

Applications développées dans différents thèmes concernant la forêt méditerranéenne

Evaluation et cartographie du risque d'incendie de forêt à l'aide d'un SIG. Exemple d'un massif forestier du sud de la France.

par Marielle JAPPIOT *

En région méditerranéenne française, 10 000 à 60 000 ha d'espaces naturels sont parcourus annuellement par le feu. Il en résulte une menace permanente pour la sécurité des biens et des personnes ainsi que pour la préservation du patrimoine naturel. La prévention du risque d'incendie de forêt reste donc un objectif prioritaire des collectivités locales, de l'Etat et de l'Union européenne en région méditerranéenne.

Le risque d'incendie de forêt est défini comme une combinaison de l'aléa feu de forêt et de la vulnérabilité des biens exposés à cet aléa. L'aléa se définit par la probabilité d'éclosion et la probabilité d'incendie.

L'évaluation et la cartographie de

l'indice de probabilité d'incendie se fait au travers d'un SIG ; c'est un outil puissant d'analyse spatiale qui permet de gérer un grand nombre d'informations, de les traiter de manière simultanée, de réaliser certains calculs automatiques et de restituer les résultats sous forme cartographique.

La méthode est appliquée sur le massif des Maures, étendue forestière de 135 000 ha (département du Var).

Un SIG, qu'est-ce que c'est ?

Vous avez dit Système, Informations et Géographiques ?

Les anglo-saxons font souvent la distinction entre **données** et **informa-**

tions. Les premières sont "brutes de fonderies", les secondes "intelligentes et renseignées" (Salge in Rouet, 1991).

Une donnée devient une information à partir du moment où elle est directement utile pour prendre une décision, pour réfléchir à une stratégie, ou simplement pour agir. L'information doit renseigner efficacement l'utilisateur sur le domaine dans lequel il intervient.

Le **système d'information**, quant à lui, a plusieurs fonctions (DIDIER, 1990 - PORNON, 1990) :

- il sélectionne l'information extérieure utile,
- il apporte à chacun l'information dont il a besoin,
- il recueille auprès de chacun l'information créée et la recycle,
- il renvoie vers l'extérieur les informations demandées.

* Cemagref

Le Tholonet - BP 31
13612 Aix-en-Provence Cedex 1

Une information devient *géographique* dès qu'elle est spatialement référencée à la surface de la terre. On dit alors qu'elle est *géoréférencée*.

Il existe de très nombreuses données spatialisées, telles que la distribution des ressources naturelles (sol, végétation), la localisation d'infrastructures (réseau routier, lignes EDF, voies SNCF)...

Le **système d'information géographique** (ou SIG, ou GIS en anglais) gère à la fois les données géographiques et les données descriptives qui y sont attachées.

Au sens large, un SIG comprend également le logiciel qui gère ces données.

Les SIG ont bénéficié des progrès réalisés indépendamment dans deux branches informatiques CAO/DAO (Conception et Dessin Assistés par Ordinateur) d'une part et SGBD (Système de Gestion de Base de Données) d'autre part.

A ces deux catégories d'outils correspondent les deux types de données gérées par un SIG : les données géographiques et les données descriptives (encore appelées sémantiques) (DIDON, 1990).

On peut citer comme exemple sur le massif des Maures :

- la carte des feux du passé où les données géographiques correspondent aux contours des feux et les données descriptives apportent des informations sur les zones brûlées (année du ou des incendies, nombre de passage

de feux, données météorologiques, relief, etc.).

- la carte des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) où les données géographiques correspondent aux contours et les données descriptives aux informations relatives à l'intérêt qu'elles présentent (paysage, flore, faune etc.).

Un SIG, pour quoi faire ?

Un SIG permet de stocker, de vérifier, d'inventorier les données quand on les reçoit, et de les retrouver, les exploiter, les analyser et les mettre à jour quand on en a besoin.

Un SIG est un outil analytique qui permet d'identifier des relations spatiales entre des cartes.

Le logiciel et le matériel

C'est le logiciel Arc/Info pour Ultrix, implanté sur une station Digital qui a été utilisé dans le cadre de cette étude.

Le logiciel est constitué en plusieurs modules qui offre de nombreuses possibilités de calculs et de traitements, d'où l'intérêt d'utiliser un SIG dans une étude de cartographie, qui implique la gestion simultanée d'un grand nombre de couches d'informations.

Déroulement du projet

Le tableau ci-dessous présente les opérations successives qui ont été réalisées dans le cadre de cette étude.

Intérêts du SIG dans la cartographie du risque d'incendie de forêt

Constitution de la base de données

Les différentes composantes de l'aléa feu de forêt sont des données géographiques, référencées spatialement (quadrillage Lambert), qui peuvent être introduites et superposées dans le SIG.

