

Les incendies de forêts : estimation du risque dans les régions libanaises à partir des données météorologiques / M. Khouzami et N. Ballout. — Extrait de : Annales de recherche scientifique. — N° 2 (2000), pp. 123-132.

Bibliographie. Tableaux.

I. Forêts — Incendies — Liban. II. Incendies — Prévention — Liban.

Ballout, N.

PER L1049 / FA76633P

LES INCENDIES DE FORÊTS : ESTIMATION DU RISQUE DANS LES RÉGIONS LIBANAISES À PARTIR DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

M. KHOUZAMI et
N. BALLOUT

Université Saint-Esprit de Kaslik,
Faculté des Sciences Agronomiques
B.P. 446, Jounieh, Liban.

RÉSUMÉ

D'une année à l'autre, les incendies de forêts envahissent le couvert végétal du pays, sans aucune mesure préventive.

D'abord le travail a commencé par recenser les feux de forêts ainsi que les données météorologiques journalières dans les trois Mouhafazats: le Mont Liban, le Liban Nord, et La Békaa, durant les années 1995, 1996, et 1997, pour mettre en évidence les variations climatiques le jour de feu. C'est là où commence l'application de la méthode de prédiction des incendies de forêts, selon une méthode de probabilité suivant le modèle de Poisson. Cette dernière passe par un modèle de régression multilinéaire de la forme: $y = \sum a_i x_i + k\sigma$ Les trois valeurs de $y = \text{Lambda}$ ont été calculées (une pour chaque Mouhafazat) pour les appliquer à la formule de Poisson, afin de prédire la probabilité d'avoir zéro feu, un feu, deux feux, ...

Ce travail, visant la protection de la biodiversité nationale, a soulevé un problème de prévention parmi d'autres, évitant à la forêt libanaise un véritable danger: le Feu!

INTRODUCTION

Depuis la préhistoire, le feu fut le compagnon de l'homme. Malgré cette longue association, le phénomène du feu de bois dépend de beaucoup de facteurs dont l'explication demeure, jusqu'à présent, incomplète.

En 1977, des représentants de onze pays se rencontrèrent à l'occasion de la consultation technique FAO/UNESCO sur les incendies de forêts méditerranéennes (Saint Maximin, France). Ils purent constater que le feu constituait une menace dans la région méditerranéenne (Vélez, 1986). Près de dix ans plus tard, lors du séminaire CEE/FAO/OIT sur la prévention des incendies de forêts (Valence- Espagne, 1986), des représentants de vingt-quatre pays parvinrent à la conclusion que les incendies constituaient en fait un péril majeur (Vélez, 1986). De plus, il s'est avéré que le feu est un facteur dominant dans l'évolution et l'écologie des écosystèmes du type méditerranéen partout dans le monde (Trabaud, 1990).

Au Liban, une étude faite par la FAO (1990) montre que la surface totale des forêts a diminué de 10% entre 1966 et 1989.

Cette réduction des superficies des forêts est due à plusieurs raisons essentielles dont l'incendie (Khouzami *et al.*, 1996). Chaque année, vers la fin de l'été, des dizaines d'incendies de forêts sont déclarés au Liban. A titre d'exemple et, d'après le MINAGRI (1998), 127 feux de forêts sont déclarés durant la période allant du mois de Mai jusqu'à Novembre 1997, et une superficie de 4.228.700 m² est complètement brûlée. Donc de tous les maux qui menacent la forêt, le feu est indiscutablement l'un des plus graves.

Pour faire face au problème des incendies, il est de rigueur de développer des moyens de prévention et de lutte contre les feux de forêts. Parmi les premières étapes de prévention, il y a l'estimation du risque dans les régions libanaises, à partir des conditions climatologiques du pays d'où l'objectif de ce mémoire.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La première étape du travail consiste à recenser les incendies de forêts qui ont eu lieu durant la saison d'incendie (Mai-Novembre) des années 1995, 1996,

et 1997. Les inventaires effectués par les chefs des services forestiers contenaient: le nom du village, la superficie brûlée, et la date de l'incendie.

Dans la deuxième étape, il s'agit de collecter les données météorologiques journalières des trois années, durant la saison d'incendie (Mai-Novembre), dans les trois Mouhafazats: Mont Liban, Liban Nord, et la Békaa. Il s'agit de la date, de l'humidité relative à midi (exprimée en %), des vitesses du vent (en Km/h) aux heures: 0, 6, 12, et 18 du jour, et enfin de la température maxima en degrés Celsius (°C). Puis il sera procédé à l'ajustement de la température le jour du feu en fonction de l'altitude ($-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ d'altitude) de la forêt où l'incendie a eu lieu. De là, il serait simple d'évaluer les conditions météorologiques lors de déclenchement du feu dans les forêts en question. Un tableau de synthèse est déduit des informations obtenues dans les étapes déjà citées.

