

CELLULE D'EDUCATION
 Forêt Médit et Incendie
 CEMAGREF
 B.P 31 LE THOLONET
 13612 AIX EN PROVENCE CEDEX 1
 Tél : 42 23 11 10

**ESTIMATION DE L'INFLAMMABILITE
 ET DE LA COMBUSTIBILITE DE LA VEGETATION**

*par D. ALEXANDRIAN, Ingénieur civil des forêts à la division «Protection des Forêts contre l'Incendie»
 du groupement d'Aix-en-Provence du CEMAGREF*

Au cours de l'élaboration du plan de défense des forêts contre l'incendie du département de l'Hérault (1), il s'était révélé indispensable de prendre en compte le comportement de la végétation vis-à-vis du feu pour moduler le mieux possible la nature et l'importance des équipements à prévoir en fonction des conditions du terrain.

Une étude particulière avait alors été réalisée grâce à l'existence, pour ce département, d'une «carte à grande échelle des formations végétales combustibles» (2), fournissant une description physionomique et floristique de la végétation : c'est en effet la nature, la qualité, la quantité et la répartition des combustibles constituant une formation végétale qui ont une influence prépondérante sur son inflammabilité et sa combustibilité.

Compte tenu des demandes particulières formulées depuis cette époque, il est apparu souhaitable de réaliser une brève publication spéciale sur ce travail dans le but essentiel de présenter, à titre d'exemple, la méthode employée et les résultats obtenus.

*

1. Carte à grande échelle des formations végétales combustibles :

Cette carte, commencée en 1971 et achevée en 1973, était d'abord destinée à la lutte active contre le feu. Son échelle (1/20.000ème) est intéressante. La description codée de chaque formation végétale résulte de l'analyse de la structure de la formation et du relevé des principales espèces. Elle comprend aussi, à l'intention des agents de la lutte, une indication sur l'accessibilité et la pénétrabilité.

1.1. Méthode d'analyse :

La végétation est découpée en cinq «strates biologiques» :

- litière;
- herbacées (H);
- ligneux bas de 0 à 2 m (L B);
- ligneux hauts de 2 à 4 m (L H);
- ligneux hauts de plus de 4 m (L H).

Chaque strate n'est prise en considération que si son recouvrement dépasse 10 %. Les principales espèces sont relevées dans chaque strate.

1.2. Description - Symbolisation :

L'analyse strate par strate de la végétation permet de classer les formations en onze types détaillés dans le tableau ci-après

La symbolisation comprend :

- 1/ le type de formation;
 - 2/ le nombre de strates;
 - 3/ le biovolume «obtenu par addition des pourcentages de recouvrement de chacune des strates décrites, plus celui des chicots et des bois morts s'il y a lieu» (3).
- Le biovolume prend des valeurs de 0 à 50;
- 4/ les principales espèces par ordre d'importance décroissante, en général au nombre de trois;
 - 5/ la commodité de la lutte.

1.3. Commentaires :

Cette carte constitue bien le type de description nécessaire pour l'étude de l'inflammabilité et de la combustibilité; mais telle n'étant pas sa destination première, les renseignements fournis ne répondent pas de façon parfaite à cet usage. On peut d'ores et déjà relever quelques défauts pour l'étude en question dont on devra tenir compte par la suite :

- 1/ l'importance ou même la présence de la litière, facteur essentiel de la dynamique du feu, n'est pas explicitement indiquée dans la description finale;

(1) CTGREF, Division Protection des Forêts contre l'Incendie, Protection des Forêts contre l'Incendie dans le département de l'Hérault : prévention et équipement du terrain [tome I : rapport général, 95 p.; tome II : annexes, 100 p.], Etude n°14, Avril 1978.

(2) L. TRABAUD, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques, Montpellier (1973).

(3) Notice de la carte à grande échelle des formations végétales combustibles de l'Hérault, CEPE, 1973.

Tableau I
Caractérisation de la formation végétale

Constitution interne de la formation (typologie de base)	Pourcentage de recouvrement		
	des ligneux hauts	des ligneux bas	des herbacés
Ligneux hauts, denses : LHd	75 - 100 %	0 - 100 %	0 - 100 %
Ligneux hauts, assez clairs : LHac	50 - 75 %	0 - 100 %	0 - 100 %
Ligneux hauts, clairs : LHc	25 - 50 %	0 - 10 %	0 - 10 %
Ligneux bas : LB	0 - 25 %	10 - 100 %	0 - 10 %
Herbacés : H	0 - 25 %	0 - 10 %	10 - 100 %
Complexes ligneux hauts et ligneux bas : LHB	25 - 50 %	10 - 100 %	0 - 10 %
Complexes ligneux hauts et herbacés : LHH	25 - 50 %	0 - 10 %	10 - 100 %
Complexes ligneux bas et herbacés : LBH	0 - 25 %	10 - 100 %	10 - 100 %
Complexes ligneux hauts, ligneux bas et herbacés : LHBH	25 - 50 %	10 - 100 %	10 - 100 %
Zone à végétation très claire : ZE	0 - 25 %	0 - 10 %	0 - 10 %
Zone sans végétation (mines, carrières, etc.) : ZN	0 %	0 %	0 %

2/ la classification des formations végétales (tableau I) analyse assez finement la strate ligneuse haute alors que les strates herbacée et ligneuse basse, plus importantes du point de vue de la dynamique du feu, sont peu détaillées;

3/ le biovolume, somme des recouvrements, n'est pas assimilable à une biomasse ni même à un volume. En effet, une strate herbacée de brachypode et une strate ligneuse basse de chêne kermès ayant un même recouvrement n'occuperont pas un même volume ni n'auront un même poids; mais, par contre, elles interviendront avec la même importance dans le calcul du biovolume de la formation. L'évaluation de la quantité de combustibles à partir du biovolume sera donc délicate.

