

Info DFCI

Bulletin du centre de documentation « forêt méditerranéenne et incendie »

Amélioration de la connaissance des causes de départ de feu de forêt

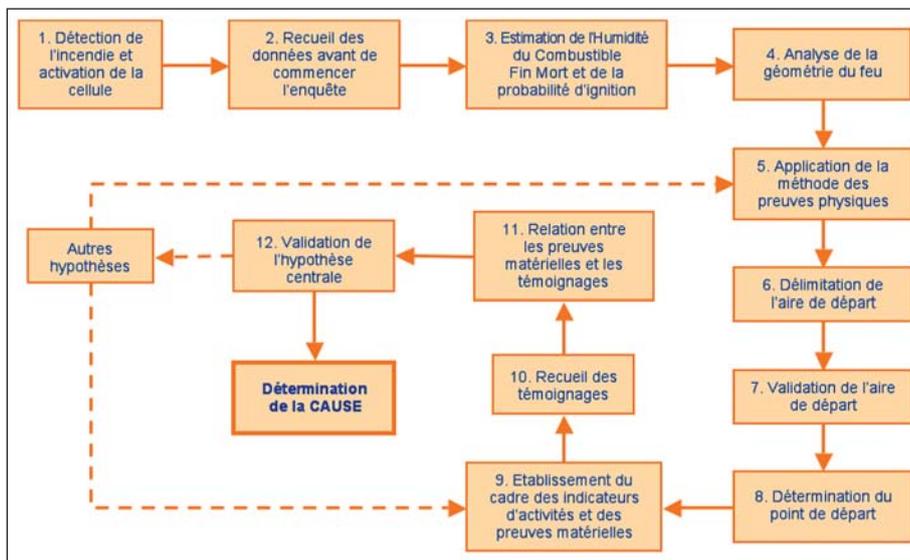
Dans le cadre du règlement européen Forest Focus*, l'Unité écosystèmes méditerranéens et risques du Cemagref d'Aix-en-Provence vient de réaliser un guide technique en collaboration avec les partenaires français (forestiers, gendarmes, pompiers) et espagnols (Eimfor**) reconnus pour leur compétence dans le domaine de la recherche des causes. Ce guide est donc un document de référence à l'intention des différents acteurs intervenant dans la recherche des causes de départ de feu.

Il a pour objectif de formaliser et d'adapter au contexte méditerranéen français les méthodes d'investigation – utilisées dans d'autres pays – de manière à constituer une base de travail pour la recherche des causes de départs de feu.

Il s'agit d'une démarche objective et structurée comme le montre l'organigramme ci-contre.

Le contexte général de l'incendie est d'abord étudié :

- données historiques ;
- conditions météorologiques et topographiques ;
- géométrie du feu.



Source Eimfor



Photos Cemagref

La topographie et la géométrie du feu sont appréhendées sur le terrain.

Traces de suie sur la face du caillou exposé au feu.

*L'action communautaire Forest Focus vise à surveiller de manière harmonisée, étendue, globale et à long terme l'état des écosystèmes forestiers européens. Elle se concentre notamment sur la protection contre la pollution atmosphérique et la prévention des incendies.

**Entrenamiento e Información Forestal, Madrid : entreprise espagnole privée dont l'activité principale concerne les incendies de forêt.



Les détails observés in situ sur les vestiges laissés par le passage du feu sont ensuite analysés à partir de la méthode dite « méthode des preuves physiques » : les traces laissées sur la végétation (trunks, branches, houppiers, herbes, etc.) ou sur des éléments physiques (pierres, poteaux,



Ce mégot est responsable d'un incendie qui a eu lieu sur une aire d'autoroute.

Photos Cemagref

coquilles d'escargot, etc.) sont repérées de façon à reconstruire l'évolution de l'incendie (direction de propagation, intensité et vitesse du feu) pour en déterminer précisément le point de départ. La localisation du point d'ignition (photos ci-dessus) qui est un travail très mé-

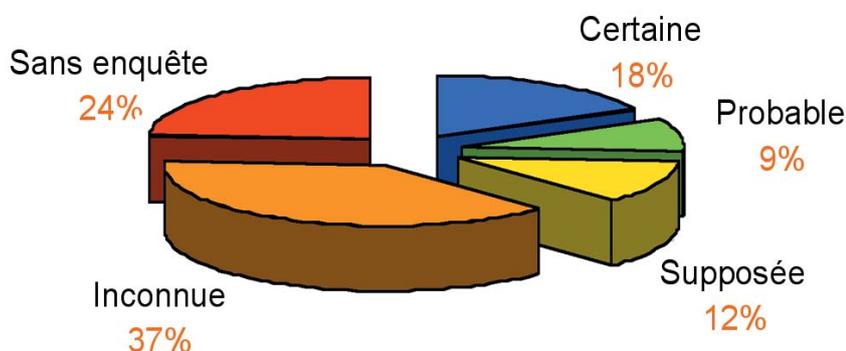
Dans le Var

Les jets de mégots sont responsables en moyenne d'un tiers des départs de feux dus à des causes accidentelles. Ainsi, du 1^{er} juin au 30 septembre 2008 :
108 départs de feu dont 53 d'origine accidentelle et dont 19 consécutifs à un mégot soit 35,8 %.

ticuleux, permet de retrouver un éventuel moyen d'ignition et finalement la cause ; d'une part à partir de cadres d'indicateurs d'activité – décrivant le contexte et les faits pouvant être à l'origine du départ de feu (orages, conflits d'usagers, travaux professionnels, etc.) – et d'autre part des témoignages recueillis et analysés par les services judiciaires.

