



Les programmes de recherche-développement dans le domaine feux de forêt financés par l'Union Européenne

Synthèse sur les programmes récemment achevés ou en cours,
présentés lors de la journée recherche organisée par le CEREN le 24 octobre 2000 à Hyères
dans le cadre des rencontres Euroméditerranéennes Feux de forêt

Rapport Institut Européen de la Forêt Cultivée - [Alexandra GAULIER](#)

Chacun des programmes est présenté sous la forme d'une fiche de synthèse précisant :

- ses objectifs,
- son contenu et les résultats obtenus,
- le coordinateur et les partenaires,
- la durée et éventuellement le budget du programme.

Les programmes présentés sont les suivants :

- Pour le thème "comportement du feu" : INFLAME
SALTUS
EFAISTOS
MEFISTO
- Pour le thème "gestion du feu et détection": PROMETHEUS
FIRE TORCH
RAPSODI
- Pour le thème "Détection par satellite" : synthèse sur MEGAFIRES, INFLAME
et CONTROL-FIRE-SAT
FIERS
FUEGO

Pour le thème "Lutte et impact sur l'écosystème" : ACRE

Comportement du feu : INFLAME

Objectifs :

Améliorer la connaissance sur la modélisation de la propagation des feux de forêt, tester et valider les outils déjà existants.

Contenu :

Action 1 : comment utiliser des données satellitaires ou issues de Systèmes d'Information Géographiques pour générer des données d'entrée pour les modèles de propagation, correspondant aux conditions de feux d'Europe du Sud.

Action 2 (action principale du projet) : développement de modèles de propagation du feu axé sur l'écoulement des vents, le comportement du feu et la modélisation de la dispersion des fumées, à l'échelle locale et à l'échelle globale.

Action 3 : mise au point de méthodes de validation puis validation des modèles de propagation du feu couramment utilisés (Behave, Farsite, FMIS et Firestation issus du modèle de Rothermel,...) par des expérimentations en laboratoire, sur le terrain mais aussi par la collecte de données en direct sur le feu.

Action 4 : intégration des résultats des précédentes actions dans un logiciel, l'ISS (Integrated Inflammation Software System), qui permet si nécessaire d'utiliser plusieurs modèles en parallèle pour évaluer la propagation d'un feu.

Une attention particulière a été portée à la sécurité des services de lutte sur un incendie afin d'essayer de comprendre quelques uns des problèmes qui peuvent se produire.

Besoins à l'issue du programme : continuer la validation des modèles de propagation par la collecte de données de terrain.

Coordinateur et partenaires :

PORTUGAL

- **Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial, Université de Coimbra, Doct. X. VIEGAS : coordinateur**
- Université d'Aveiro, département environnement - C. BORREGO

ESPAGNE

- Université d'Alcalá (Madrid), département de géographie - E. CHUVIECO (co-gestion du projet)
- Université de Séville, Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía - A. OLERO
- Université autonome de Barcelone, CAOS - T. MARGALEF

FRANCE

- Université d'Aix Marseille, département de géographie - A. DOUGUEDROIT
- , Entente Interdépartementale en vue de la Protection de la Forêt contre l'Incendie, Centre d'Essais et de Recherche de l'Entente (CEREN) [association, non commerciale]- Colonel PICARD
- CNRS Nancy, Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliqué - O. GUILLAUME

GRECE

- Algosystems s.a. (industrie), département de recherche appliquée - G. EFTICHIDIS (co-gestion du projet)

ITALIE

- Université de Turin, département agronomie, sylviculture et gestion du territoire - G. BOVIO

SUISSE

- Université de Zurich, département de géographie - B. ALLGOWER
- Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape, division risques naturels - M. CONEDERA

Durée du programme : 24 mois, de mai 1998 à avril 2000

Budget du programme : environ 1 Million d'écus au total

Comportement du feu : SALTUS "Phénomène de sautes de feu : connaissance et modélisation"

Objectifs :

Les résultats du programme SALTUS permettront aux responsables de la prévention et de la lutte de mieux prendre en compte le phénomène des sautes de feu dans leurs décisions et leurs actions :

- par l'acquisition de connaissances aussi exhaustives que possible sur le phénomène et les mécanismes mis en jeu dans les sautes de feu,
- par le développement de modèles de prévision des sautes de feu.

