Résumé

Pour lutter contre le fléau que constituent les incendies de forêt dans la zone méditerranéenne, il existe depuis plusieurs décennies une collaboration étroite entre Météo-France et la Sécurité civile dans la zone de défense Sud. Cette implication de Météo-France se traduit chaque été par la mise en place, dans les locaux de l'État-major de zone (EMZ) de défense Sud, d'une antenne météo animée par des prévisionnistes spécialisés dans le domaine des feux de forêt.

Cette assistance opérationnelle de Météo-France contre les incendies de forêt a en particulier pour but de prévoir à 24 heures d'échéance le danger météorologique d'incendie à l'aide d'indices calculés et d'une expertise humaine indispensable. Le principe essentiel repose sur une simulation du comportement moyen des végétaux à partir de l'état de sécheresse du sol.

Il faut souligner l'importance des prévisions de danger météorologique d'incendie sur la mobilisation et le déploiement des moyens de lutte et son impact financier non négligeable.

Abstract

Meteorological assistance for the prevention and the fighting of forest fires in Mediterranean zone

To fight against the forest fires that have plagued the Mediterranean zone for several decades a close partnership between Meteo-France and Civil Defense (Sécurité civile) was setup in the South of France. Each summer inside the Civil Defense headquarters specialized forecasters provide weather information pertinent to forest fires; the aim is to provide a 24h forecast of the fire-weather danger using calculated indices and essential human expertise. The principle is based on a simulation of the average behaviour of the plants starting from the state of soil moisture.

It is necessary to emphasize the huge impact of the fire-risk forecast on the deployment of forces and its considerable financial impact.

Assistance météorologique à la prévention et à la lutte contre les feux de forêt en zone méditerranéenne

Jacques Manach, Éric Bertrand et Jacqueline Bidet

Météo-France - Direction interrégionale Sud-Est
2, boulevard Château-Double - 13098 Aix-en-Provence Cedex 2

L'effet des conditions météorologiques, tant passées que présentes, sur le fléau que constituent les feux de forêt en zone méditerranéenne, est incontestable.

La météorologie apparaît ainsi comme l'une des composantes du danger d'incendie. L'analyse du danger météorologique d'incendie est devenue en France, en zone méditerranéenne, un élément quasi indispensable pour le positionnement des moyens préventifs. Le danger météorologique n'est pourtant qu'une des données entrant dans le risque global d'incendie. Il consiste en une estimation du danger sur une zone, à partir des conditions météorologiques et seulement de celles-ci.

L'estimation repose sur l'influence des conditions météorologiques sur le comportement moyen de la végétation. Les

espèces végétales ou la nature du sol de la zone ne sont actuellement pas pris en compte spécifiquement. L'action du relief n'est intégré que très grossièrement.

Les fondements du danger météorologique d'incendies de forêt ont vu le jour grâce aux efforts conjugués de plusieurs services : Sécurité civile, Inra (Institut national de la recherche agronomique), Météorologie nationale (devenue Météo-France), Cémagref (Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts)... Les premiers travaux en zone méditerranéenne, qui datent du début des années 1970, ont mis en évidence l'importance primordiale du vent et d'un indice de sécheresse du sol, appelé réserve en eau du sol. L'incidence des conditions météorologiques sur l'inflammabilité des végétaux et le danger d'incendie était ainsi démontrée.

Incendie de forêt dans le Sud-Est. (© Météo-France, J.-P. Verney)

Depuis, la connaissance s'est améliorée de manière continue. On sait maintenant que d'autres paramètres sont tout aussi importants. L'humidité de l'air, par exemple, se révèle un paramètre fondamental, tout autant que le vent. La recherche et un retour d'expérience permanent ont permis, et permettent encore, d'apporter de nouvelles méthodes plus précises et plus fiables.

Le cadre de l'assistance météorologique à la prévention et à la lutte contre les feux de forêt

Une convention-cadre entre la Direction de la Défense et de la Sécurité civiles (DDSC) et Météo-France a été signée à Toulouse le 26 mai 1994. En matière de feux de forêt, il est stipulé que : « Météo-France met à disposition de la DDSC des éléments essentiels mais non uniques du risque feux de forêt. La DDSC est responsable de la diffusion publique des informations relatives aux risques feux de forêt. Météo-France participe à la diffusion des risques sur demande de la DDSC ».

