HAL
open science

Caractérisation sous système d'information géographique des incendies de forêts : l'exemple du Liban

Ghaleb Faour, Rania Bou Kheir, Éric Verdeil

▶ **To cite this version:**

Ghaleb Faour, Rania Bou Kheir, Éric Verdeil. Caractérisation sous système d'information géographique des incendies de forêts : l'exemple du Liban. Forêt Méditerranéenne, 2006, XXVII (4), pp.339-352. halshs-00120501

HAL Id: halshs-00120501

https://shs.hal.science/halshs-00120501v1

Submitted on 14 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caractérisation sous système d'information géographique des incendies de forêts : l'exemple du Liban

par Ghaleb FAOUR, Rania BOU KHEIR et Eric VERDEIL

Dans l'article publié par notre revue en 2001, sur "Une Mission au Liban", Charles Dereix n'y avait que très peu évoqué l'existence des incendies de forêts. Malheureusement, les années 2002 et 2003 sont venues rappeler que ce pays est soumis, lui aussi, à ce fléau bien méditerranéen. Les auteurs du présent article montrent que ce problème a été abordé avec détermination et compétence, en utilisant toutes les données existantes pour évaluer, grâce aux techniques les plus modernes, les risques, et définir les méthodes de prévention et de lutte appropriées. Cependant, une donnée fondamentale manque encore à leur inventaire : "Les surfaces parcourues par les incendies". Les années à venir permettront de pallier cette lacune et de mettre en œuvre un "Prométhée Libanais" des plus prometteurs !

Introduction

Les incendies de forêts et d'espaces naturels constituent un aspect majeur de la dégradation des paysages dans les espaces naturels et forestiers méditerranéens semi-humides à semi-arides. Leur nombre, ainsi que la superficie affectée, ont largement augmenté ces dernières années à cause des changements climatiques extrêmes qui ont conduit à un réchauffement global de la terre et une augmentation de la température qui se traduisent par un accroissement de l'aridité (SPITTLEHOUSE et STEWART, 2003). Ces incendies ont parcouru depuis 1990 plus que 2,5 millions d'ha dans la communauté européenne (PAUSAS et VALLEJO, 1999 ; VARELA *et al.*, 2003). Ils affectent, en moyenne chaque année, 5000 km^2 de la couverture végétale dans les cinq principaux pays européens jouissant d'un bioclimat méditerranéen (Portugal, Espagne, France, Italie et Grèce) (CHUVIECO et CONGALTON, 1988 ; ICONA, 1992 ; PEREIRA, 1992 ; MITRI et GITAS, 2004).

Des crédits importants sont dépensés chaque année afin de prévenir les risques d'incendies, de développer des systèmes d'éradication (mais toujours sans succès complet), et de régénérer les zones incendiées. Par conséquent, une étude détaillée et précise de ces incendies, conformément aux conditions environnementales spécifiques de la région méditerranéenne, s'avère une priorité. Cette étude a été élaborée au Liban en utilisant les multiples traitements statistiques et les diverses possibilités offertes par les systèmes d'informations géographiques (SIG). Elle permettra d'autre part, de mettre en évidence la période critique d'éclosion des feux et de combustibilité maximale des divers peuple-

ments forestiers, et surtout, de détecter les seuils correspondants aux risques de développement de grands incendies (conditions climatiques ou humaines). Ce qui conduira à l'élaboration de cartes de récurrence des feux (localisation).

Le choix du Liban comme modèle d'étude se fonde sur plusieurs raisons :

1 - plus de 35 % de la couverture forestière initiale au Liban a été détruite durant les dernières quarante années aboutissant à une réduction de cette couverture. Cette réduction n'a pas été déterminée auparavant d'une façon précise, avec des chiffres fluctuant entre 7 % (METAP, 1995) et 12 % (TALHOUK *et al.*, 2001). Toutefois, ces chiffres sont basés sur des avis d'experts et non pas sur des cartes SIG ;

2 - la grande biodiversité de la forêt libanaise qui compte environ 2500 espèces végétales, comprenant des ressources génétiques de grande valeur (92 plantes endémiques) et qui représentent, de ce fait, une part importante de la flore Est méditerranéenne (ZOHARY, 1973 ; BARGHACHOUN, 1976 ; QUEZEL et BONIN, 1980 ; NEHMÉ, 1980 ; ABOU CHAAR, 1982 ; MA-PNUE, 1996 ; DEREIX, 2001) ;

3 - le fait que la forêt soit considérée, au Liban, comme un patrimoine national (le Cèdre se trouve au milieu du drapeau libanais), un paysage, un lieu d'habitat et de loisir, un cadre de vie ;

4 - la gestion des moyens de lutte contre les incendies (voire leur réduction) est sous la responsabilité des centres de défense civile qui sont dispersés dans les grandes villes, loin des forêts, et qui se caractérisent par un nombre limité d'agents capables d'éteindre, avec une rapidité convenable, les grands incendies ;

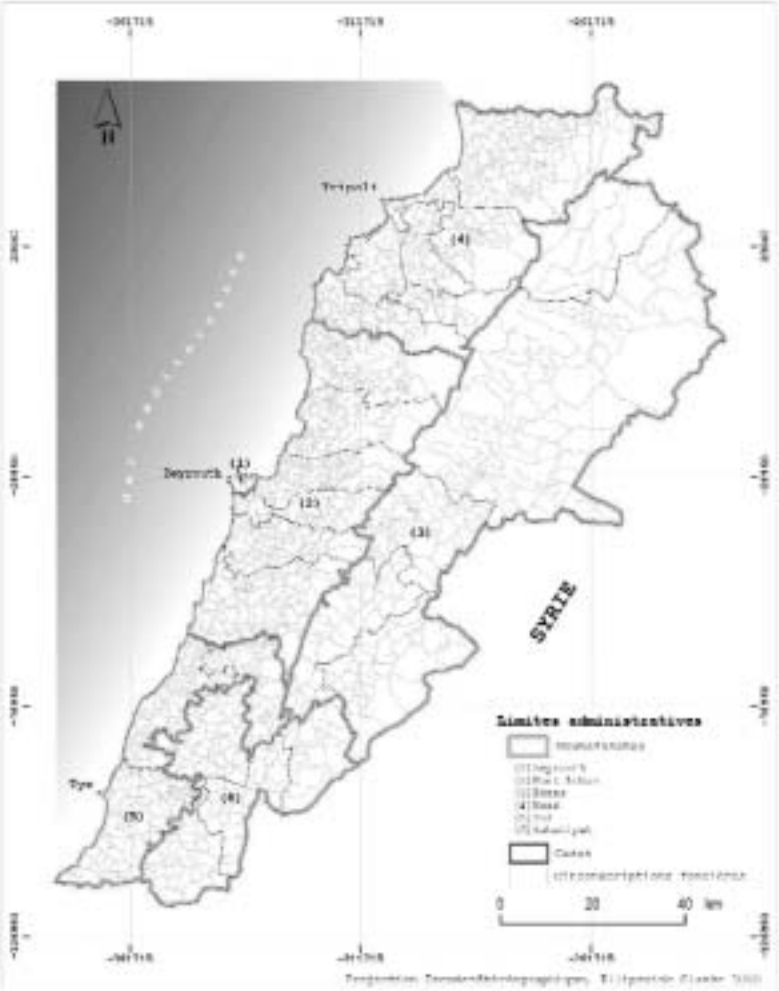
5 - les recherches traitant du problème des incendies de forêts sont très limitées jusqu'à présent et la plupart d'entre elles ne peuvent que décrire la gravité de ce problème en indiquant l'occurrence des incendies dans telle ou telle région (média, habitants locaux, etc.), sans préciser les actions nécessaires à suivre afin de prévenir ou de lutter contre les incendies (BOU KHEIR *et al.*, 2001) ;

6 - l'absence d'une législation collective sérieuse sur la protection des forêts ;

7 - l'expansion des activités humaines néfastes comme l'utilisation du feu dans les zones forestières privées afin de pouvoir construire (faute de lois) aggravant ainsi le risque d'incendies de forêts (BOU KHEIR *et al.*, 2001 ; KHAWLIE *et al.*, 2001) ;

8 - enfin, l'absence de cartes à l'échelle régionale rassemblant les informations sur le risque d'incendie, pourtant indispensables pour une bonne prévention des incendies de forêts, qui est beaucoup plus efficace que la lutte pour leur suppression.

