

Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action

Vélez R.

in

Vélez R. (ed.).

Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action

Zaragoza : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 26

1999

pages 1-18

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=99600269>

To cite this article / Pour citer cet article

Vélez R. **Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action**. In : Vélez R. (ed.). *Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action*. Zaragoza : CIHEAM, 1999. p. 1-18 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 26)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action

Publication basée sur la documentation utilisée lors des diverses éditions du cours «Protection contre les incendies de forêt» organisé par le CIHEAM, à travers l'Institut Agronomique Méditerranéen de Zaragoza, la Direction Générale pour la Conservation de la Nature (DGCN) du Ministère de l'Environnement espagnol, et l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)

Scientific editor:

R. VELEZ



CIHEAM

Table des matières

Avant-propos.....	7
1. Les incendies de forêt dans la région méditerranéenne	
1.1. Introduction	9
1.2. Le feu dans les forêts méditerranéennes	9
1.3. La végétation forestière en tant que combustible	13
1.4. Les facteurs météorologiques	14
1.5. Les causes d'incendie	16
1.6. Dommages causés par les incendies de forêts.....	18
1.7. Activités de défense contre les incendies dans les différents pays.....	19
2. La prévention	
2.1. Prévision du danger des incendies de forêts.....	24
2.2. Prévention des incendies d'origine humaine	37
2.3. Sylviculture préventive	44
3. La lutte active	
3.1. La prédiction du comportement du feu	55
3.2. L'attaque initiale contre le feu	58
3.3. L'équipement de terre	65
3.4. L'équipement aérien	76
3.5. La sécurité personnelle pendant l'incendie.....	82
4. Méthode d'évaluation des pertes dues aux incendies de forêt	
4.1. Bois d'œuvre et d'industrie	87
4.2. Bois de chauffage	88
4.3. Liège, résine et fruits	88
4.4. Pâturages	89
4.5. Alfa.....	89
4.6. Chasse.....	89
4.7. Pêche.....	90
4.8. Exemple de rapport d'évaluation des dégâts dus à un incendie de forêt : Sierra de Almirajara, 1975.....	90
5. Politique de protection contre les incendies de forêt	
5.1. Introduction	93
5.2. Causes structurelles des incendies	93
5.3. Analyse des déficiences et recommandations	94
Bibliographie de base	97
Annexe I : Exemple d'un plan national de protection contre les feux de forêt	
A1.1. Le problème des incendies de forêt en Espagne.....	99
A1.2. Organisation actuelle de la défense contre les incendies de forêt en Espagne.....	107
A1.3. Evolution future de la défense contre les incendies en Espagne.....	110

Annexe II : PYROSTAT - Une base de données sur les incendies de forêt pour les pays méditerranéens

A2.1. Introduction.....	113
A2.2. Structure du logiciel PYROSTAT	113
A2.3. Conclusions.....	115
Références	115

Annexe III : Le socle commun pour la base de données méditerranéenne des feux de forêts

A3.1. Introduction.....	117
A3.2. Composition détaillée du socle commun minimum d'informations sur les incendies de forêt.....	117

Avant-propos

Les incendies de forêt constituent un phénomène chronique dans le bassin méditerranéen dont l'intensité semble croissante. Les conséquences environnementales et les effets socio-économiques négatifs des incendies obligent les pays riverains à réaliser d'intenses efforts aussi bien en matière de prévention que d'extinction. La mise au point de nouvelles techniques, l'analyse systématique des expériences cumulées, et la formation de professionnels qui puissent organiser et conduire les opérations constituent autant d'éléments clés des efforts mentionnés. Le Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM) accorde une grande importance à ces sujets et en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Direction Générale des Forêts et Comité Silva Mediterranea, et la Direction Générale pour la Conservation de la Nature (DGCN) du Ministère de l'Environnement de l'Espagne, a développé des activités, notamment de formation et de recherche coopérative, à travers ses Instituts Agronomiques Méditerranéens de Chania (IAMCh) et de Saragosse (IAMZ).

A l'IAMZ ont eu lieu, depuis 1990, organisées avec le concours des institutions mentionnées, six éditions d'un cours s'adressant à des responsables de la prévention et la lutte contre les incendies de forêt dans les services forestiers des pays méditerranéens, pour actualiser leurs connaissances, faciliter l'échange d'expériences et promouvoir la coopération entre eux. Ce numéro d'*Options Méditerranéennes* est basé sur une partie de la documentation utilisée lors des diverses éditions de ce cours. Le texte a été préparé par le coordinateur scientifique du cours, le Dr. Ricardo Vélez, Chef du Service contre les Incendies de Forêt de la DGCN. Une première version en français, commencée à l'initiative de la FAO, a donné lieu au texte actuel qui a été préparé sous la responsabilité de l'IAMZ.

Les professionnels intéressés trouveront dans ce texte une description succincte des principes de la prévention, de la lutte et de l'évaluation des effets des incendies de forêt, une description des principaux équipements utilisés et une méthodologie pratique pour choisir et évaluer les différents paramètres qui interviennent dans les processus. Un exemple de l'organisation d'un plan national de protection contre les feux de forêt est présenté en annexe en partant de l'expérience en Espagne, qui a connu une forte incidence de ce problème. Aussi en annexe est décrit le socle commun d'informations qui ont été adoptées par différents pays méditerranéens pour constituer une base de données commune sur les incendies de forêt. Ce projet de base de données est actuellement en cours d'être adopté et il semble opportun de porter à la connaissance des professionnels de la région ses caractéristiques principales et les variables utilisées. La publication comporte, enfin, une disquette qui contient deux logiciels qui peuvent être utilisés librement dans les programmes de protection. BEHAVE est un logiciel développé aux USA par l'Intermountain Fire Sciences Laboratory à Missoula, Montana, qui facilite la prédiction du comportement du feu, à partir des données concernant les combustibles, l'orographie et les conditions climatiques. PYROSTAT est un logiciel, développé par l'IAMCh, qui permet de faire l'inventaire et l'analyse des données sur les incendies de forêt et qui a été conçu comme une base de données adaptée aux conditions de la région méditerranéenne.

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué directement et indirectement à la réalisation de ce numéro d'*Options Méditerranéennes* qui, nous l'espérons, contribuera à une plus grande diffusion des principes et méthodes qui peuvent être utilisés pour le contrôle des incendies de forêt.

Ricardo VELEZ
Editeur Scientifique

Miguel VALLS
Directeur
Institut Agronomique Méditerranéen
de Saragosse

Chapitre 1

Les incendies de forêt dans la région méditerranéenne

1.1. Introduction

Le feu est la cause principale de la destruction des forêts dans les pays du Bassin Méditerranéen. Environ 50.000 incendies ravagent chaque année de 700.000 ha à 1 million d'ha de forêt méditerranéenne, causant des dommages écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes de vies humaines (Tables 1.1 à 1.4).

Par rapport aux décennies précédentes, le problème s'est aggravé durant les années 70 et plus encore durant les années 80, tant du point de vue du nombre des incendies que de la superficie dévastée.

Dans les pages qui suivent nous examinerons de quelle manière se présente le problème des incendies de forêts dans les pays du pourtour méditerranéen, et nous discuterons les perspectives d'action pour tenter de réduire les dommages et les perturbations que les feux provoquent dans toute la région.

Table 1.1. Nombre d'incendies de forêts

Pays	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Portugal	6.680	3.567	4.503	6.377	- [†]	4.348	6.977	5.643	20.155	18.507
Espagne	10.882	6.443	4.880	7.224	12.284	7.574	8.679	9.595	19.405	15.141
France	5.173	5.308	4.659	5.672	3.732 ^{††}	2.646	2.115	2.837	6.743	5.878
Italie	14.503	9.557	7.956	8.482	18.664	9.388	11.972	13.542	6.456	9.479
Yougoslavie	768	1.066	1.088	729	1.514	501	746	668	408	1.327
Grèce	1.159	1.045	908	1.284	1.442	1.082	1.266	1.898	1.284	1.322
Turquie	982	951	968	1.433	1.793	1.526	1.310	1.367	1.633	1.725
Chypre	82	97	55	76	74	50	62	86	66	64
Syrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Liban	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Israël	731	1.117	1.233	908	834	577	1.035	1.354	1.024	1.133
Jordanie	90	58	73	48	41	-	-	-	-	-
Libye	-	-	3	3	3	-	-	-	-	-
Tunisie	920	760	1.410	1.210	80	110	180	160	60	120
Algérie	1.584	638	990	562	747	-	-	-	-	-
Maroc	230	180	350	210	250	180	150	280	200	180

[†]Pas de données disponibles

^{††}Midi méditerranéen seulement

1.2. Le feu dans les forêts méditerranéennes

Le feu est, dans les forêts méditerranéennes de même que dans de nombreux points du monde, un phénomène récurrent qui se reproduit d'année en année, avec une intensité qui est semble-t-il croissante.

Le feu est un élément de la Nature, car c'est une extériorisation de l'énergie. Durant des millions d'années la foudre, frappant un peu partout, a conditionné la végétation dans les zones qui subissaient la plus forte concentration de décharges électriques. La composition des forêts boréales, qu'il s'agisse de la taïga sibérienne ou des grands massifs de conifères d'Amérique du Nord, a été fortement influencée par la fréquence très élevée des orages et de la foudre dans ces régions. De

même, les volcans ont libéré de manière intermittente d'énormes quantités de chaleur en de nombreux endroits, contribuant ainsi à la sélection des espèces dans leur zone d'influence.

Table 1.2. Nombre d'incendies de forêts

Pays	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Portugal	21.874	16.983	16.105	21.432	31.236	29.078	24.429
Espagne	13.284	15.895	14.241	19.263	25.827	16.772	22.479
France	3.888	4.008	5.850	4.747	6.959	10.703	7.230
Italie	11.965	14.545	13.380	10.559	7.377	9.093	17.819
Yougoslavie [†]	284	438	583				
Grèce	858	2.582	2.546	2.553	1.572	1.992	3.118
Turquie	1.445	2.110	2.547				
Chypre	47	18	16				
Syrie							
Liban							
Israël	1.170	1.170	1.170				
Jordanie							
Libye							
Tunisie	92	179	206	138	98		
Algérie	1.122						
Maroc	247	182	187	417	528		

[†]Bosnie, Croatie, Slovénie, Macédoine

Des essences comme *Pinus canariensis* (Iles Canaries) et *Pinus oocarpa* (Amérique Centrale) ont acquis la faculté de rejeter après l'incendie, ce qui est peut-être une adaptation au volcanisme.

Dans les régions montagneuses peu peuplées de la région méditerranéenne, la foudre reste la cause principale des incendies de forêts. Dans des pays comme l'Espagne les plus grands incendies enregistrés avaient précisément pour origine la foudre (Ayora-Enguera, 1979). C'est lors des orages secs que se présentent les conditions les plus favorables (vent fort, faible humidité atmosphérique) pour la propagation des feux causés par les étincelles électriques.

Mais le feu est aussi le compagnon de l'homme, qui lors des incendies naturels a observé qu'il permettait d'agir sur la concurrence entre les espèces végétales. C'est ainsi que les bergers ont constaté que le feu réduisait le développement des végétaux ligneux et laissait plus d'espace pour l'herbe. De son côté, l'agriculteur a découvert que le feu, en contrecarrant le développement de la végétation forestière, créait de la place pour les cultures.

C'est ainsi que le feu est devenu un outil de la technique pastorale et agricole, et l'homme qui l'applique complète ou amplifie la sélection de la végétation par les feux naturels, de sorte que de nos jours il n'y a plus de paysage végétal qui n'ait été peu ou prou modelé par le feu.

Le feu a contribué dans toute la région méditerranéenne à façonner les formations typiques de maquis pyrophytes et à sélectionner les espèces de pins qui leur sont associées ou qui forment les massifs de transition avec les zones moins touchées par le feu, où se réfugient les essences feuillues. La plus ou moins grande longueur des cycles de feu peut être estimée d'après les espèces présentes et leur morphologie, depuis les végétaux arborescents jusqu'aux arbustes et aux plantes herbacées lorsque le feu revient à courts intervalles, et en sens inverse lorsque le cycle s'allonge.

Le grand problème actuel dans les pays de climat méditerranéen découle du fait que les cycles de récurrence du feu se raccourcissent rapidement et en de nombreux endroits. Deux éléments fondamentaux semblent intervenir, en l'occurrence :

D'une part, les pratiques traditionnelles des feux agricoles et pastoraux et, en même temps, l'abandon des terres à cause de l'exode rural, surtout dans les pays du Sud de l'Europe, ainsi que la demande d'espaces de loisirs pour le tourisme dans toute la Région.

Table 1.3. Superficies totales brûlées (ha) comprenant les forêts, les maquis et les pâturages (1981-1990)

Pays	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Portugal	89.793	39.614	47.813	52.709	146.255	99.522	76.268	22.435	126.235	129.839
Espagne	298.436	151.644	117.599	164.546	469.426	277.071	145.793	127.955	381.161	200.658
France	27.711	55.145	53.729	27.203	46.628 ^{††}	45.347	10.393	6.701	75.566	72.696
Italie	242.218	130.239	223.728	78.326	189.898	86.420	120.697	186.405	95.161	195.319
Yougoslavie	12.170	19.349	20.585	10.314	42.791	24.563	24.563	14.896	6.394	25.300
Grèce	81.417	27.372	19.613	33.655	105.450	24.514	46.315	110.501	42.363	38.594
Turquie	5.470	4.017	3.556	7.358	26.007	11.037	10.746	17.032	12.348	13.000
Chypre	371	7.512	3.718	3.771	4.965	1.749	1.550	4.083	1.485	1.452
Syrie	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Liban	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Israël	2.395	3.441	4.788	1.740	1.740	671	3.782	14.615	6.315	5.850
Jordanie	783	215	319	139	38	←	←	←	←	←
Libye	†	-	1	3	43	-	-	-	-	-
Tunisie	376	1.613	4.139	1.287	410	460	1.910	3.020	150	870
Algérie	33.516	9.381	221.367	4.731	4.668	21.540	23.300	27.760	3.240	28.050
Maroc	1.707	1.818	17.730	1.423	1.888	1.860	680	422	820	2.120

[†]Pas de données disponibles

^{††}Midi méditerranéen seulement

Table 1.4. Superficies totales brûlées (ha) comprenant les forêts, les maquis et les pâturages (1991-1997)

Pays	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Portugal	182.486	46.015	49.930	77.323	169.612	83.405	26.068
Espagne	244.706	104.592	89.267	437.635	143.484	59.187	88.284
France	10.130	16.607	17.113	24.996	18.118	14.341	20.500
Italie	99.860	109.470	191.396	68.828	46.466	57.986	103.015
Yougoslavie†	5.248	11.661	22.027	14.924	5.662	12.315	
Grèce	13.046	71.410	48.800	57.908	27.202	25.310	52.373
Turquie	7.642	12.312	13.734	20.997	4.791	14.922	
Chypre	108	9	69	178	70	116	
Syrie							
Liban							
Israël	8.927	8.927	8.927	3.785	8.295	6.488	
Jordanie							
Libye							
Tunisie	322	1.296	1.984	5.640	58	1.864	
Algérie	11.735						
Maroc	3.965	2.579	3.078	6.072	7.018	1.185	

†Bosnie, Croatie, Slovénie, Macédoine

D'autre part les fluctuations climatiques donnent lieu à de longues périodes de sécheresse qui accroissent et étendent dans le temps et dans l'espace le danger d'incendie.

La réponse à cette situation est, dans de nombreux pays, une politique d'interdiction générale du feu. Mais quels sont les résultats de cette politique ? Dans les régions où se poursuit la mise en valeur agricole ou pastorale des terres, on observe un conflit entre la société urbaine qui proscrie les feux, allant jusqu'à en faire un délit contre l'environnement, et la société agraire qui entend continuer de les utiliser pour ses propres fins.

En revanche, dans les régions où, pour des raisons démographiques et économiques, la mise en valeur agricole a reculé, il se produit une modification écologique. La végétation ligneuse avance de nouveau ; les herbages font place au maquis ; il apparaît un risque dû aux utilisations récréatives, et le risque dû à la foudre, qui était auparavant réduit, s'accroît.

La capacité de canaliser les actions modificatrices et de les intégrer dans le processus d'évolution de l'écosystème est évidemment limitée. Malheureusement, il semble dans certains cas y avoir irréversibilité, comme dans les processus de désertification où la composante climatique peut empêcher que des changements imprudents ou irréfléchis provoqués par l'homme soient compensés par la vigueur propre de la nature.

Il apparaît précisément à l'heure actuelle des situations de très fort danger d'irréversibilité dans les pays méditerranéens. Les grands incendies fréquents des dernières années, alliés à l'irrégularité des précipitations, peuvent aggraver le risque de désertification, tout au moins localement. Ce risque est présent dans toute la partie Sud de la région méditerranéenne et apparaît également dans la partie Nord, en particulier dans la Péninsule Ibérique, comme l'indique la carte du risque de désertification établie par le PNUE (Fig. 1.1).

Pour examiner la situation actuelle du problème des incendies dans la région méditerranéenne, nous aurons recours au schéma classique du triangle du feu (combustible-oxygène-chaueur), en le transformant pour qu'il soit constitué des éléments suivants : (i) la végétation forestière en tant que combustible ; (ii) les facteurs météorologiques qui conditionnent l'inflammabilité de la végétation et la propagation du feu une fois allumé ; et (iii) les agents de mise à feu, qui apportent une quantité de chaleur suffisante pour que le matériel végétal s'enflamme.

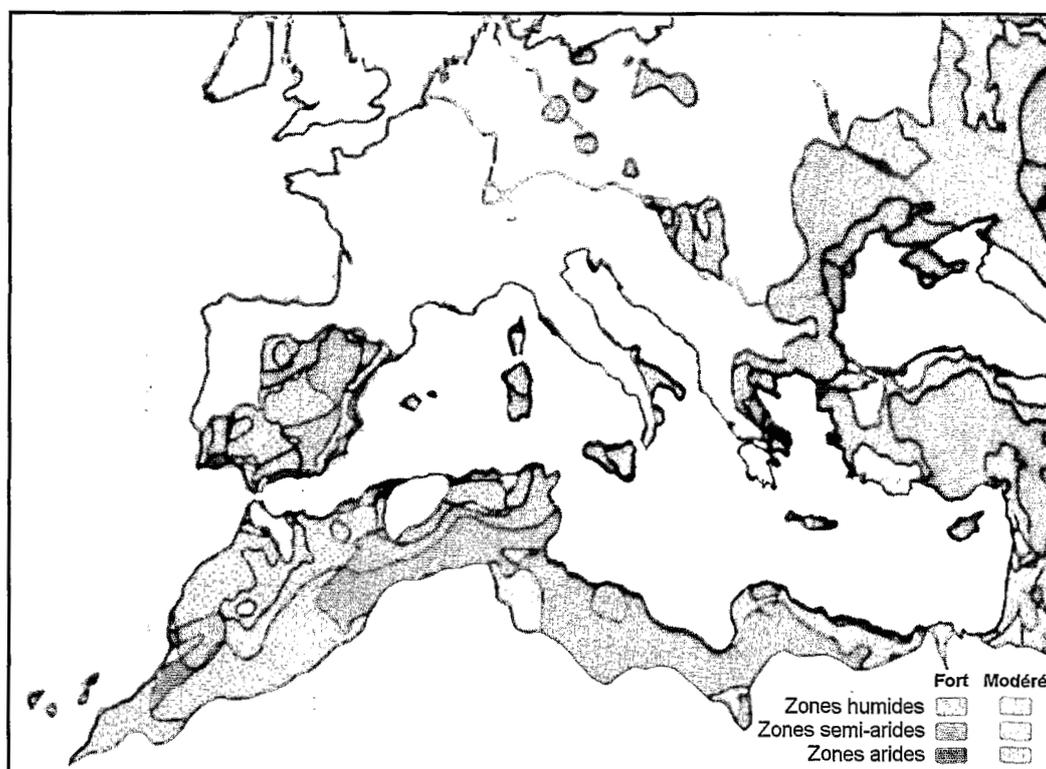


Fig. 1.1. Sévérité de la dégradation du sol en zones sèches.

1.3. La végétation forestière en tant que combustible

Les associations végétales présentes dans les écosystèmes méditerranéens témoignent de l'influence du feu depuis des temps reculés.

Comme conséquence de leur adaptation aux sécheresses estivales prolongées, on y trouve très fréquemment des espèces à teneur élevée en résines ou en huiles essentielles, dont la concentration augmente en été et les rend hautement combustibles.

Les pineraies constituent les massifs forestiers les plus étendus tant sur la rive Nord que sur la rive Sud de la Méditerranée. Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est le plus répandu le long des côtes de l'Espagne, de la France, de l'Italie, de la Grèce, du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie. Le pin pignon (*P. pinea*), le pin maritime (*P. pinaster*) et le pin laricio (*P. nigra*) dans la partie occidentale du bassin, et le pin brutia (*P. brutia*) dans sa partie orientale constituent l'ensemble des superficies de conifères qui, année après année, subissent les ravages du feu. Seules quelques zones privilégiées par la présence de brouillards, qui donnent lieu à d'abondantes précipitations occultes, portent des forêts de sapins où les incendies sont rares : ainsi les sapins pinsapo d'Andalousie en Espagne et de l'Atlas au Maroc (*Abies pinsapo*) ou les sapins de Céphalonie du Péloponnèse en Grèce (*A. cephalonica*). Les chênes sclérophylles à feuilles persistantes constituent l'ensemble des surfaces boisées qui doivent résister au feu : chêne vert (*Quercus ilex*), chêne-liège (*Q. suber*), chêne kermès (*Q. coccifera*), etc.

Toutes ces essences ont développé des mécanismes d'adaptation qui leur permettent de résister aux incendies sporadiques, tels qu'une écorce épaisse qui isole avec une certaine efficacité le cambium. De même, la présence de bourgeons dormants abondants chez les *Quercus* assure la production de rejets ou de drageons si les parties aériennes de l'arbre ont été endommagées par le feu.

Des systèmes relatifs à la dissémination par le feu, tels que l'ouverture des cônes de pins sous l'effet de la chaleur intense ou la déhiscence des capsules de cistes (*Cistus*), la production de graines à tégument épais isolant, ou la présence de rhizomes ou de racines traçants, influent sur la composition floristique de la végétation après l'incendie.

Cette adaptation au feu ne signifie cependant rien de plus que la résistance des espèces à la disparition, même si l'effectif des individus peut à chaque fois se réduire.

Le problème de la forêt méditerranéenne est que partout, après des feux répétés, elle est remplacée par un couvert de maquis qui n'est pas simplement résistant au feu, mais typiquement pyrophyte, comme c'est le cas de la cistaie qui succède à la pineraie.

Dans certains cas le feu peut opérer une sélection dans le couvert arboré lui-même. C'est ainsi que l'on observe actuellement une extension de l'eucalyptus dans le Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique à la suite des incendies des dernières années, aux dépens des pins qui n'ont pas le pouvoir de rejeter ni une aussi grande capacité de dissémination.

Dans la composition floristique des forêts résultant d'une incidence périodique ou sporadique du feu, on trouve une majorité de végétaux pyrophytes, qui résistent au feu en tant qu'individus ou espèces.

A cette évolution de la flore, que l'on peut qualifier de naturelle, il faut ajouter les variations apportées par l'homme lorsqu'il cherche à restaurer le couvert végétal dans les zones où une trop forte incidence du feu ou de l'exploitation, telle que surpâturage ou extraction de bois, a entraîné un degré élevé de dégradation.

La restauration doit se faire normalement dans des conditions très favorables de sol, et presque toujours avec de fortes sécheresses. C'est pourquoi le choix doit se porter sur des essences pionnières, généralement des pins qui dans les premières années suivant la plantation présentent un risque d'incendie très élevé.

Les difficultés que l'on rencontre pour introduire d'autres essences font que les plantations sont souvent monospécifiques, et couvrent des surfaces étendues d'un seul tenant. Le risque de grands incendies s'en trouve accru, du fait que la propagation du feu est favorisée par la continuité des combustibles.

Un autre facteur important contribue à accroître le risque d'incendie. Les changements techniques et sociaux intervenus dans l'agriculture se traduisent pour la forêt par l'abandon généralisé des extractions de bois de feu et de litière. La conséquence en est une augmentation de la combustibilité de la forêt, du fait que le feu trouve des matériaux légers disposés près du niveau du sol pour son démarrage, et en quantité suffisante pour sa propagation. Et il y a continuellement apport de feu par l'homme dans les régions côtières densément peuplées. En outre la probabilité d'incendies allumés par la foudre s'accroît du fait que la forêt présente des conditions optimales pour l'inflammation quand la foudre tombe lors d'orages secs estivaux. Les observations des bergers et des cultivateurs, corroborées par les statistiques, viennent à l'appui de cette affirmation dans les zones peu peuplées.

Ce problème est bien plus aigu sur la rive Nord de la Méditerranée que sur la rive Sud, où la population rurale maintient encore un degré élevé d'extraction de bois de feu dans les boisements pour ses besoins domestiques.

Les difficultés engendrées par l'accumulation de combustibles légers proviennent dans bien des cas de l'absence d'aménagement de la forêt. Ce fait est particulièrement grave dans les forêts privées qui, en raison de la faible rentabilité générale des forêts méditerranéennes, sont habituellement laissées à l'abandon jusqu'à la coupe.

Parfois l'absence d'aménagement en ce qui concerne les combustibles résulte d'un changement d'utilisation de la forêt. Par exemple, lorsqu'une zone est déclarée zone soumise à une protection spéciale (parcs nationaux), l'extraction de bois de feu et l'incinération du maquis peuvent y être interdites, ce qui donne lieu à une accumulation dangereuse de combustible qui, en cas d'incendie, rendra très difficile l'extinction. Des feux intenses de ce type se sont produits en Espagne depuis 1980, dans deux parcs nationaux et dans de nombreuses zones spécialement protégées.

1.4. Les facteurs météorologiques

L'action de l'homme, toutefois, n'aurait pas d'effets importants si elle n'intervenait pas dans un milieu climatique propice. Les étés secs et prolongés créent des conditions d'humidité de la végétation adéquates pour qu'un petit apport de chaleur puisse être à l'origine d'une grande conflagration. Cette

chaleur initiale, qui évapore la quantité réduite d'eau présente dans le matériel végétal sec en été et élève la température à 200°C, température à laquelle des gaz combustibles commencent à se dégager, s'accroîtra rapidement par l'apport de chaleur qui se dégagera des accumulations de bois de feu et de litière que nous avons mentionnées.

Cependant, les étés ne sont pas toujours identiques d'une année à l'autre, et leurs caractéristiques ne sont pas non plus uniformes d'un bout à l'autre du bassin méditerranéen. En règle générale les conditions météorologiques en Méditerranée Orientale sont inversées par rapport à celles de la Péninsule Ibérique. Sur la Fig. 1.2 on peut observer l'alternance du climat au cours de la période 1976-79. La période de forte sécheresse de 1980-82 a montré, toutefois, une circulation des vents suivant les parallèles, ce qui a engendré un danger extrêmement élevé dans toute la région méditerranéenne.

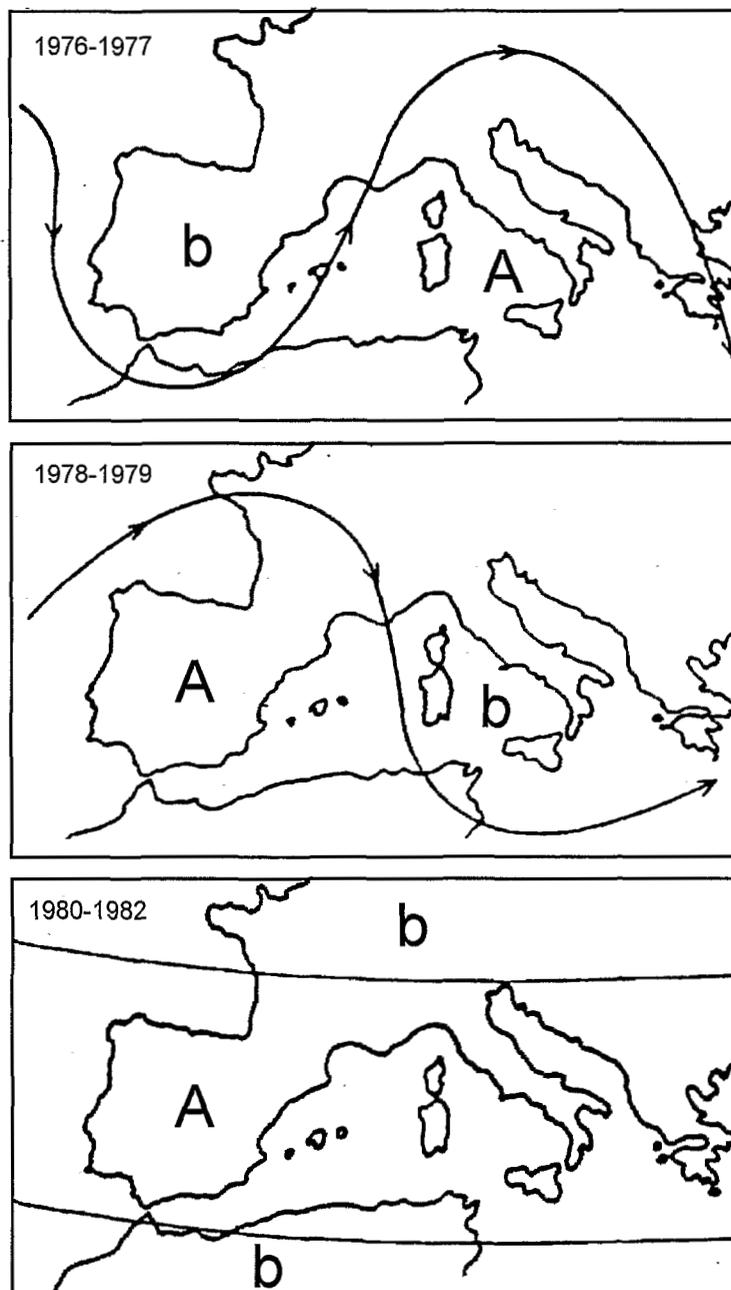


Fig. 1.2. Alternance climatique Est-Ouest dans le Bassin Méditerranéen.

En 1983-84 on a vu réapparaître l'alternance, les étés étant plus tempérés en Méditerranée Occidentale, mais pendant l'été 1985 la circulation des vents se fit à nouveau suivant les parallèles, d'où une incidence majeure de sinistres dans tous les pays. En revanche, l'année 1986 fut très sèche et très chaude en France et en Espagne, tandis que les pluies maintinrent la végétation verte dans toute l'Italie.

Conséquence de la sécheresse et des températures, qui en été dépassent 30°C dans la journée durant deux mois dans la majeure partie de la région, l'humidité des combustibles légers morts descend au-dessous de 5 pour cent, ce qui élève considérablement la probabilité de mise à feu.

La saison sèche peut durer de juin jusqu'à octobre, et parfois se prolonger encore au-delà.

En même temps que la sécheresse intervient un autre facteur décisif, le vent. Les vents soufflant du continent en été ont une vitesse élevée et un grand pouvoir desséchant. C'est la "*tramontane*" de Catalogne et d'Italie, le "*mistral*" qui souffle dans la vallée du Rhône, le "*khamisin*" du Liban et de Syrie, le "*sharav*" d'Israël, le "*sirocco*" du Maghreb, et aussi le "*ponant*" dans la province de Valence, le "*levant*" dans le détroit de Gibraltar. Tous ces vents font baisser l'humidité atmosphérique au-dessous de 30 pour cent, et contribuent en outre à propager les feux en transportant des flammèches à grande distance.

Une période secondaire de danger d'incendie peut se présenter comme conséquence de vents hivernaux secs et froids, par exemple dans le Nord de l'Italie, lorsque souffle le "*foehn*" des Alpes vers le sud, ou dans le Nord de l'Espagne, lorsque souffle le vent du sud qui vient de la Meseta Centrale. Ce sont des périodes que les bergers et les agriculteurs mettent à profit pour faire leurs brûlis, qui souvent échappent au contrôle et provoquent des incendies.

1.5. Les causes d'incendie

A côté de ces conditions naturelles, les causes de démarrage d'incendies révèlent une forte incidence des actions humaines, tant par négligence qu'intentionnellement. L'été voit s'accroître la population de cette région du monde, déjà densément peuplée. La négligence des excursionnistes qui allument des feux de camp et celle des fumeurs est à l'origine de près du tiers des incendies.

Les feux intentionnels sont également très nombreux. Traditionnellement les bergers mettent le feu à la végétation ligneuse pour régénérer les pâturages. Lorsque cela se fait sans prendre les précautions voulues et en temps de grand danger dû aux conditions météorologiques, l'incendie de forêt est inévitable.

Cependant, et tout particulièrement en Méditerranée Occidentale, on voit s'accroître le nombre d'incendies allumés volontairement non dans un but utilitaire mais dans la simple intention de détruire. Des pyromanes, exceptionnellement, et parfois des personnes qui veulent se venger de la société pour des griefs supposés, mettent à profit les conditions météorologiques propices pour déclencher ces vagues d'incendies qui font de la présence du feu une catastrophe à laquelle ne peuvent plus faire face les mécanismes d'adaptation de la nature, et qu'il est bien évidemment très difficile de maîtriser par les moyens ordinaires de prévention et d'extinction.

Malheureusement, les statistiques donnent dans tous les pays des pourcentages très élevés d'incendies de cause inconnue. Dans l'ensemble c'est près de la moitié des incendies qui sont ainsi classés.

Les données disponibles permettent d'établir la distribution moyenne suivante pour l'ensemble de la région :

<u>Causes</u>	<u>Pourcentage</u>
Foudre	2
Négligence	29
Incendiaires	23
Causes inconnues	46

Les pays où le pourcentage d'incendies dus à des causes inconnues est le plus élevé sont les suivants : Portugal (87%), France (58%), Turquie (63%) et Israël (82%).

Les statistiques ne donnent pas non plus d'information sur ceux qui provoquent les incendies ni sur leurs motivations. Néanmoins, on peut par des voies indirectes obtenir des estimations très fiables. En bref, les informations tirées de l'expérience accumulée par les professionnels de la défense contre les incendies de forêts, et par les études sociologiques sur l'attitude des populations rurales et urbaines vis-à-vis de la forêt, permettent de formuler les appréciations suivantes.

1.5.1. Les incendies dus à la négligence

Les populations tant rurales qu'urbaines montrent une faible connaissance du danger des incendies et de leurs conséquences négatives. En dépit des campagnes de propagande préventive, de nombreux citadins ne voient pas le feu de forêt comme un danger imminent, même en plein été.

Les campagnards, également, semblent dans de nombreux cas ne pas se rendre compte qu'un brûlage mené sans les précautions voulues peut donner lieu à un incendie.

Bien que cela semble incroyable, même dans les zones où se produisent de grands incendies, la population, tant promeneurs venus de la ville que paysans devant brûler des résidus agricoles ou des détritiques, continue d'allumer des feux alors même que ces grands incendies ne sont pas encore éteints.

L'inconscience dont témoignent beaucoup de gens paraît être liée au manque de respect de la loi et de la réglementation que l'on observe dans de larges couches de la population.

Ce relâchement de la morale publique paraît être plus marqué en été, au moment des vacances, et s'observe non seulement chez les populations locales mais également chez les grandes masses de touristes qui, venus d'autres régions, déferlent sur la côte méditerranéenne précisément durant la période de danger.

1.5.2. Les incendies intentionnels

Les pourcentages d'incendies provoqués intentionnellement sont réellement très élevés. Dans de nombreux cas, toutefois, on peut affirmer que l'intention n'est pas véritablement délictueuse, c'est-à-dire que l'on met le feu à la forêt dans un but qui, dans des circonstances déterminées, pourrait être admissible, mais qui dans d'autres circonstances s'avère destructeur. Par exemple, le brûlage des pâturages peut être autorisé par temps frais et humide, mais non en plein été, étant donné qu'il peut facilement se transformer en grand incendie.

Moyennant ces précisions, les motifs des incendies volontaires peuvent selon leur degré de probabilité être classés en trois groupes :

(i) Motifs très probables dans toutes les régions :

- Brûlis agricoles et pastoraux qu'on laisse se propager jusqu'à la forêt. Leur but primaire est d'éliminer les résidus, le pâturage sec ou la végétation ligneuse, le but secondaire étant de faire reculer la forêt pour finalement occuper le terrain. Ce genre de motif est très fréquent, par exemple, en Sardaigne (Italie), en Corse (France), en Galice et dans les Asturies (Espagne), dans le Péloponnèse (Grèce), dans les pays du Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie).
- Vengeances privées.

(ii) Motifs probables dans certaines régions très localisées :

- Conflits relatifs aux droits de chasse, qui face à la demande croissante, doivent être restreints.
- Conflits relatifs à la propriété des forêts.

- Conflits relatifs à la politique forestière, par exemple lorsque des reboisements sont effectués aux dépens des terrains de parcours traditionnels, ou lorsque la création d'un parc national supprime ou restreint l'utilisation agricole ou pastorale des terres.
- Feux allumés dans le but d'éloigner des animaux nuisibles pour les cultures ou pour le bétail (sangliers, loups).
- Feux provoqués pour susciter des investissements publics dans la réalisation de reboisements ou l'organisation de services de lutte contre l'incendie, créant ainsi des emplois et des revenus dans la zone.

(iii) Motifs peu probables dans toutes les régions :

- Feux provoqués pour faire baisser le prix du bois.
- *Feux provoqués pour des raisons politiques. Bien que cités, parfois, comme un moyen pour perturber l'ordre public, associés au malaise social, il ne semble pas, pour le moment, que les incendies soient d'une manière générale associés au terrorisme, probablement en raison du caractère urbain de celui-ci. Le caractère politique des incendies a été jusqu'à présent surtout en relation avec des actions de guerre. C'est ainsi que, lors de certains conflits, de vastes forêts ont été incendiées, afin qu'elles ne puissent servir de refuge aux combattants. Les bombardements qui ont eu lieu lors de conflits qui ont touché à des pays dans la région méditerranéenne ont provoqué, très souvent, de graves incendies de forêt, touchant parfois plus de 25.000 ha, spécialement durant la saison sèche.*

1.5.3. Autres causes

On mentionne comme cause d'importance croissante l'incinération des ordures. Le processus d'urbanisation engendré par la demande touristique entraîne une production abondante d'ordures ménagères. La décharge de celles-ci se fait fréquemment dans de mauvaises conditions, et on a recours au feu pour leur élimination, souvent sans prendre les précautions nécessaires, et le feu se propage aux zones boisées contiguës.

1.6. Dommages causés par les incendies de forêts

Les dommages produits par les incendies de forêts sont particulièrement notables dans une région où les milieux naturels sont aussi altérés. On ne doit en aucune façon sous-estimer les pertes de bois d'œuvre, matière première pour laquelle les pays méditerranéens sont très déficitaires. Par exemple, les 300.000 mètres cubes détruits annuellement en moyenne par les feux en Espagne, et auxquels s'ajoutent quelque deux millions de mètres cubes endommagés, doivent être compensés par des importations. Et la restauration des forêts brûlées est très coûteuse, même parfois impossible en raison des modifications du sol, et exige une attente de quatre-vingts ans et plus.

Les préjudices dus aux pertes concernant les services sont considérables. Parmi ces services on peut mentionner la protection des sols, la prévention de l'érosion, la régularisation du régime hydrologique, la défense des barrages contre la sédimentation, etc. La destruction des forêts supprime cette protection. Les pluies, qui suivent toujours la saison des incendies, amorcent l'érosion, qui dans certains cas prend un caractère très grave. Si elles ont une intensité très inhabituelle, n'étant plus retenues par le couvert végétal, elles peuvent donner lieu à de terribles inondations, comme cela s'est produit après les incendies de 1973 dans le Sud-Est de la Péninsule Ibérique, et lors des inondations de la région du Levant en octobre 1982.

La forêt a en outre une fonction récréative. Les incendies détériorent la qualité des zones utilisables pour les loisirs, suscitent l'inquiétude des populations riveraines de la forêt, détruisent l'habitat des espèces, gibiers, etc. Ils ont également un effet sur le paysage, qui affecte parfois de vastes étendues.

Enfin, les feux de forêts constituent une menace pour la vie humaine, comme le montrent les 256 victimes qu'ils ont causées en Espagne entre 1961 et 1996.

Il faut aussi tenir compte du fait que les feux ne se bornent pas à brûler des forêts, mais bien souvent s'étendent aux terrains agricoles en détruisant les récoltes, aux installations industrielles, aux habitations rurales et résidences secondaires, aux lignes électriques, etc.

Les effets des incendies s'étendent à des superficies suffisamment grandes pour influencer les processus de désertification qui menacent cette région du monde, ce qui oblige à les considérer comme étant plus que des événements isolés.

1.7. Activités de défense contre les incendies dans les différents pays

D'une manière générale, tous les pays prévoient des actions identiques selon le schéma traditionnel Prévention+Détection+Extinction.

Dans le domaine de la Prévention, on mentionne les actions suivantes :

(i) Concernant la population :

- Campagnes d'éducation et de propagande, utilisant la presse, la radio et la télévision.
- Poursuites et sanctions judiciaires à l'égard des responsables d'incendies.
- L'impression générale dans tous les pays est que ces actions n'ont pas été menées jusqu'à présent avec toute l'ampleur nécessaire, de sorte que leur efficacité reste limitée.

(ii) Concernant les combustibles forestiers :

- Travaux d'éclaircie, d'élagage et de débroussaillage afin de réduire les accumulations de combustible dangereux.

Les techniques utilisées sont généralement manuelles, et fortes consommatrices de main-d'œuvre. L'emploi du brûlage dirigé est assez limité. La Grèce a été le premier pays de la région où il ait été expérimenté, suivie de l'Espagne puis de la France.

L'intérêt du pâturage pour éliminer le maquis et l'herbe sèche est reconnu, mais le maniement de cette technique présente des difficultés, et se heurte à l'opposition traditionnelle entre les intérêts des forestiers et ceux des éleveurs.

La mécanisation du débroussaillage paraît avoir progressé le plus en France.

On signale les difficultés rencontrées pour mener ces actions dans les forêts privées, du fait de leur faible rentabilité. Il ne semble pas exister jusqu'à présent de système d'appui financier qui rende suffisamment attrayant le fait d'investir dans le nettoyage des forêts. Les pays comme la Turquie où toutes les forêts sont du domaine public peuvent étendre ces actions à toute la superficie boisée ; la principale difficulté, toutefois, provient de l'énorme étendue des surfaces à traiter.

Dans le domaine de la Détection et de l'Alerte on mentionne les actions suivantes :

(i) Prédiction du danger d'incendie :

- Elaboration d'indices de danger d'incendie et de comportement du feu. En France, en Espagne et en Yougoslavie on calcule systématiquement depuis de nombreuses années des indices journaliers de danger, cependant dans tous les pays on fait des estimations basées sur les données météorologiques. On note toutefois un intérêt pour la mise au point d'indices généraux, qui devraient se baser sur des informations fournies par des réseaux météorologiques couvrant plus complètement qu'à l'heure actuelle les zones boisées.

(ii) Communications :

- Réseaux d'émetteurs reliés par des centrales d'opérations. Leur mise en place paraît n'être limitée que par les crédits disponibles.

Dans le domaine de l'Extinction on mentionne les actions suivantes :

(i) Personnel de lutte :

- Certains pays, comme le Portugal, la France et Israël, s'appuient essentiellement sur les corps de sapeurs-pompiers.
- D'autres pays utilisent des équipes de personnel semi-professionnel, dépendant du Service Forestier.
- Des volontaires sont souvent mobilisés.
- L'armée peut être mobilisée, en accord avec la législation, dans les cas d'urgence lorsque les moyens ordinaires de lutte sont débordés.

(ii) Equipements terrestres d'extinction :

- On emploie couramment les outils forestiers particuliers à chaque région.
- Les véhicules de lutte contre l'incendie sont également d'emploi général, bien que limité par le nombre disponible. On préfère les types tout terrain avec une capacité de 1.000 à 3.500 litres. Tous ces véhicules sont de fabrication européenne (Espagne, France, Italie, Allemagne).
- En Espagne, en Italie et en France on a développé des véhicules légers avec une petite citerne de moins de 500 litres pour patrouiller en forêt et effectuer la première intervention.

(iii) Equipements aériens d'extinction :

- L'emploi d'avions pour l'extinction est déjà ancien dans divers pays (1968 en France, 1969 en Espagne).
- Les modalités d'opération des moyens aériens sont les suivantes :
 - France : placés sous l'autorité du Ministère de l'Intérieur, et exploités par lui (Direction Générale de la Sécurité Civile).
 - Espagne : sous l'autorité du Ministère de l'Environnement, et exploités par l'Armée de l'Air. En outre des avions agricoles sont employés sous contrat durant la saison d'incendie.
 - Italie : sous l'autorité du Ministère de la Protection Civile et exploités soit par l'Armée de l'Air (C-130), soit par le Ministère de l'Agriculture (CL-215) par l'intermédiaire d'une société publique.
 - Grèce : sous l'autorité du Ministère de l'Agriculture, et exploités par l'Armée de l'Air.
 - Yougoslavie : sous l'autorité du Conseil Fédéral de Protection contre les Incendies. Maintenant la Croatie a recommencé à utiliser des avions amphibies loués.
 - Portugal : des avions agricoles sont employés sous contrat durant la saison d'incendie.
- Les avions utilisés normalement sont les suivants :
 - Canadair CL-215, CL-215 T, CL-415 (amphibie) : Espagne, France, Italie, Yougoslavie, Grèce, Turquie.
 - CANSO PBY (amphibie) : Espagne.

- C-130 Hercules : sont utilisés selon les disponibilités de l'Armée de l'Air en Italie et en Grèce ; sous contrat en Espagne.
 - Dromader PZL : Espagne, Grèce, Portugal.
 - Grumman Trakker : France.
 - Air Tractor, Thrush Commander, Grumman Agcat : Espagne.
 - DC-6 : France, Espagne.
- Les hélicoptères acquièrent une grande importance surtout pour diriger les opérations, mais aussi pour larguer de l'eau avec un seau spécial. En Espagne on a utilisé depuis 1986 des hélicoptères pour transporter des équipes de 8 à 18 hommes avec leur équipement, ce qui a permis de réduire de manière spectaculaire le délai de première attaque et d'accroître notablement l'efficacité.

En règle générale on observe que les investissements en matière de lutte active sont plus élevés que ceux affectés à la prévention, bien que l'on ne puisse chiffrer avec précision la différence. Si l'on tient compte de la structure des dépenses dans les pays qui ont les budgets les plus élevés, on peut estimer que les investissements en matière d'extinction absorbent plus de 60 pour cent du total affecté à la défense contre les incendies de forêts (Table 1.5).

Table 1.5. Investissements dans la défense contre les incendies (milliers de \$ US)

Pays	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Portugal	1.950	1.699	1.444	-	4.953	6.769	10.033	2.870	4.265	6.313
Espagne	52.061	51.147	40.591	-	35.109	56.354	115.092	85.941	140.303	277.271
France	34.225	29.670	26.898	-	54.768	63.158	96.581	-	-	229.409
Italie	5.093	19.599	11.840	-	25.220	25.420	33.512	33.696	37.780	42.567
Yougoslavie	41	-	-	-	-	37	-	-	-	-
Grèce [†]	443.862	-	-	2.306.242	16.885	16.525	20.544	20.943	27.821	34.093
Turquie	55.665	46.804	28.307	41.800	1.108	11.446	7.985	3.346	2.361	4.141
Chypre	469	424	336	-	492	624	872	1.089	1.173	1.416
Syrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Liban	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Israël	925	674	708	489	500	-	-	1.836	2.120	3.333
Jordanie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Libye	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tunisie [†]	200	220	215	1.175	340	-	-	-	-	-
Algérie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maroc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[†]Valeurs en milliers d'unités monétaires nationales

Chapitre 2

La prévention

L'objectif de la prévention est la réduction du nombre d'incendies. Mais, serait-il donc possible de réduire le nombre des incendies de forêt ? Les chiffres relatifs aux incendies survenus dans la plupart des pays ne permettent pas de répondre affirmativement à cette question. Dans toutes les régions du monde où à un moment ou à un autre de l'année apparaît une saison sèche bien définie, la tendance est la même : une augmentation continue du nombre des incendies pendant les vingt dernières années.

