

1-3

Après feu

4

Cartographie du risque d'incendie

5

Risques d'incendie : méfiez-vous de l'air !

6-7

L'impact des incendies : bilan des connaissances

8

Caractérisation spatiale de la végétation sur les coupures de combustible

9-10

Évaluation de l'efficacité des coupures de combustible

11

Lu pour vous

## Après feu

Analyse spatiale et fonctionnelle de la réponse des communautés végétales en Basse-Provence

Les incendies constituent une problématique universelle déjà largement abordée puisque l'on peut recenser plus de 15000 références sur ce thème dans la littérature plus ou moins spécialisée. Cependant, certains aspects des processus écologiques post-incendie n'ont pas encore été bien explorés. Aujourd'hui, nous pensons qu'il peut être parfois pertinent d'intégrer le feu comme un facteur écologique qui n'a pas forcément un rôle dramatique sur les écosystèmes et dont l'impact doit être nuancé. Dans ce contexte, une meilleure compréhension de la dynamique post-incendie des écosystèmes doit permettre d'une part de gérer plus sereinement les territoires incendiés en optimisant les opérations de réhabilitation, d'autre part de mettre en place des mesures de prévention plus rationnelles, notamment en ce qui concerne l'occupation du sol.



### Le numéro 42 d'Infos DFCI de mai 1999 annonçait la naissance du Gis incendie de forêt

Un groupement d'intérêt scientifique, comme son nom l'indique, rassemble des organismes à vocation scientifique sur un domaine particulier. Le Gis incendie regroupe l'agence MTDA, le Cemagref, le CNRS, Météo-France, l'ONF, l'École des mines de Paris (Sophia Antipolis), l'Entente interdépartementale en vue de la protection des forêts contre l'incendie, l'Inra, les universités d'Aix-Marseille I et III.

Mettant en synergie les équipes, il permet d'améliorer leur efficacité tout en réalisant des économies de moyens.

Ce numéro propose une présentation de chaque programme réalisé avec le « label » Gis.

Que les travaux soient en cours ou terminés, ils font l'objet d'une fiche qui tente de rendre accessible chaque sujet tout en respectant une rigueur qui permet de ne pas dénaturer les résultats. Les contacts proposés ci dessous permettront à chacun de se faire préciser ce qui est resté dans l'ombre.

⇒ **Contacts : les co-animateurs du Gis Incendie sont Daniel Alexandrian (MTDA) et Jean-Charles Valette (Inra)**

## Après feu

(suite de la première page)

Notre programme de recherche vise donc à combler certaines lacunes sur la connaissance de la réponse des communautés végétales après incendie, notamment en ce qui concerne le rôle des caractéristiques spatiales des perturbations (c'est à dire la forme, la taille ou la position des taches incendiées), qui n'a vraiment été abordé qu'en Amérique du Nord. La principale originalité de ce projet consiste à donner un caractère spatialisé aux travaux de recherche visant à comprendre les mécanismes de cicatrization de la végétation après incendie. Ce travail s'inscrit dans le cadre conceptuel de l'écologie du paysage. Il s'agit d'évaluer

le facteur « distance à la zone non perturbée » par rapport aux modes de recolonisation de la végétation. L'hypothèse est que les capacités de reconstitution peuvent varier suivant la taille des taches incendiées; la relation « taille/récupération » pouvant être directe par le jeu de l'éloignement des sources de graines, ou indirecte à travers le lien présumé entre taille et intensité du feu.

Pour mesurer les parts respectives des facteurs mis en jeu dans la réponse de la végétation, les travaux de recherche prennent en compte d'une part les aspects historiques des territoires concernés (notamment les modes de gestion antérieurs, les dates d'abandon de cultures, la fréquence des incendies ou encore le stade d'évolution des formations végétales avant le passage de la perturbation), d'autre part les caractéristiques abiotiques habituelles telles que la nature du sol, la pente, l'exposition...

**Le programme poursuivi depuis deux ans comporte trois grands volets :**

I) Suivi sur trois années d'une série de placettes disposées dans différents contextes (taille du feu, distance aux limites).

II) Mise en place de transects pour l'étude de la banque et le suivi de la pluie de graines après incendie. Ceci nous permettra de mieux comprendre les processus de régé-

neration, notamment en fonction de la distance à la zone non brûlée.

III) Suivi particulièrement détaillé de la régénération du pin d'Alep : pluie de graines, germination, survie.

### Sites et méthodes

La Basse-Provence calcaire constitue le cadre géographique de notre programme. En concentrant nos travaux sur les collines de la région d'Aix-Marseille, nous restons dans des contextes géologiques et bioclimatiques tout à fait comparables, ce qui réduit les sources de variabilité autres que celles que nous voulons tester. En se localisant autour des principales agglomérations nous travaillons sur des paysages dont les changements et la gestion interpellent le plus grand nombre de personnes.

### I) Analyse des réponses des communautés végétales

Les relevés floristiques sont réalisés chaque année pendant trois ans sur des placettes de 400 m<sup>2</sup> à partir de la date d'incendie. Ce qui permet un suivi temporel de la recolonisation et de la richesse (nombre d'espèces). Ces données pourront ensuite être interprétées au niveau fonctionnel, à l'aide des informations contenues dans la base de données floristiques développée à l'Imep.