D'après le tableau 1, il est clair qu'au Mont Liban, existe un risque de feu à partir d'une valeur minimale de la température maximale de $23,8^{\circ}\text{C}$. Ainsi qu'une valeur de H.R. arrivant jusqu'à 82% ne diminue pas le risque d'incendie, même avec un vent faisant 7,2 Km à l'heure. Le même travail est effectué pour les autres Mouhafazats. Mais il ne faut pas oublier qu'il existe une interdépendance entre ces trois variables climatiques, donc il peut y avoir un feu au Mont Liban, à une température de 29°C , une H.R.12 de 50%, et à une vitesse du vent de 15 Km/h, comme il peut se produire un feu à 24°C , 60% (HR 12), et 40 Km/h. De là, les seuils des variables climatiques qui déclenchent le risque peuvent être déduits des données saisies. En sus de ceci ce mémoire vise à connaître l'interaction entre les variables climatiques afin d'estimer le risque en pourcentage quelque soit la valeur de la température, de l'humidité relative, et de la vitesse du vent. D'où l'utilité du programme élaboré dans le "Résultats et Discussion".

Tab.1: les valeurs limites des variables climatiques contribuant à la propagation des incendies ayant lieu en 95, 96, et 97, dans les trois Mouhafazats.

les valeurs des variables au moment de l'incendie	Mouhafazat		
	Mont Liban	Békaa	Liban Nord
Nombre d'incendies durant les années 95, 96, 97	145	30	78
la valeur moyenne des T.max.(°C)	30,13	33,86	29,62
la valeur minimale de T.max.(°C)	23,8	24,6	17,4
la valeur maximale de T.max.(°C)	34,9	39,3	36
la valeur moyenne des H.R.12 (%)	59,03	30,82	59,13
la valeur minimale de H.R.12 (%)	22	14	28
la valeur maximale de H.R.12 (%)	82	70	77
La valeur moyenne des vitesses du vent (Km/h)	19,68	20,11	18,97
La valeur minimale de la vitesse du vent (Km/h)	7,2	10,8	3,6
La valeur maximale de la vitesse du vent (Km/h)	57,6	36	64,8

En Suisse, Mandallaz et Ye (1997) ont établi une nouvelle méthode, se basant sur la loi de probabilité selon le modèle de Poisson. Ils l'ont développée, pour la prédiction des incendies de forêts considérés comme évènements rares. Avant d'établir le modèle de Poisson, il est nécessaire de saisir les informations déjà collectées dans des programmes statistiques.

Le logiciel statistique utilisé est le MSTAT-C version 2.10 (Russell, 1986), ainsi que le modèle statistique ANOVA (Analysis Of the Variance), appelé aussi analyse de la fluctuation (Freund, 1988).

Le but de l'analyse est de savoir s'il y a une différence significative ou non, entre les moyennes (variances) de données d'un, de deux, ou de plusieurs échantillons,... Cette dernière différence est jugée significative ou non, à partir

d'une comparaison entre deux valeurs de F, l'une obtenue par le calcul, l'autre est empruntée au tableau de Fisher; elle s'appelle F de Snedecor.

La démarche de ce travail est inspirée de celle de Mandallaz dans sa méthode, mais en tenant compte des spécificités locales.

Après avoir tenu compte des variables qui peuvent concerner la prédiction des incendies, il faut déterminer le rôle des paramètres climatiques, dont l'impact est direct sur la propagation des incendies.

D'après Mandallaz (1997), l'humidité relative à midi du jour précédent donne une idée sur le degré de sécheresse du combustible (le végétal) sans passer même par l'indice de sécheresse.

L'élaboration du modèle statistique pour la prédiction de la probabilité d'un, de deux, de trois feux, etc., passe par deux étapes:

Etape 1: la prédiction du paramètre y, par un modèle multilinéaire de la forme:

$$y = \sum a_i x_i + k\sigma$$

Où y est une variable dépendante, elle est appelée aussi Lambda. Les a_i sont des coefficients de régression calculés, et les x_i sont les variables indépendantes du modèle ou les paramètres climatiques dans ce travail. k est une constante (l'ordonnée à l'origine).

Une fois, les valeurs de a_i sont trouvées pour toutes les variables utilisées dans le modèle, il serait simple de trouver la valeur de Lambda ($y = \text{Lambda}$).