Contenu :

Le programme combine 2 approches complémentaires :

- Une approche statistique basée sur l'étude de 250 feux passés (consultation de documents, enquêtes, visites de terrain) pris dans les 5 pays participant au programme : elle permet de développer un modèle de prévision des probabilités de sautes et des distances d'essaimage en fonction des conditions de milieu mais également de répondre à quelques questions particulières comme le test du modèle "saute de feu" d'Albini, l'étude des conséquences opérationnelles des sautes (surface brûlée supplémentaire, influence sur la vitesse de propagation, mobilisation des moyens).

- Une approche théorique et expérimentale combinant :

- la simulation numérique du transport des particules qui permet d'obtenir la trajectoire d'une particule portée par le vent et la colonne de convection due à l'incendie. L'influence de la structure de végétation sur le vent fait l'objet d'un travail particulier.

- l'expérimentation en laboratoire sur le déclenchement de foyers secondaires qui porte sur la caractérisation des brandons et l'inflammabilité des combustibles récepteurs.

Cette approche est complétée par le suivi des feux pendant qu'ils se produisent. Les données ainsi collectées permettent d'améliorer la connaissance qualitative du phénomène de sautes de feu et de valider le modèle expérimental théorique.

Coordinateur et partenaires :

FRANCE

- CEMAGREF Aix en provence, division forêt méditerranéenne - P.Y. COLIN et A. MARIEL :
coordinateurs
- MTDA [bureau d'études spécialisé dans les feux de forêt, industrie] - D. ALEXANDRIAN
- Espaces méditerranéens [association de formation et de recherche développement, non commerciale] - F. BINGGELI, A. GAULIER
- OPTIFLOW [société d'ingénierie mécanique, industrie] - E. DELBOULBE

ESPAGNE

- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, département forêt, unité feu de forêt - M. GUIJARRO
- Centro de Investigación Florestal de Pontevedra (Galice), département feu de forêt - J.A. VEGA

PORTUGAL

- Université Trás-os-Montes e Alto Douro (Vila Real), département forêt, unité feu de forêt - H. BOTHELO, C. LOUREIRO
- Institut Supérieur technique de Lisbonne, département d'ingénierie mécanique - J.C. PEIREIRA

GRECE

- Mediterranean Agronomic Institute of Chania (Crète), département environnement et ressources naturelles - A. DIMITRAKOPOULOS

ITALIE

- Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale, regione sarda (administration forestière sarde) - E. BECCU, G. LODDO

Durée du programme : 36 mois, projet en cours se terminant en mars 2001

Budget du programme : 1,2 M d'euros au total dont 700 000 euros financés par l'Union Européenne

Comportement du feu : EFAISTOS "Expérimentations et simulations pour l'amélioration et la validation des modèles de comportement des feux de forêt"

Objectifs

Les activités d'EFAISTOS ont été développées sur la base d'une approche physique complète du phénomène de combustion. Prenant en compte la complexité des phénomènes de combustion liés à l'extrême hétérogénéité de la nature et de la structure des formations végétales méditerranéennes, l'objectif principal était d'étudier le comportement du feu de surface dans des litières simples à des échelles relativement petites, en laboratoire ou en extérieur.

Contenu :

Ce programme comporte 4 étapes :

1) Concevoir et développer des modèles physiques améliorés basés sur une approche multiphase (gazeuse et solide) incluant l'hétérogénéité du combustible

Des modèles en 2 dimensions (x direction générale de propagation du feu, z verticale) ont été conçus. En regard des possibilités de calcul des ordinateurs, 2 modèles simplifiés ont été développés :

- le modèle Quasi-2D (GIROUD) qui intègre les différentes phases du combustible sur toute son épaisseur,
- le modèle PIF97 (DUPUY), modèle de propagation en phase solide où sont couplés des modèle de transfert de chaleur par radiation et par convection et qui intègre la production de feu par les flux gazeux.

2) Réaliser des expérimentations bien documentées en laboratoire et sur le terrain dans des litières de pin maritime, avec un protocole commun

- détermination des caractéristiques physiques et thermiques des aiguilles mortes de pins méditerranéens,
- conduite en laboratoire et sur le terrain des feux expérimentaux à différentes échelles intégrant le vent et la pente dans l'étude du comportement du feu.

3) Concevoir et développer un système informatique à environnement "problem-solving", FIRE LAB, pour aider les expérimentateurs et les modélisateurs dans leurs activités scientifiques, qui comporte :

- une base de données,
- une base de modèles (QUASI 2D, PIF 97 et Rothermel),
- une interface utilisateurs pour faire les simulations et visualiser les résultats.

4) Intégrer les modèles et les résultats expérimentaux afin de réduire la gamme des prédictions incertaines dans Fire Lab.