Fig. 1 :
La carte administrative du Liban (site d'étude)



Description du site d'étude

Situé sur les côtes Est de la Méditerranée, le Liban est divisé en six départements ou mouhafazates (Beyrouth, Mont-Liban, Béqaa, Nord, Sud et Nabatiyeh), elles-mêmes subdivisées en 26 casas qui regroupent 1580 circonscriptions foncières (Cf. Fig. 1). Malgré sa superficie limitée (10 452 km^2), la structure géomorphologique du Liban est très diversifiée. On distingue quatre unités géomorphologiques principales, en allant de l'ouest vers l'est :

– la zone littorale (< 100 m altitude),

– un bloc montagneux plissé et surélevé :

le Mont-Liban (entre 100 et plus que 3000 m),

– une dépression structurale intermédiaire (la plaine de la Béqaa),

– et enfin la chaîne montagneuse de l'Anti-Liban (Cf. Fig. 2).

La chaîne du Mont Liban est la partie la plus diversifiée du pays.

La carte d'occupation/utilisation du sol (CNRS-MA, 2002) à l'échelle du 1/20000e, dressée à partir de l'interprétation visuelle des images satellitaires à très haute résolution IRS (5 m) acquises en 1998, indique que la végétation naturelle occupe la plus grande partie du Liban. En effet, 33 % des terrains de ce pays sont dédiés aux prairies et 23 % aux zones boisées. Ces dernières comprennent des forêts à base de conifères denses ou dispersés (pins, cèdres, cyprès, sapins et genévriers) (3,31 %), des forêts feuillues (chênes et autres espèces) (5,58 %) et des forêts mixtes (2,25 %), ainsi que des friches de types variés (11,86 %). Les espèces de conifères les plus fréquentes au Liban sont : *Pinus brutia, Pinus halepensis, Pinus pinea, Cedrus libani, Abies cilicica, Juniperus excelsa* et *Cupressus sempervirens*. De même, les forêts de chênes comptent quelque sept espèces avec une dominance pour *Quercus calliprinos* et *Quercus infectoria*. Les terres agricoles sont moins dispersées que la végétation naturelle et couvrent 32 % de la superficie totale du pays. Le Liban est traversé par quinze cours d'eau, parmi lesquels douze sont des fleuves côtiers d'une longueur inférieure à 50 km et une orientation est-ouest.

Cette géomorphologie diversifiée entraîne des variations climatiques à courtes distances. Ainsi, une coupe transversale de 50 km montre des variations entre un climat littoral maritime, auquel succèdent, dans les basses montagnes, un climat typiquement méditerranéen puis un climat froid vers les hautes régions oroméditerranéennes couvertes de neige durant une bonne partie de l'année, pour aboutir à la plaine de la Béqaa en partie subdésertique. Les précipitations annuelles moyennes varient de 700 mm sur la plaine côtière à 1400 mm sur les crêtes du Mont-Liban. La presque totalité des chutes de pluie et de neige se concentre entre novembre et mars (75-80 %), et le reste correspond aux orages d'automne et aux averses de printemps (ACL 1971, 1982 ; PLASSARD, 1971). La sécheresse estivale typiquement méditerranéenne dure près de 4 à 5 mois et constitue un stress hydrique pour la végétation. De même, les températures annuelles moyennes décroissent régulièrement avec l'altitude : 20 à 21º C sur la côte ; 15º C à 900 m altitude ; 12º C à 1800 m et 5º C à 2700 m. Les températures minimales (- 4º C sur les montagnes et 7º C sur la côte) sont enregistrées en janvier, les maximales en août, où les températures journalières peuvent dépasser 35º C dans la plaine de la Béqaa.

Matériel et méthodes

La caractérisation des incendies de forêts et d'espaces naturels a reposé sur la création d'une importante banque de données s'étendant sur plusieurs années. Ensuite, une analyse statistique et spatiale (sous SIG) a été réalisée permettant une détermination précise et pertinente des risques d'incendies au Liban.

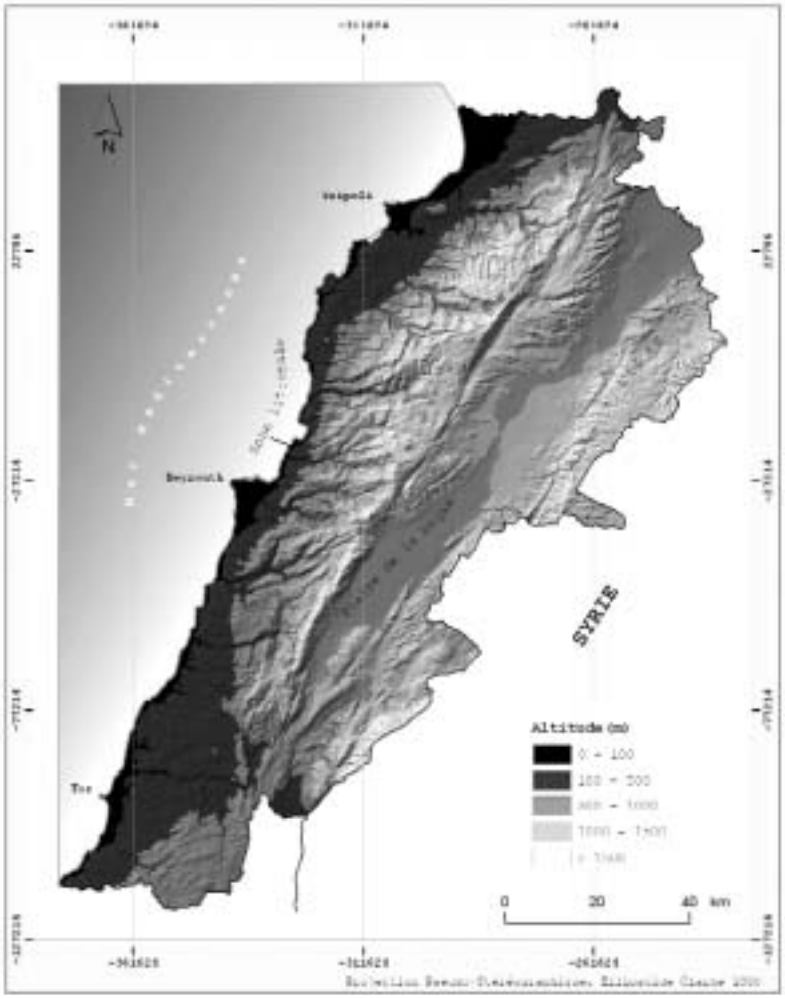


Fig. 2 : La carte géomorphologique du Liban

Collecte des données

La collecte des données concernant le nombre et la durée exacte des incendies de forêts et d'espaces naturels par année au Liban et les types de combustibles affectés, était une question difficile à résoudre [1]. En effet, les données sont collectées par plusieurs institutions comme la Défense civile, les ministères de l'Environnement et de l'Agriculture et les Centres de protection contre les incendies. Ces données n'étaient ni classées ni organisées, et elles ne fournissaient pas les mêmes informations pour un incendie donné ; certaines institutions ont enregistré des incendies pendant une année (1998 dans les Centres de protection) ou deux années (2002 et 2003 à la Défense civile), tandis que d'autres ont compilé des informations pour une période variant entre quatre années (1994-1998 au ministère de l'Environnement) et six années (1996-2002 au ministère de l'Agriculture). De plus, certaines de ces données ont une précision faible et une mauvaise fiabilité.

On s'est référé, de même, aux journaux disponibles décrivant les incendies les plus graves. A titre d'exemple, un de ces journaux populaires (*Al-Nahar)* a enregistré un très grand nombre d'incendies entre 1983 et 2003, mais de façon aléatoire et intermittente, surtout pendant toute la période de la guerre (1975-1990).

1 - NDLR : il est regrettable que les superficies touchées par ces incendies n'aient pas pu être, au moins, estimées, car en Europe, il est souvent observé que le risque d'incendie est beaucoup plus corrélé aux surfaces brûlées qu'au nombre de feux qui varie très peu d'une année à l'autre.

Conversion et gestion des données

Les données disponibles sur papier concernant les incendies de forêts et extraites de différentes sources, ont été converties sous forme digitale en ne tenant compte que de celles qui soient communes à toutes les sources consultées. Des tableaux ont été construits sous Excel regroupant les informations suivantes :

1 - la localisation des incendies de forêts au niveau des casas et des circonscriptions foncières (villes ou villages) ;

2 - la durée de l'incendie (en minutes), et la date correspondante ;

3 - le nom du Centre de défense civile le plus proche de l'incendie ;

4 - les combustibles concernés.

Une colonne a été consacrée aux commentaires éventuels, décrivant par exemple les causes de l'incendie, les gens ou les institutions réquisitionnés pour éteindre l'incendie, ainsi que le temps de lutte nécessaire à son extinction, etc.

