendent sur leurs objectifs, les besoins engendrés et les moyens de les atteindre. C'est la Charte forestière de territoire de grande Sologne qui a permis de réunir propriétaires, forestiers, chasseurs et naturalistes ⁽²⁾ pour développer une gestion forestière et cynégétique durable de l'espace forestier solonnot. Ils ont échangé leurs idées et abouti à des fiches de sensibilisation et d'information pour inciter propriétaires forestiers et gestionnaires de chasse à mener une gestion sylvicole et cynégétique complémentaire et à la programmer. Ces fiches ont un double objectif :

→ **sensibiliser et responsabiliser** les propriétaires forestiers et les gestionnaires de chasse sur les possibilités d'adéquation entre gestion forestière et cynégétique. Des exemples d'aménagements forestiers, des informations

sur l'écologie des cervidés, sur la réglementation... sont présentés.

→ **instaurer un dialogue** entre les différents utilisateurs de la forêt afin de travailler sur un projet consensuel : organismes de la chasse, forestiers, agriculteurs, Pays de grande Sologne, associations de propriétaires et environnementalistes. Une réflexion de fond entre les organismes forestiers et de chasse doit également être menée afin de diffuser le même message. Le but est au final d'associer le monde de la chasse et celui de la forêt dans un travail en commun qui peut s'ouvrir sur de nouvelles perspectives.

10 fiches pour convaincre

Pour aider au mieux les responsables (propriétaires, forestiers, chasseurs...) à comprendre la situation et à agir dans une perspective de moyen et de long termes, adaptée au rythme de la forêt les fiches sont présentées de manière très claire avec de nombreuses illustrations ;

Fiche 1 : La forêt et les cervidés : deux objectifs de gestion complémentaires : des outils de gestion à appliquer et à respecter, savoir observer la forêt, les cervidés et diagnostiquer un état d'équilibre sylvo-cynégétique...

Savoir observer la forêt, les cervidés et diagnostiquer un état d'équilibre sylvo-cynégétique : Extrait de la fiche 1 « La forêt et les cervidés : deux objectifs de gestion complémentaires »

	J'observe sur le terrain	➔	J'évalue l'état d'équilibre forêt/gibier et ses conséquences	➔	J'interviens
1	Des dégâts importants (cf. fiche 2) sur les essences forestières spontanées, des régénérations naturelles compromises, des taillis qui ne se renouvellent pas. + Des animaux affaiblis avec de faibles masses corporelles et peu de naissances.	➔	Déséquilibre très important - difficultés pour conserver l'état boisé, - risque d'appauvrissement des sols, et de la diversité des essences forestières, - disponibilités alimentaires insuffisantes, - dévalorisation du patrimoine forestier et cynégétique.	➔	Rapidement en terme de prélèvement des effectifs : - augmenter et appliquer les Plans de chasse, - rééquilibrer le ratio mâles/femelles.
2	Des dégâts importants sur les essences forestières spontanées et des régénérations naturelles compromises. La forêt se renouvelle mal. + Bon état général des animaux.	➔	Vers un déséquilibre - le territoire n'est plus adapté à l'effectif présent, - les disponibilités alimentaires naturelles vont devenir insuffisantes, - la qualité sylvicole des arbres est compromise (fourches, retards de croissance, problèmes sanitaires), - des pertes importantes sur la valeur marchande des arbres dans les années à venir - risque d'aboutir au cas 1.	➔	Sans tarder sur l'aménagement de l'espace forestier (cf. fiches 4 à 8) : - favoriser la ressource alimentaire naturelle pour le gibier, - contrôler judicieusement les populations de cervidés avec le plan de chasse, - pratiquer une sylviculture adaptée.
3	Des dégâts épars sur des peuplements ou des essences sensibles. + Bon état général des animaux.	➔	Pas de déséquilibre	➔	Surveiller régulièrement les parcelles sensibles.

Fiche 2 : Écologie et besoin alimentaire du cerf élaphe et du chevreuil : connaître les besoins alimentaires et le comportement des cervidés est essentiel pour gérer en conséquence sa forêt. Savoir identifier les dégâts du gibier, acquérir des notions en terme de dynamique des populations afin d'équilibrer la capacité d'accueil du milieu et la densité de grands animaux..., il semble préférable d'établir un diagnostic conjoint entre gestionnaires forestiers et cynégétiques.

Fiche 3 : Dynamiser la gestion des taillis et favoriser une mosaïque de peuplements : la gestion du couvert forestier est un facteur clé pour l'apport de ressources alimentaires naturelles et de refuge. La répartition en mosaïque et la juxtaposition de parcelles avec des peuplements variés multiplient les effets de bordures et la diversité des milieux. Ainsi les animaux trouvent de manière complémentaire pour se nourrir, s'abriter et se reproduire.

Fiche 4 : Préserver les parcelles en régénération et valoriser les peuplements de résineux, maintenir des gaignages ligneux d'accompagnement lors des entretiens et dégagements protège les essences forestières ; doser ses interventions en fonction des populations permet de conserver une alimentation pour le gibier ; les peuplements résineux sont souvent trop fermés et sans sous-étage. Les élagages et les éclaircies sont préconisés pour augmenter la disponibilité alimentaire de ces peuplements résineux.



Conserver une végétation dense dans les cloisonnements pour favoriser la quiétude des animaux.

Fiche 5 : Créer et entretenir des milieux ouverts, préserver les biotopes particuliers : prairies naturelles forestières et péri-forestières, prairies artificielles, autres milieux ouverts à préserver... une surface minimale de 3 à 5 % de prairies sur la surface totale permet d'améliorer la qualité de la ressource alimentaire notamment pour le cerf.

Fiche 6 : Aménager les points d'eau de la forêt et implanter des cultures à gibier : les bordures d'étangs sont des zones appréciées par le grand gibier, de même que les mares intra-forestières sont à préserver. On aménagera les bords des cours d'eau. Pour éviter de concentrer les animaux sur un secteur et favoriser la diversité alimentaire, on couplera les cultures à gibier avec des prairies.

Fiche 7 : Valoriser les structures linéaires de la forêt : les chemins de débardage et les voies d'accès pour les grumiers sont des infrastructures

indispensables, offrant une ressource alimentaire complémentaire au gibier ; les cloisonnements facilitent les opérations sylvicoles dans les parcelles, et sont également avantageux en matière cynégétique ; l'emprise des lignes électriques, de gaz, de tir et pare-feu... est à valoriser.



L'entretien et l'élargissement des chemins forestiers enherbés.

Fiche 8 : Ce qu'il faut éviter de faire, quel cadre juridique ? des conseils permettent de tendre à l'équilibre sylvo-cynégétique en respectant la réglementation.

Fiche 9 : Exemples et coûts de réalisation : 5 aménagements sont décrits et chiffrés.

Fiche 10 : Quels sont les moyens ? Où se renseigner ? : Des outils de gestion forestiers, cynégétiques, naturalistes existent pour favoriser une gestion complémentaire forêt-gibier...

Une forêt qui mérite plus d'attention

La menace qui pèse aujourd'hui sur le renouvellement des forêts solognotes se répercutera bientôt sur le gibier lui-même qui n'y trouvera plus « ni gîte ni couvert ». Le maintien d'un objectif chasse ne peut donc se faire sans entretien de la forêt. Celle-ci présente en outre de réelles potentialités qu'il serait dommage d'ignorer.

Avec un taux de boisement de l'ordre de 62 % (soit environ 100 000 ha de

forêts), la ressource forestière est un atout pour le territoire. Elle joue un rôle important en terme de développement économique. Les forêts sont à 96 % privées avec un faible morcellement ; 28 % des propriétés ont une surface supérieure à 25 ha et représentent 80 % de la surface forestière totale. À l'échelle du territoire, la gestion forestière correspond à la somme des gestions individuelles conduites au sein de chaque propriété, qui sont souvent très variées et peu concertées. La prédominance de grandes propriétés doit être un atout pour la valorisation du bois et la gestion des espaces naturels. Les chênes sessiles et pédonculés représentent la majorité des essences feuillues (80 %). Le pin sylvestre (64 %) et le pin laricio (19 %) sont les principales essences résineuses. Le taillis simple est le peuplement le plus rencontré (47 %). Viennent ensuite les futaies résineuses qui couvrent 30 % de la grande Sologne mais représentent 83 % de celles qu'on trouve en Loir-et-Cher et 21 % de celles de la région Centre. Les peuplements mixtes feuillus-résineux sont très présents. Leur surface tend à augmenter car les semis de pins colonisent rapidement les parcelles après les coupes de taillis et les jeunes



Protéger est un constat d'échec.

pins sont moins abrutis par les cervidés que les rejets de feuillus. Le renouvellement des peuplements arrivés à maturité se fait généralement de façon artificielle, bien que le recours à la régénération naturelle soit de plus en plus fréquent.