Besoins à l'issue du programme : Les futures recherches pourront porter sur la modélisation dans des combustibles complexes, le passage à une échelle spatiale plus grande et le passage à une étude en 3D.

Coordinateur et partenaires :

FRANCE

- **Institut National de la Recherche Agronomique, Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes, Equipe de Prévention des Incendies de Forêt - J.C.VALETTE : coordinateur**
- Université de Provence, Aix-MarseilleI, Institut des Systèmes Thermiques Industriels - M. LARINI
- Association pour la Recherche et le Développement des Méthodes et Processus Industriels (ARMINES), Centre de Mise en Forme des Matériaux- Intelligence Artificielle et Matériaux [association, non commerciale] Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris - J.L. WYBO
- Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Centre d'Enseignement et de Recherche en Mathématique, Informatique et Calculs Scientifiques - N. GLINSKY-OLIVIER
- Université de Nice - Sophia Antipolis, Laboratoire de Géoécologie Alpine et Méditerranéenne - P. CARREGA

PORTUGAL

- Instituto Superior Tecnico, department of mechanical engineering- J. VENTURA

ESPAGNE

- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Aera di Selvicultura y Mejora Forestal , Centro de Investigación Forestal - M. GUIJARRO

GRECE

- National Agricultural Research Foundation, Forest Research Institute of Thessaloniki - S. DIAMANDIS

DANEMARK

- Danish Institute of Fire Technology [non commercial] - C.K. ANDERSEN

HOLLANDE

Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium - J.S. DEVRIES

AUSTRALIE

- University of New South Wales - R.O. WEBER

Comportement du feu : MEFISTO "outil stratégique intégré pour les feux de forêt"

Objectif :

Réaliser un système d'aide à la décision pour le personnel de lutte qui puisse leur fournir des données en temps réel sur la propagation du feu.

Contenu et résultats:

Le modèle de propagation utilisé est AIOLOS-F. Il prend en compte simultanément dans ses calculs l'effet du vent (par une simulation des écoulements en 3D), la propagation propre du feu (par des équations physiques simplifiées pour permettre des calculs "en temps réel") et leurs interactions.

Les données d'entrée du système concernent :

- la géographie : relief, végétation, route, battis et surfaces inhabitées, point d'eau,
- le feu : heure et position du point d'allumage,
- la météo : température, humidité, vitesse et direction du vent,
- le pas de temps de prédiction, la surface examinée.

Les sorties se font sur un système d'information géographique (possibilité également d'éditer du tableau ou du texte). Celles qui intéressent principalement les services de lutte sont des prédictions sur la position et l'avancement du front de feu (dérivé des températures prédites) et des simulations de paramètres météo en un point données. D'autres sorties sur les caractéristiques physiques du feu sont possibles.

L'échelle de travail (moyenne ou petite échelle) est fonction de la précision des données géographiques que l'on possède.

Le système a été validé sur 3 incendies réels. Il a surestimé de 10 à 20 % la vitesse de propagation et la surface totale brûlée.

Coordinateur et partenaires :

GRECE

- *CINAR - G. PAPACHRISTOS : coordinateur*

ITALIE

- Partenaire non nommé

PORTUGAL

- Institut Supérieur technique de Lisbonne

Durée du programme : programme terminé depuis quelques années

Gestion du feu et détection : PROMETHEUS "Une approche moderne pour la gestion des incendies de forêt dans les écosystèmes méditerranéens"

Objectifs :

Le programme a pour postulat la doctrine suivante : "les forêts doivent être protégées par une gestion des incendies qui contrôle la fréquence des feux et évalue leur impact et non par l'extinction de tous les incendies et l'exclusion totale du feu. Le feu est utile et même nécessaire dans certains écosystèmes pour éviter des grandes catastrophes."

Prometheus propose ainsi de fournir aux gestionnaires un outil de réflexion innovant les aidant à transformer un milieu aux conditions de feu inacceptables (feu de cime certain, feu passant dans des régénérations) en un milieu où l'on pourrait arrêter le feu ou plus simplement où l'impact du feu sur le milieu serait acceptable.

Contenu :

Le système d'information comporte 6 modules :

- gestion du combustible,
- planification du risque,
- comportement du feu,
- lutte (possibilité de visualiser l'impact sur l'incendie de différentes stratégies de lutte),
- effets du feu sur le sol,
- effets du feu sur les écosystèmes.