Contacts : Marlène Long et Christian Ripert
marlene.long@cemagref.fr
christian.ripert@cemagref.fr

Connaissance des causes d'après Prométhée



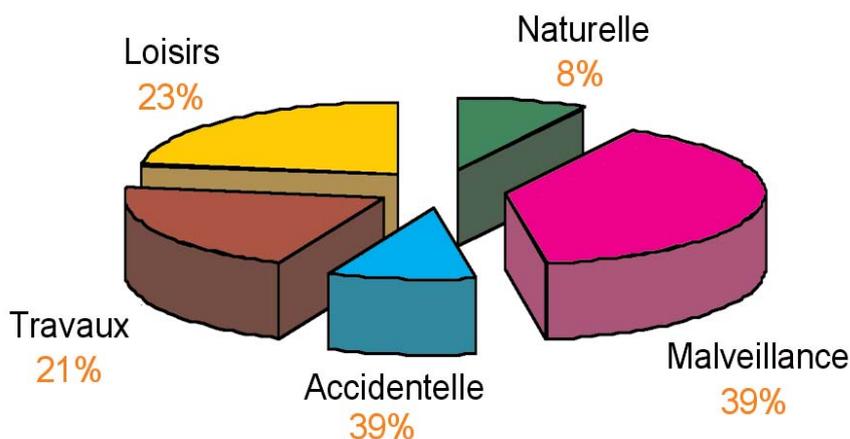
Connaissance des causes de départ de feu de forêt dans les 15 départements méditerranéens (moyenne entre 1982 et 2006).

La région méditerranéenne française est soumise aux incendies de forêt dont les causes sont souvent mal connues d'après la base de données Prométhée.

Toujours selon Prométhée, cette connaissance tend à s'améliorer depuis 1996, c'est-à-dire depuis la création par le préfet de Zone Sud des cellules pluridisciplinaires de recherche des causes d'incendies de forêts (cause certaine : 24%, cause probable : 15%, cause supposée 17% sur la période 1996-2006), mais elle reste inégale selon les départements. Dans le département du Var par

exemple, cette connaissance dépasse depuis 2003 les 90 % alors qu'elle reste faible (inférieure à 50 %) dans d'autres départements.

Les causes connues (causes certaines, probables ou supposées) de départ de feu de forêt sont multiples. Certaines d'entre elles – causes accidentelles ou causes liées aux travaux et loisirs (plus de 50 % des cas) – peuvent faire l'objet d'actions de prévention ciblées pour diminuer le nombre de départs de feu ; d'où l'importance de connaître leur origine.



Causes de départs de feux dans les 15 départements méditerranéens (moyenne entre 1996 et 2006)

Créée en 1973 pour les 15 départements méditerranéens, cette base de données statistiques administrée par le préfet de la zone sud/DPFM, recense pour chaque incendie leur localisation, leur superficie, les causes identifiées, etc. (www.promethee.com).

L'Entente est le centre de gravité d'un ensemble constitué par les collectivités départementales, les administrations centrales (ministères de l'Intérieur, Agriculture, Environnement, Armées et la Météorologie nationale) et des organismes publics ou privés (ONF, Cemagref, industriels). Ses missions fixées par la loi de modernisation de la Sécurité civile du 13 août 2004 consistent à informer, expérimenter, innover mais aussi former (www.entente-foret.com).

Caroline Piana travaille maintenant depuis 3 ans sur la recherche des causes de départs de feux. En 2007 à la demande de la Ddaf, elle a contribué à la mise en place de la Cellule d'investigation sur les incendies de forêt* de Haute-Corse et a organisé la première formation sur la recherche des causes de départs de feux dans ce département, dispensée avec l'appui de l'équipe espagnole de l'Eimfor.

En 2008, elle a été recrutée par cette structure pour animer le 2^e cycle de formation qui s'est terminé à la fin de l'été.

Nous avons rencontré Caroline Piana afin de faire avec elle un bilan.

– Pourriez-vous nous expliquer comment la formation s'est déroulée cette année ?

Le cycle se compose de 2 modules : une formation théorique au printemps et une formation pratique, en situation réelle, durant la saison feux de forêt. Le principe est le suivant :

Lors d'un départ de feu, le procureur requiert l'intervention de la Cellule d'investigation qui part sur les lieux de l'incendie pour enquêter. Cette équipe est composée de quatre personnes qui ont été formées l'année dernière, un forestier de la Ddaf ou de l'ONF, un sapeur-pompier, un gendarme ou un policier et un membre de l'Office de la chasse*. Ils jouent un rôle de tuteurs auprès des stagiaires qui les accompagnent lors de ces missions. Chacun contribuant à l'enquête et cette diversité apporte de la richesse.

De la même manière, il y a eu des évolutions dans la composition des équipes cette année :

Les gardes de l'Office de la chasse nous ont rejoints et leur contribution est très intéressante ; ils connaissent bien le territoire et le contexte local, sont au courant des éventuels conflits liés aux affaires de chasse ; ils apportent donc des informations complémentaires, très utiles à l'enquête.

Les policiers aussi se sont intégrés au dispositif, ils se répartissent les interventions selon le secteur dans lequel le feu se déclare.

Mon rôle a consisté à suivre le fonctionnement de ces cellules et les retours d'expérience ont permis d'améliorer le dispositif ; j'ai pu travailler de manière cohérente sur ces questions, me rendre compte à quel point il était fondamental d'acquiescer de l'expérience et de croiser les regards.

Il me semble important d'insister sur l'apparente simplicité de l'enquête qui, pour être menée à bien, requiert une expérience pratique de terrain. Chaque feu est unique, un même indice devra être exploité différemment selon le type de feu concerné ; il faut pouvoir faire une bonne lecture du paysage, connaître la végétation, la topographie, les conditions météo, tous ces critères devant être couplés à une capa-

cité de se remettre en question. Il faut croiser les idées, les impressions de chacun des membres de la cellule qui apportent leurs connaissances professionnelles, les mettent en commun et permettent ainsi de formuler des hypothèses.

– Nous ne sommes qu'au début de la mise en œuvre de ces formations, quelles propositions pourriez-vous faire pour améliorer le dispositif ?

Il faudrait sensibiliser les primo-intervenants à préserver au maximum la zone supposée de départ du feu, la délimiter avec de la rubalise, éviter de la piétiner, ne pas la noyer dans la mesure du possible, tant que cela ne contrarie pas les opérations de lutte. Un autre point concerne les données météo : l'idéal serait d'équiper ces primo-intervenants de matériel adéquat pour effectuer rapidement des relevés de température, d'humidité de l'air, de vitesse et direction du vent. En effet, la station météo est parfois éloignée du lieu de l'incendie, or en Corse le relief

influe énormément, les données pouvant varier d'une vallée à l'autre.