Les données rassemblées ont été gérées ensuite en utilisant le programme « Microsoft Access », ce qui nous a permis de créer un fichier de gestion des incendies. Ce fichier a été aussi complété par des données météorologiques journalières (température, pluviosité, humidité et vitesse du vent) col-

Fig. 3 : Le système de gestion des incendies de forêts et d'espaces naturels créé sous Access

lectées au cours des deux années récentes 2002 et 2003 par quatre stations météorologiques. Celles-ci reflètent bien la diversité climatique du pays, étant réparties dans les trois unités géomorphologiques principales : la station de Beyrouth dans la plaine côtière, les stations de Bayssour et de Barouk sur le Mont-Liban, et la station de Zahlé dans la Béqaa.

De même, les tableaux excel ont été importés sous le format « dbf » dans le logiciel SIG « ArcView 3.2 ». Ils ont été joints aux tableaux sémantiques des deux cartes : la carte des casas et la carte des circonscriptions foncières (CNRS, 2000) en se basant sur les deux champs communs correspondants « code du casa » et « code du village ou ville ». Ensuite, on a établi différentes cartes sous SIG caractérisant diverses propriétés des incendies. Les classes correspondantes ont été distinguées sur chaque carte en suivant la méthode des « seuils naturels ». Celle-ci effectue la discrétisation à partir des plus grandes discontinuités intervenant dans la série.

Traitement statistique

Les données, intégrées sous le système de gestion des incendies créé sous « Access », ont été analysées statistiquement. Plusieurs relations décrivant les propriétés communes des incendies ont été établies. Parmi celles-ci, il s'avère intéressant de mentionner :

1 - la relation entre la durée d'un incendie et le type des combustibles ;

2 - la relation entre les conditions climatiques et le déclenchement des incendies de forêts ;

3 - la relation entre, d'une part, ce phénomène et l'urbanisation et, d'autre part, le couvert forestier.

Résultats et discussion

Système de gestion des incendies

Un système de gestion des incendies de forêts et d'espaces naturels a été créé au cours de cette étude (Cf. Fig. 3). Ce système « multi-fenêtre » est extrêmement simple, facile et spécifique, il répond bien aux exigences des gestionnaires de forêts et d'espaces naturels au Liban. Il pourra servir à faire rentrer les informations journalières sur les incendies d'une façon systématique et pourra être utilisé par tout le monde, même par ceux qui ne sont pas très familiarisés avec le domaine de l'informatique. Il pourra être actualisé et modifié avec le renouvellement des données. Cela permettra sa diffusion aux différentes municipalités et aux organisations environnementales publiques et privées et son extrapolation aux divers pays caractérisés par des conditions similaires à celles existant au Liban. Ce système pourra être amélioré en intégrant des données plus détaillées sur les espèces spécifiques des forêts, en différenciant les divers types d'arbres fruitiers, en identifiant les forêts mixtes et en clarifiant la constitution des autres types, même s'ils ne couvrent que des superficies limitées.

Répartition des incendies

L'analyse diachronique des données recueillies sur les incendies de forêts et d'espaces naturels durant plus de 20 ans (1983-2003) sous SIG a permis de déterminer leur localisation géographique au niveau des casas et des zones cadastrales.

Fluctuation des incendies au cours des années

L'analyse des données collectées de différentes sources indique que le nombre total d'incendies répertoriés entre 1983 et 2001 était égal à 2459 : soit une moyenne de 137 par an. En 2002, il a atteint 2645 incendies (soit 20 fois plus), et en 2003 ce nombre a atteint à nouveau 2075 (15 fois plus) (Cf. Tab. I).

La comparaison de ces chiffres démontre un manque important de données de 1983 à 2001. Malgré cela, les incendies mentionnés pour cette période ont été pris en considération pour deux raisons :

– vérifier si les zones affectées par les incendies ont changé de localisation depuis 18 ans (« un long temps » jusqu'à aujourd'hui) ;

– voir si les types de combustibles ne sont pas modifiés depuis 1983.

Il ressort du tableau I que la majorité des incendies se produit au Mont-Liban (45 à 49 % des incendies), suivi respectivement par les mouhafazates suivants : Nord (24 à 31 %), Sud (9 à 12 %), Nabatiyeh (4 à 13 %) et Béqaa (5 à 10 %), respectivement pour les périodes 1983-2001, et 2002-2003. Mais, pour toutes ces années, presque aucun incen-

die n'a été noté à Beyrouth à cause de l'absence de zones vertes. De plus, le Mont-Liban est la zone la plus riche en forêts de tout le pays et la plus attractive pour tous les touristes pendant l'été. Il regroupe le plus grand nombre de Centres de défense civile chargés d'éteindre les incendies, soit 73, sur un total de 186 couvrant tout le pays, ce qui représente à peu près 40 %. Ces centres ne disposent, pour l'essentiel, que de camions de pompiers, ce qui, conjugué avec le fait que certains mouhafazates très étendus ont un nombre très limité de centres, démontre la faiblesse des moyens. Dans certains cas très exceptionnels, les pompiers sont aidés par l'armée libanaise qui leur prête des hélicoptères, très utiles vu le relief extrêmement accidenté du pays.

Tab. I : Répartition des incendies et des Centres de défense civile par mouhafazate et par casa pour trois périodes différentes.

Mouhafazate	Casa	Superficie (km²)	Nombre de Centres de défense civile	Nombre d'incendies 1983-2001	2002	2003	1983-2003
Beyrouth		21	5	4	0	2	6
Mont-Liban	Jbail	423	9	97	186	113	396
	Keserouane	393	11	114	122	122	358
	El-Metn	265	28	160	428	334	922
	Baabda	195	7	176	90	97	363
	Aaley	263	5	283	152	107	542
	Chouf	481	13	285	271	254	810
Mont Liban		2020	73	1115	1249	1027	3391
Béqaa	Hermel	529	2	6	4	17	27
	Baalbeck	2425	16	32	84	53	169
	Zahlé	436	5	29	115	39	183
	Béqaa ouest	425	5	48	43	18	109
	Rachaiya	600	4	22	14	15	51
Béqaa		4415	32	137	260	142	539
Nord	Akkar	788	20	281	416	315	1012
	Minié-Danniyé	362	6	15	90	72	177
	Zgharta	177	4	41	91	51	183
	Koura	176	4	94	72	55	221
	Bcharré	164	4	21	19	17	57
	Batroun	279	4	118	105	69	292
	Tripoli	27	2	20	20	18	58
Nord		1973	44	590	813	597	2000
Sud	Jezzine	241	4	114	40	31	185
	Saida	274	5	94	109	90	293
	Sour	408	5	83	84	106	273
Sud		923	14	291	233	227	751
Nabatiyeh	Hasbaiya	264	4	37	8	9	54
	Nabatiyeh	304	4	148	39	32	219
	Marjayoune	262	5	28	18	8	54
	Bent Jbeil	270	5	109	25	31	165
Nabatiyeh		1100	18	322	90	80	492
Liban (site d'étude)		10452	186	2459	2645	2075	7179

Les degrés de similitude entre les années 2002 et 2003 sont très forts, avec un nombre d'incendies un peu plus faible en 2003 qu'en 2002 pour tous les mouhafazates (à l'exception de Beyrouth). Le rapport 2003/2002 varie entre 55 % (Béqaa), 73,5 % (Nord), 82 % (Mont Liban), 89 % (Nabatiyeh) et 97 % (Sud). Cela permet de mettre en œuvre un schéma d'aménagement du territoire national pour la conservation des ressources naturelles contre les incendies, puisque la répartition et le nombre des incendies ne varient pas beaucoup d'une année à l'autre. En effet, la prise en compte du nombre des incendies dans une approche d'aménagement du territoire est essentielle dans la mesure où elle permet d'opérer les choix qui minimiseront les conséquences, généralement catastrophiques, d'un événement naturel majeur.

Production des cartes de récurrence des incendies

Au niveau du casa

Le cumul du nombre des incendies durant 20 ans par casa a été représenté sous SIG (Cf. Fig. 4). La carte historique produite intègre cinq classes variant entre 6 et 1012 incendies. La première classe au nombre très faible d'incendies (variant entre 6 et 58) caractérise sept casas. Elle occupe 1867 km², ce qui représente 18 % de la superficie totale du pays. Le casa de Beyrouth, presque totalement urbanisé, est caractérisé par le plus faible nombre d'incendies (6). Le casa de Hermel (27 incendies), situé dans la Béqaa, est une zone délaissée avec un grand pourcentage de terres nues. Les cinq autres casas (Tripoli, Bcharré, Rachaiya, Hasbaiya et Marjayoune) se caractérisent par des nombres d'incendies assez similaires (entre 51 et 58 incendies), bien que leur occupation/utilisation des sols soit totalement différente.