Les modules peuvent fonctionner indépendamment ou simultanément. A partir de descriptions ou de scénarios introduits dans le système, ils fournissent des éléments d'aide à la décision ou de réflexion cartographique (sorties sur Système d'Information Géographique possibles). Pour les 2 derniers modules, l'érosion du sol et la possibilité de régénération de la végétation après feu sont les critères pris en compte prioritairement dans les propositions de gestion "avec le feu".

A l'exception du module "comportement du feu" qui utilise le modèle BEHAVE, les autres sont des systèmes à base de connaissances éditant un ensemble de règles de décisions à partir d'éléments issus de la littérature scientifique existante ou d'entretiens d'expert. Ils peuvent être modifiés au fur et à mesure de l'évolution de la connaissance.

Coordinateur et partenaires :

GRECE

- **ALGOSYSTEMS S.A. [société, industrie] - G. EFTICHIDIS: coordinateur**
- National Agricultural Research Foundation (NAGREF), Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology - C. TSAGARI
- National and Kapodistrian University of Athens, Department of Ecology and Systematics- Faculty of Biology (UAECO) - M. ARIANOUTSOU-FARAGITAKI

PORTUGAL

- Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial, Laboratório de Aerodinâmica Industrial [association, organisme de recherche, non commerciale] - A.R. FIGUEIREDO

FRANCE

- Entente Interdépartementale en vue de la Protection de la Forêt contre l'Incendie, Centre d'Essais et de Recherche de l'Entente (CEREN) [association, non commerciale] - Col. PICARD

ITALIE

- Università degli Studi di Torino Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio (AGROSELVITER) - G. BOVIO

SUISSE

- Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape, Sottostazione Sud delle Alpi (FNP) - M. CONEDERA

Durée du programme : 24 mois, du 1 juin 1998 au 31 mars 2000

Budget du programme : environ 1 Million d'écus au total

Gestion du feu et détection : FIRETORCH "Le brûlage dirigé, un outil pour la région méditerranéenne : une approche gestionnaire"

Objectifs :

Fire Torch a été conçu comme une étape essentielle pour développer et consolider l'utilisation du brûlage dirigé en Europe du Sud. Ce programme mutli-disciplinaire, résultant de partenariats entre chercheurs et gestionnaires, poursuivait 4 objectifs :

- Identifier et analyser les contraintes pour l'utilisation du brûlage dirigé en Europe du Sud,
- Examiner les lacunes dans la connaissance sur les questions environnementales et opérationnelles,
- Développer des outils d'aide à la décision sur le brûlage dirigé pour les gestionnaires,
- Aider à la diffusion de cette technique et former les praticiens.

Principales actions liées à l'approche "gestionnaire" :

Une collecte de données commune et standardisée pour toutes les régions sur les chantiers de gestion afin de suivre les modalités et d'évaluer l'utilisation du brûlage dirigé en Europe

Pour la France, le Portugal et l'Espagne (Galice et Catalogne), des fiches de collectes de données différentes mais compatibles ont été réalisées (elles prennent en compte le niveau d'expérience et les spécificités de chacune des régions). A terme l'objectif est de réaliser des bases de données régionales qui permettent de réaliser des analyses aussi bien à l'échelle Européenne qu'à l'échelle régionale. Dans le cadre du programme, un cahier des charges des caractéristiques de ce réseau des bases européennes a été réalisé, accompagné par schéma conceptuel intégrant les données communes aux 3 pays.

Le brûlage dirigé est-il un outil efficace pour réduire le risque incendie ?

Plusieurs approches ont été utilisées pour montrer l'efficacité du brûlage dirigé dans cet objectif :

- un passage en revue de la littérature existante,
- la réalisation de feux expérimentaux pour étudier le comportement du feu sur des parcelles déjà traitées par brûlage dirigé en comparaison avec d'autres techniques de gestion du combustible,
- une évaluation de la diminution du risque de propagation à l'échelle du paysage, en utilisant une approche "théorie de la percolation" couplée à des modèles d'accumulation de combustible.

Un guide pour l'utilisation du brûlage dirigé dans les peuplements de pin maritime

Ce guide a été développé pour permettre aux équipes déjà formées du Nord et Centre Portugal d'affiner leurs prescriptions et d'améliorer leurs méthodes d'évaluation de l'impact des feux. Concis et essentiellement quantitatif, il comprend une série de tableaux permettant des estimations de paramètres du brûlage (charge en combustible, intensité du feu,...) et propose des fenêtres de valeurs optimums pour les paramètres qui influent sur la bonne réalisation du brûlage.

