

Risque incendie : recherche et expertise pour mieux prévenir et gérer durablement les feux de forêt

Chaque année, le risque incendie de forêts est à son maximum de mi-juin à mi-septembre. Ainsi près de 60 000 feux de forêts sont recensés tous les ans en Europe, soit une moyenne de 500 000 ha brûlés par an, principalement dans les pays de la rive nord de la Méditerranée. Sur notre territoire sont concernées essentiellement les régions de la moitié Sud du pays: PACA, Corse, Languedoc-Roussillon, Drôme Ardèche et Aquitaine. En juin 2016, on recense déjà deux feux importants qui ont brûlé 150 ha dans les Bouches du Rhône et plus de 120 ha dans les Pyrénées Orientales.

Pour atténuer durablement le nombre, l'intensité et la sévérité des incendies en France, et particulièrement en zone méditerranéenne, une approche globale de la gestion des territoires et de la prévention des feux s'avère indispensable.

Il s'agit donc de mener une lutte contre le feu avec une vision d'ensemble :

1. Comprendre son fonctionnement, notamment dans les zones d'interface forêt-habitation et à proximité des routes où démarrent la majorité des feux ;
2. Concevoir des outils et des méthodes de prévention en prenant en compte la vulnérabilité des bâtis, pour l'ensemble des acteurs de terrain : les gestionnaires en charge d'aménager le territoire et gérer les infrastructures, les services opérationnels de lutte incendie, les forestiers et la population vivant en zone à risque ;
3. Anticiper les effets du changement global (changement climatique et changements liés à l'action humaine) sur le risque incendie et améliorer la résilience de la forêt.

Ce sont les trois axes complémentaires de développement des travaux des scientifiques d'Irstea – Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture - à Aix-en-Provence. Nos chercheurs et ingénieurs s'attachent en effet à améliorer la connaissance du risque incendie dans des territoires méditerranéens de plus en plus habités. Leurs travaux prennent en compte le fonctionnement et l'évolution de la forêt, l'aménagement des territoires et leurs dynamiques, et les changements climatiques. Dès les années 1990, Irstea a mis au point des modèles de simulation de l'aléa feu de forêt fondés sur l'étude de la végétation combustible. Ils sont utilisés encore aujourd'hui, notamment dans les PPRIF – Plan de Prévention du Risque Incendie de Forêts. Ces modèles ont été complétés en 2003 par une échelle d'intensité du phénomène incendie de forêts qui met en relation les niveaux d'intensités des feux (en kW/m de front de flamme) et les dégâts potentiels associés.

Expert du phénomène incendie, Irstea développe aujourd'hui des outils d'aide à la décision à destination des gestionnaires publics et privés, en intégrant la vulnérabilité des territoires, c'est-à-dire les conséquences potentielles du feu sur la zone touchée (mise en danger de vies humaines, destruction de bâtiments, d'infrastructures,...). Cette expertise, couplée à des données d'imagerie satellitaire (en lien avec Irstea Montpellier - projet Geosud et Pôle Theia) permet de cartographier et modéliser le risque incendie à l'échelle d'un territoire.

1. Comprendre le phénomène incendie pour mieux s'en prévenir : l'écologie du feu

Etude de l'inflammabilité et de la combustibilité des végétaux

Le type de végétation, tout comme la chaleur et la force du vent, est l'un des facteurs environnementaux les plus importants contribuant au risque incendie. L'étude de l'inflammabilité et de la combustibilité des végétaux (pinèdes, mélanges pins-chênes...) en zone méditerranéenne est donc essentielle pour une

meilleure connaissance du comportement du feu. La combustibilité des végétaux (c'est-à-dire la quantité de combustible dans une plante disponible pour brûler) est évaluée grâce à une méthode d'analyse, appelée « méthode cube » développée dans le cadre du programme européen Fire Paradox : des cubes de feuilles, aiguilles, brindilles de 6 mm de côté en moyenne, sont prélevées de la base au sommet de la plante, pour être ensuite séchées, pesées et classées selon leur densité et donc leur combustibilité. L'inflammabilité d'une plante se définit comme sa capacité à brûler, et est évaluée à différents niveaux structurels de la plante (feuilles, litière, branche, etc) selon son niveau de combustibilité mais aussi en fonction d'autres facteurs comme sa teneur en eau (humidité, sécheresse), la température extérieure, la force du vent, etc... Une méthode, dite de prélèvement de « litières non perturbées » gardant intacte la structure des feuilles mortes et débris végétaux en décomposition au pied de l'arbre, a été développée en 2011 afin de mener des études dans des conditions proches du réel.