Enfin une organisation similaire à celle mise en place par le réseau « brûlage dirigé » serait judicieuse : partage d'expérience, tutorat, animation des équipes ; les stagiaires pratiquant le brûlage dirigé ont progressé plus rapidement que les autres dans la recherche des causes, ils ont une connaissance du comportement du feu qui leur permet de lire les indices, de décrypter plus instinctivement les traces laissées par l'incendie ; les formations BD et recherche des causes étant complémentaires, l'idéal serait que les « brûleurs » participent aux formations RCCI.

Enfin le travail étant répétitif et fastidieux, il est important que les personnes intégrant les cellules soient volontaires et motivées.

Contact: Caroline Piana
caropiana@wanadoo.fr

Historique sur la recherche des causes

1973 : création de la base de données Prométhée.

1981 : modification de la codification des causes dans Prométhée. Introduction du type « inconnu ».

1996 : création par le préfet des cellules pluridisciplinaires de recherche des causes d'incendies de forêts.

1998 : le guide de l'enquêteur.

1999 : portage de Prométhée sur Internet.

2004 : réactivation de l'équipe pluridisciplinaire dans le Var, suite aux grands feux de 2003.

2005 : séminaire et journée de démonstration sur le terrain sur la méthode des preuves physiques organisée par le Cemagref et l'agence MTDA à la demande de la DPFM.

Été 2006 : appui technique organisé par le Cemagref dans différents départements des deux régions méditerranéennes (Paca, Languedoc-Roussillon, Corse), avec 2 intervenants espagnols (Eimfor), dans le cadre de l'étude Forest Focus (DGFAR).

Été 2007 : 1^{ère} formation à la recherche des causes d'incendie en Corse initiée par la Ddaf2B (formation théorique et appui technique dispensée par l'Eimfor)

Hiver 2008 : création du Comité de pilotage et du Comité pédagogique chargés de mettre en place les formations spécialisées dans la recherche des causes d'incendies de forêts, lesquelles consistent en un transfert de savoirs et de savoir-faire des pays européens plus avancés que la France sur ce dossier, l'Espagne bien évidemment, et l'Italie notamment. Les centres de recherche opérant sur ce dossier : le Cemagref et le Ceren font partie de ce Copil.

14 et 15 mai 2008 : l'école de Valabre organise à son initiative et conjointement avec le Sdis du Val-d'Oise, un colloque international sur la recherche des causes et circonstances d'incendies.

16 et 17 juin 2008 : le Copil procède à une évaluation des formations à la recherche des causes d'incendies financées depuis 2007 en Corse, lesquelles sont animées par l'Eimfor, en présence des autorités insulaires.

29 mai (Nîmes), 30 mai (Valabre), 10 juin (Corte) : sessions de sensibilisation à la recherche des causes d'incendies de forêts (à la demande express du parquet général d'Aix-en-Provence), axées sur la protection des traces et indices.

11 juin 2008 : courrier du préfet de zone aux quinze préfets de la zone, insistant sur la nécessaire protection des zones de départs de feux afin de permettre le travail d'investigation ultérieur sur l'identification certaine de la cause d'incendie, et demande d'activer la constitution des équipes pluridisciplinaires de recherche des causes, en liaison avec les parquets de ressort.

Été 2008 : 2^e formation à la recherche des causes d'incendie en Corse initiée par la Ddaf2B (formation théorique et appui technique dispensée par l'Eimfor).

Juillet 2008 : sortie du guide technique sur l'amélioration de la connaissance des causes de départ de feu, rédigé par le Cemagref dans le cadre de l'étude Forest Focus (DGFAR).

26 novembre 2008 : installation d'un réseau (ou cercle de qualité), sur le thème de la recherche des causes d'incendies de forêts, destiné à évaluer l'action de sensibilisation mise en place en 2008, et à permettre aux équipes pluridisciplinaires en place d'échanger leurs expériences, de faire état des difficultés rencontrées en permettant ainsi, comme c'est le cas pour le brûlage dirigé, de procéder à une évaluation permanente de l'action publique engagée et d'ajuster les moyens mis en œuvre aux problèmes posés.

En prévision

Courant 2009 : Ces formations qui s'adressent à des formateurs spécialisés dans la recherche des causes d'incendies, quel que soit leur service de rattachement, (parquets, gendarmerie et police nationale, SDSI, ONF, Daf, Orsap, etc.), devraient être mises en place dès 2009, en fonction des besoins exprimés par les préfets et les parquets.

*CHIF

**Office national de la chasse et de la faune sauvage.

Formation à la recherche des causes

À la demande du préfet de zone Michel Sappin, l'Ecasc est chargée de mettre en place deux types de formation :

- sensibilisation des primo-intervenants à la préservation des traces et indices ;
- formation des équipes pluridisciplinaires destinées à déterminer les causes de départs des feux de forêt.

Trois sessions expérimentales, réunissant 80 personnes, ont été organisées dans chacune des régions (Paca, L-R et Corse) avant l'été ; ces participants, dits primo-intervenants, qu'ils soient forestiers, sapeurs-pompiers, CCFF ou forestiers sapeurs ont été informés et sensibilisés à l'importance de préserver la zone supposée du départ du feu, ce qui passe par un balisage de ce périmètre.

Il s'agit aussi d'éviter les noyages par l'eau, les piétinements, les passages de véhicules afin de permettre un relevé optimal des traces et indices.

La rédaction d'un référentiel de formation est maintenant en cours afin de permettre à chacun des organismes concernés de poursuivre en interne la formation de ses personnels.

Le deuxième volet concerne la formation des équipes pluridisciplinaires qui seront calquées sur les modèles du Var et

de la Haute-Corse. Le comité pédagogique est composé de magistrats, de sapeurs-pompiers, de forestiers, de gendarmes et policiers et de l'équipe pédagogique de l'Ecasc.