Le système de formation et d'aide à la décision sur le brûlage dirigé

Ce système comporte actuellement 6 modules :

- Module "statistiques régionales" : bilans de campagnes (surface brûlée, nombre d'opérations, ..) à différents niveaux géographiques de France, du Portugal ou d'Espagne,
- Module "précautions" : prévient des pièges, des risques de débordement, des risques pour la sécurité du personnel à partir des caractéristiques du chantier (milieu, conditions météo, mode de conduite du feu...)
- Module "allumage" : donne au praticien des informations sur les possibilités d'allumage et de maintien du feu en fonction des caractéristiques de son chantier
- Module "effets du brûlage" (sol, faune et différentes strates de végétation) : rend l'information existante facilement utilisable pour le praticien
- Module "gestion des fumées" : prend en compte les problèmes de santé des praticiens, de nuisance pour le voisinage et de qualité de l'air
- Module "contraintes" : propose des solutions pour limiter ou éviter les nuisances liées aux contraintes issues des caractéristiques propres d'un chantier

Ce système a été conçu pour être consultable via Internet. Il est actuellement sur le site du programme :

http://www-cindy.cma.fr/europe/firetorch/firetorch_fr.html.

Coordinateur et partenaires :

PORTUGAL

- **Universidade de Tras-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Departamento Florestal - H. BOTHELO**
- Estação Florestal Nacional (EFN), Instituto Nacional de Investigação Agrária - F. REGO

ESPAGNE

- Xunta de Galicia, Conselleria de Medio Ambiente, Centro de Investigación Forestais (CIF), Departamento de Fogoas Forestais [recherche, non commercial] - J. A. VEGA
- Universidad de Leirida, Unit of Forest Fire (UFF-Udl)- D. MOLINA

GRECE

- Agricultural University of Athens, departement of sciences, lab of Physics and Agro meteorology - V. GOUMA

ITALIE

- Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento di produzione vegetale, Sez. Selvicoltura - V. LEONE

FRANCE

- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Unité Recherches Forestières Méditerranéennes, Equipe Prévention des Incendies de Forêt - E. RIGOLOTT
- Espaces Méditerranéens [association, non commercial]- F. BINGGELI, A. GAULIER
- ARMINES, école des Mines-CEMEF [association, non commercial] - F. GUARNIERI
- Centre National de la Recherche Scientifique, Laboratoire Arago - R. PRODON

Durée du programme : 2 ans, juin 1998 à juillet 2000

Budget du programme : 500 000 écus au total

Gestion du feu et détection : RAPSODI "Détection rapide des fumées et contrôle des feux de forêt"

Contexte et objectifs :

Avant le début du projet, la société TM2, partenaire du programme, avait déjà réalisé un prototype de système de détection des feux de forêt par imagerie vidéo et d'alerte des services de lutte. L'objectif du programme RAPSODI est d'adapter le prototype aux spécificités des 3 pays partenaires et de mettre en place des systèmes pilotes dont le coût, la robustesse sur le terrain et la fiabilité sur une longue période de temps soient ceux d'un produit commercialisable.

Contenu et résultats:

Parmi les critères retenus dans le cahier des charges des systèmes pilotes, figuraient entre autres les points suivants :

- le coût doit être de 20 % inférieur aux systèmes de capacités de détection et d'alarmes équivalentes qui existent sur le marché,
- performances : taux de détection à 10 km > 95 %, vitesse de détection < 30 s, taux de fausses alarmes < 10%,
- les visites d'entretien sur sites doivent être espacées d'au moins 3 mois.

4 systèmes pilotes (dont 1 sur véhicule et 1 autosuffisant en énergie) ont été implantés en France, au Portugal et en Espagne.

Un système simple comporte une unité de traitement sur site (analyse des images et transmission de l'alarme si nécessaire) qui est relié à des caméras vidéo noir et blanc, au maximum 4 par unité de traitement (les caméras ont une portée de 500 m à 10 km et un angle de vision allant jusqu'à 60 °). Une station de commande centrale disposée auprès des services de lutte reçoit les alertes et précise en temps réel l'état du système de détection.

Aujourd'hui 3 sites sont déjà fonctionnels en France (Pont du Gard avec 3 000 ha couverts, Marseille avec 10 000 ha couverts et la surveillance de la ligne électrique à haute tension de Realtor sur 8 km) et un au Portugal (Alcoentre avec 2 000 ha couverts). Un système (7 postes d'observation et 31 caméras) sera bientôt implanté dans l'Esterel (30 000 ha à surveiller). Le temps d'alerte moyen sur ces sites est de 2 minutes, le taux de détection des départs de feu varie entre 90 et 95 % et l'on compte moins de 2 % de fausses alarmes par caméra et par jour (ceci représente 15 à 20 fausses alarmes par mois pour un site équipé de 20 caméras).