### II) Apport de la banque de graines et de la pluie de graines

Dans les garrigues méditerranéennes, après incendie, la dynamique de colonisation végétale des espaces dénudés est principalement expliquée par la régénération végétative des espèces (rejets, drageons), par le stock de semences du sol et les apports par les vents (Trabaud, 1976). L'objectif de l'approche « banque et pluie de graines » est donc de discriminer la part de ces types de régénération dans des espaces incendiés variables au niveau de leur taille, de la distance à la zone non-brûlée, et éventuellement de leur histoire (date et fréquence des incendies). La mise en place de transects au sein des zones incendiées nous a paru être le protocole le mieux adapté. Pour déterminer les distances entre placettes et limites du feu, chaque site d'étude a été cartographié de façon précise à l'aide d'un GPS. L'ensemble des informations spatialisées a été intégré dans un Sig.

### III) Régénération du pin d'Alep

Séchés par la chaleur du feu, les cônes des pins libèrent leurs graines en quelques jours : leur chant du cygne, et l'espoir d'une renaissance. Comprendre la répartition des graines, leur germination, et pourquoi ces millions de graines peuvent parfois totalement échouer sur de grandes surfaces est essentiel pour les forestiers. Prédation, chaleur excessive du sol noirci, érosion liée aux violents orages de fin d'été, gels des hivers suivants, ... sont autant d'hypothèses que l'on tente de valider en forêt et en laboratoire.

### Premiers résultats

Il apparaît que la diversité végétale augmente entre la première et la deuxième année, et diminue entre la deuxième et la troisième année.

En ce qui concerne la réponse des écosystèmes, les différenciations spatiales semblent l'emporter sur les différenciations temporelles pour expliquer l'organisation des placettes.

Parmi les graines recueillies dans le sol après incendie, le taux de germination est très faible.

Sur le plan temporel, on remarque un



© Photo J. Laurent

pic de dissémination des graines, variant de juin à octobre suivant les sites.

Au niveau spatial, l'analyse suivant les transects fait ressortir que la pluie de graines n'est pas conditionnée par la distance à la zone non-brûlée.

Pour le pin d'Alep, la dissémination des graines se produit dès les premières heures après le passage du feu, culmine entre deux et quatre jours après l'incendie, et est pratiquement terminée au bout d'une semaine. On relève alors entre 100 et 250 graines/m<sup>2</sup> dans les pinèdes denses. La plupart d'entre elles ne parcourent qu'une faible distance, inférieure à 20 m, en absence de vent fort. Les conditions météorologiques dans la semaine qui suit l'incendie jouent donc un rôle primordial. Par la suite, seules les graines provenant des lisières ou de pins survivants pourront compléter la régénération.

Les germinations démarrent le plus souvent rapidement après les premières pluies d'automne. Mais sur certains sites, pour des causes encore inconnues, cette germination n'intervient que l'année suivante, jusqu'au milieu de l'été. Il est donc nécessaire d'attendre une année entière avant de conclure à l'échec du semis.

### Résultats attendus et perspectives

Une telle étude, associant à la fois des données floristiques qualitatives, quantitatives et fonctionnelles, des données sur la banque de graines et des données sur la pluie de graines, n'a jamais été menée en région méditerranéenne. Elle permettra d'optimiser les techniques de gestion, notamment en définissant s'il existe une taille de zone incendiée ou une distance à la zone non incendiée à partir de laquelle la reco-

lonisation par la pluie de graines ne se fait plus, en définissant quelles espèces végétales recolonisent le plus rapidement le milieu ou sur les plus longues distances, et en recherchant les capacités de résilience de l'écosystème à partir de la banque de graines. Les connaissances sur le réensemencement par le Pin d'Alep notamment, devraient permettre de mieux gérer les opérations de reboisement.

### Les principaux aspects innovants du projet reposent

- sur l'interprétation de la réponse de la végétation post-incendie :
  - au regard des caractéristiques spatiales (taille, forme et position des perturbations, caractéristiques de la pluie de graines) ;
  - à l'aide des attributs vitaux et des groupes fonctionnels afin d'établir des modèles ayant un caractère plus général ;
- et sur les comparaisons banque de graines/végétation exprimée pour évaluer l'intensité de perturbation des écosystèmes. ■

### Pour en savoir plus

Véronique Bonnet, Thierry Taton,  
Institut méditerranéen d'écologie et  
de paléoécologie (UMR CNRS 6116)  
FST St-Jérôme,  
13397 Marseille cedex 20  
Courriel :  
thierry.tatoni@vmesa12.u-3mrs.fr  
Michel Vennetier, Cemagref, BP31  
13612 Aix-en-Provence Cedex 1  
Courriel :  
michel.vennetier@cemagref.fr



© Photo R. Schiano

### Financé par

CR Paca  
et  
Map/Derf

Recherche  
méthodologique  
pour la mise en  
adéquation des  
besoins,  
des méthodes  
et des données

# Cartographie du risque d'incendie

Il existe à l'heure actuelle une très forte demande en matière de cartographie du risque d'incendie. L'étude menée dans le cadre du Gis a permis de faire émerger deux types de besoins prépondérants : les problèmes d'urbanisme en zone à risque et l'aménagement des forêts contre les incendies.