2. Méthode :

A chaque formation de la carte à grande échelle de l'Hérault, on veut faire correspondre un indice (compris par exemple entre 0 et 9) pour chacune des trois grandeurs :

- inflammabilité (risque de départ d'incendie);
- combustibilité - intensité potentielle d'un feu;
- combustibilité - vitesse de propagation potentielle d'un feu (1).

Pour cela, il faut établir des modèles à partir d'une étude d'un échantillon de formations végétales.

Des mesures expérimentales de l'inflammabilité et de la combustibilité des formations végétales, suffisamment nombreuses et dans un éventail assez large, ne sont pas réalisables à l'heure actuelle. On doit donc se tourner

(1) Ces indices ne prendront évidemment pas en compte les autres facteurs qui conditionnent ces valeurs (pente, fréquentation humaine, etc.).

vers des mesures plus subjectives, mais non sans intérêt, en faisant appel aux jugements de personnes (pompiers, scientifiques ou forestiers) ayant une grande expérience des feux de forêts, et remplacer des mesures proprement dites par des visites-notations des différentes formations de l'échantillon.

3. L'échantillon et sa notation :

3.1. Nombre et choix des stations de l'échantillon :

Etant donné le nombre et le grand éventail de valeurs des variables (type de formation, nombre de strates, biovolume, espèces), l'échantillon nécessaire à une étude statistique exhaustive serait d'une taille importante. Les contingences matérielles ayant limité le nombre de stations à trente, il a été difficile de couvrir toute la variabilité des diverses formations du département, mais un effort important a été fait pour obtenir une bonne représentativité de l'échantillon.

Toutes les combinaisons possibles des différentes valeurs n'ont donc pas pu être réalisées, mais chaque variable prend cependant le plus grand nombre de valeurs possible.

Quinze stations ont été choisies dans la partie est du département (garrigues et pinèdes autour de Montpellier) et quinze dans la partie ouest (Avant-Monts, Lodévois, Caroux-Espinouse, vallée de l'Orb).

La représentation des principaux types de formation est la suivante :

- formations de garrigues : quatre stations;
- formations à chêne vert : huit stations;
- formations à chêne pubescent : cinq stations;
- pinèdes : quatre stations;
- châtaigneraies : trois stations;
- landes-pelouses : trois stations;
- reboisements : deux stations;
- hêtraies : une station.

3.2. Les «notateurs» :

Quatorze personnes comprenant cinq pompiers, trois scientifiques (dont M. L. TRABAUD) et six forestiers ont pu être réunis. Tous les participants à ces visites-notations n'avaient pas la même expérience du feu, mais nous verrons que cela n'a pas nui à l'homogénéité des résultats.

3.3. Modalités de notation :

Les trente stations ont été réparties en six demi-journées égales de visite. Pour des raisons pratiques, seulement huit personnes — dont M. L. TRABAUD — ont pu participer à l'ensemble des six demi-journées. Le nombre des participants aux quatre premières demi-journées étaient de dix, dont trois pompiers; il a été de douze, dont quatre pompiers, aux deux dernières.

A chaque station, bien délimitée, les participants ont noté de 1 à 10 l'inflammabilité, la combustibilité-intensité du feu et la combustibilité-vitesse de propagation du feu en se plaçant mentalement dans des conditions de risque maximal.

Pour permettre une autre exploitation de ces visites, il a aussi été demandé aux participants, à la fin de

chaque demi-journée, de faire des classements des cinq stations visitées dans ce laps de temps, pour chacun des trois critères, sans tenir compte des notes précédemment mises (celles-ci ne devant être modifiées en aucun cas). Le premier jugement pouvait ainsi être tempéré à la fin de chaque série de cinq stations. L'ordre de visite a été choisi de telle manière que deux stations consécutives soient très contrastées pour avoir une bonne répartition des notes (on a tendance à ne pas faire de distinction entre deux stations peu différentes qui se suivent, les facteurs étant alors moins bien analysés).

L. TRABAUD a effectué, pour chaque station, un relevé aboutissant à la description codée de la végétation en place, laquelle a été prise en compte dans l'exploitation statistique (1).