La deuxième classe au nombre faible d'incendies (variant entre 59 et 185) caractérise aussi sept casas, mais elle occupe une superficie plus importante (4336 km² soit 41 %). Zgharta, Zahlé et Jezzine sont caractérisés par le même nombre d'incendies durant 20 ans (183 à 185). De même, Minié-Danniyé, Baalbeck et Bent Jbeil sont touchés aussi par un nombre proche d'incendies. Enfin le casa « Béqaa ouest » se caractérise par 109 incendies répertoriés.

La troisième classe au nombre moyen d'incendies (variant entre 186 et 293) représente 14 % du Liban. Elle se concentre au

niveau de cinq casas dont trois se trouvent au Sud du Liban (Saida, Nabatiyeh et Sour) et deux au Nord (Batroun et Koura).

La quatrième classe au nombre fort d'incendies (variant entre 294 et 542) regroupe quatre casas faisant tous partie du mouhafazate « Mont-Liban » : Jbail, Kesserouane, Baabda, Aaley. Elle représente 12 % du pays.

La cinquième classe au nombre très fort d'incendies (variant entre 543 et 1012) intègre le reste du Mont-Liban comprenant les deux casas « El-Metn » et « Chouf », auxquels s'ajoute le casa de « Akkar » qui dénombre 1012 incendies pendant 20 ans, dont 731 (72 %) se sont produits au cours des deux dernières années. Ce casa, au bilan exceptionnel, est situé à l'extrême nord du pays, et se trouve délaissé par les responsables, ce qui permet aux habitants de commettre des infractions en allumant des feux dans les forêts et espaces naturels, ceci afin de pouvoir bâtir des bâtiments, faute de lois interdisant les constructions dans ces zones. Ce casa est servi par 20 Centres de défense civile, à raison d'un centre pour 39 km^2 ; de même, le casa de Chouf, fortement affecté par les incendies, est desservi par un nombre inférieur de Centres (13), mais pour une superficie plus petite, ce qui fait un centre pour 38 km^2. Au contraire, le casa « El-Metn » est mieux desservi avec un Centre pour 10 km^2.

Au niveau de la circonscription foncière

De même, une carte plus détaillée décrivant le cumul des incendies par circonscription foncière (CF) durant 20 ans a été produite (Cf. Fig. 5). Cette carte permet de détecter les zones fortement affectées par les incendies et celles qui n'ont pas été touchées lors de ces 20 ans. Elle permettra aux municipalités des circonscriptions fréquemment touchées par les incendies de prendre toutes les précautions nécessaires afin de limiter leur éclosion et leur propagation. Six classes différentes d'incendies ont été considérées. Le nombre maximal d'incendies peut atteindre 95 incendies par village sur une période de 20 ans.

Les proportions relatives pour chaque classe peuvent se résumer ainsi :

– absence d'incendies (29 % de la superficie totale du pays),

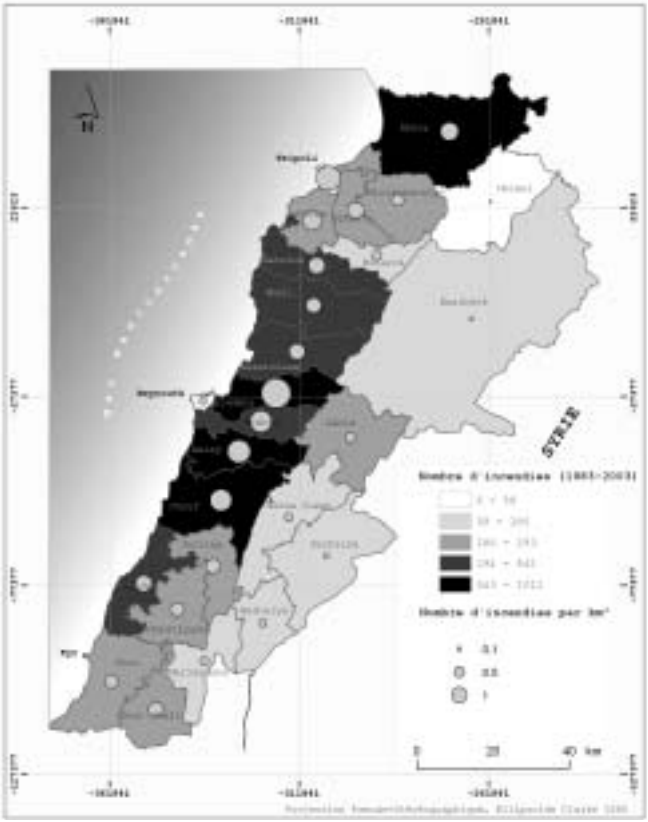
– très faible « 1-9 incendies » (49 %),

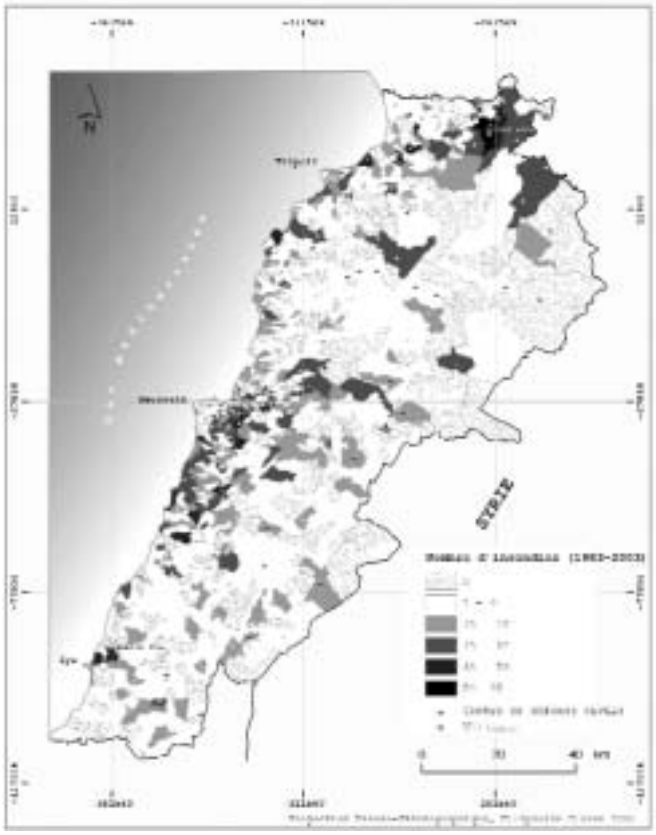
– faible « 10-18 incendies » (13 %),

– moyenne « 19-32 incendies » (8 %),

Fig. 4 (à gauche) : La carte de concentration des feux au niveau du casa.

Fig. 5 (à droite) : La carte de concentration des feux au niveau de la CF.





– forte « 33-53 incendies » (0,27 %)

– et très forte « 54-95 incendies » (0,4 %).

La carte établie indique qu'environ 71% du pays a été affecté par au moins un incendie sur une période de 20 ans, ce qui démontre la nécessité d'agir afin de limiter la propagation de ce fléau et de restreindre son étendue. Les villages les plus affectés se trouvent sous des modes d'occupation du sol très différentes. Qbaiyat Akkar, à l'extrême nord, est dominé par le maquis (Cf. Photo 1) ; Fanar, au centre du pays, est une pinède (Cf. Photo 2) ; Abbassiyet Sour, à l'extrême sud, est cultivé d'arbres fruitiers (Cf. Photo 3).

Durée des incendies

La durée des incendies a été prise en compte uniquement pour les deux années 2002 et 2003 qui présentent un inventaire complet des incendies sur tout le territoire libanais. Tous les incendies se produisent entre juin et octobre avec une fréquence maximale pour les deux mois d'août et de septembre (25 et 27 % des incendies).

La période propice aux départs d'incendies a aussi été déterminée. Selon le tableau II, la fréquence la plus élevée des éclosions se produit entre midi et 6 heures du soir, avec une médiane approximative centrée sur 2 heures de l'après-midi. A cette heure-ci, le soleil est en plein sud.

En ce qui concerne la durée moyenne d'un incendie, elle varie de 2 heures à 5 jours (Cf. Tab. III). Les feux de forêts de cyprès sont ceux qui durent le plus longtemps (5 jours), suivies par le maquis et les forêts de chênes (2 jours à peu près) en 2002, tandis que les autres types brûlent pendant un jour et demi en 2003 [2].

Le temps moyen nécessaire pour contrôler la propagation des incendies varie entre 10 minutes et 8 heures. La plupart des incendies sont éteints dans un délai variant de 2 à 3 heures. Ce temps, relativement long, dépend de plusieurs facteurs comme : le type

Photo 1 :
Un incendie affectant les alentours du village «Qbaiyat Akkar».

Photo 2 :
Un incendie affectant les forêts de pins pignons (Fanar).