Coordinateur et partenaires :

FRANCE

- T2M AUTOMATION s.a. [industrie] - M BOUCHET (directeur général), D. DIERRE (directeur du projet) : coordinateur
- Entente Interdépartementale en vue de la Protection de la Forêt contre l'Incendie, Centre d'Essais et de Recherche de l'Entente (CEREN) [association, non commerciale]- Col. PICARD
- TECHNAMM s.a. Techniques Appliquées aux Marchés Méditerranéens [industrie] - D. CURNIER

PORTUGAL

- Formação e Desenvolvimento em Novas Tecnologias Lda (FORDETEC) [société, industrie] - J. ASSIS LOPES

ESPAGNE

- ASINOR SISTEMAS s.l. (industrie) - W. STROBL

Durée du programme : 24 mois, du 1 octobre 1997 1998 au 30 septembre 1999

Détection par satellite :

Utilisation des satellites dans le domaine des feux de forêt : état de la recherche et perspectives **Synthèse présentée par E. CHUVIECO à partir de son expérience dans les programmes** **MEGAFIRES, INFLAME et CONTROL-FIRE-SAT**

Evaluation du taux d'humidité de la végétation et indices de risque :

Les indices reflétant l'humidité de la végétation à partir des images satellites présentent l'avantage de se référer à l'état du moment de la végétation et à l'ensemble de la zone considérée (pas de points de mesures dispersés sur la zone comme lorsque l'on utilise des stations météo au sol). Par contre le pas de temps de mesure est beaucoup plus faible que celui des stations météo (un passage toutes les 6 à 12 h pour les satellites actuellement utilisés). Autre inconvénient, dans l'émission spectrale d'une plante, la contribution de l'humidité du combustible peut ne pas être suffisamment discriminante par rapport aux autres facteurs qui interviennent sur le spectre.

Ces indices doivent encore être améliorés :

- quand on utilise le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), les données satellitaires sont assez sensibles pour les pelouses mais elles le sont moins sur certaines espèces arbustives (sans que l'on sache pour l'instant pourquoi),
- un indice intégrant à la fois le NDVI, la température de surface et la "relative greenness" (qui prend en compte les valeurs maximum et minimum du NDVI sur un pixel donné) est plus sensible mais des efforts restent encore à faire pour les formations mixtes,
- l'exploration de la zone du Moyen Infra Rouge paraît intéressante mais elle n'est pour l'instant utilisée que par des satellites à couverture très locale comme LANDSAT.

Il serait intéressant d'avoir plusieurs mesures par jour. Il faudrait alors approfondir les possibilités d'utilisation des satellites géostationnaires ou des constellations de satellites volant à basse altitude comme FUEGO (cf. fiche programme pages suivantes).

Détection des feux:

Les travaux de ces 10 dernières années ont surtout utilisé les images du satellite NOAA-AVHRR. De nouveaux capteurs et algorithmes doivent être imaginés pour réduire le risque de fausses alarmes.

Pour les pays qui ont déjà une surveillance terrestre en place, le satellite n'est intéressant que si les services de lutte peuvent recevoir un message d'alerte dans les 15 à 30 minutes qui suivent le départ de feu. Ce pas de temps est offert par les satellites géostationnaires mais ils n'ont pas une résolution spatiale suffisante pour cette application. Si l'on veut vraiment concurrencer les systèmes de détection terrestre, il faut mettre en place des satellites spécifiques pour cette mission (cf. programme FUEGO).

Par contre une utilisation intéressante des images du type NOAA peut être le suivi de l'évolution d'un feu, de telles informations en temps réel étant rarement disponibles.

Cartographie des zones brûlées:

Les images NOAA ont été utilisées en considérant le Moyen Infra Rouge pour évaluer les surfaces en feu encore actives, mais cette discrimination est souvent brouillée par d'autres facteurs, donnant un résultat final incertain. D'autres méthodes utilisent la bande du visible en comparant les indices de végétation avant et après feu. Elles s'appliquent à bien d'autres satellites que NOAA comme LANDSAT, SPOT et IRS. A partir des images NOAA, les résultats sont bons pour des feux de plus de 1 000 ha mais moins bons pour des feux dont la surface est inférieure à 500 ha (manque de résolution spatiale et bande radiométrique instable).