La rédaction du référentiel « formation » repose sur la théorie des « évidences physiques » et sera réalisé à partir des outils et guides existants :

– *Guide sur l'amélioration de la connaissance des causes de départ de feux* réalisé par le Camagref ;

– guide de procédure du « *corpo forestale* » italien en cours de traduction ;

– guide des forestiers catalans.

La première formation expérimentale devrait avoir lieu en 2009 à Valabre et sera destinée aux personnes qui seront désignées pour faire partie des équipes pluridisciplinaires dans chaque département.

En ce qui concerne le module de sensibilisation, il devrait être intégré dans les modules FDF 1 (équipier), FDF 2 (chef d'agrès) et FDF 3 (chef de groupe).

L'Ecasc a organisé à Valabre en mai 2008, en liaison avec le Sdis du Val-d'Oise le premier colloque international relatif à la recherche des causes et circonstances des incendies.

Exercices de simulation franco-américains

L'Ecasc accueille du 8 au 12 décembre 2008 une équipe américaine qui participera avec une équipe française à des exercices de simulation de lutte sur feux de très grande ampleur.

La conjonction de 3 phénomènes rend inexorable l'augmentation du nombre de très grands feux : le réchauffement climatique, le développement d'un habitat diffus en zone périurbaine et l'accroissement de la biomasse.

L'Ecasc s'inscrit dans un projet de recherche franco-américain qui vise à améliorer l'organisation et la formation actuelle des services de secours à la lutte dans ces situations extrêmes et à proposer des modes d'organisation synergiques avec les populations concernées. C'est dans ce contexte que l'Ecasc va accueillir du 8 au 12 décembre 2008 à Valabre une équipe américaine ;

L'objectif est de comparer, au moyen d'exercices de simulation, les méthodes d'organisation et de lutte des équipes des deux pays dans des conditions opérationnelles identiques, c'est-à-dire avec le même départ de feu, les mêmes ressources et le même environnement ce qui n'a encore jamais été réalisé.

Cela permettra aussi pour une équipe donnée d'analyser ses comportements selon les différents scénarios proposés par le simulateur ; en effet, les équipes

disposeront de la dernière version de cet outil unique de simulation par réalité virtuelle.

Les ressources pré-positionnées et à disposition sont identiques. Les modes d'organisation opérationnelle et les protocoles de mobilisation des ressources sont différents. Il est important que les équipes puissent fonctionner de la manière la plus proche de leur mode opératoire habituel.

Dans ces conditions, il sera possible d'observer finement ce qui constitue le cœur des HRO : les modes d'interaction entre membres d'une équipe de commandement.

Si les deux équipes obtiennent des résultats comparables, les similitudes entre les modes d'interaction observés seront des « constantes » des lois régissant la fiabilité organisationnelle, indépendantes de la répartition des tâches (dans l'équipe US, l'IC fait ceci ; dans l'équipe FR, le Cos fait cela).

Si les deux équipes obtiennent des résultats différents, nous analyserons pourquoi certains modes d'interaction sont plus efficaces.

Contact : Jean-Marc Bedogni
jm.bedogni@valabre.com

L'Entente pour la protection de la forêt méditerranéenne

L'article 63 de la Loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004 permet à l'Entente interdépartementale en vue de la protection de la forêt et de l'environnement contre l'incendie d'évoluer vers un nouvel établissement public regroupant, en plus des conseils généraux, les régions, les Services départementaux d'incendie et de secours (Sdis) et les Établissements publics de coopération intercommunales (Epci) qui le souhaiteraient.

Le premier conseil d'administration du nouvel établissement public intitulé « Entente pour la protection de la forêt méditerranéenne » s'est tenu à Valabre le 1^{er} octobre 2008. Il se compose de :

– 13 conseils généraux :

Alpes-de-Haute-Provence, des Hautes-Alpes, des Alpes Maritimes, de l'Ardèche, de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, de Corse-du-Sud, du Gard, de l'Hérault, de la Lozère, des Pyrénées-Orientales, du Var, du Vaucluse ;

– 14 Sdis :

Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Alpes-Maritimes, l'Ardèche, l'Aude, des Bouches-du-Rhône, Haute-Corse, Corse-du-Sud, Gard, Hérault, Lozère, Pyrénées-Orientales, Var, Vaucluse

– 1 région :

la collectivité territoriale de Corse. Ce nouvel établissement public regroupe les anciens services l'Entente (Communication, Ceren et PôNT), et l'École d'application de la sécurité civile de Valabre (Ecasc). Il peut exercer, au choix des structures qui le constituent, les compétences et attributions suivantes en vue de concourir à la protection de la forêt méditerranéenne et de son environnement :

- l'expérimentation, la location, l'acquisition et la gestion d'équipements et de matériels, ainsi que la constitution entre ses membres d'un groupement de commandes afin de coordonner et grouper les achats ;
- en liaison avec les organismes compétents en la matière, la formation des différents personnels et agents concernés par la protection de la forêt méditerranéenne et la sécurité civile, en particulier les sapeurs-pompiers professionnels et volontaires ;
- l'information et la sensibilisation du public ;
- la réalisation d'études et de recherches ;
- la mise en œuvre de nouvelles technologies.

Détection et localisation des feux de forêt: le projet *Fire*

Une équipe tripartite composée de chercheurs, d'industriels et opérationnels a développé un système automatique de détection et de localisation de feu qui fonctionne à base de capteurs.

La détection et la localisation précoce d'un feu de forêt est primordiale pour réussir son attaque initiale. Si un incendie n'est pas maîtrisé rapidement, les moyens de lutte auront beaucoup de difficulté à stopper sa propagation. L'ensemble des moyens de détection existants, tels que les patrouilles en forêt, les tours de vigie, les systèmes de détection automatique représente une aide considérable dans cette phase décisive du développement de l'incendie. Afin de compléter ces systèmes et de renforcer la phase de surveillance (prévention) dans certaines zones sensibles ou tout simplement dans des zones non couvertes par les systèmes existants, un nouveau concept a été mis au point. Il consiste à disposer des capteurs dans une zone donnée, afin de détecter, de localiser et de suivre la position d'un front de feu. Ces informations sont retransmises en temps réel à un opérateur qui reçoit une alarme dès qu'un feu est déclaré dans la zone équipée.