© Photo C. Novais

La multiplicité des méthodes d'évaluation et de cartographie du risque incendie traduit la variété et la confusion des besoins dans ce domaine... Les concepts employés peuvent recouvrir des significations très différentes. Le vocabulaire lui-même est entaché d'un flou important. On parle de risque, de danger, de sensibilité, d'aléa, d'enjeu, de vulnérabilité...

Lorsque les études de risque restent cantonnées à un contexte technique (aide à la décision) cette imprécision n'a pas d'autres conséquences que de rendre difficilement comparables les approches menées de façon désordonnée. Mais lorsque ces études revêtent un caractère réglementaire (cas des Plans de prévention des risques naturels prévisibles), cette hétérogénéité peut être à l'origine d'incompréhension de la part des non-techniciens (élus, population concernée,...) et aboutir à un contentieux en cas de situation de restriction forte du droit à construire.

Ce constat a orienté les axes de recherche vers une mise en adéquation des besoins, des méthodes et des données.

## Objectif de l'étude

- Clarifier les concepts relatifs au risque incendie,
- Apprécier la diversité des besoins existants,
- Analyser les moyens d'évaluation du risque,
- Identifier les données actuellement utilisables, ainsi que les traitements et les systèmes d'information disponibles.

## Méthode

La méthode développée repose à la fois sur l'analyse d'études antérieures, d'entretiens avec des utilisateurs de cartes de risque et de recherches bibliographiques sur le domaine.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence deux types de besoins qui existent à une échelle locale et départe-

mentale, liés aux problèmes d'urbanisme en zone à risque et à l'aménagement des forêts contre les incendies.

L'analyse a ensuite été poursuivie afin de clarifier le processus d'évaluation du risque. Une nouvelle démarche est proposée, fondée sur les besoins exprimés par les différents services concernés (DDAF, DDE, SDIS, préfectures...), sans imposer une méthode unique d'évaluation du risque.

## En résumé

De façon très schématique, le besoin spécifique à l'étude est analysé pour être décomposé en éléments du risque ; chaque élément du risque est évalué après avoir choisi un mode de représentation faisant intervenir un ensemble de paramètres, eux-mêmes obtenus à partir des données disponibles, en utilisant tel ou tel outil d'analyse spatiale.

## Financé par

Map/Derf  
et  
Mate/DPPR

## Pour en savoir plus

Raphaële Blanchi  
École des mines de Paris, BP 207  
06904 Sophia Antipolis Cedex  
Tél. : 04 93 95 74 86  
Fax : 04 93 65 43 04  
Courriel : blanchi@cindy.cma.fr

Daniel Alexandrian  
Agence MTDA  
238, avenue du Club-Hippique  
13090 Aix-en-Provence  
Tél. : 04 42 20 12 57  
Fax : 04 42 20 16 35  
Courriel : mtda@aix.pacwan.net

Marielle Jappiot  
Cemagref Aix-en-Provence  
Le Tholonet, BP 31,  
13612 Aix-en-Provence cedex 1  
Tél. : 04 42 66 99 60  
Fax : 04 42 66 99 71  
Courriel : marielle.jappiot@cemagref.fr

## Risques d'incendies

Dans des conditions estivales normales, les végétaux libèrent ces gaz mais pas en quantité suffisante pour qu'ils s'enflamment à tout moment. Ainsi, dans la garrigue à romarin, les gaz émis par les végétaux sont rapidement dissipés dans l'air ambiant. Par contre dans des zones plus abritées comme une pinède les molécules émises par les végétaux se concentrent et forment une poche de gaz qui peut expliquer l'existence de ces boules de feu. En effet, la poche peut s'auto-enflammer et favoriser le démarrage et la propagation de l'incendie.

L'objectif pratique de notre étude qui s'inscrit dans le cadre de la prévention des risques d'incendie est de sensibiliser et d'informer le personnel forestier et les services de lutte à ce danger, en leur indiquant les essences et les architectures potentiellement dangereuses. Dans ce cadre, il sera possible également d'éditer un indice de risque d'inflammabilité spécifique.

Pour vérifier que les risques engendrés par la concentration de ces *composés organiques volatils* (COV) couplée à une plus forte inflammabilité du végétal peuvent varier en fonction des paramètres du milieu et de l'architecture de la végétation, nous avons suivi et mis au point un protocole scientifique original.

Le matériel végétal étudié est le romarin (*Rosmarinus officinalis*). Deux sites d'étude ont été choisis, représentatifs de deux situations écologiques différentes : l'une étant un milieu fermé sous couvert de Pin d'Alep et l'autre un milieu ouvert (garrigue à romarin).