Etude des causes de départ et de propagation des feux

En région méditerranéenne française, en moyenne 92% des feux de causes connues sont dus à des actions humaines (53% par négligence, 39% par malveillance ; ces proportions variant d'un département à l'autre). Aussi Irstea a étudié précisément les causes de départ de feu et développe depuis une dizaine d'années des travaux sur la compréhension du phénomène feu (de l'éclosion jusqu'à la propagation) dans la zone d'interface entre la forêt et les espaces urbanisés, zone la plus sensible aux risques incendies (47% des départs de feux ont lieu dans ces interfaces dans le département des Bouches du Rhône). Là, la propagation du feu de la forêt jusqu'au bâti est influée par la végétation présente dans les jardins des particuliers, appelée végétation ornementale, et constituée aussi bien d'espèces natives de la région que d'espèces rapportées. En recréant dans le laboratoire feux d'Irstea à Aix-en-Provence les conditions les plus proches de celles du terrain, les chercheurs analysent les types de combustible les plus inflammables (notamment les litières, les feuilles et branches) chez les principales espèces utilisées comme végétation ornementale.

A l'issue de ces travaux expérimentaux, un guide technique qui caractérisera les différentes espèces végétales en interface habitat-forêt par leur inflammabilité et leur combustibilité est en cours de réalisation à la demande de la région PACA pour une parution fin 2016. Ce guide permettra d'identifier les plantes qui peuvent être utilisées en priorité par les particuliers pour l'aménagement de leur jardin en interface habitat-forêt. Parallèlement, une étude terrain, à l'aide d'outils de géolocalisation, a été menée récemment pour définir la structure de la végétation ornementale dans les jardins, autour d'Aix-en-Provence et Marseille. Ces données de « jardins-types » permettront de réaliser des simulations encore plus performantes.

2. Cartographier le risque : outils et méthodes pour renforcer la prévention

En France métropolitaine, 4 000 départs de feu ont lieu en moyenne chaque année et 24 000 hectares de forêt sont incendiés. Les trois quarts des communes françaises ayant subi des feux sont situées dans la moitié sud de la France : 6 000 communes sont classées à risque de feu de forêt (principalement en Provence - Alpes - Côte d'Azur, Corse, Languedoc-Roussillon, en Drôme, en Ardèche et en Aquitaine), soit une commune sur six. L'accroissement de biens et de la population à proximité et dans les forêts augmente la vulnérabilité de ces zones face aux incendies.

La recherche à Irstea se concentre donc depuis plusieurs années sur les interfaces habitat-forêt où la densité d'éclosion des feux est la plus grande ; ce sont les zones de contact entre espaces naturels (forêts, maquis, garrigues, ...) et espaces urbanisés (habitations, lotissements périurbains, ...). Pour faire face au risque incendie dans ces lieux d'urbanisation à forte croissance, la réglementation vient en aide aux communes, notamment par l'obligation de débroussaillage de 100m autour de son habitat par exemple. Mais les acteurs de la prévention et de l'aménagement du territoire que sont les élus, gestionnaires publics, ont besoin d'outils d'aide à la décision pour établir des PLU – Plan Local d'Urbanisme - et réviser au besoin les