La courbe du nombre des incendies ne semble s'infléchir vers le bas que lorsque la saison sèche se raccourcit, ou bien si la saison pluvieuse se prolonge ou survient plus tôt.

Les pays méditerranéens ne sont pas surpris lorsqu'arrive l'époque dangereuse parce que la sécheresse est quelque chose de parfaitement prévisible. Par contre, dans d'autres pays, les incendies peuvent survenir inopinément, comme ce fut le cas en Europe Centrale en 1975, lorsqu'une sécheresse insolite créa les conditions appropriées pour que le feu ravage de grandes superficies et cause plusieurs victimes.

Mais, pourquoi le nombre des incendies augmente-t-il ? Qui est responsable : la nature, la population, les gouvernements ?

Le climat est-il plus sec et la végétation plus inflammable depuis les dix dernières années ? La population utilise-t-elle le feu plus anarchiquement ou avec plus de malveillance qu'à d'autres époques ? Les gouvernements refusent-ils de voir le problème et n'ont-ils pas de politique de prévention ?

On peut répondre à toutes ces questions par OUI et par NON à la fois.

Le climat est plus sec depuis quelques années, mais pas tous les ans. La végétation est composée des mêmes essences, mais il y a une plus grande accumulation de combustibles légers dans les zones forestières pour des raisons socio-économiques.

La population est plus consciente du danger d'incendie qu'auparavant mais son comportement ne s'ajuste pas à cette prise de conscience.

Les gouvernements de beaucoup de pays ont des politiques de défense contre les incendies depuis pas mal d'années déjà. Par exemple, l'Ours Smokey, symbole de la prévention aux Etats-Unis, a fêté son 45^{ème} anniversaire. En Espagne, le Service de Défense contre les Incendies de Forêt fut créé il y a maintenant 35 ans...

Mais le nombre des incendies continue d'augmenter...

Tous ceux qui travaillent à la défense contre les incendies ont appris lorsqu'ils faisaient leur début dans les techniques de protection, que la lutte consiste à vaincre le célèbre "triangle du feu". Il n'y a pas d'autre solution. Reste à savoir si toutes les techniques disponibles sont appliquées et si la politique de prévention est menée jusqu'au bout.

Nous allons voir quelles sont ces techniques et quelles devraient être leurs modalités d'application, en les classant en trois groupes correspondant aux trois côtés du triangle du feu : (i) actions permettant de prévoir l'importance du danger d'incendie ; (ii) actions à entreprendre face aux causes immédiates des incendies, qui, dans les pays méditerranéens doivent être attribuées presque totalement à la population ; et (iii) actions pour réduire l'inflammabilité des combustibles végétaux.

2.1. Prévision du danger des incendies de forêts

2.1.1. Introduction

L'assignation de moyens dans un processus de planification demande une définition préalable du problème à résoudre à l'aide d'un programme d'action. Cette définition quand elle concerne un problème affectant le territoire doit comprendre, en même temps que sa quantification, une description permettant de connaître son incidence sur les différents points géographiques d'une manière absolue et d'une manière différentielle. Il convient de représenter cette description sur des cartes qui, dans de nombreux cas, deviennent un instrument indispensable de planification et d'exécution.

La lutte contre les incendies de forêt est organisée grâce à des plans de défense qui concernent des régions caractérisées par leur homogénéité quant au danger d'incendie. La différenciation de certaines régions par rapport à d'autres peut être obtenue précisément par la préparation de cartes qui reflètent la différente intensité des facteurs définissant ce danger.

2.1.2. Le danger des incendies de forêt

Au déclenchement des incendies de forêts contribuent les caractéristiques du combustible végétal existant dans le bois, la probabilité de la présence d'une des causes typiques d'incendie et les conditions météorologiques de chaque moment.

Si les trois facteurs (combustible végétal, causes, conditions météorologiques) ont une faible intensité le danger est également peu élevé. Si l'un des facteurs, ou plusieurs, augmentent, le danger croît aussi.

Les conditions météorologiques ont une évolution dynamique qui est reflétée par des phénomènes typiques, pluie, vent, humidité atmosphérique, dont la mesure permet d'élaborer un "indice météorologique de danger" lequel informe de l'influence de cette évolution sur l'état du combustible forestier et sur le développement des incendies qui peuvent naître. La statistique des indices météorologiques de danger ajoutée à la variation temporelle de la fréquence des incendies, apporte aux programmes de défense l'information nécessaire pour fixer les périodes de danger.

Les causes d'incendie font apparaître le concept de risque comme probabilité de déclenchement d'un incendie. En parlant de causes, il faut comprendre non seulement les agents porteurs directs du feu au combustible forestier mais aussi les faits qui facilitent la mise à feu et donnent une intensité suffisante à ces agents pour que leur activité puisse donner naissance à un incendie.

Des conditions météorologiques équivalentes (indice de danger égal) sont accompagnées d'incendie presque toujours dans certains cas et rarement dans d'autres. Il faut en chercher la raison dans le risque différent que comportent ces situations, risque provenant, d'une part, du combustible, de sa disposition dans l'espace, son accumulation, et, d'autre part, des agents de mise à feu, personnes négligentes, pyromanes, événements fortuits.

De même que les conditions météorologiques favorables à l'incendie se présentent habituellement d'une façon plus fréquente à une époque de l'année dénommée "période de danger", le risque est aussi habituellement plus élevé à certains endroits qu'à d'autres. Cela est démontré par les cartes qui, au cours de l'été, se remplissent de signes d'incendies dans les centres opérationnels des Services chargés de l'extinction et qui, comparées d'une année à l'autre, présentent des accumulations de feux presque toujours aux mêmes endroits.

Toutes ces considérations permettent d'extraire quelques idées :

(i) Le danger d'incendie est le résultat de la conjonction de certaines conditions météorologiques déterminées et du risque d'incendie dérivé de l'état du combustible et des causes de mise à feu comme le montre la Fig. 2.1.

(ii) Les conditions météorologiques à un même endroit varient dans le temps et leur étude permet d'établir des indicateurs d'évolution au cours de l'année.

(iii) Le risque d'incendie est une donnée liée à l'espace puisque des facteurs locaux y interviennent et par conséquent il peut se représenter sur des cartes.

La définition du risque d'incendie équivaut à la probabilité de déclenchement d'un feu selon les conditions de base de la forêt. Cette probabilité peut être obtenue à partir d'une distribution de fréquence, comprenant le plus grand nombre possible de données. Dans cet exposé nous essayons d'établir des critères pour obtenir cette distribution et la représenter sur des cartes.

Si les conditions de danger en général, l'intensité des différentes causes et les caractéristiques du combustible forestier demeurent constantes, le risque s'exprime par un indice de fréquence d'incendie. Plus les incendies seront fréquents, plus le risque sera grand. On en déduit que la composante de base pour le calcul du risque sera cette fréquence. En s'appuyant sur cette base, on peut voir que le danger se modifiera si les causes mentionnées varient ; si les causes de mise à feu les plus actives (par exemple, pyromanes) sont plus fréquentes, le danger tendra à augmenter ; si les combustibles qui brûlent plus facilement sont plus abondants (par exemple, herbes sèches) le danger augmentera également.

La conclusion opérationnelle va consister à déterminer le "risque" comme étant la fréquence d'incendie. En utilisant un "indice de causalité" et un "indice de combustibilité" concernant le même territoire que ladite fréquence, on pourra calculer le degré de danger que l'on dénommera degré de base déterminé pour cet endroit spécifique. En le combinant avec "l'indice météorologique de danger" on obtiendra le "degré actuel de risque d'incendies de forêt" (Fig. 2.1).

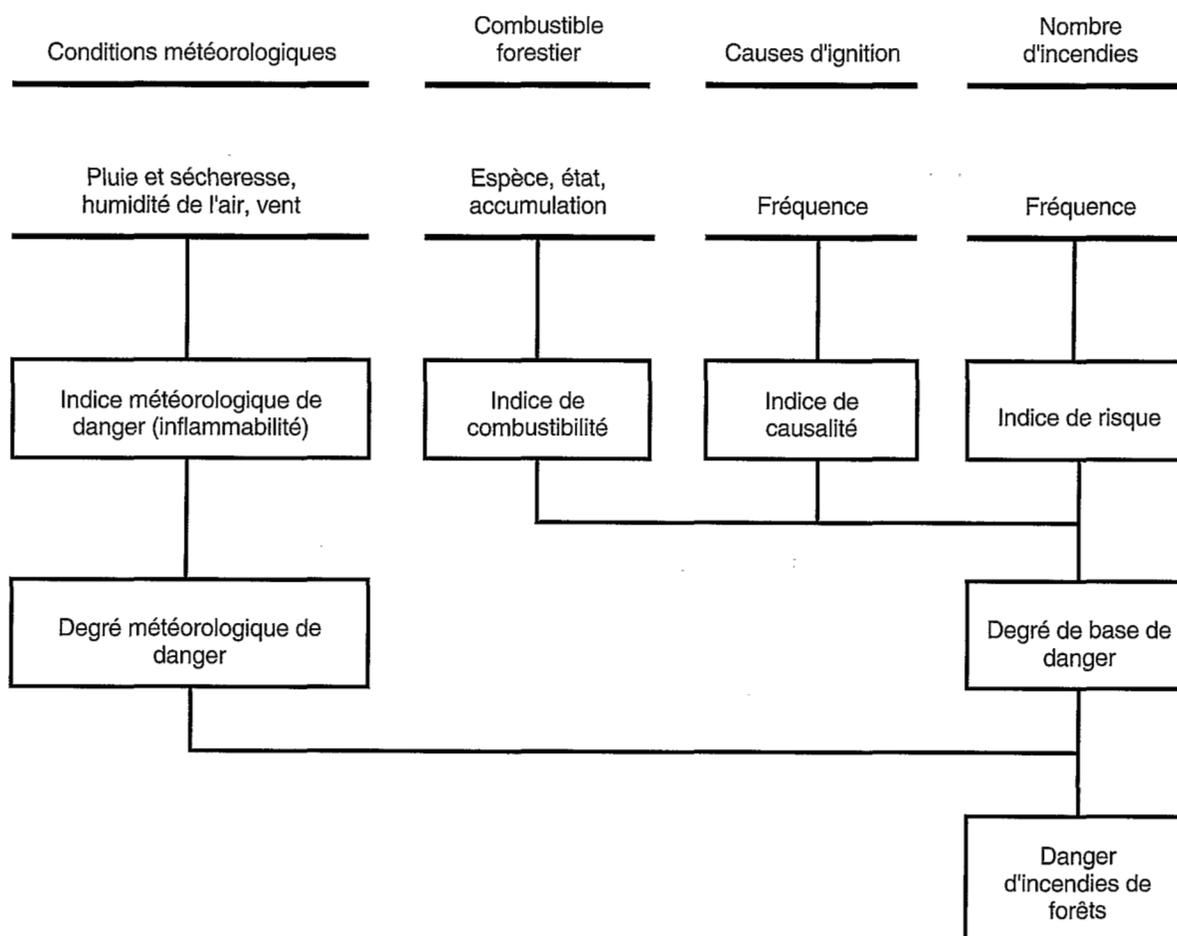


Fig. 2.1. Système des indices de danger.

2.1.3. Indice de risque

La fréquence des incendies pour un lieu concret sera calculée à partir du nombre d'incendies lors de chaque année, période habituelle employée en statistique. "L'indice de fréquence" d'incendie sera donc :

$$F_i = \frac{1}{a} \sum_1^a n_i$$

F_i = Fréquence des incendies
 n_i = Nombre d'incendies par an
 a = Nombre d'années

2.1.4. Indice de causalité

"L'Indice de causalité" sera obtenu en tenant compte de la fréquence des incendies pour chacune des causes présentes à l'endroit étudié, calculée selon le danger spécifique de chaque cause dans l'ensemble du pays. Son expression sera :

$$C_i = \frac{1}{a} \sum_1^a \frac{1}{n_i} \sum_1^c c n_{ic}$$

C_i = Indice de causalité
 c = Coefficient de risque spécifique de chaque cause
 n_{ic} = Nombre d'incendies pour chaque cause, chaque année
 n_i = Nombre d'incendies chaque année
 a = Nombre d'années

La classification des causes utilisée est celle des statistiques sur les incendies en Espagne mais nous avons regroupé les incendies dérivés du "Chemin de fer" et "d'Autres causes" en une seule catégorie dénommée "Accidents".

2.1.5. Indice de combustibilité

"L'Indice de combustibilité" doit tenir compte de la présence relative des différentes formations forestières, arborescentes, arbustives et herbacées, (modèles de combustibles). La comparaison du comportement du feu dans chacune d'elles permet d'obtenir des indices relatifs de danger pour chaque formation dont l'application aux superficies de l'endroit étudié peut se faire par l'expression suivante :

$$M_i = \frac{1}{S_f} \sum_1^e m S_{fm}$$

M_i = Indice de combustibilité
 m = Coefficient de risque relatif à chaque modèle de combustible
 S_{fm} = Superficie forestière de chaque formation
 S_f = Superficie forestière totale

2.1.6. Valeur des coefficients

2.1.6.1. Coefficients attribuables aux différentes causes

Les coefficients de danger spécifique (c) pour chaque cause ont été estimés selon les considérations suivantes : (i) l'indice de causalité doit concilier le danger intrinsèque de chaque type de cause et la

fréquence de son apparition ; et (ii) ce danger peut être mesuré par l'efficacité de chacune d'elles à provoquer l'incendie, la forêt étant considérée sous des conditions identiques pour toutes.

Pyromanes. Etant donné leur intention, les moyens et les circonstances dont ils se servent, on peut affirmer qu'ils produisent l'incendie toutes les fois où ils agissent. Leur efficacité serait proche de 100%.

Négligences. Heureusement, beaucoup de négligences ne produisent pas d'incendies pour diverses raisons. Sur les nombreuses cigarettes jetées à partir des voitures traversant des zones forestières, uniquement quelques-unes allument un feu en forêt. Il se passe la même chose pour les feux de bois allumés par les excursionnistes, les bergers, etc. Il est plus fréquent qu'un "petit feu" mal contrôlé gagne la forêt. De toute façon les négligences sont assez dangereuses car elles se produisent par des activités où l'on emploie directement le feu et qui en outre sont concentrées à l'époque de plus grand danger météorologique. On peut leur attribuer une efficacité de 50%.

Accidents. L'efficacité est très faible puisque généralement on prend les précautions nécessaires pour les prévenir. Par exemple, il est rare qu'une rupture sur les milliers de kilomètres de lignes électriques provoque un incendie, car les compagnies ont intérêt à ce que cet accident ne se produise pas pour maintenir la distribution de l'énergie et par conséquent elles essaient de conserver les lignes en bonnes conditions. On peut leur attribuer une efficacité de 10%.

Foudre. Il serait nécessaire d'établir la relation entre le nombre de fois où la foudre tombe sur les zones forestières et le nombre d'incendies produits. Selon les données de l'Institut National de Météorologie la plus grande concentration d'orages avec phénomènes électriques a lieu en été (plus de 50% presque tous les ans). C'est à cette même époque que l'on enregistre des incendies par la foudre. Cependant le nombre d'orages est très élevé par rapport aux incendies car, fréquemment, ils amènent la pluie, ce qui évite l'effet d'enflammer de la foudre. On peut leur attribuer une efficacité de 10%.

Causes inconnues. Dans ce cas, comme l'on ignore l'origine de l'incendie il est impossible de mesurer le risque qu'elles représentent. Cependant grâce à une meilleure investigation on pourrait les classer en une cause ou en une autre car en les passant sous silence on introduit une déviation importante en faveur des régions où la recherche a été moins efficace. Il semble donc prudent de les assimiler aux négligences.

En conséquence les coefficients seraient :

Type de cause	c
Pyromanes	10
Négligences	5
Accidents	1
Foudre	1
Inconnues	(5)

L'application de ces coefficients à l'expression de C_i donnerait différentes valeurs selon les suppositions suivantes :

- (i) Tous les incendies provoqués par des pyromanes : $C_i = 10$
- (ii) Tous les incendies provoqués par des négligences : $C_i = 5$
- (iii) Tous les incendies provoqués par des accidents ou par la foudre : $C_i = 1$

En accord avec ces données on peut établir l'échelle suivante de risque de danger :

C_i	Danger des causes
9 - 10	Grave
5 - 8	Elevé
3 - 4	Moyen
1 - 2	Faible

2.1.6.2. Coefficients attribuables aux différents modèles de combustible

La définition des modèles de combustible peut être consultée à la Section 3.1. D'après le comportement prévisible du feu pour chaque modèle on va attribuer un poids ou coefficient à la végétation présente :

Modèle	Coefficient "m"
Groupe "Herbacées" (No. 1, 2, 3)	10
Groupe "Maquis" (No. 4, 5, 6, 7)	10
Groupe "Déchets sous forêt" (No. 8, 9, 10)	5
Groupe "Déchets ligneux" (No. 11, 12, 13)	1

En appliquant les valeurs de "m" à l'expression de M_i on peut établir une échelle d'évaluation.

M_i	Degré de combustibilité
7 - 10	Extrême
5 - 6	Elevé
3 - 4	Moyen
1 - 2	Faible

2.1.7. Calcul du Degré de base du danger d'incendies

On le déterminera par l'expression suivante : $Db = F_i \times C_i \times M_i$

Son échelle sera de façon analogue :

Db	Degré de base de danger
≥ 250	Très élevé
101 - 250	Elevé
11 - 100	Moyen
≤ 10	Faible

2.1.8. Degré météorologique de danger

On peut le déterminer par la méthode actuellement en vigueur en Espagne basée sur la teneur en eau du combustible fin mort.

Le procédé est le suivant : (i) calcul de l'humidité du combustible fin mort (Tables 2.1 à 2.5) ; (ii) calcul de la probabilité de mise à feu (Table 2.6) ; et (iii) détermination de la situation d'alerte (Table 2.7).

Table 2.1. Humidité de base du combustible fin mort. Journée : de 8.00 à 20.00 heures (solaire)[†]

Température thermomètre sec (°C)	Humidité relative de l'air (%)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	
<0	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	8	9	9	10	11	12	12	13	13	14
0-9	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	7	8	9	9	10	10	11	12	13	13	13
10-20	1	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12	12	13
21-31	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
32-42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
>42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	12

[†]Ajouter le terme correcteur qui correspond selon les Tables 2.2, 2.3 ou 2.4.

Table 2.2. Terme correcteur du contenu d'humidité du combustible (mai-juin-juillet). Journée : de 8.00 à 20.00 heures (solaire)

Exposition	Pente (%)	Heure					
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00
Exposé. Moins de 50% des combustibles sous ombre							
N	0-30	3	1	0	0	1	3
	>30	4	2	1	1	2	4
E	0-30	2	1	0	0	1	4
	>30	2	0	0	1	3	5
S	0-30	3	1	0	0	1	3
	>30	3	1	1	1	1	3
O	0-30	3	1	0	0	1	3
	>30	5	3	1	0	0	2
Ombragé. Plus de 50% des combustibles sous ombre ou nuages							
N	0†	5	4	3	3	4	5
E	0†	4	4	3	4	4	5
S	0†	4	4	3	3	4	5
O	0†	5	4	3	3	4	4

†Terrain plat : Exposition Sud

Table 2.3. Terme correcteur du contenu d'humidité du combustible (février-mars-avril-août-septembre-octobre). Journée : de 8.00 à 20.00 heures (solaire)

Exposition	Pente (%)	Heure					
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00
Exposé. Moins de 50% des combustibles sous ombre							
N	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	4	3	3	3	3	4
E	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	3	1	1	2	4	5
S	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	4	2	1	1	2	4
O	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	5	4	2	1	1	3
Ombragé. Plus de 50% des combustibles sous ombre ou nuages							
N	0†	5	5	4	4	5	5
E	0†	5	4	4	4	5	5
S	0†	5	4	4	4	4	5
O	0†	5	5	4	4	4	5

†Terrain plat : Exposition Sud

Table 2.4. Terme correcteur du contenu d'humidité du combustible (novembre-décembre-janvier).
 Journée : de 8.00 à 20.00 heures (solaire)

Exposition	Pente (%)	Heure					
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00
Exposé. Moins de 50% des combustibles sous ombre							
N	0-30	5	4	3	3	4	5
	>30	5	5	5	5	5	5
E	0-30	5	4	3	3	4	5
	>30	5	4	3	2	5	5
S	0-30	5	4	3	2	4	5
	>30	5	3	1	1	3	5
O	0-30	5	4	3	3	4	5
	>30	5	5	4	2	3	5
Ombragé. Plus de 50% des combustibles sous ombre ou nuages							
Toutes les expositions et pentes		5	5	5	5	5	5

Terrain plat : Equivalent à exposition Sud

Table 2.5. Humidité du combustible. Nuit : de 20.00 à 8.00 heures (solaire)

Température thermomètre sec (°C)	Humidité relative de l'air (%)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	
0-9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	11	11	12	13	14	16	18	21	24	25 [†]	25 [†]
10-20	1	2	3	4	5	6	6	8	8	9	10	11	11	12	14	16	17	20	23	25 [†]	25 [†]
21-31	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	15	17	20	23	25 [†]	25 [†]
32-42	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	13	14	16	19	22	25	25 [†]
>42	1	2	3	3	4	5	6	6	9	9	9	9	10	11	12	14	16	19	21	24	25 [†]

[†]Correction non nécessaire

La Table 2.8 présente un exemple de calcul du degré météorologique de danger appliqué à deux zones concrètes.

2.1.9. Application de ces critères à un territoire concret

2.1.9.1. Description de la zone choisie

Les critères indiqués ont été appliqués à une feuille de la Carte Militaire 1/200.000. On a choisi la feuille "4-6 Avila" (Fig. 2.2) qui comprend un territoire appartenant à cinq provinces, Avila, Cáceres, Madrid, Salamanque et Tolède ; un terrain montagneux du Système Central en majeure partie, avec des hauteurs de 300 m à 2.592 m (Pic Almanzor dans la Sierra de Gredos). La vallée du Fleuve Tiétar y est comprise, qui constitue une enclave de climat méditerranéen dans le climat continental de la Meseta. Du point de vue forestier elle est très intéressante car on y trouve de grandes masses

naturelles de *Pinus pinaster*, *Pinus pinea* et *Castanea sativa*, ainsi que quelques zones de *Pinus sylvestris* et également de *Quercus pyrenaica*, *Quercus ilex* et des enclaves de *Quercus suber*. A l'ouest, dans la province de Cáceres, il y a d'importants reboisements, de *Pinus pinaster* principalement, d'un âge moyen de 20 ans.

Il s'agit d'une zone assez peuplée à cause de sa richesse agricole et très visitée en été par excursionnistes et estivants, conséquence de ses beautés naturelles (p.e., Sierra de Gredos) historiques (p.e., Toros de Guisando) et folkloriques (p.e., Candelario).

Table 2.6. Probabilité d'ignition (on estime la probabilité pour qu'une flammèche ou une braise, en tombant sur le combustible léger mort, puisse l'enflammer)

Ombragé (%)	Température thermomètre sec (°C)	Humidité du combustible léger mort (%)															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0-10	40+	100	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	30	20	20	20	10
	35-40	100	90	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
	30-35	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10
	25-30	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20	10	10
	20-25	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	15-20	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10
	10-15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	5-10	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	0-5	90	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
10-50	40+	100	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20	10
	35-40	100	90	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
	30-35	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	30	20	20	20	10	10
	25-30	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	20-25	100	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	15-20	90	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10	10
	10-15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	5-10	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	0-5	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
50-90	40+	100	90	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
	35-40	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10
	30-35	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	25-30	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	20-25	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10
	15-20	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	10-15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	5-10	90	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	0-5	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
90-100	40+	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10
	35-40	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20	10	10
	30-35	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	25-30	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10
	20-25	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	15-20	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	10-15	90	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	5-10	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
	0-5	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10

Table 2.7. Alerte

Probabilité d'ignition (%)	Vent non desséchant (km/h)			
	0-9	10-19	20-39	≥40
10-20	Préalerte [†]	Préalerte	Préalerte	Alerte ^{††}
20-50	Préalerte	Alerte	Alerte	Alerte
50-70	Alarme ^{†††}	Alarme	Alarme	Alarme
≥70	Alarme	Alarme	Alarme	Alarme extrême ^{††††}
Probabilité d'ignition (%)	Vent desséchant (km/h)			
	0-9	10-19	20-39	≥40
10-20	Préalerte	Alerte	Alerte	Alarme extrême
20-50	Alerte	Alarme	Alarme	Alarme extrême
50-70	Alarme	Alarme	Alarme	Alarme extrême
≥70	Alarme	Alarme extrême	Alarme extrême	Alarme extrême

[†]Préalerte : Danger faible ou modéré
Pas de précautions spéciales

^{††}Alerte : Danger modéré
Tous les moyens seront prêts à être mobilisés

^{†††}Alarme : Danger élevé
La surveillance préventive sera intensifiée
Le passage par la forêt pourra être interdit
Les moyens de lutte seront prêts avec leur potentiel maximum
La population sera informée par les médias, avec des recommandations préventives

^{††††}Alarme extrême : Danger extrême
Haute probabilité de grands incendies
Interdiction totale de l'utilisation du feu à proximité de la forêt
Fermeture des routes forestières
Les moyens de lutte seront prêts avec leur potentiel maximum
La population sera informée par les médias, avec des recommandations préventives

C'est une région où il y a assez d'incendies de forêts sans être l'une des plus éprouvées de l'Espagne. Le nombre d'incendies, dans la période étudiée, sur la surface forestière comprise sur la feuille "4-6 Avila", a été le suivant :

Année	Nombre d'incendies
1974	102
1975	106
1976	82
1977	50
1978	193
1979	179

La diminution en 1977 est due aux causes météorologiques qui se firent sentir dans toute l'Espagne.

Les causes d'incendie ont évolué de façon similaire à l'ensemble de l'Espagne. Avant 1975 le nombre d'incendies provoqués ne dépassait pas 15%. Par contre en 1978 il atteignit 43%. Quant à la défense contre les incendies, d'intenses travaux ont commencé depuis cinq ans pour réduire le combustible dans la province de Cáceres et plus tard dans le reste de la région étudiée.

Table 2.8. Exemple de détermination du degré météorologique de danger à Buñol (Valencia) et Málaga

Exemple pour le jour		Exemple pour la nuit	
1. Lieu	Buñol (Valencia)	Málaga	1. Lieu
2. Date	20/7	15/6	2. Date
3. Heure	15.00	22.00	3. Heure
4. Température (°C)	30	15	4. Température (°C)
5. Humidité de l'air (%)	26	49	5. Humidité de l'air (%)
Calcul de l'humidité du combustible fin mort pendant le jour			Calcul de l'humidité du combustible fin mort pendant le jour
6. Humidité de base (Table 2.1)	4		6. Humidité de base (Table 2.1)
7. Exposé ou ombragé	Exp.		7. Exposé ou ombragé
8. Orientation (N, S, E, O)	E		8. Orientation (N, S, E, O)
9. Pente (%)	20		9. Pente (%)
10. Correction de l'humidité de base	0		10. Correction de l'humidité de base
11. Humidité du combustible (1,6 + 1,11)%	4		11. Humidité du combustible (1,6 + 1,11)%
Calcul de l'humidité du combustible fin mort pendant la nuit			Calcul de l'humidité du combustible fin mort pendant la nuit
12. Humidité du combustible (Table 2.5) (%)		9	12. Humidité du combustible (Table 2.5) (%)
Calcul de la probabilité d'ignition			Calcul de la probabilité d'ignition
13. % d'ombre	20	100	13. % d'ombre
14. Probabilité d'ignition (Table 2.6) (%)	80	30	14. Probabilité d'ignition (Table 2.6) (%)
Détermination de l'alerte			Détermination de l'alerte
15. Vitesse (km/h) et direction du vent	10 - 0	4 - S	15. Vitesse (km/h) et direction du vent
16. Vent desséchant ?	Oui	Non	16. Vent desséchant ?
17. Situation d'alerte (Table 2.7)	Alarme	Préalerte	17. Situation d'alerte (Table 2.7)

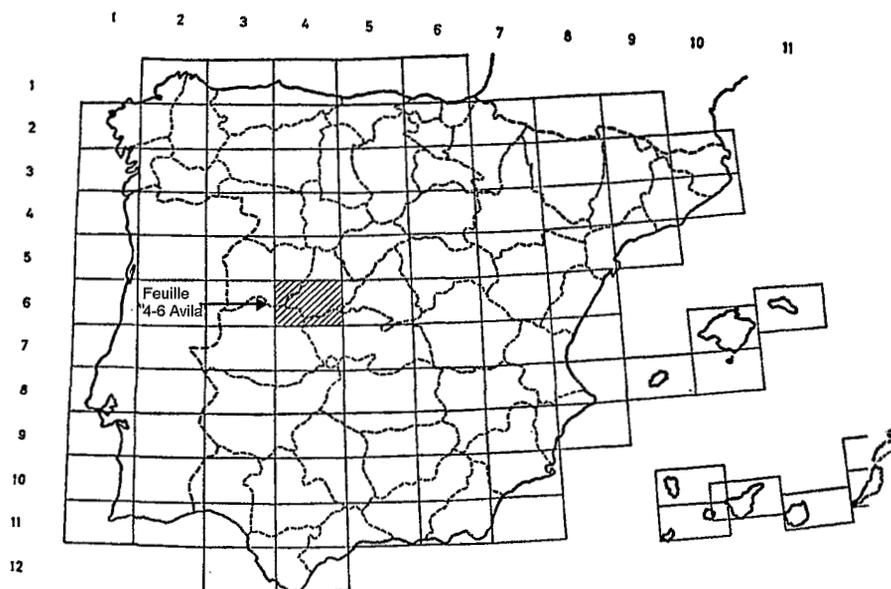


Fig. 2.2. Distribution des incendies de forêts selon les feuilles de la Carte Militaire.

Il existe des patrouilles de surveillance permanente pour l'extinction, disposant des accessoires nécessaires et d'extincteurs et aidées par des véhicules contre incendie. En cas de nécessité, des avions Canadair CL-215 de la base de Torrejón de Ardoz interviennent pour soutenir les forces de terre. Cependant ils ne peuvent jamais réaliser une première attaque à cause de la distance, 100 km environ de Torrejón jusqu'au centre de la zone comprise sur la carte. Par contre, quand ils arrivent, les avions peuvent agir efficacement grâce aux barrages existants (Rosarito, Burguillo, Santa Teresa). En 1978 on a obtenu un résultat inférieur à 15 ha de surface par incendie, moyenne inférieure à la moyenne nationale.

Dans cette zone les incendies ont provoqué plusieurs morts.

2.1.9.2. Carte de risque

La Fig. 2.3 recueille les valeurs de F_i en quadrillés groupés en zones selon l'échelle. Il faudrait considérer rigoureusement chaque quadrillé indépendamment de ceux qui lui sont limitrophes puisque les données existent pour le quadrillé dans son ensemble. Cependant, connaissant la surface, on peut tracer les lignes qui unissent les points de degré égal de l'échelle F_i et on obtient des zones indiquant la tendance du risque même si leurs limites ne sont pas absolument précises sur le terrain.

Cette Fig. 2.3 confectionnée sur papier végétal et superposée à la Fig. 2.2 permet de connaître les points de plus grand risque potentiel, zones où l'on doit promouvoir au maximum les mesures de prévention et les moyens d'extinction.

La Table 2.9 suivant recueille la distribution accumulative des fréquences annuelles d'incendies selon les degrés de risque. Ceux-ci ont été établis en s'appuyant sur ceux de la carte et sur ceux qui ont été obtenus par d'autres tests réalisés sur des données de Galice et du Pays Valencien (zones de danger).

Risque	Fréquence annuelle des incendies
Très faible	<1
Faible	1
Moyen	2 - 4
Elevé	5 - 10
Très élevé	11 - 20
Extrême	>20

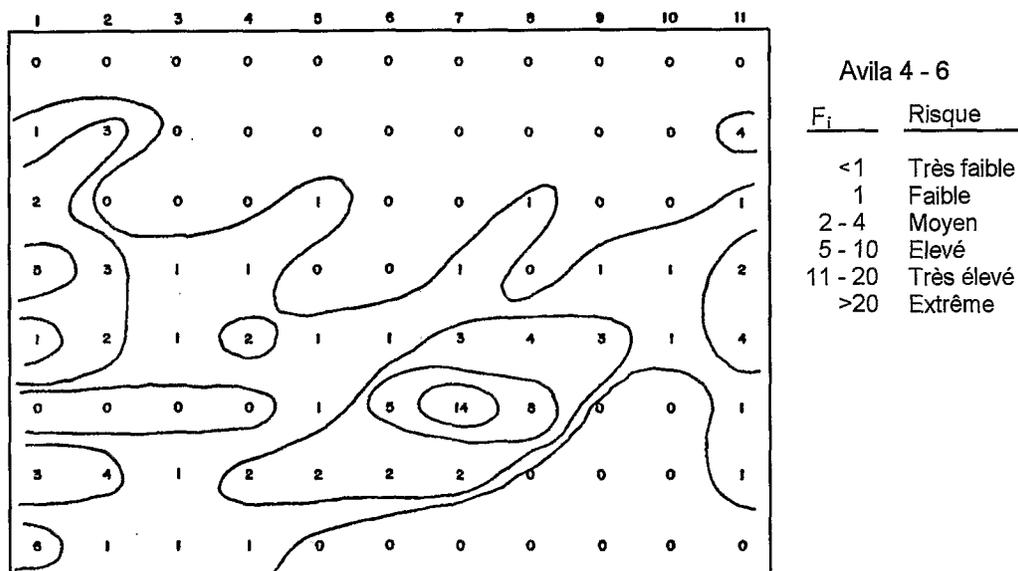


Fig. 2.3. Zones de risque d'incendies de forêts (F_i).

Table 2.9. Distribution cumulative de fréquences annuelles d'incendie par degrés de risque

% années	Risque F_i					
	Très faible <(1)	Faible (1)	Moyen (2-4)	Elevé (5-10)	Très élevé (11-20)	Extrême >(20)
0-10	0	0	0	2	4	-
11-20	0	0	0	2	4	-
21-30	0	0	1	3	8	-
31-40	0	0	1	4	8	-
41-50	0	0	1	5	14	-
51-60	0	1	2	6	14	-
61-70	0	1	3	7	16	-
71-80	0	1	3	8	16	-
81-90	0	2	4	10	29	-
91-100	1	3	5	12	29	-

Dans la Table 2.9 les valeurs moyennes des différentes classes de risque représentent un niveau correspondant à 70% des années. Cela signifie, pour le risque Moyen, par exemple, que, durant 70% des années considérées, le nombre d'incendies est de 3 au moins.

Pendant 30% du reste il peut être supérieur. Uniquement dans 10% des années, il sera égal à 5 et, dans de très rares cas supérieur à 5. De même dans 20% des années, il est très probable qu'il n'y ait aucun incendie.

Dans la zone comprise sur la Fig. 2.3 il n'y a aucun point de risque extrême.

2.1.9.3. Carte de causalité

La Fig. 2.4 recueille les valeurs de C_i en quadrillés, groupées en zones selon l'échelle indiquée. Au sujet de sa représentation il faut tenir compte des mêmes remarques que pour la Carte de Risque.

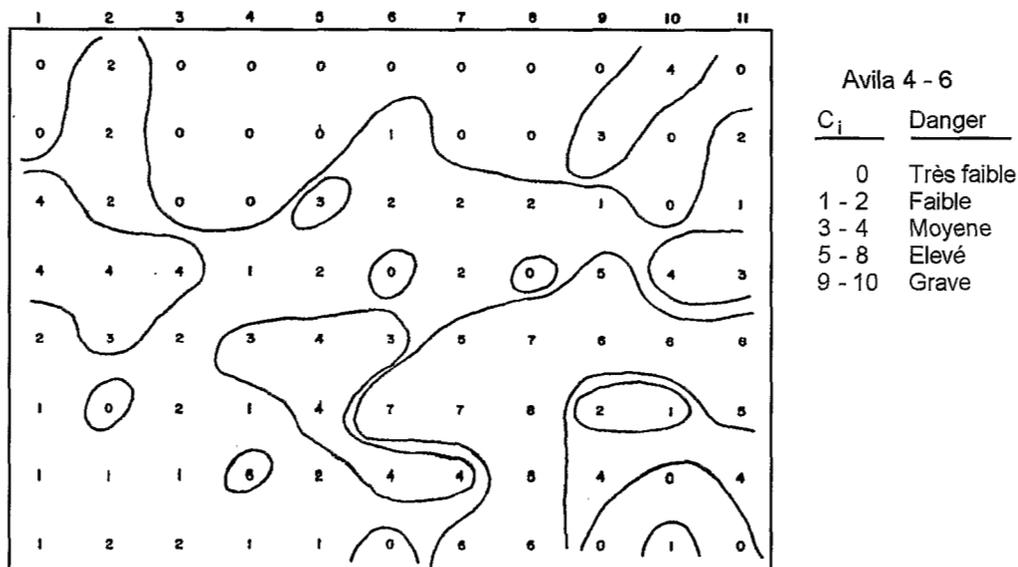


Fig. 2.4. Zones de danger pour les causes présentes (C_i).

On observe qu'il ne se présente pas de danger grave sur ce territoire bien que celui-ci existe dans d'autres régions de l'Espagne. Les indices de danger élevé coïncident avec les quadrillés de risque élevé et très élevé bien que la zone de danger Elevé soit plus étendue, ce qui nous conseille d'amplifier les mesures de prévention et d'extinction au-delà de ce qui serait indiqué sur la Fig. 2.3.

On vérifie que le danger augmente autour des centres urbains dans les régions d'Avila (A-10) et de Béjar (D-1) ainsi que dans la zone sud-est de la carte où il existe une grande influence de Madrid.

2.1.9.4. Carte de combustibilité

La Fig. 2.5 recueille les valeurs de M en quadrillés. On observe que l'inflammabilité maximum correspond aux zones où prédominent les buissons et les pâturages, ainsi que les "dehesas".

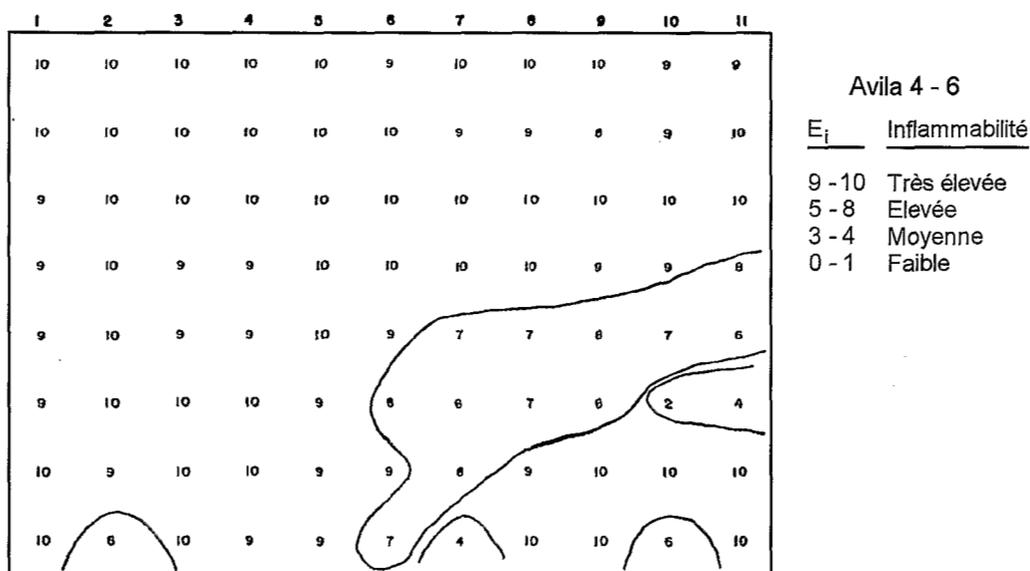


Fig. 2.5. Zones de danger selon les formations végétales prédominantes (E_i).

Sur les vraies forêts la combustibilité est moindre, spécialement aux endroits où se trouvent des masses de châtaigniers.

Cependant la moindre combustibilité se trouve mise en cause par la très grande affluence de personnes dans les zones boisées ce qui y fait augmenter le risque et provoque en outre de plus grands dommages.

2.1.10. Exemples d'utilisation

2.1.10.1. Exemple No. 1 : Quadrillé E-11

Dans ce quadrillé se trouvent les territoires de Sotillo de la Adrada et de Casillas qui font partie de la Vallée du Tiétar. Leurs forêts très étendues sont formées principalement de *Pinus pinaster* et *Castanea sativa*.

En s'appuyant sur les cartes, le Degré de Base de danger serait défini par les valeurs suivantes :

Risque	Moyen (4)
Degré de danger des causes	Elevé (8)
Combustibilité de la végétation	Elevé (6)
Degré de base de danger	(192)

C'est-à-dire que les causes et la végétation indiquent que le Risque Moyen tendra à croître et que par conséquent le nombre annuel d'incendies le plus probable sera de 5 (voir Table précédente) ce qui équivaut au Risque Elevé ou Degré de Base de danger élevé.

2.1.10.2. Exemple 2 : Quadrillé F-2

Dans ce quadrillé se trouve l'un des lieux les plus élevés de la zone (2.390 m), qui est peu fréquenté et éloigné des centres importants de population.

Les valeurs qui définissent le Degré de Base de danger sont les suivantes :

Risque	Très faible (0)
Danger des causes	Faible (0)
Combustibilité de la végétation	Très élevé (10)
Degré de base de danger	Faible (0)

Le nombre actuel le plus probable d'incendie sera de 0 dans 20% des années et de 1 dans 50% des années.

2.2. Prévention des incendies d'origine humaine

2.2.1. Actions dirigées vers l'homme

La prévention doit agir dans deux grandes directions principales : le combustible, et les causes du feu. La première se rapporte à la réduction ou à la compartimentation du combustible. La seconde cherche à éviter que la cause ne se manifeste. Son succès sera limité si l'on ne parvient pas à intégrer la population dans la prévention des incendies, ce pour quoi il faut trois types d'actions : persuasion, conciliation, et sanction.

Les attitudes des populations rurales et urbaines vis-à-vis de ce problème ne sont pas identiques. Les gens des villes ne ressentent pas d'hostilité à l'égard de la forêt, ou bien l'ignorent, ou encore la voient comme un lieu de récréation. Certains, mieux informés, savent que la forêt fournit des matières premières et des services nécessaires à la civilisation d'aujourd'hui. Cependant l'immense majorité ne perçoit pas sa fragilité.

C'est pourquoi il faut s'adresser à la population urbaine et lui expliquer le danger des incendies et leurs conséquences, au moyen de campagnes annuelles de propagande informative utilisant la télévision, la radio, la presse écrite et la publicité extérieure.

La connaissance des attitudes initiales de la population, grâce à des études sociologiques, est absolument indispensable pour entreprendre des campagnes propres à faire prendre conscience au public de la nécessité de défendre la forêt contre le feu. Les mouvements de touristes durant la saison d'été créent pour ces campagnes un public international. Il pourrait être intéressant d'utiliser des symboles ou des formules uniformisés dans toute la région méditerranéenne, ou encore de rappeler dans ces campagnes que le danger s'étend à tous les pays.

Bien que ces campagnes s'adressent à tout le monde, il ne fait aucun doute que du fait de leur contenu, elles ont une efficacité plus grande parmi la population urbaine, étant donné que leur objectif est de susciter une prise de conscience chez des gens qui ignorent le danger des incendies.

Il est difficile d'évaluer les résultats en ce qui concerne la prévention des négligences, mais divers symptômes observés dans les pays qui font des campagnes systématiques et permanentes permettent d'estimer qu'elles ont réussi à maintenir dans certaines limites l'incidence des négligences dans les zones forestières les plus soumises à l'influence des populations urbaines.

La situation est différente en ce qui concerne la population rurale. Pour une partie de celle-ci la forêt est un terrain marginal, c'est-à-dire qui ne sert pas pour les cultures agricoles ou pour l'élevage, et qui dans l'opinion la plus favorable est destiné à une production à long terme, à l'instar d'une caisse d'épargne. Peu d'agriculteurs, en général, connaissent bien l'influence des forêts sur le microclimat ou son action de défense des sols contre l'érosion. Pour les populations rurales les plus primitives, la forêt est un terrain à défricher, une réserve apparemment inépuisable. Seules celles qui sont intégrées économiquement à la forêt ressentent la nécessité de la défendre.

Cette situation exige une action spécifique, étant donné que les campagnes orientées vers les populations urbaines n'ont pas d'effet sur les ruraux, et peuvent même s'avérer négatives.

La population rurale doit être intégrée à l'économie forestière. D'une part il faut lui montrer, par une campagne de vulgarisation forestière bien conçue, les bienfaits généraux que procure la forêt, et les dommages que l'incendie cause à l'environnement et par suite à ses intérêts agricoles et pastoraux. De même, il faut montrer de manière précise qui est en fait lésé par les incendies, en faisant valoir que ce ne sont pas seulement les forêts domaniales qui sont touchées, mais également les forêts privées. D'autre part il est très recommandable de faire participer les ruraux aux travaux entrepris par l'administration : plantations, ouverture de routes, débroussaillage et ouverture de pare-feu pour la prévention des incendies, guet d'incendie, équipes de lutte contre le feu, etc.

Il est plus intéressant encore d'accroître l'importance des revenus forestiers dans l'économie de chaque propriétaire, ce qu'il est possible de faire tout en augmentant la richesse forestière du pays.

Il faut pour cela une vaste politique d'encouragement au reboisement et d'entretien des massifs existants au moyen de crédits et de subventions. Cela ne devrait être réalisé qu'accessoirement par l'administration, à laquelle incombe plutôt le rôle d'assistance technique, étant donné que ce que l'on doit favoriser est l'établissement de relations étroites du propriétaire avec sa forêt.

De ces paragraphes relatifs à la population rurale il ne doit pas ressortir une impression de lien de cause à effet entre le paysan et l'incendie. En fait l'exode rural croissant vers les villes dans de nombreuses régions du monde ne contribue pas à réduire le danger d'incendie. Au contraire, le dépeuplement des campagnes se traduit d'une part par une pénurie de personnel pour la lutte contre le feu, et d'autre part par la diminution des extractions de bois et de broussailles utilisés comme combustibles.

Il importe que cette situation ne soit pas aggravée par des mesures de protection excessives des reboisements contre le pâturage. Ils ne doivent pas être mis en défens plus longtemps qu'il n'est strictement nécessaire, étant donné que le bétail ne mange pas les arbres s'il a à sa disposition de l'herbe et des pousses tendres de maquis, contribuant ainsi à maintenir propres les plantations.

Le pâturage dirigé permet de réduire l'accumulation de combustible léger en forêt, et d'intégrer les bergers dans l'économie forestière.

Cette recherche d'une conciliation d'intérêts doit être une activité fondamentale de la politique forestière, sans laquelle aucune action s'adressant aux paysans ne saurait réussir.

Une bonne politique de transformation industrielle des produits forestiers est également une base indispensable pour rendre la conservation de la forêt économiquement attrayante.

Comme on l'a dit précédemment, le problème de l'incendie volontaire paraît s'aggraver dans de nombreuses régions.

La prévention de ce type d'incendies requiert une analyse des motivations qui conduisent certains éléments de la population à se transformer en incendiaires. Certaines études révèlent que, dans les régions où prédominent les activités agricoles et pastorales, les feux intentionnels sont plus fréquents là où existent des conflits entre groupes de la population ou entre celle-ci et l'autorité. Il semble qu'un bas niveau de revenus, ainsi que ce que l'on pourrait appeler un "indice d'habitude" d'emploi du feu, entrent en jeu pour intensifier les tendances incendiaires.

Face à l'incendie volontaire la politique préventive doit inévitablement inclure une composante répressive. Il faut une législation qui caractérise clairement le délit d'incendie volontaire et le sanctionne proportionnellement au dommage qu'il cause à la société.