La convention-cadre précise la forme de l'assistance météorologique aux incendies de forêt, qui concerne les quinze départements de la zone de défense Sud et consiste à mettre en œuvre, de fin juin à septembre, une antenne météorologique à l'État-major de zone (EMZ) à Valabre (Bouches-du-Rhône).

Cette antenne météorologique, animée par un ingénieur des travaux de Météo-France, fournit à tous les acteurs impliqués dans la campagne « feux de forêt » des bulletins réguliers sur le danger météorologique d'incendies et tous les paramètres pertinents en particulier (le vent, la température, l'humidité, le seuil d'éclosion, la vitesse de propagation...). Le spécialiste « feux de forêt » de Météo-France participe à deux briefings quotidiens avec les décideurs de l'EMZ. Les éléments qu'il présente sont déterminants pour déployer de façon optimale le dispositif zonal de lutte.

Organisation de l'assistance

L'action « feux de forêt » en zone méditerranéenne est coordonnée par la Direction interrégionale Sud-Est (DIRSE) de Météo-France. Elle s'inscrit dans plusieurs domaines :

- prévision du danger météorologique d'incendies et suivi en temps réel ;
- recherche en matière de danger météorologique ;
- communication et formation.

L'assistance météorologique opérationnelle aux incendies de forêt en zone méditerranéenne a commencé il y a près de quarante ans. Elle a évolué au fil du temps pour aboutir à sa forme actuelle.

Chaque année, la « campagne d'assistance météorologique aux feux de forêt » marque le début de l'activité opérationnelle. Elle se traduit par la mise en place d'une antenne de Météo-France à l'EMZ où interviennent des prévisionnistes spécialisés du Centre météorologique interrégional d'Aix-en-Provence. Cette assistance concerne les treize départements de la DIRSE et deux départements – l'Ardèche et la Drôme – de la Direction interrégionale Centre-Est (DIRCE).

Le prévisionniste de l'antenne de Valabre travaille avec les Centres départementaux de Météo-France (CDM) qui ont en charge l'analyse météorologique sur leur territoire de responsabilité et qui restent en contact étroit avec les Centres opérationnels départementaux d'incendies et de secours (Codis).

Le danger météorologique d'incendies est évalué sur ces quinze départements au niveau de chacune des cent seize zones élémentaires qui ont, chacune, une surface de 400 à 800 km² (figure 1). Pour réaliser cette assistance, les prévisionnistes, à l'antenne de Valabre ou en CDM, utilisent, en complément du réseau météorologique professionnel, les données collectées en temps réel de plus de deux cents stations automatiques.

La prévision du danger météorologique d'incendies

La prévision du danger météorologique d'incendies est réalisée deux fois par jour pendant la campagne estivale. Une première prévision est faite en cours d'après-midi. Elle est diffusée pour 17 h légales à l'ensemble des acteurs de la prévention et de la lutte contre les feux de forêt. Elle porte sur l'après-midi du lendemain.

Une deuxième prévision est effectuée le matin suivant, pour 9 h 30 légales en général, 10 h au plus tard. Elle porte sur l'après-midi même. Si la situation est conforme à celle prévue la veille, le niveau de danger attribué reste inchangé.

L'élaboration de cette prévision comporte quatre phases plus une phase de diffusion (figures 2 et 3). Pour chacune des zones, il est nécessaire de réaliser successivement :

Figure 1 - Zonage utilisé pour l'assistance météorologique à la prévention et à la lutte contre les feux de forêt.

Figure 2 - Les différentes étapes de l'élaboration du danger météorologique d'incendies.

– un calcul quotidien de l'état de sécheresse qui repose sur des calculs d'indices et dont l'objectif est de simuler la teneur en eau des végétaux. Ces calculs sont exécutés toute l'année à partir des données issues du réseau de mesure ;

Figure 3 - Méthode de calcul des indices du jour J. Hypothèse : la teneur en eau des végétaux est directement corrélée à celle contenue dans le sol au niveau accessible par leurs racines respectives. ICL : Indice de combustible léger, c'est le réservoir superficiel qui caractérise la teneur en eau des végétaux de surface (type herbe). IH : Indice d'humus, réservoir moyen pour la strate arbustive. IS : Indice de sécheresse, réservoir plus profond pour la teneur en eau des grands végétaux (type arbres).