Photo 3 :
Un incendie affectant les vergers d'oliviers (Abbassiyet Sour).

de combustibles, l'orientation de la forêt, et l'accessibilité du Centre de défense civile au lieu de l'incendie. D'autre part, les incendies éclosent de la même façon tous les jours de la semaine, indiquant par là que les pratiques de loisirs de week-end ne causent pas une aggravation du nombre d'incendies. Ce ne sont pas les touristes qui mettent le feu !

Heure de départ	Nombre d'incendies					
	1983-2001		2002		2003	
00:00 - 06:00 a.m.	15	2 %	80	3 %	50	3 %
06:00 - 12:00 a.m.	244	29 %	821	31 %	401	26 %
12:00 - 18:00 p.m.	491	59 %	1324	50 %	829	54 %
18:00 - 00:00 p.m.	79	10 %	417	16 %	270	17 %

Tab. II (ci-dessus) : Heure de départ des incendies pour trois périodes différentes.

Type de combustible	Temps moyen d'un incendie (heures)	
	2002	2003
Maquis	47	3
Herbes sèches	3	2
Forêts de pins	29	3
Forêts de chênes	47	8
Forêts de cyprès	120	2
Zones sauvages	26	2
Oliviers	37	2
Arbres fruitiers	39	2
Types mixtes	29	2
Autres types	-	37

Tab. III (ci-contre) : Durée moyenne d'un incendie par type de combustible.

Relations entre incendies et combustibles

Nombre d'incendies par combustible

Le nombre d'incendies par type de combustible a été calculé. Pour la période de 1983 à 2001, puis pour les deux années 2002 et 2003 (Cf. Tab. IV).

Entre 1983 et 2001, ce nombre a été inférieur au nombre total réel des incendies, à cause du manque d'informations liées aux types de combustibles lors de chaque incendie. En revanche, pour les années 2002 et 2003, ce nombre est supérieur car un incendie pourra affecter successivement plusieurs types de combustibles. D'après le tableau IV, on remarque que le maquis [3] est le type le plus affecté par les incendies durant 20 ans (1983-2003). Il est suivi par les oliviers et par les arbres fruitiers. Le maquis étant formé par un grand mélange d'espèces variées, il est très propice à la propagation des incendies si les conditions climatiques ou humaines y sont favorables. Certaines activités humaines, comme l'incinération des mauvaises herbes dans les vergers, peuvent parfois entraîner de graves incendies.

Bien que les forêts de pins et de chênes soient touchées par un nombre réduit d'incendies, leur faible superficie aggrave le risque de leur disparition. En effet, les forêts de pins occupaient, selon la carte d'occupation/utilisation du sol à l'échelle du 1/20 000e (CNRS-MA, 2002), une surface de 203 km^2, ce qui représentait 1,9 % de la superficie totale du Liban. Les forêts de chênes sont plus étendues, occupant 5,3 % (557 km^2). Les forêts de pins peuvent être plus ou moins affectées par les incendies que les forêts des chênes selon l'année en cause (2002 ou 2003). Mais si l'on prend en considération une période plus longue (1983-2001), on remarque que les incendies touchent plus les pins, ce qui semble conforme aux résultats de l'étude conduite par Abi Saleh et Safi (1988). De même, les forêts mixtes, comparées aux forêts pures, sont affectées par un nombre d'incendies variable selon l'année en cause. Cela montre la nécessité d'intégrer plus de données afin de déterminer exactement la susceptibilité de chaque type d'occupation/utilisation du sol affecté par les incendies. A titre d'exemple, il faut indiquer l'espèce exacte, le recouvrement végétal, l'indice de végétation foliaire, etc. La plupart de ces paramètres peuvent être obtenus facilement à partir des images satellitaires.

Durée des incendies par type de combustible

En appliquant le test χ^2 sur les données collectées en 2002, on remarque que la durée d'un incendie est très dépendante des combustibles pour tous les types étudiés (χ^2 = 0,83). En 2003, cette forte relation a été vraie

2- NDLR : la durée d'un incendie est sans doute liée à la surface parcourue à vent et couvert végétal identiques, mais cette surface reste, ici aussi, une donnée plus fiable.

3 - Formation végétale méditerranéenne, croissant sur sol siliceux en fourrés denses et élevés, formés d'arbousiers, de bruyères arbustives, de lentisques, de myrtes, etc.)

Tab. IV : Nombre et pourcentage d'incendies par type de combustible pour trois périodes différentes.

Combustible	1983-2001		2002		2003		1983-2003	
Maquis	787	33,2 %	939	32 %	796	34 %	2522	33 %
Herbes sèches	108	4,5 %	217	7 %	21	1 %	346	4,5 %
Forêts de pins	251	10,5 %	165	5,5 %	189	8 %	605	8 %
Forêts de chênes	161	6,8 %	223	7,5 %	263	11,2 %	647	8,4 %
Forêts de cyprès	26	1 %	28	0,9 %	38	1,6 %	92	1,2 %
Zones arbustives	50	2,1 %	166	5,5 %	102	4,3 %	318	4 %
Forêts mixtes	222	9,3 %	274	9,1 %	240	10,2 %	736	9,5 %
Oliviers	319	13,5 %	543	18,1 %	357	15,2 %	1219	16 %
Arbres fruitiers	409	17,4 %	403	13,5 %	302	13 %	1114	14,5 %
Autres types	40	1,7 %	27	0,9 %	36	1,5 %	103	0,9 %
Nombre d'incendies	2373		2985		2344		7702	

pour tous les combustibles à l'exception des forêts de chênes et les « autres types » d'occupation du sol non décrits dans la banque de données utilisée. Des études futures sont nécessaires pour confirmer cette relation sur des périodes beaucoup plus longues.

Causes des incendies

Nous avons procédé ensuite à l'analyse des différentes causes probables de l'occurrence des incendies. Celles-ci peuvent être reliées à des conditions climatiques ou à certaines activités humaines.

Seuils climatiques d'éclosion des incendies

En affectant à un incendie les données météorologiques de la station la plus proche durant les deux dernières années (2002 et 2003), et en analysant celles-ci, on a pu établir une matrice décrivant le nombre d'incendies en fonction de la température et en fonction de la vitesse du vent (Cf. Tab. V). Cette matrice indique que lorsque la température est élevée et la vitesse du vent est très forte, le nombre d'incendies accroît énormément. Si l'un des deux paramètres climatiques (température ou vent) est fort uniquement, peu d'incendies ont été signalés. 50 % des incendies se produisent lorsque la température est supérieure à 28° C et si la vitesse du vent est supérieure à 25 km/heure. Le nombre d'incendies semble augmenter aussi avec l'augmentation de l'humidité de l'air [4], puisque 76 % des incendies se produisent entre juillet et novembre à une humidité relative supérieure à 70%.

4 - On pourra expliquer l'occurrence de ces incendies à une telle humidité pour l'une des deux raisons suivantes :
– l'humidité ne joue pas un rôle majeur dans le déclenchement des incendies, et ce sont le vent et la température qui ont une influence majeure ;
– l'air humide joue un rôle de conductivité entre les réseaux électriques et les arbres secs.

Tab. V (ci-dessous) : Matrice reliant le nombre d'incendies et les conditions climatiques (température et vitesse du vent)

Tab. VI (en bas) : Occupation moyenne du sol selon la population des circonscriptions foncières (CF) et en fonction du nombre d'incendies.

Nombre d'incendies		Vitesse du vent (km/h)					TOTAL
		< 15	15-20	20-25	25-30	> 30	
Température (°C)	< 27	4	37	168	186	250	645
	27-28	8	60	193	197	250	708
	28-30	5	71	421	494	539	1530
	> 30	1	85	443	580	728	1837
TOTAL		18	253	1225	1457	1767	4720

Nombre de feux	Nombre de CF	Moyenne de l'occupation du sol				
		Urbain discontinu (%)	Urbain (%)	Mitage du milieu agricole (%)	Mitage sur forêt (%)	Forêt (%)
0	456	1,8	3,0	1,2	0,2	19,3
1	186	2,6	4,9	1,8	0,3	29,4
2	154	3,9	4,9	2,6	0,3	24,3
3	127	4,4	5,8	3,0	0,4	27,8
4	94	4,3	5,5	2,8	0,4	22,3
5 et plus	512	6,8	9,2	3,2	0,6	27,7
Total	1529	4,3	6,0	2,4	0,4	24,8

Feux et urbanisation

La comparaison (ou superposition sous SIG) d'une part des cartes d'urbanisation (CNRS, 2000) et des incendies, établie au niveau des circonscriptions foncières et, d'autre part, celle des forêts et des incendies, conduit à formuler certaines hypothèses :

1 - On observe visuellement une forte concentration des incendies dans les zones de collines et de moyennes montagnes entourant l'agglomération de Beyrouth et le long du littoral. La première hypothèse est donc qu'il existe un lien entre l'urbanisation et les incendies de forêt.