4. Traitement statistique des données recueillies :

4.1. Estimation des indices relatifs aux stations visitées :

Les moyennes des notes, mises sur place à chaque station, peuvent être considérées comme de bonnes estimations des valeurs des trois indices. En effet, le

Tableau II
Indices d'inflammabilité, d'intensité et de vitesse de propagation potentielles du feu pour les trente stations visitées

N° station	Description codée (M. L. TRABAUD) (2)	Inflammabilité		Intensité		Vitesse de propagation	
		Moyenne	Coef. var. (%)	Moyenne	Coef. var. (%)	Moyenne	Coef. var. (%)
1	LBH.2.13.Ck, br, be	8,4	18	5,2	12	7,7	19
2	LHac.4.14.CV, Bu, TE	4,2	35	5,8	27	4,3	39
3	LHBH.5.15.CB, be, Gs	6,1	43	3,2	34	5,7	40
4	LBH.2.07.Em, Bu, Ao	4,9	35	3,6	30	4,2	32
5	LHBH.5.18.CB, Bu, be	5,9	31	5,1	28	5,4	26
6	LHac.5.23.CV, PA, Ro	8,7	9	8,9	9	7,6	17
7	LBH.2.10.Ro, PA	6,3	27	4,3	42	5,8	34
8	LHBH.4.16.PA, Ro, br	8,7	13	6,1	21	7,4	15
9	LBH.3.14.Ck, bp	7,5	25	5,6	19	7,1	23
10	LHBH.5.23.Ck, PA	9,0	11	8,6	12	8,6	17
11	LHd.4.25.CB, CV	4,4	19	7,0	28	4,5	29
12	LBH.2.08.Tv, br	8,8	10	3,6	26	9,0	10
13	LBH.3.20.CV	8,0	8	7,9	14	7,2	17
14	LBH.3.16.CV, Xa, br	8,8	7	7,4	16	8,0	13
15	H.2.14.be, bp	8,9	15	3,5	29	8,7	16
16	LHac.4.25.CB, CV, Ea	6,8	17	8,5	12	6,2	14
17	LHB.4.22.CH.Ea, Ss	5,2	27	7,0	24	5,3	24
18	LHd.4.21.CV	2,9	45	6,6	32	4,5	47
19	LHd.4.23.CV, CB	2,4	50	5,0	40	3,3	36
20	LHac.4.17.CB, CV, Bu	3,4	40	6,3	25	4,3	30
21	LHd.4.18.CV, CB, Bu	2,8	33	5,6	25	4,7	47
22	LHac.5.23.CB, Ea	4,0	23	6,4	24	5,5	21
23	LBH.3.14.Ca, Ec	6,5	32	4,4	39	7,3	32
24	LHd.9.23.HF, SP	1,1	26	1,3	36	1,5	43
25	LHd.3.25.EP	3,2	49	8,2	19	7,3	28
26	LHd.3.19.HF	1,1	25	1,3	45	1,0	120
27	LBH.3.16.Ss, Ca, pt	7,8	21	5,5	20	8,1	15
28	LBd.4.17.CH, CV, pt	5,3	33	6,4	21	5,6	32
29	LHac.4.18.CH, Fa, ag	5,8	29	5,8	26	5,3	22
30	LHd.5.28.CB, Bu	3,3	31	6,1	40	3,7	44

(1) Cette description ponctuelle est plus précise que celle de la carte qui correspond à une zone de plus grande étendue.
(2) Cf. page 36.

ESTIMATION DE L'INFLAMMABILITE ET DE LA COMBUSTIBILITE DE LA VEGETATION

tableau II montre que, dans l'ensemble, les notes attribuées à chaque station sont assez homogènes (coefficient de variation peu élevé dans l'ensemble). Pour l'ensemble des stations, une comparaison de la moyenne des notes données par tout le groupe et de la moyenne des notes données par les pompiers montre qu'il n'y a pas de différence significative (1).

Nous avons obtenu une autre estimation des indices en exploitant les classements donnés à la fin de chaque demi-journée.