Les spécifications de ce système ont été élaborées par le Sdis 13 de manière à réunir les conditions suivantes: localisation précise du départ de feu, transmission de l'alerte à un PC opérationnel situé à longue distance, système autonome, fonctionnant de jour comme de nuit, peu onéreux, maintenance réduite, intégration du système dans le paysage, mise en place du système optimisé par un simulateur de propagation de feu.

Chaque capteur, géo-référencé, dispose d'une mesure de température et/ou d'humidité relative de l'air. Ces données sont transmises en temps réel à un opérateur via un serveur web. La fréquence de l'envoi des données est facilement réglable et dépend principalement des périodes d'utilisation. Lorsqu'un certain seuil de température est atteint, une alarme est envoyée. Lorsqu'un incendie se déclare, les flammes vont détruire le capteur qui va alors cesser d'émettre. C'est ce « mutisme » contrôlé et vérifié (cas des pannes) qui sert à déclencher l'alarme au niveau du PC



Relais

Photo Ceren

opérationnel. Reliés à des portables ou à des serveurs terminaux par un système de transmission de l'information hautement sécurisés, ce réseau de capteurs, appelé Fire sensors, permettra de donner l'alerte au plus tôt. Il facilitera l'élaboration des plans d'intervention par une localisation très précise du point d'éclosion ou du front de feu. L'ensemble de ces mesures sur le terrain pourra permettre une anticipation des risques. La détection se fera en fonction des objectifs retenus pour cette zone et déterminés en commun avec les services de secours, les responsables ou propriétaires des biens à protéger.

L'élaboration des capteurs d'incendie et la transmission des données a nécessité le regroupement des savoir-faire de la société Cryptiris dans le domaine des radiofréquences et de la transmission de données, et des savoir-faire de la société Smart Packaging Solutions dans le domaine du packaging de puces silicium sur support souple utilisé dans la « carte à puce ».

La validation des capteurs a été réalisée par le Ceren, lors de brûlages dirigés et dans le tunnel à feu. Des prototypes de capteurs ont été positionnés dans la végétation à proximité et au contact d'un front de flamme. On a pu estimer d'une part le temps de réponse de ces capteurs, soit par une élévation rapide de température, soit par la destruction du capteur et d'autre part l'efficacité et la portée du réseau de transmission de l'alerte.

Ces essais ont permis de mettre au point la version définitive des capteurs qui sont aujourd'hui implantés sur plusieurs zones pilotes dont le site de Valabre.

La disposition et le nombre de capteurs sont deux paramètres primordiaux dans l'efficacité du système. Pour ce faire, une étude de l'historique des feux et des conditions mé-

téorologiques sur la zone étudiée doit être réalisée. En effet, il est important de connaître les zones d'éclosion déjà répertoriées ainsi que les couloirs préférentiels de feu et de vent pour distribuer les capteurs dans l'espace. Ces informations serviront de données d'entrée dans le code de simulation de feu. Ce code, appelé *Fire Code*, a été développé par l'équipe « Dynamique des feux » de l'Iusti (Institut universitaire des systèmes thermiques industriels en collaboration avec le Ceren). C'est un outil d'aide à la décision indispensable pour connaître l'axe de propagation de chaque feu potentiel dans la zone. Il est capable, à partir d'un départ ou d'un front de feu, de prédire son évolution en tenant compte de la topographie du terrain, de la végétation et du vent, et d'en déduire sa puissance potentielle en un lieu donné. L'analyse des résultats de simulation permettra d'implanter de manière optimale le réseau de capteurs.

Sur le serveur Web du réseau de Valabre, ces capteurs sont visualisables sur un fond cartographique 3D. Dès que l'un d'entre eux s'arrête de fonctionner, l'icône du capteur change d'état.

Il est possible de visualiser la simulation de la propagation d'un feu.

L'ensemble de cette étude a été réalisée dans le cadre du projet *Fire*, qui a bénéficié d'une double labellisation par le pôle Gestion des risques et vulnérabilité des territoires et par le pôle mondial Solutions communicantes sécurisées.

Contact : Guy Guistini
SPS, Z.I. 13106 Rousset.

Label Valabre

Dans le domaine de l'incendie et plus spécifiquement dans celui des feux de forêt, la quasi majorité du matériel (véhicules, équipements de protection individuelle, émulseurs...) a été reconnue par un organisme spécialisé de l'application conforme et efficace d'une norme qui lui est propre.

Cette norme constitue un ensemble de règles communes relatives aux caractéristiques techniques d'un matériel. Nous connaissons actuellement plusieurs types de normes : d'ordre national (Afnor), européenne (CEN) et internationale (Iso).

Le site de Valabre, référence mondiale du feu de forêt, se devait d'apporter sa contribution non pas en terme d'organisme normatif mais de conseiller aux utilisateurs. Cette nouvelle démarche ciblée côté purement praticien se concrétise par la reconnaissance d'un label de qualité « Label Valabre ». Sa principale composante est la mise en situation opérationnelle des produits dédiés aux feux de forêt.



Capteur

Photo Ceren

Impact de la répétition des incendies sur l'environnement

Le projet *Irise* a été réalisé dans le massif des Maures, de 2005 à 2008, par un groupe de neuf laboratoires des régions d'Aix, Marseille, Avignon, Lyon, Grenoble et Toulouse financés principalement par l'Union européenne. L'objectif des chercheurs était d'évaluer l'impact de la répétition des feux de forêt sur la biodiversité et le sol à travers une approche pluridisciplinaire. Les résultats observés indiquent que globalement, le temps depuis le dernier feu – donc la dynamique de reconstitution de l'écosystème – influence plus les paramètres mesurés que le nombre ou la fréquence des feux; cependant, ces derniers jouent un rôle significatif, qui peut devenir dominant lorsque la fréquence des feux est très élevée.