La gestion forestière est parfois mise de côté, pour plusieurs raisons : prix du bois peu élevé, manque de motivation du propriétaire ou du gestionnaire, mais aussi densité de gibier trop importante qui peut engendrer des dégâts conséquents sur les régénérations et notamment lors des coupes de taillis.

La chasse en Sologne, à la fois activité économique et loisir, engendre une forte densité d'animaux qui est rarement adaptée aux capacités d'accueil du milieu (ressources alimentaires naturelles, refuge, quiétude...). Pourtant les populations de grand gibier, en particulier cerf et sanglier augmentent. La forêt et plus spécifiquement les jeunes peuplements souffrent des dégâts sur certains territoires. En l'absence de protection spécifique, les plantations non protégées subissent de fortes pertes et les régénérations naturelles sont régulièrement abruties. Dans certains secteurs, l'engrillagement des parcelles en régénération devient indispensable.

Le Cemagref a étudié l'évolution sur près de 30 ans des forêts incluses dans le groupement d'intérêt cynégétique du Cosson (Sologne du Loiret et grande Sologne) ; il a comparé des photographies aériennes et les a confrontées au terrain. L'étude montre que l'augmentation des populations de cervidés au cœur du massif engendre un abrutissement systématique des cépées de chênes. Leur régénération est compromise et le chêne connaît des mortalités importantes. Progressivement la composition des

essences constituantes du taillis se modifie. En plus du retard de croissance, les agressions successives de la dent du gibier sur les jeunes plants, compromettent la qualité future des arbres ; ils sont souvent atteints de malformations et de pathologies (nécroses...).

La grande Sologne est totalement incluse dans le site Natura 2000 Sologne. Les habitats réellement forestiers (forêts de chêne tauzin et bouleau, chênaies à mollinie, aulnaies-frênaies) sont plutôt en bon état de conservation. Les milieux ouverts sont moins bien préservés : les landes humides et sèches, par exemple, disparaissent par boisement naturel et les prairies maigres de fauche sont en forte régression. Leur entretien s'avère donc indispensable à la sauvegarde et au maintien d'espèces végétales et animales sensibles. La grande majorité des étangs présentent une faune et une flore peu diversifiées avec une eau de qualité souvent médiocre. En effet, les bordures de ces étangs sont fréquemment colonisées par une densité importante de saules. Cela assombrit les berges et limite le développement de plantes amphibies, submergées ou flottantes, gages d'habitats et de nourriture pour la faune associée à ces milieux. La forte diminution de l'activité piscicole restreint l'entretien de ces étangs, qui sont également sujets à des problèmes de prolifération d'espèces indésirables (jussie, cormorans, ragondins). Dans ces milieux, les mesures de gestion proposées dans le document d'objectifs Natura 2000 permettraient d'améliorer non seulement la biodiversité mais aussi la capacité d'accueil

pour le gibier.

Une action menée sur la base de la concertation et du partenariat...

Le développement d'une gestion forestière et cynégétique durable de l'espace forestier solognot est l'un des grands axes retenus dans la Charte forestière de territoire du pays de grande Sologne. Elle traite également du bois énergie, de la desserte forestière, du bois dans la construction...

Adoptée le 18 décembre 2006 par le Pays de grande Sologne, et entérinée par le préfet de Loir-et-Cher (arrêté du 23 mars 2007), la Charte forestière de territoire est issue d'un long travail de concertation et de rencontres avec les différentes parties prenantes de la forêt. Elle a été élaborée par le Centre régional de la propriété forestière d'Ile-de-France et du Centre (CRPF). Elle a été signée lors du colloque annuel des forestiers solognots (« rencontre intersolognote ») par le CRPF, le Pays de grande Sologne et deux associations de propriétaires solognots, Action dynamique Sologne et le Comité central agricole de la Sologne. Ces associations souhaitent notamment s'impliquer dans la conservation et la mise en valeur de l'espace naturel solognot. La charte, qui doit continuer à être signée par les autres acteurs du territoire, est aussi le fruit d'un partenariat notamment avec la fédération départementale des chasseurs du Loir-et-Cher pour des actions liées à l'équilibre sylvo-cynégétique ou encore le Conseil d'architecture d'urbanisme et d'environnement (CAUE) du Loir-et-Cher pour un travail concernant l'utilisation du matériau bois et son

intégration à l'image paysagère de la Sologne.

Quelles perspectives pour la mise en œuvre des conseils apportés par les fiches ?

Ce travail en partenariat doit se poursuivre afin de pérenniser le dialogue entre forestiers et chasseurs et aboutir à des actions consensuelles. Ainsi des zones expérimentales pourraient être installées et suivies chez des propriétaires volontaires pour appliquer les aménagements décrits dans les fiches ; les effets sur les populations des cervidés seraient évalués, ainsi que sur la capacité d'accueil des milieux et les aspects sylvicoles (qualité, régénération...). Elles donneraient lieu à des visites pour montrer des exemples concrets d'aménagements.

Quand la chasse et la forêt s'inscrivent dans une logique de développement durable... ■

(1) CRPF d'Ile de France Centre, 43 rue du bœuf Saint Paterne, 45000 Orléans

(2) Maître d'ouvrage : Action dynamique Sologne en partenariat avec le Comité central agricole de Sologne.

Rédacteur : CRPF d'Ile-de-France et du Centre, en étroite collaboration avec la fédération départementale des chasseurs du Loir-et-Cher. Avec la participation du Cemagref, de la DDEA du Loir-et-Cher, de la fédération régionale des chasseurs du Centre, du Pays de grande Sologne, du Syndicat des forestiers privés du Loir-et-Cher, de Sologne nature environnement, de forestiers et de chasseurs.

Financement : Leader +, CRPF d'Ile-de-France et du Centre, Fédération départementale des chasseurs du Loir-et-Cher, Direction régionale de l'agriculture et de la forêt du Centre, Action dynamique Sologne et Comité central agricole de la Sologne.

Résumé

À partir de l'observation de la forêt et du diagnostic de l'état d'équilibre sylvo-cynégétique, 10 fiches concrètes conseillent divers aménagements pour aider les gestionnaires (forestiers, chasseurs, propriétaires, agriculteurs).

Mots-clés : équilibre sylvo-cynégétique, fiches conseils, pays de grande Sologne.

De la forêt pâturée au sylvopastoralisme

G. Guérin*, J. Paulus***(1)

Dans la continuité du programme ACTA⁽²⁾ sur le sylvopastoralisme (2002-2004), mené à l'échelle de la parcelle, un projet CASDAR⁽³⁾ (2007-2009) piloté par l'Institut de l'Élevage a pour objet de porter la réflexion sylvopastorale à l'échelle du système agricole et/ou forestier et de sa place dans les démarches territoriales. L'étude aboutira à des propositions et publications fin 2009.

Un contexte difficile pour la mise en valeur pastorale ou sylvicole des zones boisées

Dans le grand sud de la France, les surfaces cultivées sont limitées et les éleveurs mobilisent de vastes étendues de parcours. Conséquence d'une déprise déjà ancienne, une grande partie de ces surfaces est maintenant boisée. En région méditerranéenne, la forêt occupe bien plus d'espace que l'agriculture, et ces boisements sont très peu valorisés⁽⁴⁾.