Une application (2) de la formule de FRIEDMAN

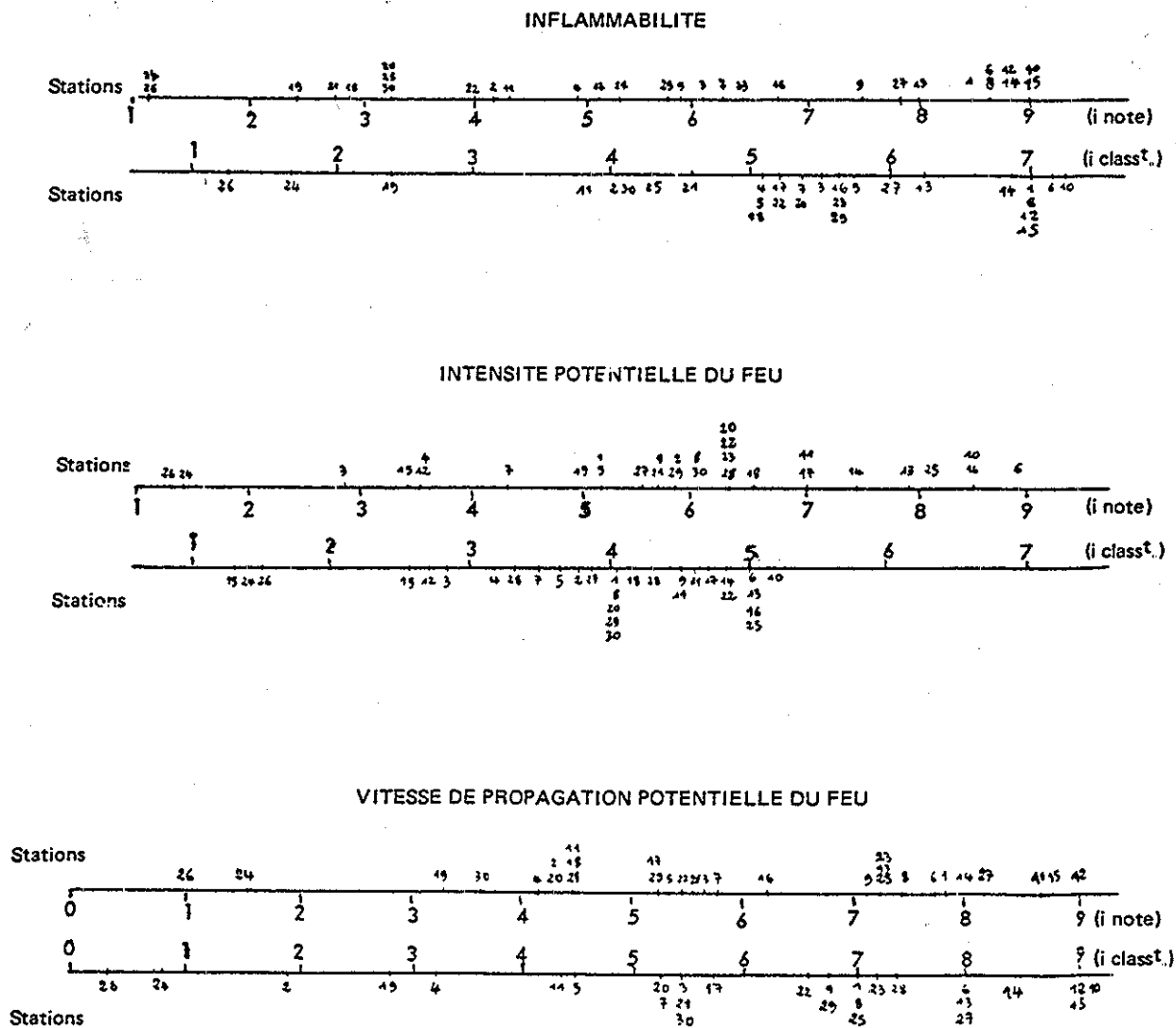
permet d'estimer les écarts entre les stations d'une même demi-journée. Une homogénéisation des écarts donne d'autres estimations des valeurs des trois indices pour l'ensemble des stations.

Une comparaison des résultats obtenus par les deux modes d'estimation est donnée par les diagrammes du tableau III ci-dessous. On ne relève pas de contradiction, mais l'estimation par les notes donne des valeurs plus étalées. Ce sont celles-ci que nous prendrons pour la suite des calculs.

On remarque d'autre part que les indices d'inflammabilité et de vitesse de propagation sont très corrélés (3).

Tableau III

Comparaison des indices obtenus par traitement des notes mises sur place aux indices obtenus par traitement des classements



(1) Pour l'inflammabilité par exemple : moyenne (ensemble) = 0,21 + 0,96 moyenne (pompiers), avec $r = 0,92$.
 (2) Mise au point pour tirer parti des tests de dégustation de fruits par la Division TEECS du CTGREF, Aix-en-Provence.
 (3) Vitesse = 1,63 + 0,74 inflammabilité, $r = 0,90$.

4.2. Importance des différentes variables explicatives:

Un classement des variables explicatives peut être fait par comparaison des variances résiduelles (1) résultant des analyses des indices par rapport à chacune d'elles.

Le rôle d'une variable explicative dans la détermination d'un indice sera d'autant plus important que la variance résiduelle correspondante sera faible.

Les variables explicatives correspondent aux renseignements fournis par la description codée de chaque formation. Elles sont donc au nombre de six : le type de formation, le nombre de strates, le biovolume et les trois espèces principales.

a) Inflammabilité : Pour l'inflammabilité, les variables se classent dans l'ordre suivant :

Variable	Variance résiduelle
E2 (2ème espèce portée dans le code) :	190
E3 (3ème espèce portée dans le code) :	223
F (Type de formation) :	238
E1 (1ère espèce portée dans le code) :	390
NS (Nombre de strates) :	504
BV (Biovolume) :	645

Les facteurs les plus importants sont les espèces présentes et le type de formation. Le nombre de strates et le biovolume, par contre, interviennent peu dans l'inflammabilité.

On observe que le rôle de la première espèce notée (en principe la plus abondante) est moins important que ceux des deuxième et troisième espèces. Ceci est dû aux proportions des différents types de végétaux (herbacées, ligneux bas, ligneux hauts) dans les différents ensembles. En effet, les ligneux bas et herbacés (les plus importants du point de vue de l'inflammabilité puisque étant au niveau où se situent les départs de feu) représentent 16/30èmes des «deuxièmes espèces», 18/30èmes des «troisièmes espèces» et seulement 9/30èmes des «premières espèces». Les premières espèces relevées sont donc pour les deux tiers des ligneux hauts qui n'interviennent qu'indirectement (notamment par la litière et l'ensoleillement) dans le caractère plus ou moins inflammable de la formation.

b) Intensité potentielle du feu : Le classement des variables est, dans ce cas, le suivant :

Variable	Variance résiduelle
E2	159
E3	196
E1	208
NS	275
BV	322
F	378

(1) Dans l'analyse d'une variable par rapport à un facteur, la variance résiduelle représente la partie de variance qui n'est pas «expliquée» par le facteur considéré.