Si beaucoup d'efforts ont été faits, il reste des problèmes dûs, soit aux caractéristiques des capteurs, soit à la composition du paysage (un mélange étroit entre zones brûlées et zones non brûlées, le temps pendant lequel un signe de surface brûlé reste présent sur le sol, ...). De nouveaux capteurs comme MODIS ou FUEGO peuvent améliorer les cartographies en augmentant la sensibilité du spectre ou en augmentant la fréquence des prises d'images (et réduisant ainsi le délai entre l'incendie et l'observation effective par le satellite). Des satellites à couverture locale comme LANDSAT ont une résolution spectrale suffisante mais, étant donné le coût de leurs sorties à fine résolution spatiale, ils ne peuvent être utilisés que pour des estimations régionales (ils donnent par contre de bons résultats dès que les feux dépassent 25 ha).

Détection par satellite : FIERS "Etat de la végétation basé sur la télédétection satellitaire"

Objectifs :

L'objectif était de mettre à disposition des services de la sécurité civile français et italiens une estimation du stress hydrique de la végétation méditerranéenne en temps réel et sous la forme d'une cartographie sur SIG. Le programme devait également évaluer l'intérêt de cet indice obtenu à partir des images satellitaires NOAA-AVHR en comparaison aux autres indices déjà existants.

Contenu et résultats:

La méthode de traitement des images utilisée est celle de V. PROSPER LAGET (elle utilise le NDVI, Normalized Difference Vegetation Index, et la température de surface) améliorée pour éliminer l'effet du relief et du type de végétation. L'indice fourni est généralement calculé sur la base d'une semaine, essentiellement en raison de la couverture nuageuse (sur certains sites, en l'absence de nuages et selon la position du satellite, on peut obtenir un indice journalier). La résolution est de 1 km X 1 km mais la sécurité civile s'organise plutôt sur une échelle de 10 km X 10 km.

Des experts des organismes de sécurité civile ont validé les indices issus des images satellitaires à partir des connaissances qu'ils avaient de la situation feu de forêt au moment des prises d'images (nombre de départs de feux, vitesse de propagation, difficultés d'extinction, ...). Ils ont estimé que ces produits satellitaires pouvaient aider à une meilleure connaissance de l'état de la végétation. Cependant dans les pays comme la France où une assistance feu de forêt est déjà en place à partir de stations au sol et de mesures de teneur en eau sur le terrain, le satellite n'apporte pas d'informations plus intéressantes que celles qui existent déjà.

Partenaires :

FRANCE

- METEO France - B. SOL
- Centre Interrégional de Coordination des Opérations de Sécurité Civile (CIRCOSC) du Sud Est

ITALIE

- TELESPAZIO [société, industrie]
- Italian Civil Protection [organisme sécurité civile, non commercial]

Durée du programme : 2 ans (1998 et 1999)

Détection par satellite : Le système FUEGO

Objectif :

L'objectif du programme est la mise au point d'un système de constellation satellitaire destiné à fournir aux services de lutte un outil pour la surveillance des zones à risque, détectant les feux et suivant leur propagation, de façon continue, de jour comme de nuit.

Contenu et résultats:

Le système sera à terme constitué de 12 satellites localisés sur des orbites circulaires à 700 km d'altitude, équipés chacun des 4 caméras (visible et infrarouge) pouvant couvrir 30 Millions ha en Europe et 30 Millions ha hors Europe.

Les zones de surveillance sont celles qui ont été définies comme "à risque" par le groupe d'utilisateurs avec qui les partenaires du programme FUEGO ont eu de nombreux contacts. Pour la France, la zone surveillée concerne le pourtour méditerranéen et la Corse.

Le système propose 2 fonctions principales et vise, entre autres, les performances suivantes:

- détection des feux :
 - Temps moyen de détection : 15 à 20 minutes*
 - Surface minimum détectée : 50 m²*
 - Précision de la localisation du départ de feu : 300 à 500 m sur l'instant (150 m après 4 minutes)*
 - Taux de fausses alertes : 5 à 15 %*
- surveillance des feux :
 - Surveillance automatique pour des feux de surface > 25 ha*
 - Résolution de 30 à 50 m*
 - Temps entre 2 mises à jours du contour du feu : 90 minutes*
 - Prédiction à partir d'un module de simulation à la demande*

D'autres fonctions sont envisagées : cartes d'indices de risque (basé sur le NDVI), calcul des surfaces brûlées, analyse des types de végétation brûlée, gestion des zones de surveillance par l'identification de priorité dans ces zones à risque.