2 - Mais cette relation ne paraît pas avoir partout la même intensité. On distingue par exemple une seconde région : des collines et montagnes du Akkar, fortement boisées, au Nord, où la fréquence des incendies paraît également importante, alors que le taux d'urbanisation est plus faible même si l'occupation humaine y est très dense, et notamment un habitat dispersé. Une troisième région apparaît, le Sud, où l'urbanisation est relativement forte, quoique sous forme assez dispersée également. En revanche, le couvert forestier est plus réduit. Une deuxième hypothèse serait donc que l'intensité des incendies est liée à une urbanisation dispersée et au mitage. En particulier, le mitage des zones forestières paraît devoir être particulièrement corrélé en lien avec le nombre des incendies. Ceci rejoint de nombreuses observations dans d'autres pays méditerranéens.

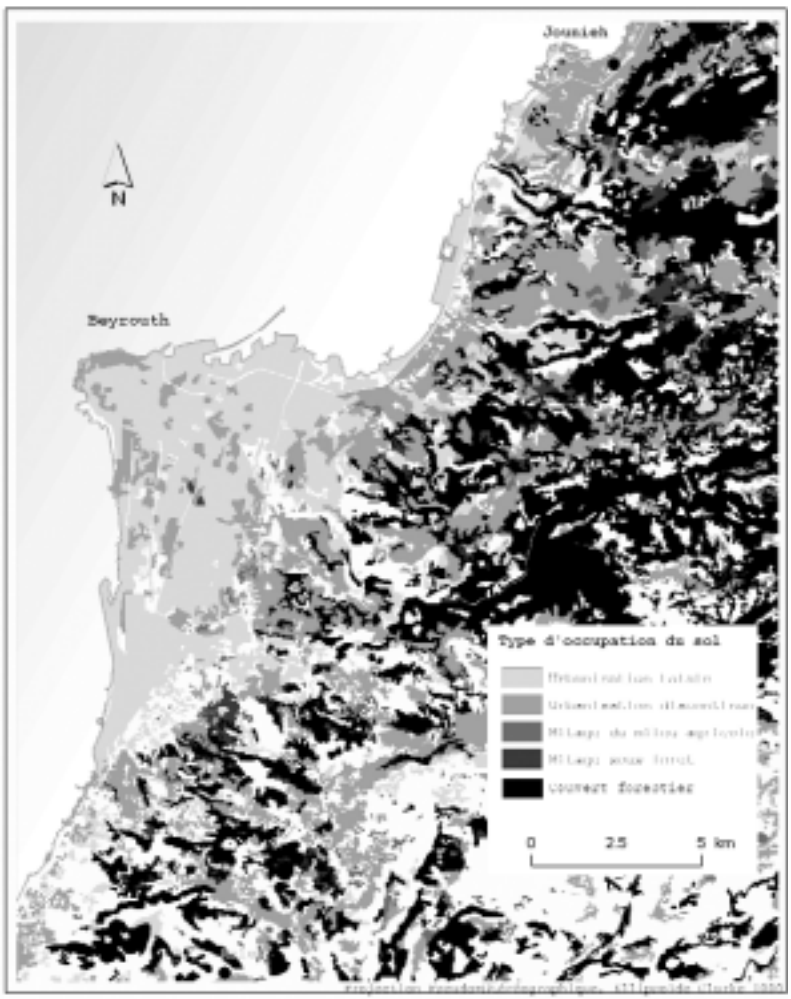
Pour cerner la validité de ces hypothèses, nous avons construit cinq populations de circonscriptions foncières (CF), en fonction du nombre d'incendies qui s'y sont produits : aucun (0), 1, 2, 3, 4 et 5 et plus (Cf. Tab. VI).

Cinq indicateurs (occupations moyennes du sol) ont été également distingués : urbanisation totale, urbanisation discontinue, mitage du milieu agricole, mitage sur forêt et couvert forestier (Cf. Fig. 6). L'urbanisation discontinue se réfère au tissu urbain facile à distinguer par les images satellitaires, dans la mesure où les immeubles le constituant ne sont pas jointifs. Elle s'oppose à l'urbanisation continue des zones centrales des villes

denses. Elle inclue donc notamment les petites villes, les banlieues et les agglomérations rurales. Elle est, en plus, distincte du mitage qui se caractérise par la présence de constructions couvrant moins de 40 % du sol, dans une zone consacrée à un autre usage majoritaire du sol (agriculture, milieu naturel). Pour chaque population de circonscription foncière, nous avons mis en relation ces indicateurs et le nombre d'incendies, en étant conscient des limites de cette variable. En effet, bien plus que le nombre des incendies, les surfaces incendiées constitueraient évidemment un indicateur aussi pertinent, hélas impossible à obtenir jusqu'à présent au Liban.

Le tableau VI fait apparaître que, dans les zones touchées par les incendies, l'urbanisation est plus forte que dans le reste du pays : ainsi on trouve que les zones qui ont été touchées par 5 incendies au moins sont en moyenne plus touchées par l'urbanisation (6,8 % d'urbanisation discontinue, 9,2 % en considérant l'ensemble des postes de l'urbanisation). Le mitage semble jouer aussi un rôle important puisque ces zones ont un mitage moyen de 3,2 % contre 2,27 % en moyenne au Liban. Les chiffres relatifs aux zones touchées par moins de 5 incendies font apparaître une tendance identique quoique légèrement moins accentuée.

Une confirmation plus élaborée de cette analyse a été conduite en étudiant la distribution en quartile des populations des circonscriptions foncières (Cf. Tab. VII). Il apparaît ainsi que le phénomène des incendies de forêts présente un lien étroit avec la problématique de l'urbanisation, si l'on considère l'ensemble des tissus urbains (urbain dense, urbain discontinu, industries, etc.) (Cf. Fig. 7a) ou uniquement l'urbain discontinu au sens défini ci-dessus (Cf. Fig. 7b). Il existe également une relation entre l'urbanisation non-contrôlée sous forme de mitage et le nombre d'incendies, étant donné que la médiane du mitage augmente avec l'augmentation du nombre d'incendies (Cf. Fig. 8). Ce lien n'est toutefois pas automatique, comme le montre l'exemple du Sud du Liban, relati-



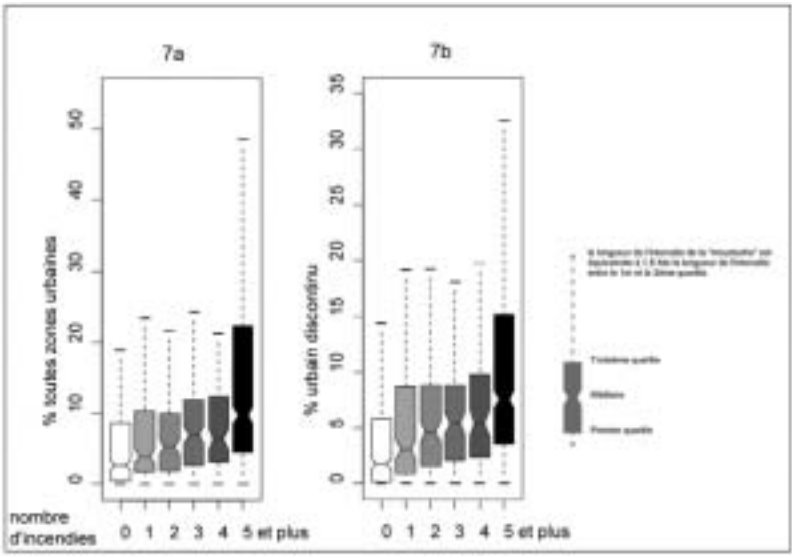


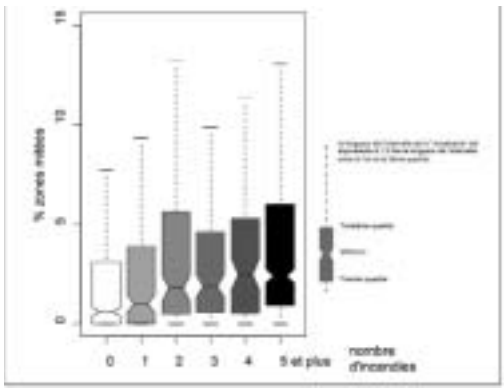
Fig. 6 (en haut) :
La carte d'occupation du sol de la région étudiée

Fig. 7 (au milieu) :
L'influence de l'urbanisation sur l'occurrence des feux de forêt.

Tab. VII (ci-contre) :
Distribution de l'occupation du sol et du nombre de feux par quartile.