Cette composante, cependant, ne devra jamais être la principale dans la prévention de ces feux. L'aspect fondamental sera la conciliation d'intérêts qui restreindra le problème aux limites de la délinquance pure et simple, en agissant sur les variables socio-économiques ainsi que sur les politiques et les techniques susceptibles de déclencher des conflits.

2.2.2. Recommandations pour les campagnes de sensibilisation

(i) Il faut au préalable définir qui est le public-cible. Les messages trop généraux peuvent être inefficaces. Il vaut mieux stratifier et adresser des messages spécifiques à chaque groupe.

(ii) Le but de la campagne sera d'éduquer et non simplement d'impressionner le public. Il ne semble pas recommandable d'utiliser des paysages en feu, des images de flammes, etc.

(iii) Il faut continuité et insistance. La campagne doit être répétitive. Un symbole ou un slogan permanent sera un lien nécessaire d'une année à l'autre. Il faut donc éviter les changements brusques et profiter de la mémoire collective.

(iv) Il faut éviter les radicalisations. Par exemple, si les paysans utilisent normalement le feu pour préparer le terrain, il est inutile d'interdire purement et simplement le feu. La campagne devra montrer comment brûler sans danger.

(v) La campagne doit être soutenue par la communauté. Il faut éviter de marquer qu'il s'agit d'une campagne de l'Administration. L'appui de personnalités ayant un prestige local sera fort utile.

(vi) La communication directe (de vive voix) est toujours la plus intéressante. Les mass-media devront être utilisés comme un support pour la communication directe.

(vii) La communication doit être développée par des moniteurs du même milieu que l'auditoire. Il faut se rappeler de la méfiance des paysans envers les citadins.

(viii) Les campagnes de sensibilisation doivent être coordonnées avec l'application de la législation préventive.

2.2.3. Recommandations pour prévenir les incendies dérivés des feux agricoles et de pâturage

Il est intéressant de diffuser des messages comme le suivant :

Dix normes essentielles pour un brûlage contrôlé

(i) Demander une permission à l'Autorité Forestière.

- (ii) Choisir les jours sans vent pour commencer le brûlage et, si possible, peu après la dernière pluie.
- (iii) Informer au préalable les propriétaires voisins, l'Agent Forestier et la Police Rurale.
- (iv) Nettoyer un coupe-feu de deux mètres de largeur tout autour de la zone à brûler, s'il n'y a pas d'arbres, et de cinq mètres s'il y en a.
- (v) Eviter les brûlages de surfaces trop larges d'un seul coup.
- (vi) Organiser collectivement les brûlages avec les propriétaires voisins.
- (vii) Demander l'appui des moyens de lutte locaux.
- (viii) Commencer le brûlage après le lever du soleil et le terminer deux heures avant le coucher du soleil.
- (ix) Ne pas brûler de terrains très inclinés pour éviter l'érosion. Dans tous les cas, brûler de haut en bas.
- (x) Surveiller le brûlage avec d'autres personnes sans quitter la zone jusqu'à l'extinction totale du feu (ni flammes ni braises).

2.2.4. Règles pour l'identification des causes d'incendie

Pour identifier la cause d'un incendie, il faut suivre un procédé comportant les phases décrites ci-dessous.

2.2.4.1. Circonstances de l'incendie

On doit noter les renseignements suivants :

- (i) La date et l'heure de déclenchement.
- (ii) L'endroit où le feu a été détecté, d'après la personne qui fournit la première nouvelle de l'incendie.
- (iii) Les personnes qui étaient dans la forêt lors de l'incendie.
- (iv) Les personnes qui habitent près de la zone incendiée.
- (v) Les véhicules aperçus dans la zone.
- (vi) La direction du vent lorsque le feu a été détecté.
- (vii) La surface brûlée lors de l'arrivée des premiers moyens de lutte.
- (viii) Les témoins du déclenchement du feu, s'ils existent, et leurs déclarations.

2.2.4.2. Origine de l'incendie

Pour déterminer le point d'origine de l'incendie, il faut tenir compte de ces faits :

- (i) Vent : le feu progresse en suivant la direction du vent. En tenant compte du vent lorsque le feu a été détecté, on pourra déterminer dans quelle direction se trouvait l'origine du feu.
- (ii) Pente : le feu monte vers le haut de la pente. Cet effet combiné avec celui du vent est aussi à considérer.

(iii) Combustibles : le feu progresse plus vite sur les combustibles secs. Dans le lieu d'origine de l'incendie la végétation possède une humidité naturelle et brûle d'une façon plus incomplète.

(iv) Indicateurs (Figs 2.6 à 2.17) :

- Herbes et tiges minces : à l'origine, quand le feu n'est pas très intense, les tiges sont simplement roussies et tordues vers l'origine (Fig. 2.6).
- Combustible protégé : au début du feu les plantes sont brûlées seulement du côté origine. De l'autre côté, les combustibles ne sont pas détruits mais seulement noircis par la fumée (Fig. 2.7).
- Une bûche protège la végétation du côté opposé à celui de l'origine (Fig. 2.8).
- Une souche sera brûlée avec intensité du côté origine. De l'autre côté, elle sera seulement flambée (Fig. 2.9).
- La hauteur noircie sur les troncs des arbres sera plus grande du côté opposé à l'origine par effet de la radiation du dos de la flamme qui monte par la pente (Fig. 2.10).
- Quand le feu descend par la pente la tache sur les troncs des arbres a les bords parallèles au sol (Fig. 2.11).
- La hauteur de la tache est une fonction de celle du maquis. Le bord supérieur montrera vers où soufflait le vent (Fig. 2.12).
- Avec les feux de cimes le feu monte. On pourra distinguer des cimes avec seulement des tiges noircies devant les cimes complètement brûlées (Fig. 2.13).
- Poteaux : le bois est brûlé du côté vent (Fig. 2.14).
- Les branches sont penchées vers le côté d'avancement du feu (Fig. 2.15).
- Les rochers sont noircis du côté d'où venait le feu (Fig. 2.16).
- Les clôtures également sont noircies du côté d'où venait le feu (Fig. 2.17).



Fig. 2.6. Herbes et tiges minces : Lorsque le feu commence et qu'il n'est pas très fort, il noircit les tiges et les affaiblit, et les couche du côté de l'origine du feu.



Fig. 2.7. Combustible protégé : Lorsque le feu commence et qu'il n'est pas très fort, il brûle le côté des touffes d'herbes qu'il trouve d'abord et le réduit en cendres, tandis que l'autre côté est brûlé et noirci de façon incomplète.

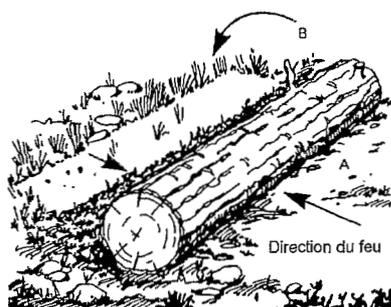


Fig. 2.8. Si le feu passe sur un tronc, celui-ci protège la végétation qui se trouve du côté sous le vent (B), tandis que du côté A elle est complètement brûlée.



Fig. 2.9. Souches : le feu brûle intensément la souche là où il commence. Du côté sous le vent, elle est noircie, mais le feu ne pénètre pas.

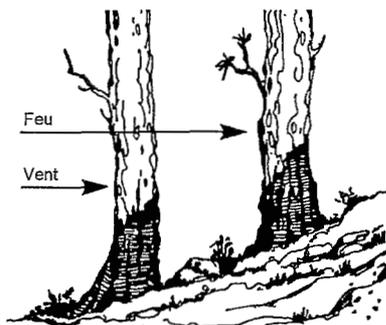


Fig. 2.10. Troncs : du côté sous le vent, la tache de l'écorce noircie monte plus par un effet double. Le tronc provoque un vide, qui fait monter la flamme. En outre il y a de la chaleur radiante du feu qui est passé et qui s'ajoute à l'autre.

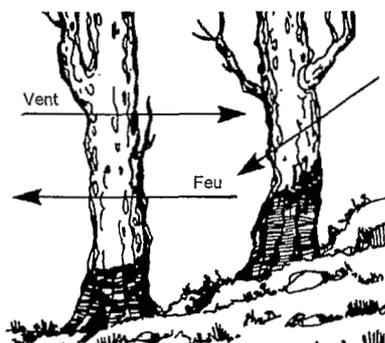


Fig. 2.11. Si le feu descend le long d'un versant ou s'il a lieu sur un terrain horizontal, la tache noire a le bord parallèle au sol.

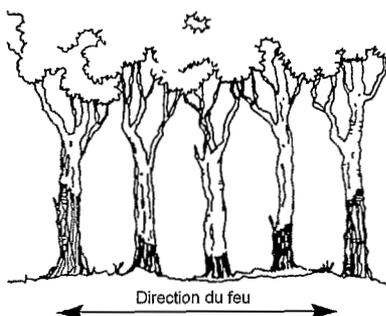


Fig. 2.12. Si le feu se déplace en brûlant les broussailles sous la futaie, la tache montera plus ou moins selon la hauteur de celui-ci. Son bord supérieur indiquera vers où soufflait le vent.

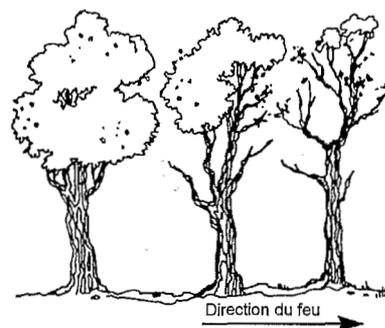


Fig. 2.13. Dans les feux de cimes l'incendie passe du sol vers le faite de l'arbre. Il y aura donc des cimes intactes avec des troncs noircis avant de voir les houppiers brûlés.



Fig. 2.14. Poteaux : du côté d'où souffle le vent, le bois est carbonisé et craquelé.

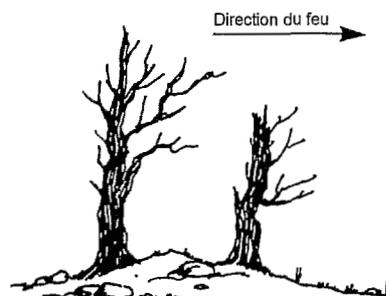


Fig. 2.15. Branches : elles s'inclinent en général dans le sens d'avancement du feu.



Fig. 2.16. Roches : elles sont davantage noircies du côté d'où venait le feu.

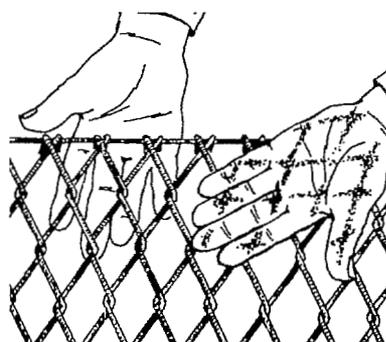


Fig. 2.17. Clôtures en fil de fer : elles sont davantage noircies du côté d'où venait le feu.

2.2.4.3. Recherche de traces

(i) La foudre : il est fréquent de trouver des témoins qui ont vu tomber la foudre. On constate qu'il y a des arbres ou des poteaux cassés ou de la terre remuée.

(ii) Dispositifs incendiaires : ils sont très variés, fabriqués avec des allumettes, cigarettes, cordes, mèches, bidons d'essence, etc. Même si on ne les trouve pas, les conditions de l'endroit (isolé, éloigné) et la faible probabilité d'activités humaines normales, ainsi que l'heure de déclenchement (la nuit, par exemple) sont toutes des traces pour conclure à l'intentionnalité de la mise à feu.

(iii) Fumeurs : le long des routes et aux endroits fréquentés où l'on trouve des pâturages secs, les fumeurs peuvent être les responsables des feux.

(iv) Foyers : c'est une cause facile à identifier aux endroits fréquentés.

(v) Brûlages agricoles ou de bergers : près des zones cultivées ou fréquentées par les troupeaux, il est facile également d'identifier des brûlages atteignant la forêt et venant de ces zones.

(vi) L'utilisation de machines peut également produire des feux. On trouvera des particules métalliques sur le lieu d'origine du feu.

(vii) Les tuyaux d'échappement des voitures en contact avec l'herbe sèche peuvent provoquer sa mise à feu. Cette cause sera identifiée à l'endroit où la voiture était garée.

(viii) Explosifs : on peut les identifier comme cause du feu, par exemple, dans les travaux de construction d'une route, etc.

(ix) Feux d'artifice : Identifier les fêtes dans les villages proches. Des déchets en papier ou des cannes, même des petits parachutes en plastique peuvent être trouvés.

(x) Verres cassés : la mise à feu par effet de concentration des rayons du soleil au travers d'un verre est une cause peu probable mais pas impossible. C'est la raison pour exiger la propreté de la forêt.

(xi) Dépôts d'ordures : ils sont une cause d'incendie très fréquente près des zones urbanisées.

(xii) Lignes électriques : les fils conducteurs peuvent produire des feux quand ils se cassent ou quand ils tombent à terre et prennent contact avec la végétation. C'est aussi une cause très facile à identifier.

(xiii) Combustion spontanée : pratiquement impossible en forêt.

(xiv) Coups de feu des chasseurs : quelques munitions peuvent causer un feu à distance. La présence des chasseurs sera un indice pour identifier cette cause.

2.2.4.4. Etablissement de conclusions

En plus des circonstances et des traces, il convient de considérer l'existence de problèmes locaux provenant de la politique forestière, la chasse, la situation politique, etc.

Il faut toujours établir la cause la plus probable, fondée sur le soupçon le plus vraisemblable.

2.3. Sylviculture préventive

2.3.1. Introduction

A côté de ces actions s'adressant à l'homme, il faut des actions portant sur le milieu forestier lui-même, que l'on désigne sous le terme d'aménagement du combustible. Elles visent à réduire les accumulations de combustible dangereux pour éviter qu'il ne se produise un incendie ou, en cas de déclenchement de celui-ci, pour rendre sa propagation difficile et limiter les dommages qu'il provoque.

L'aménagement du territoire met en jeu des techniques très diverses telles que débroussaillage et élagage, coupes d'éclaircie, broyage de la végétation ligneuse, brûlage dirigé, pâturage contrôlé, mélange d'essences résineuses et de feuillus, semis d'espèces à faible biomasse ou à teneur élevée en sels, ce qui les rend moins inflammables, protection des zones humides, etc. Dans tous les cas, il s'agit d'obtenir des discontinuités horizontales et verticales dans le combustible forestier (zones coupe-feu).

De toutes ces techniques, il faudra favoriser celles qui sont les plus appropriées aux combustibles présents et aux conditions sociales environnantes. Par exemple, le développement du pâturage contrôlé est important là où il y a des conflits forêt-élevage. Le brûlage dirigé sera plus facile à introduire si la population est habituée à pratiquer de vastes incinérations, tandis que son acceptation rencontrera davantage d'obstacles de la part des populations urbaines, comme cela se produit en Europe.

L'aménagement du combustible en tant qu'ensemble de techniques de protection doit être intégré dans la sylviculture, qui traditionnellement a été centrée exclusivement sur les problèmes de régénération et de production. Dans les circonstances actuelles, et notamment dans la région méditerranéenne, la protection contre l'incendie doit être recherchée avec la même priorité que l'aménagement des massifs en vue du rendement soutenu, ce qui garantira ces derniers contre le risque croissant d'incendie.

L'aménagement du combustible, d'autre part, implique des interventions dans de nombreux points des zones boisées et peut être une importante source d'emploi pour la population rurale, de même que les

programmes de reboisement, contribuant ainsi à la politique de conciliation d'intérêts évoquée plus haut.

Ces travaux peuvent aussi fournir à la saison pluvieuse un emploi pour le personnel sélectionné et entraîné qui durant la saison des incendies est employé pour lutter contre le feu, ce qui évitera qu'il ne se détourne vers d'autres activités et que l'on ait à reformer chaque année un personnel nouveau.

2.3.2. Concepts de base

2.3.2.1. Les règles de l'incendie de forêt

Tous les incendies sont des processus de combustion en mouvement dans l'espace, se développant d'après les règles physico-chimiques régissant la transmission de la chaleur et l'émission des gaz combustibles (flammes).

Pour ce qui est des feux de forêt, ces règles font référence à :

- (i) La teneur en eau du combustible mort situé sur le sol de la forêt, qui détermine la quantité de chaleur nécessaire pour que la température monte jusqu'à 200°C, seuil approximatif pour le démarrage de l'émission de gaz combustibles.
- (ii) La structure de la végétation (modèles de combustible) qui conditionne la transmission de la chaleur et la quantité de combustible disponible.

2.3.2.2. La teneur en eau des combustibles forestiers

L'humidité du combustible vivant est une fonction de son état végétatif au long de l'année. Elle peut atteindre plus de 300% au printemps et descendre à moins de 50% à la fin de la période végétative.

L'humidité du combustible fin mort, au contraire, ne peut dépasser 30%, mais peut descendre jusqu'à des valeurs inférieures à 5%, toujours en équilibre hygroscopique avec l'air.

2.3.2.3. L'inflammabilité

La matière végétale est toujours combustible. Cependant son inflammabilité fluctue selon sa teneur en eau.

L'inflammabilité est définie comme le temps écoulé jusqu'à l'émission de gaz inflammables sous l'action d'un foyer de chaleur constant.

Les essais réalisés à l'épiradiateur par l'INRA (Avignon, France) et l'INIA (Madrid, Espagne) ont conduit à l'établissement des listes comparatives de quelques espèces méditerranéennes (Table 2.10).

2.3.2.4. La combustibilité

La combustibilité est un concept en relation avec la progression du feu dans une structure végétale. C'est-à-dire que le feu devient un incendie de par sa propagation qui est une fonction de la combustibilité.

La combustibilité peut être analysée par des modèles structurels, identifiables visuellement, sur lesquels on peut prévoir le comportement du feu.

Cette méthode des modèles de combustibles, développée par R.C. Rothermel, à l'aide de H.E. Anderson, F.A. Albin et d'autres chercheurs nord-américains, décrit treize modèles normalisés, groupés en quatre catégories : (i) herbacées ; (ii) maquis ; (iii) forêts ; et (iv) déchets (cf., définitions selon Table 2.11).

Table 2.10. Inflammabilité (d'après des essais à l'épiradiateur)

INIA	INRA
Essences très inflammables toute l'année	Forte
<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Erica scoparia</i>
<i>Erica arborea</i>	<i>Erica arborea</i>
<i>Erica australis</i>	<i>Calluna vulgaris</i>
<i>Erica herbacea</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Erica scoparia</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Phillyrea angustifolia</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Thymus</i>
<i>Quercus ilex</i>	<i>Ulex</i>
<i>Thymus vulgaris</i>	
Essences très inflammables seulement pendant l'été	Assez forte
<i>Anthyllis cytisoides</i>	<i>Quercus pubescens</i>
<i>Cistus ladaniferus</i>	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Genista falcata</i>	<i>Buxus sempervirens</i>
<i>Pinus pinaster</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>
<i>Quercus suber</i>	<i>Cupressus</i>
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>sempervirens</i>
<i>Rubus idaeus</i>	
<i>Stipa tenacissima</i>	Modérée
<i>Ulex parviflorus</i>	<i>Cistus monspelliensis</i>
	<i>Cytisus triflora</i>
Essences moins inflammables	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Cupressus arizonica</i>
<i>Cistus albidus</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Cistus salvifolius</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Erica multiflora</i>	<i>Viburnum tinus</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>	
<i>Olea europaea</i>	Faible
<i>Quercus coccifera</i>	<i>Cedrus sp.</i>
	<i>Arbutus unedo</i>

En Espagne on a développé une clé photographique pour l'identification de ces modèles dans les écosystèmes forestiers espagnols¹. Ce travail, commencé en 1987, est déjà très avancé pour les forêts des montagnes du Système Central, pour la Galice, l'Andalousie et Valence.

L'identification des modèles est un "input" nécessaire pour l'utilisation du logiciel BEHAVE de prévision du comportement du feu (vitesse de progression, hauteur des flammes, quantité de chaleur dégagée). On étudie aussi le degré de précision que l'on peut espérer à partir des méthodes d'estimation de l'humidité des combustibles fins et morts à partir de tables. Les vérifications réalisées dans quelques incendies réels montrent un degré de fiabilité assez intéressant concernant ces données pour la prévision lors de la phase initiale du feu.

2.3.2.5. D'autres facteurs structurels

L'allure d'un incendie est également influencée par le vent et la topographie. Cependant il faut considérer l'effet combiné de la distribution des plantes sur le terrain, qui peut freiner plus ou moins le vent, favorisant ou gênant le mouvement de l'air chaud dégagé par l'incendie.

Le feu est alimenté par les combustibles situés au ras du sol. La vitesse du vent permettant de prévoir le mode de progression du feu doit donc être mesurée à moins de 2 mètres du sol.

¹Cette clé photographique peut être sollicitée gratuitement à l'adresse suivante : Area de Defensa contra Incendios Forestales, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Gran Vía de San Francisco, No. 4, 28005 Madrid, Espagne.

Table 2.11. Clé des modèles de combustibles

Groupe	Modèle No.	Description
Herbacées	1	Tapis herbacé (pelouse) fin, sec et bas, couvrant complètement le sol. Quelques plantes ligneuses dispersées couvrant moins d'un tiers de la surface. Quantité de combustible : 1-2 t/ha
	2	Tapis herbacé fin, sec et bas, couvrant complètement le sol. Les plantes ligneuses dispersées couvrent entre un tiers et deux tiers de la superficie, mais la propagation du feu est assurée par les herbacées. Quantité de combustible : 5-10 t/ha
	3	Tapis herbacé dense, sec et haut (plus d'un mètre). Typique des savanes, des zones marécageuses et des champs de céréales. Quelques plantes ligneuses dispersées. Quantité de combustible : 4-6 t/ha
Maquis	4	Maquis ou plantation jeune très dense. Plus de 2 mètres de hauteur. Des branches mortes à l'intérieur. Propagation du feu par les couronnes des plantes. Quantité de combustible : 25-35 t/ha
	5	Maquis dense, un mètre de hauteur. Propagation du feu par la litière et les herbacées. Quantité de combustible : 5-8 t/ha
	6	Semblable au modèle No.5, mais avec des espèces plus inflammables ou avec présence de résidus. Propagation du feu seulement par des vents de modérés à forts. Quantité de combustible : 10-15 t/ha
	7	Maquis composé d'espèces très inflammables de 0,5 à 2 mètres de hauteur situées en-dessous de la forêt de conifères. Quantité de combustible : 10-15 t/ha
Forêts	8	Forêt dense, maquis absent. Propagation du feu par la litière très compacte. La forêt dense de Pin sylvestre ou de Hêtre en sont des exemples. Quantité de combustible : 10-12 t/ha
	9	Semblable au modèle No. 8, mais avec une litière moins compacte. Pins à aiguilles longues et rigides, et feuillus à feuilles larges. La forêt de Pin maritime, de Châtaignier ou de Chêne tauzin (<i>Q. pyrenaica</i>) en sont des exemples. Quantité de combustible : 7-9 t/ha
	10	Forêt avec une grande quantité de bois mort sur le sol, du fait des ouragans, de maladies, ravageurs, etc. Quantité de combustible : 30-35 t/ha
Déchets (ligneux)	11	Forêt claire ou fortement éclaircie. Déchets d'élagage ou d'éclaircie dispersés parmi des herbacées qui repoussent. Quantité de combustible : 25-30 t/ha
	12	Prédominance de bois morts sur les arbres. Déchets d'élagage ou d'éclaircie couvrant le sol. Quantité de combustible : 50-80 t/ha
	13	Grandes accumulations de déchets gros et lourds couvrant le sol. Quantité de combustible : 100-150 t/ha

Sur un pâturage, par exemple, le vent ne sera freiné par aucun obstacle. Le feu progressera alors à la vitesse maximale pour cette pente. Toutefois la friction de l'air sur l'herbe ralentira le vent de telle façon que sa vitesse avoisinera 60% de celle mesurée à 10 mètres du sol. Au contraire, dans une forêt fermée, la vitesse du vent tombera jusqu'à 10% de cette valeur de référence de la météorologie (mesure à 10 m).

Sur le flanc d'une montagne, quoique le peuplement forestier soit fermé, le vent peut pénétrer plus aisément qu'il ne le fait au pied de la pente.

En flanc de montagne, la réduction de la vitesse du vent à cause de la forêt sera moins importante. Au contraire, au sommet, les arbres ont une influence très limitée sur le vent. On peut y considérer les combustibles comme étant exposés à la vitesse maximale du vent.

Le vent favorise en général la progression du feu ; mais il peut la freiner, s'il souffle vers la zone déjà brûlée.

La pente a le même effet : en feu montant, elle favorise la progression du feu ; en feu descendant, elle la freine.

Le vent et la pente ont généralement des effets combinés. Le vent remontant renforce ses effets (addition des vecteurs) comme s'il était poussé par la pente.

Les ravins et les vallées étroites canalisent le vent et renforcent ainsi la progression.

Derrière les sommets, sous le vent, on constate des tourbillons, qui combinés avec un changement de direction de la pente, peuvent retarder la propagation du feu arrivant de l'autre côté.

2.3.3. La sylviculture préventive

2.3.3.1. Définition

On peut définir la sylviculture préventive comme l'ensemble des règles comprises dans la sylviculture générale, dont la finalité est la réduction de la combustibilité des structures végétales en forêt, pour accroître la résistance à la progression du feu.

2.3.3.2. Les principes de la sylviculture préventive

D'après cette définition, on peut énoncer les principes suivants :

- (i) L'objectif de la sylviculture préventive est la modification structurelle de la forêt pour contrarier la progression du feu.
- (ii) La méthode pour atteindre cet objectif est la diversification de la forêt, par la création de discontinuités linéaires périmétrales le long des voies d'accès, des ravins, des cours d'eau et des lignes de crête, ainsi que par la conservation ou l'encouragement à alterner ou à mélanger les espèces.
- (iii) La diversification doit respecter le paysage et le caractère de la zone d'intervention, ainsi que les habitats de la vie sauvage (faune et flore).

2.3.3.3. Les interventions sylvicoles

- (i) Les interventions linéaires

Elles consistent essentiellement en l'ouverture et l'entretien des coupures de combustible. Les coupures de combustible périmétrales doivent isoler la forêt des zones contiguës utilisées pour l'agriculture, le pâturage, les habitations, les dépôts d'ordures, les installations industrielles, les communications, etc.

A l'intérieur de la forêt, on entretiendra des coupures de combustible le long des routes, pistes et sentiers, ainsi que le long des ravins et cours d'eau, et des lignes de crête sous le vent. Les coupures de combustible en forêt devront rester généralement boisées (Fig. 2.18).

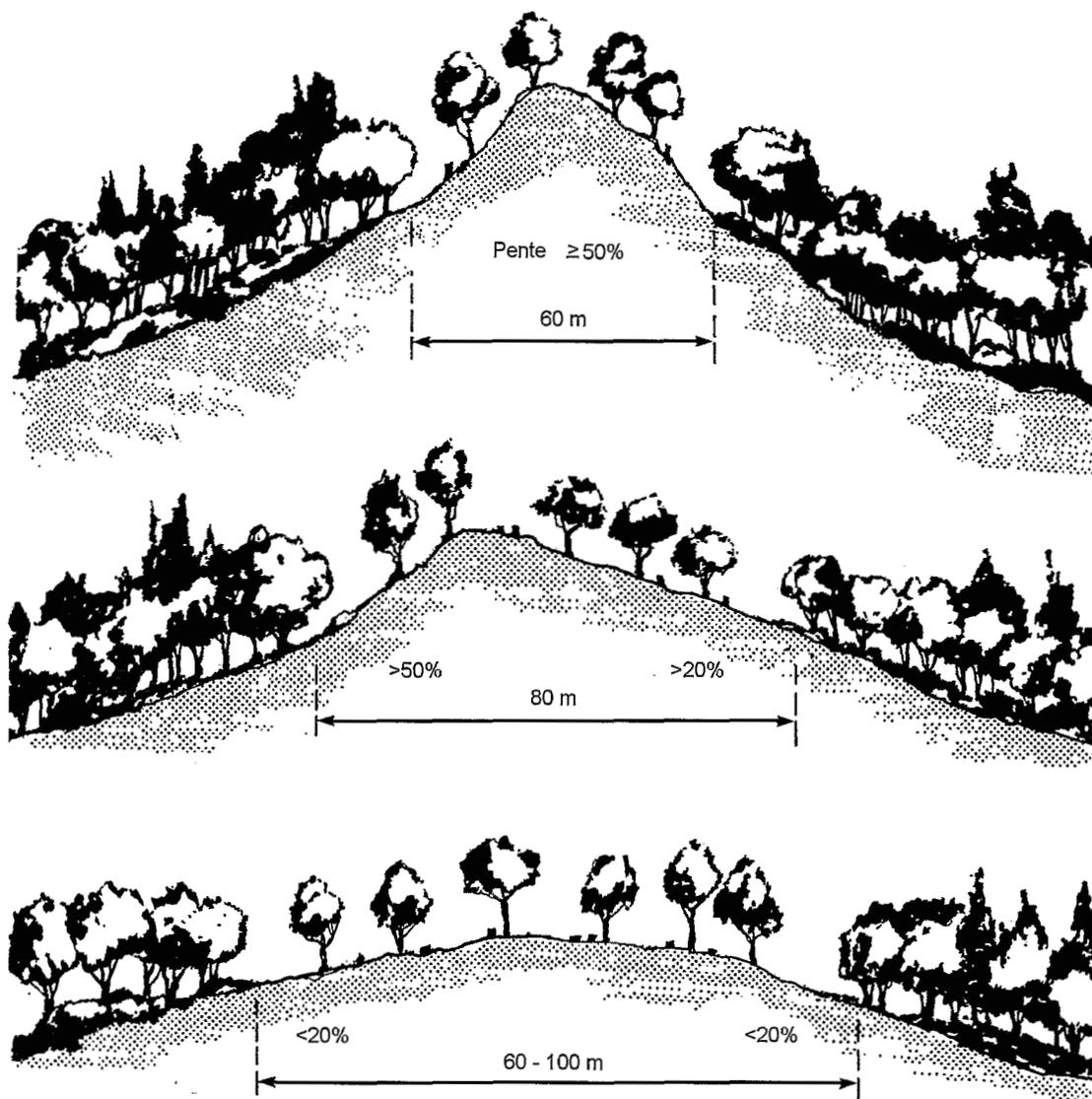


Fig. 2.18. Coupures de combustible à l'intérieur de la forêt.

Le long des voies d'accès (routes, pistes, sentiers), on devra nettoyer complètement une bande étroite de sécurité à sol nu (un à cinq mètres de largeur). Des deux côtés de l'ensemble (piste + bandes de sécurité), on débroussillera le sous-bois sur une largeur variable, d'au moins 10 mètres (Fig. 2.19). Dans cette bande débroussaillée, on élaguera les arbres jusqu'à 4 mètres de hauteur. Mais, en tout cas, on conservera la densité boisée maximale pour obtenir l'un des modèles de combustible où les vitesses de progression du feu sont les moindres (modèles No. 8 ou 9).

Le long des cours d'eau, on doit conserver la végétation spontanée, car elle aura toujours une forte humidité. Toutefois, on peut prévoir son enrichissement par plantation d'espèces ligneuses ripicoles. Il faudra éliminer bien évidemment la végétation morte. Il sera utile d'aménager ou de construire des points d'eau reliés par un sentier ou une piste au réseau de voies d'accès.

En ravins et thalwegs, il faudra éviter l'effet "cheminée". C'est-à-dire qu'on pourra conserver ou même planter des arbres pour freiner le vent, mais le sous-bois y sera éliminé. Ce "bourrage" des ravins peut

avoir aussi un objectif de protection contre l'érosion. Les espèces à planter seront normalement choisies parmi les feuillus locaux pour profiter de la plus grande humidité en fond de ravin (Fig. 2.20). Les ravins parallèles à la direction du vent dominant devront être toujours aménagés comme on vient de le décrire. Au contraire les ravins perpendiculaires pourront être considérés comme des coupures de combustible, aménagées sur le modèle des cours d'eau.

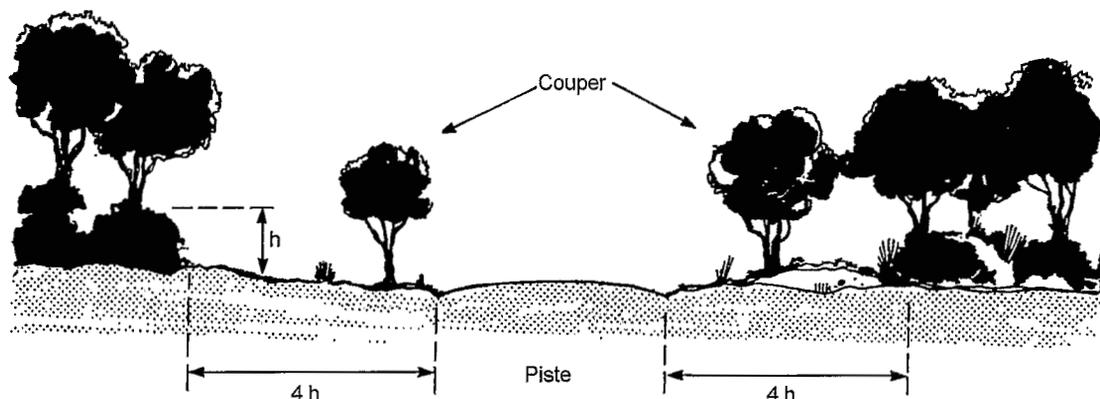


Fig. 2.19. Coupe de combustible le long des voies d'accès.

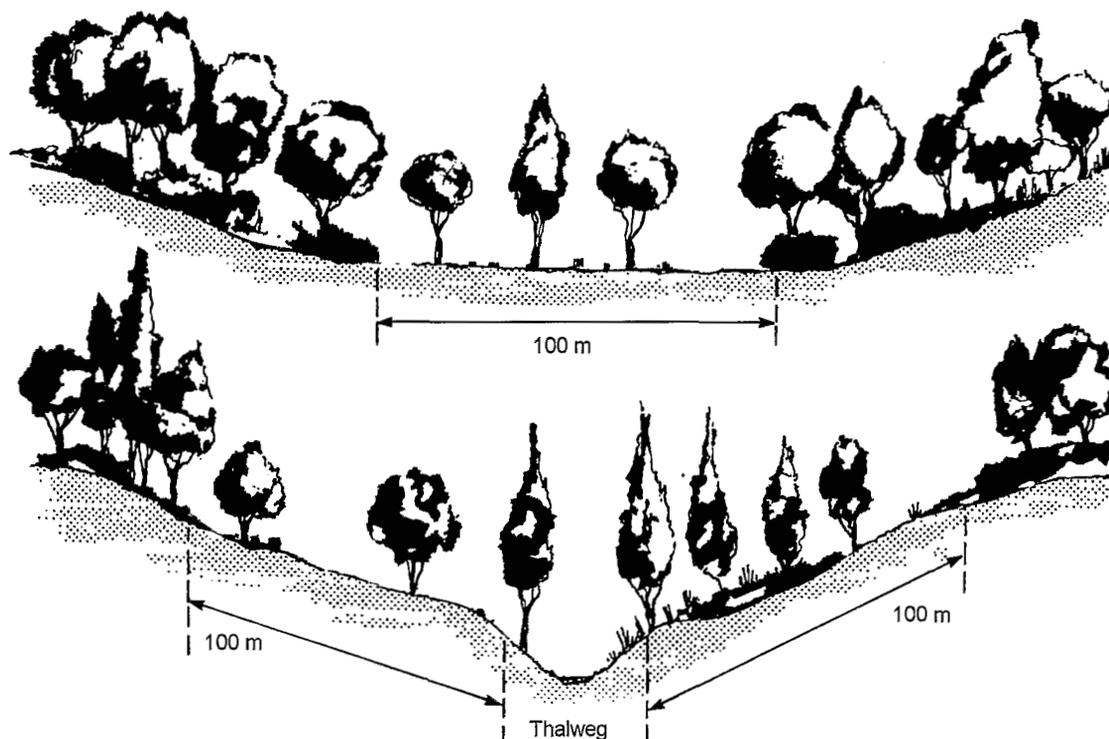


Fig. 2.20. Coupe de combustible dans les ravins et thalwegs.

A proximité des lignes de crête, on doit ouvrir des coupures de combustible perpendiculaires aux vents dominants, mais il faudrait éviter la crête même, en les implantant quelques mètres en dessous et du côté sous le vent. Ces coupures seront des coupe-feu en sol nu utilisables pour allumer des feux tactiques si cela s'avère nécessaire pour arrêter les incendies arrivant de l'autre côté, poussés par le

vent et favorisés par la pente (Fig. 2.21.). Sur la crête, on conservera les arbres mais on réduira les accumulations de maquis et d'herbacées sèches.

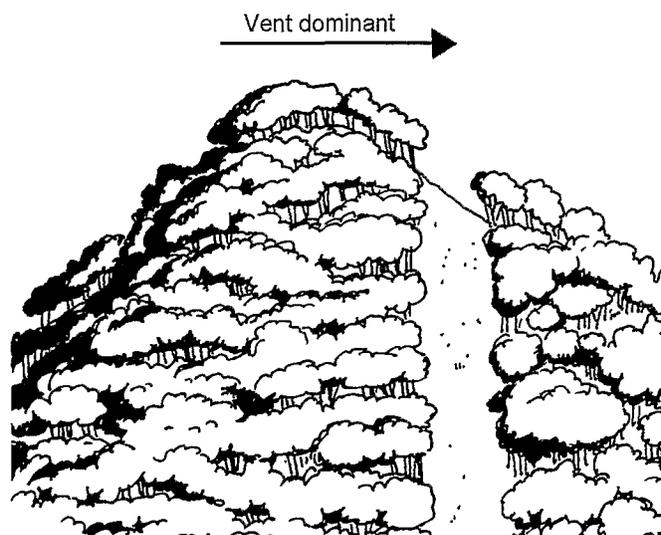


Fig. 2.21. Coupe de combustible à proximité des lignes de crête.

S'il n'y a pas de vent dominant, caractéristique pouvant être considérée comme un facteur décisif, il ne sera pas nécessaire de prévoir des coupe-feu nus. Une piste ou un sentier seront suffisants (Fig. 2.22). En tout cas, il faudra nettoyer le sol en crête, sur une bande la plus large possible, d'au moins 20 mètres.

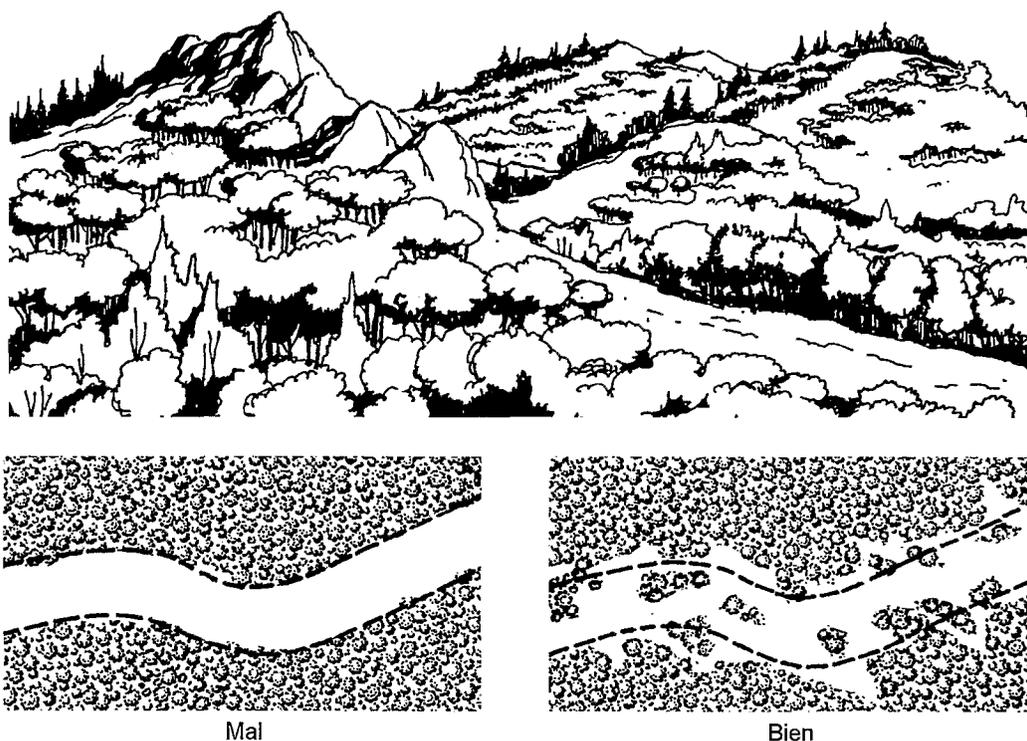


Fig. 2.22. Coupe-feu quand il n'y a pas de vent dominant.

(ii) Les interventions dans la masse boisée

D'après le principe de la diversification, il s'agirait de réduire la monospécificité, surtout en plantations, pour créer une mosaïque d'inflammabilités différenciées, pour "déconcerter" le feu.

Les taillis seront aménagés par la sélection des tiges les plus vigoureuses en éliminant le reste, pour que les modèles de combustible du groupe "maquis" (modèles No. 4, 5 ou 6) se transforment en modèles du groupe "forêt" (modèles No. 8 ou 9).

En futaie, il faudra obtenir une densité complète par succession de bouquets réguliers dans le but d'évoluer vers des modèles moins dangereux (en éliminant le sous-bois par réduction de l'insolation sous les arbres).

Les coupes doivent être organisées pour que les clairières ainsi ouvertes ne favorisent pas la progression d'un feu. Dans ce but, les coupes seront assises contre le vent pour obtenir l'effet de freinage des peuplements fermés. On favorisera, en même temps, la régénération naturelle par dissémination naturelle des graines vers la zone des coupes.

Quant aux espèces, on pourra essayer de favoriser les moins inflammables d'après les classifications de l'INRA et de l'INIA pour les espèces méditerranéennes. Cependant, dans la plupart des cas, ce sont les contraintes écologiques et économiques qui vont conditionner le choix des espèces. Alors il sera efficace de tenir compte, en même temps que de ces contraintes, de la résistance active (forte dissémination des graines ou rejets après le feu) ou passive (écorce épaisse, tige monopodique).

Dans tous les cas, on recommande de favoriser le mélange des espèces ou, au moins, la présence de bosquets d'espèces différenciées pour modifier ou fractionner la continuité du modèle de combustible.

En particulier, toutes les stations où il existe une humidité suffisante devront être réservées aux arbres à feuilles caduques.

(iii) Localisation des interventions

Quoique les feux provoqués par malveillance puissent être allumés n'importe où, la plupart des incendies ont pour origine des activités que l'on pourra prévoir comme le brûlage d'un pâturage, de chaumes ou d'un dépôt d'ordures ou comme les activités récréatives à proximité des routes, des habitations ou des campements.

Les zones forestières proches de ces endroits auront besoin d'une attention préférentielle et c'est là où les modifications structurelles devront être les plus intenses.

Dans tous les cas, il faut noter que les interventions ont pour but de créer des discontinuités, des barrières au feu. Alors, elles auront un caractère linéaire ou de cloisonnement. Les interventions généralisées ne sont jamais recommandables : d'un point de vue économique parce qu'il s'agirait d'une tâche titanesque et interminable, d'un point de vue écologique parce qu'on détruirait l'abri naturel de la vie sauvage.

2.3.4. Les méthodes pour la modification des accumulations de combustible

La création de discontinuités de combustibles et les modifications pour transformer certains modèles en d'autres peuvent être réalisées par diverses techniques, parmi lesquelles on peut citer : (i) le débroussaillage manuel ; (ii) le débroussaillage mécanique ; (iii) l'élagage manuel ; (iv) le brûlage dirigé ; (v) le pâturage contrôlé ; et (vi) l'application de phytocides.

Les techniques à utiliser seront choisies d'après les conditions sociales, écologiques et économiques propres à chaque situation. Par exemple, en régions ayant un problème de chômage rural, le débroussaillage manuel sera préférable au débroussaillage mécanique. S'il y a une demande de terres pour l'élevage extensif, le pâturage contrôlé peut être intéressant, car il permettra d'obtenir un revenu économique et en même temps de nettoyer les coupures de combustible.

Le brûlage dirigé est une technique peu coûteuse, permettant l'intervention sur des surfaces très étendues. Cependant, un entraînement spécifique est nécessaire pour le mettre en pratique. En combinaison avec le pâturage contrôlé, le brûlage dirigé peut être très utile. Les problèmes principaux pour son application sont la courte durée de la période utilisable sans danger et les contraintes de l'opinion publique (Figs 2.23 à 2.26).

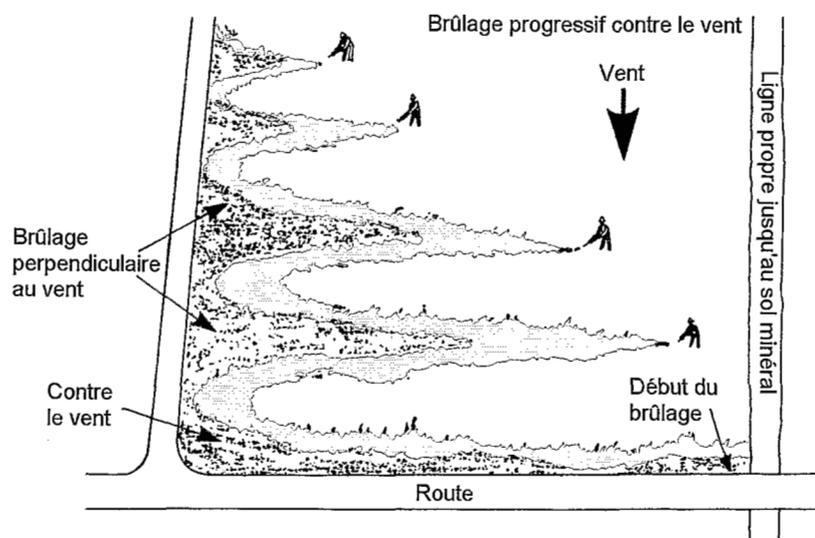


Fig. 2.23. Brûlage progressif contre le vent.

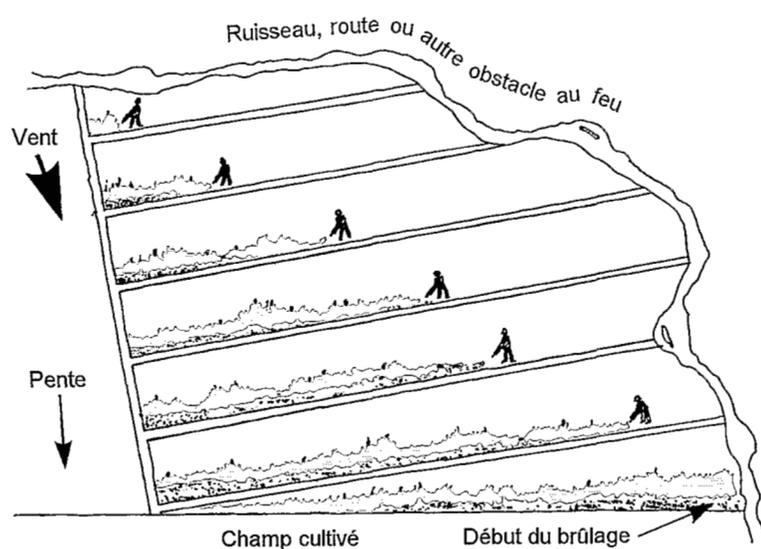


Fig. 2.24. Brûlage progressif contre le vent et la pente.

L'une des modalités, qui pourrait être la plus fructueuse, serait le brûlage "contrôlé" des chaumes, terres en jachères et maquis, organisé en commun dans les contrées où les paysans utilisent traditionnellement le feu pour rajeunir la végétation. Cette approche exige évidemment une action intense de vulgarisation dans les villages pour arriver à des consensus locaux.