La forêt est pourtant un atout pour l'élevage

Grâce au couvert arboré, les surfaces boisées sont particulièrement intéressantes pour le pâturage. Leur structure en trois strates de végétation (herbes, broussailles et arbres) tempère les conditions pédoclimatiques du milieu. Décalage de pousse, recyclage profond des éléments minéraux, intempéries et dynamique de l'eau tamponnée par le couvert arboré, sont pour ces milieux boisés autant d'atouts pour l'usage pastoral.

L'arbre avec son « effet parasol » donne sur ces surfaces pastorales des natures (diversité de flore) et des états de végétation (précocité de pousse, maintien sur pied) complémentaires des surfaces fourragères ouvertes. Dans les bois, les animaux trouveront des ressources alimentaires en dehors de la saison de végétation. Les surfaces boisées peuvent ainsi fournir des

ressources pastorales en quantité plus faible, mais tout aussi sûres, et surtout plus souples et moins coûteuses que celles des surfaces fourragères classiques (pâturées ou récoltées).

Mais quelle que soit la pression de pâturage, la production de ressource pastorale est à terme remise en cause par la fermeture du couvert arboré. La croissance des arbres et la fermeture des houppiers (contre laquelle le pâturage ne peut rien faire) diminuent la lumière en sous bois. De plus, les feuillages bas des ligneux ne se renouvellent plus. Sans intervention sur les arbres, le pâturage sur parcours boisé n'est donc pas durable.

Alors qu'il faut intervenir sur les arbres, la forêt n'est pas « rentable »

Dans le sud de la France, à l'exception de quelques terrains favorables, la plupart des peuplements forestiers sont fortement marginalisés par la filière. Les interrogations sur l'usage et la valorisation de ces massifs boisés ne sont pas nouvelles : depuis vingt ou trente ans, l'augmentation des surfaces boisées et leur fermeture préoccupent les différents utilisateurs et gestionnaires de ces zones : éleveurs, forestiers, collectivités locales, administrations de l'environnement et du développement rural⁽⁵⁾.

C'est sans doute la défense de la forêt contre les incendies (DFCI) qui a provoqué le plus d'opérations dites syl-

vopastorales. Le pâturage des animaux a été assez logiquement sollicité pour diminuer la combustibilité des massifs. Mais ces tentatives de collaboration pour la (fonction) protection de la forêt s'appuient très peu sur la (fonction) production : les interventions sylvicoles n'ont pas souvent de débouchés « rentables ». L'élevage se déclare plutôt « prestataire », certes indemnisé, mais sans passer complètement le cap de la simple opportunité.

Ainsi, la forêt méditerranéenne est, de fait, cantonnée dans des fonctions patrimoniales et environnementales qui laissent peu de prise à la valorisation de ses productions ligneuses : la plupart des (autres) expériences d'aménagement ont mis en place des « parquets », c'est-à-dire une juxtaposition d'opérations sylvicoles et pastorales. D'un côté une reconquête de surfaces pastorales (alors pratiquement déboisées et perdant ainsi l'atout des arbres), avec à côté des surfaces boisées où les difficultés de mise en valeur sylvicoles restent entières.

Des besoins en produits ligneux qu'on pourrait couvrir localement ?

Certes dispersés, il existe presque toujours des produits bois réalisables, même dès les premières interventions. Par ailleurs, il se dit qu'« une exploitation agricole aurait besoin de 2 à 3 m³ de bois par an, pour ses besoins divers

(aménagement de bergerie, appentis...) », les besoins en bois-énergie se développent, (...).

Ces offres et ces demandes peuvent-elles se rencontrer ?

Un programme pour savoir élaborer des projets sylovopastoraux

À partir d'un réseau de sites, l'étude vise la conception et la réalisation de projets de mise en valeur sylovopastorale à l'échelle de l'exploitation agricole ou du massif forestier.

Sur chacun des sites, on recherche la mise en synergie technique et économique des activités sylvicoles et pastorales, ce qui suppose de :

→ **accompagner et orienter différentes actions sylovopastorales en conditions réelles** : contribuer à une diversification sylovopastorale ou à l'installation par des activités sylovopastorales.

→ **créer des références techniques et socio-économiques** sur la base des actions menées au sein du réseau, enrichies par un bilan des actions sylovopastorales réalisées dans le grand Sud.

→ **rechercher des itinéraires techniques mettant en valeur des espaces délaissés** avec des pratiques s'appuyant « plus complètement sur le milieu » (ne reposant pas que sur les meilleures parcelles) et assurant par là même leur entretien. Cela nécessite des techniques sylvicoles et des

conduites d'élevage adaptées à ces milieux peu productifs.

→ **expérimenter** en milieu contrôlé, avec élaboration de protocoles d'essai et de méthode de pilotage et de suivis des actions sylovopastorales.

→ **identifier les bases économiques** de l'activité sylovopastorale à l'échelle de l'exploitation agricole, du massif forestier ou d'un territoire. Ceci passe notamment par l'étude des débouchés et des possibilités de mise en marché (individuelle ou collective) des produits de l'élevage et du bois.

→ **évaluer les externalités positives** (économies externes) à l'échelle de l'exploitation agricole, de l'aménagement forestier (paysages ouverts, diminution du risque d'incendie, biodiversité favorisée) que l'on cherchera à intégrer par des critères de gestion et des indicateurs appropriés.

→ **évaluer l'impact territorial du sylovopastoralisme** selon différents scénarii technico-économiques, et en déduire des voies de développement, dans le but d'éclairer les politiques publiques et leurs appuis économiques (incitations financières, moyens d'animation...).

La mise en valeur sylovopastorale... une solution pour des enjeux multiples ?

L'acquisition de nouvelles bases économiques par le sylovopastoralisme rend possible l'aménagement et la

mise en valeur du territoire, la relance des valorisations sylvicoles, le développement et la durabilité des exploitations d'élevage.

Pour le territoire et le développement local, la progression importante (et subie) de la forêt a pour conséquence de réduire les terres pastorales revendiquées par les éleveurs, augmente les surfaces que la filière bois n'arrive pas à valoriser, et va à l'encontre des objectifs d'entretien des paysages ruraux. L'activité sylovopastorale, avec ses bases économiques, redonne un sens à la mise en valeur de ces territoires : création de richesses et d'emplois induits pour un entretien des paysages, la préservation de la biodiversité, la limitation des risques d'incendie.

Pour les forestiers, la relance de la production sylvicole des massifs forestiers délaissés devient possible. Malgré un niveau d'intervention limité (produits bois immédiatement disponibles mais disséminés), le sylovopastoralisme apporte les bases économiques nécessaires à des interventions sur les arbres avec un bilan de trésorerie positif ou au minimum équilibré.

C'est par ailleurs, une solution économique pour assurer, à grande échelle, la fonction de protection des forêts à l'abandon. Ces techniques permettent d'intervenir sur de grandes surfaces sans se cantonner aux meilleurs endroits, les plus « classiquement » exploitables.

Au niveau technique, il est nécessaire de mettre au point des plans de gestion mettant en œuvre les techniques sylovopastorales. Côté économique, l'existence et l'organisation de débouchés pour le bois est centrale.

Pour les exploitations agricoles, le sylovopastoralisme constitue une voie de consolidation des systèmes d'élevage, leur permettant de sécuriser voire d'augmenter le pâturage dans le système d'alimentation et d'échapper



© Aude Montovert

Bovins, ovins et caprins à l'ombre d'un chêne vert dans le Minervois (34).



Sciage et bois bûche de pin sylvestre Haut-Verdon (04).

en partie à la pression foncière sur les terres cultivables. Les techniques sylvopastorales apportent des solutions pour conserver et développer les ressources pastorales en milieux boisés. De plus, les parcours boisés ont révélé tout leur intérêt lors des incidents climatiques (sécheresses et canicules) des dernières années. Au delà de la plus-value pastorale, le sylvopastoralisme offre une voie de diversification voire d'installation d'exploitations agricoles grâce aux évolutions possibles des systèmes d'élevage et l'apport d'un revenu supplémentaire lié à l'activité sylvicole (création d'un atelier bois...).