– des prévisions expertisées des paramètres météorologiques dans une optique « feux de forêt » : vent, température, humidité de l'air, nébulosité, précipitations. Ces prévisions sont élaborées pour chacune des zones élémentaires par les prévisionnistes des CDM impliqués dans le dispositif ;

– une simulation numérique du danger avec le calcul d'indices de danger prévu à partir de l'état de sécheresse et des prévisions météorologiques ;

– l'expertise du danger météorologique d'incendies proprement dit qui est accomplie par le prévisionniste « feux de forêt » de l'antenne de Valabre. Celui-ci attribue à chaque zone, après une étude détaillée des conditions sur la zone, un niveau de danger pour les jours J et J+1 sur une échelle de six niveaux : F (faible), L (léger), M (modéré), S (sévère), T (très sévère) ou E (exceptionnel) ; voir l'exemple présenté figure 4.

Le suivi temps réel

Le suivi temps réel du danger météorologique d'incendie est réalisé par le prévisionniste de l'antenne Météo-France de l'EMZ de Valabre, tout au long de la journée. L'analyse de la situation du jour J, à l'heure H, est effectuée à environ H+30, selon un mode identique à l'élaboration des prévisions de danger ; les observations météorologiques jusqu'à l'heure H remplaçant les prévisions des paramètres météorologiques. L'ensemble des éléments (observations météorologiques, analyses du danger) sont mis à la disposition des acteurs opérationnels via le site Internet dédié.

Pour la qualité des prévisions et de l'analyse du danger météorologique d'incendies, il est nécessaire de disposer :

Figure 4 - Exemple de prévision de danger.

Ces prévisions sont mises à disposition des services de la Sécurité civile (EMZ, Codis...) et d'autres services de l'État (préfectures, directions départementales de l'agriculture et des forêts, Office national des forêts...) via un site Internet spécifique avec accès réservé.

Le niveau de danger prévu dans chacune des zones est utilisé pour le choix des dispositifs préventifs. Il constitue un élément décisif pour optimiser la mobilisation et le déploiement des moyens de lutte contre les feux de forêt.

– d'un réseau d'observations météorologiques dense et fiable ; c'est en effet le support indispensable à un suivi de l'état de sécheresse et à la réalisation de prévisions météorologiques fines. La prévision, comme l'analyse, étant réalisée à l'échelle des zones élémentaires, chacune d'entre elles doit comporter au moins une station météorologique « temps réel ». Chaque station doit mesurer le vent, la température, l'humidité de l'air et les hauteurs de pluie. Pour un bon suivi de la sécheresse, il est souhaitable de disposer en complément de deux mesures de pluie par zone ;

– de prévisions météorologiques fiables : c'est la base de la prévision du danger météorologique d'incendies. Les prévisions météorologiques ont vu leur qualité s'améliorer au fil des ans, par une meilleure prise en compte de l'analyse à grande échelle, mais aussi par une meilleure appréhension des phénomènes d'échelle fine. Les modèles actuels de prévision numérique travaillent avec une échelle spatiale de l'ordre de 10 km (modèle Aladin), ce qui permet de mettre en évidence des phénomènes importants pour les feux de forêt, tels que renforcements locaux du vent, effets de foehn, etc. L'humidité de l'air est l'un des paramètres qui pose le plus de problèmes en termes de prévisions, et Météo-France continue de travailler pour en améliorer la prévision ;

– d'un haut niveau d'expertise qui repose notamment sur le retour d'expérience : ce retour d'expérience est exécuté par les prévisionnistes « feux de forêt » en place à l'EMZ de Valabre. Ceux-ci, tout au long de la saison estivale, peuvent effectivement faire le lien entre la situation réelle au niveau des feux et les indices de danger calculés à partir des observations météorologiques en temps réel. Ce retour d'expérience, formalisé de manière régulière, permet d'améliorer l'interprétation des indices pour aboutir à une meilleure prévision du niveau réel de danger. En fin de campagne, Météo-France participe à plusieurs réunions qui regroupent les responsables opérationnels de chacun des quinze départements ; ce sont des occasions privilégiées d'écoute de l'utilisateur « Sécurité civile ». Cette écoute peut aussi se traduire par des vœux formulés par la commission Sécurité civile du Conseil supérieur de la météorologie à laquelle le service « feux de forêt » de Météo-France Sud-Est est chaque année convié. Ces améliorations se sont concrétisées dans le passé au travers de multiples exemples : on peut citer l'évolution de l'échelle de danger avec la création en 2001 du niveau « Exceptionnel » ; la définition d'une échelle commune avec la région Sud-Ouest en 2004 ; la modification de l'expertise « sécheresse » en 2005 et la modification du zonage en 2006. Un deuxième aspect du retour d'expérience concerne l'étude à posteriori des feux importants ou de certains feux particuliers : ces études présentent un intérêt primordial pour l'amélioration de l'expertise des prévisionnistes et peuvent permettre de détecter des situations météorologiques « dangereuses » sur un secteur donné, ou des seuils de paramètres à partir desquels la vigilance est de mise.