Les analyses ont été réalisées chaque semaine au cours de trois saisons diffé-

# Méfiez-vous de l'air !

Les plantes méditerranéennes émettent pour la plupart des substances odorantes qui peuvent s'avérer dangereuses lorsque certaines conditions environnementales sont réunies. Lorsque la concentration de ces molécules est suffisante et que la température ambiante est élevée (été) elles s'auto-enflamment (boules de feu observées par de nombreux témoins).



© Photos Ceren

rentes (printemps, été et automne). Parmi les substances émises, on note la présence de composés dont la température d'auto-inflammation est très basse (<40 °C). Les principaux résultats montrent que l'architecture de la végétation génère des conditions météorologiques spécifiques qui influencent le caractère inflammable du romarin ainsi que l'émission de composés organiques volatils.

En milieu fermé, le romarin est plus inflammable qu'en milieu ouvert, alors même qu'il contient une plus grande quantité d'eau.

L'émission des composés volatils est plus importante dans le site sans strate arborescente mais, dans la pinède, la couverture arborée empêche la dissipation des composés organiques volatils produits par le romarin.

L'inflammabilité du romarin et l'émission de COV varient en fonction des saisons. En parallèle aux variations saisonnières connues du caractère inflammable du romarin, l'émission de COV est moins importante en saison humide qu'en saison sèche quelle que soit la localisation du végétal. Concernant la nature des composés émis, la saison semble avoir une nette influence puisque certains compo-

sés n'apparaissent qu'à certaines périodes de l'année.

La conjugaison d'une importante inflammabilité du romarin et de la concentration des composés organiques volatils sous un couvert de pins peut entraîner un plus grand risque potentiel d'inflammabilité sous un couvert arborescent.

L'étude a été limitée dans l'espace et dans le temps. Nous espérons l'étendre à des structures de végétation plus complexes, à d'autres végétaux ainsi qu'à d'autres types de sol méditerranéens comme la silice de manière à évaluer sur l'ensemble de la végétation méditerranéenne les risques potentiels d'inflammabilité engendrés par la conjugaison des gaz inflammables et l'inflammabilité intrinsèque des végétaux. ■

Étude réalisée en collaboration  
Ceren — LBEM

## Pour en savoir plus

Cécile Garrigou  
Tél. 04 42 94 95 10  
Courriel : info.ceren@wanadoo.fr

Mise en place  
de protocoles expérimentaux  
pour le suivi des incendies  
de forêt et de  
la reconstitution des  
écosystèmes forestiers



# L'impact des incendies : bilan des connaissances

Massif du Cruvelier (Bouches-du-Rhône)  
Cliché n° 1 : site avant l'incendie  
Cliché n° 2 : site juste après le feu  
d'avril 1979  
Cliché n° 3 : site en mars 1980  
Cliché n° 4 : site en mai 1982



1

2

3

4

© Photos Joël Laurent

## Objectifs

Dans la perspective de répondre aux besoins du gestionnaire, les travaux ont consisté à :

- établir le bilan des connaissances sur un incendie (avant, pendant et après) nécessaires pour prédire son impact à court, moyen et long terme
- préciser les protocoles expérimentaux à mettre en place pour suivre les incendies et le processus de reconstitution des écosystèmes forestiers incendiés
- mettre en place ces protocoles sur un site atelier.

## État des connaissances

Près de trois cents références bibliographiques traitant du feu ou des impacts des incendies sur les différentes composantes des écosystèmes sont fournies en introduction.

Dans un premier chapitre, les besoins des gestionnaires sont recensés après avoir identifié les différents types de gestionnaires et classé les objectifs assignés à la forêt et aux espaces naturels.

Puis, les méthodes pour caractériser les incendies sont décrites : paramètres physiques du feu et sévérité des incendies.

Ensuite, les méthodes pour suivre les impacts des incendies sur la végétation, les nutriments et le sol sont précisées.

Enfin, les processus de cicatrisation et de reconstitution des écosystèmes sont détaillés, en particulier les volets végétation, nutriments, sol, ainsi que l'érosion.

## Description des protocoles expérimentaux

Les équipes impliquées décrivent en détail les protocoles expérimentaux et leurs contraintes pour caractériser :

- l'écosystème : en tenant compte des spécificités méditerranéennes (climat, perturbations anthropiques, évolution du milieu), et des études préexistantes

(petites régions naturelles, typologie des stations, relations stations-production),

- les interventions sylvicoles : dans les peuplements artificiels (reboisements jeunes ou âgés), les peuplements naturels (taillis, futaie régulière), les coupures de combustible,

- les strates de végétation : par imagerie satellitaire ou photographies aériennes, relevés floristiques, évolution des strates,

- le combustible : par l'approche globale ou l'approche analytique, la modélisation, l'analyse architecturale des végétaux, la relation phytomasse-phytovolume, la teneur en eau,

- l'humus et le sol : en détaillant les mesures pour caractériser l'humus et le sol et celles à effectuer pendant et juste après l'incendie puis dans l'année qui suit l'incendie, et enfin pour suivre le processus d'érosion,

- les conditions météorologiques, pendant, juste après et dans les années qui suivent l'incendie, en soulevant le problème de la représentativité de mesures disponibles en général sur des sites éloignés du site étudié, et l'apport éventuel des données satellitaires,

- l'influence de l'intervention des équipes de lutte : moyens aériens et moyens terrestres.