L'utilisation des phytocides en Espagne est très limitée et on n'envisage pas leur extension à l'avenir. Les problèmes découlant du coût des produits et les effets sur l'opinion publique en ce qui concerne ses actions éventuelles sur l'environnement caractérisent la situation à propos de cette technique.

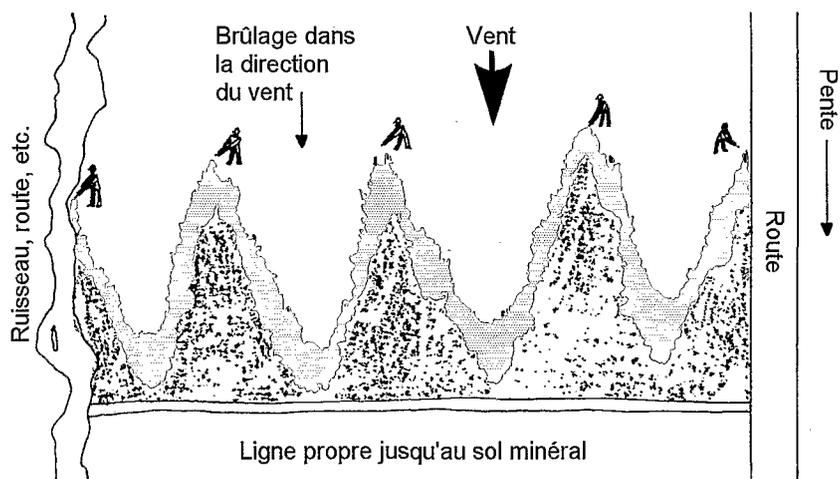


Fig. 2.25. Brûlage dans la direction du vent.

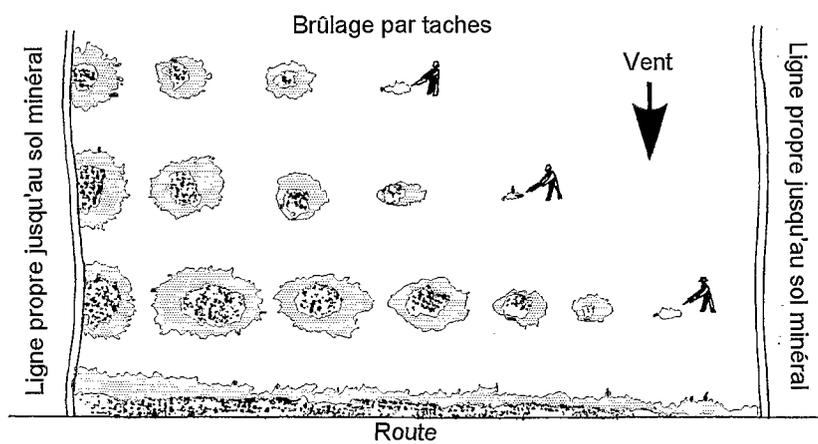


Fig. 2.26. Brûlage par taches.

En tout cas, il faudrait les utiliser en combinaison avec un débroussaillage, pour ne pas accroître la quantité de combustible mort.

Le débroussaillage mécanique exige l'utilisation de machines adaptées aux différents combustibles, sols et pentes. Sa viabilité est très limitée dans une grande partie des forêts espagnoles à cause de la topographie.

L'emploi de déchiqueteuses combiné avec le débroussaillage manuel est plus fréquent en tant qu'alternative du feu pour l'élimination des déchets.

Les subventions pour le débroussaillage peuvent conférer un intérêt économique à l'utilisation ultérieure énergétique des plaquettes ou "chips". Il existe plusieurs expériences d'utilisation à cette fin des sous-produits des nettoisements et des éclaircissements dans les reboisements.

Chapitre 3

La lutte active

3.1. La prédiction du comportement du feu

La prédiction du comportement du feu est une activité préalable à la lutte proprement dite, nécessaire pour déterminer les moyens qu'il faudrait envoyer contre le feu et pour les organiser et les diriger.

3.1.1. Le comportement du feu

Le feu de forêt se développe selon les conditions de l'environnement concernant les combustibles, la topographie et la météorologie.

3.1.1.1. Combustibles forestiers

Plus le combustible est sec, plus la mise à feu sera facile ainsi que la combustion. L'humidité du combustible mort peut être estimée avec les tables du Chapitre 2 (Tables 2.1 à 2.5).

L'humidité du combustible vivant peut être estimée d'après la Table 3.1.

Table 3.1. Estimation de l'humidité du combustible vivant

Etat de développement de la végétation	Teneur en eau (%)
Les feuilles tendres et les herbes annuelles commencent à se développer	300
Les feuilles atteignent leur dimension finale	200
Les feuilles atteignent la maturité et prennent la couleur des feuilles anciennes	100
Commencement de la période de repos végétatif, changement de couleur, quelques feuilles commencent à tomber	50
Totalement sec	30

La quantité de combustible également a une influence sur la propagation, car l'énergie dégagée est une fonction de la quantité de combustible.

Pour la définition des caractéristiques quantitatives structurelles des combustibles, voir la description des modèles de combustibles au Chapitre 2 (Table 2.11).

Les conditions qui augmentent la violence d'un incendie sont : (i) quantité élevée de combustible ; (ii) combustible plus sec ; (iii) combustible léger (herbe sèche, branches minces) ; (iv) combustible aérien ; et (v) combustible non compact.

3.1.1.2. Météorologie

Plus le vent est fort, plus le feu se développe vite. L'air sec et les hautes températures favorisent le dessèchement du combustible et par suite la probabilité de mise à feu (Fig. 3.1).

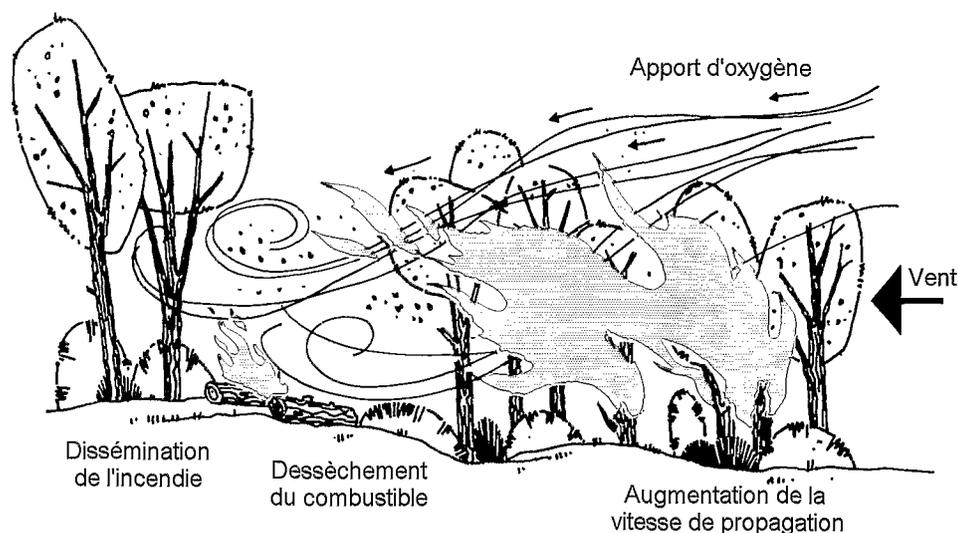


Fig. 3.1. Vent. Effets du vent sur l'incendie.

Les conditions augmentant la violence d'un incendie sont : (i) la vitesse du vent ; (ii) les hautes températures ; (iii) la longue durée de la sécheresse ; et (iv) l'instabilité du temps (les coups de vent, la turbulence).

3.1.1.3. Topographie

Plus la pente est forte, plus le feu monte vite. Les versants sud sont plus ensoleillés et donc plus secs. Les vents suivent le sens des vallées et surtout des défilés (Fig. 3.2).

Les conditions augmentant la violence d'un incendie sont : (i) pentes plus fortes ; (ii) versant sud ; (iii) défilés et vallées étroites ; et (iv) combustibles qui roulent de haut en bas de la pente.

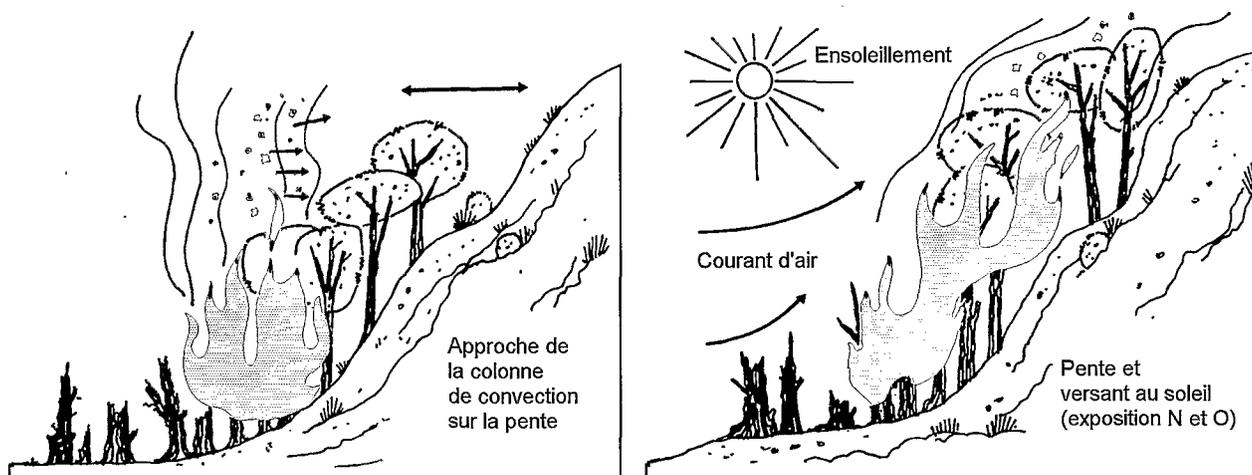


Fig. 3.2. Pente. Effet de la topographie sur l'incendie.

3.1.1.4. Prédiction par nomogrammes ou logiciel BEHAVE

La prédiction peut être aidée par l'utilisation de nomogrammes mis au point à l'Intermountain Fire Science Laboratory, Missoula, Montana, USA. Il existe une version informatisée ou logiciel (BEHAVE) pour PC (versions en anglais et en espagnol).

Les données d'entrée sont recueillies sur le formulaire de la Table 3.2.

Table 3.2. Formulaire pour la prédiction du comportement du feu

Détection du feu	Heure.....
Date.....	Délai de prédiction.....
Données pour la prédiction	
1. Lieu	.....
2. Pourcentage du modèle de combustible	.....
3. Modèle de combustible	.....
4. Pourcentage d'ombre	.....
5. Température	.....
6. Humidité relative	.....
7. Humidité du combustible mort	.....
8. Humidité du combustible vivant	.....
9. Vitesse du vent (6 m)	.....
10. Coefficient de correction du vent [†]
11. Vitesse du vent en surface	.....
12. Pente maximale	.....
13. Durée de la prédiction	.....
14. Vitesse effective du vent	.....
Valeurs de la prédiction	
15. Vitesse de propagation	.....
16. Chaleur par unité de superficie	.....
17. Intensité linéaire du feu	.....
18. Longueur de la flamme	.....

[†]Voir Table 3.3

Table 3.3. Coefficients de correction du vent

Combustibles sans protection contre le vent	Coefficient de réduction de la vitesse du vent
Combustibles exposés	
Modèle 4	0,6
Modèle 13	0,5
Autres	0,4
Combustibles partiellement protégés	0,3
Combustibles totalement protégés	
Forêt ouverte	0,2
Forêt fermée	0,1

3.2. L'attaque initiale contre le feu

Quand un feu est détecté, il faut mettre en action le système de lutte qu'on aura préalablement organisé. La "règle d'or" pour obtenir l'efficacité optimale est d'arriver sur le lieu de l'incendie le plus tôt possible, quand la surface brûlée est réduite et l'énergie dégagée ne peut pas encore alimenter un grand incendie.

Les phases de l'attaque initiale sont les suivantes.

3.2.1. Activités suite à la détection

Il faut demander au système de détection quelques données pour optimiser la sortie :

- (i) Localisation du feu : village le plus proche, nom de l'endroit, points de référence (rivière, vallée, etc.).
- (ii) La route la plus indiquée pour y arriver.
- (iii) Le propriétaire de la forêt.
- (iv) Surface et périmètre estimés au moment de la détection.
- (v) Modèle de combustible qui brûle.
- (vi) Vitesse du vent.
- (vii) Cause soupçonnée.
- (viii) Les forêts, maisons, etc., menacées par l'incendie.
- (ix) Le nom de la personne qui a détecté le feu.

D'après toutes ces informations, on décidera des moyens à mobiliser et on désignera le responsable de coordonner et de diriger ces moyens pour lutter contre le feu.

3.2.2. Activités en route vers le feu

Le chef de chaque brigade qui se dirige vers le feu doit revoir avec ses hommes ce qu'ils connaissent sur la zone de l'incendie concernant :

- (i) Combustibles et topographie.
- (ii) Chemins et pistes.
- (iii) Barrières naturelles et artificielles contre le feu.
- (iv) Propriétaires des forêts.
- (v) Incendies récents dans la zone et leurs causes.
- (vi) Comportement du feu lors des incendies récents.

En se rapprochant du feu, il faudrait :

- (i) Vérifier le vent, sa direction et sa variabilité (Fig. 3.3).
- (ii) Vérifier les caractéristiques de la fumée : si elle monte à la verticale et que la visibilité n'est pas bonne, les conditions sont stables. Si elle se déplace à l'horizontale et que la visibilité est bonne, la situation est instable et il faut compter que le vent est variable (Fig. 3.3).

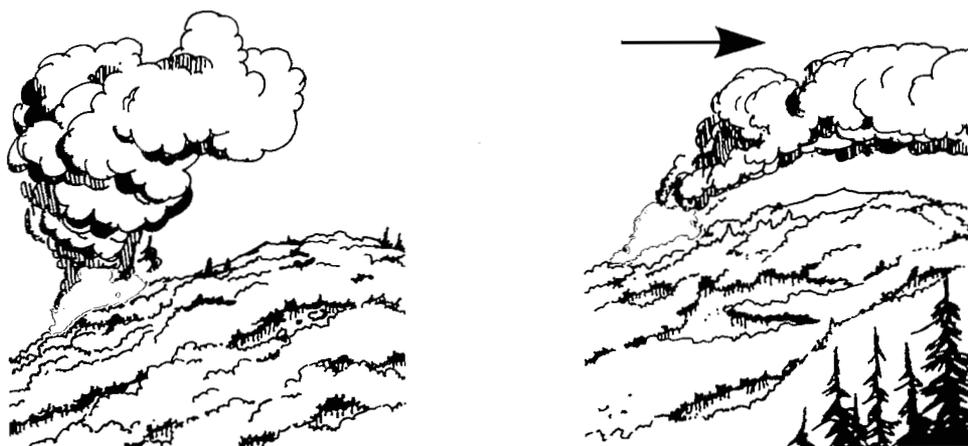


Fig. 3.3. Caractéristiques de la colonne de fumée.

La fumée blanche est normalement un signe de feu de maquis :

- (i) Se rapprocher du feu par le point où l'on prévoit que l'attaque initiale sera possible, mais prendre des précautions pour éviter des accidents.
- (ii) Vérifier si quelqu'un arrive dès le début de l'incendie et lui demander de s'identifier.
- (iii) Vérifier s'il y a des traces concernant la cause de l'incendie.

3.2.3. Activités en arrivant sur le lieu de l'incendie

En arrivant au feu, il faut regarder pour saisir la situation. Les données à vérifier sont les suivantes :

- (i) Point d'origine et cause la plus probable.
- (ii) Surface et périmètre du feu.
- (iii) Biens menacés (maison, forêts, installations).
- (iv) Météorologie : vent.
- (v) Comportement du feu : vitesse du front, hauteur des flammes, foyers secondaires.
- (vi) Types de feu : feu de maquis, feu de cimes.
- (vii) Modèle de combustible : 1 à 13 ou mélange.
- (viii) Topographie : pentes, défilés, vallées, etc.
- (ix) Barrières : routes, rochers, lacs ou rivières, zones cultivées.
- (x) Heure du jour : l'après-midi, le contrôle est très difficile ; la nuit et l'aube, le feu est moins violent et l'extinction devient plus facile.

3.2.4. Décisions à prendre

- (i) Où entamer l'attaque.
- (ii) Type d'attaque : directe, indirecte, contre-feu.

- (iii) Localisation de la ligne de défense.
- (iv) Largeur de la ligne de défense et moyens pour la construire.
- (v) Renforts à demander.

3.2.5. La ligne de défense

Pour placer et construire la ligne de défense, il faudrait :

- (i) Vérifier la vitesse d'avancement du feu par constatation de la progression dans un délai fixé, par exemple, 1 minute ou 5 minutes.
- (ii) Etablir, comme hypothèse de travail, l'emplacement de la ligne de défense le mieux possible pour protéger les biens menacés.
- (iii) Calculer, d'après le rendement du personnel ou du tracteur à utiliser, le temps nécessaire pour construire la ligne de défense théorique.
- (iv) Prévoir où sera le front de l'incendie dans le délai nécessaire pour construire la ligne de défense.
- (v) Corriger l'emplacement de la ligne si nécessaire.

3.2.6. Quelques règles pour placer la ligne de défense (Figs 3.4 à 3.10)

- (i) Si le feu monte, la ligne devra être placée immédiatement derrière la cime.
- (ii) Si le feu descend, la ligne devra être placée en bas de la pente.
- (iii) La ligne doit être placée contre des barrières naturelles : rivières, lacs, rochers, etc.
- (iv) La ligne doit être placée contre des barrières artificielles, telles que pistes, routes, coupe-feu, utilisables comme voies d'accès et voies de fuite en cas de besoin.
- (v) La ligne ne doit pas montrer d'angles très aigus.
- (vi) La ligne doit contourner les foyers secondaires.
- (vii) La ligne doit être suffisamment séparée du périmètre du feu, selon sa vitesse de progression.

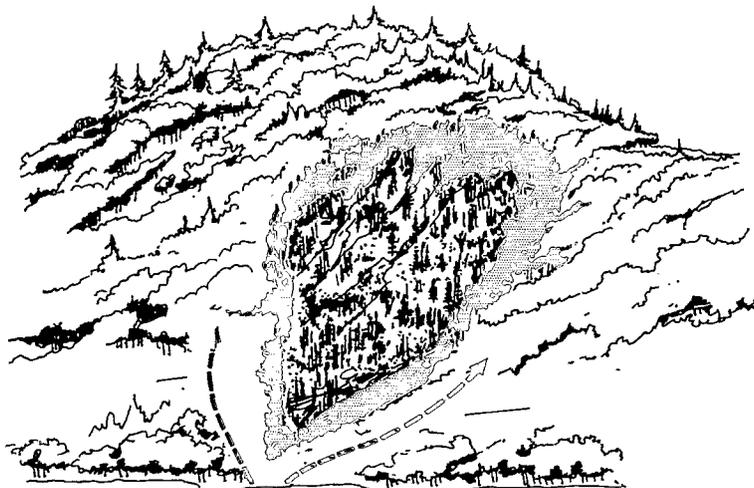


Fig. 3.4. Incendie trop grand pour le contrôler avec une seule brigade. L'attaque est menée directement par les flancs et des renforts sont demandés pour attaquer le front de l'incendie.



Fig. 3.5. Incendie en pente modérée. On ouvre une ligne de défense sur le front, le plus près possible du bord. Ensuite on encercle. Lorsque la chaleur le permet, on passe à l'attaque directe.

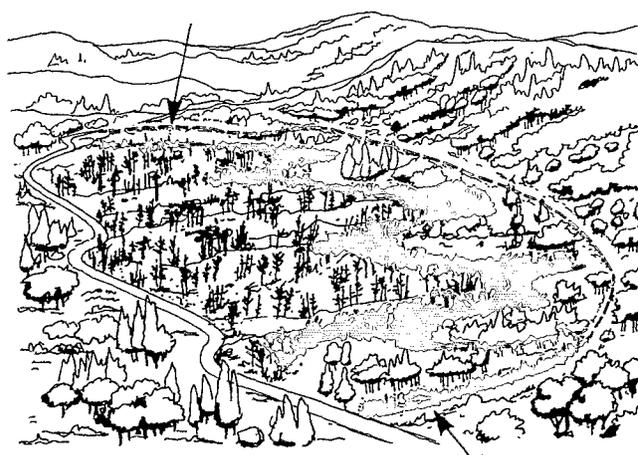


Fig. 3.6. Incendie à contour très irrégulier. On ouvre une ligne de défense renfermant les doigts de l'incendie et on brûle depuis la ligne vers le front.



Fig. 3.7. Incendie sur une forte pente. On ouvre une ligne des deux côtés de haut en bas et on brûle à partir de celle-ci.

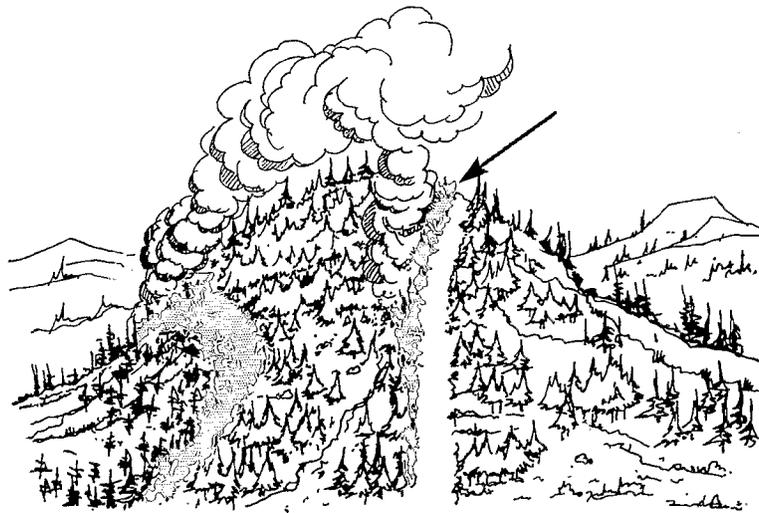


Fig. 3.8. Incendie qui remonte une pente forte. On ouvre une ligne de défense un peu en arrière de la crête et on fait un contre-feu.



Fig. 3.9. Incendie qui descend une pente. On ouvre une ligne de défense de l'autre côté de la gorge.



Fig. 3.10. Contre-feux auxiliaires. Le contre-feu, parfois, n'avance pas facilement vers l'incendie. On peut provoquer des brûlages auxiliaires pour attirer le contre-feu.

3.2.7. Caractéristiques de la ligne (Figs 3.11 à 3.14)

- (i) Feu de surface (maquis, herbacées) : la ligne aura une largeur de 0,5 à 4 m, selon la violence du feu. Elle sera nettoyée jusqu'au sol minéral.
- (ii) Feu de cimes : la ligne aura une largeur de 7 à 10 m. Elle sera nettoyée également jusqu'au sol minéral et utilisée comme base pour allumer un contre-feu.
- (iii) Feu de sous-sol : la ligne aura une largeur de 0,3 m au moins jusqu'au sol minéral, encerclant totalement l'incendie.



Fig. 3.11. Feu de surface.

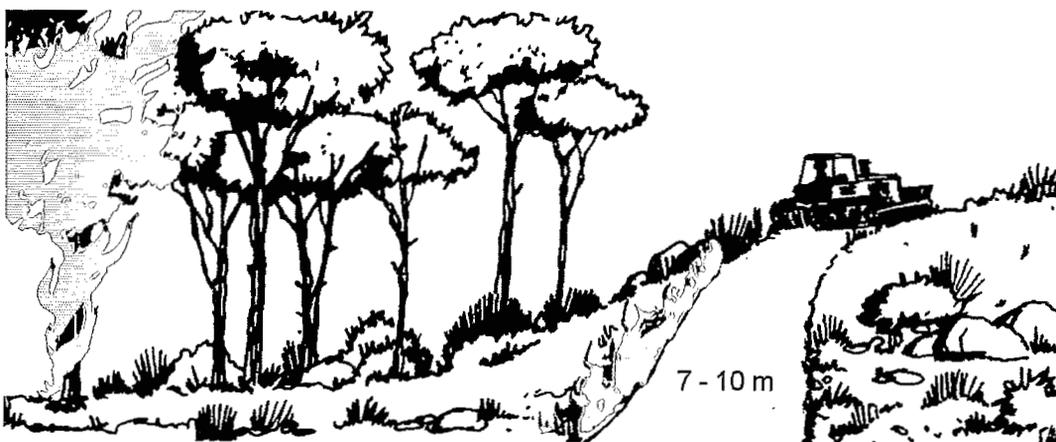


Fig. 3.12. Feu de cimes.

3.2.8. Liquidation de l'incendie

Après avoir éteint les flammes tout au long du périmètre de l'incendie, il faut patrouiller pour éviter que le feu ne reprenne.

Avec une pelle et un râteau, il faut remuer la terre le long du périmètre en cherchant les points qui sont encore en ignition et les éteindre avec de la terre ou de l'eau (Fig. 3.15).

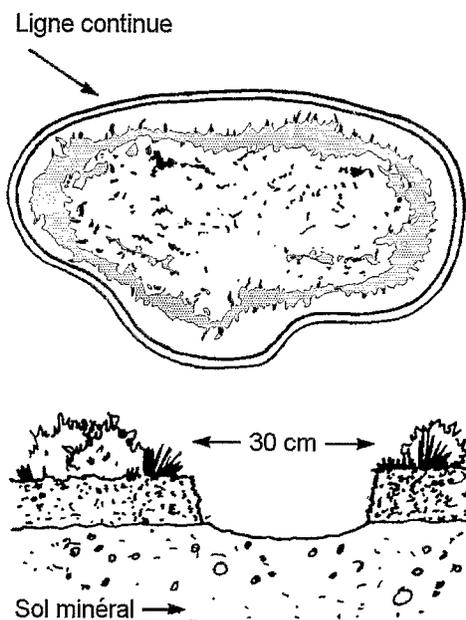


Fig. 3.13. Feu de sous-sol.



Fig. 3.14. Les bandes d'appui que l'on ouvre à moitié de versant sont complétées par des fossés capables de retenir les matériaux en ignition qui pourraient descendre en roulant.

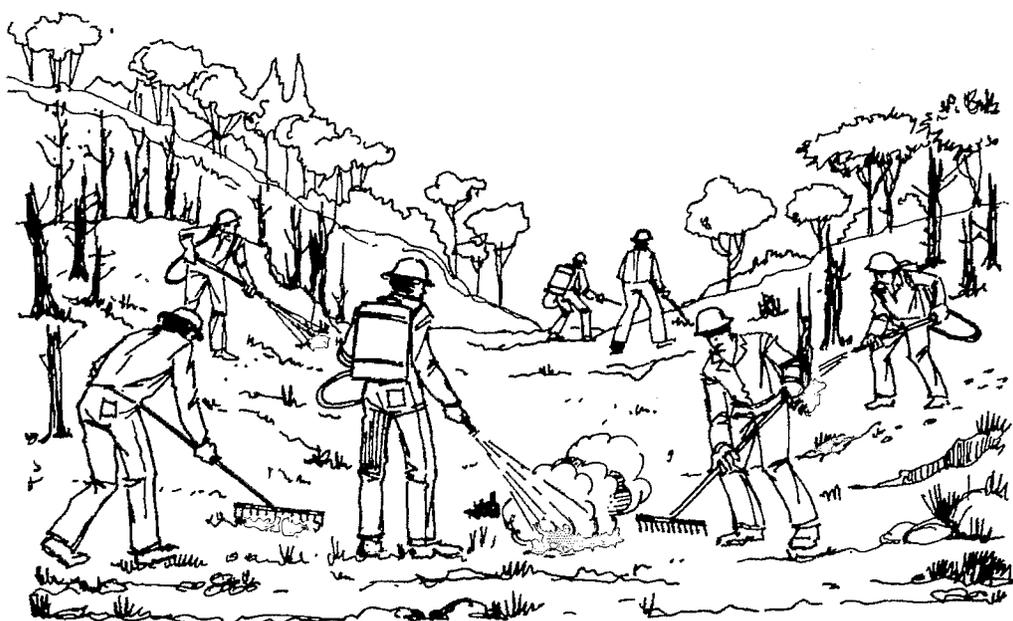


Fig. 3.15. Fin de l'incendie. Après avoir éteuffé l'incendie, on doit patrouiller avec des extincteurs et des pelles pour éteuff toute reprise jusqu'au moment où l'on considère que l'incendie est éteint.

Il ne convient pas d'utiliser pour cette opération les brigades ayant participé à l'extinction, car les hommes seront fatigués. Il vaut mieux employer un autre personnel, qui sera peut-être moins expérimenté. Cependant, il faut en tout point liquider correctement l'incendie, car les reprises du feu sont toujours très dangereuses et destructives.

3.3. L'équipement de terre

3.3.1. Personnel

Un personnel entraîné et présentant des effectifs suffisants est une condition fondamentale pour pouvoir entreprendre la lutte active avec succès. Lorsque les feux sont sporadiques, il est possible de compter sur la mobilisation de la population la plus proche, mais s'ils sont très fréquents, la volonté de coopérer décroît tandis que les risques pour les personnes augmentent, et il est alors nécessaire d'employer des moyens mécaniques de soutien plus importants. Dans ce cas, il faut employer un personnel qualifié engagé à temps plein dans la lutte contre le feu, au moins durant la saison des incendies.

Le schéma d'organisation qui procure le meilleur niveau de protection est celui qui consiste en un service général permanent contre incendies qui, lorsque la saison de danger d'incendie arrive, est renforcé par un personnel et des moyens spécifiquement forestiers. Les dimensions de ce service doivent être initialement conçues en fonction du risque général d'incendie existant, abstraction faite du risque d'incendie de forêt. Son existence permettra également la défense de la forêt en dehors de la période de danger d'incendie, ainsi que l'entretien adéquat et permanent des équipements mécaniques (camions-pompes, etc.). La coordination avec les brigades opérant à la saison sèche permettra d'obtenir une couverture maximale au moindre coût. La densité des brigades dépendra du risque d'incendie et du réseau de chemins existant. A titre indicatif, on peut avancer un chiffre d'une brigade pour 10.000 hectares avec un risque modéré, et d'une brigade pour 5.000 hectares avec un risque élevé.

Le service permanent d'incendie devra dépendre des autorités municipales, étant donné que sa protection s'étendra à toutes les catégories de propriétés urbaines, industrielles ou rurales. En revanche, les brigades opérant en période de danger d'incendie devront dépendre de l'administration forestière, afin de fonder leur intervention sur les intérêts forestiers et d'y incorporer la connaissance du milieu forestier et du comportement du feu dans celui-ci.

Le fonctionnement correct de ce schéma exige un cadre juridique approprié qui délimite clairement les compétences et les responsabilités, et indique qui a autorité pour mobiliser les moyens, qui doit diriger la lutte, etc. De même, il doit y avoir une normalisation complète du matériel et des procédures d'action afin d'assurer une utilisation optimale des ressources. Les normes doivent inclure des spécifications sur la condition physique du personnel, son équipement de sécurité, et son entraînement pour la survie dans les situations extrêmes qui peuvent se présenter lors des incendies de forêt.

3.3.2. La détection

Les moyens fondamentaux de lutte nécessitent une série d'éléments complémentaires garantissant leur efficacité.

Un réseau de détection couvrant toutes les zones boisées, avec un bon système de communications, est indispensable pour mobiliser les unités de lutte et réaliser une première attaque rapide, dont le délai ne devrait pas dépasser une demi-heure. Des systèmes perfectionnés tels qu'avions munis de détecteurs à infrarouges ou caméras de télévision au sommet de tours en zones urbanisées peuvent compléter un réseau basé sur des observateurs fixes ou mobiles ayant une bonne connaissance du terrain, mais non s'y substituer. Des hommes expérimentés restent la pièce maîtresse de la détection, de même que de l'extinction.

3.3.3. Les outils manuels

Le personnel des brigades d'extinction est normalement le premier moyen arrivant à l'incendie, surtout quand on le transporte par hélicoptères pour réduire le temps de la première attaque.

Dans la majorité des cas, ce personnel doit intervenir sans le support de moyens mécaniques à cause des difficultés d'accès.

Par conséquent ce personnel doit compter principalement sur les outils manuels qu'il transporte lui-même.

Les types d'outils manuels sont :

- (i) Outils pour l'élimination mécanique du combustible : pelles, houes, haches, râteliers, poulaskis, macleds, scie électrique.
- (ii) Outils pour le brûlage préalable du combustible : torche à dégouttement.
- (iii) Outils pour étouffer le feu : batte-à-feu.
- (iv) Outils pour refroidir : extincteur portatif (environ 20 litres).

On peut indiquer parmi ces outils les radios portatives car elles sont un instrument indispensable pour l'efficacité et la sécurité de la brigade.

Tous ces outils doivent avoir les caractéristiques générales suivantes (Figs 3.16 à 3.25) : (i) conception ergonomique ; (ii) légers : moins de 2 kg ; (iii) utilisables pour plusieurs buts ; (iv) utilisables sans besoin d'un entraînement compliqué ; et (v) entretien facile par le personnel même qui l'utilise.

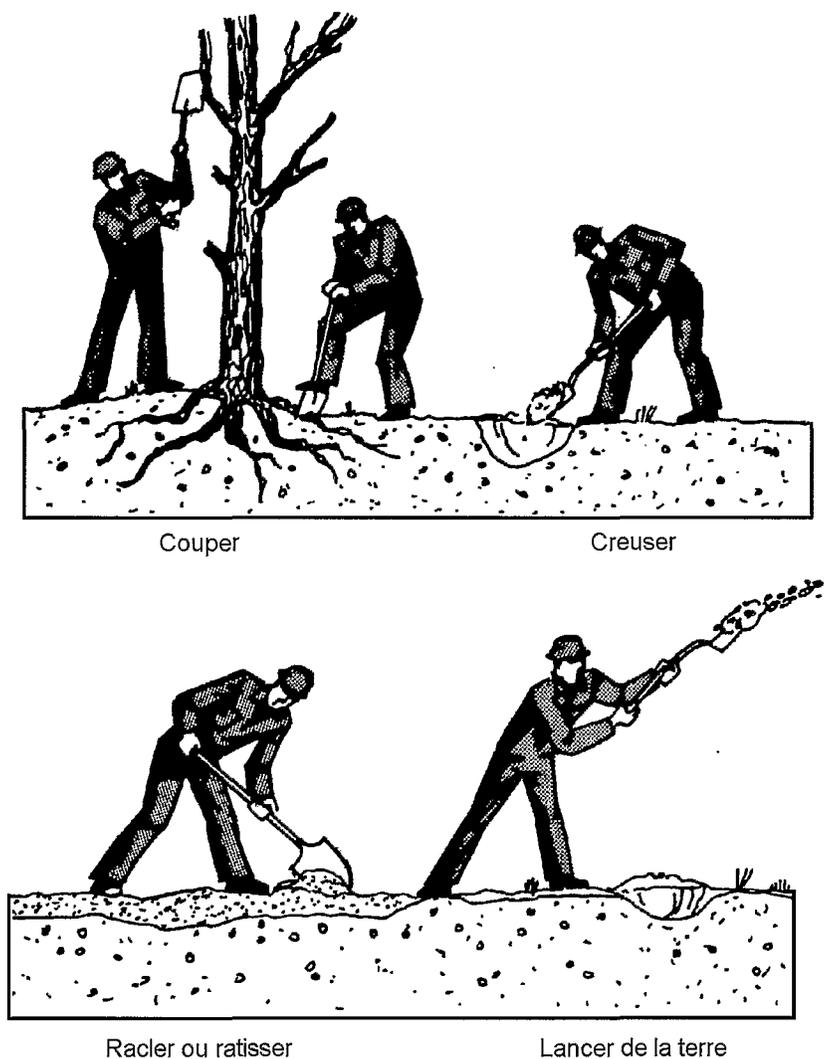
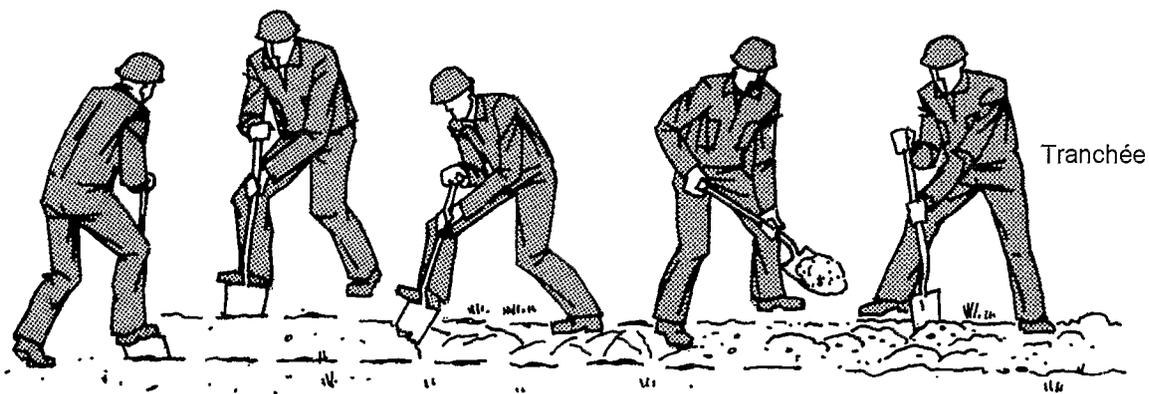


Fig. 3.16. Pelle pour extinction. Les quatre fonctions de la pelle.



Coupure profonde dans le sol combustible

Séparation en tronçons

Arrachage de l'humus

Nettoyage

Tranchée

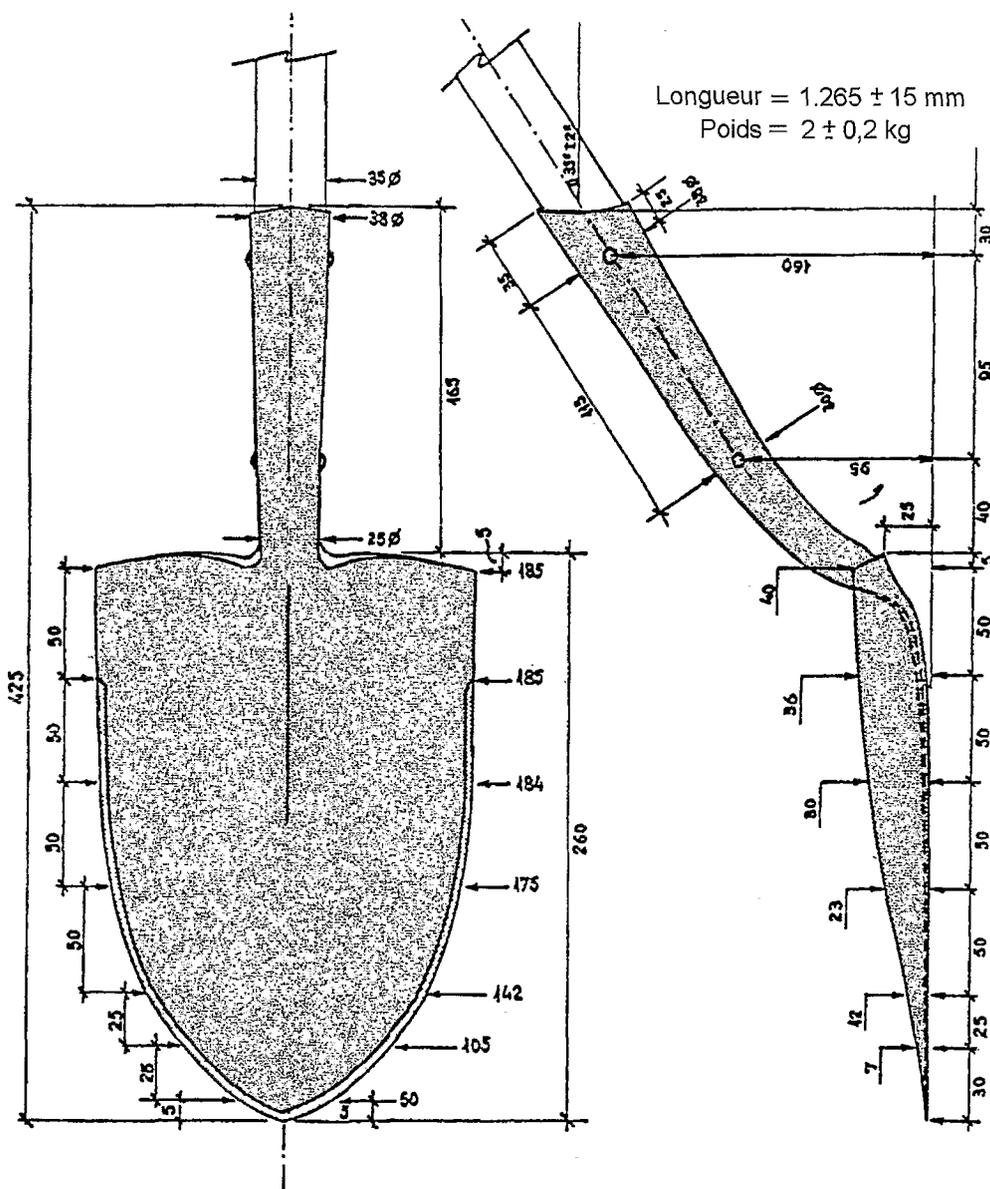


Fig. 3.17. Construction d'une ligne de défense avec la pelle.

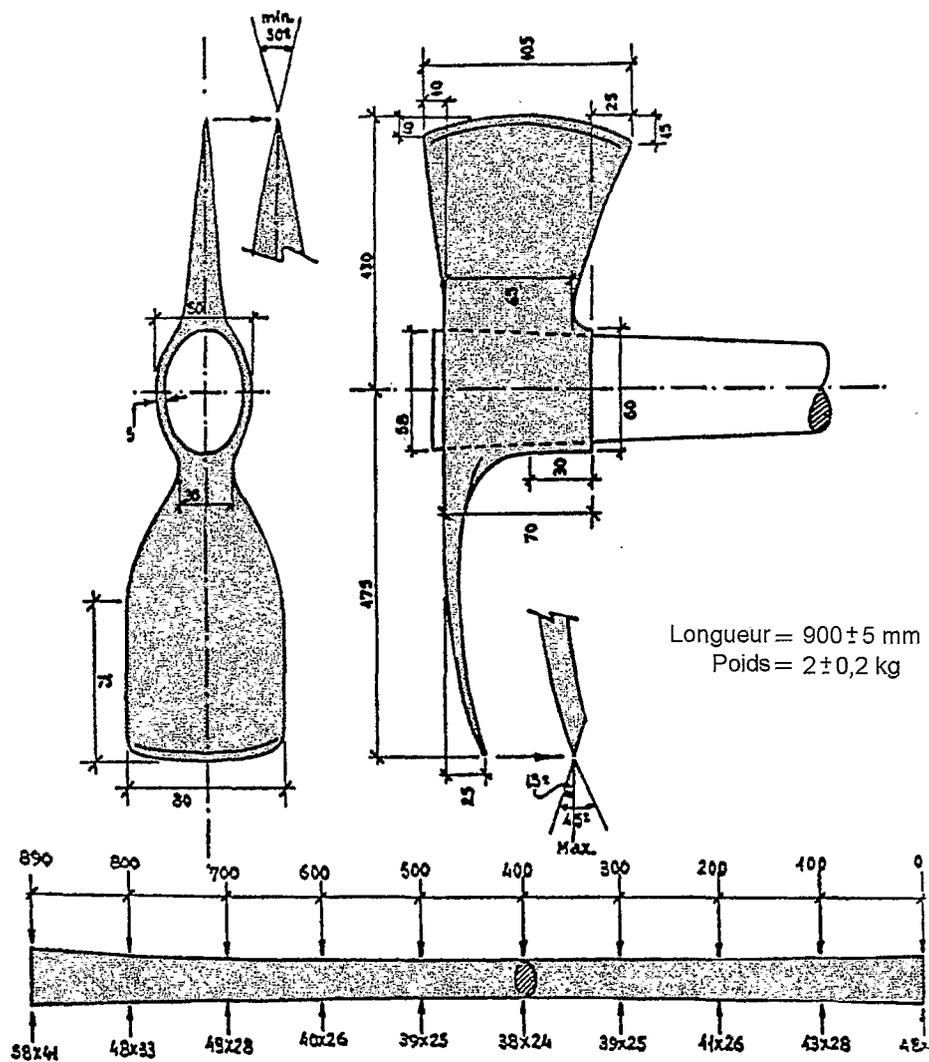
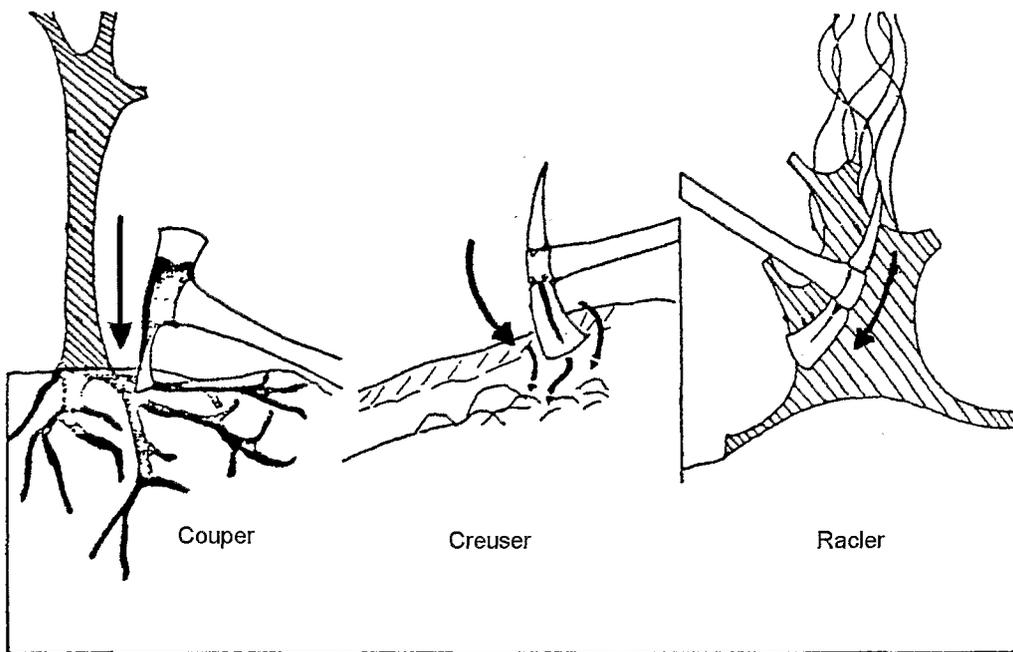
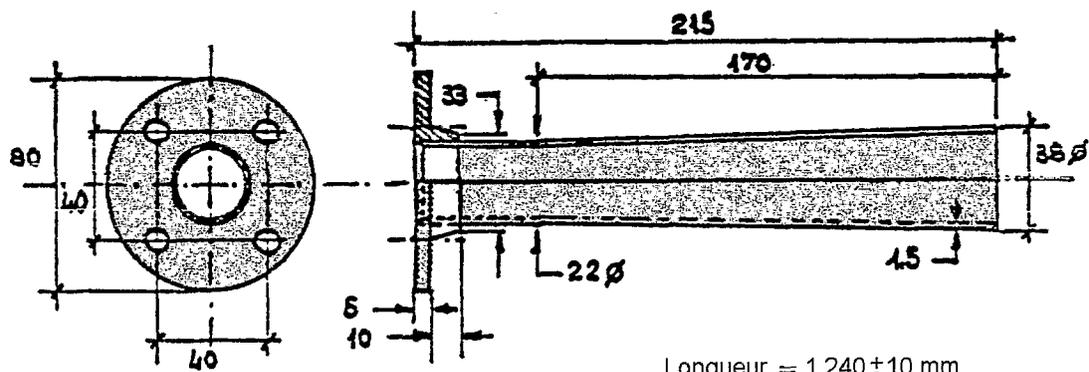
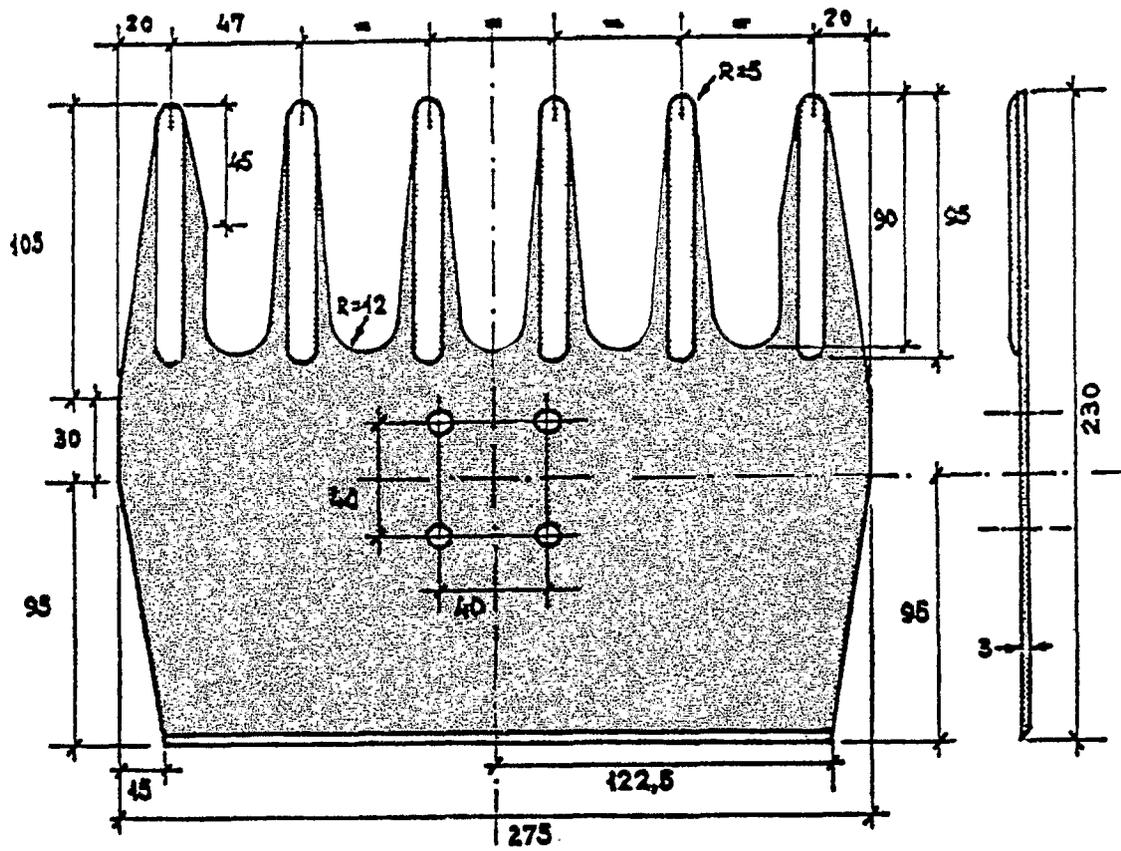


Fig. 3.18. Hache-houe (Poulaski). Application de la hache-houe.