Les études menées lors des précédents programmes ont mis en évidence tout l'intérêt du sylvopas-

toralisme, à l'échelle de la parcelle. Elles nous ont aussi montré les difficultés du passage à l'échelle supérieure (l'exploitation agricole ou le massif forestier) où s'expriment d'autres niveaux de cohérences technique et économique (organisation du travail, programmation pluriannuelle des chantiers, mise en marché de plus gros volumes de bois...).

Conclusion

Les innovations techniques (et socio-économiques) liées au sylvopastoralisme (vraie combinaison des deux activités) sont susceptibles de développer (et installer) de nouveaux « systèmes ruraux » avec des productions économes dont les impacts socio-économique et environnemental participe à un développement et à une gestion durables du territoire.

L'originalité et la richesse de ce programme concernent aussi la multiplicité de regards de différents acteurs pastoraux, forestiers et territoriaux.

L'approche se veut globale et intégrée avec une construction et une évaluation partagée des projets :

→ traiter de l'articulation des différen-

tes échelles spatiales (la parcelle, l'exploitation, le massif aménagé, le territoire local),

→ aborder les différents thèmes et domaines (ressources pastorales, valorisation des bois, travail, revenu...),

→ concerner les différents acteurs (éleveurs, gestionnaires d'espace, environnementalistes...). ■

(1)* Institut de l'élevage, Montpellier,

** Institut pour le développement forestier Toulouse.

(2) Programme ACTA (Association de coordination de techniques agricoles) 2002-2004 : « Sylvopastoralisme du pin sylvestre et du chêne pubescent » co-piloté par l'Institut de l'élevage et l'Institut pour le développement forestier.

(3) Projet CASDAR 2007-2009 (Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural) : « Recherche d'un développement local équilibré, fondé sur le sylvopastoralisme : valoriser des massifs forestiers et installer des systèmes d'élevage innovants ».

(4) Guérin G. et Macron M.-C., 2005. Sylvopastoralisme. Les clés de la réussite. Coll. Techniques Pastorales, 77 p. Technipiel, Paris.

(5) Hubert B., Guérin G., Bourbouze A., Prévost F., 1985. « Problèmes posés par l'utilisation de ressources sylvopastorales par les ovins et les caprins. » In INRA -ITOVIC (éds), Exploitation des milieux difficiles par les ovins et les caprins. Actes des 10^{èmes} journées de la recherche ovine et caprine. p. 131-151.

Membres du programme Sylvopastoralisme

Une trentaine de personnes sont impliquées dans ce programme, représentant les organismes suivants :

- l'Institut de l'élevage par le département techniques d'élevage et qualité (UP Pastoralisme, UP Bâtiment) et le département d'actions régionales,
- l'Institut pour le développement forestier,
- le Suamme (Service d'utilité agricole de montagne méditerranéenne et élevage) en région Languedoc-Roussillon et le Cerpam (Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes Méditerranée) en région Paca,

Ils constituent avec l'Institut de l'élevage (l'antenne de Montpellier) l'UCP : l'Unité commune de programme « Pastoralisme méditerranéen »

Sont également partenaires :

- la ferme expérimentale de Carmejane
- les Crpf, l'Onf, les Chambres d'agriculture et l'Adasea par les structures locales des départements 04, 11, 12, 34, 46, 48, 81...
- le Critt (Centre régional d'innovation et transfert technologique) bois 12,
- l'Umr (unité mixte de recherche) « Innovation » de l'Inra de Montpellier, l'Inra-Sad, Ecodéveloppement d'Avignon, le Cirad-Tera (centre de coopération internationale en recherche agricole pour le développement, Tera : territoires, espaces, ressources acteurs)
- les collectivités locales (parcs naturels régionaux, communautés de commune,...).

Résumé

Dans le sud de la France, une concertation plurielle de pastoraux, forestiers et territoriaux se conjugue pour la conception et la réalisation de projets sylvopastoraux. La création de références techniques sylvicoles et des conduites d'élevage adaptées à ces milieux peu productifs permettra une évaluation courant 2009 et une vulgarisation à plus grande échelle.

Mots-clés : Sylvopastoralisme, région méditerranéenne.

Articles publiés dans Forêt-entreprise du n°168 à 183 (2006-2008)



Les numéros complets peuvent être commandés à l'IDF-diffusion, 23 avenue Bosquet, 75007 Paris - Tél. : 01 40 62 22 81 - Fax : 01 40 62 22 87 - Courriel : idf-librairie@cnppf.fr

Liste des rubriques

Arbre hors forêt • Biodiversité • Boisements des terres agricoles • Bois-énergie • Cetef • Changement climatique • Courriers des lecteurs • Économie • Environnement • Équilibre sylvo-cynégétique • Essences forestières • Étranger • Expérimentations • Forêt et carbone • Gestion • Gestion durable • Groupe de travail • La vie de l'Institut • Libre-propos, point de vue, témoignage • Loisirs-menus • Produit de la forêt • Matériel • Matériel végétal • Milieux • Pathologie • Phytosanitaire • Populiculture • Qualité du bois • Recherche • Reconstitution de peuplement • Sol / eaux • Stabilité des arbres et peuplements • Sylviculture

Arbre hors forêt

Innover en associant arbres et cultures : les atouts de l'agroforesterie moderne ; Dupraz Ch., Liagre F. ; 2007, n°175, p. 56-60.

Agroforesterie et réglementations : changement de régime ; Dupraz Ch., Liagre F. ; 2007, n°176, p. 47-50.

Biodiversité

Importance de la forêt privée dans le réseau Natura 2000 français ; Beaudesson P. ; 2007, n°176, p.64.

Biodiversité : la Caisse des dépôts crée une nouvelle filiale ; Six S. ; 2008, n°180, p. 47-48.

Biodiversité et gestion forestière : la gestion des lisières ; Gosselin M. ; 2008, n°183, p. 58-62.

Bois-énergie

Dossier « Bois-énergie » ; Gautier A. ; 2007, n°172, p. 9-51.

- Le bois-énergie, une opportunité pour les forestiers ; Gautier A. ; 2007, n°172, p.10.

- La valorisation de la biomasse forestière ; Roy C. ; 2007, n°172, p. 11-12.

- Les différents combustibles bois en France ; Douard F. ; 2007, n°172, p. 13-15.

- La consommation du bois-énergie en France ; Gautier A. ; 2007, n°172, p. 16-19.

- Le chauffage au bois : état des lieux et perspectives ; Gautier A., Pouët J.-C. ; 2007, n°172, p. 20-23.

- Les acteurs français du bois-énergie ; Floc'h-Laizet C. ; 2007, n°172, p. 24-26.

- Les techniques de récolte des plaquettes forestières ; Laurier J.-P. ; 2007, n°172, p. 27-29.

- Les sylvicultures dédiées au bois-énergie ; Berthelot A. ; 2007, n°172, p.30-32.

- L'impact de la récolte des rémanents sur l'environnement ; Charnet F. ; 2007, n°172, p. 33-36.

- Les scénarios de développement du bois-énergie ; Ollivier P. ; 2007, n°172, p.37-40.

- Le bois-énergie et le bois d'industrie : concurrence ou complémentarité ; Picard O. ; 2007, n°172, p. 41-44.

- L'engouement pour le bois-énergie revalorise le revenu forestier ; Rérat B. ;

2007, n°172, p. 45-47.

- Le bilan technico-économique du bois-énergie en forêts lorraines ; François D. ; 2007, n°172, p. 48-51.

- Sécher le bois de chauffage : une réponse rapide à la demande de bois en bûches ; Négrié G. ; 2008, n°181, p. 60-63.

Cetef

Naissance du Cetef de Corse ; Torre F. ; 2006, n°168 p.7-10.

Le Cetef de la Sarthe : près d'un demi-siècle d'existence ; Guillet Ph. ; 2006, n°169, p. 7-8.

La relation station-essences, un défi pour l'avenir ; Six S. ; 2006, n°170, p. 7-10.

Les 20 ans du GDF Monts-et Barrages ou l'apprentissage d'une culture forestière ; Gournay A. de ; 2006, n°171, p. 7-10.

InterCetef 2006 : le réseau du développement planche sur le réchauffement climatique ; Six S. ; 2007, n°172, p. 5-8.