Etape 2: le calcul des différentes probabilités (probabilité de zéro feu par jour: $x=0$, un feu par jour: $x=1$, ...), selon la formule:

$$P(X = K) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^K}{K!}$$

Mais pour faciliter l'obtention du résultat, il a été procédé par le compilateur Turbo Pascal 7.0.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Après la description des méthodes et du matériel à utiliser, il convient d'appliquer la méthode de multirégression déjà expliquée, pour obtenir la valeur de Lambda et l'employer dans la formule de Poisson.

En plus des variables météorologiques utilisées, on a considéré deux autres variables: le nombre de feu du jour précédent, ainsi que le nombre réel de feu du jour même (obtenu du recensement fait sur les incendies).

1. La valeur de Lambda pour estimer le risque d'incendie au Mont Liban.

D'abord les valeurs des coefficients de régression sont cherchées afin de les multiplier par les valeurs des variables climatiques en ajoutant à la fin la valeur de K, la constante.

$$\text{Lambda} = y = (4,41E-02 \times \text{Température maxima}) + (-5,64E-03 \times \text{Humidité relative 12p}) + (-3,26E-03 \times \text{Humidité relative 12}) + (7,40E-03 \times \text{Vitesse maxima}) + (1,12E-01 \times \text{Feu précédent}) + (-505.174E-03)$$

Une fois, Lambda est trouvée, elle est appliquée dans la formule de Poisson.

Une analyse de la variance du modèle montre que ce dernier est très significatif ($P=0.000$).

En appliquant les valeurs limites présentées dans le tableau 1, à la formule de probabilité selon Poisson, on obtient une série de résultats qui donnent une idée sur le niveau de risque.

Le risque est classé selon quatre niveaux (Seigue, 1985):

Si $\text{Pr}(\text{feu}) > 75\%$ le risque est **Très Sévère (TS)**

Si $50\% < \text{Pr}(\text{feu}) < 75\%$ le risque est **Sévère (S)**

Si $25\% < \text{Pr}(\text{feu}) < 50\%$ le risque est **Habituel (H)**

Si $\text{Pr}(\text{feu}) < 25\%$ le risque est **Faible (F)**

Dans le tableau 2, les valeurs de T.max. (Maximale, moyenne et minimale), et de H.R.12p sont fixes. Les valeurs des autres variables (HR 12, V.max., et feu p.) changent, pour évaluer les niveaux de risque. Un chemin inverse pourra être entrepris en fixant un paramètre et en changeant les autres valeurs. De même le niveau du risque pourra être fixé pour en déduire les seuils des variables climatiques qui mènent à ce niveau du risque.

En arrivant à la dernière valeur, on remarque que le programme n'affiche pas une valeur de probabilité, dans ce cas là, la valeur de Lambda est négative, donc la Pr (non feu) est supérieure à 1, tandis que la Pr (feu) est négative. De là il n'y a pas de feu.

Tab.2: Applications numériques des valeurs limites des variables climatiques, pour prédire les incendies de Forêts et déterminer le niveau du risque au Mont Liban (selon les données de Beyrouth).

M	T.max.	H.R.12p	H.R.12	V.max.	Feu.p.	Pr. (non feu)	Pr.(feu)	Niveau du risque
O N T	34,9	59	22	57,6	5	0,22	0,78	T S
		59	59	20	3	0,41	0,59	S
		59	82	7,2	1	0,65	0,35	H
L I B	30,13	59	22	57,6	5	0,27	0,73	S
		59	59	20	3	0,51	0,49	H
		59	82	7,2	1	0,8	0,2	F
A N	23,8	59	22	57,6	5	0,35	0,65	S
		59	59	20	3	0,68	0,32	H
		59	82	7,2	1	–	–	Pas de feu

2. la valeur de Lambda pour estimer le risque d'incendie au Liban Nord.

Le même travail est effectué pour la Mouhafazat du Liban Nord.

D'où $\text{Lambda} = (2.7190e-002 \times T \text{ max.}) + (-1.8711e-003 \times \text{HR } 12p) + (-3.5207e-003 \times \text{HR } 12) + (1.4920e-002 \times V \text{ max.}) + (1.3391e-001 \times \text{Feu } p) + (-0.359738)$.

D'après l'analyse de la variance du modèle, la probabilité sera de 0.000 ce qui montre que le modèle est très significatif.

Dans le tableau 3 ci dessous, la même conception que le tableau 2 est à adopter. Donc les valeurs de T.max. et de H.R.12p sont fixées en changeant les autres variables pour évaluer le risque.

Tab.3: Applications numériques des valeurs limites, pour prédire les incendies de Forêts et déterminer le niveau du risque au Liban Nord (selon les données de Tripoli).