Longueur = 1.240 ± 10 mm
 Poids = $2,2 \pm 0,2$ kg

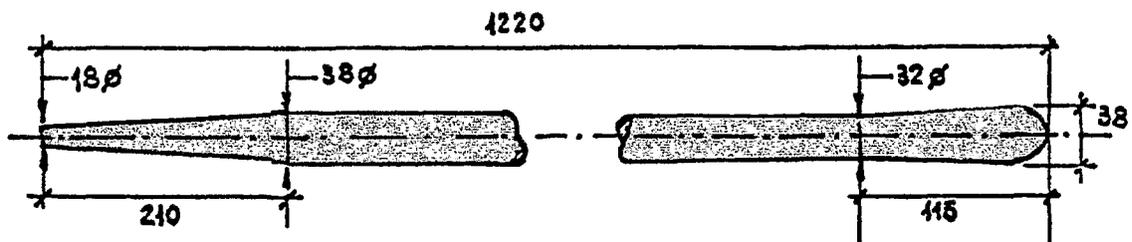


Fig. 3.19. Râteau-houe (McLeod).

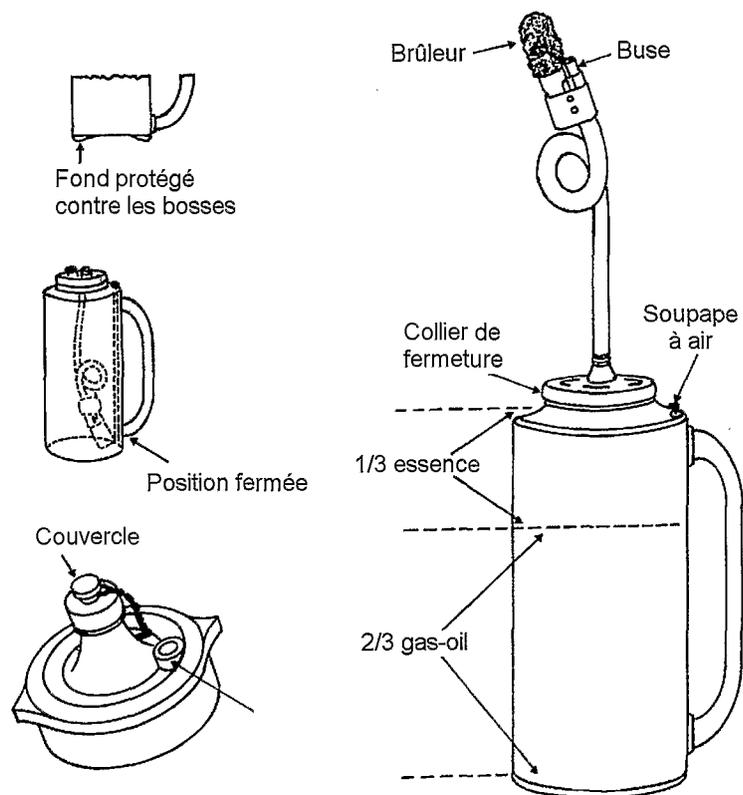


Fig. 3.20. Torche goutte-à-goutte. On l'utilise pour des brûlages et des contre-feux.

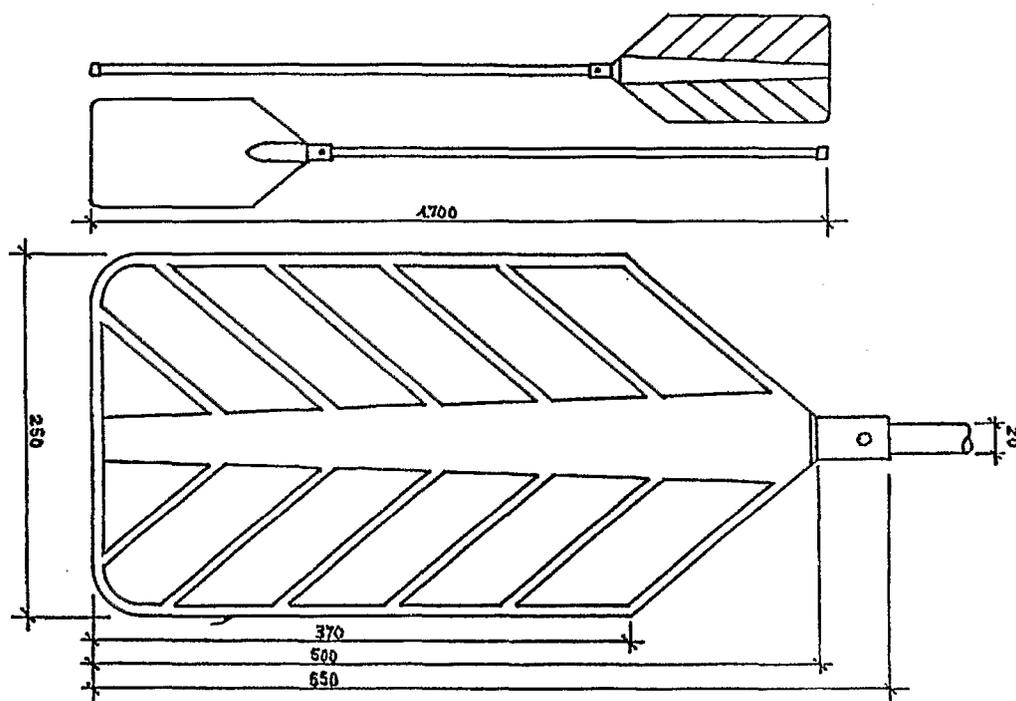


Fig. 3.21. Batte-à-feu. La batte-à-feu sert à donner des coups secs contre la base des flammes, en la retenant momentanément contre le sol pour les étouffer. Le coup doit être dirigé vers la surface brûlée pour que les brandons qui sautent retombent sur celle-ci.

3.3.4. Les motopompes portatives

Les motopompes portatives sont utilisées pour faire monter de l'eau ou pour l'attaque.

Pour faire monter de l'eau, les motopompes à basse pression (<4 atm) sont suffisantes. Elles sont de plus très fréquentes sur le marché. Mais pour les opérations d'attaque, on a besoin de pressions plus hautes pour vaincre la perte de charge développée dans les tuyaux longs. Des pressions de l'ordre de 15 atm seront nécessaires. L'offre de motopompes portatives capables de fournir des pressions si hautes est très réduite.

La plupart des motopompes sur le marché sont conçues pour l'attaque des feux urbains ou industriels, ce qui requiert des pressions peu élevées (8-10 atm) et l'impulsion de débits très importants. Le poids de l'unité n'est pas une condition limitative, car le transport est toujours fait par véhicule.

Au contraire, pour l'extinction des feux de forêt, on a besoin de débits moins importants, d'environ 350 litres/minute, avec des pressions maximales de 15 atm et un poids d'équipement inférieur à 25 kg.

La viscosité de l'eau à impulser, qui contient une grande proportion de particules en suspension, empêche l'utilisation de pompes volumétriques à piston ou à engrenages. Les pompes centrifuges sont préférables, avec des moteurs à deux phases, car le rapport puissance/poids est avantageux sur les moteurs à quatre phases à essence ou diesel, quoique le rendement soit moindre.

Pour faciliter le transport, il convient que le réservoir à essence soit une unité indépendante.

Le matériel complémentaire doit aussi être conçu en tenant compte du manque d'eau en forêt :

- (i) Citernes portatives pliantes de 500 à 1.000 litres de capacité.
- (ii) Lances pour impulser plus de 10 litres/min. A 10 atm.
- (iii) Tuyaux à faible diamètre (25 mm de diamètre).

Ces équipements doivent présenter les caractéristiques générales suivantes : (i) compacts ; (ii) légers (<25 kg) ; (iii) à débit réduit (<350 litres/min) ; (iv) à haute pression (>15 atm) ; (v) fiabilité de fonctionnement ; (vi) utilisation facile ; et (vii) entretien facile.

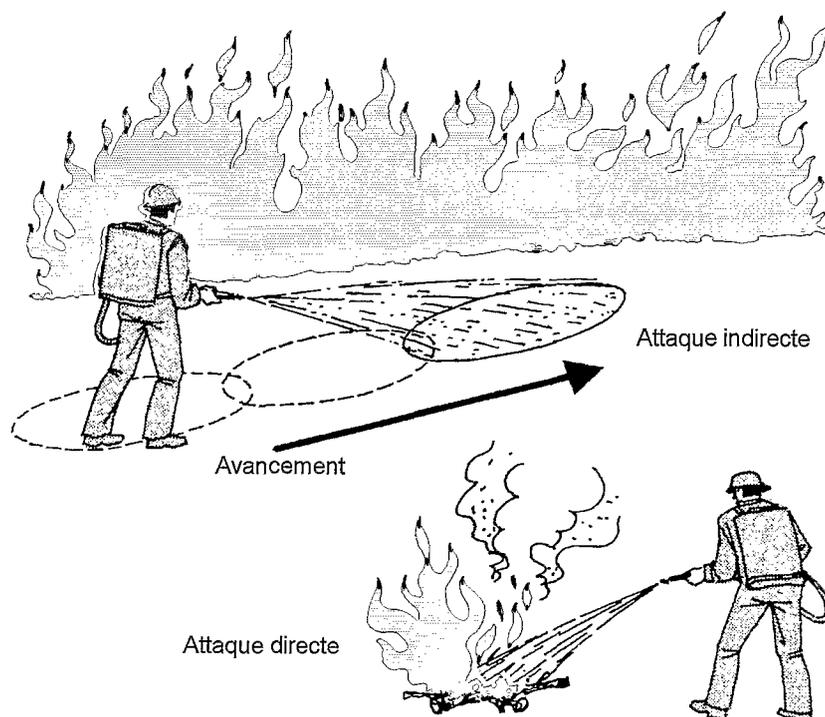


Fig. 3.22. Utilisation d'extincteurs à eau.

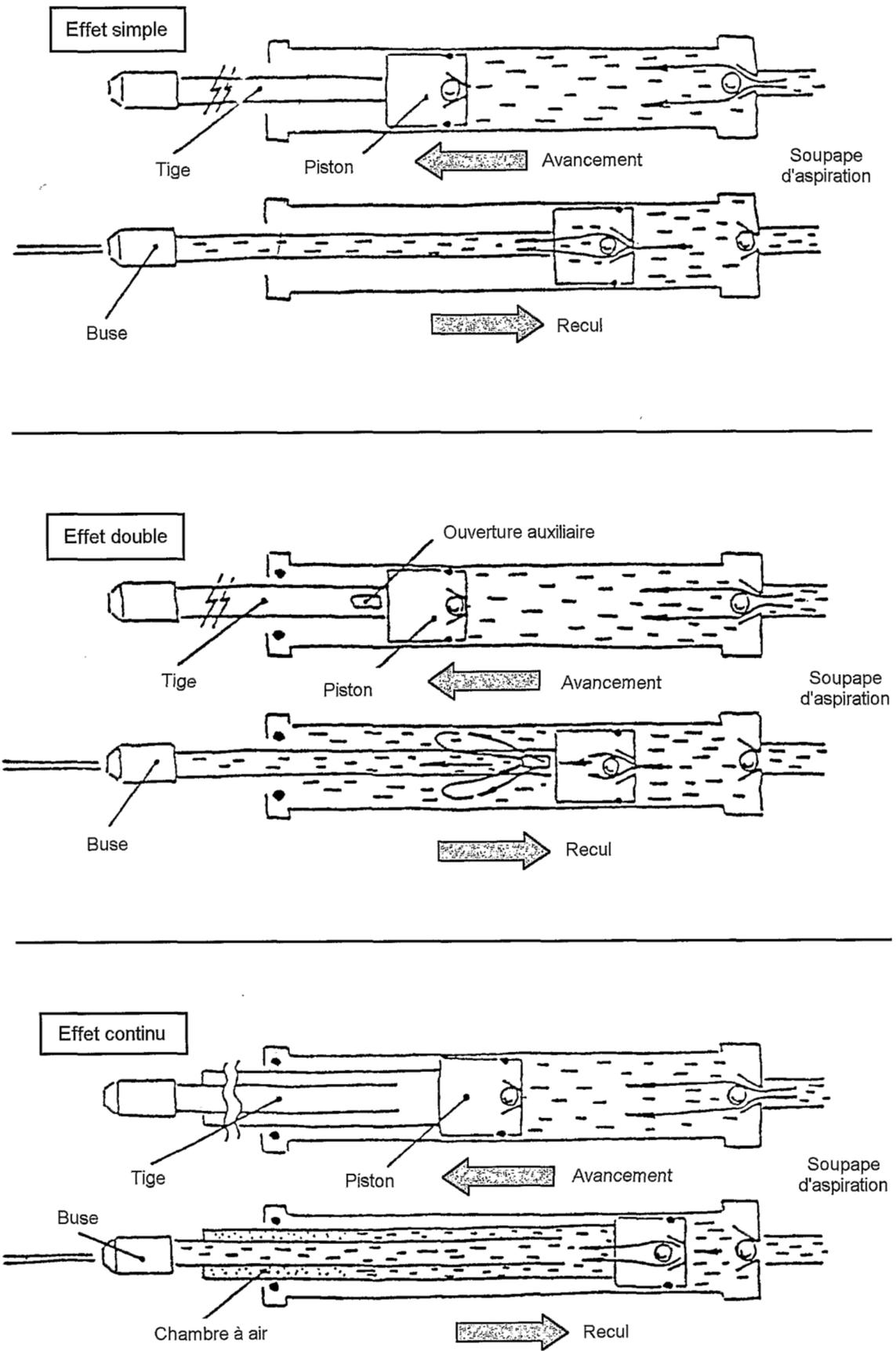


Fig. 3.23. Extincteurs à dos. Types de pompes.

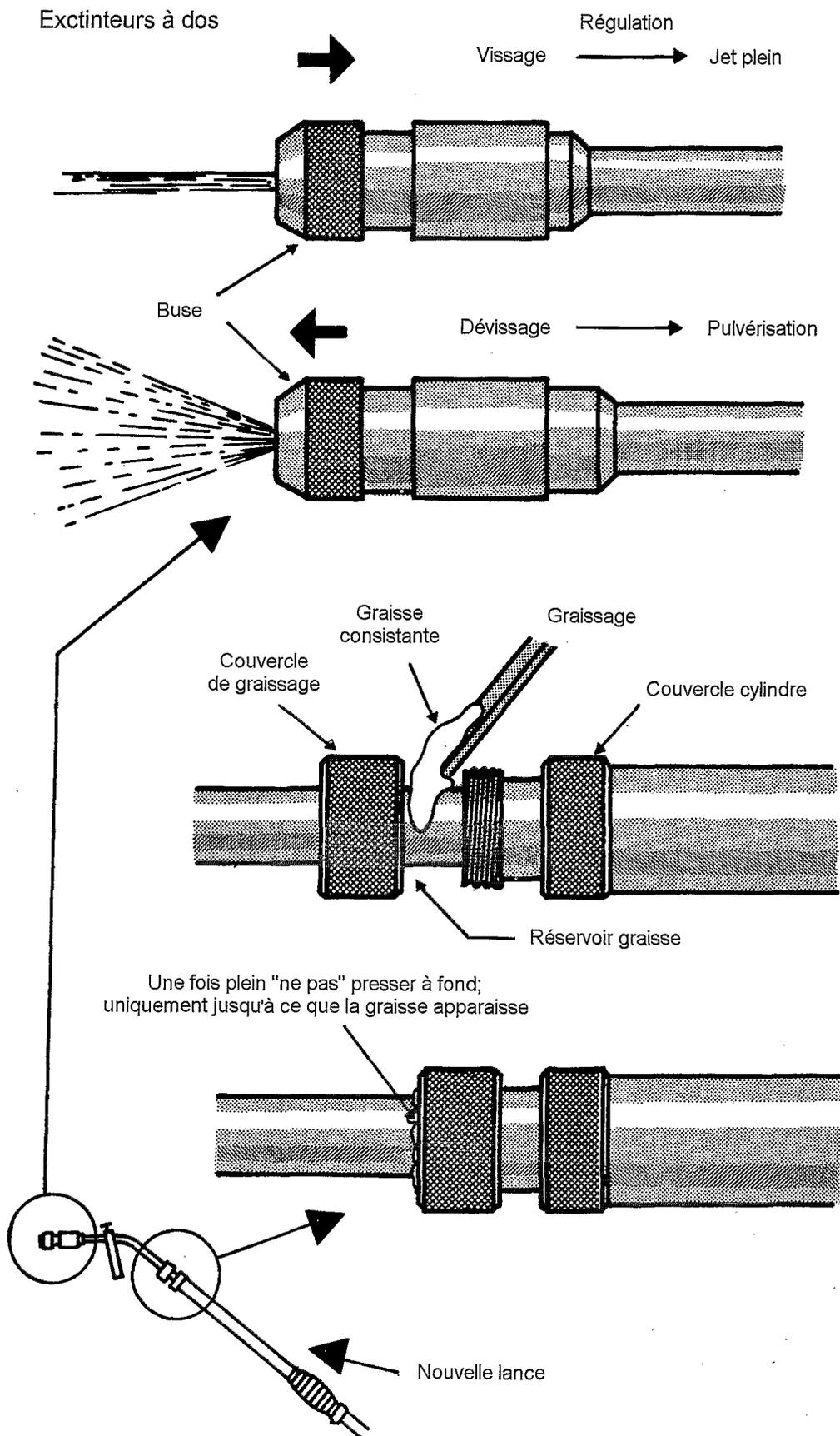


Fig. 3.24. Opérations de régulation et de maintenance des lances d'extincteurs.

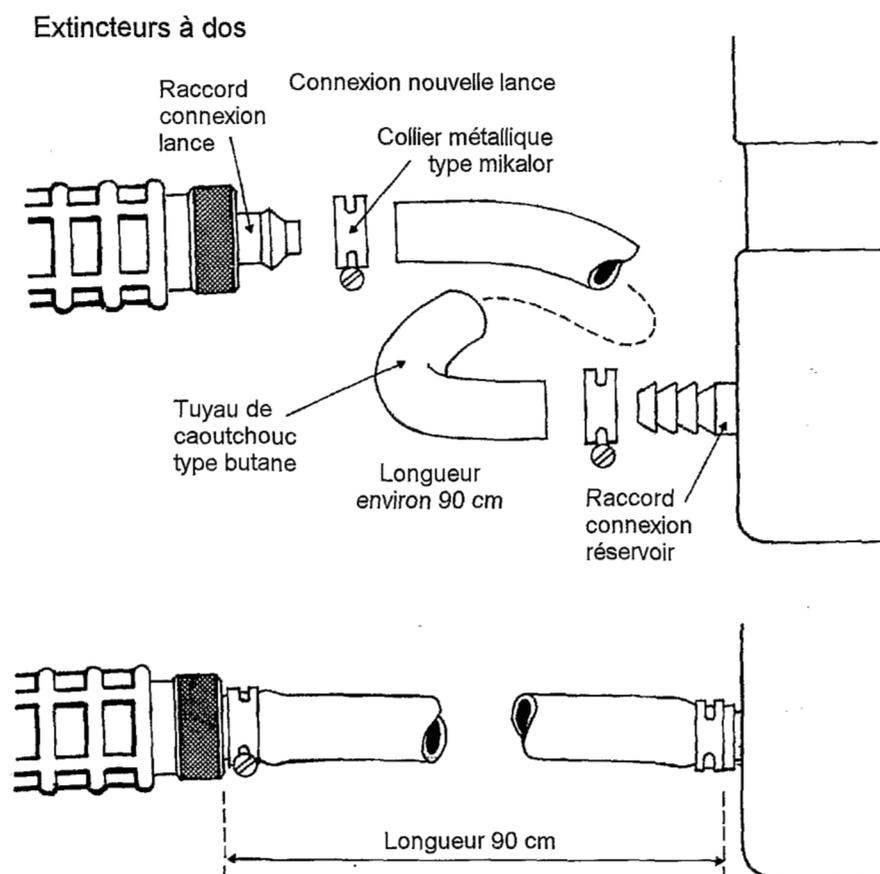


Fig. 3.25. Connexion de la lance avec le réservoir au cas où il faudrait la remplacer pour réparation.

3.3.5. Les véhicules citerne pour l'attaque (Figs 3.26 et 3.27)

Ces véhicules doivent être faciles à manœuvrer et posséder un grand pouvoir de pénétration en forêt, et pour ce faire ils doivent être très compacts, tout terrain, avec blocage des différentiels et roues simples.

La grande vitesse en route n'est pas une condition requise, car on ne prévoit jamais de longs déplacements avec ces camions, étant donné qu'ils doivent être détachés en forêt pendant la saison des incendies. Plus importante sera la vitesse de traction maximale par tonne de poids total du véhicule chargé, avec pressions maximales sur le terrain et stabilité à mi-pente ainsi que dans les virages en route.

Le calcul de l'équipement à monter sur le châssis est très important. Il ne faut jamais dépasser les charges maximales en "tout terrain", car celle-ci est la condition normale d'utilisation et non la route. Les angles d'approche et de sortie doivent être les plus grands possibles.

La hauteur des différentiels sur le sol doit aussi être la plus grande possible.

Avec les châssis 4 x 4 présents sur le marché actuel, il est recommandable de ne pas dépasser une capacité de citerne de 3.000 litres d'eau. L'emplacement de la citerne et ses dimensions doivent être déterminées en vue d'obtenir une bonne stabilité. Quand on marche sur les pistes forestières avec la citerne remplie partiellement, le centre de gravité peut se déplacer par effet du mouvement de l'eau à l'intérieur de la citerne. Ainsi, la stabilité peut être très dangereusement réduite. Contrairement à l'impression intuitive très répandue, les citernes basses et larges ne sont pas celles qui présentent la plus grande stabilité. La dynamique de renversement sera plus grande car le déplacement du centre de gravité peut être aussi plus grand que pour les citernes hautes.

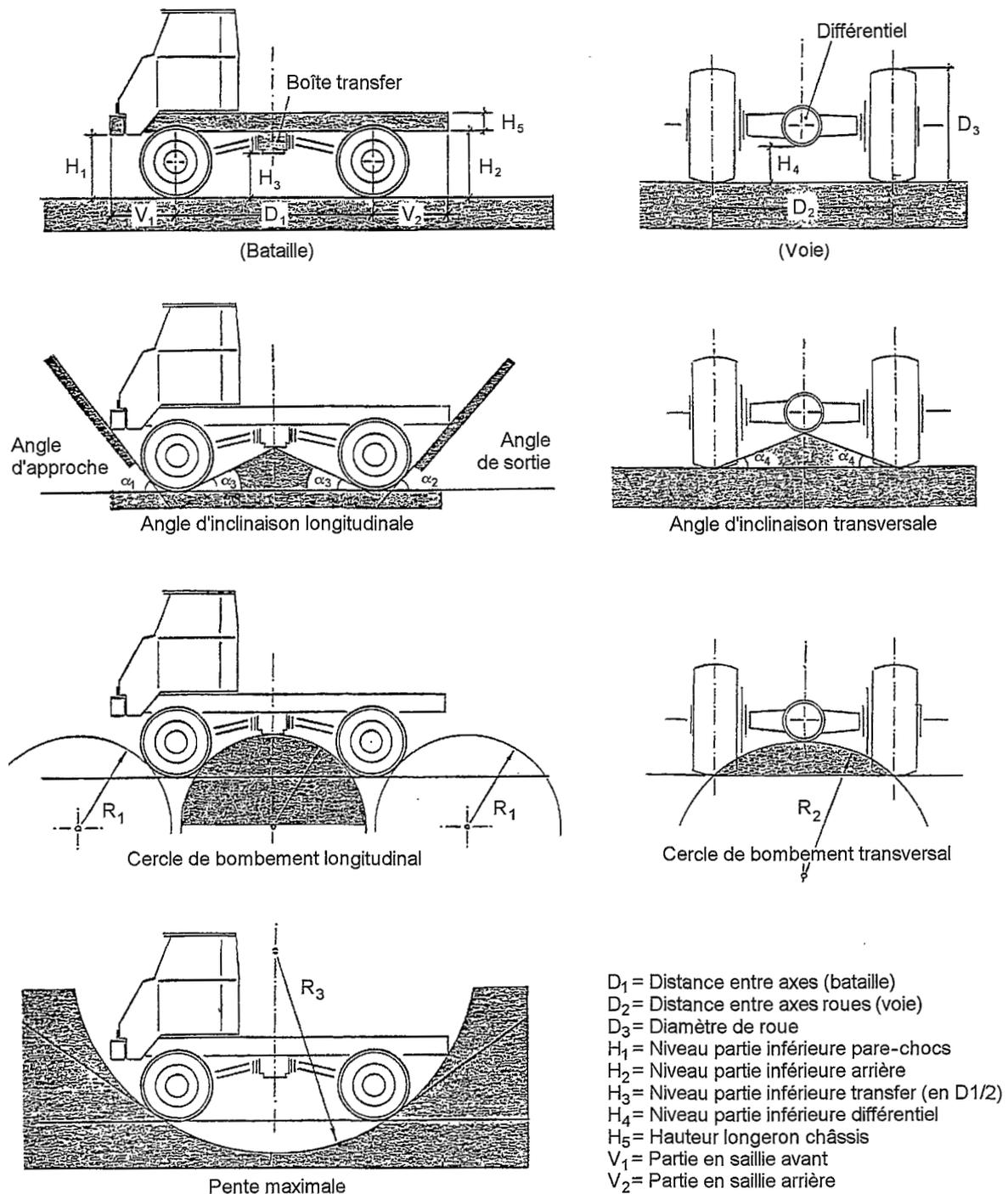


Fig. 3.26. Données d'importance pour véhicules tout terrain.

Les motopompes à installer sur les camions doivent fournir de hautes pressions (30-40 atm) avec des débits limités. Les pompes centrifuges multiphases (à 3 roues) peuvent atteindre 30 atm, ce qui est insuffisant, étant donné que la plupart des tuyaux utilisés sont de 25 mm de diamètre.

Il est important que le système d'approvisionnement soit automatique et que l'équipement soit muni de régulateurs automatiques de pression. Cependant tous les automatismes peuvent entraîner un risque de pannes plus élevé. Il faudrait alors exiger une construction robuste, pouvant fonctionner pendant de longues périodes, sur terrain accidenté et avec des températures très hautes.

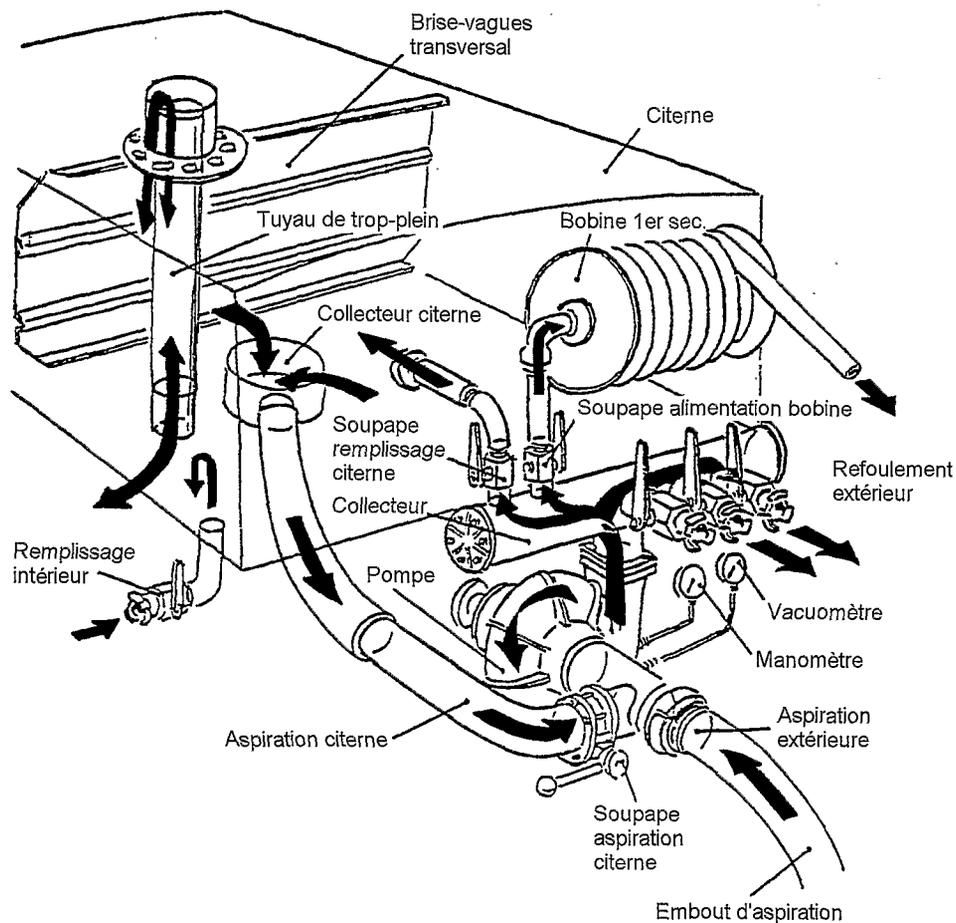


Fig. 3.27. Schéma des flux dans un véhicule contre incendies.

Les caractéristiques générales de ces véhicules sont les suivantes : (i) traction totale 4 x 4 ; (ii) blocage des différentiels ; (iii) angles d'approche et de sortie très grands ; (iv) grande hauteur des différentiels sur le terrain ; (v) compacité ; (vi) roues très larges pour exercer une pression réduite sur le terrain ; (vii) stabilité maximale en route et à mi-pente ; (viii) possibilité d'impulsion d'eau en marche, à faible vitesse (3-4 km/h) ; (ix) priorité de la pression sur le débit de la pompe ; (x) fiabilité en fonctionnement ; (xi) rendement élevé ; (xii) utilisation facile ; et (xiii) entretien facile.

En particulier, pour des camions avec citerne de 3.000 litres d'eau et un équipement complet pesant 10 tonnes à peu près, le dynamisme maximal à la première vitesse courte doit être autour de 500 mkg/axe et la traction maximale de 1.000 kg/Tm.

3.4. L'équipement aérien

3.4.1. Limitations

Au cours des dernières années, l'action des moyens terrestres de lutte s'est vue renforcée dans de nombreux pays par la mise en œuvre de moyens aériens pour le transport et surtout le largage d'eau ou de retardateurs sur les feux. Les pays qui ont commencé il y a quelques dizaines d'années à employer des avions et des hélicoptères disposaient d'appareils dont, en cherchant à améliorer la rentabilité, on découvrit l'utilité dans la lutte contre les incendies.

C'est ainsi que l'on adapta de vieux avions militaires pour le largage d'eau ou que l'on employa dans le même but des avions agricoles.

Ces dernières années, cependant, une situation nouvelle est apparue dans des pays qui ne disposaient pas ainsi d'une flotte aérienne inemployée pour l'affecter aux feux de forêt, et ils ont constitué, par achat ou par location, des flottes de lutte contre les incendies de forêt constituées d'avions adaptés ou d'appareils conçus spécialement pour ce travail.

Cette évolution a suscité des polémiques en raison des dépenses élevées qu'elle entraînait. Lorsque les moyens terrestres de lutte n'ont pas une ampleur suffisante, la location ou l'achat d'avions peut impliquer que la situation de l'attaque restera déséquilibrée et que les résultats, malgré la mise en œuvre d'un nouveau moyen de lutte très coûteux, ne vont pas s'améliorer. Les moyens aériens requièrent, outre leur coût propre, une infrastructure en personnel et installations, et ils sont limités par les altitudes de travail, les disponibilités en eau et les conditions météorologiques (Table 3.4).

Tout cela fait que, si les moyens terrestres ne sont pas suffisants, l'introduction de moyens aériens n'améliorera vraisemblablement pas l'efficacité du système, mais retardera son développement, en accaparant d'importantes ressources qui auraient dû être affectées à la constitution et à l'équipement du nombre nécessaire de brigades de lutte au sol.

Ces considérations doivent être prises en compte lors de la distribution des ressources, en respectant toujours l'idée que si celles-ci sont peu abondantes, priorité doit être accordée à la dotation des unités terrestres de lutte.

3.4.2. Types d'aéronefs

L'équipement aérien est utilisé pour transporter de l'eau et du personnel en minimisant le temps d'attaque depuis la détection. Son utilisation commença dans les pays méditerranéens vers la fin des années 60 et s'est intensifiée de façon spectaculaire vers les années 80.

3.4.2.1. Avions (aéronefs à aile fixe) (Table 3.5)

On peut considérer quatre groupes :

- (i) Avions de transport avec une citerne fixe adaptée (F-27, DC-6, Firecat, Macavia C-130, Antonov 32 et d'autres vieux modèles d'avions adaptés à cette utilisation).
- (ii) Avions de transport militaire à charge modulaire par porte arrière. Des citernes modulaires sont introduites par cette porte. Le système de largage peut être par gravité (Transall) ou à pression par pompe (C-130, G-222).
- (iii) Avions agricoles avec porte de décharge rapide (Thrush Commander, Grumman Agcat, Air Tractor, Dromader PZL).
- (iv) Avions amphibies conçus pour être chargés en vol et larguer à faible vitesse (CANSO PBY, Canadair CL-215, CL-215 T, CL-415).

Le choix entre ces groupes sera fonction de : (i) la disponibilité sur le marché; et (ii) leur besoin en infrastructure.

Le premier groupe est très fréquent en Amérique du Nord, où il y a de nombreux avions "restricted" pour les applications générales. Ces avions doivent être adaptés pour la lutte contre l'incendie. En Europe, ce type d'avions était seulement utilisé en France là où les moyens aériens sont concentrés dans une seule région avec une base principale pour l'application des retardateurs.

Récemment, les difficultés rencontrées en Espagne pour l'utilisation des avions amphibies à cause de la sécheresse (les barrages à l'intérieur du pays sont presque vides) ont mené à la décision de louer de grands avions (C-130, DC-6, DC-7) pour intervenir contre les grands feux. Au Portugal l'Antonov 32 a été expérimenté.

Table 3.4. Comparaison des caractéristiques des moyens aériens

	Autogire ultraléger	Hélicoptère	Avion ultraléger	Motovolier	Avionnette	Avion non amphibie	Avion amphibie
Sécurité	Risques par rafales de vent	Risques à faible hauteur	Risques par rafales de vent. Altitude et chaleur	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Prix (millions ptas)	1,5 à 3,5	100 à 300	1 à 4	5 à 10	10 à 30	400 à 1.500	1.500
Heure de vol (milliers de ptas)	2,5 à 5	200 à 300	2 à 4	10 à 20	30 à 80	300 à 500	300 à 500
Entretien	Simple	Complicqué et cher	Simple	Simple	Relativement simple	Cher	Cher
Manœuvrabilité	Bonne	Très bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Moyenne à bonne selon les modèles	Bonne
Vitesse (km/h)	30 à 150	0 à 220	50 à 100	70 à 150	100 à 250	150 à 300	150 à 300
Piste d'atterrissage (minimum en mètres)	50	0	100	100	500 à 800	1.500 à 2.000	1.500
Infrastructure de chargement d'eau	-	Charge en vol sur des piscines et points d'eau	-	-	Charge en piste avec motopompe	Charge en piste avec motopompe	Charge en vol sur des lacs et des bates
Charge maximale (kg) (en plus de l'équipage)	20 à 110 (1 à 2 personnes)	200 à 1.300	30 à 130	60 à 230	500 à 2.500	2.500 à 12.000	3.000 à 5.500
Pilotage	Facile (pilotes amateurs)	Difficile (très professionnels)	Faciles (pilotes amateurs)	Facile (pilotes amateurs)	Facile (professionnels)	Complicqué (professionnels)	Difficile (très professionnels)

Table 3.5. Les avions les plus utilisés

Modèle	Canso	CL-215		Dromader	Grumman	
		Piston	Turbo		164-B	164-C
Type	Amphibie	Amphibie	Amphibie	Charge à terre	Charge à terre	Charge à terre
Charge utile (l)	4.000	5.500	5.500	2.200	1.500	1.800
Moteurs						
Puissance (cv)		2.100	2.000	967	600	750
Nombre	2 à piston	2 à piston	2 à piston	1 à piston	1 à piston	1 turbo
Consommation combustible (l/heure)	700	727	840	140-160	180	180-200
Autonomie (heures)	4	4,5	4,5	3	2	2
Vitesse de croisière (km/h)	300	304	380	205	210	240
Vitesse de travail (km/h)	145	144	146	170	165	210
Type de piste	Ciment	Ciment	Ciment	Terre	Terre	Terre
Longueur minimum de piste (m)	800 A 750 T	799 A 707 T	835 A 777 T	458	400	400
Modèle	Air tractor			Thrush commander		
	AT-502	AT-503	AT-802-A	S-2R T-15	S-2R T-34	
Type	Charge à terre	Charge à terre	Charge à terre	Charge à terre	Charge à terre	
Charge utile (l)	2.900	3.000	3.500	1.800	2.100	
Moteurs						
Puissance (cv)	750	1.198	1.424	680	750	
Nombre	1 turbo	1 turbo	1 turbo	1 turbo	1 turbo	
Consommation combustible (l/heure)	180-200	200-210	200-250	180	195	
Autonomie (heures)	5	4	4	4	4	
Vitesse de croisière (km/h)	280	280	330	190	197	
Vitesse de travail (km/h)	225	225	320	160	160	
Type de piste	Terre	Terre	Terre	Terre	Terre	
Longueur minimum de piste (m)	400	400	450	400	400	

Le deuxième groupe est plus répandu, comme conséquence du soutien des Forces Armées à la lutte contre les feux de forêt. Cependant son utilisation est limitée par le haut coût d'opération de ces avions et leur disponibilité restreinte dérivée de leur affectation prioritaire aux activités militaires. Ces avions ont de grands besoins en infrastructure.

La fabrication de quelques équipements modulaires, comme celui de gravité pour le Transall, a été interrompue comme conséquence de la faible demande.

Le troisième groupe, celui des avions agricoles, s'est généralisé dans les pays comme l'Espagne où il existe une grande flotte administrée par des entreprises de fumigation.

Ils ont des besoins restreints en infrastructure. Une piste non goudronnée de 500 à 800 mètres de longueur est suffisante pour les opérations normales. Ils peuvent travailler sans aucun type d'aide à la navigation. Ils n'ont pas de grandes difficultés pour l'entretien dans la piste en forêt.

Ils sont limités par leur capacité de charge. On voit des efforts de la part de fabricants pour produire des avions avec une capacité supérieure à 2.000 litres de charge utile.

Ces avions, comme ceux des deux premiers groupes, doivent retourner à la base pour recharger la citerne et décoller de nouveau pour l'incendie. Cette caractéristique oblige à organiser l'opération de la façon suivante :

- (i) Il faut établir des limites à la zone d'opération : un rayon de 30 km maximum autour de la base.
- (ii) Il convient d'utiliser des retardateurs de longue durée (ammoniacaux) ou des mousses. Les plus récents Dromader PZL sont équipés d'un mélangeur de mousse. Donc, d'après le modèle de combustible sur le terrain, on peut choisir le type de retardateur. Il faut tenir compte du prix du retardateur ammoniacal, beaucoup plus cher que la mousse.

Le quatrième groupe, celui des avions amphibies, est préparé spécifiquement pour la lutte contre les incendies de forêt. Leur grand avantage est la très réduite infrastructure en terre nécessaire et la possibilité de remplir les citernes en vol (écopage), sans perdre de temps en retournant à la base.

Cependant, leur utilisation est uniquement possible s'il y a des points d'eau adéquats près des zones forestières. Ces points d'eau doivent être des lacs naturels ou artificiels (barrages) ou des baies sur la côte là où la mer est normalement tranquille. Une distance en ligne droite libre d'obstacles de 800-1.000 mètres sur l'eau est nécessaire. Un rayon de 30 km autour de chaque point d'eau doit être considéré comme limitatif en ce qui concerne les opérations pour des raisons de coût/efficacité.

L'ancien CANSO PBY, encore en service au Canada et en Espagne, a été surpassé de loin par le Canadair CL-215 au cours de ces dernières décennies. Les avions amphibies ont l'avantage, par rapport à ceux du premier groupe, de larguer à une vitesse plus faible avec une capacité de charge comparable (plus de 3.000 litres pour le PBY et plus de 5.000 litres pour le CL-215).

La nouvelle version du CL-215 (CL-215 T) avec des moteurs "turboprop", équipée d'un dispositif pour l'injection de mousse pour les citernes en vol, a donné un nouvel essor à la lutte aérienne contre les feux de forêt, étant donné sa plus grande puissance et vitesse ainsi que ses besoins d'entretien plus réduits que ceux du modèle traditionnel à moteurs à piston.

3.4.2.2. Hélicoptères (aéronefs à aile rotatoire) (Table 3.6)

Ils ont plusieurs utilisations :

- (i) Observation et surveillance

Les hélicoptères plus petits (2-3 places) ont des performances plus intéressantes lors de ces missions que les avions, étant donné leur manœuvrabilité ainsi que leur capacité pour se poser sur de petites clairières en forêt, faculté applicable à des fins de dissuasion (prévention).

L'utilisation de caméras vidéo et de détecteurs à infrarouges sur hélicoptère est une autre possibilité pour élargir la capacité de détection de foyers et délimiter le périmètre des incendies.

- (ii) Largage d'eau

Des seaux pendus au crochet barométrique sont utilisés pour larguer l'eau avec une grande précision. Récemment, les réservoirs ventraux pour les largages en rideau sont chargés à l'aide d'une pompe placée dans l'hélicoptère.

Cependant la fonction de largage avec hélicoptère doit être analysée d'un point de vue opérationnel et économique. Généralement, pour des capacités de charge équivalentes, le coût de l'avion est plusieurs fois inférieur à celui de l'hélicoptère. En cas d'absence d'infrastructure pour avions, le choix pourra se porter sur les hélicoptères.

Outre de l'eau, les hélicoptères peuvent transporter des équipements sur des zones difficilement accessibles. En Amérique du Nord et en Australie, on les utilise pour allumer des contre-feux avec un appareil appelé "helitorch".

(iii) Transport de personnel

Pour cette fonction, l'hélicoptère n'a pas son rival. Dans un rayon de 30 km autour de la base, l'hélicoptère permet de raccourcir le temps d'attaque jusqu'à moins de 15 minutes dans tous les cas et de placer du personnel avec ses outils à l'endroit le plus indiqué pour l'attaque.

Pour cette fonction, il n'est pas nécessaire d'avoir des hélicoptères très grands. Une capacité de cinq personnes est suffisante, avec leur équipement en plus des membres de l'équipage (pilote, et parfois, deuxième pilote). A ce propos, on doit assurer une performance de 400 kg au moins de charge utile en temps chaud (été) et sur les conditions d'altitude de la base.

Les principales contraintes de l'utilisation des hélicoptères sont leur coût d'opération élevé et leur complexité d'entretien. Les turbines devront être protégées contre la poussière, étant donné que les opérations peuvent avoir lieu à un endroit quelconque de la forêt et toujours par temps sec.

Table 3.6. Les hélicoptères les plus utilisés

Modèle	BELL 47	BELL 206 LR	BELL 204	BELL 205 Dépôt accolé	BELL 205 Personnel	BELL 212	
Type	Monotur	Monotur	Monotur	Monotur	Monotur	Biturb	
Charge utile (l)							
Nombre personnes [†]	1	5	9	-	11	13	
Eau (l)	-	-	800	1.300	1.500	1.500	
Moteurs							
Type	LYCOMING	ALLISON 250-C 20B	T5311 A	T5313 B	T 5313 B	PTST-38x2	
Puissance (cv)	305	420	1.100	1.400	1.400	900x2	
Combustible (l/heure)	70	300	330	325	325	360	
Vitesse de croisière (km/h)	137	204	200	200	200	260	
Modèle	BELL 214 B	BELL 214 ST	ALQUETTE III	ECUREUIL 350B-2	BK 117	SOKOL	Mi-8
Type	Monotur	Biturb	Monotur	Monotur	Biturb	Biturb	Biturb
Charge utile (l)							
Nombre personnes [†]	14	18	6	5	8	11	22
Eau (l)	2.400	2.400	500	500	500	1.500	2.500
Moteurs							
Type	LYCOMING T-6508D	GENERAL ELECTRICA CT7-2A	ARTOUSTE IIIB ASTAZOO XIV	ARRIEL IB	LTS 101 650 B1x2	PZL-10W	ISOTOV TV2-117A
Puissance (cv)	2.930	1.625x2	870	641	592x2	900x2	1.700x2
Combustible (l/heure)	360	400	210	130	240	325	
Vitesse de croisière (km/h)	222	240	200	217	230	235	200

[†]Plus membres de l'équipage

3.4.3. Opérations

La "règle d'or" des opérations avec des moyens aériens est de "profiter de leur vitesse de transport". Par conséquent en Espagne l'on a établi d'une façon générale ce que l'on appelle "l'ordre de sortie automatique".

A ce propos on considère une zone prioritaire autour de chaque base, un cercle de 30-40 km de rayon. Toutes les alertes dans cette zone, transmises par radio à la base, déclenchent une sortie automatique, en réduisant au minimum les vérifications préalables à la sortie. On considère préférable une sortie en vain plutôt qu'une sortie en retard.