Acquisition des données

1 - Création des données cartographiques si elles n'existent pas

Les données cartographiques peuvent être créées de diverses manières.

- Par des **relevés de terrains** selon un quadrillage systématique, par exemple, puis report sur une carte.

- Par l'utilisation du **GPS**, ou Global Positioning System. Il permet de calculer les positions de n'importe quel point sur la terre, en faisant une triangulation à partir de quatre satellites. Le SDIS du Var vient d'effectuer des essais concluants pour la cartographie des pistes sur le massif des Maures.

- Par des données de **télé-détection**, soit aéroportée soit satellitaire. L'utilisation de *photographies aériennes* remonte au 19^{ème} siècle mais ce n'est qu'au début du 20^{ème} siècle que fut développé l'effet stéréoscopique, qui permet de voir le relief. L'échelle de travail est en général le 1/17000^{ème}.

L'imagerie satellitaire, quant à elle, existe depuis le début des années 1970, avec le lancement du satellite américain Landsat. Le satellite français SPOT 1 (Système Pour l'Observation de la Terre) lui a suc-

DÉFINITION DU PROJET		
CONSTRUCTION DE LA BASE DE DONNÉES	NUMÉRISEMENT	Acquisition des données géoréférencées
		Construction de la topologie
		Définition des tables attributaires
		Gestion des données
ANALYSE SPATIALE		
RESTITUTION DES DONNÉES		

cé en 1986. Des appareils à balayage embarqués sur ces satellites enregistrent l'intensité du rayonnement électromagnétique réfléchi ou émis par la surface terrestre dans différentes longueurs d'onde.

On peut citer comme exemple sur le massif des Maures, la carte de la structure de la végétation qui a été décrite à partir de l'interprétation de photographies aériennes et de relevés sur le terrain.

2 - Numérisation de documents papier

L'intérêt de la numérisation est de transformer un document papier en un fichier numérique, d'homogénéiser l'ensemble des documents (c'est-à-dire les mettre à la même échelle), de les reproduire, et de les conserver.

Cette numérisation peut s'effectuer de deux façons :

- Par la **digitalisation** qui permet de récupérer la géométrie des objets d'une carte. Elle transforme les figures de cette carte en un format numérique. Les points, les lignes et les surfaces sont transformés en coordonnées x et y. Une coordonnée seule représente un point et une série de coordonnées représente une ligne. Une ou plusieurs lignes composent le contour d'une surface. On parle alors de format *vecteur*.

- Par la **scannérisation**, encore appelée balayage électronique. Le scanner enregistre l'intensité de la réflexion d'un faisceau lumineux qui balaye la carte, ligne par ligne. La précision de saisie se mesure comme pour les imprimantes laser, en points par pouce (dpi = dot per inch). Le résultat de la scannérisation est une trame en noir et blanc ou en tons de gris. Il s'agit d'une grille dont la disposition spatiale des cellules suit l'ordre de balayage de la carte papier. On parle de format *raster*. Les cellules sont encore appelées *pixels*.

3 - Importation de fichiers numériques

Il existe des données sous forme numérique (Exemple : un fichier ascii) que l'on peut importer facilement dans un SIG. Les *formats d'échange* sont les formats directement reconnus dans la commande d'importation du logi-

ciel. Ils sont très nombreux. Les plus connus correspondent aux logiciels les plus utilisés du marché, par exemple le format DXF du logiciel Autocad, ou le format export.e00 du logiciel Arc/Info.

Le codage des relations spatiales : la topologie

La topologie permet de gérer les erreurs de construction des éléments de la base de données : points ou arcs doubles, polygones non fermés.

Elle permet d'organiser les données en *couches d'informations* facilement superposables. Par exemple, un paysage peut être décomposé en différents thèmes qui vont déterminer des couches d'informations, encore appelées *couvertures*.

Les données attributaires

La base de données contient des données de type spatial (position de tel ou tel point, ligne ou surface) qu'il est nécessaire de renseigner par des *attributs*, qui seront regroupés dans une *table attributaire*. Ces attributs seront codés. (Exemple : les codes des Types de peuplements forestiers de l'IFN, le trafic routier sur les routes départementales et nationales...).

Chaque élément géographique d'une carte numérisée possède un *identifiant*. A chaque identifiant correspondra un code dans la table attributaire.

Cet apport d'informations descriptives se fait dans le module INFO du logiciel Arc/Info.

Enfin, pour que chaque couverture soit géoréférencée, et donc superposable à n'importe quelle autre couverture, il est nécessaire ensuite de transformer une couverture initialement en unités machine, en une couverture en coordonnées du monde réel (Exemple : Lambert 3 pour le sud de la France, Lambert 2 étendu dans le cas de la BD-Carto de l'IGN).