Figure 5 - Comparaison des niveaux de danger annuels. Niveaux de danger : barres verticales ; courbe verte : superficie brûlée ; courbe rouge : nombre de feux. Il existe une réelle difficulté à faire des statistiques annuelles correctes sur ces nombres de cas car les règles d'expertise, le zonage et l'échelle de danger ont évolué au fil des ans. Seule l'étude de la climatologie de l'IFM (Indice forêt-météo) permet véritablement de situer en termes de danger météorologique une année par rapport à une autre.

Les voies d'amélioration

Il existe plusieurs voies pour faire progresser encore l'assistance météorologique à la prévention et à la lutte contre les feux de forêts sur le plan météorologique proprement dit. Cela passe par l'amélioration :

- de la gestion du réseau d'observation (diminution du nombre de pannes, interventions curatives plus rapides) et de la qualité des données (fiabilité des capteurs, gestion des bases de données climatologiques),
- de la connaissance de la distribution spatiale de la sécheresse (projet en cours vers une évolution de l'analyse à une échelle de 5-8 km),
- de la prévision des paramètres météorologiques, notamment le vent, l'humidité de l'air et la détection des phénomènes aggravants comme l'effet de foehn.

L'intégration d'information concernant l'état réel de la végétation en complément des simulations numérique de l'état hydrique constitue une autre piste d'évolution : mesures d'inflammabilité réalisées depuis plusieurs années par l'Inra ou mesures de teneur en eau des végétaux mises en œuvre par l'Office national des forêts (ONF).

La qualité des prévisions de danger météorologique d'incendies s'est accrue au cours des ans et continue aujourd'hui. Les énormes progrès réalisés dans les prévisions météorologiques expliquent en grande partie cet essor. Parallèlement, la qualité de l'expertise a aussi progressé notablement depuis quelques années, grâce à la mise à disposition d'indices de danger de plus en plus performants ainsi qu'à l'utilisation systématique du retour d'expérience.

Canadair en action dans le Sud-Est. (© DDSC)

Les indices de danger

Les indices de danger peuvent représenter plusieurs types de risque :

- un indice « mixte » est un indice « d'ambiance » générale pour la journée ;
- un indice d'éclosion traduit un risque de départ de feu ;
- un indice de propagation traduit le risque lié à la vitesse de propagation du feu.

L'IFM (**Indice forêt-météo**) est un indice de danger mixte. Il est utilisé dans toutes les régions de France concernées par les feux de forêt, et spécialement en zone méditerranéenne depuis 1995. Ce choix a été fait à l'issue du programme de recherche européen Minerve, qui a montré que l'IFM est, pour la zone méditerranéenne, un indice très performant. Son calcul de sécheresse, par l'appréciation de trois réservoirs différents, est tout à fait unique et le rend plus proche de la réalité. Il donne ainsi de meilleurs résultats que les autres indices de danger dans la plus grande partie des situations. En cas de pluies récentes, ainsi qu'en toutes situations dans les zones de montagne ou d'arrière-pays, il est le seul indice à pouvoir être utilisé avec fiabilité. L'IFM présente cependant des défauts. En particulier, il donne des mauvais résultats dans les cas de forte sécheresse, pendant lesquels il sous-estime notablement le niveau de danger par vent faible ou modéré. Pendant les périodes de forte sécheresse, qui sont redoutées, l'analyse ne peut donc s'appuyer sur cet indice, et seuls les autres indices sont utilisés.

L'IFM n'est pas borné et peut varier de 0 à des valeurs très grandes. Les seuils critiques de danger très élevé dépendent des zones climatiques, allant de 50-60 dans le nord de la région (Alpes, Nord-Ardèche et Drôme, Lozère) à 100 pour les zones littorales.