La deuxième règle est la coordination des moyens aériens avec les brigades qui luttent par voie de terre. Les moyens aériens sont toujours des systèmes de soutien des brigades de terre. On en arrive à retirer les moyens aériens s'il n'y a pas de personnel de terre.

La possibilité de transport rapide permet de déplacer ces moyens d'une région à l'autre pour renforcer les opérations lors de situations critiques. Cependant uniquement les avions amphibies ont des caractéristiques adéquates pour rendre efficace le déplacement sur de longues distances.

3.5. La sécurité personnelle pendant l'incendie

3.5.1. Equipement personnel de protection

Cet équipement doit apporter une protection contre le feu à la personne sans réduire la mobilité nécessaire tant pour le travail que pour échapper en cas de danger.

Il doit être composé par (Figs 3.28 à 3.30) :

(i) Casque léger et ajusté : il peut être en plastique ou en métal léger, avec un système pour qu'il tienne bien sur la tête ; de préférence de couleur jaune ou orange.

(ii) Chemise ou pantalon ou combinaison de travail en tissu non inflammable, de poids non supérieur à 300 g/m^2 , avec des manches longues et ajustées aux poignets, avec fermetures à glissière et poches ; de préférence de couleur jaune ou orange. Il peut présenter des bandes réfléchissantes sur les épaules ou le dos pour être plus visible de nuit. Si l'on ne dispose pas de ces vêtements spéciaux, il faut porter, lorsque l'on va sur les lieux de l'incendie, des vêtements en laine ou en coton.

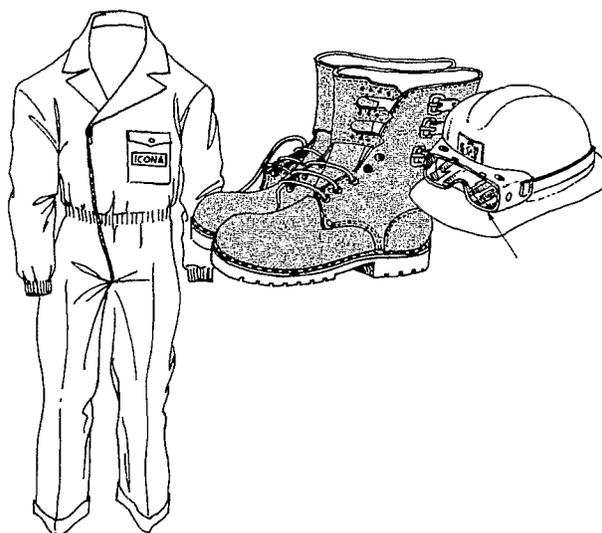


Fig. 3.28. Equipement personnel.

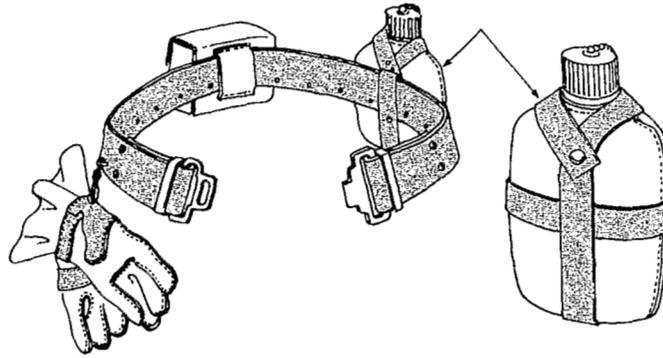


Fig. 3.29. Autre équipement.

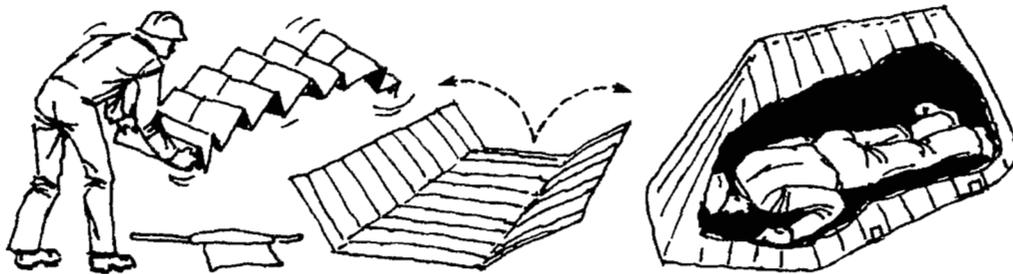


Fig. 3.30. Refuge anti-feu en toile d'aluminium. Attention : Ce refuge ne doit être utilisé que pour les cas désespérés, lorsqu'il n'existe aucune possibilité de fuite.

(iii) Des bottes solides en cuir, ajustées aux chevilles, avec semelle de caoutchouc strié, avec un dessin profond antidérapant, protégées contre l'humidité, avec semelle intérieure isolante contre l'échauffement lorsque l'on marche sur du terrain brûlé.

(iv) On recommande, en outre :

- Des gants, en cuir ou en laine, doublés de tissu souple, avec une bride pour les attacher au ceinturon.
- Des lunettes anti-fumée, avec monture transparente, souple et entourant la partie supérieure du visage, permettant une vision vaste, et à oculaire plat, résistant aux coups et ininflammable, avec des orifices pour rendre plus difficile la formation de buée, avec une bande élastique de fixation.
- Ceinturon en toile, non inflammable, avec fermeture métallique, de longueur réglable et muni d'œillets pour accrocher des accessoires.

(v) Équipement complémentaire :

- Gourde de 1 l en aluminium ou en plastique, qui se ferme en vissant, recouverte de feutre pouvant s'imbiber, avec un système pour l'accrocher au ceinturon.
- Lanterne.
- Sifflet pour émettre des signaux.

(vi) Autre matériel :

- Aux Etats-Unis, on utilise également un refuge anti-feu en toile d'aluminium, que l'on transporte plié et accroché au ceinturon et qui se déplie comme une petite tente pour se protéger de la radiation au cas où l'on se verrait encerclé par les flammes et sans possibilité de fuite.

Les caractéristiques générales de tout cet équipement sont d'être : (i) ignifuge ; (ii) commode ; (iii) léger ; (iv) transpirable ; et (v) résistant à l'usure.

3.5.2. Règles générales de sécurité

- (i) En arrivant au feu, repérer le chemin de fuite.
- (ii) Placer des surveillants chargés d'informer des variations de comportement du feu.
- (iii) Se tenir informé des éventuels changements du vent.
- (iv) Prévoir un endroit pour se reposer à l'écart du feu.
- (v) Ne pas envoyer de nouvelles brigades contre le feu pendant la nuit, les renforts doivent arriver quand il fait jour.
- (vi) Ne pas tenir le personnel en train de lutter contre l'incendie pendant plus de 12 heures de suite. Attention aux conducteurs fatigués !
- (vii) Ne pas lancer de jets d'eau contre les lignes électriques.
- (viii) Ne pas travailler isolé, se maintenir en contact visuel et par radio avec le reste de la brigade.
- (ix) Ne pas se sauver du feu vers le sommet ; essayer de passer vers les flancs ou par la zone brûlée.
- (x) Ne pas ouvrir la ligne de défense de haut en bas de la pente vers le feu. Placer la ligne derrière le sommet.
- (xi) Maintenir les outils et l'équipement correctement entretenus.
- (xii) En marchant dans la forêt, transporter les outils le long du bras, le fer en avant.
- (xiii) Attention au Code de la Route quand on circule par les routes ! Respecter les "stops" même avec les camions citernes.
- (xiv) Attention au contre-feu ! L'ordre d'allumer un contre-feu est du ressort exclusif du chef de l'extinction, après avoir vérifié qu'il n'y a personne entre la ligne et le feu.

3.5.3. Précautions à prendre lors de l'emploi des avions

- (i) Il faut éviter que le largage de l'avion tombe directement sur le personnel. Lorsque l'avion va larguer sa charge, le personnel de terre doit s'éloigner, et revenir juste après pour achever le feu.
- (ii) S'il est impossible de s'éloigner, il faut se jeter ventre à terre, le casque sur la tête, la tête dans la direction d'où vient l'avion et protégé derrière un tronc ou un rocher, s'il y en a, en s'accrochant à quelque chose pour éviter d'être entraîné par l'eau. Il faut poser les outils sur le côté et vers le bas du versant. Il ne faut pas courir, à moins de pouvoir échapper (Fig. 3.31).
- (iii) Si on se trouve sous les arbres, il faut éviter les arbres secs, les branches mortes, les rochers détachés, etc.

(iv) Sur les pistes pour avionnettes, il n'y a que le pilote et les mécaniciens qui puissent s'en approcher lorsque les moteurs sont en marche. Pour les remplir d'eau, il faut s'en approcher par l'arrière. Ne jamais se placer devant.

(v) Lorsque l'avionnette va se poser à terre, tout le personnel doit être à son poste, en dehors de la piste, pour éviter des imprévus.

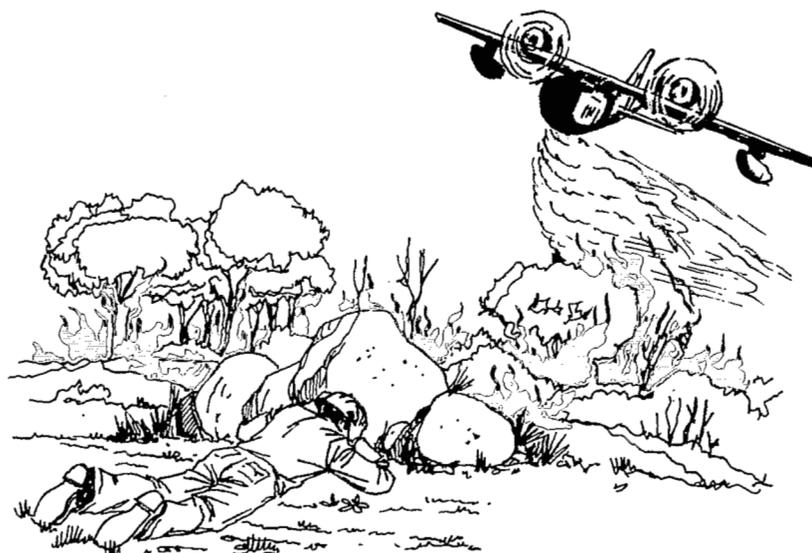


Fig. 3.31. Précautions à prendre lors de l'emploi des avions s'il est impossible de s'éloigner.

3.5.4. Précautions à prendre lors de l'emploi d'hélicoptères (Fig. 3.32)

(i) Il n'y a que le personnel autorisé qui pourra s'approcher des hélicoptères. Les pilotes doivent donner des instructions de sécurité pour monter et descendre de l'hélicoptère, et pour y rester.

(ii) Personne ne doit s'approcher à moins de 20 mètres des petits hélicoptères, ni à moins de 40 mètres des grands hélicoptères, tant qu'il n'en aura pas reçu l'autorisation.

(iii) Il faut s'approcher ou s'éloigner de l'hélicoptère toujours par l'avant, là où le pilote peut vous voir.

(iv) On ne doit ni monter ni descendre de l'hélicoptère lorsque le sol est plus haut que l'endroit où celui-ci est posé ou fait un vol stationnaire.

(v) Ne pas regarder vers l'hélicoptère lorsqu'il décolle ou atterrit sans se protéger les yeux.

(vi) Lorsque l'on monte ou descend, il faut porter le casque bien fixé par une lanière. S'il n'en a pas, bien le tenir avec la main.

(vii) Se tenir toujours loin du rotor arrière et avertir les autres pour qu'ils fassent de même.

(viii) Garder la ceinture de sécurité jusqu'au moment où le pilote donnera l'autorisation de la détacher.

(ix) Porter les outils horizontalement lorsque l'on s'approche ou s'éloigne de l'hélicoptère.

(x) Ne pas fumer dans un rayon de 20 mètres autour de l'hélicoptère, et de même pour l'équipement d'approvisionnement.

(xi) Ne pas rester sous un hélicoptère en vol stationnaire.

(xii) Indiquer au pilote la direction du vent lorsqu'il va atterrir, avec un drapeau, d'après la poussière ou avec un foulard.

(xiii) Tenir dégagée et libre d'objets non fixés la zone où se trouve l'hélicoptère, en évitant la présence de personnel non autorisé.

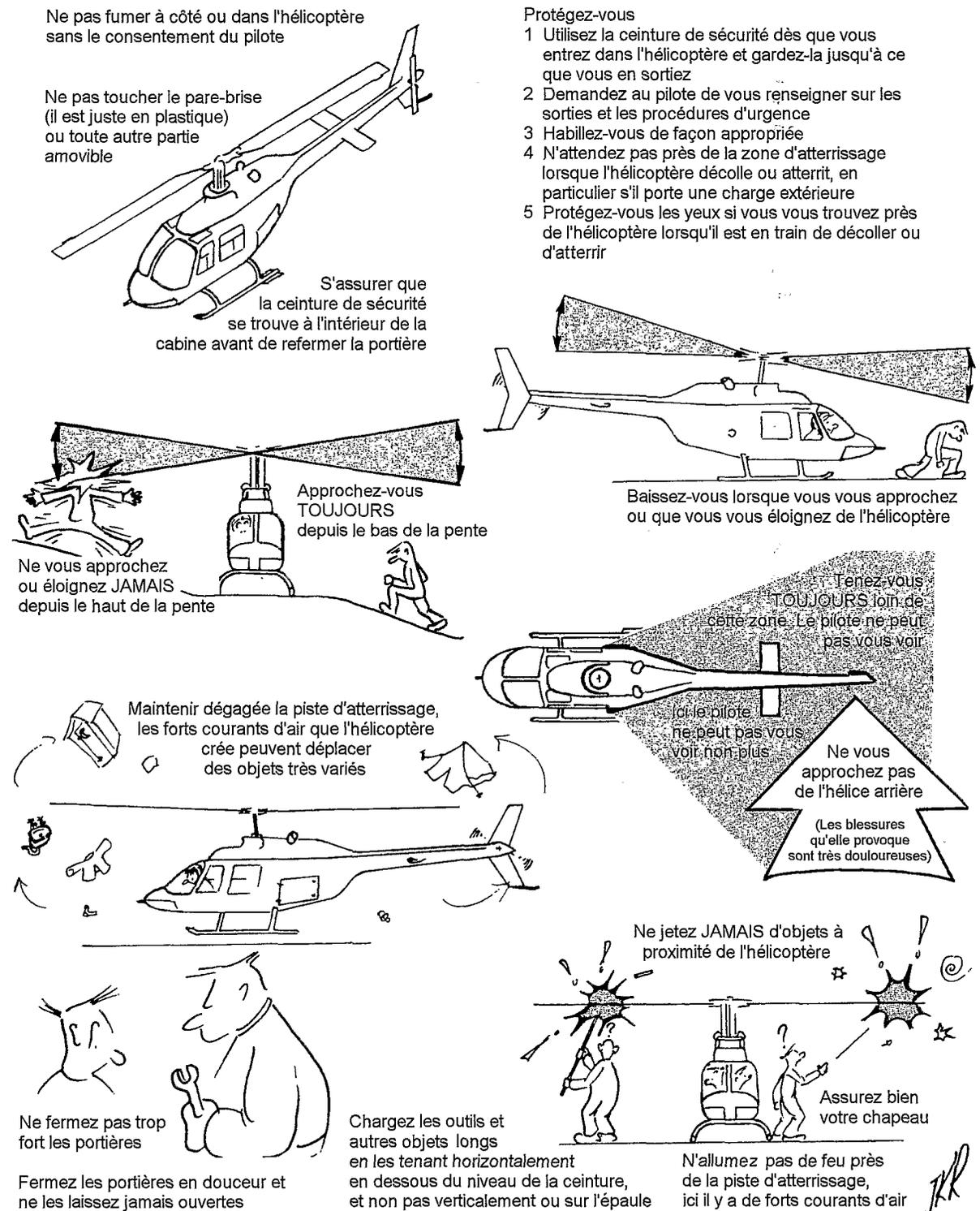


Fig. 3.32. Alerte à proximité de l'hélicoptère.

Chapitre 4

Méthode d'évaluation des pertes dues aux incendies de forêt

4.1. Bois d'œuvre et d'industrie

La valeur des produits est évaluée séparément pour les jeunes peuplements et les peuplements approchant de l'âge d'abattage. Les jeunes peuplements sont ceux qui n'avaient pas atteint la maturité au moment de l'incendie et qui n'étaient donc pas à ce moment-là commercialement exploitables. Les autres peuplements sont ceux qui auraient pu produire des bois ronds s'ils avaient été abattus avant l'incendie. Les dégâts (pertes et dégâts indirects) sont calculés pour les deux types de peuplements.

Les pertes subies par les peuplements trop jeunes pour une exploitation commerciale sont considérées comme égales aux dépenses nécessaires pour remplacer les peuplements brûlés. Pour les calculer, il faut tenir compte de la valeur du terrain et des coûts de conservation et de régénération. Dans tous les cas, on suppose que la zone incendiée restera affectée à la foresterie et ne sera transférée ni à l'agriculture ni à un usage urbain.

La formule appliquée pour calculer les pertes subies par les jeunes peuplements commercialement inexploitables est la suivante :

$$D_r = K S_r [(A + 1,25 C_o) (1,04^{e_r} - 1) + (C'_o 1,04^{e_r})]$$

où :

- D_r = Pertes subies par les jeunes peuplements commercialement inexploitables
- K = Coefficient de densité des peuplements
- S_r = Superficie incendiée de jeunes peuplements commercialement inexploitables, en hectares
- A = Valeur, en pesetas, d'un hectare de terre forestière sans arbres
- C_o = Coût actuel de la régénération d'un hectare, en pesetas
- e_r = Age moyen, en années, des peuplements commercialement inexploitables
- C'_o = Coût réel de la régénération d'un hectare, en pesetas. Sa valeur peut être la même que celle de C_o , elle peut être plus faible en cas de régénération, voire nulle

Les dégâts indirects sont calculés en fonction de l'augmentation de la valeur entre l'époque du reboisement et l'année de l'incendie.

La formule ci-après sert à calculer les dégâts indirects subis par les jeunes peuplements commercialement inexploitables :

$$F_r = K S_r P_T V_T \frac{(1+t)^{e_r} - 1}{(1+t)^T}$$

où :

- F_r = Dégâts indirects (autres que les pertes) subis par les jeunes peuplements commercialement inexploitables
- K = Coefficient de densité des peuplements
- S_r = Superficie incendiée de jeunes peuplements commercialement inexploitables, en hectares
- P_T = Prix moyen, en pesetas, d'un mètre cube de bois mûr mesuré sur écorce avant l'abattage
- V_T = Volume de bois, en mètres cubes mesurés sur écorce, produit par un hectare de forêt en un cycle moyen
- t = Taux d'intérêt (%)
- e_r = Age moyen, en années, des peuplements commercialement inexploitables
- T = Cycle en années

Les pertes subies par les peuplements mûrs, commercialement exploitables, sont considérées comme égales à la dépréciation du bois causée par l'incendie. Pour les calculer, on utilise la formule suivante :

$$D_m = P_m V_m - P'_m V'_m$$

où :

D_m = Pertes subies par les peuplements commercialement exploitables

P_m = Prix moyen, en pesetas, d'un mètre cube de bois mesuré sur écorce avant abattage, correspondant à la catégorie de taille des peuplements brûlés

V_m = Volume de bois commercialement exploitable endommagé par le feu, en mètres cubes mesurés sur écorce

P'_m = Prix moyen, en pesetas, d'un mètre cube de bois mesuré sur écorce avant abattage, ayant été endommagé par le feu. La valeur maximale de P' est P

V'_m = Volume de bois récupérable, en mètres cubes mesurés sur écorce, endommagés par le feu. La valeur maximale de V' est V

Les dégâts indirects sont évalués en calculant la valeur potentielle que le bois perdu aurait atteint s'il avait été abattu à la fin du cycle.

La formule ci-après sert à calculer les dégâts indirects subis par les peuplements commercialement exploitables :

$$F_m = S_m P_T V_T \frac{(1+t)^{T-e_m} - 1}{(1+t)^{T-e_m}}$$

où :

F_m = Dégâts indirects (autres que les pertes) subis par les peuplements commercialement exploitables

S_m = Superficie incendiée de peuplements commercialement exploitables, en hectares

P_T = Prix moyen, en pesetas, d'un mètre cube de bois mûr mesuré sur écorce avant abattage. La valeur minimale de P est P_m

V_T = Volume de bois, en mètres cubes mesurés sur écorce, produit par un hectare de forêt en un cycle moyen

t = Taux d'intérêt (%)

T = Cycle en années

e_m = Age moyen, en années, des peuplements exploitables

4.2. Bois de chauffage

Les pertes en bois de chauffage sont calculées en pourcentage des pertes de grumes, en comparant le rapport entre le volume de bois de chauffage et le volume des grumes en forêt et entre les prix unitaires des deux produits.

Les pertes de bois de chauffage subies sur les terres de broussailles et de maquis sont considérées comme égales à la dépréciation du bois provoquée par l'incendie.

4.3. Liège, résine et fruits

Les pertes enregistrées pour chacun de ces produits tirés des arbres, qui sont obtenus périodiquement à partir d'un certain âge jusqu'à la fin du cycle, sont calculées selon la même méthode. Si l'incendie a eu lieu avant le début de la production, on applique la formule suivante :

$$P_x = S_x R_x P_x \frac{(1+t)^a [(1+t)^e - 1][(1+t)^{T-b} - 1]}{(1+t)^T [(1+t)^a - 1]}$$

Si l'incendie a eu lieu après que la production ait commencé, on applique la formule suivante :

$$P_x = S_x R_x P_x \frac{(1+t)^a [(1+t)^b - 1][(1+t)^{T-e} - 1]}{(1+t)^{T+b-e} [(1+t)^a - 1]}$$

où :

- P_x = Pertes dues aux incendies pour le produit x (liège, résine ou fruits), en pesetas
- S_x = Superficie en hectares
- R_x = Production annuelle par hectare en quintaux métriques de liège, en kilogrammes de résine ou en hectolitres de fruits
- P_x = Prix, en pesetas, d'un quintal métrique de liège, d'un kilogramme de résine ou d'un hectolitre de fruits
- t = Taux d'intérêt (%), où :
 t = 4% pour le liège
 t = 5% pour les résines et les fruits
- T = Cycle en années
- e = Age du peuplement lors de l'année de l'incendie
- a = Cycle, en années, d'extraction du produit
- b = Nombre d'années au bout duquel on entame l'extraction du produit

4.4. Pâturages

Les pâturages sont évalués selon la zone, le nombre d'animaux, le loyer annuel qu'ils rapportent, etc. S'ils comportent des arbres et s'il est nécessaire d'interrompre le pacage après un incendie pour favoriser la régénération, le montant des loyers perdus doit être ajouté à la valeur des pâturages perdus.

4.5. Alfa

Assimilé aux pâturages aux fins d'évaluation.

4.6. Chasse

Les pertes en matière de chasse sont difficiles à évaluer par des méthodes directes (après un incendie, les animaux carbonisés ne sont pas inventoriés). La chasse est une activité de loisir et non une activité commerciale. Ses produits ne sont pas mis en vente. Leur valeur est égale au coût nécessaire pour les obtenir.

Pour toutes ces raisons, seuls sont évalués les dégâts secondaires (à l'exclusion des dégâts directs) causés à la chasse par les incendies.

La destruction de la forêt pousse les animaux sauvages à quitter leur milieu, une fois qu'ils n'y trouvent plus ni nourriture ni abri. Or leur concentration sur une superficie plus limitée risque d'entraîner une lutte plus intense pour la survie et une diminution du taux de natalité.

Les zones habitées par les animaux sauvages sont de préférence les clairières et les forêts de feuillus. Dans ces dernières, les incendies réduisent la superficie de la zone d'habitation. Mais cette réduction peut être compensée par d'autres incendies, qui créent de nouvelles clairières dans les forêts de résineux. En effet, ces clairières se couvrent d'herbe, procurant ainsi de la nourriture à des animaux qui autrement ne se seraient pas installés dans une forêt dense de résineux.

Les forêts détruites par le feu sont protégées contre la faune sauvage pendant cinq ans, afin de permettre leur régénération.

On peut établir un coefficient et l'appliquer pour calculer ce que la chasse aurait donné en un an dans la zone incendiée. Sa valeur représente les dégâts indirects causés pour la chasse par l'incendie.

On a ainsi la formule suivante :

$$F_{cn} = \frac{\sum_{i=n-4}^n S_{di}}{S_{dt}} V_{cn}$$

où :

- F_{cn} = Dégâts indirects causés à la chasse par le feu dans l'année n
 S_{di} = Superficie de clairières modifiées par les incendies dans l'année i
 S_{dt} = Superficie des clairières du pays
 V_{cn} = Valeur de la chasse dans l'année n

4.7. Pêche

Les dégâts causés en matière de pêche par les incendies proviennent de modifications hydrologiques des cours d'eau dues aux altérations du couvert végétal et aux modifications chimiques de l'eau provoquées par les cendres entraînées par ruissellement.

Comme on a peu de données sur ce type de dégâts, il n'est pas possible de les évaluer. On a certes quelques renseignements sur les cours d'eau d'où les poissons ont disparu (cela pour diverses raisons, parmi lesquelles les incendies de forêt survenus dans leur bassin), mais ces renseignements ne constituent pas une base suffisante pour évaluer les pertes.

4.8. Exemple de rapport d'évaluation des dégâts dus à un incendie de forêt : Sierra de Almirajara, 1975

(Remarque : les données économiques sont celles de la date de l'incendie en 1975)

4.8.1. Evaluation des pertes en bois d'œuvre et d'industrie

Les données suivantes ont été rassemblées :

<u>Age des peuplements</u>	<u>Superficie incendiée</u>
15 ans	1.700 ha (commerciallement inexploitable)
35 ans	8.622 ha (commerciallement exploitables)
65 ans	1.400 ha (commerciallement exploitables)

- A = Valeur d'un hectare de terre forestière sans arbres : 15.000 pesetas
 K = Coefficient de densité de peuplement : 0,7
 t = Taux d'intérêt : 2,5%
 T = Cycle : 80 ans
 C_o = Coût actuel de la régénération d'un hectare : 14.000 pesetas
 C'_o = Coût réel de la régénération d'un hectare : 14.000 pesetas
 P_m = Prix moyen d'un mètre cube de bois mesuré sur écorce : 600 pesetas
 P'_m = Prix moyen d'un mètre cube de bois mesuré sur écorce endommagé par le feu : 500 pesetas
 P_T = Prix moyen d'un mètre cube de bois mûr mesuré sur écorce : 900 pesetas
 V_m = Volume de bois commerciallement exploitable endommagé par le feu : 250.000 m³
 V'_m = Volume de bois récupérable, mesuré sur écorce, endommagé par le feu : 185.000 m³
 V_T = Volume de bois produit par un hectare de forêt en un cycle moyen : 80 m³

Les pertes subies par les jeunes peuplements commercialement inexploitablement ont été les suivantes :

$$D_r = K S_r [(A + 1,25 C_o) (1,04^{er} - 1) + (C'_o 1,04^{er})]$$

$$D_r = 0,7 \times 1.700 [(15.000 + 1,25 \times 14.000) (1,04^{15} - 1) + (14.000 \times 1,04^{15})]$$

$$D_r = 60.982.740 \text{ pesetas}$$

Les dégâts indirects subis par les jeunes peuplements commercialement inexploitablement ont été les suivants :

$$F_r = K S_r P_T V_T \frac{(1+t)^{er} - 1}{(1+t)^T}$$

$$F = 0,7 \times 1.700 \times 900 \times 80 \frac{1,025^{15} - 1}{1,025^{80}}$$

$$F = 5.312.060 \text{ pesetas}$$

Les pertes subies par les peuplements commercialement exploitables ont été les suivantes :

$$D_m = P_m V_m - P'_m V'_m$$

$$D_m = (600 \times 250.000) - (500 \times 185.000)$$

$$D_m = 57.500.000 \text{ pesetas}$$

Les dégâts indirects subis par les peuplements commercialement exploitables ont été les suivants :

$$F_m = S_m P_T V_T \frac{(1+t)^{T-em} - 1}{(1+t)^{T-em}}$$

$$F_m = 8.662 \times 900 \times 80 \frac{1,025^{80-35} - 1}{1,025^{80-35}}$$

$$F = 418.478.433 \text{ pesetas}$$

Les dégâts indirects n'ont pas été calculés pour les peuplements de 65 ans, parce qu'ils se trouvaient proches de la maturité.

Les pertes totales en bois d'œuvre et d'industrie ont donc atteint 542.273.444 pesetas.

4.8.2. Evaluation des pertes de résine

4.8.2.1. Pertes enregistrées dans les jeunes peuplements où la période de production n'avait pas encore commencé

Les pertes sont égales à la différence entre la valeur actualisée du loyer qui aurait pu être obtenu entre l'âge de 45 ans et l'âge de 80 ans (soit pendant 35 ans) du cycle et la valeur actualisée du même loyer retardé de e années comme conséquence de l'incendie.

$$P_R = S_x R_x P_x \frac{(1+t)^a [(1+t)^e - 1] [(1+t)^{T-b} - 1]}{(1+t)^T [(1+t)^a - 1]}$$

$$P_R = S_x R_x P_x \frac{(1,05) \left[(1,05)^e - 1 \right] \left[(1,05)^{80-45} - 1 \right]}{(1,05)^{80} [(1,05) - 1]}$$

où :

P_R = Pertes en résine dues au feu
 R_x = Production annuelle par hectare
 S_x = Superficie
 P_x = Prix d'un kilogramme de résine dans l'arbre : 4,33 pesetas

(i) Catégorie de diamètre : 15 à 19 cm

R_1 = 200 kg
 S_1 = 300 ha
 e = 25 ans
 P_{R1} = 300 x 200 x 4,33 x 4,5663
 P_{R1} = 1.186.329 pesetas

(ii) Catégorie de diamètre : 20 à 29 cm

R_2 = 170 kg
 S_2 = 300 ha
 e = 35 ans
 P_{R2} = 300 x 170 x 4,33 x 8,6414
 P_{R2} = 1.908.289 pesetas

4.8.2.2. Pertes enregistrées dans les peuplements mûrs produisant des résines

Les pertes sont égales à la différence entre la valeur actualisée du loyer qui aurait pu être obtenu dans l'intervalle T-e années du cycle et la valeur actualisée de ce loyer retardé comme conséquence de l'incendie.

$$P_R = S_x R_x P_x \frac{(1+t)^a \left[(1+t)^b - 1 \right] \left[(1+t)^{T-e} - 1 \right]}{(1+t)^{T+b-e} \left[(1+t)^a - 1 \right]}$$

$$P_R = S_x R_x P_x \frac{(1,05) \left[(1,05)^e - 1 \right] \left[(1,05)^{80-e} - 1 \right]}{(1,05)^{80-e+45} [(1,05) - 1]}$$

(i) Catégorie de diamètre : 30 à 39 cm

R_3 = 140 kg
 S_3 = 300 ha
 e = 55 ans
 P_{R3} = 300 x 140 x 4,33 x 13,1516
 P_{R3} = 2.391.750 pesetas

(ii) Catégorie de diamètre : 40 cm

R_4 = 100 kg
 S_4 = 300 ha
 e = 55 ans
 P_{R4} = 300 x 100 x 4,33 x 4,04
 P_{R4} = 524.776 pesetas

Les pertes totales de revenu pour la production de résine ont donc été égales à :

$P_R = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4}$
 $P_R = 8.014.885$ pesetas

Chapitre 5

Politique de protection contre les incendies de forêt

5.1. Introduction

De nos jours, les incendies de forêt sont la cause majeure de la destruction du milieu naturel dans les pays du bassin méditerranéen. Chaque année près de 50.000 incendies sont allumés et dévastent entre 600.000 et 1.000.000 d'hectares de forêt et provoquent des dommages économiques et écologiques élevés et même des pertes en vies humaines. De ce point de vue, la dernière décennie pourrait être caractérisée par :

- (i) En ce qui concerne les incendies
 - L'augmentation généralisée du nombre des incendies.
 - Les dommages croissants atteignant des chiffres "record".
- (ii) En ce qui concerne la défense contre les incendies
 - La prise de conscience, dans tous les pays, de la gravité du problème, tant parmi le grand public que par les pouvoirs publics et les organisations internationales.
 - Le renforcement des moyens d'extinction dans la plupart des pays.

C'est-à-dire que pendant cette période la connaissance du phénomène des incendies s'est améliorée et les moyens de lutte se sont accrus, mais les résultats ne sont pas précisément brillants puisqu'il y a de plus en plus d'incendies qui entraînent des dommages croissants.

Il est vrai que les Administrations Forestières ou celles qui sont chargées de la Conservation de la Nature dans beaucoup de pays, conscientes du problème, ont renforcé leurs moyens de lutte, se sont dotées d'un personnel mieux formé et d'équipements plus modernes. Par conséquent, les travaux d'extinction ont pu limiter les pertes, qui de ce fait ont augmenté plus lentement que le nombre des incendies. Toutefois ce nombre ne cessant d'augmenter, les moyens d'extinction se sont vus débordés.

Il en résulte que l'efficacité de ces moyens ne fait que diminuer ou du moins fluctue, alors même que les ressources économiques qui y sont consacrées ne font qu'augmenter.

Il semble donc que le problème des incendies de forêt ne puisse être envisagé dans le cadre de simples mesures conjoncturelles, ou du seul perfectionnement des techniques utilisées pour les combattre, mais qu'il exige un ensemble de politiques agissant sur leurs causes.

5.2. Causes structurelles des incendies

Parmi les causes structurelles du problème, on peut citer :

- (i) La haute inflammabilité des espèces végétales méditerranéennes, tant dans les formations naturelles que dans les reboisements.
- (ii) La forte concentration de population dans les zones boisées pendant la saison où le danger d'incendie est le plus élevé, qui coïncide avec la période des vacances d'été.
- (iii) Le peu d'estime que porte la population rurale aux forêts, étant donné leur faible rentabilité économique directe, qui se traduit par l'absence presque totale de traitements des forêts privées et l'accumulation croissante de bois de feu et de combustibles végétaux légers qui augmentent l'inflammabilité des peuplements forestiers.

- (iv) L'augmentation du nombre de délits d'incendie qui va de pair avec la montée de la violence dans le monde.
- (v) La climatologie adverse, avec des sécheresses chaque fois plus longues et des étés de plus en plus chauds.
- (vi) Le caractère saisonnier du danger d'incendie, qui gêne la planification de la défense et le maintien de services permanents et spécialisés pour le combattre.
- (vii) La dispersion du risque sur de vastes territoires qui exige une organisation coûteuse et lourde, tant pour prévenir le danger que pour la lutte contre le feu.

5.3. Analyse des déficiences et recommandations

L'analyse du problème permet de signaler un ensemble de déficiences ou de difficultés auxquelles se heurtent les politiques actuelles de défense qui réduisent leur efficacité face à la gravité actuelle des incendies.

La révision de ces politiques peut être faite en établissant une liste de difficultés et de recommandations corrélatives (Tables 5.1 à 5.3).

Table 5.1. Difficultés et recommandations pour la prévention des incendies

Déficience ou difficulté	Recommandation
1. Nombre croissant d'incendies mettant en évidence l'insuffisance générale de la prévention	Elaboration d'une politique de prévention coordonnée entre toutes les administrations compétentes, comprenant un vaste ensemble de mesures tendant à augmenter l'intérêt du public pour les ressources forestières et à en améliorer les caractéristiques pour les doter d'un niveau adéquat d'autoprotection contre le feu
2. Prise de conscience insuffisante de la population pour éviter les négligences dans l'utilisation du feu	Intensification des campagnes d'éducation et de propagande dans les écoles s'appuyant sur les moyens de communication de masse
3. Fréquence des incendies suite à des brûlages pratiqués par des agriculteurs et des éleveurs, dans des conditions météorologiques extrêmes et sans prendre les précautions nécessaires	Promotion des brûlages dirigés par zones et les jours propices, sous contrôle technique et avec des moyens de protection fournis par l'Administration
4. Affrontement dans certaines zones entre les intérêts des forestiers et ceux des éleveurs	Régulation du pâturage en zone forestière, en respectant les techniques traditionnelles mais perfectionnées par la technologie moderne
5. Insuffisance des poursuites contre les auteurs d'incendies, ce qui, dans la pratique, aboutit à une impunité dans la majorité des cas	Attribuer la priorité nécessaire aux poursuites contre les auteurs d'incendies, entamées par les administrations compétentes, et entreprendre une révision des peines prévues par la loi pour les adapter à la gravité sociale du problème
6. Insuffisance de la surveillance à caractère préventif et dissuasif dans les zones boisées	Augmentation de la surveillance mobile dans les zones à plus haut risque, avec une densité minimum d'un surveillant pour 5.000 ha à protéger

Table 5.1 (cont.). Difficultés et recommandations pour la prévention des incendies

7. Connaissance insuffisante des mobiles à l'origine des incendies criminels	Intensification des enquêtes pour découvrir les auteurs et réalisation d'études sociologiques sur l'attitude de la population relative à la conservation de la nature
8. Etat d'abandon généralisé des forêts, en particulier des forêts privées, d'où une grande accumulation des combustibles légers sur de vastes superficies	Etablissement d'un système de subventions suffisamment attrayant (entre 75 et 100% du coût de l'exécution matérielle) pour les traitements préventifs dans toute catégorie de forêts situées dans les zones de plus haut risque
9. Faible rentabilité des forêts méditerranéennes tant du point de vue de la quantité que de la qualité du bois, d'où le manque d'intérêt pour leur conservation	Application de techniques de sélection et de provenance des essences, ainsi que de traitements sylvicoles pour améliorer la production, s'appuyant sur l'aide technique et des encouragements économiques apportés par l'Administration
10. Manque d'information sur les conditions météorologiques qui influencent les incendies et sur le comportement du feu permettant d'organiser les activités de prévention et d'extinction	Création d'un réseau météorologique spécifique aux zones forestières travaillant en coordination avec les centres de communication où sont appliquées des techniques avancées de prévision du danger et du comportement du feu
11. Spécialisation insuffisante des Services de l'Administration, tant forestiers que de lutte contre l'incendie, dans la lutte contre celui-ci	Création d'unités spécifiques afin d'organiser la prévention et de combattre les incendies, dépendant des services forestiers avec lesquels devront coopérer les services généraux de lutte contre les incendies

Table 5.2. Difficultés et recommandations pour l'extinction des incendies

Déficiência ou difficulté	Recommandation
12. Manque de personnel spécialisé dans la lutte contre les incendies de forêt	Etablissement de systèmes permanents de formation à différents niveaux (techniciens, chefs d'équipe, ouvriers) dans des centres spécialisés
13. Carence de technologie et d'organisation adéquate permettant de combattre les grands incendies (chaque année 1% des incendies dévastent plus de 40% de la superficie affectée)	Développement et application de technologies adéquates (méthodes de prévision du comportement du feu, moyens mécaniques et humains) et d'un système de coordination des différents organismes compétents moyennant des centrales d'opération et une direction technique unifiée pour réguler leur action conjointe en cas de grands incendies
14. Application déséquilibrée des moyens de combat, en s'appuyant excessivement sur les avions et les véhicules et sous-utilisation des équipes humaines	Création d'un nombre suffisant d'équipes forestières d'attaque du feu, composées d'un personnel entraîné et équipé, situées dans les forêts pendant la saison de plus grand danger, avec une densité minimum d'une équipe pour 10.000 ha à protéger. Ce personnel devrait jouir de la sécurité d'emploi afin de pouvoir tirer profit de son expérience et de sa spécialisation

Table 5.3. Difficultés et recommandations pour la restauration forestière des zones incendiées

Déficiences ou difficultés	Recommandation
15. Pondération insuffisante des risques d'incendie au moment de planifier les reboisements, de sélectionner les essences et d'organiser les traitements postérieurs	Repenser la politique de reboisement en tenant compte du principe de diversité écologique et de l'intégration de la forêt à l'économie des populations qui y habitent ou qui utilisent les zones forestières
16. Manque de connaissances sur les effets des incendies et sur la réponse de la végétation au feu	Appuyer des programmes permanents de recherche sur les effets du feu, l'économie et l'environnement, ainsi que sur la régénération des essences végétales après les incendies
17. Graves dommages causés aux écosystèmes en raison de l'érosion et la dégradation du sol suite aux incendies de forêt	Adoption de mesures d'urgence de protection des sols suivies d'un reboisement postérieur si nécessaire
18. Incendies répétés dans certaines zones	Réalisation d'études menant à des actions spécifiques dans les zones à haut risque en y reconsidérant la politique forestière

Bibliographie de base

En français

- CIHEAM/FAO/Silva Mediterranea (1995). Documents du Séminaire sur les incendies de forêt en Région Méditerranéenne. Constitution et utilisation des bases de données, *Options méditerranéennes*, Série A 25, Montpellier, CIHEAM/FAO, pp. 195.
- Delabraze, P. (ed.) (1990). *Espaces forestiers et incendies*. Numéro spécial Revue Forestière Française, pp. 279.
- Trabaud, L. (1989). *Les feux de forêts. Mécanismes, comportement et environnement*. France-Sélection, pp. 278.

En espagnol

- Martínez, E. et al. (1976). *Manual del contrafuego*. TRAGSA, Madrid, pp. 52.
- UN/FAO/OIT (1987). *Documentos del Seminario sobre métodos y equipos para la prevención de incendios forestales*. ICONA, Madrid, pp. 268.
- Vélez, R. (1981). *Técnicas para defensa contra incendios forestales*. ICONA, Madrid, pp. 200.
- Vélez, R. (1982). *Manual de valoración de pérdidas por incendios forestales*. ICONA, Madrid, pp. 141.
- Vélez, R. (1987). *Manual de prevención de incendios mediante tratamiento de combustibles forestales*. ICONA, Madrid, pp. 40.
- Vélez, R. (1993). *Manual de operaciones contra incendios forestales*. ICONA, Madrid, pp. 400.

En anglais

- Chandler et al. (1983). *Fire and Forestry*. 2 volumes, John Wiley, New York, pp. 450 et 300.
- Heikkila, T. et al. (1993). *Handbook on Forest Fire Control*. Finnida, Helsinki, pp. 239.
- Pyne, S.J. (1984). *Introduction to Wildland Fire*. John Wiley, New York, pp. 455.
- Pyne, S.J. (1995). *World Fire*. Henry Holt, New York, pp. 379.
- Rothermel, R. (1983). *How to predict the spread and intensity of forest and range fires*. USDA Forest Service, Ogden UT, pp. 161.
- Teie, W.C. (1994). *Firefighter's Handbook on Wildland Firefighting*. Deer Valley Press, Rescue, California, pp. 314.
- UN/ECE/FAO (1992). *Seminar on Forest Fire Prevention, Land Use and People*. Ministry of Agriculture, Athens, pp. 287.

Annexe I

Exemple d'un plan national de protection contre les feux de forêt

Les pages suivantes montrent l'analyse et les conclusions du problème des feux de forêt en Espagne pour l'établissement en 1988 d'un Plan National de Protection.

A1.1. Le problème des incendies de forêt en Espagne

A1.1.1. Introduction

Les incendies de forêt sont probablement la cause majeure de l'altération du milieu naturel dans les pays du bassin méditerranéen. L'Espagne, étant donné ses conditions écologiques et démographiques, constitue le cas le plus grave.

La Table A1.1 recueille les chiffres relatifs aux incendies et aux superficies brûlées ; on peut en déduire que le feu dévaste annuellement 0,9% de la surface forestière en moyenne.

Table A1.1. Chiffres relatifs aux incendies et aux superficies brûlées

Année	Nombre d'incendies	Superficie affectée (ha)			Pertes en produits primaires (millions pta)	Pertes en bénéfices pour l'environnement (millions pta)	Pertes totales (millions pta.)
		Boisée	Non boisée	Totale			
1981	10.878	141.631	156.657	298.288	9.644	29.570	39.214
1982	6.545	65.326	87.577	152.883	5.000	25.945	30.945
1983	4.791	50.930	57.170	108.100	3.904	21.640	25.544
1984	7.203	54.491	110.628	165.119	5.783	26.552	32.335
1985	12.238	176.266	308.210	484.476	18.390	52.142	70.532
1986	7.570	113.923	150.964	264.887	14.409	42.107	56.516
1987	8.679	48.993	97.669	146.662	5.955	31.704	37.659
1988	9.247	39.521	98.213	137.734	6.733	31.918	38.651
1989	20.593	182.369	244.199	426.468	35.763	58.699	94.462
1990	12.474	72.755	130.070	202.825	13.692	52.267	65.959
1991	13.284	116.512	142.906	259.418	28.032	62.767	90.799
1992	15.895	39.961	64.631	104.592	8.916	21.873	30.789
1993	14.241	33.388	55.879	89.267	8.076	19.812	27.888
1994	19.263	250.433	187.202	437.635	73.025	147.512	220.537

A1.1.2. Causes des incendies de forêt

Il est d'usage de classer les causes des incendies de forêt en deux catégories : (i) les causes structurelles qui, d'une façon générale, comprennent les conditions permanentes, écologiques et sociologiques à l'origine du problème ; et (ii) les causes immédiates ayant trait aux activités humaines qui, d'une façon plus ou moins directe, provoquent des incendies concrets.

A1.1.2.1. Causes structurelles

A l'origine des incendies on trouve donc une série de causes structurelles qu'il est long et difficile, sinon impossible, de modifier. Parmi ces causes, il faut citer :

- (i) Les caractéristiques climatiques : sécheresses prolongées qui affectent la plus grande partie du pays, accompagnées de températures élevées et, parfois, de vents forts.
- (ii) La végétation des forêts dans lesquelles s'accumulent de grandes quantités de combustible léger (matorral et herbages) suite à une forte insolation, d'une part, et à l'absence d'extraction, d'autre part, la consommation de ce type de combustible ayant diminué en raison inverse de l'augmentation du niveau de vie.
- (iii) L'abondance, dans les forêts méditerranéennes, de conifères, essence plus combustible que les feuillus, qui, eux, prédominent sur la Corniche Cantabrique et dans les forêts européennes.
- (iv) La grande concentration de population dans les zones forestières pendant la saison sèche (vacances et tourisme) qui augmente la probabilité de l'utilisation du feu dans le cadre des activités à caractère récréatif (excursions, camping).
- (v) L'indice élevé d'utilisation du feu, de façon habituelle, en tant que moyen auxiliaire traditionnel de culture, par les paysans de certaines régions (brûlage théoriquement dirigé de matorral, de chaumes et autres résidus agricoles).
- (vi) L'insuffisance de l'esprit de conservation parmi la population rurale due en partie à une intégration suffisante des intérêts forestiers avec les intérêts de l'agriculture et de l'élevage et, en partie, à l'ignorance des bénéfices pouvant découler pour la collectivité, de la persistance du couvert végétal dans les forêts.
- (vii) L'insuffisance des connaissances de la population urbaine en ce qui concerne la fragilité des écosystèmes des forêts, qui peuvent se voir altérés dangereusement par une utilisation récréative ne tenant pas compte des conditions à respecter pour les conserver.

A1.1.2.2. Causes immédiates

Si on laisse de côté les causes dites naturelles (la foudre cause annuellement, en moyenne, moins de 6% des incendies), les autres causes, attribuables à l'intervention de l'homme peuvent être imputées à la *négligence* dans l'utilisation du feu ou à une *intention criminelle* (Table A1.2).

La Table A1.3 résume les causes attribuables à la négligence. Il ne faut pas oublier qu'un pourcentage élevé des incendies classés parmi ceux à cause inconnue (représentant près de 40% du total), sont probablement dus à la négligence.

Quant aux incendies intentionnels, leurs auteurs sont rarement identifiés. Cependant, il est possible d'énumérer leurs mobiles en se basant sur les rapports des services chargés de la prévention et de l'extinction des incendies, ainsi qu'en s'appuyant sur certaines études sociologiques réalisées en milieu rural (Table A1.4).