	Urbanisation discontinue	Total de l'urbain	Mitage	Mitage sur forêt	Forêts	Feux
Premier quartile	1,4	2,1	0,2	0,0	4,4	0
Médiane	4,6	5,7	1,7	0,0	25,0	2
Troisième quartile	10,8	14,1	4,7	0,5	53,3	6
Maximum	100,0	100,0	45,2	39,0	100,0	95

Fig. 8 :
L'influence du mitage sur l'occurrence des feux de forêt



vement épargné par le feu alors qu'il est le lieu d'une forte activité de construction actuellement (Cf. Fig. 9).

En tout état de cause, ces observations appellent d'autres études plus approfondies sur ce thème. La figure 11 est plus difficile à interpréter car le mitage sous forêt est assez rare au Liban et au moins la moitié des entités de chacune des 5 populations considérées n'en comprend pas. De même, il n'existe pas de relation apparente et claire entre l'importance du couvert forestier et la fréquence des incendies, même si les zones où ne s'est produit aucun incendie ont un couvert forestier moyen plus faible (Cf. Fig. 10).

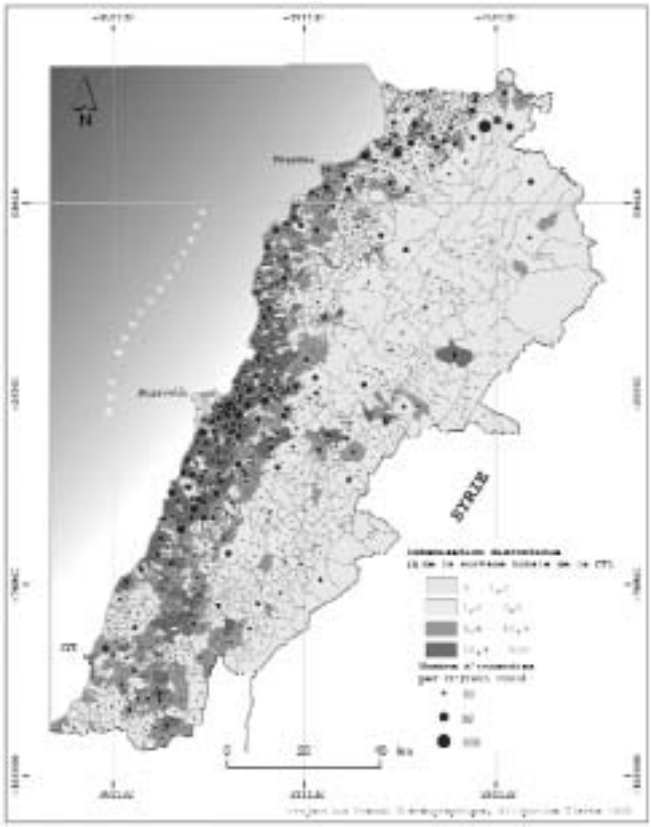
Conclusion

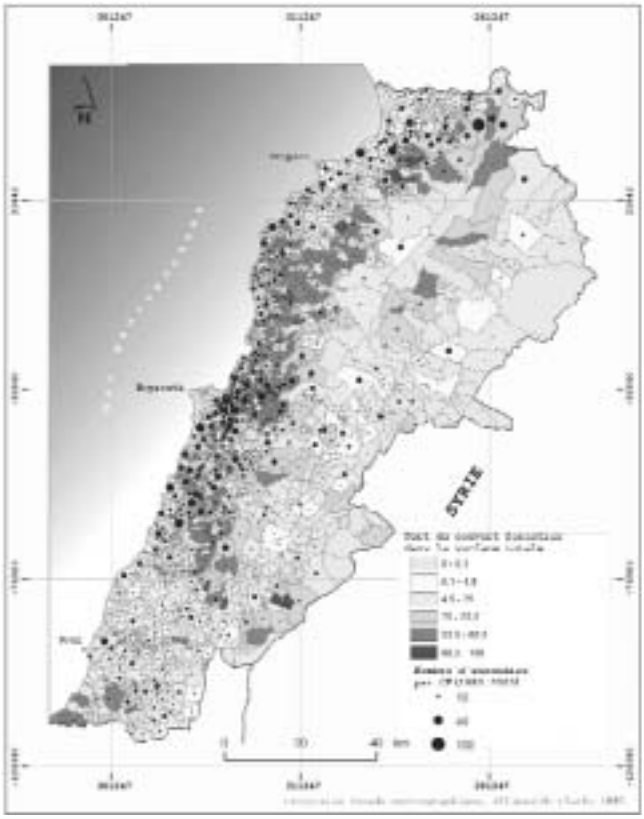
La carte de localisation des feux au niveau de la circonscription foncière produite au cours de cette étude constituera un outil extrêmement utile pour les gestionnaires et les décideurs d'aménagement contre les risques naturels. Elle permet de synthétiser les données sur l'ensemble du pays, d'avoir une vue d'ensemble et d'identifier des zones prioritaires d'action, d'autant plus qu'une réglementation adéquate évitant les effets catastrophiques des incendies de forêts n'existe pas encore au Liban. En plus de l'information historique qu'elle procure, elle pourra être utilisée comme une donnée d'entrée dans les modèles spatialisés permettant la cartographie des risques d'incendies à l'échelle régionale.

De même, les diverses relations établies caractérisant la durée des incendies et leur intensité peuvent être facilement extrapolées à d'autres pays méditerranéens présentant des conditions environnementales similaires. Une amélioration pourra être apportée au système de gestion des incendies, en ajoutant les surfaces qui ont été brûlées d'où la nécessité d'organisation des services qui collectent ce genre d'informations, ce qui permettra d'établir des relations aussi pertinentes en se basant sur celles-ci, plutôt que

Fig. 9 (à gauche) :
Urbanisation et feux de forêt

Fig. 10 (à droite) :
Superficies forestières et occurrence des feux de forêt





sur le nombre de feux par circonscriptions foncières qui varie très peu d'une année à l'autre. Ces relations seront plus faciles à interpréter, mais elles nécessiteront un travail de terrain bien précis, global et systématique. Il ressort aussi de cette étude que le développement de l'urbanisation, en particulier de l'urbanisation incontrôlée liée à la dispersion de l'habitat (mitage) apparaît comme un facteur majeur du risque de feux au Liban. Il sera aussi nécessaire de déterminer les causes des incendies de forêts et les intégrer dans le système de gestion créé pour établir des actions de prévention et limiter ainsi le nombre de départs de feu.

G.F., R.B.K., E.V.

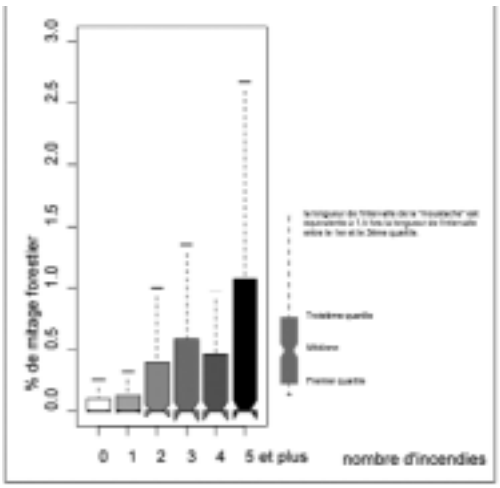


Fig. 11 :
L'influence du mitage sur l'occurrence des feux de forêt

Références

Abou Chaar, C., 1982. Un aperçu médical sur sept plantes qui poussent au Liban (en arabe). *Majallat Ach-Chajarat*, 1(19), 1-10.

Abi Saleh, B., Safi, S., 1988. Carte de la végétation du Liban au 1/500 000 + notice explicatrice. *Ecologica Mediterranea*, 14(1/2), 123-142.

ACL, 1971. Atlas Climatique du Liban. République libanaise. Ministère des travaux publics. Service météorologique. Tome I, 35p.

ACL, 1982. Atlas Climatique du Liban. République libanaise. Ministère des travaux publics. Service météorologique. Tome I, 31p.

Barghachoun, A., 1976. Etudes écologiques phytogéographiques des forêts de chênes à feuilles caduques du Liban. Thèse 3e cycle, Univ. Droit Econ. Sciences, Aix-Marseille, III, 1-72.

Bou Kheir, R., Shaban, A., Girard, M-C., Khawlie, M., 2001. Impact des activités humaines sur l'érosion hydrique des sols dans la région côtière montagneuse du Liban. *Sécheresse*, 12(3), 157-165.

Chouchani, B., Khouzami, A., Quezel, P., 1974. A propos de quelques groupements forestiers du Liban. *Biol. Ecol. Med*. Marseille, 1, 63-77.

Chuvieco, E., Congalton, R.G., 1988. Mapping and inventory of forest fires from digital processing of TM data. *Geocarto International*, 4, 41-53.