Le seuil d'éclosion a été mis au point par J.-C. Drouet (IUT Marseille). Il est calculé à partir de la température, de l'humidité, de l'ensoleillement et du vent. Des valeurs très négatives expriment un indice d'éclosion très faible. Des valeurs supérieures à -7 représentent une situation météorologique à danger d'éclosion marqué. Si l'indice devient positif, le danger d'éclosion devient extrême. Le seuil d'éclosion ne peut être utilisé après des pluies significatives. Il est utilisé opérationnellement par Météo-France pour la zone méditerranéenne.

On estime la vitesse du vent à partir de laquelle le feu est possible. On estime d'abord à partir d'abaques la teneur des combustibles les plus fins (litières) à partir du point de rosée et de la température de la litière. Puis, en fonction de cette teneur en eau, on détermine la vitesse du vent à partir de laquelle un feu peut démarrer ; la relation est linéaire : Vitesse du vent (km/h) = 10 x (teneur en eau en %) - 20.

Par exemple, si la teneur en eau est 5 %, il suffit de 30 km/h pour permettre à un feu de démarrer. Concrètement, dès que l'on est à moins de 15 km/h du seuil (seuil d'éclosion = -7 kt), les feux deviennent possibles ; si le vent souffle plus fort que le seuil (seuil d'éclosion > 0), les feux sont fortement probables.

La vitesse de propagation est, comme son nom l'indique, un indice de propagation. En fonction de la réserve en eau du sol (calculée selon la méthode Thornthwaite), de la vitesse du vent et de la température, il donne une estimation de la vitesse théorique du feu sur un terrain plat. Cet indice n'est pas valable après des pluies. Les seuils critiques correspondant à un danger de propagation très élevé varient en fonction de la zone climatique et des pentes. En moyenne, ils vont de 500/600 m/h sur le nord de la zone à 1 000 m/h sur le littoral méditerranéen. Dans les départements littoraux, la vitesse de 1 500 m/h est considérée comme dramatique.

La formulation est la suivante :

$$VP = 180 \times \text{EXP}(T_a \times 0,06) \times \text{TgH}((100 - \text{RES}) / 150) \times (1 + 2 \times (0,8483 + \text{TgH}(\text{FF} / 30 - 1,25)))$$

VP vitesse de propagation en m/h ; T_a température de l'air ; TgH fonction tangente hyperbolique ; FF vitesse du vent en km/h ; RES réserve en eau du sol en mm.

Enfin, des avancées sont possibles avec la télédétection satellitaire : des programmes de recherche sont en cours avec des mesures couplées de températures de surface – qui augmentent avec le stress hydrique de la végétation – et le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) qui met en évidence l'activité chlorophyllienne des végétaux. Mais, aujourd'hui, ces techniques ne sont pas encore opérationnelles.

Conclusion

La prévision du danger météorologique d'incendies apparaît comme une longue chaîne de traitement. Elle utilise l'ensemble du réseau météorologique, tout au long de l'année. Près de trois cent vingt points de mesure sont nécessaires, en zone méditerranéenne par exemple, pour l'analyse de la sécheresse et la prévision météorologique la plus fine possible. C'est l'ensemble de Météo-France Sud-Est qui est mis à contribution pour cette assistance à la prévention et à la lutte contre les feux de forêt : les Centres départementaux de Météo-France qui réalisent, au fil des jours, les prévisions météorologiques sur leurs départements et contrôlent le fonctionnement des stations automatiques et le Centre météorologique interrégional d'Aix-en-Provence qui prend en charge l'expertise du danger d'incendies proprement dit et active une cellule météorologique auprès de l'EMZ de Valabre.

L'assistance météorologique opérationnelle aux incendies de forêt en zone méditerranéenne est un outil efficace au profit des services de prévention et de lutte contre les feux de forêt. Il a fait ses preuves en de nombreuses occasions et continue toujours à s'améliorer.

Bibliographie

- Pouliot L., 1991 : *Prévision des indices Forêt-Météo*. Service atmosphérique d'environnement du Canada de la région Québec, 84 p.
- Viegas D.-X., B. Sol, G. Bovio, A. Nosenzo et A. Ferreira, 1994 : *Comparative study of various methods of fire danger evaluation in Southern Europe*. 2nd international conference on forest fire research, Coimbra, Portugal.
- Drouet J.-C., 1990 : *Prévision des risques et modes de propagation*. *Revue technique du feu*.
- Prosper-Laget V., J.-P. Wigneron, J.-P. Guinot et B. Seguin, 1995 : Utilisation du satellite NOAA pour la détection des risques d'incendies de forêt. *La Météorologie*, 8^e série, 10, 28-38.