anciens POS (Plan Occupation des Sols), ou encore rédiger des PPRIF – Plans de Prévention du Risque Incendie de Forêt en fonction des territoires et de leur sensibilité. Ainsi Irstea a mis au point une méthodologie de cartographie des différents types d'interface habitats forêts : de « isolé » à « diffus » jusqu'à « dense » et « très dense » (ce dernier correspond souvent au vieux centre-ville). Croisés avec des données sur la structure de végétation (3 niveaux), elle a donné lieu à une typologie de 12 types d'interfaces : de « Habitat isolé avec végétation quasi nulle » à « Habitat groupé très dense avec végétation très forte ». Cette méthode cartographique a été intégrée dans un logiciel nommé WUImap (Mapping Wildland-Urban Interfaces) largement diffusés à toutes les DREAL en 2010 et est utilisée par les services de lutte anti-incendie (SDIS – Service Départemental d'Incendie et de Secours). Elle a également été reprise dans un modèle commercial par l'ONF. Une version WUImap en open source est en cours d'élaboration afin de rendre l'outil accessible du plus grand nombre d'opérateurs. Un module complémentaire d'aide à la planification permet de réaliser des cartographies dynamiques en plaçant de nouveaux bâtis dans une zone à urbaniser. Une version européenne du logiciel - RUImap (Rural-Urban Interfaces)- a été développée par Irstea et ses partenaires dans le cadre du projet FUME. D'une envergure plus grande, elle se limite à une précision de 100m (l'échelle locale de WUImap est de 2,5m). Elle a été finalisée en 2014 et permet la création de cartes à l'échelle d'une région.

L'expertise d'Irstea sur ces sujets est régulièrement sollicitée pour des études à l'échelle de territoires précis, en France et en Europe. Depuis 2015, nos chercheurs interviennent également pour former de nouveaux experts : des analystes du feu, déployés dans les Bouches-du-Rhône. Répandu aux Etats-Unis, en Australie et en Espagne, ce nouveau maillon entre les services décisionnaires de l'Etat en région et les pompiers est chargé d'optimiser la lutte grâce à l'anticipation de l'évolution du feu en fonction de la végétation, des conditions climatiques et de l'habitat...

Le risque incendie : de la prise en compte de la vulnérabilité au développement de la culture du risque

Au-delà de ces actions des gestionnaires sur l'urbanisation et la gestion des forêts, la culture du risque des citoyens, c'est-à-dire la connaissance du danger et des mesures à prendre pour le prévenir ou y faire face, est désormais au cœur des actions de prévention. Un logiciel a été développé à partir de nos connaissances et expérimentations et sera à terme disponible sur une plateforme web ouverte à tous afin de permettre à la population concernée d'évaluer son niveau de vulnérabilité (matériaux de construction de la maison, présence d'espèces ornementales et distance du bâti, mobilité potentielle) et de hiérarchiser les mesures à prendre (débranchement, élagage, enlever le bois mort près de l'habitation, etc...).

Rendre le citoyen acteur pour une meilleure prévention et gestion des alertes

Une application gratuite de crowdmapping «Signalert » a été lancée l'été 2015 permettant aux citoyens de signaler et décrire des événements naturels d'intensité faible ou extrême, dont les feux de forêt. La start-up s'est associée aux équipes d'Aix-en-Provence de l'institut pour élaborer le questionnaire de description des incendies. Afin d'évaluer l'intensité du phénomène, quatre types de questions sont à renseigner, décrivant la taille du front de flamme et le nombre de foyers, le type de zone touchée, la couleur de la fumée et la force du vent. L'utilisateur reçoit en retour des informations sur les témoignages d'autres usagers à proximité et peut échanger avec eux via les réseaux sociaux. Il dispose également de conseils sur les comportements appropriés face aux dangers ou des liens vers des sites officiels émettant des messages de vigilance ou d'alerte. Expérience saisonnière, l'opération est renouvelée cet été, avec l'ouverture complémentaire d'un portail en accès libre (WorldFire) permettant à quiconque de consulter les alertes récentes pour incendie de forêt (moins de 2 mois d'ancienneté) lancées avec l'appli Signalert. Cette démarche permet non seulement

de sensibiliser les citoyens aux risques liés aux incendies de forêt mais aussi de donner l'alerte le plus précocement possible aux pompiers.

3. Anticiper les impacts du changement global sur le risque incendie et améliorer la résilience de la forêt

La région méditerranéenne est l'une des régions où le changement climatique est le plus rapide et le plus important : une tendance à la baisse de la pluviométrie est prévue de 20 à 30% d'ici à 2100, et la fréquence des grandes sécheresses (comme celle de 2003) devrait augmenter. S'ajoute à cela l'augmentation attendue de la population de 9 % à l'horizon 2050 sur la façade méditerranéenne en France.