Douglas en Sologne : les dépérissements s'aggravent ; Vallée B. ; 2007, n°173, p. 6-8.

Le Cetef angevin se tourne vers la plquette forestière ; Jemin J.-J. ; 2007, n°174, p. 7-9.

Les journées nationales InterCetef : rencontres et échanges ; Colinot A. ; 2007, n°175, p. 6-8.

Les Cetef, voix du terrain ; Lacarelle J.-M. ; 2007, n°176, p. 7-8.

Le GDF du plateau de Millevaches, au cœur du parc naturel... ; Colinot A., Six S. ; 2007, n°177, p. 7-8.

Un nouveau Cetef en Franche-Comté ; Clerget J.-C. ; 2008, n°178, p. 7-8.

InterCetef 2007 : la forêt-entreprise et les sylviculteurs-entrepreneurs ; Six S. ; 2008, n°180, p.7-10.

La télématique au cœur des forêts ; Corcelles L. de ; 2008, n°181, p. 7-8.

Peut-on concilier sylviculture et marché des bois ? I ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°182, p. 9-12.

Peut-on concilier sylviculture et marché des bois ? II° partie ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°183, p. 9-12.

Changement climatique

Les changements climatiques modifient l'équilibre pin sylvestre/pin d'Alep ; Vennetier M., Vila B., Liang E.-Y., Guibal F., Ripert C., Chandioix O. ; 2006, n°169, p. 47-51.

Forêts émettrices de méthane ? l'avis des experts ; Peyron J.-L. ; 2007, n°173, p. 9-10.

Dossier « Changement climatique : questions des sylviculteurs et réponses des chercheurs » ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°180, p. 11-45.

- *Le changement climatique à l'IDF : tout un programme* ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°180, p. 12-13.

- *Changements climatiques : les interrogations des sylviculteurs* ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°180, p. 14-15.

- *Fiche 1 : la conduite des peuplements* ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°180, p. 16-21.

- *Fiche 2 : le matériel végétal* ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°180, p. 22-24.

- *Fiche 3 : les stations forestières* ;

Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°180, p. 25-27.

- *Le hêtre en France en 2100 I* ; Landmann G. et al. ; 2008, n°180, p. 28-33.

- *La prise en compte des changements climatiques dans les guides de stations* ; Gaudin S ; 2008, n°180, p. 34-39.

EvoTREE ; Six S. ; 2008, n°180, p. 40-41.

- *Sécheresse et mycorhizes* ; Garbaye J. ; 2008, n°180, p. 42-44.

- *Motivation et diversité : nos atouts face au changement climatique* ; Formery T. ; 2008, n°180, p. 45.

Dossier : « Changement climatique : préparer l'avenir » ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°182, p.17-48.

- *Changement climatique : préparer l'avenir* ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°182, p. 18.

- *Fiche 4 : la gestion des risques* ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°182, p.19-24.

- *Fiche 5 : la production et la récolte* ; Riou-Nivert Ph. ; 2008, n°182, p.25-29.

- *Le hêtre face aux changements climatiques II* ; Landmann G. et al. ; 2008, n°182, p. 30-34.

- *Un observatoire bi-régional des écosystèmes forestiers en Nord-Picardie* ;

Pargade J. ; 2008, n°182, p. 35-39.

- *Préserver la diversité des ressources génétiques forestières* ; CRGF ; 2008, n°182, p. 40-43.

- *Dryade : vulnérabilité des forêts au changement climatique* ; Picard O. ; 2008, n°182, p. 44-45.

- *Préparer les forêts au changement climatique* ; Roman-Amat B. ; 2008, n°182, p. 46-48.

Courriers des lecteurs

Les forêts hongroises : l'envers du décor ; Gillet F. ; 2006, n°169, p. 59.

Face au réchauffement climatique, faudra-t'il réhabiliter certains « exotiques » ; Persuy A. ; 2006, n°169, p. 59.

À partir de régénération naturelle de pin laricio de Corse ; Bernot Y. ; 2006, n°169, p. 61.

Économie

La productivité forestière : cas d'une chênaie normande ; Levêque J. ; 2006, n°170, p. 58-62.

Le marché des forêts en 2005 ; Société forestière ; 2006, n°170, p. 63-64.

Le marché des forêts : un marché actif et un actif mieux valorisé ; Société forestière ; 2008, n°182, p. 57-59.

Il est urgent de rajeunir la forêt feuillue privée ; Hubert M. ; 2006, n°171, p. 53-58.

Les champignons comestibles, un revenu supplémentaire pour le sylviculteur ; Pichard G., Rolland B. ; 2008, n°178, p. 61-64.

Dossier : « Économie forestière : vers une diversité des revenus ? » Gauthier A. ; 2007, n°176, p. 9-43.

- *Le secteur forestier dans l'économie française* ; Gauthier A. ; 2007, n°176, p.10-12.

- *Le marché des forêts : 2006, année des records* ; Julien V., Levesque R. ; 2007, n°176, p.13-15.

- *L'évolution du cours du bois et la tendance des marchés* ; Gauthier A. ; 2007, n°176, p.16-19.



- *Les calculs économiques en forêt* ; Picard O. ; 2007, n°176, p.20-25.
Rentabiliser sa forêt : l'avis d'un propriétaire forestier ; Gauthier A. ; 2007, n°176, p.26-27.
Locations forestières et commercialisation des produits non ligneux : des enjeux économiques importants ; Gauthier A. ; 2007, n°176, p.28-30.
Évaluation économique des bénéfices marchands et non marchands de la forêt française ; Montagné C., Niedzwiedz A. ; 2007, n°176, p. 31-34.
La rémunération des fonctions non marchandes de la forêt ; Beaudesson P. et al. ; 2007, n°176, p. 35-38.
Quelles innovations pour la filière bois ? ; Stevanovic T. ; 2007, n°176, p. 39-43.
La bourse en ligne des bois artisanaux ; Lagacherie M., Gallion B., Paulus J. ; 2008, n°180, p. 49-50.
Retour sur les calculs de rentabilité ; Chatelperron A. de ; 2008, n°181, p. 42-44.

Environnement

Oiseaux et forêt II. Sylviculture adaptée à l'accueil des oiseaux ; Pichard G. ; 2006, n°168, p. 52-55.

Équilibre sylvo-cynégétique

Les enclos témoins : un projet commun entre chasseurs et forestiers ; Blanchard P. ; 2008, n°181, p. 53-55.
Le bail de chasse : exemple dans l'Oise ; Pillon M., Maistre J. de ; 2008, n°183, p. 51-53.

Essences forestières

Dossier : « climat propice pour le cèdre » ; Riou-Nivert Ph. ; 2007, n°174, p. 11-59.
Climat propice pour le cèdre ; Riou-Nivert Ph. ; 2007, n°174, p. 12-13.
Hommage à Jean Toth, pionnier de l'étude du cèdre en France ; Riou-Nivert Ph. ; 2007, n°174, p. 14-16.

Autécologie du cèdre de l'Atlas ; Ripert Ch. ; 2007, n°174, p. 17-20.
Les meilleures provenances de cèdres pour le reboisement en France méditerranéenne ; Bariteau M. et al. ; 2007, n°174, p. 21-26.
Les problèmes phytosanitaires du cèdre ; Nageleisen L.-M. ; 2007, n°174, p. 27-31.
Réussir un boisement en cèdre de l'Atlas ; Van Lerberghe Ph. ; 2007, n°174, p. 32-38.
La production de plants de cèdre en France ; Girard S. ; 2007, n°174, p. 39.
Croissance, production et conduite des peuplements de cèdre de l'Atlas ; Courbet F. et al. ; 2007, n°174, p. 40-44.
L'avenir du cèdre de l'Atlas en Midi-Pyrénées ; Gonin P. ; 2007, n°174, p.45-50.
Le cèdre de l'Atlas en Languedoc-Roussillon ; Lecomte B. ; 2007, n°174, p. 51-54.
Cèdre, flash régional... ; Riou-Nivert Ph. ; 2007, n°174, p. 55-56.
Le cèdre en 2100 ; Riou-Nivert Ph. ; 2007, n°174, p. 57-58.
Conseils simples pour un boisement en cèdre réussi ; Riou-Nivert Ph. ; 2007, n°174, p. 59.