Les mobiles de la première catégorie ont un caractère chronique. Ceux de la deuxième catégorie sont liés à des situations concrètes comme, par exemple, la chasse. D'autres, comme ceux qui ont trait à la propriété des forêts, ont perdu leur importance dans les régions où ils étaient les plus virulents (nord-ouest) grâce à l'application progressive de la Loi sur les Forêts en Main Commune et à la remise aux Associations de Résidents de la plus grande partie des forêts en consortium. Naturellement, les conflits n'ont pas complètement disparu mais quelquefois ils sont devenus de simples querelles entre les associations de forêts limitrophes ou entre leurs membres.

D'autres mobiles, par contre, comme ceux qui figurent sous les points 8 et 9 semblent être observés plus souvent ces derniers temps.

Enfin, si les mobiles de la troisième catégorie sont si souvent invoqués par les mass média, cela est peut-être dû à leur caractère de sensationnalisme, mais ce sont les moins plausibles.

Table A1.2. Causes immédiates des incendies (%) pour la période 1981-1994

Causes	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Foudre	1	4	5	5	4	3	4	2	3	7	7	5	4	4
Négligences	15	15	23	14	15	15	12	14	11	12	14	15	16	15
Chemin de fer	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intentionnels	43	36	30	41	40	31	38	40	45	31	40	53	56	55
Autres causes	0	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	3	3
Causes inconnues	40	43	40	38	40	49	45	43	40	48	38	25	21	23

Table A1.3. Causes des incendies attribuables à la négligence (%) pour la période 1981-1994

Négligences	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Brûlage de pâturages	2	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	2	3
Ecobuage sur terres non forestières	4	3	5	3	4	3	3	4	3	4	3	4	4	4
Travaux forestiers	0	1	1	1	0	3	2	2	1	1	1	2	2	1
Feux accidentels pour préparer des repas, donner de la lumière ou de la chaleur	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Fumeurs	5	3	6	4	5	3	2	1	1	1	1	1	1	2
Divers	2	4	6	2	1	1	1	2	2	3	6	4	6	4

Table A1.4. Mobiles des incendies intentionnels

Mobiles très fréquents, dans la plupart des régions :

1. Incendies provoqués par les paysans pour éliminer le matorral et les résidus agricoles (chaumes, etc.) qu'on laisse brûler sans les diriger et qui s'étendent aux arbres.
2. Incendies provoqués par bergers et éleveurs pour améliorer les pâturages et pouvant également s'étendre aux arbres.
3. Incendies provoqués par vengeance.

Mobiles très fréquents dans certaines régions :

4. Incendies provoqués pour éloigner les bêtes sauvages (loups, sangliers) qui s'attaquent aux troupeaux et aux cultures.
5. Incendies provoqués par les chasseurs pour faciliter la chasse.
6. Incendies provoqués en représailles contre les chasses gardées.
7. Incendies provoqués en raison de divergences d'opinion quant à la propriété des forêts publiques ou privées.
8. Incendies provoqués comme représailles lorsque les investissements publics dans les forêts diminuent.
9. Incendies provoqués pour obtenir des salaires à l'occasion des extinctions des feux ainsi allumés et pour restaurer ultérieurement les zones incendiées.

Mobiles peu fréquents en général :

10. Incendies provoqués par des pyromanes.
 11. Incendies provoqués pour faire baisser le prix du bois.
 12. Incendies provoqués pour obtenir la modification de l'utilisation du sol, en le rendant propre à bâtir.
 13. Incendies provoqués par des groupes politiques pour créer un malaise social.
 14. Incendies provoqués dans certaines régions (Galice, Asturies), dus à l'aversion viscérale des paysans contre les reboisements forestiers, réalisés dans le passé contre leur volonté.
 15. Incendies provoqués par des contrebandiers pour distraire l'attention de la Garde Civile.
-

A1.1.3. Saisons d'incendies

Le risque d'incendie est en étroite liaison avec les conditions météorologiques. Voilà des années maintenant que l'on calcule un indice journalier de risque d'incendie, basé sur des données concernant la pluviométrie, l'humidité relative de l'air, la vitesse et la direction du vent.

En Espagne, il y a deux grandes zones climatiques, la zone humide, Galice et Région Cantabrique, et la zone sèche formée par tout le reste. Dans cette dernière, les conditions météorologiques les plus favorables aux incendies sont réunies en été, de sorte que la saison des incendies se situe habituellement entre les mois de juin et octobre. Dans l'Espagne humide il existe, en plus, une courte saison d'incendies au printemps, entre février et mars. Pendant l'été, le danger commence à se manifester fin juillet et se prolonge pendant l'automne.

Pendant cette période, le plus grand nombre d'incendies se déclarent les jours fériés, représentant 20% du total, 15% se déclarent les veilles ou lendemain de fête. Chacun des jours ouvrables compte pour 10%. Il semble qu'il n'y ait pas de rapport étroit entre chacun des jours de la semaine et l'une ou l'autre des causes immédiates de l'incendie. Les jours fériés, la population disposant de plus de loisirs, sont plus dangereux du fait que les activités humaines en rapport avec la forêt se multiplient. C'est pourquoi ces jours-là les négligences sont plus probables, les auteurs éventuels d'incendies étant plus nombreux.

Pendant la journée, la plupart des incendies se déclarent aux environs de midi. Il y en a peu qui commencent à l'aube. Cependant, il n'en est pas ainsi dans les régions du Nord de l'Espagne où beaucoup de feux intentionnels sont allumés pendant la nuit.

A1.1.4. Localisation de l'allumage

Près de 50% des incendies commencent près des routes et chemins. Environ la moitié sont dus à des négligences commises par des excursionnistes et des fumeurs, l'autre moitié étant intentionnelle. Les feux accidentels de campement, les feux allumés pour brûler les résidus agricoles et les feux de pâturages sont à l'origine des incendies généralement dans des endroits imprévisibles de la forêt.

A1.1.5. Distribution du risque d'incendie

Dans le système actuel de détermination du danger, le risque d'incendie est défini par le nombre le plus probable d'incendies sur un territoire donné et déterminé en fonction des incendies répertoriés. Une carte de risques a été établie, qui reflète cette fréquence sur une grille dont les côtés de chacun des carrés représentent 10 km sur le terrain. La carte établit six niveaux de risque.

Compte tenu de la distribution du risque dans chacune des Communautés Autonomes en fonction de leur surface, on obtient les indices unitaires donnés à la Table A1.5.

Table A1.5. Indice de risque (nombre d'incendies/10.000 ha superficie forestière) des différentes communautés autonomes espagnoles pour la période 1985-1994

Communauté autonome	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
P. Vasco	3,61	4,41	3,08	2,99	28,16	4,09	2,71	2,13	2,75	1,81
Cataluña	3,15	2,73	1,59	2,07	2,13	0,81	2,48	1,74	3,73	5,76
Galicia	21,74	10,92	17,97	17,92	37,97	18,63	21,73	37,52	32,97	39,06
Andalucía	2,26	1,91	1,75	1,94	3,11	3,84	4,74	3,50	2,89	3,75
Asturias	18,39	3,80	5,74	5,70	33,85	19,34	7,96	17,53	9,25	18,83
Cantabria	8,39	2,42	4,87	5,00	26,32	8,32	5,28	8,49	4,59	5,28
La Rioja	5,66	3,67	1,63	3,13	8,55	4,03	3,61	5,54	3,79	6,50
Murcia	0,37	0,25	0,47	0,41	0,88	3,65	1,40	2,18	2,34	3,24
C. Valenciana	4,26	3,13	3,31	2,61	3,19	5,09	7,07	6,26	5,82	6,11
Aragón	0,72	0,51	0,52	0,65	0,96	0,73	0,94	0,73	1,00	1,53
Cast-Mancha	0,99	0,59	0,73	0,78	1,10	1,41	1,56	1,04	1,23	1,79
Canarias	1,14	1,66	1,32	1,96	0,98	0,71	1,80	1,48	1,28	2,14
Navarra	1,13	1,17	0,48	0,65	6,77	1,88	2,18	1,13	1,96	2,65
Extremadura	2,04	1,59	1,86	1,85	3,21	2,38	3,58	2,20	2,72	3,98
Baleares	8,96	9,37	8,54	5,40	4,63	6,94	7,77	8,01	9,31	8,48
Madrid	3,83	4,05	8,07	0,52	2,11	3,53	2,79	8,26	2,38	11,13
Cast-León	4,39	3,15	2,20	3,65	6,90	4,67	3,75	3,39	2,72	5,14

A souligner qu'en Galice et dans les Provinces Cantabriques, la carte établissant la causalité révèle que la proportion de feux intentionnels est élevée et les négligences beaucoup plus fréquentes lors des brûlages de résidus agricoles. Les autres zones où les risques sont supérieurs à la moyenne nationale sont des zones où le climat est très chaud et sec, où la population est très dense, ce qui explique la haute fréquence des incendies.

Les zones où le risque est inférieur à la moyenne nationale appartiennent également à l'Espagne méditerranéenne, mais la densité de leur population est normalement inférieure à celle des zones citées plus haut. Cela n'exclut pas que l'on puisse y trouver certains foyers à risque élevé, toutefois

localisés, de sorte que la fréquence des incendies est basse sur la plus grande partie du territoire de ces Communautés Autonomes.

A1.1.6. Dommages causés par les incendies

Bien que les incendies affectent à la fois les superficies plantées d'arbres et les zones de matorral et de pâturage, l'évaluation des dommages se fait surtout en se basant sur les superficies boisées affectées par le feu, étant donné que les dommages directs y sont plus importants.

La Table A1.1 reflète l'évaluation des dommages en termes de produits et de bénéfices pour l'environnement selon la méthode en vigueur en Espagne depuis 1968.

Afin de pouvoir comparer les dommages dus aux incendies dans les différentes Communautés Autonomes, on utilise un indice relatif de dommage reflétant les pertes en tant que pourcentage de la superficie totale de la forêt (Table A1.6).

Table A1.6. Indice de dommages [(superficie brûlée/superficie forestière) x 100] des différentes communautés autonomes espagnoles pour la période 1985-1994

Communauté autonome	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
P. Vasco	0,65	0,18	0,17	0,09	6,60	0,18	0,13	0,08	0,10	0,16
Cataluña	0,63	3,17	0,09	0,08	0,19	0,05	0,21	0,07	0,31	3,62
Galicia	4,95	1,43	2,79	1,77	9,17	2,36	0,59	0,56	0,37	0,71
Andalucía	1,15	0,85	0,26	0,50	0,40	0,40	1,46	0,42	0,39	0,81
Asturias	8,06	0,48	0,92	2,07	7,72	1,99	0,72	1,74	0,54	1,19
Cantabria	1,13	0,15	0,38	0,29	4,05	0,92	0,46	0,96	0,42	0,80
La Rioja	2,31	1,69	0,10	0,29	0,92	0,17	0,21	0,07	0,14	0,30
Murcia	0,01	0,01	0,02	0,00	0,03	0,24	0,30	0,07	0,12	5,02
C. Valenciana	3,21	0,76	0,47	0,22	0,12	2,24	3,62	2,13	2,11	11,27
Aragón	0,15	0,32	0,06	0,06	0,07	0,04	0,26	0,02	0,20	1,03
Cast-Mancha	0,63	0,45	0,07	0,08	0,12	0,19	0,40	0,04	0,06	1,04
Canarias	0,03	0,04	0,02	0,30	0,05	0,64	0,04	0,16	0,04	1,08
Navarra	0,24	0,15	0,08	0,03	0,90	0,09	0,07	0,07	0,11	0,33
Extremadura	2,66	1,47	0,71	0,34	0,96	0,48	1,74	0,21	0,10	0,23
Baleares	0,33	0,30	0,60	0,34	0,22	1,05	0,27	1,48	1,01	1,46
Madrid	2,71	0,71	0,27	0,01	0,17	0,56	0,53	0,22	0,02	0,42
Cast-León	2,21	0,87	0,69	0,91	1,49	1,24	1,05	0,39	0,23	0,93

Il n'y a pas de parallélisme absolu entre dommages et risques bien qu'il semble y avoir une étroite corrélation puisque six zones sur sept où les dommages sont supérieurs à la moyenne nationale coïncident avec six des huit zones où le risque est aussi supérieur à la moyenne nationale. Les zones où les incendies sont dus à la malveillance, aux imprudences et aux brûlages agricoles sont nombreuses, de même que celles ayant un climat méditerranéen plus accusé, et figurent tant sur les listes de dommages importants que sur celles de hauts risques.

Parmi les zones où les dommages sont les plus importants figurent les Canaries, le risque y étant toutefois modéré. Il faut tenir compte que de façon périodique ont lieu aux Canaries des incendies exceptionnels, lorsque les conditions de vent ajoutent leurs effets à ceux du relief des îles, créant des situations catastrophiques, très difficiles à contrôler quels que soient les moyens d'extinction utilisés.

A remarquer que Madrid, situé parmi les zones de risque élevé, a constitué traditionnellement la zone où les dommages relatifs sont les moins importants, bien qu'en 1985 la tendance ait été interrompue et que les dommages se soient fortement accrues.

La Table A1.7 reflète les moyennes annuelles des superficies affectées par le feu entre 1975 et 1984 pour les différentes essences qui les peuplent.

Table A1.7. Superficies brûlées selon les essences entre 1975 et 1984

Essences	Superficie moyenne (ha)	%
Pins (<i>Pinus</i> sp.)	77.503	37,2
Autres conifères [†]	140	0,1
Chênes (<i>Quercus robur</i> , <i>Q. petraea</i>)	617	0,3
Chêne vert (<i>Q. ilex</i>)	4.414	2,1
Chêne-Liège (<i>Q. suber</i>)	8.083	3,9
Autres <i>Quercus</i> ^{††}	10.985	5,3
Peupliers (<i>Populus</i> sp.)	370	0,2
Eucalyptus (<i>Eucalyptus</i> sp.)	6.075	2,9
Hêtres (<i>Fagus sylvatica</i>)	52	0,0
Châtaigniers (<i>Castanea</i> sp.)	342	0,2
Bouleaux (<i>Betula alba</i>)	82	0,0
Autres feuillus ^{†††}	1.979	1,0
Matorral en général ^{††††}	77.396	37,2
Pâturages	20.155	9,6
Total	208.193	100,0

[†]Comprend *Abies pectinata*, *A. pinsapo*, *Pseudotsuga douglasii*, *Larix europea*, *Cupressus* sp., *Juniperus* sp.

^{††}Comprend *Quercus pyrenaica*, *Q. faginea*, *Q. lusitanica*, *Q. coccifera*

^{†††}Comprend *Olea oleaster*, *Juglans regia*, *Ulmus* sp., *Fraxinus* sp., *Alnus glutinosa*

^{††††}Comprend le romarin, l'ajonc ("aliaga" en espagnol qui prend différents noms selon les régions), le ciste de Crète, le genêt, le mûrier, l'arbousier, la bruyère, le lentisque, le buis, le sparte, l'arbousier traînant, la lavande, etc.

La distribution des dommages en fonction de leur propriété est exprimée en pourcentage dans la Table A1.8. On peut observer que les dommages causés aux forêts de propriété privée tendent à s'accroître.

Par contre ils tendent à diminuer dans les forêts publiques où des consortiums ont été constitués. Ce qui peut être attribué aux traitements préventifs qu'on y réalise en vertu de la Loi sur les Forêts en Main Commune dans le Nord-Ouest de l'Espagne.

A1.1.7. Valeur des pertes

Le feu en forêt provoque la mort des êtres vivants qui la peuplent, en particulier celle des végétaux et dans une moindre mesure des animaux, et détruit la matière qui les compose. Ce qui représente une perte en produits forestiers.

Les statistiques évaluent ces produits (bois, liège, résines, fruits, bois de feu et pâturages) et donnent des chiffres qui, pour la période considérée, passent d'un minimum de 5.000 millions de pesetas en 1982, à un maximum de 73.025 millions en 1994.

Le nombre de mètres cubes de bois perdus non compris le bois récupérable, est passé d'un minimum de 350.000 m³ en 1981 à un maximum de 3.500.000 en 1994.

Table A1.8. Pourcentages de superficies totales affectées par les incendies selon la propriété des terres

Année	Forêt publique	Forêt privée
1981	40,4	59,6
1982	35,9	64,1
1983	35,1	64,9
1984	32,9	67,1
1985	33,9	66,1
1986	31,6	68,4
1987	21,6	78,4
1988	25,5	74,5
1989	32,7	67,3
1990	44,6	55,4
1991	40,4	59,6
1992	45,9	54,1
1993	45,8	54,2
1994	31,0	69,0

Naturellement, le bois récupérable est toujours exploité mais dans des conditions peu adéquates, car il est sujet à l'attaque des champignons et des insectes et son prix est inférieur à celui du bois provenant des coupes faites au moment voulu. Par ailleurs, les chiffres relatifs aux pertes ne comprennent pas la matière ligneuse des jeunes arbres consumés par le feu, ce qui représente un volume très important, mais qui n'a pas d'exploitation commerciale. Toutefois, les préjudices causés par sa destruction sont évidents, puisqu'ils obligent à procéder à de nouveaux investissements pour le reboisement et retardent la date où l'on obtiendra les produits.

La forêt fournit non seulement des produits mais une série de services qui, après l'incendie, seront ou perdus ou s'en trouveront altérés.

Au cours de l'incendie, la température de la superficie du sol peut atteindre 200°C. Si le feu est léger, la température à 3 cm de profondeur ne dépasse pas les 55°C ; si le feu est intense la chaleur pénètre beaucoup plus, et à 10 cm elle est encore de 55°C. C'est-à-dire qu'à la surface toute la matière organique est détruite. Lorsque la chaleur pénètre plus profondément, il n'y a plus de combustion, cependant les organismes vivants périssent, les cellules étant détruites si elles sont maintenues à 55°C pendant dix minutes.

L'action de la chaleur provoque des changements physico-chimiques dans le sol : modifications de sa texture, de sa structure colloïdale, de son hygroscopicité, de sa couleur, et des variations de sa teneur en éléments, ainsi qu'une diminution de l'acidité.

Cependant, en général, les effets immédiats sur le sol sont peu intenses. Ils peuvent même améliorer et favoriser l'enracinement d'un nouveau peuplement. Toutefois, si les incendies se reproduisent ils peuvent avoir des conséquences graves et rendre difficile la régénération en provoquant une érosion.

L'incendie, en détruisant ou en altérant la forêt, diminue sa valeur récréative et ses effets protecteurs ; il influence défavorablement l'économie des zones forestières, augmente le déficit en bois et oblige à investir dans le domaine de l'extinction, dépense totalement improductive. L'incendie peut même affecter l'homme dans sa personne comme le prouvent les 234 accidents mortels survenus en Espagne entre 1961 et 1994, ainsi que les nombreuses lésions personnelles pouvant aller jusqu'à l'invalidité.

A1.1.8. Conclusions générales sur la situation du problème des incendies de forêt en Espagne

Les données précédentes devraient permettre de caractériser le problème des incendies de la façon suivante :

- (i) Il est permanent et affecte l'ensemble du territoire national.
- (ii) Il a un caractère saisonnier et coïncide avec les saisons sèches.
- (iii) Il porte gravement préjudice à l'environnement et à l'économie.
- (iv) Les négligences des citadins aux abords des grandes villes et des paysans, dans les zones rurales, sont cause d'une grande partie des incendies.
- (v) Les incendies criminels sont cause d'un grand nombre d'incendies dans certaines régions et dans des zones concrètes.

A1.2. Organisation actuelle de la défense contre les incendies de forêt en Espagne

A1.2.1. Base d'action face aux incendies de forêt

La défense contre les incendies de forêt, compte tenu de l'ordre de grandeur du problème en Espagne, doit être organisée sur les bases exposées ci-dessus pour éviter (prévention) et minimiser les dommages si le feu se produit (extinction).

A1.2.1.1. Prévention

Objectif : Eviter l'allumage d'incendies et créer des conditions pour qu'une fois allumé il se développe le moins possible.

Actions : Il faut entreprendre des actions pour neutraliser les agents qui sont cause d'incendies et d'autres actions orientées vers la modification de la combustibilité des peuplements :

(i) Actions sur les agents cause d'incendies. Compte tenu que les feux sont causés par l'action de l'homme, il faudra chercher à modifier son comportement lorsqu'il se trouve en forêt, pour éviter qu'il puisse provoquer un incendie. Il faudra donc :

- *Faire prendre conscience* à l'ensemble de la population de l'existence du danger et des dommages qu'il représente pour la communauté. Il faudra par conséquent s'appuyer sur les systèmes généraux d'éducation, d'information et de propagande en visant tant la population urbaine que rurale.
- *Concilier les intérêts* des agriculteurs, des éleveurs, du secteur des loisirs, etc., et d'autres groupes en ayant comme objectif la conservation de la végétation forestière, pour éviter des affrontements pouvant amener en représailles des incendies. Il faudra donc que la politique forestière s'efforce, dans la mesure du possible, de rendre compatibles ces intérêts.
- *Etablir une surveillance dissuasive* pour éviter, au cas où les deux types d'actions précédentes échoueraient, des négligences ou des incendies volontaires, des patrouilles en forêt devront être organisées.
- *Prendre des sanctions contre les auteurs des incendies* pour éviter que l'impunité de ces délits n'encourage à l'avenir les incendies provoqués. Pour cela les peines doivent être véritablement appliquées.

(ii) *Actions sur la végétation forestière.* Toute végétation est combustible. Certaines essences sont écologiquement adaptées pour mieux conserver l'humidité du sol tandis que d'autres sont plus résistantes à la sécheresse. Un nombre très limité d'essences, grâce à leur teneur élevée en sels, ont une faible inflammabilité. Par ailleurs, la quantité de matière végétale contenue dans le sol détermine la quantité de chaleur qui se dégage en cas d'incendie et a une influence sur la propagation du feu. C'est pourquoi il faut rechercher le mélange des essences les moins inflammables en fonction des conditions écologiques et réduire les accumulations de matière combustible dans les zones les plus dangereuses. Il faudra donc :

- Ouvrir des pare-feu pour sous-diviser la superficie forestière.
- Planter ou conserver les essences les plus appropriées à chaque zone.
- Diminuer l'accumulation de combustible forestier moyennant un débroussaillage manuel ou mécanique, des brûlages dirigés, des pâturages contrôlés, le déchiquetage, l'émondage, les éclaircies, le nettoyage, etc.

A1.2.1.2. Extinction

Objectifs : réduire le plus possible les dommages causés par le feu si un incendie se déclare.

Actions : il faut mettre sur pied des actions pour alerter la population du danger, détecter le feu, disposer et mobiliser des moyens pour l'éteindre :

(i) *Actions d'alerte* pour déterminer la distribution du danger dans le temps et dans l'espace, son évolution, de même que le comportement prévisible du feu. Il faut se baser sur une information détaillée de la météorologie concernant les conditions forestières, de même que sur une cartographie la plus complète possible, comprenant une distribution des risques et du type de combustible.

(ii) *Actions pour la détection* pour avertir de l'existence d'un incendie le plus tôt possible après son allumage, afin que les moyens d'extinction soient mobilisés immédiatement. Il faut s'appuyer sur un réseau de postes d'observation fixes et mobiles, couvrant toute la superficie forestière, en liaison entre eux moyennant un réseau de communications et avec les centres de mobilisation.

(iii) *Actions de contrôle* pour limiter la progression du feu et l'éteindre. Pour cela il faut s'organiser de la façon suivante :

- Des moyens terrestres d'attaque du feu, en nombre suffisant pour ne pas laisser s'écouler plus de 30 minutes avant que l'attaque se produise. Selon les statistiques relatives aux incendies, la vitesse moyenne du feu se situe entre 3 et 4 ha à l'heure. Si l'objectif ci-dessus était atteint, on pourrait espérer que la plus grande partie des incendies n'affecte pas plus de 5 ha. Actuellement plus de 40% des incendies affectent des superficies plus vastes. Une enquête réalisée sur l'efficacité des services d'extinction a révélé que la densité minimum des unités d'extinction devrait être d'une unité pour 8.000 ha. Dans les zones à haut risque, la densité devrait être supérieure et déterminée par une étude appropriée. Les moyens terrestres doivent comprendre un personnel spécialisé, entraîné et équipé, utilisant un équipement conçu et normalisé en fonction de l'extinction en forêt.
- Moyens d'appui aérien, en nombre suffisant pour compléter l'action des moyens terrestres. Les moyens aériens comprennent des avions qui larguent de l'eau ou des retardateurs et des hélicoptères pour le transport rapide des équipes d'extinction.

A1.2.1.3. Actions complémentaires

On peut citer :

(i) La législation qui doit servir de cadre à l'action de l'Administration, et permettre de définir les responsabilités des propriétaires de forêt et de la population en général.

- (ii) La recherche qui doit fournir une meilleure connaissance du problème et permettre de mettre en œuvre des techniques de prévention et d'extinction.
- (iii) Une formation préparant un personnel adapté aux différentes missions y compris la défense contre les incendies.
- (iv) Les compensations accordées aux personnes et aux propriétés devant permettre de couvrir les dommages économiques.
- (v) Les statistiques relatives aux dommages et aux actions doivent permettre d'évaluer l'évolution du problème et d'y adapter les actions.

A1.2.2. Actions actuelles contre les incendies

A1.2.2.1. Compétences

Conformément aux Décrets Royaux relatifs au transfert de compétences aux Communautés Autonomes, il revient à ces dernières d'agir en matière de prévention et d'extinction. L'Administration Centrale a compétence pour les moyens aériens d'appui. L'Administration Centrale a aussi la coordination, la normalisation des équipes, leur formation, établit les statistiques et s'occupe des assurances. C'est au Ministère de l'Intérieur qu'incombe la coordination en cas d'incendies catastrophiques, de même que les enquêtes pour découvrir les auteurs d'incendies.

Il appartient au Ministère de la Justice et aux Tribunaux d'encourager l'application du Code Pénal lorsque certains indices laissent prévoir qu'il s'agit d'un délit d'incendie volontaire.

Dans le cadre de ces compétences signalons brièvement que des actions devront être entreprises en matière de prévention, détection, extinction et formation du personnel et couverture des risques.

A1.2.2.2. Prévention

Dans le domaine de :

- (i) L'éducation afin de faire prendre conscience au public de l'existence du danger d'incendies et des graves préjudices qu'ils peuvent causer à l'environnement, afin que chacun prenne les précautions nécessaires pour éviter les incendies. C'est pourquoi des campagnes sont menées dans la presse, à la radio, à la télévision, en utilisant la publicité extérieure et d'une façon particulière dans les écoles.
- (ii) La sylviculture préventive pour réduire la charge de combustible dans les forêts et créer des discontinuités dans la végétation forestière, faisant obstacle à l'allumage de l'incendie, à sa propagation, et facilitant l'accès et le transport des moyens d'extinction. Dans ce but des zones pare-feu ont été aménagées, des pistes ont été ouvertes, on procède à des émondages, des éclaircies, des débroussailllements, etc.
- (iii) L'étude et des expériences afin d'améliorer les connaissances sur le phénomène de l'incendie et les techniques de prévention et d'extinction.
- (iv) Des sanctions applicables aux auteurs de l'incendie par application de la loi sur les incendies de forêt (art. 30 à 34) et de son règlement (art. 131 à 147) ainsi que du code pénal (art. 549 3^e et 551 2^e).

A1.2.2.3. Détection

En créant :

- (i) *Un réseau de surveillance* composé de postes d'observation fixes installés sur des points stratégiques, opérant 24 heures sur 24 pendant la saison d'incendie et des postes mobiles conduits par les gardes forestiers et des surveillants spécialement engagés. Ce réseau couvre la plus grande partie de la superficie forestière du pays, surtout dans les forêts publiques. Les surveillants sont munis d'émetteurs-récepteurs qu'ils utilisent pour donner l'alarme aux bureaux provinciaux chargés de la

mobilisation des moyens d'extinction. L'utilisation de caméras à infrarouges pour contrôler certaines zones spécialement précieuses a été implantée depuis 1991.

(ii) *Un système d'alerte météorologique*, en déterminant un indice qui mesure le degré de danger d'inflammation de la végétation et les caractéristiques de propagation du feu en fonction de la pluviométrie, du vent et de l'humidité atmosphérique. Dans le cadre de cette action, l'Administration Centrale travaille en collaboration avec l'Institut National de Météorologie.

A1.2.2.4. Extinction

En se dotant :

(i) *D'une force spécialisée d'extinction des incendies de forêt composée* d'équipes constituées par un personnel bien entraîné et doté d'un équipement adéquat (outils, extincteurs, moto-pompes, véhicules contre incendie et personnel de protection). Les sapeurs-pompiers travaillant dans les villes peuvent également intervenir dans l'extinction des incendies de forêt s'ils sont munis (dotés) du matériel adéquat. L'armée peut être mobilisée par les Gouverneurs Civils. La Loi sur les Incendies de Forêt établit également l'obligation pour tous les citoyens entre 18 et 60 ans de collaborer à l'extinction. L'extinction utilisant des moyens terrestres s'appuie sur des véhicules auto-pompes tout terrain spécialement conçus, des dépôts d'eau construits dans la forêt, des pistes d'accès, etc.

(ii) *Moyens aériens* spécialement conçus pour appuyer les équipes de terre lors de l'extinction. Actuellement, on dispose de 20 avions amphibies pilotés par des équipes (équipages) militaires. On utilise également des avions devant être chargés au sol, qui lancent (larguent) des retardateurs (polyphosphates). Depuis 1986, les hélicoptères ont été utilisés pour le transport des équipes. Ces appareils appartiennent au Ministère de l'Environnement, à l'Armée et à des compagnies sous contrat.

A1.2.2.5. Formation du personnel et couverture des risques

(i) *Stages d'entraînement pour former le personnel* en matière de techniques de prévention et d'extinction afin d'améliorer son rendement et augmenter sa sécurité lors du feu. Des textes et du matériel didactiques sont spécialement élaborés à cet effet. Ces stages sont ouverts aux techniciens, aux chefs et aux membres des équipes.

(ii) La couverture économique des risques encourus par le personnel lors de l'extinction et des campagnes de sécurité pour éviter les accidents.

A1.2.3. Législation

La base légale pour ces actions est la Loi 81/1968 du 5 décembre sur les incendies de forêt et son Règlement de 1972. Différentes normes ont été édictées en application de la Loi, comme les Décrets déclarant certaines zones à risque d'incendie en 1980, le Décret concernant la couverture des frais d'extinction, de 1980 et 1988, les différents arrêtés du Ministère des Finances sur la couverture des risques personnels lors de l'extinction, l'Arrêté du Ministère de l'Intérieur approuvant le plan INFO de 1982, etc. D'autres lois, comme la Loi 5/1977 du 4 janvier, d'encouragement à la production forestière ou la Loi 87/1978 du 28 décembre, sur les assurances multirisques dans le domaine de l'agriculture, traitent dans leurs domaines respectifs de certains aspects du problème des incendies forestiers.

A1.3. Evolution future de la défense contre les incendies en Espagne

A côté du renforcement des actions entreprises tant par l'Administration Centrale que par les Autonomies, un programme national concerté a été approuvé en 1988, dont les objectifs généraux sont :

(i) Réduire le nombre d'incendies de forêt.

- (ii) Réduire la superficie brûlée par chaque incendie.
- (iii) Appliquer de la façon la plus efficace possible les ressources mises en œuvre pour la lutte contre les incendies.

Pour atteindre ces objectifs généraux, des objectifs spécifiques ont été établis :

- (i) Agir sur le comportement de la population dans son ensemble par des actions éducatives afin qu'elle n'utilise pas le feu lors de ses visites en forêt.
- (ii) Agir sur le comportement des populations rurales afin qu'elles ne procèdent pas à des brûlages agricoles ou de pâturages, sans prendre les précautions nécessaires, en encourageant leur réalisation dirigée et collective.
- (iii) Enquêter de façon plus intensive pour découvrir les auteurs d'incendies afin de pouvoir leur appliquer les peines prévues.
- (iv) Accroître la surveillance mobile dans les zones forestières.
- (v) Encourager la sylviculture préventive tant dans les forêts publiques que privées en établissant des subventions suffisantes.
- (vi) Encourager un pâturage dirigé en le rendant compatible avec les exploitations et établir des directives techniques pour les reboisements forestiers afin que, conformément aux conditions de la station, soient utilisés des mélanges d'essences appropriées pour réduire l'inflammabilité des nouveaux peuplements.
- (vii) Concevoir et créer un réseau de centrales pour regrouper les opérations et coordonner les communications de toutes les administrations publiques intervenant dans l'extinction.
- (viii) Concevoir et créer un réseau d'alerte et de prévision basé sur des stations météorologiques, en utilisant des méthodes informatiques permettant de prévoir le comportement du feu et d'optimiser l'utilisation des moyens d'extinction.
- (ix) Structurer et doter le système d'équipes forestières composées d'un personnel spécialisé en travaux forestiers et spécialement formé et équipé pour combattre les incendies pendant les saisons où le risque est le plus élevé. Un réseau de base pour hélicoptères contribuera à réduire les temps d'attaque et à améliorer l'efficacité du système.
- (x) Moderniser le parc d'avions amphibies d'extinction et augmenter le nombre d'avions chargés au sol pour le largage de retardateurs.
- (xi) Doter tous les services intervenant dans la défense contre les incendies de forêt d'un matériel normalisé suffisant.
- (xii) Améliorer les conditions de sécurité du personnel en l'entraînant pour l'intervention au cours de l'extinction.
- (xiii) Améliorer les connaissances relatives au comportement du feu et aux techniques et équipements utilisés pour augmenter l'efficacité de l'ensemble de l'organisation.
- (xiv) Adapter la législation à la gravité actuelle du problème des incendies et mettre à disposition des structures administratives suffisantes pour pouvoir exécuter le programme.

En 1997 ce programme a été revu et deux Livres Rouges, l'un sur la prévention et l'autre sur la coordination, ont été publiés par le Comité de Lutte contre les Incendies de Forêt. Ces Livres Rouges seront la base d'un nouveau plan de défense concerté entre toutes les Administrations.

Annexe II

PYROSTAT - Une base de données sur les incendies de forêt pour les pays méditerranéens

A.P. Dimitrakopoulos

Dept. of Forestry and Natural Environment, University of Thessaloniki, Grèce

A2.1. Introduction

Le besoin d'une banque de données commune concernant les incendies de forêt était justifié par la Résolution No. 3 de la Conférence de Strasbourg réunissant les Ministres de l'Agriculture de tous les pays de l'Union Européenne en janvier 1993, tenue afin de : "... faciliter et encourager l'échange d'information homogène sur les incendies de forêt en vue d'améliorer la prévention, et de promouvoir la discussion du problème entre les différents pays, sans pour autant remplacer tous les différents systèmes nationaux par un système universel standardisé...".

Compte tenu de ce qui précède, la base de données PYROSTAT sur les incendies de forêt a été créée spécifiquement pour faire l'inventaire et l'analyse des données d'incendies de forêt. Elle a été mise au point par l'équipe scientifique de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Chania en collaboration avec des experts en matière d'incendies de différents pays méditerranéens, sous les auspices du CIHEAM et de l'EC/DG.I dans le contexte du réseau de collaboration "Gestion des Forêts Méditerranéennes" (Dimitrakopoulos et Yordanov, 1994).

Des programmes semblables faisant l'inventaire et l'analyse des données sur les incendies de forêt sont actuellement utilisés aux Etats-Unis (Taylor, 1977 ; Main *et al.*, 1990).

A2.2. Structure du logiciel PYROSTAT

Le logiciel PYROSTAT est structuré de façon à assurer la continuité dans le temps et à permettre une adaptation facile, car il répond aux conditions suivantes :

- (i) Il est facile à utiliser car il est interactif et il évite de possibles erreurs de l'utilisateur, sans nécessiter une compréhension particulière des systèmes d'ordinateurs et de programmation.
- (ii) Il est spécialement conçu pour les pays méditerranéens, par la prise en compte de toutes les données entrées à partir des formulaires des rapports sur les différents feux de forêt, qui sont utilisés actuellement dans la région méditerranéenne.
- (iii) Il s'agit en même temps d'un outil scientifique et de gestion d'utilité pratique.
- (iv) Il est organisé sur des principes de software moderne (le logiciel est écrit en Turbo Pascal, version 5.0) (Garland, 1984).
- (v) Il fournit des résultats complets en plusieurs formats (représentation graphique ainsi que numérique).

Le logiciel PYROSTAT adopte les options de "menu" et "remplir formulaires" (Jamsa et Nameroff, 1988). Ainsi, des menus linéaires, à structure ramifiée, guident l'utilisateur vers l'information désirée sur l'incendie. Chaque menu est entouré par un cadre, qui limite l'espace opérationnel. On peut choisir un des éléments en marquant l'élément désiré grâce à la flèche et ensuite en le sélectionnant par la touche "enter".

PYROSTAT réalise trois fonctions principales :

(i) Archives (inventaires) sur les données statistiques des incendies de forêts, incorporées dans l'ordinateur à travers une feuille de travail spécialement conçue s'affichant sur l'écran.

(ii) Création de rapports sur les incendies de forêt, ce qui permet une présentation graphique et numérique de l'information suivante concernant les incendies : nombre d'incendies, surface brûlée et surface moyenne brûlée par incendie. Cette information est donnée pour chaque unité administrative forestière (par ex. une Direction des Forêts) ou comme total pour les différentes zones géographiques et/ou pays.

(iii) Apport d'information sur les incendies de forêt qui ont eu lieu sous plusieurs "conditions spécifiques" météorologiques, topographiques, végétatives, pyriques et administratives, qui sont spécifiées par l'utilisateur. De cette façon, PYROSTAT fait une recherche à travers les feux de forêts stockés par l'ordinateur et sélectionne uniquement ceux qui répondent aux critères demandés.

La feuille de travail (Fig. A2.1) d'entrée de données dans PYROSTAT demande à partir de l'écran sur un mode interactif, et emmagasine dans la mémoire de l'ordinateur, l'information suivante apportée par l'utilisateur à partir des rapports sur les incendies : localisation de l'incendie, heure de détection de l'incendie de forêt, extinction et activités de contrôle, cause de l'incendie, paramètres météorologiques, conditions topographiques, espèces brûlées par zone incendiée, appartenance de la surface brûlée, type et nombre des forces d'extinction ayant participé à la lutte contre l'incendie (personnel ainsi qu'équipement, avec une attention spéciale aux moyens aériens), pertes monétaires et victimes.

Create / Edit Fire Records			
Directorate : Crete		Forest stn: 1019-1	Forest : Locality:
Geogr.coord.:			ha
Detect.:	1982 05 18	time	Vegetation: species vt d area
Announ.:	mn dy	time	burned [ha] species vt d area
Ground att.:	mn dy	time	species vt d area
Aerial att.:	mn dy	time	species vt d area
Control:	mn dy	time	species vt d area
Extinc.:	mn dy	time	ownership: Total area:
cause:		forest personnel :	CL-215 :
elevation : DSLR		prof. firefighters:	M-18 PZL :
rel. humidity:		army/police :	C-130 MAFFS:
air temp. (°C):		civilians. :	helicopters:
wind speed :		other :	engines :
wind direc.:		suppression	dozers :
slope :		method :	other :
aspect:		det. by:	casualties :
parent rock:		break-out:	timber lost:
soil :		fire type:	suppr.costs:
litter:			
Input name, 'Enter' - continue, 'ESC' - exit			

Fig. A2.1. Feuille de travail d'entrée de données sur les incendies de forêt de PYROSTAT.

Les sorties de PYROSTAT sont disponibles sous trois formes différentes : tables, graphiques sous forme de tartes, et graphiques à barres. Le module de sortie fournit également deux autres options : (i) l'option séries temporelles permet à l'utilisateur d'obtenir de l'information sur un paramètre spécifique des incendies pour une période remontant jusqu'à 10 ans ; et (ii) l'option "résumé" apporte une

information cumulée sur les incendies pour les grandes zones géographiques ou unités administratives sur plusieurs années.

Les paramètres que l'on peut sélectionner sous l'option "conditions spécifiques", afin d'obtenir une information pour les incendies qui répondent à ces conditions, sont : le temps de réaction, le temps d'extinction, la cause de l'incendie, le type de végétation et l'appartenance des terres, point de début de l'incendie, élévation du terrain, humidité relative, température de l'air, vitesse du vent, direction du vent, pente, aspect, type d'incendie, taille moyenne de l'incendie, heure du jour, espèces végétales et jour de la semaine.

Le logiciel PYROSTAT nécessite comme minimum une configuration d'ordinateur standard (i386 ou plus, Ecran VGA, 1MB HD, imprimante).

A2.3. Conclusions

La finalité globale de PYROSTAT est d'améliorer la prise de conscience du phénomène des incendies de forêt à l'échelle nationale et régionale pour tous les pays méditerranéens, et par conséquent de favoriser le développement d'initiatives concrètes pour la prise de décisions en matière de prévention des incendies. Dans ce sens, PYROSTAT présente plusieurs avantages :

(i) Il peut s'adapter à la diversité qui existe concernant les données sur les conditions des incendies de forêt locaux, sans perdre son intégrité à l'échelle nationale et sa compatibilité à l'échelle internationale.

(ii) Il peut s'adapter aux différents niveaux administratifs de collecte et d'analyse des données sur les incendies, et permet ainsi une souplesse additionnelle et une bonne exploitation des outputs.

(iii) Il garantit une plus grande fiabilité des données recueillies et une meilleure application des résultats pour la prise de décisions locale.

(iv) Il représente une manière efficace de mettre à disposition des autres institutions intéressées l'information sur les incendies.

Références

- Dimitrakopoulos, A.P. et Yordanov, G. (1994). *PYROSTAT - User's Guide. Mediterranean Agronomic Institute of Chania*. Res. Bulletin 1, pp. 62.
- Garland, S. (1984). *Advanced Pascal Programming Techniques*. Borland Osborne/McGraw Hill, Berkeley, Ca, USA.
- Jamsa, K. et Nameroff, S. (1988). *Turbo Pascal Programmer's Library*. Borland Osborne/McGraw Hill, Berkeley, Ca, USA.
- Main, W.A., Paananen, D.M. et Burgan, R.E. (1990). *FIREFAMILY*. USDA Gen. Tech. Rep. NC - 138, pp. 35.
- Taylor, A.R. (1977). Transferring fire - related information to resource managers and the public : FIREBASE. Dans : *Proceedings of the Symposium of the Environmental Consequences of Fire as Fuel Management in Mediterranean Ecosystems*, USDA Gen. Tech. Rep. WO - 3, pp. 289.

Annexe III

Le socle commun pour la base de données méditerranéenne des feux de forêts

A3.1. Introduction

En 1990, la Commission européenne a décidé d'engager, avec le soutien du Comité permanent forestier, groupe incendies de forêt, une réflexion sur la mise en œuvre d'un outil de coopération, de suivi et d'évaluation des actions de protection des forêts développées dans l'Union Européenne.

Depuis cette date, le système communautaire d'informations sur les feux de forêt s'est mis progressivement en place sans perturber les bases de données nationales existantes :

(i) Une action préparatoire a d'abord montré l'intérêt d'un ensemble d'informations communes à ces bases pour le suivi et l'évaluation des mesures de protection.

(ii) Un règlement de la Commission a été adopté en 1994. Il a rendu la collecte du *socle commun minimum* systématique pour l'ensemble des zones à risque d'incendie des Etats membres.

Le *socle commun minimum* communautaire a servi également de base à une collaboration internationale large :

(i) En Europe, pour la mise en œuvre de la résolution No. 3 de la Conférence ministérielle de Strasbourg sur la protection des forêts en Europe (Strasbourg, 1990).

(ii) Dans le cadre des activités du Comité ECE/FAO relatives aux statistiques forestières.

(iii) Dans le bassin méditerranéen, dans le cadre des travaux du Comité FAO des questions forestières méditerranéennes "Silva Mediterranea" et du CIHEAM.

En 1997, le système d'informations sur les incendies de forêts couvre 319 provinces des 6 Etats membres de l'Union comportant des zones de risques d'incendie (Allemagne, Portugal, Espagne, France, Italie, Grèce). La Turquie a également adhéré.

L'analyse des données recueillies permet d'améliorer les connaissances sur la description du phénomène et de mieux évaluer les actions entreprises.

A3.2. Composition détaillée du socle commun minimum d'informations sur les incendies de forêt

Le socle commun minimum d'informations sur les incendies de forêt se compose de dix rubriques, complétées pour chaque feu officiellement recensé. Ces rubriques sont les suivantes :

(i) *Date de première alerte*. Il s'agit de l'indication de la date locale (jour, mois, année) à laquelle les services officiels de protection des forêts contre les incendies ont été informés de l'éclosion du feu.

(ii) *Heure de première alerte*. Il s'agit de l'indication de l'heure locale (heure, minute) à laquelle les services officiels de protection des forêts contre les incendies ont été informés de l'éclosion du feu.

(iii) *Date de première intervention*. Il s'agit de l'indication de la date locale (jour, mois, année) à laquelle les premières unités d'intervention sont arrivées sur les lieux de l'incendie.

(iv) *Heure de première intervention*. Il s'agit de l'indication de l'heure locale (heure, minute) à laquelle les premières unités d'intervention sont arrivées sur les lieux de l'incendie de forêt.

(v) *Date d'extinction*. Il s'agit de l'indication de la date locale (jour, mois, année) à laquelle le feu a été éteint, c'est-à-dire lorsque les dernières unités d'intervention ont quitté les lieux de l'incendie de forêt.

(vi) *Heure d'extinction*. Il s'agit de l'indication de l'heure locale (heure, minute) à laquelle le feu a été éteint, c'est-à-dire lorsque les dernières unités d'intervention ont quitté les lieux de l'incendie de forêt.

(vii) *Localisation de l'éclosion*. Il s'agit de l'indication de la commune et de ses unités successives d'appartenance (province ou département, région, Etat) où l'éclosion du feu a été signalée.

(viii) *Surface brûlée totale*. Il s'agit de l'indication de la superficie totale parcourue par le feu et de l'unité de surface employée.

(ix) *Répartition de la superficie brûlée en territoire boisé et non boisé*. Il s'agit de l'indication des surfaces boisées et non boisées parcourues par le feu.

(x) *Cause de l'incendie*. Il s'agit de l'indication de l'origine présumée de l'incendie suivant quatre catégories :

- Feux d'origine inconnue.
- Feux d'origine naturelle.
- Feux d'origine accidentelle ou dus à la négligence, c'est-à-dire liés à l'activité de l'homme, mais sans que celui-ci ait eu l'intention de détruire un espace forestier.
- Feux d'origine intentionnelle, c'est-à-dire liés à la volonté de détruire un espace forestier pour des motifs divers.



MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 1

DESCRIPCION: Pastizal continuo fino, seco y bajo, con altura por debajo de la rodilla. El matorral o el arbolado cubren menos de un tercio de la superficie. Las praderas naturales con hierbas anuales y las dehesas son ejemplos típicos. Los incendios se propagarán con gran velocidad por el pasto seco.