## Application des protocoles sur un site

Une opération test a été menée sur la colline des Chapeliers à Chateaneuf-le-Rouge (13), site touché le 1<sup>er</sup> juillet 1998 par un incendie qui a parcouru 15 ha. Les équipes ont essayé d'appliquer les protocoles décrits dans la partie précédente pour caractériser l'écosystème, les conditions météorologiques et le feu.

Les méthodes qui se réfèrent à une zone témoin ou qui s'affranchissent des paramètres modifiés par le feu, ont été appliquées avec succès. En revanche, il est difficile, voire impossible, d'appréhender

## Pour en savoir plus

Jean-Charles VALETTE  
Inra-URFM-PIF 20, avenue Vivaldi  
F-84000 AVIGNON  
Tél. : +33 (0) 4 90 13 59 36,  
Fax : +33 (0) 4 90 13 59 59  
Courriel :  
jean-charles.valette@avignon.inra.fr

der directement les paramètres pendant ou juste après l'incendie et il est souvent difficile de connaître la situation avant.

## L'apport d'outils d'aide à la décision

En raison de la grande hétérogénéité des données, l'expérimentation peut être aidée par l'*environnement de résolution de problèmes* (ERP), constitué de trois sous-systèmes pour gérer la base de données, la base de modèles et le dialogue entre l'homme et la machine.

Un modèle conceptuel des données (schéma entités/rerelations) a été élaboré et le prototype de base de données est présenté dans le document.

## Conclusion

La synthèse des résultats acquis sur l'impact des incendies dans les différents composants des écosystèmes forestiers méditerranéens converge vers une faible incidence des incendies sur ces écosystèmes, à condition qu'ils soient peu fréquents et qu'ils concernent des milieux peu sensibles à l'érosion.

La mise en œuvre des méthodes a souligné l'importance d'une approche pluridisciplinaire qui pourrait être facilitée par l'utilisation de l'ERP.

Elle a également montré l'importance de disposer :

- de sites-ateliers, destinés à étudier les feux « sauvages » voire les feux « provoqués »,
- de réseaux de référence pour des recherches synchroniques ou diachroniques

## Les équipes impliquées<sup>1</sup>

Toutes les équipes, membres fondateurs du Groupement d'intérêt scientifique « Incendies de Forêt », ont participé à ces travaux. ■

1 - Agence MTDA, Cemagref, CNRS-CEFE, Pôles Cindyniques, Ceren, Météo-France, UP-Justi, UP-Imep, ONF-Strise, Inra-PIF

Extraction de paramètres pour des modèles physiques de comportement du feu de forêt

# Caractérisation spatiale de la végétation sur les coupures de combustible

## Objectifs

Dans une zone traitée en coupe-feu, la reprise de croissance de la végétation va en réduire plus ou moins vite l'efficacité. L'envahissement par la végétation de cet espace déboisé va dépendre en grande partie de la nature des espèces végétales présentes sur le site et dans les environs.

L'objectif de ce travail est de mieux connaître le développement et la croissance des espèces arbustives de la garrigue, pour prédire, dans un premier temps, comment évolue la végétation dans une bande coupe-feu.

Dans un deuxième temps, ce travail va permettre d'estimer la quantité de bois, brindilles, feuilles..., autrement dit la quantité de combustible impliquée à divers niveaux au dessus du sol dans la propagation du feu.

L'ensemble de ce travail donnera ainsi des indications sur le comportement du feu dans la zone de coupe-feu elle-même. Pour réaliser cette étude, quatre espèces importantes de la végétation méditerranéenne ont été retenues :

- deux de milieu calcaire, le Chêne Kermès (*Quercus coccifera* L.) et le Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.);
- deux de milieu cristallin, la Bruyère arborescente (*Erica arborea* L.) et l'Arbousier (*Arbutus unedo* L.).

## Étapes de la démarche

### • CONNAÎTRE LES ESPÈCES

Les travaux consistent à :

- décrire précisément la morphologie

Financé par  
Map/Derf

des constituants de partie aérienne de la plante (feuilles, tiges, tronc),

- analyser l'architecture en étudiant la structure d'individus d'âge différents,
- élaborer un schéma de développement de l'espèce et un portrait-robot de la mise en place de sa forme,
- décrire la biomasse par classe d'éléments (feuille ou tige, vivant ou mort) et de diamètre (moins de 2 mm, entre 2 et 6 mm, entre 6 et 25 mm, plus de 25 mm)

### • ESTIMER LES PARAMÈTRES DE DÉVELOPPEMENT

Pour chacune des espèces retenues, les travaux consistent à :

- mesurer la vitesse de croissance des tiges,
- quantifier la ramification dans les différents endroits de la plante,
- construire un modèle de croissance, de ramification et de mortalité des tiges.

### • VISUALISER L'ARCHITECTURE D'UNE PLANTE



Un logiciel de croissance permet de simuler et visualiser en trois dimensions le développement et la croissance des diffé-

rentes espèces et de les représenter en situation de peuplement.