Pour mieux apprécier la croissance du douglas : de nouvelles courbes de fertilité adaptées ; Angelier A. ; 2007, n°174, p. 60-63.

Dossier : « L'orme : nouveaux espoirs ? » ; Girard S. ; 2007, n°175, p. 9-50.

Orme : retour sur une disparition annoncée ; Girard S. ; 2007, n°175, p. 10.
Les ormes européens, des espèces mal connues ; Collin E. ; 2007, n°175, p. 11-14.
L'orme, un malade chronique ; Pinon J. ; 2007, n°175, p. 15-16.
La graphiose : une histoire ancienne toujours d'actualité ; Pinon J., Piou D. ;

2007, n°175, p. 17-21.

La transmission de la graphiose de l'orme par les scolytes ; Piou D. ; 2007, n°175, p. 22-25.

La graphiose en Basse-Normandie depuis 20 ans ; Rousseau J., Joly C. ; 2007, n°175, p. 26-28.

La conservation des ressources génétiques des ormes ; Collin E. ; 2007, n°175, p. 29-32.

La conservation dynamique de l'orme en Midi-Pyrénées : bilan de dix ans d'expérience ; Coulon F. ; 2007, n°175, p. 33-36.

Les ormes résistants à la graphiose ; Pinon J., Cadic A. ; 2007, n°175, p. 37-41.

Comportement de différents ormes en haies bocagères et en forêt, premiers résultats ; Girard S. ; 2007, n°175, p. 42-46.

Des professionnels impliqués dans la sauvegarde de l'orme : les pépinières forestières de Forges ; Girard S. ; 2007, n°175, p. 46-48.

L'orme à travers l'histoire ; Six S. ; 2007, n°175, p. 49-50.

Dossier : « le robinier faux acacia » ; Merzeau D. ; 2007, n°177, p. 9-53.

Le robinier faux acacia ; Demené J.-M., Merzeau D. ; 2007, n°177, p. 10-12.



- *Le robinier en Aquitaine* ; Carbonnière T., Debenne J.-N., Merzeau D., Rault M. ; 2007, n°177, p. 13-17.
- *L'effet de l'éclaircie sur un taillis de robinier* ; Carbonnière T., Debenne J.-N., Merzeau D., Rault M. ; 2007, n°177, p. 18-19.
- *L'amélioration de la forme du robinier en plantation* ; Merzeau D., Rault M. ; 2007, n°177, p. 20-23.
- *Le robinier pour la biomasse et l'accompagnement des feuillus précieux en plantation* ; Gavaland A., Pagès L. ; 2007, n°177, p. 24-27.
- *Les problèmes phytosanitaires du robinier* ; Aumonier T. ; 2007, n°177, p. 28-30.
- *L'intérêt du robinier pour un sylviculteur* ; Debenne J.-N. ; 2007, n°177, p. 31.
- *Le marché du robinier* ; Debenne J.-N. ; 2007, n°177, p. 32-33.
- *Le robinier à l'honneur dans le nord de la Vienne* ; Demené J.-M. ; 2007, n°177, p. 34.
- *Le robinier à la Société forestière de la Caisse des dépôts* ; Penneroux M., Mayer P. ; 2007, n°177, p. 35.
- *Les caractéristiques du bois de robinier et ses exemples de valorisation novatrice* ; Reuling D. et al. ; 2007, n°177, p. 36-39.
- *Exemple d'une production de piquets en Charente* ; Demené J.-M. ; 2007, n°177, p. 40-41.
- *L'avis d'un fabricant de parquet en robinier* ; Debenne J.-N. ; 2007, n°177, p. 42.
- *Le robinier et les apiculteurs* ; Saunier R. ; 2007, n°177, p. 43.
- *La gestion du robinier en Hongrie* ; Rédei K. et al. ; 2007, n°177, p. 44-49.
- *Le robinier en Chine* ; Tu B., Gavaland A. ; 2007, n°177, p. 50-53.
- Croissance du robinier en Aquitaine : les classes de fertilité* ; Merzeau D., Coquillas V., Bazas S. ; 2008, n°182, p. 49-52.
- Dossier : « Sylviculture du châtaignier »** ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 7-64.
- *Le groupe de travail châtaignier : 25 ans, des résultats* ; Lempire R. ; 2008, n°179, p. 8.
- *Le châtaignier : un or blond en péril ?* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 9-13.
- *Estimer la potentialité de son taillis de châtaignier et y adapter les éclaircies* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 14-17.
- *Autécologie du châtaignier : un fougueux qui craint la sécheresse !* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 18-24.
- *Des outils pour cuber ses taillis de châtaignier* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 25-28.
- *La roulure du châtaignier est mieux cernée* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 29.
- *La roulure du châtaignier : un défaut fréquent que le sylviculteur peut atténuer* ; Cousseau G., Lemaire J. ; 2008, n°179, p.30-33.
- *L'impact des éclaircies tardives sur le risque de roulure dans les taillis de châtaignier* ; Cousseau G., Lemaire J. ; 2008, n°179, p.34-40.
- *Prévoir le risque de roulure et son impact financier dans un taillis de châtaignier* ; Cousseau G., Lemaire J. ; 2008, n°179, p.41-44.
- *Détecter la présence de roulures dans un arbre sans l'abattre ; les taillis de châtaignier* ; Cousseau G., Lemaire J. ; 2008, n°179, p.45-48.
- *Prendre en compte le risque de roulure dans la conduite des éclaircies dans les taillis de châtaignier* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p.49-52.
- *La valeur financière des taillis en fonction de la modalité d'éclaircie* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 53-56.
- *Sélectionner ses arbres d'avenir* ; Lemaire J., Pichard G. ; 2008, n°179, p.57-59.
- *Extrait du guide des sylvicultures du châtaignier en Castagniccia* ; Pavie A., Torre F., Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 60-62.
- *Le groupe de travail châtaignier : des résultats et des perspectives* ; Lemaire J. ; 2008, n°179, p. 63-64.
- *Diagnostiquer son taillis de châtaignier pour optimiser les éclaircies* ; Lemaire J., Weben Ch. ; 2007, n°173, p. 53-57.

Étranger

Les étudiants de La Germinière au cœur de la forêt polonaise ; Bertrand C. ; 2008, n°181, p. 64.

Expérimentations

Quelles pertes de croissance pour 7 cultivars de peuplier face aux attaques de la rouille E4 du mélèze ; Paillassa E. ; 2006, n°168 p.60-63.

Canicule 2003 et sécheresse 2005 : quelles croissances pour les peupliers ? ; Paillassa E. ; 2007, n°176, p. 51-55.

Filière bois

Coup d'envoi des chartes régionales bois-construction en Limousin ; Six S. ; 2006, n°171, p. 40-41.

France Bois Forêt, une dynamique au cœur de la filière ; Six S. ; 2007, n°174, p. 5-6.

Des locaux en bois locaux ; Six S. ; 2008, n°178, p. 43.

Une utilisation innovante du robinier ; Reuling D. et al. ; 2008, n°180, p. 46.

Forêt et carbone

Dossier « crédits carbone : que fait la forêt ? » ; Picard O. ; 2006, n°168, p. 11-51.

- *Pourquoi un dossier sur le carbone* ; Picard O. ; 2006, n°168, p. 12-14.

- *La séquestration de carbone en forêt* ; Dupouey J.-L., Pignard G., Hamza N. ; 2006, n°168, p. 15-18.

- *Le rôle de la forêt dans le cycle du carbone* ; Loustau D., n°168, p. 19-22.

- *Impact de la gestion sylvicole sur le stockage de carbone en forêt : le cas du hêtre* ; Vallet P., Dhôte J.-F. ; 2006, n°168, p. 23-25.

- *Le stockage potentiel de carbone par plantations à l'horizon 2050* ; Dameron V., Barbier C., Riedacker A., 2006, n°168, p. 26-28.

- *Le bois : de la lutte contre l'effet de serre à la communication* ; Lochu S. ; 2006, n°168, p. 29-32.