L	T.max.	H.R.12p	H.R.12	V.max.	Feu p.	Pr. (non feu)	Pr.(feu)	Niveau du risque
I	36	59	28	64,8	5	0,24	0,76	TS
B		59	59	18,97	3	0,45	0,55	S
A		59	77	3,6	1	0,7	0,3	H
N	29,62	59	28	64,8	5	0,29	0,71	S
N		59	59	18,97	3	0,54	0,46	H
N		59	77	3,6	1	0,83	0,17	F
O	17,4	59	28	64,8	5	0,4	0,6	S
R		59	59	18,97	3	0,75	0,25	F-H
D		59	77	3,6	1	–	–	Pas de feu

3. La valeur de Lambda pour estimer le risque d'incendie dans la Békaa.

Une démarche identique est entreprise pour la région de la Békaa

$$\text{Lambda} = (5.0786e-003 \times T \text{ max.}) + (-6.6863e-004 \times HR \ 12p) + (6.4601e-004 \times HR \ 12) + (5.8735e-003 \times V \ \text{max.}) + (-2.3770e-002 \times Feu \ p) + (-0.127092).$$

Le modèle multilinéaire appliqué dans les trois Mouhafazats, doit être à chaque fois étudié pour évaluer son efficacité, par l'analyse de la variance: P=0.006. Donc le modèle est significatif pour la Békaa. Une fois que les modèles sont élaborés, il convient de les traduire en langage Turbo Pascal 7.0, pour que l'application de la méthode soit simple.

Tab.4: Applications numériques des valeurs limites, pour prédire les incendies de Forêts et déterminer le niveau du risque dans la Békaa (selon les données de Haouch El Oumara).

	T.max.	H.R.12p	H.R.12	V.max.	Feu p.	Pr. (non feu)	Pr.(feu)	Niveau du risque
B	39,3	31	14	36	5	0,98	0,02	F
		31	31	20	3	0,96	0,04	F
		31	70	10,8	1	0,93	0,07	F
K	33,86	31	14	36	5	–	–	Pas de feu
A		31	31	20	3	0,99	0,01	F
A		31	70	10,8	1	0,96	0,04	F
	24,6	31	14	36	5	–	–	Pas de feu
		31	31	20	3	–	–	Pas de feu
		31	70	10,8	1	–	–	Pas de feu

D'après le tableau 4, ce modèle de prédiction n'a pas abouti à un résultat, pourtant, d'après l'ANOVA, il est très significatif ($Pr=0.001$), de là il faut ajouter des paramètres à ce modèle pour qu'il soit aussi efficace que ceux du Mont Liban et du Liban Nord

CONCLUSION

L'objectif de départ, qui est l'estimation du risque des incendies de forêts dans les régions libanaises à partir des données météorologiques est atteint.

Le modèle élaboré est très significatif, il représente la troisième version élaborée pour ce travail. La version ainsi appliquée, a été jugée la plus simple et la plus objective.

Ce travail vise la protection de la biodiversité nationale. Car, il n'est pas permis qu'une forêt constituant un écosystème naturel, devienne momie en quelques heures à cause d'une "flamme imprudente". Ce travail participe à sa manière pour aboutir à la restauration de la parure verte du Liban et à la conservation de la diversité biologique.

BIBLIOGRAPHIE

- F.A.O., 1990. *Carte de l'occupation des sols* (Liban, 1/50000).
- FREUND, E.J., 1988. *Modern elementary statistics*. Seventh edition, Arizona state university, USA, pp.380-440.
- KHOUZAMI, M., HAMADEH, S., et TOHME, G., 1996. *Etude de la diversité biologique du Liban*, Rapport de synthèse. Ministère de l'agriculture / PNUE, IX, p.p. 257.
- MANDALLAZ, D., & YE, R., 1997. *Prediction of forest fires with Poisson models*. Canadian forest service, Vol.27, N°10, pp. 1685-1694.
- MINAGRI (Ministère de l'agriculture), 1998. *Rapports annuels des incendies de forêts*.
- RUSSELL, D.F., 1986. *MSTAT-C version 2.0*. Programme d'informatique, USA.
- SEIGUE, A., 1985. *La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes – Les incendies, la protection de la forêt*; Techniques agricoles et productions méditerranéennes, Maisonneuve et Larose, p.p. 503.
- TRABAUD, L., 1990. *Fire resistance of Quercus coccifera garrigue*. In: J.G. Goldammer and M.J. Jenkins (Editors), *Fire in ecosystem Dynamics*. S.P.B. Academic, The Hague, p.p. 21-32.
- VÉLEZ, R., 1986. *Les incendies de forêts dans les pays de la région méditerranéenne*, Madrid, p.p. 36.