## Résultats attendus

- Connaître le développement des espèces c'est à dire la manière dont leur forme, leur architecture, se construit au cours du temps.
- Quantifier la vitesse de croissance et le développement des espèces.
- Créer des plantes virtuelles en 3D sur ordinateurs pour pouvoir extraire le volume, la biomasse... du tronc, des brindilles, des feuilles ou d'une plante entière et pouvoir connaître ces caractéristiques à différentes hauteurs au dessus du sol (caractérisation spatiale du combustible).

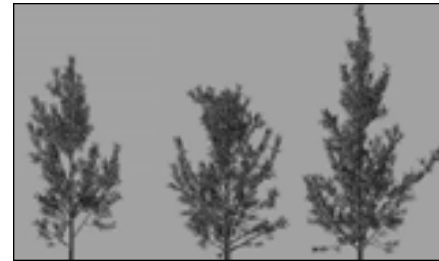
Ces caractéristiques (paramètres), extraites des plantes virtuelles permettront de faire des calculs sur l'avancée de l'incendie dans les coupe-feu grâce aux modèles de simulation de la propagation du feu.

## Équipes impliquées

L'équipe animatrice est l'équipe de modélisation des plantes du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement à Montpellier.

Les autres équipes impliquées sont celles qui sont impliquées dans la convention « Efficacité des coupures de combustible », en particulier :

- l'équipe de Prévention des incendies de forêt de l'Unité de recherches forestières méditerranéennes de l'Inra d'Avignon,
- l'équipe des Écoulements diffusifs et réactifs de l'Institut universitaire des systèmes thermiques industriels de l'université de Provence de Marseille. ■



Simulation de l'architecture, variabilité : 3 simulations de Pin d'Alep à 10 ans



Simulation de Pin d'Alep



Modélisation de la croissance du Chêne Kermès

## Pour en savoir plus

Yves CARAGLIO  
Programme modélisation des plantes du Cirad-Amis  
Campus de Baillarguet TA40/E  
F-343989 MONTPELLIER Cedex5  
Tél. : +33 (0) 4 67 59 38 55,  
Fax : +33 (0) 4 67 59 38 58  
Courriel : yves.caraglio@cirad.fr

# Évaluation de l'efficacité des coupures de combustible



Coupe de combustible, massif des Maures

## Objectifs

L'efficacité locale d'une coupures est appréciée par son embroussaillage, la valeur de 2500 m<sup>3</sup>/ha est considérée comme un seuil à ne pas dépasser.

Ces travaux sont destinés à élaborer des critères d'évaluation qui prennent mieux en compte le rôle de la structure de la végétation sur le segment de coupure et à son voisinage, et des conditions météorologiques.

## Deux approches

La possibilité d'arrêter un incendie sur une coupure dépend, entre autres :

- des caractéristiques attendues du feu incident et du comportement du feu sur la coupure : modélisation,
- de la perception par les équipes de lutte de la sécurité assurée par la coupure : dires d'expert.

Ces approches, nécessairement complémentaires, vont permettre d'élaborer des règles pour l'aide à la décision : seuils d'embroussaillage, espèces végétales

à favoriser ou à éliminer, sur-largeurs locales, équipements complémentaires.

## L'approche par modélisation

L'approche de modélisation retenue est une approche physique, « mécaniste », où le feu est considéré comme un écoulement multiphasique (gaz et solides) réactif et radiatif.

Elle a été développée sur des feux de surface à l'échelle du laboratoire dans le cadre d'Efaistos<sup>2</sup> par l'UP-Justif<sup>3</sup> et se heurte à deux grandes difficultés :

- des connaissances insuffisantes des mécanismes de base qui nécessitent l'emploi de sous-modèles,
- non-concordance entre l'échelle de description des mécanismes (milli ou centimètre) et l'échelle de prédiction du comportement (déca voire hectomètre).

## L'approche à dires d'experts

Elle consiste à demander aux experts :

- d'évaluer les caractéristiques de l'incendie incident et de son comportement

2 - Projet de recherche financé par la DGXII de l'UE: Efaistos: *Experiments and simulations for improvement of behaviour models of forest fires* (septembre 1996 - mars 1999)  
3 - Voir § Équipes impliquées

## Évaluation de l'efficacité des coupures de combustible

(suite de la page 9)

sur le segment de coupure,

- d'identifier les points faibles de ce segment,
- d'évaluer le risque de franchissement de ce segment.

### Étapes des travaux

#### • DESCRIPTION DES COUPURES DE COMBUSTIBLE

- établir une typologie des coupures existantes sur la base du rapport Cochelin et des travaux du réseau « Coupures de Combustible »,
- choisir les segments retenus pour le projet sur la base de cette typologie (segments expertisés et types de combustible utilisés dans la modélisation).

#### • DESCRIPTION DU COMBUSTIBLE

- caractériser la végétation en termes de quantité, de composition et de structure, strate par strate,
- déterminer les caractéristiques physiques des particules (forme, surface, densité, pyrolyse).