- *Les « projets Kyoto » forestiers : de nouveaux moyens de lutte contre les changements climatiques* ; Lacour P.-A. ; 2006, n°168, p. 33-36.

- *Les enjeux du Protocole de Kyoto pour la forêt* ; Six S. ; 2006, n°168, p. 37-39.

- *La forêt : une réponse contre le réchauffement climatique* ; FNCofofor ; 2006, n°168, p. 40-42.

- *La place de la forêt dans le marché du carbone* ; Six S. ; 2006, n°168, p. 43-45.

- *Un projet pilote de puits de carbone dans le Sud-ouest* ; Faure-Fedigan Ch., Husson H., Formery M. ; 2006, n°168, p. 46-49.

- *Forêt= puits de carbone* ; Picard O., 2006 n°168, p. 50-51.

Dossier : « Forêts et carbone : entre doutes et certitudes » ; Drenou Ch. ; 2008, n°181, p. 10-41.

- *« Parlez-vous Carbone ? » : les principales définitions appliquées à la forêt* ; Drenou Ch. ; 2008, n°181, p. 10-21.

- *Place des forêts dans les cycles long et court du carbone* ; Verati Ch., Coquillard P. ; 2008, n°181, p. 22-26.

- *Le puits de carbone de la forêt méditerranéenne* ; Ourcival J.-M., Rambal S. ; 2008, n°181, p. 27-29.

- *Les premiers résultats de l'INRA et du CIRAD* ; 2008, n°181, p. 30.

- *Incertitudes sur les stocks de carbone dans les forêts françaises* ; Nys C. et

al. ; 2008, n°181, p. 31-35.

- *Les forêts et le carbone en question* ; Gitz V. ; 2008, n°181, p. 36-38.

- *La forêt a aussi un rôle à jouer* ; Drenou Ch. ; 2008, n°181, p. 39-41.

Gestion

Du nouveau dans Sylvélite ; Picard O. ; 2006, n°168, p. 64.

Les techniques sylvicoles en forêt périurbaine ; Six S. ; 2006, n°169, p. 44-46.

Les attentes en forêt privée vis-à-vis de la typologie des stations forestières ; Giry C. ; 2008, n°180, p. 51-54.

La typologie des stations en Champagne-Ardenne : un outil de plus en plus utilisé ; Perrier C. ; 2008, n°181, p. 48-52.

Une gestion du douglas tournée vers la transmission du patrimoine ; Six S. ; 2008, n°183, p. 48-50.

Gestion durable

Biocarburants : enjeux et perspectives pour la filière bois ; de Morogues F. ; 2006, n°169, p. 55-58.

La gestion des rémanents en forêt ; Ademe ; 2007, n°173, p. 50-52.

Le broyage de branches, entre économie et agriculture durable ; Dodelin B., André J. ; 2007, n°176, p. 60-63.

Le bois mort, source de vie ; Laporte M. ; 2008, n°183, p.63-64.

Groupe de travail

Groupe de travail châtaignier : des perspectives encourageantes dans le diagnostic de la roulure ; Lempire R. ; 2006, n°171, p. 42-43.

Une réflexion commune sur les outils informatisés de gestion forestière ; Chartier M. ; 2008, n°182, p. 7.

La vie de l'Institut

Dossier IDF : rétrospective

- *Les apports à la forêt privée de l'ATVF et de l'IDF* ; Hubert M. ; 2006, n°169, p. 10-11.

- *1961-1968 : les racines de l'IDF* ;

Hubert M. ; 2006, n°169, p. 12-14.

- *1968-1989 : le développement, maître mot de l'IDF* ; Hubert M. ; 2006, n°169, p. 15-17.

- *L'IDF, de 1989 à nos jours* ; Riou-Nivert Ph. ; 2006, n°169, p. 18-19.

- *S'adapter aux changements* ; Picard O. ; 2006, n°169, p. 20-21.

- *L'IDF devient Suf IDF* ; Martin R. ; 2006, n°169, p. 22-26.

Une assemblée générale très technique ; Six S. ; 2006, n°169, p. 64.

Signature du contrat d'objectifs CRPF-CNPPF/État ; Formery T. ; 2007, n°173, p. 64.

Les actions programmées du Suf IDF pour 2007 ; Formery T. ; 2007, n°174, p. 10.

Une coopération croissante entre chercheurs et sylviculteurs ; Maréchal N. ; 2008, n°182, p.13-16.

Entretien avec Roland Martin, sylviculteur ; 2008, n°183, p. 7-8.

Libre-propos, point de vue, témoignage

Exemple d'un scieur à façon mobile dans la Nièvre ; Six S. ; 2007, n°174, p. 64.

Le bois a tout à gagner d'une taxe sur le carbone ; Martin Y. ; 2008, n°178, p. 56-58.

Forêt, carbone et changement de climat ; Martin Y. ; 2008, n°180, p. 55-56.

Chasse et forêt : un jugement à valeur d'exemple ; 2008, n°182, p. 64.

Loisirs-menus produit de la forêt

La sécurité des parcours d'accrobranches ; Hachet J. ; 2007, n°172, p. 54.

Matériel

Bialtis, une nouvelle protection individuelle contre les dégâts de lapin ; Van Lerberghe Ph. ; 2007, n°175, p. 51-55.

L'impact de l'arbre de fer ; Baubet O. ; 2008, n°180, p. 57-59.

Matériel végétal

Plants forestiers : où trouver les variétés améliorées ? ; Girard S. ; 2007, n°172, p. 52-54.

Ameline, Gardeline, et Monteil : trois nouveaux merisiers très performants ; Soltysiak C. et al. ; 2007, n°175, p. 61-64.

Plants forestiers : où trouver les variétés améliorées ? ; Girard S. ; 2008, n°178, p. 59-60.

Milieux

Un parcours d'initiation aux stations forestières en Champagne humide ; Gaudin S. ; 2007, n°172, p. 60-63.

Les champignons, éléments essentiels de l'écosystème forestier ; Pichard G., Rolland B. ; 2007, n°176, p. 56-59.

Pathologie

Le fomes des résineux : du diagnostic au traitement ; Legrand Ph., Soutrenon A. ; 2008, n°178, p. 51-55.

Phytopathologie

Chancre du châtaignier après balivage de taillis infectés (2001-2006) : des résultats encourageants ; Soutrenon A. ; 2008, n°178, p. 44-50.

Populiculture

Que faire des peupleraies de Beaupré ; Paillassa E. ; 2006, n°169, p. 35-37

État d'avancement des travaux du Conseil national du peuplier ; Six S. ; 2006, n°169, p. 38-39.

Chancre : le « Poitou » blanchi en Nord-Pas-de-Calais Picardie ; Clauce F., Ménard M. ; 2006, n°169, p. 40-43.

Le puceron lanigère, un nouveau ravageur des peupliers en France ? ; Baubet O. ; 2006, n°171, p. 44-47.

Où trouver les cultivars de peuplier pour les plantations 2006-2007 ? ; Paillassa E. ; 2007, n°172, p. 55-59.

Où trouver les cultivars de peuplier pour les plantations 2007-2008 ? ; Paillassa E. ; 2007, n°177, p.54-58.

Les besoins en eau des peupleraies ; Paillassa E. ; 2008, n°181, p. 45-47.

Peuplier : besoins en eau et stations hors nappe ; Paillassa E. ; 2008, n°182, p. 53-56.

Où trouver les cultivars de peuplier pour les plantations 2008-2009 ? ; Paillassa E. ; 2008, n°183, p.54-57.

Qualité du bois

Douglas français et classement du bois ; Lanvin J.-D. et al. ; 2006, n°171, p. 59-64.

Recherche

Valorisation du bois par sa chimie, applications antiques, présentes et futures ; Stevanovic T. ; 2006, n°171, p. 48-52.

Le transfert des connaissances entre chercheurs et gestionnaires ; Six S. ; 2007, n°176, p. 44-46.

La qualité du bois entre dans le programme de sélection du pin maritime ; Raffin A., Chantre G. ; 2008, n°181, p. 56-59.

Mesures de flux de sève sur des merisiers du Sud-ouest ; Lambs L. et al. ; 2008, n°182, p.60-63.