L'approche pluridisciplinaire a couplé des paramètres biologiques (végétation, faune et microfaune du sol, bactéries) et de nombreuses caractéristiques physico-chimiques du sol. Les objectifs consistaient d'une part à connaître le rôle des interactions entre tous ces paramètres dans la résistance du système aux perturbations et dans sa résilience* et d'autre part à déterminer les seuils de fréquence qui provoquent une dégradation durable de l'écosystème. Ainsi il fallait rechercher des indicateurs permettant de diagnostiquer l'état du système et de suivre son évolution.

La région étudiée comporte des zones qui ont brûlé de 0 à 5 fois en l'espace de 50 ans. En raison de la sécheresse persistante durant toute la durée du projet (2005-2008), l'interaction entre répétition des feux et répétition des sécheresses a été simultanément étudiée.

L'absence de feux durant 200 ans permet une spectaculaire remontée biologique et un gain important sur le potentiel de l'écosystème, marqués par la reconstitution d'un humus épais (jusqu'à 15 cm) et une modification de la structure et de la composition végétale.

Une fréquence moyenne d'incendie – soit un feu tous les 25 à 50 ans – permet une bonne résilience de l'écosystème, mais à un niveau faible de potentialités restant en limite de rupture. Le stock de matière organique est alors limité aux premiers centimètres du sol (0-5 cm) où se concentre l'activité biologique. La plupart des paramètres modifiés par le feu récupèrent quantitativement au bout de 15 à 25 ans. Mais il faut en général 50 ans pour les aspects qualitatifs.

Avec des fréquences plus élevées, de nombreux paramètres chimiques et biologiques sont durablement altérés, traduisant une réduction globale des potentialités du système. La composition et la structure de la végétation changent, avec une perte significative de matière organique dans le sol. Cette perte s'accompagne de sa transformation qualitative, responsables d'une baisse de l'activité des micro-organismes, de leur résistance aux perturbations et de leur résilience. Le cycle de

* Capacité à se régénérer progressivement.



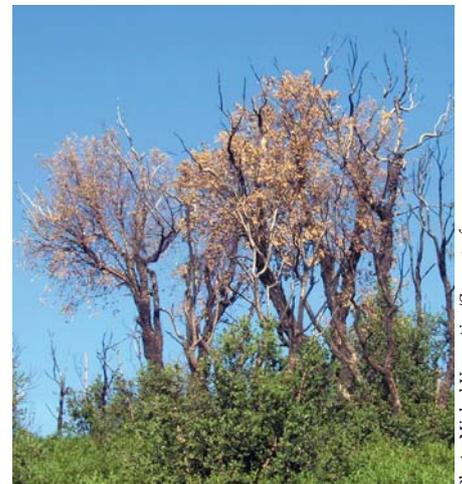
Chênes-lièges brûlés en 2007 dans les Maures.

l'azote est particulièrement touché. Dans un régime moyen d'incendie de l'ordre d'un feu tous les 25 à 50 ans, ces forêts ne gagnent ni ne perdent du carbone dans les horizons superficiels du sol et dans la biomasse vivante. Elles en perdent en cas de feux répétés plus souvent. Elles possèdent par contre un grand potentiel de stockage (effet puits de CO₂) en cas de non-brûlage sur plus d'un siècle. La lutte contre les incendies peut ainsi contribuer à lutter contre l'effet de serre.

La conjonction de nombreux feux et de sécheresses répétées conduit à un effondrement du fonctionnement biologique de l'écosystème. Chacune des perturbations (feu et sécheresse) amplifie les effets néfastes de l'autre. Une sécheresse persistante arrête la dynamique normalement rapide de l'écosystème entre la 3^e et la 5^e année après le feu, et fait même régresser certains paramètres biologiques. Les sites les plus souvent brûlés sont les plus touchés par la sécheresse. L'effet préalable de la sécheresse a aussi aggravé l'impact des feux de 2007 (photo ci-contre).

Quatre années successives de sécheresse semble un seuil critique pour l'écosystème,

de la même manière que 4 feux seraient un seuil critique en 50 ans. Le changement climatique futur, en multipliant les sécheresses, ne peut donc que fragiliser d'avantage ces écosystèmes, en multipliant les incendies et en accentuant leurs effets néfastes.



Chênes-lièges ayant rejeté en 2003 après l'incendie et dépérissants suite à des épisodes de sécheresse continue de 2003 à 2007.



Photos: Michel Vennetier/Cemagref

Extraction des vers de terre à l'aide d'extrait de moutarde dilué dans l'eau d'arrosage; ce produit irrite les vers qui remontent à la surface, ce qui permet de les compter.

L'activité et la diversité biologique du sol, ainsi que leur résistance aux perturbations, dépendent largement de la teneur en matière organique et de la qualité de celle-ci. C'est la réduction de cette teneur par les incendies au-delà de seuils critiques qui met en danger le fonctionnement de l'écosystème et son avenir.

Des expériences menées sur le terrain et en laboratoire ont montré que l'apport de compost permettait de relancer de façon significative l'activité biologique, et avait un effet très positif sur la survie et l'état sanitaire de la végétation, que ce soit après un feu sévère de 2007, comme sur les feux de 2003.

Du point de vue des gestionnaires cela implique de protéger prioritairement :

– les zones déjà très souvent brûlées, dégradées, où un feu supplémentaire peut

PARTENAIRES

- EMAX – Ecosystème Méditerranéens et Risques – Cemagref Aix-en-Provence (coordinateur)
- CEREGE, Univ. Paul-Cézanne / CNRS
- EMMAH – Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes – INRA Avignon
- EPGR : Ecosystème et Paysages – Cemagref Grenoble
- IMEP : Univ. Paul-Cézanne et Univ. de Provence / CNRS
- LCAE : Laboratoire Chimie Analytique de l'Environnement – Univ. Paul-Cézanne / CNRS
- LCP : Laboratoire Chimie Provence – Univ. de Provence
- LEM : Laboratoire d'Ecologie Microbienne – Université Lyon 1 / CNRS Lyon
- Medias France : Toulouse

Indicateurs

Un certain nombre d'indicateurs ont été sélectionnés, permettant de différencier les régimes de feu, le temps depuis le dernier feu ou la capacité de résilience de l'écosystème. Ils peuvent être utilisés pour des évaluations spatiales ou des suivis temporels de l'état des forêts méditerranéennes soumises aux incendies.