CNRS, 2000. Carte des circonscriptions foncières à l'échelle de 1/20 000. Conseil National de la Recherche Scientifique (Liban)/Centre National de Télédétection.

CNRS-MA, 2002. Carte d'occupation/utilisation du sol à l'échelle de 1/20000. Conseil National de la Recherche Scientifique/Centre National de Télédétection - Ministère de l'Agriculture (Liban).

Dereix, C., 2001. Une mission au Liban. *Forêt Méditerranéenne*, 22(2), 174-188.

ICONA, 1992. Los incendios forestales en España durante 1991. Instituto Nacional para la Conversación de la Naturaleza, MAPA : Madrid.

Khawlie M., Hansmann B., Darwish T., Lichaa El-Khoury D., Faour G., Abdallah C., Bou Kheir R., 2001. A knowledge-based integrated system to monitor desertification in Lebanon through remote sensing. Joint Workshop of ISPRS WG1/2, 1/5 and IV/7: High resolution mapping from space 2001, September 19-21, 8 p.

MA-PNUE, 1996. Etude de la diversité biologique du Liban. Rapport de synthèse. République Libanaise. Ministère de l'Agriculture. Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), Projet GF/6105-92-72, 257 p.

METAP, 1995. Lebanon: assessment of the status of the environment. Final report Med. Envi. Tech. Ass. Program, 90 p.

Mitri, G.H., Gitas, I.Z., 2004. A semi-automated object oriented model for burned area mapping in the Mediterranean region using Landsat-TM imagery. *International Journal of Wildland Fire*, 13, 367-376.

Nehmé, M., 1980. Fleurs sauvages du Liban. Conseil National de la Recherche Scientifique, Liban, 98 p.

Pausas, J.G., Vallejo, V.R., 1999. The role of fire in European Mediterranean ecosystems. In: Chuvieco Salinero, E. "Remote sensing of large wildfires", Springer-Verlag, Berlin, 3-16.

Pereira, J.M.C., 1992. Burned area mapping with conventional and selective principal component analysis. *Revista Portuguesa de Geografia*, 27, 63-78.

Plassard, J., 1971. Carte pluviométrique du Liban à l'échelle de 1/200 000. République Libanaise. Ministère des travaux publics. Direction Générale de l'Aviation Civile.

Quezel, P., Bonin, G., 1980. Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen, constitution, écologie, situation actuelle, perspectives. *Rev. For. Française*, 3(33), 253-268.

Spittlehouse, D., Stewart, R., 2003. Adaptation to climate change in forest management. *Journal of ecosystems and management*, 4(1), 50-65.

Talhouk, S.N., Zurayk, R., Khuri, S., 2001. Conservation of the coniferous forests of Lebanon: past, present and future prospects. *Oryx*, 35(3), 206-215.

Varela, J., Arias, J.E., Sordo, I., Tarela, A., 2003. Multicriteria decision analysis for forest fire risk assessment in Galicia, Spain. 4th International Workshop on Remote Sensing and GIS applications to forest fire management: Innovative concepts and methods in fire danger estimation, 5-7/6/2003, Ghent University, Belgium.

Zohary, M., 1973. The geobotanical foundation of the Middle East. Vol. 1. Gustave Fisher Verlag, Amsterdam.

Ghaleb FAOUR
Rania BOU KHEIR
Conseil national de la recherche scientifique (CNRS)
Centre national de télédétection
B.P. 11 - 8281
Beyrouth, Liban
Tél. : +961 4 409 845/6
Fax : +961 4 409 847
Méls :
gfaour@cnrs.edu.lb
raniabk@cnrs.edu.lb

Eric VERDEIL
UMR CNRS 5600
18 rue Chevreul
69007 Lyon, France
Tél. : 04 78 58 65 51
Fax : 04 78 61 08 63
Mél : eric.verdeil@normalesup.org

Remerciements

Cette étude s'est faite dans le cadre du projet «Gestion des incendies au Liban» mené par le Conseil national de la recherche scientifique Libanais (CNRSL) et les associations libanaises «GreenLine» et «AFDC». Il est financé par l'Union Européenne dans le cadre du programme LIFE. À cet effet, nous présentons tous nos remerciements à tous les responsables des instituts concernés. Nous remercions de même M. Yves Le Lay de l'UMR CNRS (France) pour son aide dans le traitement statistique réalisé au cours de ce travail.

Résumé

Les incendies de forêts et d'espaces naturels constituent un désastre naturel, dangereux pour les vies humaines et économiquement préjudiciable dans plusieurs pays méditerranéens, notamment au Liban. Cette étude a été conduite dans le contexte de la définition d'une stratégie de défense contre les incendies dans ce pays. Afin de parvenir à cet objectif national, on a procédé à la création d'un système de gestion des incendies par circonscription foncière. L'analyse statistique et spatiale (sous SIG) des données recueillies sur les incendies au cours d'une période de 20 ans (1983-2003) nous a permis d'établir des cartes de récurrence des feux, de définir les types de peuplements les plus affectés et de déterminer la période critique et les causes probables de leur occurrence. On a trouvé que le nombre de feux augmente pour des raisons anthropiques (urbanisation, mitage), mais aussi climatiques : accroissement de la température (> 28° C) ainsi que d'un vent fort (> 25 km/h). Août et septembre sont les mois critiques pour le risque d'incendies, ceux-ci peuvent durer jusqu'à 5 jours et demi selon le combustible en cause. Les forêts de cyprès sont celles qui brûlent le plus longtemps (5 jours), suivies par le maquis et les forêts de chênes (2 jours). Le moment du maximum d'éclosions, pendant la journée, se produit entre midi et 6 heures du soir. Cette base de données solide et les diverses relations établies s'avèrent extrêmement utiles pour les gestionnaires afin de réduire l'occurrence des incendies.

Mots-clés : incendie de forêt, SIG, région méditerranéenne, urbanisation, climat.

Summary

Fires of forests and rangelands constitute the most serious economic and life-threatening natural disaster in many Mediterranean countries, including Lebanon. This study was conducted in the context of defining a strategy for combating forest fire in the country. In order to conciliate this national objective, we have created a forest fire Database Management System (DBMS). The statistical and spatial analysis (using GIS) of collected data on fires on a period of 20 years (1983-2003) has allowed the production of forest fires' occurrence maps, the definition of most affected fuel types and the determination of the critical period and the probable causes of their occurrence. We have found that the number of fires increases with urbanization, as well as sprawl, but also with an increasing of temperature (> 28° C) conjunct with a strong wind (> 25 km/h). August and September are the critical months for the production of fires, which can occur until 5 days depending on the fuel into consideration. Cypress forests are the most affected during a long time (5 days), followed by thicket and oak forests (2 days). The starting time during the day falls between noon and 6 p.m. This solid database and the diverse established relations are extremely useful for policy-makers in order to reduce fire occurrence.

Key-words: forest fire, GIS, Mediterranean region, urbanization, climate.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد الأسباب والعوامل المؤثرة لخطر احتراق الغابات في لبنان

تعتبر الحرائق في المراعي والغابات من أهم المخاطر الطبيعية التي تهدد الحياة والاقتصاد في دول الحوض المتوسط ولا سيما لبنان. هدفت هذه الدراسة الى وضع استراتيجية وطنية لمكافحة الحرائق وذلك من خلال انشاء قاعدة معلومات بيانية للحرائق. إن عمليات التحليل الاحصائية والمساحية التي أجريت على المعلومات عن الحرائق خلال العقدين الأخيرين (1983–2003) مكنتنا من معرفة آلية حدوث الحرائق ووضع مخططات لذلك، بالاضافة الى تحديد قابلية مختلف أنواع الاشجار في الغابات للاحتراق وربط وتيرة حدوث الحرائق بالتجمعات السكنية. كما أن هناك علاقة طردية بين ازدياد درجة الحرارة (28 °C>) مصحوبة برياح تزيد سرعتها عن 25 كم بالساعة ووتيرة حدوث الحرائق. وقد تبين أن شهري آب(أغسطس) وأيلول(سبتمبر) أكثر الاشهر التي تحدث فيها الحرائق حيث يمكن أن تستمر فيها الحرائق لأيام عدة وذلك وفقاً لنوع الغابات (الشوح، خمسة أيام) و (سنديان وأجمة، يومين). أما معظم أوقات حدوث الحرائق فهو يمتد ما بين فترة الظهيرة والسادسة مساءً. إن انشاء قاعدة معلومات وطنية حول حرائق الغابات في لبنان سمحت بتوصيف هذه الحرائق والعوامل المؤثرة بها مما يسمح لصانعي القرار بوضع حلول وآلية للحد من حرائقها.

كلمة المفتاح: حرائق الغابات، نظم المعلومات جغرافية، حوض البحر المتوسط، تمدد عمراني، مناخ