Ici encore, les facteurs les plus importants sont les espèces, et leurs poids sont à peu près équivalents. Par contre, le type de formation passe au dernier plan.

La valeur élevée de la variance résiduelle se rapportant au biovolume peut surprendre. Cela ne veut pas dire que le biovolume n'est pas un facteur important de l'intensité du feu, mais que, pris indépendamment des autres facteurs, le biovolume «n'explique» pas bien cette intensité. Son rôle est sans doute plus complexe. Le nombre de strates semble peu intervenir sur cette intensité.

c) Vitesse de propagation potentielle du feu : Le classement des variables est, dans ce cas, le suivant :

Variable	Variance résiduelle
E2	101
E3	157
E1	166
F	254
NS	331
BV	460

Le classement des variables est pratiquement le même pour la vitesse de propagation que pour l'inflammabilité. Ces deux grandeurs sont très liées entre elles puisqu'elles dépendent toutes les deux essentiellement de la composition des strates basses.

L'examen du tableau II montre que les deux indices prennent toujours des valeurs voisines, sauf pour une formation, la station n°25, un peuplement pur d'épicéa qui a une inflammabilité jugée faible (3,2), mais une vitesse potentielle de propagation du feu élevée (7,3). Mais la distinction entre l'inflammabilité et la vitesse de propagation nécessiterait la prise en compte de plusieurs cas analogues, et ceci n'est pas possible ici puisque l'échantillon étudié ne renferme qu'un seul cas de discordance.

Dans la suite de cette étude, qui ne constitue qu'une première approche, l'inflammabilité sera considérée comme une bonne estimation de la vitesse de propagation potentielle du feu.

4.3. Mise au point des formules mathématiques donnant les indices d'inflammabilité et d'intensité potentielle du feu en fonction des descriptions codées des formations :

La régression multiple permet de définir chaque indice comme fonction des différentes variables décrivant la formation, à condition que celles-ci soient toutes quantitatives. Or, le type de formation et les espèces relevées sont des variables qualitatives. La première étape va donc consister à rendre ces variables quantitatives, c'est-à-dire mettre une note d'inflammabilité et une note d'intensité du feu à chaque type de formation et à chaque espèce. Ces notes ont été mises arbitrairement en

ESTIMATION DE L'INFLAMMABILITE ET DE LA COMBUSTIBILITE DE LA VEGETATION

tenant compte, d'une part des quelques résultats d'expériences disponibles, mais surtout, d'autre part, de l'avis d'experts en la matière.

4.3.1. Notation des types de formation (1) :

a) Inflammabilité :

Ont été essentiellement pris en compte, pour cette notation, l'importance des strates basses et leur ensoleillement.

b) Intensité potentielle du feu :

La notation n'a pas été aisée puisque le lien entre le type de formation et l'intensité du feu n'est pas évident, mis à part le fait qu'en général, les formations hautes brûlent plus intensément que les formations basses, mais ceci dépend surtout du biovolume.

4.3.2. Notation des espèces (1) :

a) Inflammabilité :

Les espèces intervenant directement sont les herbacées et les ligneux bas. Le végétal sera d'autant plus inflammable que les éléments qui le composent seront fins et desséchés.

Les espèces ligneuses hautes interviennent dans l'inflammabilité de la formation par leur litière qui, selon sa finesse, son tassement, son humidité, sera plus ou moins inflammable, et aussi par le caractère plus ou moins dense de leur feuillage qui règlera l'ensoleillement, donc la dessiccation, des strates basses.

b) Intensité potentielle du feu :

La note d'intensité d'une espèce tient compte de son «pouvoir calorifique» estimé, rapporté à l'unité de biovolume pour essayer de corriger le biais que nous avons relevé plus haut, introduit par la définition même du biovolume. Par exemple, de mêmes masses de chênes kermès et de brachypodes dégageront en brûlant une quantité équivalente d'énergie, mais un même biovolume représentera une masse plus importante pour le chêne kermès que pour le brachypode. Aussi, la note d'intensité attribuée au chêne kermès sera plus forte que celle attribuée au brachypode.

«NOTES D'INFLAMMABILITE ET DE COMBUSTIBILITE»

1 - Formations :	Inflammabilité	Combustibilité
LHd	2	5
LHac	5	7
LHc	4	2
LB	5	4
H	9	2
LHB	4	5
LHH	7	3
LBH	8	6
LHBH	7	6
ZE	1	1
ZN	0	0

2 - Espèces :

E = inflammabilité; E' = combustibilité.