#### • MODÉLISATION DU COMPORTEMENT DU FEU

Deux échelles d'approche :

- échelle fine sur des systèmes isolés (arbuste, arbre),
  - modèles approchés pour décrire le comportement du feu à l'échelle du segment
- Trois groupes de travaux de modélisation
- améliorer les modèles approchés de propagation en strate uniforme sur la base des modèles quasi-2D,
  - réaliser des simulations à l'aide du modèle complet 2D (passage du feu d'une touffe à une autre, d'une touffe à un houppier, d'un houppier à un autre),
  - concevoir des modèles approchés qui prédisent à l'échelle du segment de la coupure.

#### • APPROCHE À DIRES D'EXPERT

Pour recueillir les expertises concernant

Financé par  
Map/Derf

les segments sélectionnés, la grille d'évaluation conçue par le réseau « Coupures de combustible » sera remplie par les experts dans le cadre de scénarios prédéfinis obtenus par croisement de deux niveaux de vent perpendiculaires au segment (modéré et fort) et deux types de feux incidents (feu de flanc et tête du feu).

Pour traiter l'information recueillie :

- analyser le processus de raisonnement des experts,
- identifier les indicateurs d'efficacité prépondérants,
- établir les relations avec les paramètres descriptifs,
- combiner les indicateurs et les seuils d'efficacité pour établir les règles de décision.

### Validation des résultats

Les prédictions des modèles et des experts seront validés en :

- réalisant des feux expérimentaux de laboratoire,
- conduisant des brûlages dirigés sur les coupures dans des conditions bien différenciées en terme de structure de la végétation et de météorologie,
- analysant le comportement des coupures touchées par les incendies.

### Équipes impliquées

1. Prévention des incendies de forêt et écodéveloppement, Inra, Avignon
2. Institut universitaire des systèmes thermiques industriels, université de Provence, Marseille
3. Pôles Cyndiniques, Sophia-Antipolis
4. Stirse-ONF, Avignon

### Pour en savoir plus

Jean-Charles VALETTE  
Inra-URFM-PIF  
20, avenue Vivaldi,  
F-84000 AVIGNON  
Tél. : +33 (0) 4 90 13 59 36,  
Fax : +33 (0) 4 90 13 59 59  
Courriel :  
jean-charles.valette@avignon.inra.fr

Michel LARINI  
Université de Provence — Iusti  
Technopôle Château-Gombert,  
5, rue Enrico-Fermi  
F-13453 MARSEILLE Cedex 13  
Tél. : +33 (0) 4 91 10 69 21,  
Fax : +33 (0) 4 91 10 69 69  
Courriel : larini@iusti.univ-mrs.fr



## Lu pour vous

brûlage dirigé, indemnisation et assistance aux victimes, gestion globale intégrée des espaces naturels, partenariat avec les propriétaires, actions pédagogiques et de communication).

CHEVROU R.B.  
CONSEIL GÉNÉRAL DU GREF

### Incendies de forêts catastrophes, prévention et protection 2000 - 150 p.

Ce document rassemble des articles publiés dans diverses revues forestières ou traduits, et des notes; certains ont été modifiés ou corrigés.

La première partie présente des exemples d'incidents et d'accidents plus ou moins graves :

- front froid météorologique et tornade de feu
- front froid météorologique et explosion de gaz de pyrolyse
- front froid météorologique et rayonnement thermique
- tornade de feu
- interface forêt-habitat
- zonage du territoire et assurances
- grandes coupures

Dans la deuxième partie, deux articles apportent des propositions pour :

- informer et éduquer la population afin de réduire le nombre des éclosions, et afin qu'elle prenne des mesures de protection individuelle
- zoner le territoire afin de déterminer les zones à risque
- améliorer les infrastructures de protection et de lutte
- protéger les personnes et des biens exposés aux incendies.

La troisième partie est une approche technique, laquelle reste difficile car les phénomènes thermiques et atmosphériques accompagnant les incendies de forêts sont très complexes. Elle fait l'objet de recherches, rappelées dans plusieurs notes et articles :

- incendies de forêts : variabilité des surfaces annuelles brûlées
- rayonnement thermique émis par un front de flammes et reçu à distance
- quantités d'eau nécessaires à la lutte contre un incendie de forêt
- les modèles feu de forêts et leur utilisation pour la prévention.

### Que faire après l'incendie ?

#### Forêt méditerranéenne, vol. XXI, n° 3, spécial Foresterranée 99, septembre 2000 pp. 294-352

Le groupe de travail « Que faire après l'incendie » des rencontres Foresterranée 99, a permis de publier les articles suivants :

- Forêt incendiées, hier et aujourd'hui
- Que fait l'administration après les incendies? Comparaison de trois années dans les archives du service régional de la forêt et du bois Paca
- Réflexions d'un écologue
- Les questions à se poser pour définir une stratégie de l'après feu
- Retours d'expériences sur les coupures soumises à l'incendie
- Vision de réaménagement: de la théorie à la pratique
- L'opération pilote du col de Portes (Gard): quels enseignements treize ans après ?