Le système complet, en fonctionnement 24 h sur 24, est prévu pour 2005 (un système partiel fonctionnant 8 h par jour pourra être proposé dès 2004). Un des intrants au programme était la mise en place d'un service dont le coût serait acceptable pour un service de lutte. Il est actuellement estimé à 0,7 euro/ha/an. Le système sera opérationnel pendant 7 ans.

Coordinateur et partenaires :

Nombreux partenaires dont voici les principaux pour l'Europe, chacun des pays étant également représenté dans le groupe d'utilisateurs.

ESPAGNE

- **Ingeniere y Servicios Aeroespaciales S.A. (INSA) [industrie] - I. TOURNE : coordinateur**
- SENER

FRANCE

- ALCATEL SPACE
- SEMA

PORTUGAL

- CNIG

ITALIE

- OFFICINE GALILEO

GRECE

- DLR
- Aristotelian Université

Des partenaires Australiens, Américains et Chiliens font également partie du projet.

Durée du programme : système fonctionnel en 2005

Budget du programme : programme financé par la Direction Générale XII de l'Union Européenne (science, recherche développement) et l'Agence Spatiale Européenne.

Lutte et impact sur l'écosystème : ACRE "Additifs chimiques rhéologie évaluation"

Objectifs :

Le programme a pour objectif principal d'améliorer la connaissance sur l'efficacité et les méthodes d'applications des additifs chimiques retardant. Il vise en particulier :

- à étudier l'efficacité des retardants à différentes échelles d'observations de la végétation,
- à modéliser le largage aérien de retardant et à sa pénétration dans la végétation,
- à fournir des directives pour une application optimum du retardant pendant la lutte (notamment en terme d'addition de gomme et de viscosité du produit).

Contenu et résultats:

Les résultats présentés ne sont que des résultats préliminaires et les différentes approches doivent être comparées pour donner des résultats définitifs et précis.

Evaluation de l'efficacité des retardants à différentes échelles d'observation :

Cette démarche passe par l'étude des propriétés rhéologiques et physiques des produits retardants. Les résultats obtenus sont importants pour la modélisation de la dégradation thermique de la végétation couverte de retardant et pourront par la suite être utilisés pour l'intégration de la lutte dans les modèles de propagation.

Le programme a testé l'efficacité de l'introduction de gomme dans le produit retardant. Pour des feuilles de chêne kermès, l'efficacité du retardant semble liée au taux de gomme introduit : pour 0,5 % ou 1 % le produit perd en efficacité, pour 2 % de gomme introduite le produit est plus efficace que le retardant pur. Toujours dans cette optique, les modes d'applications ont été étudiés :

- pour un produit appliqué par trempage (type moyen terrestre), c'est le produit le plus épais qui est le plus efficace,
- pour un produit appliqué par pulvérisation (type moyen aérien), c'est le produit le moins épais qui paraît être le plus efficace.

Modélisation d'un largage aérien de retardant

Elle a été effectuée en 3 phases :

- l'atomisation du nuage considéré comme un fluide "non Newtonien",
- la dispersion du nuage qui intègre la hauteur du largage, l'intensité et la direction du vent,
- la pénétration du retardant dans la végétation (cette dernière phase a nécessité la construction d'un modèle de végétation pour estimer les paramètres géométriques internes de la végétation).

Des largages réels ont été réalisés pour valider ces modèles. La plus grande surface au sol ayant reçu une quantité de retardant estimé comme suffisante a été obtenue avec une viscosité de 500 cps.

Coordinateur et partenaires :

FRANCE

- Entente Interdépartementale en vue de la Protection de la Forêt contre l'Incendie, Centre d'Essais et de Recherche de l'Entente (CEREN) [association, non commerciale] - C. PICARD, F. GIROUD : coordinateur
- Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), URA 0875 - Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée - O. SERO-GUILLAUME
- ITRATECH S.A.R.L. [industrie] - P. OEGEMA
- Fondation Claude Rey - C. REY

Sous contractant : sécurité civile

GRECE

- Mediterranean Agronomic Institute of Chania, MAICH - G. XANTHOPOULOS
- National technicam university of Athens, department of chelical enginnering -

PORTUGAL

- Universidade de Aveiro, Department of environment and planning, ACGR - M. STATHEROPOULOS

Durée du programme: fin en décembre 2000

Budget du programme : environ 1 Million d'écus au total