L'analyse spatiale

L'analyse spatiale consiste à étudier, caractériser et décrire le monde réel à partir de la base de données.

La végétation

La végétation intervient sur la pro-

pagation d'un feu par sa combustibilité qui peut être estimée à partir de données relatives à sa composition, sa structure (quantité de biomasse combustible) et son état hydrique. Ces trois facteurs ont été intégrés dans un indice de combustibilité.

Le vent

L'effet du vent sur la propagation d'un feu est lié à sa vitesse et à sa direction. Mais en terme de propagation, l'interaction vent - relief est tout aussi importante.

Pour traduire l'effet simple ou combiné des facteurs vent et relief, nous avons retenu, pour l'élaboration des indices de risque élémentaires, deux paramètres :

- la vitesse du vent,
- une combinaison de l'exposition au vent et de la pente qui traduit bien l'effet combiné du vent et du relief. Cet indice permet de prendre en compte l'effet variable de la pente en fonction de sa position par rapport au vent (sous le vent ou au vent).

Pour analyser l'interaction vent-relief, une **simulation en veine hydraulique** des écoulements atmosphériques a été réalisée par le Centre de Recherches de la Météorologie Nationale à Toulouse.

Le principe de la veine hydraulique consiste à simuler les caractéristiques des écoulements atmosphériques de basses couches sur une maquette du massif des Maures sans distorsion d'échelle verticale.

Cette méthode est particulièrement bien adaptée pour des vents forts et turbulents.

Elle permet d'obtenir des données quantitatives relatives aux mouvements dans les basses couches de l'atmosphère.

Des techniques de visualisation et des mesures ponctuelles des écoulements sont mises en oeuvre pour rendre compte au plus près du comportement de l'atmosphère.

Dans le cadre de cette étude, la modélisation du comportement du vent se fait avec une précision de 3 mm sur la maquette au 1/10 000^{ème}, ce qui correspond à 30 m de hauteur.

Afin de prendre en compte la rugosité du paysage, trois classes de hau-

teur ont été reproduites sur la maquette :

- arbres > 5 m,
- végétation basse < 5 m,
- mer et plan d'eau.

Les données de l'écoulement apparaissent sur une grille à maille régulière de 500 m de côté qui fournit une vue globale du comportement du vent : direction, vitesse et turbulence.

La maquette au 1/10 000^{ème} a été réalisée au moyen d'un modèle numérique de terrain et le relief a été modélisé sur une grille à maille régulière de 30 m de côté avec une résolution verticale de 1 m.

La veine hydraulique est constituée d'un canal de 30 m de long, 3 m de large et de 1.6 m de profondeur. Des dispositifs permettent d'établir des gradients verticaux de vitesse et de densité.

La vitesse du mistral varie entre 3 et 35 m/s sur l'ensemble du massif.

Les notes de risque I_v ont été attribuées à six classes de vitesses en considérant qu'il existe une relation linéaire entre la vitesse du vent et le risque de propagation d'un feu :

Classes en m/s	Notes de risque : I_v
0-10	1
11-15	2
16-20	3
21-25	4
26-30	5
>30	6

Le relief : la pente

Pour la pente, nous avons retenu cinq classes qui ont été notées de 1 à 5 en fonction du risque qu'elles représentent.

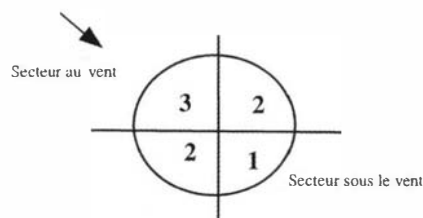
Classes en %	Notes de risque i_p
0-10	1
10-20	2
20-30	3
30-40	4
>40	5

Combinaison vent – relief

Trois classes de combinaison exposition/direction du vent ont été rete-

nues et notées en fonction du risque ($i_{ev} = 1, 2$ ou 3).

La note 3 correspond aux zones exposées au vent, la note 1 aux zones protégées du vent et la note 2 aux zones intermédiaires. Cf. Schéma ci-dessous.



Traduction en termes de risque

Chaque facteur (ou combinaison de facteurs) a été cartographié et intégré sous forme numérique dans le SIG puis traduit en terme de risque. Pour les différentes modalités d'un facteur, une note de risque a été attribuée en fonction de leur contribution à la propagation du feu.

Faisant l'hypothèse de l'additivité des facteurs, nous avons superposé les cartes élémentaires de risque pour élaborer un indice synthétique de risque de propagation.

Le risque de propagation a été décomposé en risques élémentaires liés au vent (I_v), au relief (I_{pev}) et à la végétation (I_c).