- La densité du couvert arboré (par exemple du chêne-liège dans les Maures) joue un rôle important dans la résilience du système, notamment à cause de la composition floristique qui en découle, qui contrôle partiellement l'activité biologique du sol par la qualité et la quantité de la matière organique apportée. Des feux trop fréquents ou la conjonction d'incendies et de sécheresses récurrentes diminuent cette densité.
- La présence ou l'abondance de certaines plantes (fougères, lierre, forte densité du fragon), et la dominance relative des chênes verts et blancs sont caractéristiques de forêts anciennes ou très anciennes.
- L'activité des vers de terre est un facteur clef de la résilience du fonctionnement biologique et des paramètres physiques du sol. Elle permet de différencier les forêts non brûlées depuis plus de 15 ans de celles brûlées récemment. La distribution spatiale de cette activité sépare également les forêts brûlées depuis respectivement 15-25 ans de celles non brûlées depuis 50 ans. Cette activité est fortement altérée quantitativement, spatialement et qualitativement par la conjonction de feux et sécheresses répétées.
- Les teneurs en matière organique dans les horizons superficiels (0-5 et 5-15 cm) sont de bons indicateurs des régimes extrêmes d'incendie : elles sont élevées dans les témoins très anciens, et faibles à très faibles pour les incendies fréquents et récents.
- La qualité de la matière organique différencie les témoins non brûlés depuis longtemps (50 ans), grâce à une transformation des substances humiques, que le feu rend durablement plus récalcitrantes à la biodégradation et qui reste détectable significativement 25 ans après un incendie. Cette qualité dépend aussi de la composition floristique, en partie déterminée par le régime d'incendie. Les cystes notamment et d'autres plantes caractéristiques des zones brûlées récemment produisent des molécules difficilement biodégradables, qui contribuent à réduire la concurrence des bactéries pour l'azote. Ces différences qualitatives sont détectables

par différentes méthodes de laboratoire comme la spectroscopie par lumière proche et moyen infra-rouge, les ultra-violet et la résonance magnétique nucléaire (RMN).

- La spectroscopie infra-rouge, technique facile et rapide à mettre en œuvre permet en plus de détecter d'autres paramètres physico-chimiques du sol (richesse minérale). L'analyse comparative par ces méthodes de l'horizon superficiel du sol (0-5 cm) et des déjections de vers de terre (turricules) est un bon indicateur du temps écoulé depuis le dernier feu et en partie du régime d'incendie, les vers concentrant la matière organique et amplifiant l'activité biologique.

- La porosité du sol, à l'échelle de l'activité biologique (microbiologie et microfaune) semble pouvoir différencier à la fois des classes de temps après l'incendie et le régime passé de feu. Cet indicateur demande cependant à être validé sur un plus large échantillonnage.

- La teneur en azote ammoniacal sépare clairement les zones non brûlées depuis 50 ans ou plus de toutes les modalités brûlées, en lien avec la perturbation durable par le feu du cycle de l'azote.

- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : Ce sont des molécules toxiques produites au moment de l'incendie et dont la dégradation ou le lessivage dans le sol sont assez lents, certaines étant très persistantes. Parmi elles, le rétène est un HAP caractéristique des sols fréquemment incendiés dans le passé. Les teneurs relatives des principaux HAP présents dans le sol (une quinzaine) permet de séparer les zones non brûlées depuis 50 ans ou plus de celles brûlées plus récemment, et la quantité totale de HAP, qui décroît après le feu, de séparer les incendies anciens, récents et très récents.

- La résistance et la résilience de la respiration microbienne à un stress hydrique différencient très bien les sols incendiés récemment mais aussi, dans les sols anciennement incendiés, ceux qui l'ont été fréquemment de ceux qui n'ont que peu brûlé. Certaines activités enzymatiques microbiennes sont aussi de bons indicateurs de forêts anciennes.

dépasser les capacités de résistance et de résilience de l'écosystème et compromettre irrémédiablement sa reconstitution.

– les forêts les plus anciennes (150-200ans) parce qu'elles sont très rares et très morcelées et parce qu'elles contiennent des espèces spécifiques qui risquent de disparaître localement. D'autre part, le feu les dégraderait à long terme car elles ont perdu en partie leur résistance (peu d'espèces pyrophiles) et beaucoup de leur résilience structurelle.

– les forêts qui ont atteint 50 ans ou un peu plus, en raison de leur relative rareté, de leur fragmentation spatiale limitant la dispersion possible des espèces spécifiques et de la dynamique rapide d'enrichissement chimique et biologique qui s'y produit.

Les forêts n'ayant pas brûlé depuis quelques dizaines d'années et présentant une den-

sité suffisante de chêne-liège, ou un maquis dense d'arbusier et de bruyères, seraient moins prioritaires que certaines zones de maquis dégradés, car beaucoup plus à même de résister à un incendie et de s'en remettre. Cette conclusion est à nuancer en fonction des problèmes de sécheresse, les suberaies étant plus sensibles au feu en cas de sécheresse prolongée.

La reconstitution de la fertilité et de la dynamique du milieu par apports de composts semble une voie prometteuse pour les zones que l'excès de feu et de sécheresse menace ou a déjà conduit à une situation critique de dégradation.

Contact: Michel Vennetier,
coordinateur général du projet
michel.vennetier@cemagref.fr

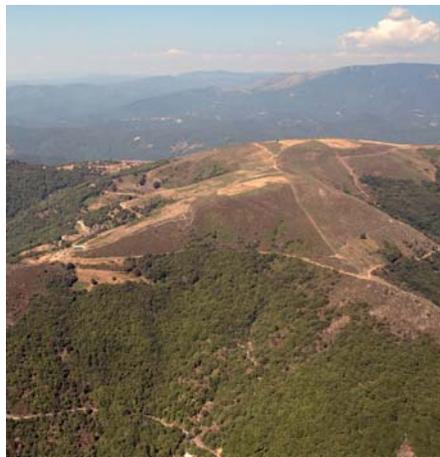
L'entretien des coupures de combustible

Le nouveau dispositif réglementaire et financier destiné à l'entretien des coupures de combustibles a évolué, entraînant de sérieuses difficultés d'adaptation chez les éleveurs et une baisse notable des surfaces engagées.