(1) Voir le détail des notes ci-après

Ligneux hauts :

Symbole	E	E'
AC Erable :	4	5
AR Arbousier :	4	5
CB Chêne pubescent :	4	5
CD Cèdre :	2	6
CH Châtaignier :	5	5
CV Chêne vert :	6	7
CY Cyprès :	2	6
DG Douglas :	2	6
EP Epicéa :	2	6
ER Essences de reboisement :	2	6
FR Frêne :	1	2
HF Hêtre :	1	2
NO Noisetier :	1	2
OR Orme :	1	2
OL Olivier :	4	5
PA Pin d'Alep :	8	8
PM Pin Maritime :	6	7
PN Pin Noir :	6	7
PP Pin Pignon :	5	7
PS Pin Sylvestre :	6	7
PZ Pin de Salzmann :	6	7
PE Peuplier :	1	2
RP Robinier :	2	2
SA Saule :	1	2
SP Sapin :	2	6
TE Térébinthe :	6	4

Ligneux bas :

Symbole	E	E'
Ad Canne de Provence :	4	5
Ao Amélanchier :	5	3
Bu Buis :	5	5
Ca Callune :	7	6
Ck Chêne kermès :	7	8
Ea Bruyère arborescente :	7	8
Em Bruyère multiflore :	6	6
Es Bruyère à balais :	7	7
Ec Bruyère cendrée :	6	6
Gs Genêt scorpion :	7	8
Gp Genêt purgatif :	7	7
Jc Génévrier commun :	7	7
Jo Génévrier oxycède :	7	7
Ll Lavande à larges feuilles :	7	5
Ls Lavande en épi :	7	5
Pa Filaria :	6	5
Pl Pistachier lentis :	6	4
Pr Prunellier :	6	4
Ps Epine du Christ :	4	3
Ra Eglantines :	5	5
Ro Romarin :	7	5
Ru Ronces :	5	6
Sj Genêt d'Espagne :	6	5
Ss Genêt à balais :	6	5
St Stachéline :	5	3
Tv Thym :	7	4
Xa Ciste blanc :	5	6
Xm Ciste de Montpellier :	3	3
Xs Ciste à feuilles de sauge :	3	3

Herbacées :

Symbole	E	E'
ag Agrostides :	8	1
am Aphyllanthe :	8	1
an Anthyllide :	4	1
ar Fromental :	4	1
av Avoine :	9	1
be Brome érigé :	9	1
bp Brachypode penné :	9	1
br Brachypode rameux :	9	1
bs Brachypode des bois :	4	1
da Dactyle :	7	1
df Canche flexueuse :	4	1
fe Fétuques :	9	1
iv Inule visqueuse :	4	1
pt Fougère aigle :	7	2

4.3.3. Résultats :

Chaque type de formation et chaque espèce végétale étant affectés d'une «note d'inflammabilité» et d'une «note d'intensité», les indices d'une formation végétale peuvent être estimés en fonction de la description codée à l'aide de formules obtenues par régression multiple (1) sur les données de l'échantillon de formations.

a) Indice d'inflammabilité :

Cet indice, i , est lié aux variables par la formule :

$$i = 0,4 + 2,5 (E2) + 5 (E3) + 0,3 (BV \times F) - 4,47 (NS)$$

où :

BV	= valeur du biovolume;
F	= note d'inflammabilité du type de formation;
NS	= nombre de strates;
E3	= «note d'inflammabilité» (1 à 9) de l'espèce herbacée ou, à défaut, celle de l'espèce ligneuse basse ou, à défaut encore, celle de l'espèce ligneuse haute;
E2	= «note d'inflammabilité» (1 à 9) de la seconde espèce herbacée, ou celle de l'espèce ligneuse basse ou, à défaut, celle de l'espèce ligneuse haute.

Compte tenu des résultats de la première analyse, les espèces ont été introduites dans le calcul en privilégiant les herbacées et les ligneux bas.

L'inflammabilité dépend donc essentiellement des espèces présentes et du type de formation.

On notera que le défaut de précision dans la description des strates basses est compensé par la multiplication de la «note d'inflammabilité» du type de la formation considérée par le biovolume. En effet, la différence de biovolume de deux formations de même type provient le plus probablement d'une différence dans les recouvrements des strates herbacée ou ligneuse basse, car une augmentation du recouvrement des strates ligneuses hautes classerait la formation dans un autre type (cf. le tableau I).

Le nombre de strates intervient avec un coefficient négatif. Ceci tient au fait que les stations les plus inflammables de l'échantillon sont les stations de formations basses comportant en général moins de strates que les formations hautes moins inflammables dans l'ensemble.

L'indice i calculé varie de 0 à 100 et permet de distinguer quatre classes :

- formations d'inflammabilité faible : $i < 40$;
- formations d'inflammabilité modérée : ... $40 \leq i < 55$;
- formations d'inflammabilité élevée : $55 \leq i < 70$;
- formations d'inflammabilité très élevée : $70 \leq i$.

b) Indice d'intensité potentielle du feu (combustibilité) :

Cet indice, C , est lié aux variables par la formule :

$$C = 39 + 0,23 BV (E'1 + E'2 - 7,18)$$

où :

BV	= valeur du biovolume;
E'1	= «note d'intensité» de la première espèce relevée (1 à 9);
E'2	= «note d'intensité» de la deuxième espèce relevée (1 à 9).

(1) Méthode STEPWISE au seuil de 0,95 %.