Un indice synthétique I_p a été calculé, par combinaison des trois indices élémentaires, en faisant l'hypothèse de l'additivité des facteurs. C'est une hypothèse couramment admise dans les calculs de risques naturels (SALAS et CHUVIECO, 1994 - DAGORNE, 1995).

L'indice de probabilité d'incendie I_p a été calculé selon la formule suivante :

$$I_p = 3I_v + I_{pev} + 4I_c$$

Des coefficients multiplicateurs (respectivement 3 et 4) ont été attribués à I_v et à I_c , afin que les trois éléments de la somme aient des variations de valeur voisines.

L'indice I_p varie entre 5 et 42 points en valeur absolue ce qui correspond à

une variation en valeur relative de 11 à 100%.

Une carte du risque de propagation a été élaborée à partir des trois classes de risque en valeur relative :

- 0-30% : risque faible, ce qui représente 22% de la surface
- 30-60% : risque moyen, soit 62% de la surface
- >60% : risque élevé, soit 16% de la surface

Rendu cartographique

L'indice de probabilité d'incendie est traduit sur une carte par trois niveaux d'intensité.

L'élaboration des cartes se fait dans le module ARCPLOT pour le logiciel Arc/Info. Les cartes peuvent être élaborées à des échelles différentes. Il s'agira essentiellement du 1/50000^{ème} pour l'ensemble du massif des Maures.

Conclusion : avantages et inconvénients d'un SIG

Les principaux avantages et inconvénients d'un système tel que Arc/Info sont rappelés ci-dessous (D'après DARRACQ, 1992) :

Avantages :

- stockage informatique : extraction rapide à faible coût,
- rapidité de calculs, calculs importants,
- mise à jour possible rapidement,
- possibilités de calculs de nouvelles variables,
- intégration de données satellitaires.

Inconvénients :

- coût du matériel, du logiciel, de la maintenance,
- coût d'acquisition des données,
- formation indispensable des utilisateurs.

Références bibliographiques

Dagorne, 1995 : Aménagement rural et risque feux de forêt. Les espaces forestiers et sub-forestiers. 2^{ème} partie de l'étude "Aménagement rural - Gestion - Développement communal - Education à l'environnement - Education civique - Villars sur Var 06", Laboratoire d'Analyse Spatiale, Univ. Nice Sophia Antipolis, pp 83-107.

Darracq S., 1992 : La dynamique du tapis végétal dans les bassins versants du Sasse et du Grand-Vallon (Alpes de Haute-Provence, France). Recherche méthodologique et applications. Thèse ENGREF, 374p.

Didier M., 1990 : Utilité et valeur de l'information géographique. STU/CNIG, Ed Economica, Paris, 255p.

Didon E., 1990 : Systèmes d'information géographique : concepts, fonctions, applications. Cemagref, Montpellier, 44p.

Jappiot M. et Mariel A., 1997: Evaluation

et cartographie du risque d'incendie de forêt dans le massif des Maures. Cemagref Aix-en-provence, 66 p. + annexes.

Pornon H., 1990 : Système d'information géographique ; des concepts aux réalisations. Hermès, Paris, 108 p.

Rouet P., 1991 : Les données dans les systèmes d'information géographique. Hermès, Paris. 278 p.

Salas J. et Chuvieco E., 1994 : Geographic Information System for wildland fire risk mapping. Wildfire, Vol 3, n°2, pp 7-13.

Schéma stratégique et cartographie des équipements DFCI de l'Hérault

par Fabien BROCHIERO ¹ et Stéphane LOUBIÉ ²

Le Conseil général de l'Hérault a mis en œuvre la réalisation du **Schéma stratégique des équipements DFCI** sur la base des nouvelles orientations de la Délégation à la Protection de la Forêt Méditerranéenne (Guide de normalisation). Cette étude s'échelonnant sur trois ans (1998 à 2000) a été confiée à l'I.A.R.E. (Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement de Montpellier).

Objectif du schéma

L'objectif est avant tout de **mettre en cohérence les équipements existants**, en programmant des mises aux normes, quelques créations, mais aussi

des abandons d'équipements faisant double emploi. Le département souhaite également définir le réseau départemental de D.F.C.I. dont il est responsable.

Ce schéma devra également permettre la mise en cohérence des programmations annuelles des travaux d'équipement.

Les 12 massifs forestiers de



Photo 1 : Rociade principale (piste DFCI de première catégorie) sur la commune de Teyran

Photo L. Marsol/IARE

1 - Ingénieur forestier, à l'époque responsable du secteur Forêt méditerranéenne de l'Institut des aménagements régionaux et de l'environnement (IARE).

2 - Géomaticien, à l'époque responsable technique de la cellule SIG de l'IARE