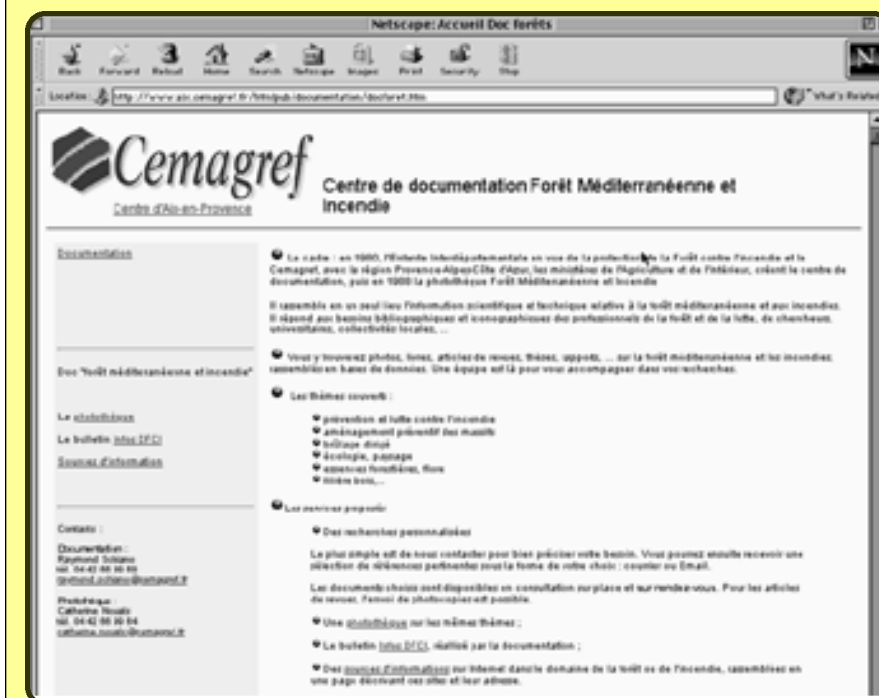
- La coupure verte de l'ASL du maquis de Portes
- Propositions d'étude et premières réhabilitations des terrains incendiés du massif de l'Étoile (Bouches-du-Rhône)
- Aux forêts bien nées, la valeur n'attend point le nombre des années
- Communiquer avec le feu
- L'incendie et la réhabilitation de la commune de Guzargues dans l'Hérault
- L'incendie de la Gardiole (Hérault)
- Le groupement d'intérêt scientifique « incendies de forêts » : présentation et synthèse des travaux.

Les travaux du groupe ont été synthétisés en cinq pages dans les rubriques suivantes :

- Les réactions du milieu après le feu
- Évaluation des actions de réhabilitation réalisées depuis vingt ans
- Aménagements visant à diminuer la probabilité et la gravité de nouveaux incendies et à améliorer les conditions d'intervention des secours
- Comment mieux valoriser l'expérience acquise au niveau de la gestion ?
- Dans quelles voies doit-on poursuivre la réflexion? (emploi des techniques de

<http://www.aix.cemafref.fr/htmlpub/documentation/docforet.htm>

## Cette adresse vous mène directement sur le site web de la doc



est édité avec  
la participation  
financière de :



MINISTÈRE DE L'INTERIEUR



## Spécial Web

### L'École de Valabre <http://www.cifsc.claranet.fr/>

L'École de Valabre, appelée aussi Centre interrégional de formation de la sécurité civile. L'École conçoit et réalise des actions de formation en vue de la protection des personnes, des biens et de l'environnement et plus spécialement, la préservation de la forêt méditerranéenne.

La page comporte de nombreuses rubriques utiles, citons notamment :  
- textes relatifs aux sapeurs-pompiers  
- calendrier et contenu des formations  
- une page de liens très riche sur le monde des sapeurs pompiers et des feux de forêts en France et ailleurs, incluant une section « Informations juridiques ».

### Le site officiel des Sapeurs-pompiers de France <http://www.pompiersdefrance.org/index.htm>

Comment devenir SP, postes et concours, actualités, urgences boutique, partenaires,

sites préférés (ici aussi, riche rubrique « Infos pratiques »)

### Brûlage dirigé <http://www-cindy.cma.fr/europe/firetorch/>

Firetorch, le site du brûlage dirigé. L'objectif du projet Firetorch est d'améliorer l'aide à la décision dans le domaine du brûlage dirigé en créant les bases opérationnelles permettant une plus large utilisation de cette technique.

Les rubriques suivantes sont clairement accessibles depuis l'entrée du site :

- formation et aide à la décision
- bases de données
- publications
- album photos (8 rubriques)
- partenaires

Bulletin de Centre de Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie  
Cemagref - Le Tholonet, B.P. 31,  
13612 Aix-en-Provence cedex 01, France  
Tél. 04 42 66 99 01 - Fax 04 42 66 88 65  
Courriel : catherine.nouals@cemagref.fr  
Courriel : raymond.schiano@cemagref.fr  
Rédaction  
Catherine Nouals, Raymond Schiano

Mise en pages : Michel Brun, Égéries - Impression : Roger Rimbaud, Cavailhon

**Pour recevoir ce bulletin régulièrement, veuillez détacher (ou photocopier) et renvoyer ce coupon**

Nom : ..... Profession : .....

Adresse : .....

Remarques et suggestions : .....

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