Evolution des feux de forêts et mesures d'anticipation

Pour étudier l'évolution des feux de forêts en France et anticiper son évolution dans les années à venir, les chercheurs d'Irstea, dans le cadre d'un vaste programme européen (33 partenaires de 17 pays – projet FUME – voir annexe) ont analysé les impacts potentiels du changement climatique et de l'occupation des sols sur le risque incendie de forêt. Les simulations prévoient ainsi une augmentation du nombre de départs de feux et d'incendies d'interface dans la zone côtière, et un risque accru de grands feux dans les milieux d'arrière-pays et en moyenne montagne, jusqu'ici peu touchés. La saison à risque devrait s'étendre tant au printemps qu'à l'automne, de 3 à 6 semaines d'ici à 2040. La surface brûlée pourrait être de 3 à 5 fois plus étendue vers 2100 en Europe. Des outils d'aide à la décision pour aménager les territoires en prenant en compte l'aléa incendie ont ainsi été réalisés. **L'outil PostFire DSS** par exemple aident les gestionnaires de parcs et de forêts à obtenir des structures forestières moins inflammables, en transformant par exemple des forêts de pins en forêts mélangées pin et chêne blanc pour limiter les risques à long terme. Un guide¹ a également été produit par Irstea qui détaille les espèces à favoriser ou éviter et les modes de gestion à recommander.

Des travaux d'Irstea ont permis d'analyser les effets de la répétition des incendies sur les écosystèmes forestiers, sachant que certains peuplements comme la garrigue ont besoin de feux pour se maintenir. Il apparaît qu'un feu isolé ne détruit pas la forêt, mais à partir du « 4^{ème} feu » en 50 ans, on constate la raréfaction d'espèces et de communautés essentielles au fonctionnement de l'écosystème, ainsi que la diminution du stock de matière organique et de sa qualité. Il faut alors attendre 50 ans pour observer une résilience des espèces végétales dominantes. Ce n'est qu'après 150 ou 200 ans sans feu que l'on observe un fort accroissement du stock de carbone dans le sol et un enrichissement de la structure et de la composition de la végétation.

Simuler l'effet du changement climatique en grandeur nature

Une sécheresse persistante après un feu ralentit, voire stoppe la régénération de la forêt. De la même façon, l'impact d'un incendie sur un milieu venant de subir une période de sécheresse prolongée est aggravé. Quatre années de sécheresses successives constitueraient ainsi un seuil critique dans la résistance de la forêt au feu. Depuis 8 ans, Irstea suit une cinquantaine de résineux et de chênes verts sur le site expérimental de Fontblanche (voir annexe). Irstea simule notamment les effets du changement climatique sur la pluviométrie et la croissance des arbres en mettant en place des zones privées de 30% de leur eau, d'autres auxquelles on ajoute 30% d'eau, et des zones témoins dont la disponibilité en eau n'a pas été modifiée. Les chercheurs étudient également le développement des arbres du pied à la cime. Les dépérissements depuis 1980 ont été

¹ Curt T., Frejaville T (2015). Guide pour évaluer la vulnérabilité des forêts provençales aux changements climatiques.

multipliés par 4 à 5. L'exclusion de pluie a diminué le nombre annuel de cycles de croissance des pousses, la durée de ces cycles et la vitesse de croissance des aiguilles.

Reconstituer la forêt et améliorer la résilience

Le chêne liège et le pin d'Alep sont deux espèces très résistantes aux incendies et résilientes du fait de leurs capacités de régénération. Irstea s'est particulièrement intéressé au pin d'Alep : sous la chaleur dégagée lors de l'incendie, il ouvre tous ses cônes (organes reproducteurs) et dissémine les graines sur un sol incendié où rien d'autre ne risque de germer ; cela favorise ainsi son implantation. L'étude de cette espèce emblématique du Sud Est a d'ailleurs donné lieu à un guide² à l'attention des gestionnaires de forêts. Pourtant, ces deux arbres emblématiques du pourtour méditerranéen présentent des premiers signes de dépérissement.