L'intensité est fonction essentiellement de la combustibilité des espèces présentes. Le biovolume intervient de façon différente suivant la valeur de la somme des «notes d'intensité» des deux principales espèces de formation. Si cette somme est inférieure à 7,18 (espèces peu combustibles ou à pouvoir calorifique par unité de biovolume faible), l'indice reste inférieur à 40. Dans le cas contraire, il sera d'autant plus élevé que le biovolume sera important.

Quatre classes de combustibilité ont été distinguées suivant la valeur de C :

- intensité potentielle faible : $C < 40$;
- intensité potentielle modérée : $40 \leq C < 55$;
- intensité potentielle élevée : $55 \leq C < 70$;
- intensité potentielle très élevée : $70 \leq C$.

5. Application — Carte d'inflammabilité et de combustibilité :

Les formules ont été appliquées pour évaluer l'inflammabilité et la combustibilité (intensité potentielle du feu) des principaux secteurs du département de l'Hérault. Des cartes d'inflammabilité et de combustibilité ont ainsi été obtenues par synthèse des renseignements portés sur la carte à grande échelle des formations végétales combustibles (voir cartes I et II ci-après).

Un contrôle des modèles mathématiques a été effectué sur un lot de trente-quatre nouvelles stations. Il a montré que les cartes obtenues par interprétation étaient valables dans 80 % des cas. Parmi les 20 % restants, 10 à 15 % étaient manifestement dus à des inexactitudes provenant de la description de la formation végétale, elles-mêmes probablement dues à une évolution de la végétation depuis son établissement ou bien à une erreur d'interprétation des photos aériennes n'ayant pas fait l'objet de rectification au sol.

6. Discussion :

Une description plus détaillée des formations (donnant explicitement l'importance de la litière et le biovolume se rapportant à chaque espèce) aurait fait gagner en outre une précision importante.

De plus, des valeurs expérimentales de la combustibilité et de l'inflammabilité des formations en place aussi bien que des espèces prises individuellement, obtenues par des mesures physiques objectives, auraient également renforcé la précision de l'analyse.

Nous nous sommes placés, pour cette étude, dans des conditions de «risque maximal». Or, l'inflammabilité et la combustibilité d'une formation dépendent de l'état phénologique des végétaux qui la composent (exemple de la fougère aigle verte relativement peu combustible au début de l'été, et sèche, très combustible et inflammable à partir de la fin de l'été). Il serait donc intéressant par la suite de tenir compte de ce fait pour obtenir des cartes saisonnières.

Enfin, il faut rappeler la petite taille de l'échantillon par rapport à la variété des formations. On peut finalement considérer que les statistiques n'ont fait qu'aider à la mise au point de formules empiriques.

CONCLUSION

La méthode de travail employée dans cette étude a permis de mettre au point, à partir de données à caract

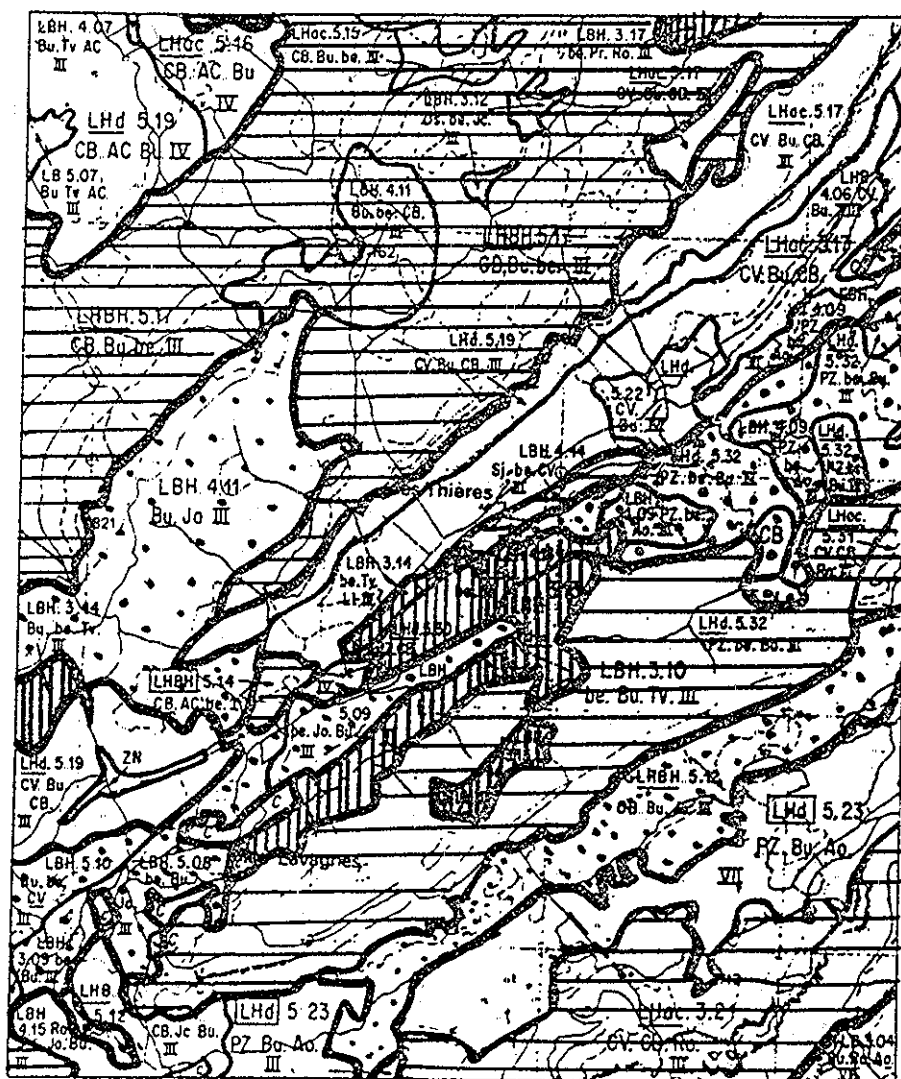
ère empirique, un système d'interprétation des cartes de végétation pour en tirer des cartes de risque potentiel d'incendie (inflammabilité et combustibilité).