Reconstitution de peuplement

Reboisement en douglas après coupe rase : quand économie se conjugue avec efficacité ; Marty P., Ortisset J.-P., Thévenet P. ; 2008, n°180, p. 60-64.

Dossier Réseau « reconstitution après tempêtes » ; Gonin P. ; 2008, n°183, p.13-42.

- Atelier «reconstitution après tempête» : des échanges fructueux ; Gonin P. ; 2008, n°183, p.14-15.

- Le catalogue des réseaux et dispositifs installés après tempête ; Borràs M., Lacombe E. ; 2008, n°183, p.16-17.

- Réseau reconstitution post tempête du Pôle Expérimentation Forêt Privée Française ; Vidal Ch., Becquey J., Gonin P., Paillassa E. ; 2008, n°183,

p. 18-23.

- Régénération naturelle du pin sylvestre en forêt mélangée chêne – pin de l'Orléanais ; Balandier et al. ; 2008, n°183, p. 24-27.

- Réponse de la biodiversité aux chablis en Brie ; Gosselin F. et al. ; 2008, n°183, p.28-32.

- Les Observatoires de dynamiques naturelles après tempête ; Van Couwenberghe L., Lacombe E., Gonin P., Mengin A. ; 2008, n°183, p.33-36.

- Évolution de la régénération dans les peuplements touchés par les tempêtes en Suisse ; Wohlgenuth T. ; 2008, n°183, p.37-40.

- Perspectives pour les réseaux de reconstitution après tempête ; Lacombe E., Borràs M., Gonin P., Richter C. ; 2008, n°183, p.41-42.

Sol/eaux

Dossier « le sol forestier, cet inconnu » ; Charnet F. ; 2006 n°171, p. 11-39.

- Le sol, cet inconnu ; Charnet F. ; 2006, n°171, p.12.

- Vade-mecum de pédologie descriptive pour le forestier ; Charnet F. ; 2006, n°171, p. 13-17.

- Les analyses de sols en forêt : est-ce bien nécessaire ? ; Charnet F. ; 2006, n°171, p. 18-22.

- Le sol, support de la production forestière : interprétation des caractères du sol comme contraintes ; Charnet F. ; 2006, n°171, p. 23-28.

- Le sol et l'eau : une clé de la productivité et de la santé des arbres ; Charnet F. ; 2006, n°171, p. 29-33.

- Tassement des sols : attention danger ! ; Charnet F. ; 2006, n°171, p. 34-39.

Stabilité des arbres et peuplements

Diagnostic de stabilité des peuplements ; Riou- Nivert Ph. et al. ; 2008, n°183, p. 43-47.

Sylviculture

Potentialités de régénération naturelle des feuillus sous épicéas ou douglas ; Landré F., Balandier Ph. ; 2006, n° 168 p. 56-59.

Sylviculture préventive contre l'incendie ; Colin P.-Y. ; 2006, n° 169, p. 52-54.

Dossier « boiser avec un accompagnement ligneux » ; Becquey J. ; 2006, n° 170, p. 11-57.

- *En boisement, les essences accessoires ont de l'avenir* ; Becquey J. ; 2006, 170, p. 12.

- *Plantations mélangées : une alternative aux plantations mono-spécifiques d'épicéa* ; Deleuze Ch. ; 2006, n° 170, p. 13.

- *Plantations mélangées d'épicéa et de feuillus précieux* ; Di Placidio J., Deleuze C., Berthelot A., Pain O. ; 2006, n° 170, p. 14-15.

- *Plantations mélangées d'épicéa commun et douglas* ; Di Placido J., Colson V., Michaud D., Deleuze Ch. ; 2006, n° 170, p. 16-18.

- *Plantations mélangées d'épicéa commun et bouleau* ; Di Placido J., Bigot M., Michaud D., Deleuze Ch., Pain O. ; 2006, n° 170, p. 19-20.

- *Des pistes pour boiser des terres agricoles avec du merisier* ; Gavaland A. ; 2006, n° 170, p. 21-25.

- *Exemples d'amélioration de la croissance et de la forme du noyer hybride par l'accompagnement ligneux* ; Gavaland A., Duval H., Willm J., Burnel L. ; 2006, n° 170, p. 26-31.

- *Effet d'un accompagnement d'aulnes sur la croissance et le développement d'alisiers et d'érables* ; Girard S., Armand G., Vidal Ch., Appert A. ; 2006, n° 170, p. 32-34.

- *Quels accompagnements ligneux choisir pour les plantations de noyer* ; Becquey J., Vidal Ch. ; 2006 n° 170, p. 35-38.

- *L'accompagnement ligneux améliore la réussite des plantations de noyer* ;

Becquey J., Vidal Ch. ; 2006, n° 170, p. 39-44.

- *Des billes de noyer plus longues avec l'accompagnement ligneux* ; Becquey J., Vidal Ch. ; 2006, n° 170, p. 45-50.

- *Enseignement de 30 années de recherche sur les plantations mélangées en Italie* ; Buresti Lattes E., Mori P., Pelleri F., Ravagni S. ; 2006, n° 170, p. 51-55.

- *L'accompagnement du planteur* ; Becquey J. ; 2006, n° 170, p. 56-57.

Dossier « le chêne, un nouveau potentiel » ; Lemaire J. ; 2007, n° 173, p. 11-49.

- *Le chêne, une essence fondamentale* ; Lemaire J. ; 2007, n° 173, p. 12.

- *L'économie des chênaies : du local à l'international* ; Toppan E. ; 2007, n° 173, p. 13-16.

- *Demande des transformateurs de chênes à l'aube du XXI^e siècle* ; Lemaire J. ; 2007, n° 173, p. 17-22.

- *Les singularités du bois de chêne* ; Lemaire J., Balleux P. ; 2007, n° 173, p. 23-27.

- *Gourmands et épïcormiques du chêne* ; Colin F. et al. ; 2007, n° 173, p. 28-34.

- *Influence de l'élagage artificiel sur*

la qualité de cicatrisation du chêne pédonculé ; Lemaire J. ; 2007, n° 173, p. 35-40.

- *Influence du grain, de l'espèce de chênes et de leur provenance sur l'élevage des vins* ; Orglandes J.-H. d', Lenoir D., Husson H. ; 2007, n° 173, p. 41-44.

- *Relation entre la qualité et le prix du bois de chêne* ; Cavaignac S. ; 2007, n° 173, p. 45-48.

- *Un chêne pour quel avenir ?* ; Lemaire J. ; 2007, n° 173, p. 49.

L'inventaire statistique forestier ; Mayeux B. ; 2007, n° 173, p. 58-63.

Quand la sylviculture prédispose aux dépérissements ; Legrand Ph. ; 2007, n° 177, p. 59-62.

Dossier : « Plantations mélangées : des exemples à adapter » ; Becquey J. ; 2008, n° 178, p. 9-42.

- *Quelle plantation mélangée pour quel objectif ?* ; Becquey J. ; 2008, n° 178, p. 10-11.

- *Que faire dans des plantations de chênes et de pin mélangées par bandes ?* ; Nebout J.-P. ; 2008, n° 178, p. 12-16.

- *Plantation et éducation des chênes dans le recru naturel* ; Nebout J.-P. ; 2008, n° 178, p. 17-20.

- *Des réactions similaires à l'accompagnement ligneux pour le frêne et le noyer hybride* ; Balandier Ph., Allégrini C., Jay D. ; 2008, n° 178, p. 21-25.

- *Des peupliers et des noyers en mélange, avec des plants accompagnateurs* ; Buresti Lattes E. et al. ; 2008, n° 178, p. 26-30.

- *Enseignement de deux plantations mélangées de peupliers 1214 et de noyers hybrides* ; Vidal Ch., Becquey J. ; 2008, n° 178, p. 31-36.

- *Le mélange peuplier-noyer est-il économiquement intéressant ?* ; Vidal Ch., Becquey J. ; 2008, n° 178, p. 37-38.

- *Les plantations mélangées par lignes, remises au goût du jour* ; Becquey J. ; 2008, n° 178, p. 39-42. ■