Afin de reconstituer la forêt et améliorer sa résilience aux feux, les chercheurs d'Irstea se sont orientés vers des actions ciblées en privilégiant la diversification et la restauration forestière par plantations de feuillus (frênes, caroubiers, arbousiers, sorbiers et pistachiers), sur un site expérimental à Saint Mitre les Remparts (13). Le but de ces plantations est d'accroître la diversité et la résilience en favorisant le mélange avec les feuillus dans le cas des peuplements à pin d'Alep. Ces espèces, toutes adaptées à la sécheresse, ont la capacité d'émettre de nouvelles tiges à proximité de leur souche après l'incendie. La croissance, la survie des feuillus, la ressource en eau et en lumière ont été étudiés. Les premiers résultats montrent que certaines espèces se développent plus facilement sous couvert forestiers (frêne, sorbier) alors que d'autres bénéficient du découvert (arbousier, pistachier...).

Quelques chiffres

- **500 000** ha sont détruits chaque année pour **60 000** départs de feux en Europe.
- **24 000** ha pour **4000** départs de feux chaque année en France.
- Un méga-incendie en 1990 dans le Var en 1990 - **11 580** ha brûlés : +10 maisons et + 40 de voitures endommagées, environ **8 000** personnes évacuées.
- **73 300** ha brûlés en France en 2003
- **6000** communes classées à risque incendie en France, 2/3 dans le Sud de la France.
- En moyenne **92%** des départs de feux sont d'origine humaine.
- **47 %** des départs de feux ont lieu dans les interfaces habitat-forêt dans les Bouches du Rhône.
- Seuil critique pour la régénération des forêts : au **4^{ème} feu** au même endroit (avec des intervalles entre les feux courts), et **après 4 ans** consécutifs de sécheresse.

Laboratoire et sites d'expérimentation :

>le laboratoire feu à Aix-en-Provence



Des expériences de brûlage sont réalisées dans le laboratoire afin de mesurer les différents paramètres de l'inflammabilité comme le délai et la fréquence d'ignition, la hauteur et durée de la flamme ou encore la vitesse de propagation du feu naissant en fonction des différents types de combustible.

² B. Prevosto coord. (2013). Le Pin d'Alep en France. 17 fiches pour connaître et gérer.

>le site de Saint Mitre les Remparts (13): régénération forestière et essai sur pin d'Alep

Afin de retrouver la diversité perdue après un incendie, les chercheurs utilisent un site expérimental pour tester la diversification et la restauration forestière par plantations de feuillus (frênes, caroubiers, arbousiers, sorbiers et pistachiers). Ces espèces, toutes adaptées à la sécheresse, ont la capacité d'émettre de nouvelles tiges à proximité de leur souche après l'incendie, et donc de reconstituer la forêt et d'améliorer sa résilience aux feux. Entre 2007 et 2009, 1 600 plants de feuillus ont été introduits et près de 4 000 glands semés dans des conditions de végétations différentes.

>le site de Fontblanche (13) : compréhension des effets du changement climatique

Le site expérimental de Fontblanche (Bouches-du-Rhône) permet de suivre l'évolution à long terme d'une forêt mélangée à pins d'Alep et à chênes verts soumise au changement climatique à travers le suivi des bilans carbone et hydrique et l'effet d'une manipulation de la ressource en eau. Il est composé de 4 placettes expérimentales de 900 m² chacune avec une zone d'exclusion de 30% de la pluie à l'aide de gouttières suspendues, une zone irriguée par aspersion recevant 30% d'eau supplémentaire, une zone témoin. Des échafaudages de 9 à 12 mètres ont été montés afin d'accéder à la cime des arbres et étudier le développement des arbres du pied à la cime. Un modèle de simulation a été créé pour modéliser la réponse de la forêt au changement climatique.

Quelques définitions

Incendie de forêt : on parle d'incendie lorsque la surface végétale menacée est supérieure à un hectare d'un seul tenant et que la partie haute de la végétation est détruite.

Méga-incendie : >10.000 ha brûlés (USA, Canada, Australie, Asie et rarement en Europe (Russie).