Cette méthode est susceptible d'améliorations au fur et à mesure de l'établissement de mesures objectives sur les différentes espèces végétales étudiées. Sa rapidité de mise en œuvre peut néanmoins, d'ores et déjà, permettre de l'utiliser pour la traduction des cartes de végétation qui existent dans certains autres départements ou massifs forestiers méditerranéens concernés par le problème des incendies.

CARTE N° 1

Extrait de la carte d'inflammabilité des formations végétales

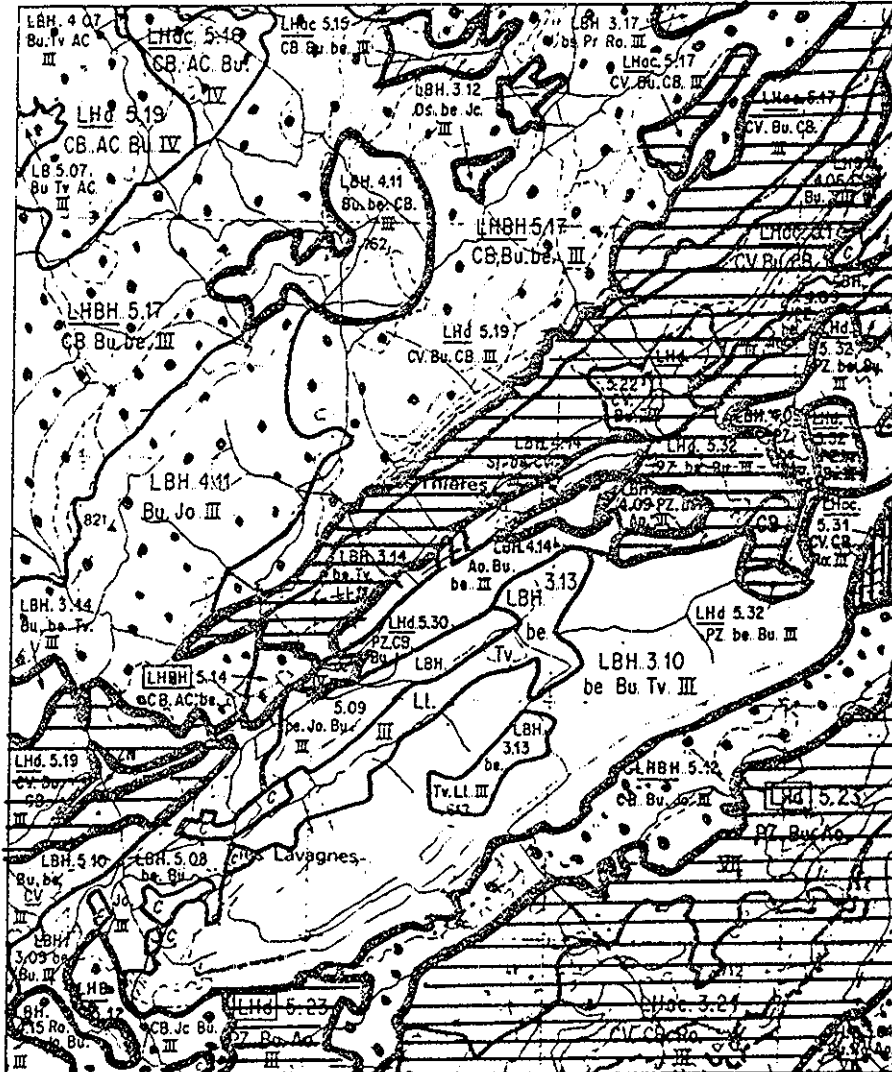
(Feuille : LE CAYLAR n° 8)



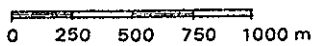
CARTE N° II

Extrait de la carte de combustibilité

(Feuille : LE CAYLAR n°8)



Echelle : 1/25.000ème



- ◁ [] Inflammabilité faible
- ◁ [••] Inflammabilité modérée
- ◁ [▨] Inflammabilité élevée
- ◁ [▩] Inflammabilité très élevée

- △ [] Intensité faible
- △ [••] Intensité modérée
- △ [▨] Intensité élevée
- △ [▩] Intensité très élevée