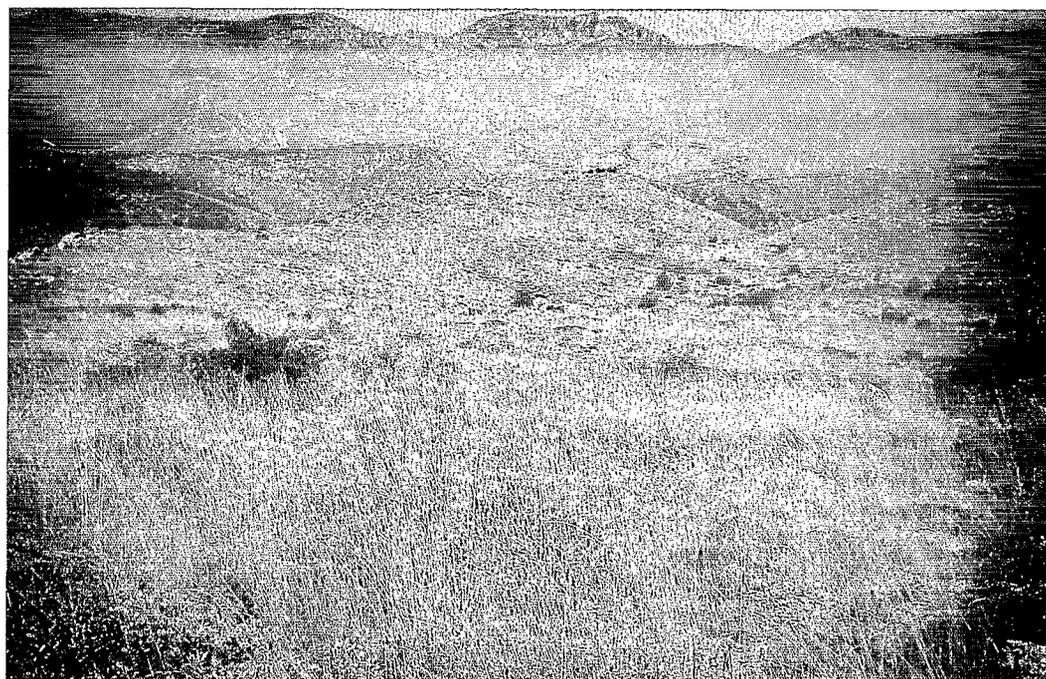


MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

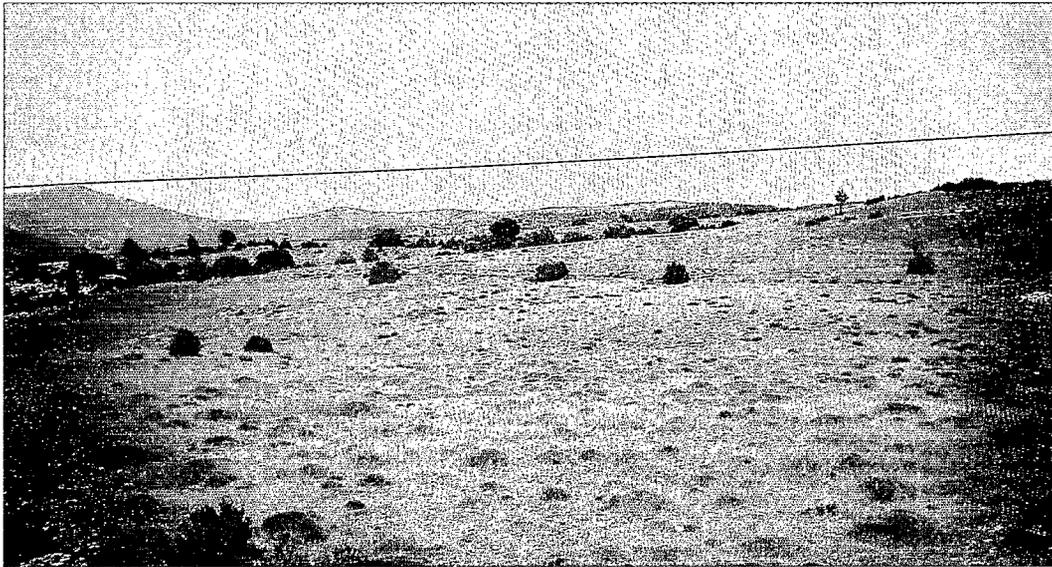
MODELO: 2

DESCRIPCION: Pastizal con presencia de matorral o arbolado claro que cubren más de un tercio de la superficie sin llegar a dos tercios. El combustible está formado por el pasto seco y la hojarasca y ramillas caídas desde la vegetación leñosa. El fuego correrá rápidamente por el pasto. Acumulaciones dispersas de combustible pueden incrementar la intensidad del incendio y producir pavesas.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 2



MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 4

HOJA 1

DESCRIPCION: Matorral o arbolado joven muy denso de unos dos metros de altura. Continuidad horizontal y vertical del combustible. Abundancia de combustible leñoso muerto (ramas) sobre las plantas vivas. El fuego se propaga rápidamente sobre las copas del matorral con gran intensidad y llamas grandes. La humedad del combustible vivo tiene gran influencia en el comportamiento del fuego.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 4

HOJA 1



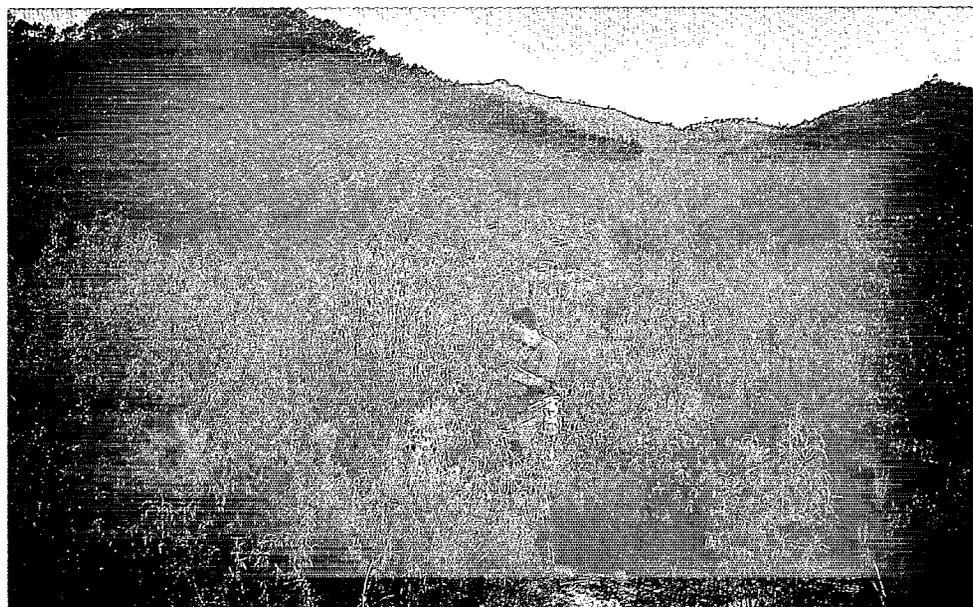
MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 4

HOJA 2

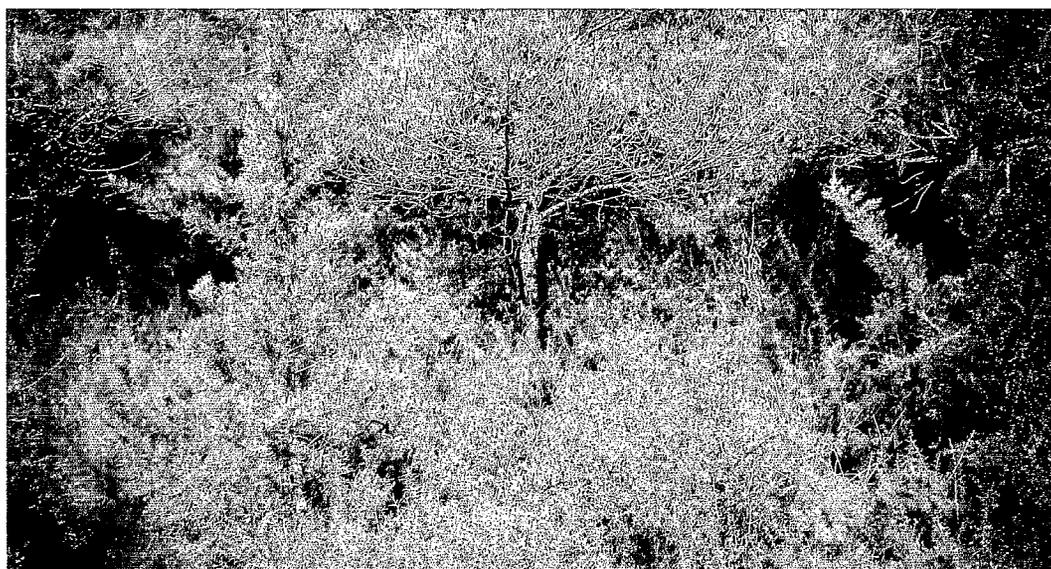
DESCRIPCION: Matorral o arbolado joven muy denso de unos dos metros de altura. Continuidad horizontal y vertical del combustible. Abundancia de combustible leñoso muerto (ramas) sobre las plantas vivas. El fuego se propaga rápidamente sobre las copas del matorral con gran intensidad y llamas grandes. La humedad del combustible vivo tiene gran influencia en el comportamiento del fuego.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 4

HOJA 2



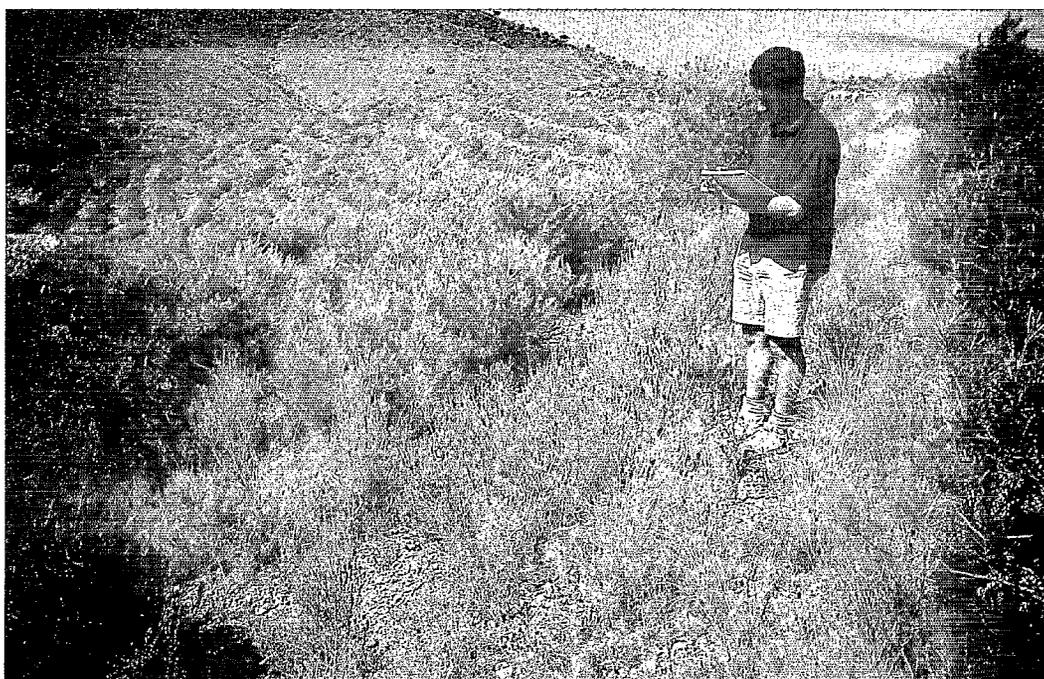
MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 5

HOJA 1

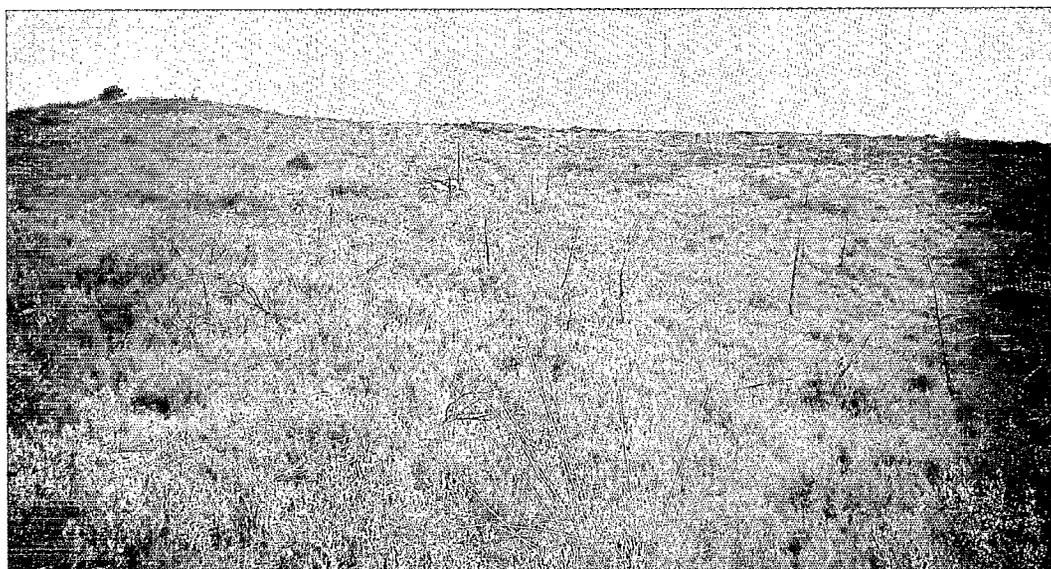
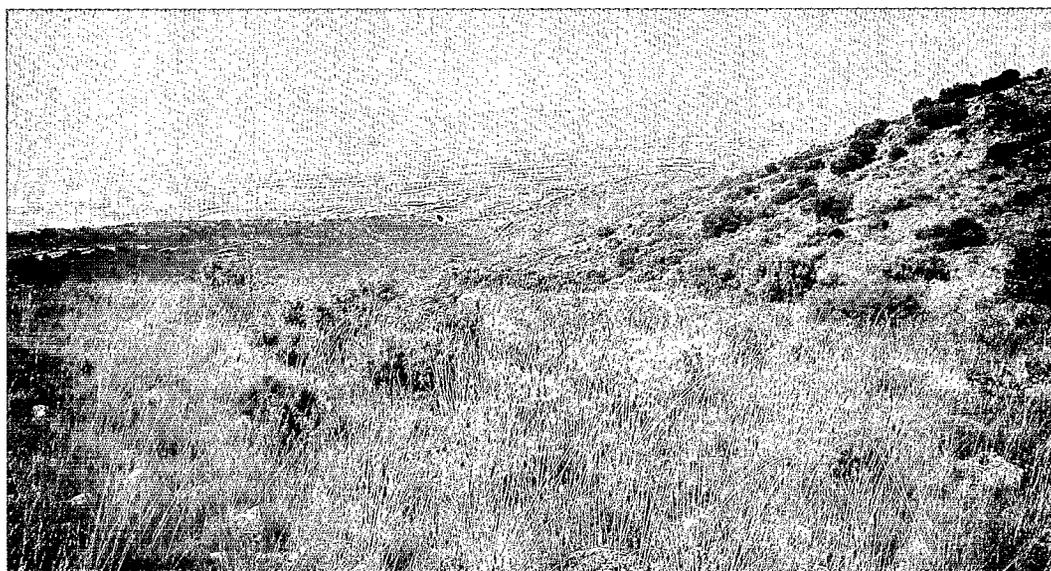
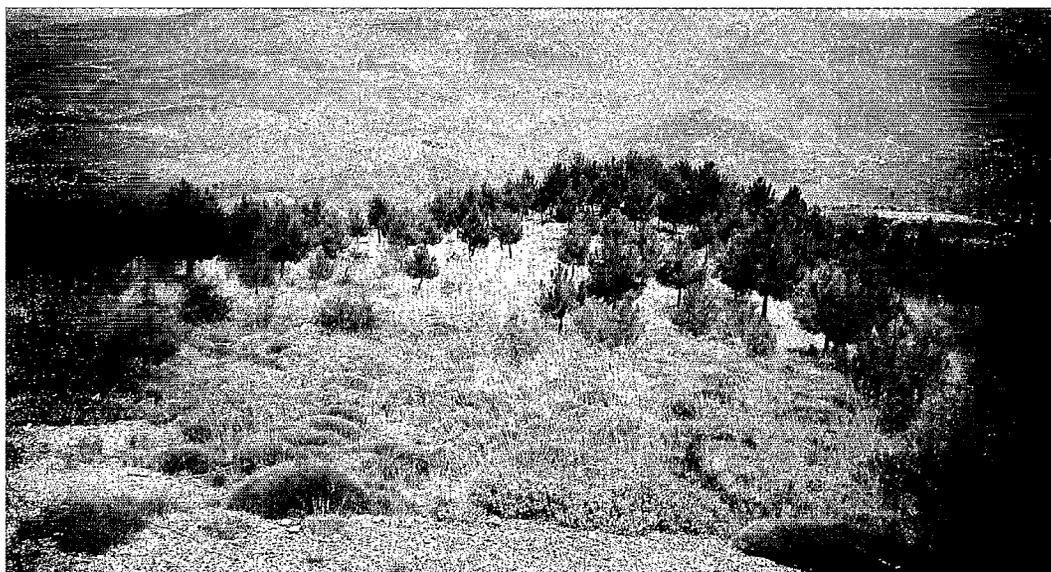
DESCRIPCION: Matorral denso pero bajo, altura no superior a 0,6 metros. Con cargas ligeras de hojarasca del mismo matorral, que contribuye a propagar el fuego con vientos flojos. Fuegos de intensidad moderada.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 5

HOJA 1



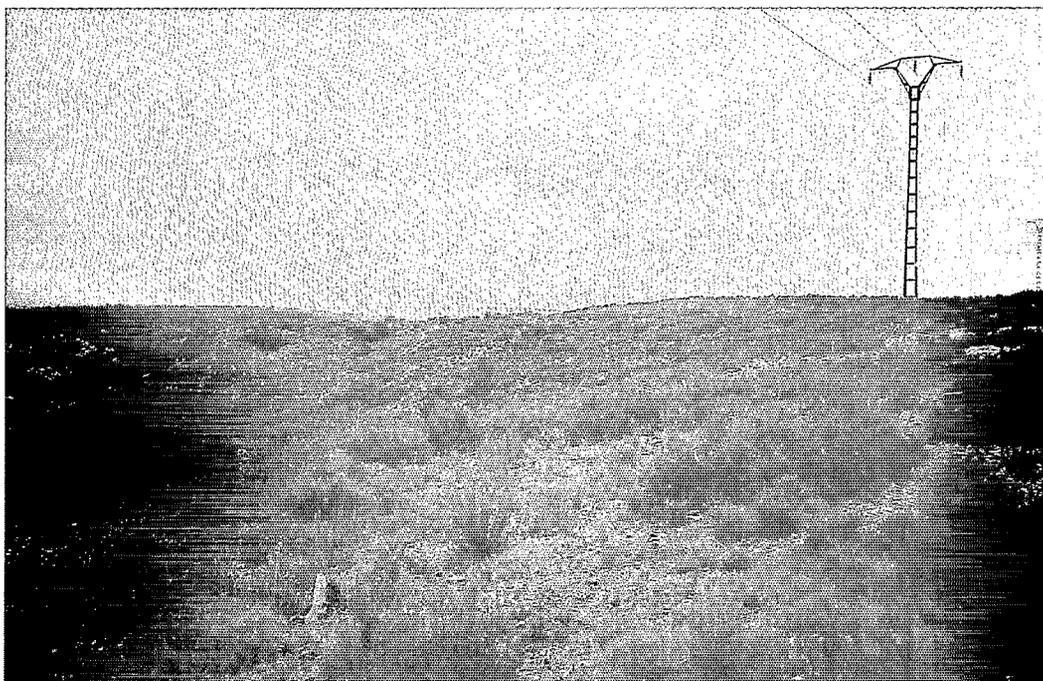
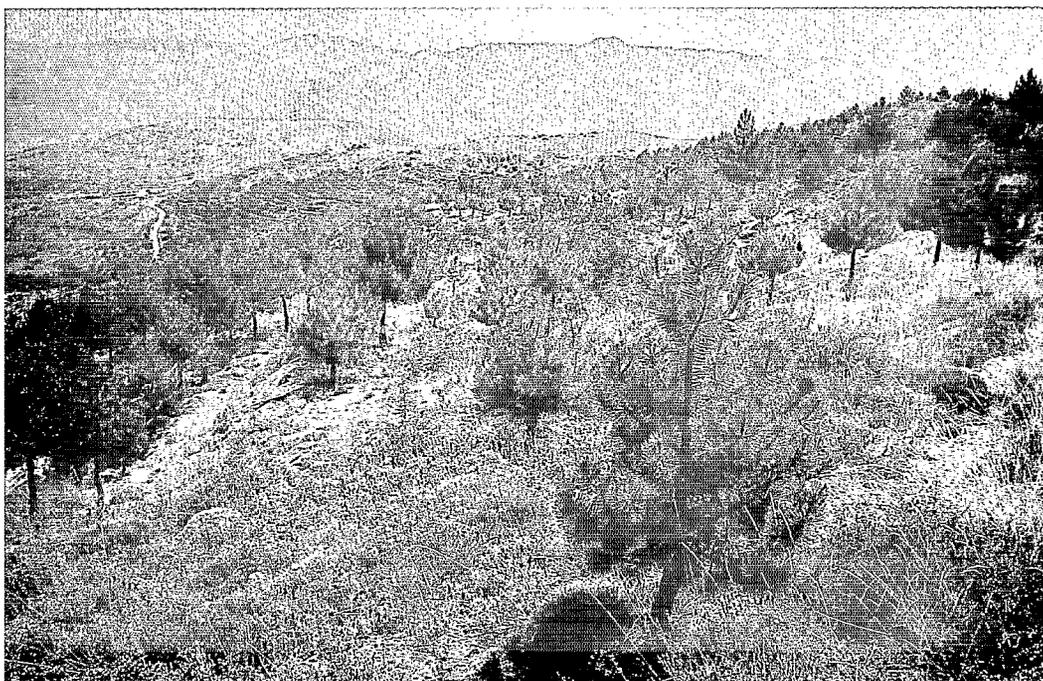
MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 5

HOJA 2

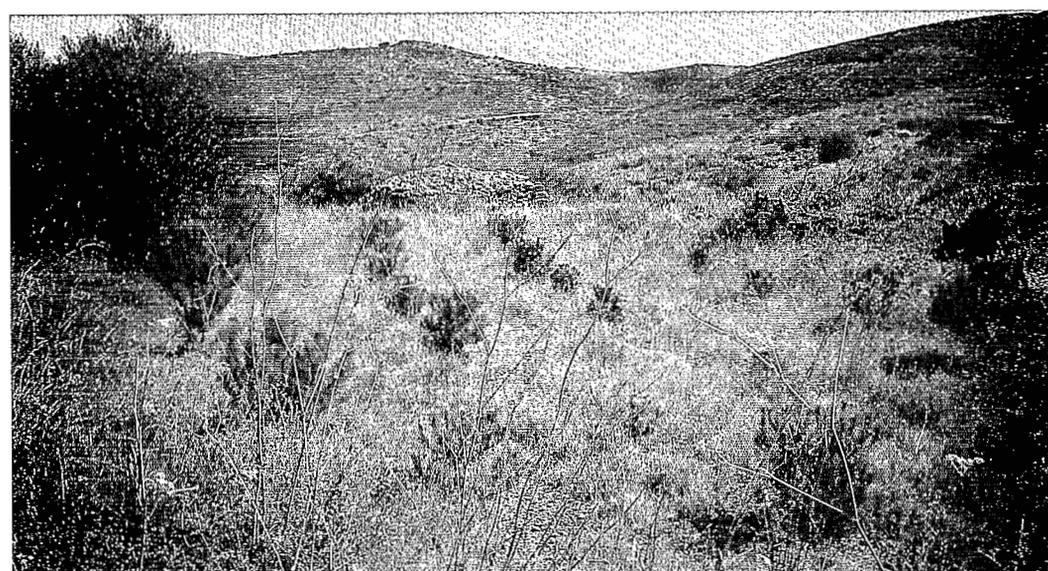
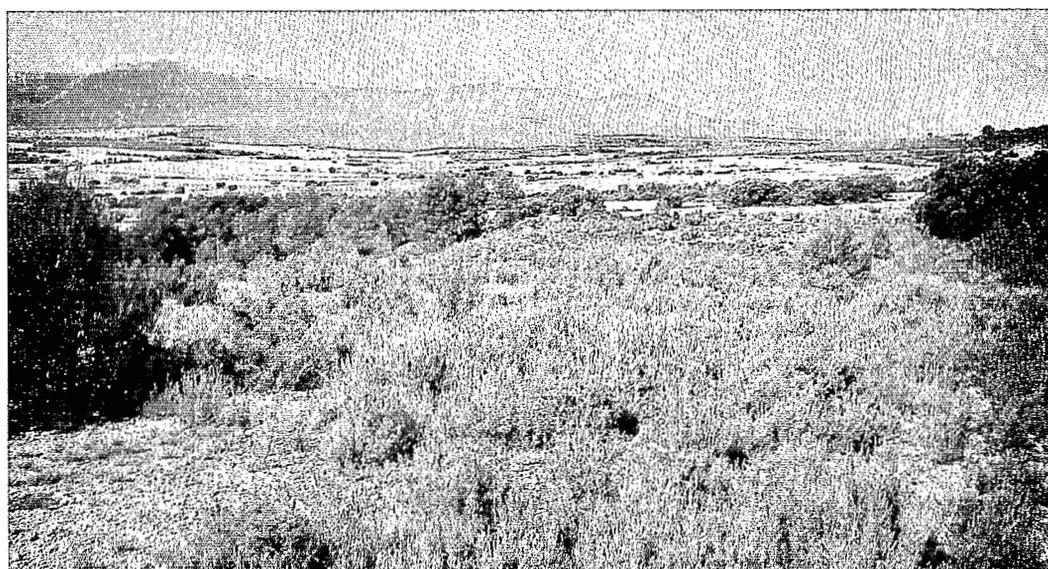
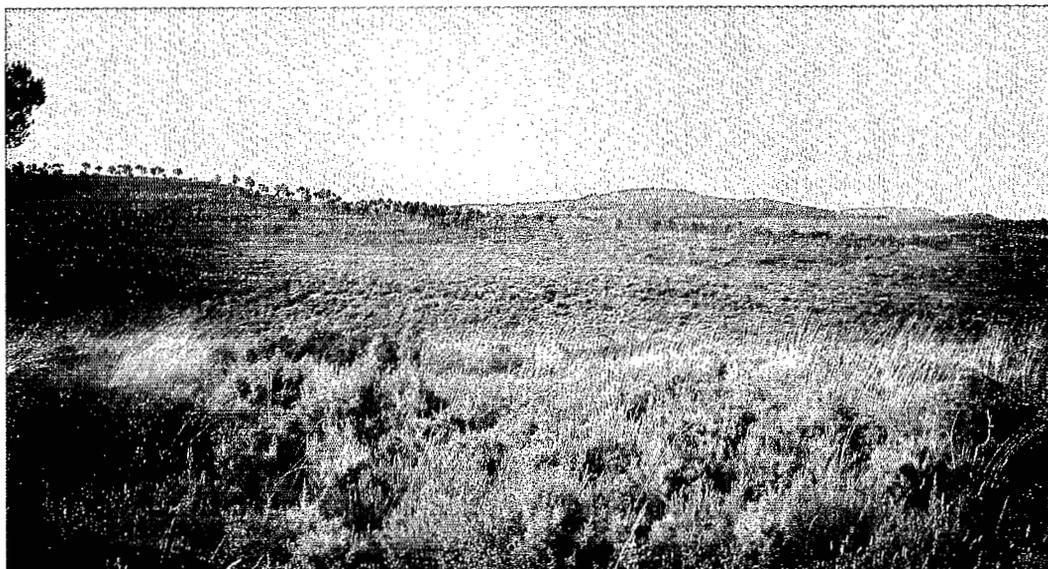
DESCRIPCION: Matorral denso-pero bajo, altura no superior a 0,6 metros. Con cargas ligeras de hojarasca del mismo matorral, que contribuye a propagar el fuego con vientos flojos. Fuegos de intensidad moderada.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 5

HOJA 2



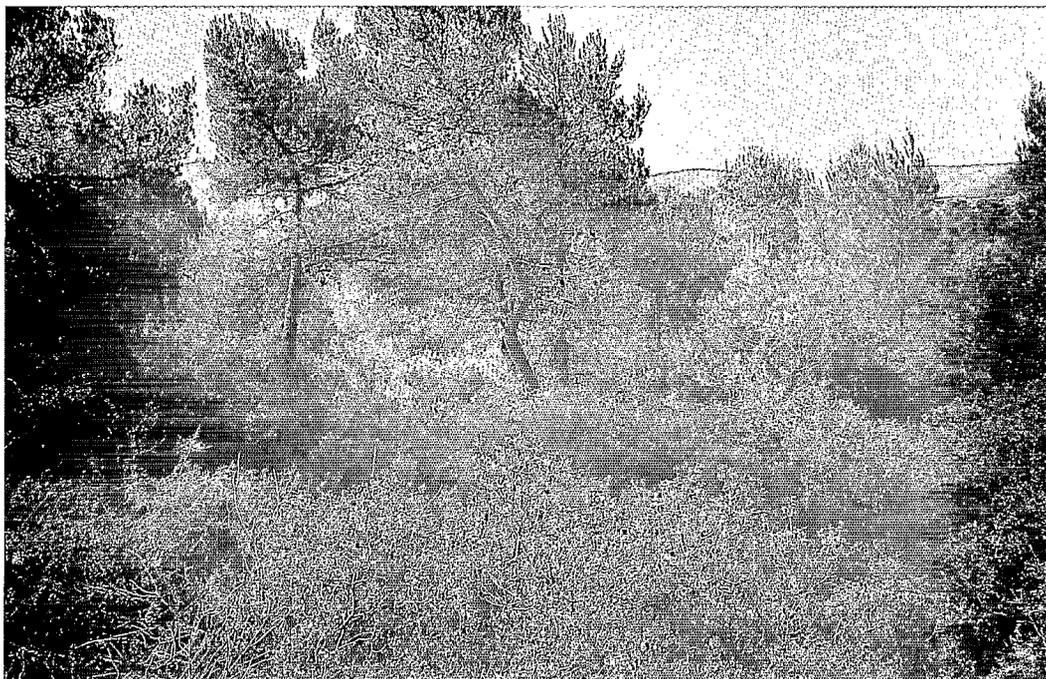
MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 6

HOJA 1

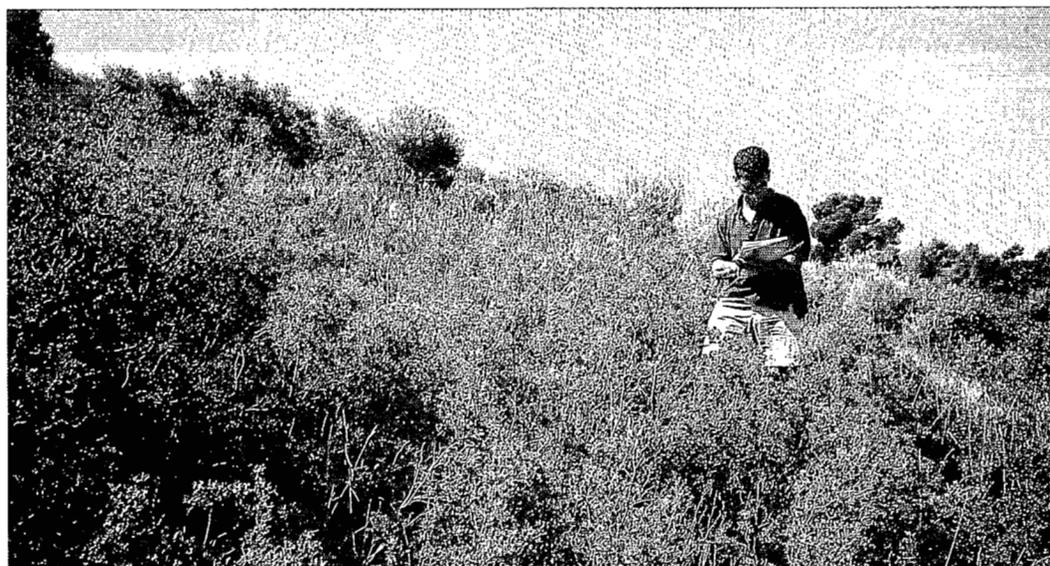
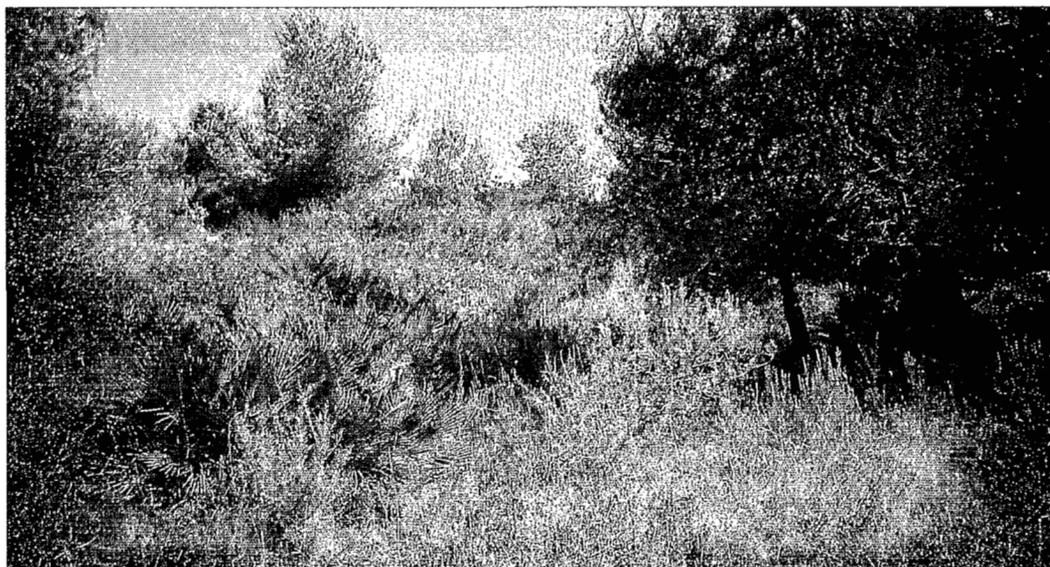
DESCRIPCION: Matorral más viejo que en el modelo 5, con alturas entre 0,6 y 1,2 metros. Los combustibles vivos son más escasos y dispersos. En conjunto es más inflamable que el modelo 5. El fuego se propaga a través del matorral con vientos moderados a fuertes.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 6

HOJA 1



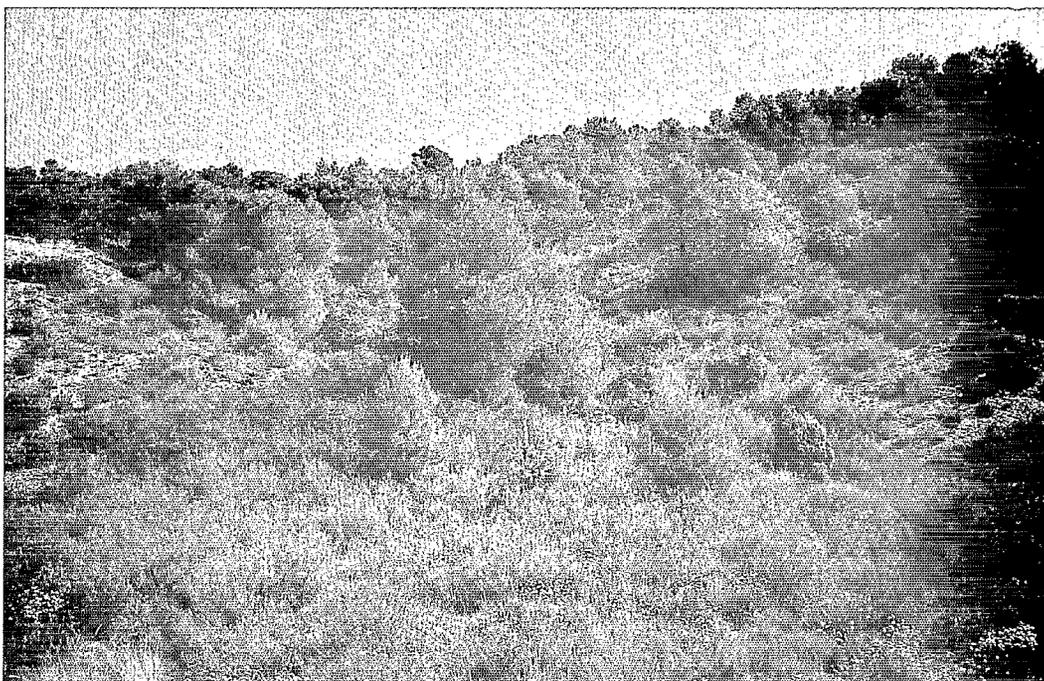
MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 6

HOJA 2

DESCRIPCION: Matorral más viejo que en el modelo 5, con alturas entre 0,6 y 1,2 metros. Los combustibles vivos son más escasos y dispersos. En conjunto es más inflamable que el modelo 5. El fuego se propaga a través del matorral con vientos moderados a fuertes.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 6

HOJA 2

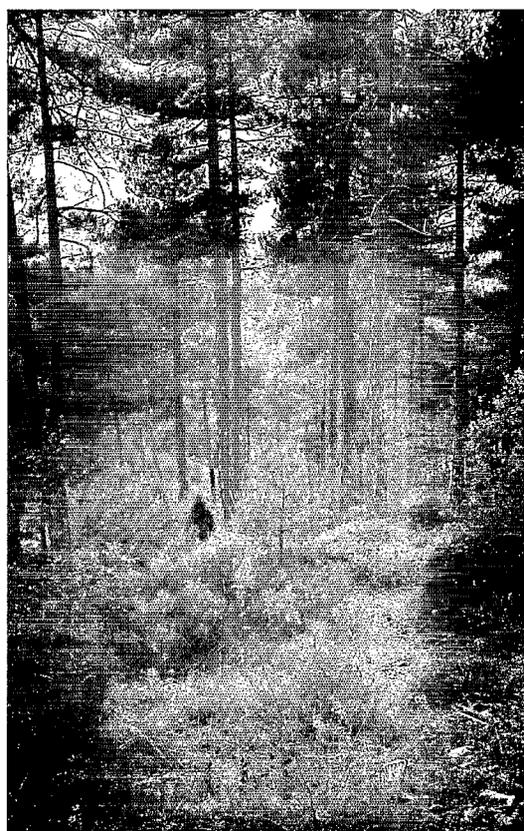


MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

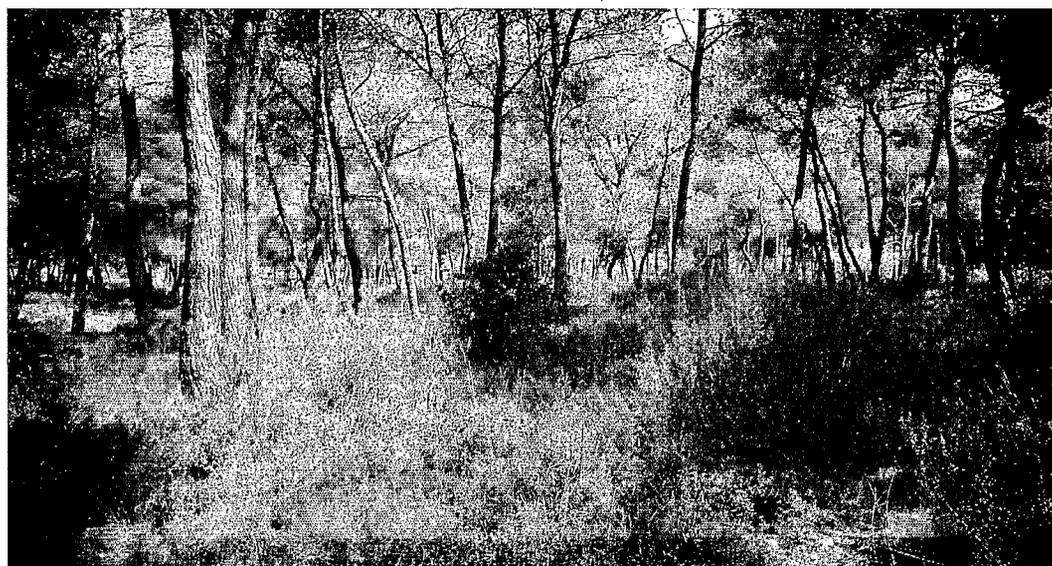
MODELO: 7

DESCRIPCION: Matorral inflamable de 0,6 a 2 metros de altura, que propaga el fuego bajo el arbolado. El incendio se desarrolla con contenidos más altos de humedad del combustible muerto que en los otros modelos debido a la naturaleza más inflamable de los combustibles vivos.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 7



MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

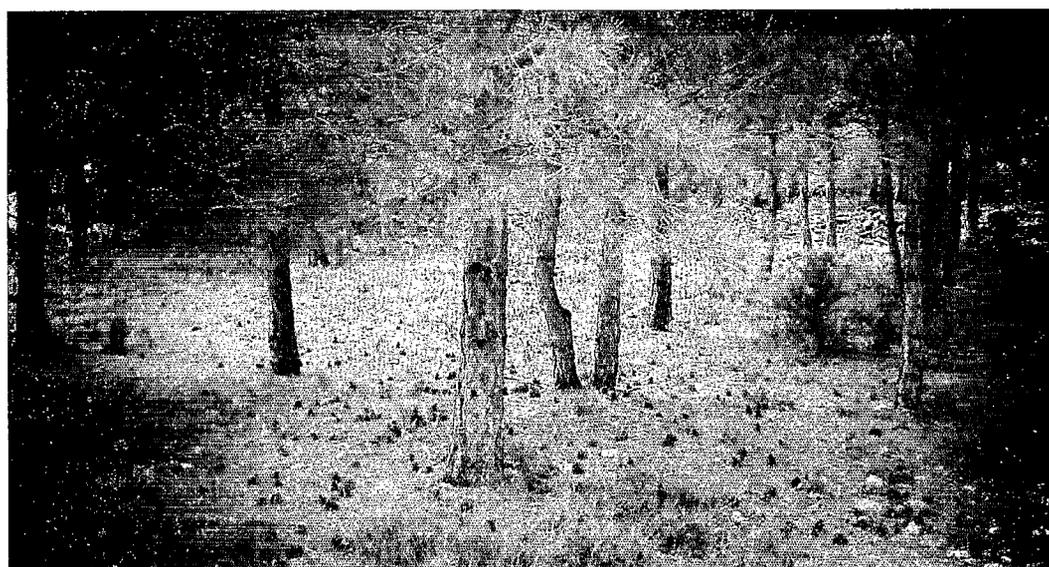
MODELO: 8

DESCRIPCION: Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas. La hojarasca forma una capa compacta al estar formada por acículas cortas (5 cm. o menos) o por hojas planas no muy grandes. Los fuegos son de poca intensidad, con llamas cortas y velocidades de avance bajas. Solamente en condiciones meteorológicas desfavorables (altas temperaturas, bajas humedades relativas y vientos fuertes) este modelo puede volverse peligroso.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 8



MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

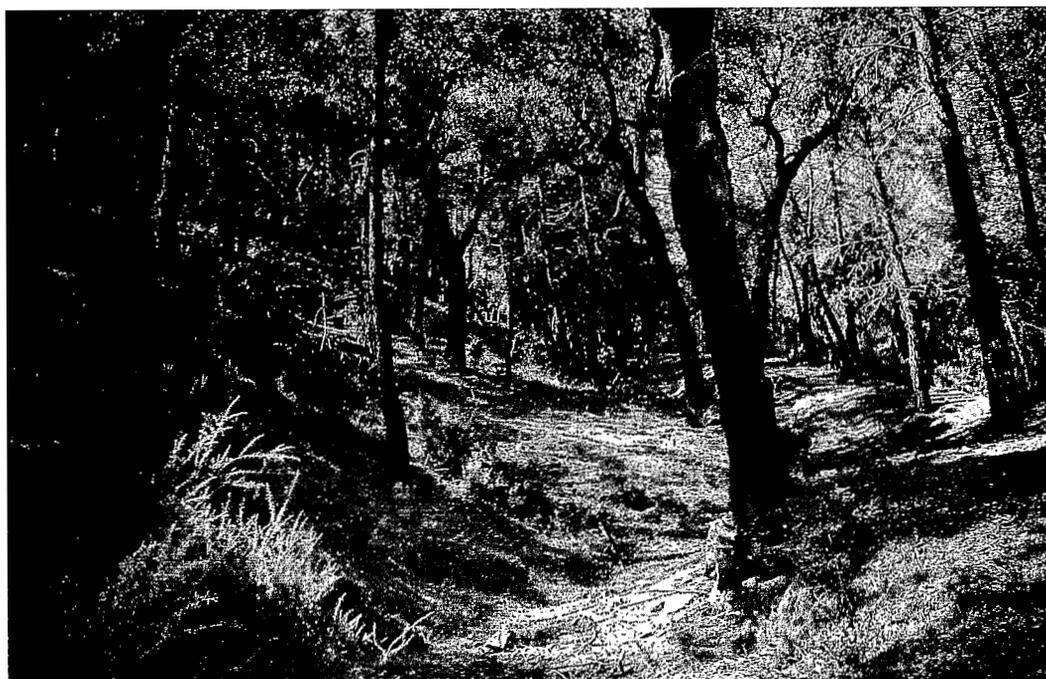
MODELO: 9

DESCRIPCION: Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas, que se diferencia del modelo 8 en que forma una capa esponjada poco compacta, con mucho aire interpuesto. Está formada por acículas largas, como en masas de *Pinus pinaster*, o por hojas grandes y rizadas, como las de los robles (*Quercus pyrenai-ca*, etcétera) o las de los castaños (*Castanea* sp.). Los fuegos son más rápidos y con llamas más largas que en el modelo 8.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 9



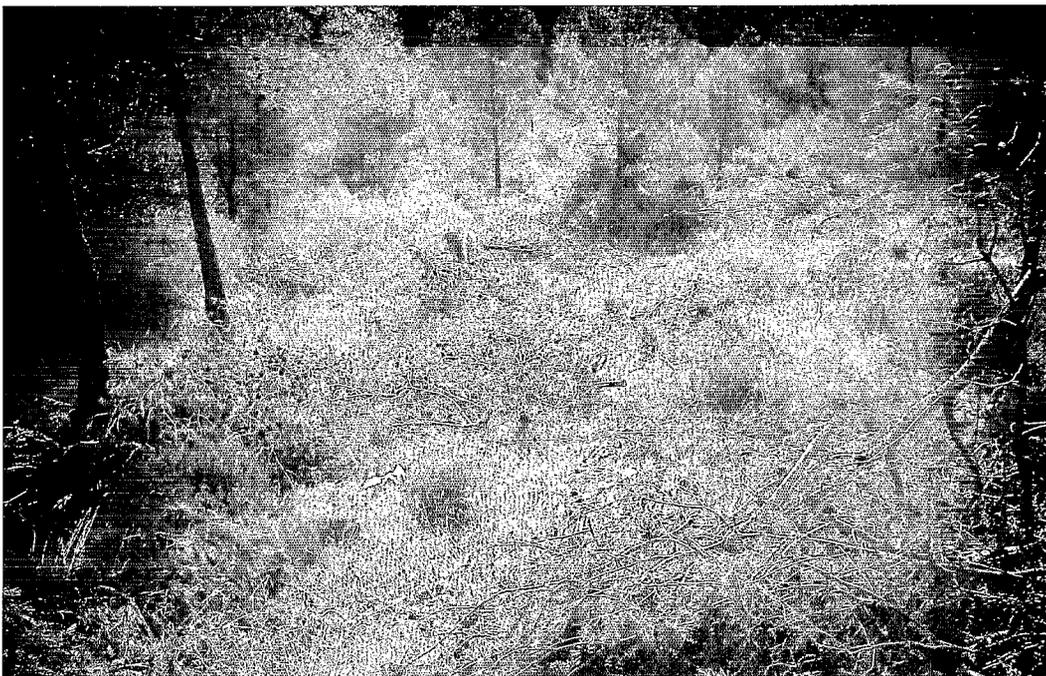


MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 11

DESCRIPCION: Restos ligeros (diámetro <math><7,5\text{ cm.}</math>) recientes de tratamientos selvícolas o de aprovechamientos formando una capa poco compacta de poca altura, alrededor de 30 cm. La hojarasca y el matorral presentes ayudarán a la propagación del fuego. Los incendios tendrán intensidades altas y pueden generar pavesas.



ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO: 11





MODELOS DE COMBUSTIBLE

ZONA: Montes de Levante
(Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona)

MODELO:12

DESCRIPCION: Restos más pesados que en el modelo 11, formando una capa continua de mayor altura, hasta 60 cm. Más de la mitad de las hojas están aún adheridas a las ramas sin haberse secado completamente. No hay combustibles vivos que influyan en el fuego. Los incendios tendrán intensidades altas y pueden generar pavesas.