Régime d'incendie : varie selon la fréquence des feux, taille, saison, localisation, intensité...

Ignition : mise à feu due majoritairement à des facteurs humains (comportements, facteurs sociaux), et parfois facteurs naturels (orage).

Inflammabilité : Capacité d'un combustible (litières, feuilles, branches, troncs,...) à brûler et à propager le feu.

Combustibilité : Quantité de combustible disponible (notamment les particules végétales fines et mortes) dans une plante pour brûler.

ANNEXES

➤ Réglementation française

PRIFF – Plan de Prévention du Risque Incendie Feux de Forêts :

Outils juridique existant pour prévenir certaines conséquences des grands feux et limiter le risque de leur survenance. Ces PPRIF visent à maîtriser l'interface habitat-forêt et à éviter des implantations qui peuvent être à l'origine de départs de feu et sont difficiles à protéger en cas d'incendie. Ils s'appliquent en complément d'un dispositif prévu par le code forestier qui comprend des mesures obligatoires de débroussaillage, et qui s'applique de droit sur plusieurs territoires sensibles aux feux de forêts.

Obligation légale de débroussaillage (article L.134-6 du Code forestier)

Cette obligation s'applique, par arrêté préfectoral, pour les particuliers qui vivent au sein d'espaces exposés aux risques d'incendies de forêts : débroussaillage obligatoire de 50 m, parfois 100m selon les communes, autour des habitations (et de tout bâtiment); mais aussi aux autorités concernées (communes, départements...) pour les espaces le long des routes, des voies ferrées et des réseaux (ex : EDF). En zone urbaine, les Plans Locaux d'Urbanisme incluent les zones de débroussaillage de parcelle.

Ex : Bouches-du-Rhône (13) : Arrêté préfectoral n°2014316-0054 du 12/11/2014 relatif au débroussaillage et au maintien en état débroussaillé des espaces exposés aux risques d'incendies de forêt. Les PIDAF (Plan Intercommunal de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier) permettent de mettre en œuvre le dispositif (il en existe 21 dans les Bouches du Rhône).

Focus sur deux projets phare :

< **Projet européen FIREPARADOX (2006-2010)** - A permis de faire le lien entre les différents concepts de gestion du feu mis en place par l'UE et indispensables pour garantir à l'Europe la capacité de prévenir et de combattre les feux avec la plus grande efficacité. L'utilisation des concepts de gestion traditionnelle du feu ajoutée à de meilleures connaissances scientifiques concernant les applications de brûlage dirigés a permis de présenter une approche équilibrée de la gestion des territoires boisés et non boisés, ainsi que la gestion des feux indésirables d'une manière générale. C'est dans ce cadre que le concept d'interface habitat forêt a été étudié. La méthodologie et une première version du logiciel a été réalisée en décembre 2009 – L'outil de cartographie automatique sur SIG est à disposition sur le site <http://fireintuition.efi.int/products.fire>

< **Projet européen FUME (2009-2013)** - Forest fires Under climate, social and economic changes in Europe, the Mediterranean and other fire-affected areas of the world. Coordonné par l'Université Castilla La Mancha, Espagne - comprenant 33 partenaires de 17 pays. Le projet consistait à étudier les incendies du passé en les croisant avec des projections futures, intégrant le changement climatique et d'autres facteurs socio-économiques qui pourraient affecter le feu. L'objectif était d'étudier les impacts de ces futurs incendies sur la végétation, en se concentrant sur les impacts des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes, comme la sécheresse et les vagues de chaleur.

Contacts : presse@irstea.fr

Cécile Bittoun – Responsable presse – 01 40 96 61 30 – 06 77 22 35 62

Marie Warzykowski – Chargée relations presse – 01 40 96 61 41 – 06 86 07 75 30

Irstea – Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture – est placé sous la double tutelle des ministères en charge de la recherche et de l'agriculture. Il concentre ses recherches sur l'eau, les écotechnologies et l'aménagement des territoires. Sur un modèle de recherche « finalisée », il a pour vocation de répondre aux enjeux environnementaux et sociétaux d'aujourd'hui et de demain. Il est labellisé « Institut Carnot » depuis 2006. www.irstea.fr – @irstea