Depuis un peu plus de 25 ans, de nombreuses expérimentations et réalisations ont été conduites en régions méditerranéennes françaises sur la question de la participation des activités d'élevage pastoral à la prévention des incendies de forêt et notamment pour la création et de l'entretien de dispositifs de coupures de combustible. Ces actions ont été menées en partenariats actifs entre les différents gestionnaires de la prévention des incendies de forêt (ONF, Ddaf, collectivités territoriales), les organismes de recherche (Inra, Cemagref) et les services pastoraux méditerranéens (Sime-L-R devenu Suamme, Cerpam, Institut élevage). Elles se sont étendues dès le début des années 90 dans le cadre d'un réseau, le « Réseau coupures de combustible », qui fonctionne depuis et qui a produit de nombreuses références sur la question.

Dès le départ, cette problématique de la prévention des incendies de forêt a été traitée au moyen d'un certain nombre de projets pilotes qui ont été ensuite généralisés. Différentes modalités de création de ce type d'ouvrages associant les activités pastorales à leur entretien ont été ainsi examinées, abordant tout autant les méthodes de concertation, les conditions d'implantation et d'entretien, l'efficacité et l'impact attendus de ces ouvrages, les circonstances de leur mise en œuvre dans les cadres évolutifs des plans coordonnés à l'échelle des massifs forestiers et des départements (« Pidaf », schémas départementaux, plans de massif...)

Le pastoralisme peut intervenir principa-



Photos Suamme

lement dans la gestion et l'entretien des coupures de combustible dites « passives ». Ces coupures de combustible ont pour objet principal de limiter les surfaces parcourues par les grands incendies. Elles doivent permettre d'offrir des zones d'appui à la lutte permettant aux pompiers d'intervenir directement sur le front (compartimentage des massifs) ou le flanc (fractionnement des feux) des grands incendies et de tenter d'en stopper la propagation.

Ces dispositifs sont conçus pour réduire la puissance d'un front de feu les abordant et assurer ainsi l'intervention des services de lutte en sécurité; la végétation combustible doit y être traitée tant en volume qu'en structure de combustible (discontinuités verticale et horizontale) au moyen d'une combinaison entre le pâturage des troupeaux et des travaux de débroussaillage (gyrobroyages, feux pastoraux et brûlages dirigés, etc.)

Ces aménagements ont souvent démontré leur efficacité à condition que l'entretien ait bien été assuré et que les unités de lutte puissent intervenir sur la coupure au moment du passage du feu. Leur efficacité est donc liée au fait que les pompiers ne soient pas mobilisés en totalité pour la protection des biens et des personnes dans les espaces fortement urbanisés et où s'entremêlent constructions et zones boisées. Malgré cela, les partenaires s'accordent à dire que les coupures « pastorales » de fractionnement ou situées dans les zones

d'arrière pays ont toute leur légitimité. Les questions budgétaires concourent également à l'efficacité des ouvrages, d'un double point de vue: celui des investissements (au moment de la conception et de l'aménagement des coupures) et celui des modalités d'entretien.

Pour financer l'entretien des coupures « pastorales », un dispositif proposé au niveau européen a été mis en œuvre: les Mesures agroenvironnementales (ou « Mae »), visant à rémunérer les actions d'entretien des ouvrages par les éleveurs. Ce dispositif bénéficie en effet d'un cofinancement important de l'Union européenne (50 à 60%).

Début 2000, les « Mae DFCI » avaient atteint leur apogée dans toute la région méditerranéenne, avec un grand nombre de contractants (470) et de surfaces contractualisées (20 000 hectares)

Depuis, les gestionnaires DFCI sont confrontés, au même titre que les éleveurs, à de fréquentes évolutions du dispositif des Mae qui ont entraîné de sérieuses difficultés d'adaptation et une baisse notable des surfaces engagées. Le dispositif des Mesures agroenvironnementales territorialisées (ou « Maeter ») proposé aujourd'hui* rencontre notamment quelques obstacles dans sa mise en œuvre.

En premier lieu, le cofinancement par l'État de la mesure n'intervient pas dans les régions où les crédits ont été affectés à d'autres enjeux (comme Natura 2000): ainsi en Paca, le conseil régional et plusieurs conseils généraux doivent se substituer à l'État pour cofinancer les « Maeter DFCI », alors que la région L-R dispose quant à elle de crédits d'État pour ces mesures.

D'autre part, les enveloppes financières disponibles ne permettent pas de faire face à toutes les demandes, soit parce que d'autres priorités sont retenues dans les départements (comme en L-R où certains ne retiennent pas la mesure), soit parce que les conseils généraux n'ont pas les ressources suffisantes (en Paca).

Enfin, les nouvelles modalités techniques et administratives de la mesure ont pu décourager certains éleveurs de s'engager dans la procédure.

En définitive, le niveau de contractualisation antérieure risque de ne pas être atteint (il concerne aujourd'hui 11 000 ha), ce qui, selon les différents partenaires de la DFCI, devrait constituer à court terme un écueil pour l'entretien des coupures de combustible.

Contact : Marc Dimanche
marc.dimanche@suamme.fr

*dans le cadre du règlement d'application du Programme de développement rural hexagonal (mesure 214 du Feader).

Info DFCI

Bulletin du centre de documentation « forêt méditerranéenne et incendie »

Cemagref, groupement d'Aix-en-Provence
3275, route de Cézanne CS40061
13182 Aix-en-Provence cedex 5

Rédaction en chef

Catherine Tailleux

04 42 66 99 64

catherine.tailleux@cemagref.fr

ABONNEMENT

Pour recevoir gratuitement ce bulletin, envoyez vos coordonnées à l'adresse ci-dessus. Vous pouvez également le télécharger à l'adresse suivante:
www.aix.cemagref.fr/htmlpub/documentation/doc.htm

édité avec la participation financière de:

