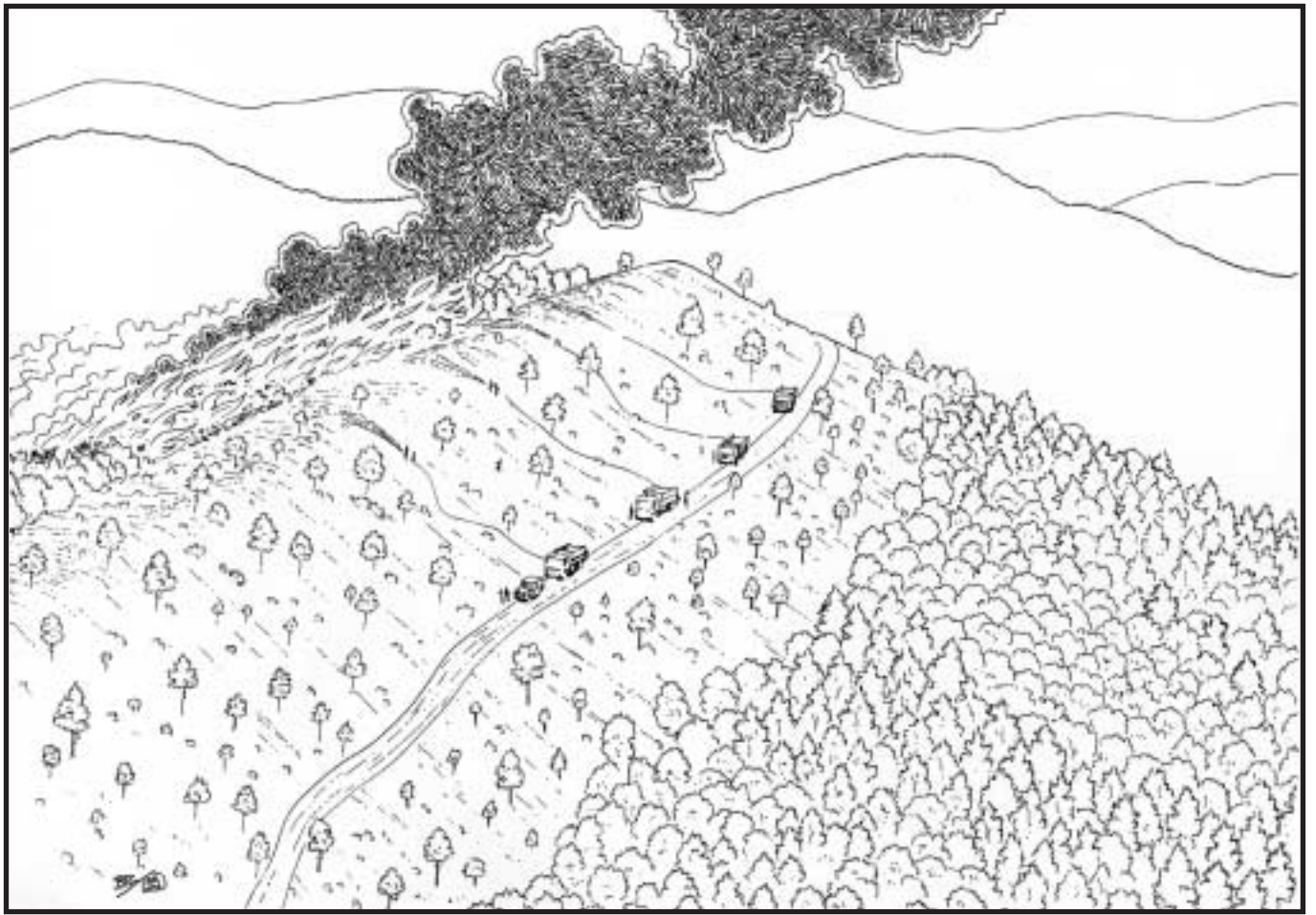


Analyse après incendie de six coupures de combustible

octobre 1999



Analyse après incendie de six coupures de combustible

Document rédigé par **Bernard LAMBERT** (SIME PO)

en collaboration avec les membres du groupe de travail
« Retour d'expériences des coupures de combustible soumises à l'incendie »

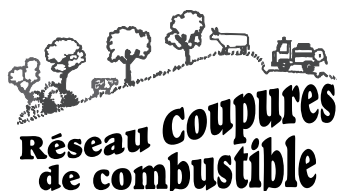
Daniel CASTEIGNAU (Chambre d'Agriculture de l'Aude)

Michel COSTA (DDAF Corse du Sud)

Michel ÉTIENNE (INRA-SAD Avignon)

Jean-Luc GUITON (ONF Gard)

Éric RIGOLOT (INRA-URFM Avignon)



Réseau Coupures de combustible
octobre 1999 - n°2

La stratégie française de prévention des incendies de forêt s'appuie sur le principe de la compartimentation des espaces sensibles par des ouvrages aménagés et équipés afin de constituer des zones d'appui à la lutte. Malgré l'importance des sommes investies et des travaux réalisés chaque année, peu d'études se consacrent aux principes de conception de ces ouvrages et encore moins à l'évaluation de leur efficacité et de leur adéquation aux stratégies de lutte.

L'analyse a posteriori du comportement des ouvrages de prévention face à un incendie réellement subi est l'une des méthodes permettant de recueillir des connaissances de bases utiles pour la conception et l'entretien de coupures de combustible plus efficaces et plus sûres.

Dans le cadre du Réseau coupures de combustible (RCC), cette étude a été entreprise depuis quelques années. Une méthode de collecte d'informations et d'analyse a été mise au point et validée à partir d'un travail de retour d'expériences sur six incendies différents. Ce document en livre les premiers résultats.

Un préambule rappelle les principes de la prévention des incendies dans les espaces naturels méditerranéens français et les différentes notions qu'englobe le concept de coupure de combustible.

Le document propose ensuite une méthode standard de recueil d'information après incendie, d'analyse et d'évaluation du fonctionnement d'une coupure à deux échelles : l'aménagement global et le segment homogène d'une centaine de mètres. Cette méthode est ensuite validée à partir de six cas réels issus d'incendies ayant touché des coupures suivies par le Réseau.

L'analyse permet d'identifier neuf cas types combinant la position topographique du segment de coupure (talweg, milieu de versant, crête militaire, col) et les différentes phases de lutte (attaque initiale, de flanc, de front, à la recule). Ces cas types sont plus particulièrement développés afin de mettre en parallèle la structure de l'aménagement, le comportement du feu, l'état du combustible et les modalités d'utilisation de la coupure par les équipes de lutte.

Enfin une synthèse dégage un certain nombre de résultats pratiques et des pistes de réflexion pour améliorer la conception et l'entretien d'aménagements DFCI plus efficaces.

Tous les dessins de cet ouvrage sont des œuvres originales de **Bruno Teissier du Cros**.

Réseau Coupures de combustible

Bernard LAMBERT, Ingénieur, Sime - Service élevage-environnement Pyrénées-Orientales

Daniel CASTEIGNAU, Ingénieur, chambre d'Agriculture de l'Aude

Michel COSTA, TSTFE, DDAF de Corse-du-Sud

Michel ÉTIENNE, Chercheur, Inra - Écodéveloppement Avignon (Vaucluse)

Jean-Luc GUITON, TSTFE, ONF Remoulins (Gard)

Éric RIGOLOT, Ingénieur, Inra - Équipe prévention des incendies de forêts Avignon (Vaucluse)

Référence

Lambert B. (coord.), Casteignau D., Costa M., Étienne M., Guiton J.L., Rigolot É.

Analyse après incendie de six coupures de combustible.

Réseau Coupures de combustible - Éd. de la Cardère Montfavet 1999, 81 p. + cartes.



Éditions de la Cardère
215 rue Auguste Cardon
84140 Montfavet

© Éditions de la Cardère 1999

ISBN : 2-914053-00-2

© Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage, est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) 3 rue Hautefeuille, Paris 6^e.

Sommaire

- 8 ➤ Les coupures de combustible stratégiques. Contexte et objectifs
- 16 ➤ Aspects méthodologiques
- 32 ➤ Les cas d'étude
- 68 ➤ Synthèse et conclusion
- 72 ➤ Annexes
- 77 ➤ Glossaire
- 79 ➤ Références bibliographiques
- 80 ➤ Liste des illustrations
- 81 ➤ Liste des cartes

Les coupures de combustible stratégiques. Contexte et objectifs

- A. LES COUPURES DE COMBUSTIBLE STRATÉGIQUES : DE LA NÉCESSITÉ DE RENFORCER LA POLITIQUE DE PRÉVENTION DES INCENDIES DES ESPACES NATURELS MÉDITERRANÉENS PAR LA MISE EN PLACE DE « COUPURES DE COMBUSTIBLE STRATÉGIQUES »
- B. LES COUPURES DE COMBUSTIBLE STRATÉGIQUES : CHIMÈRES SÉCULAIRES OU RÉALITÉS DE DEMAIN ?
- C. LA COUPURE DE COMBUSTIBLE STRATÉGIQUE : DÉFINITIONS
- D. LE RÉSEAU COUPURES DE COMBUSTIBLE : DE L'OBLIGATION D'UN OBSERVATOIRE DES OUVRAGES DFCI
- E. LE GROUPE DE TRAVAIL « RETOURS D'EXPÉRIENCE DES COUPURES DE COMBUSTIBLE SOUMISES À L'INCENDIE »
 - 1. Objectifs
 - 2. Les atouts
 - 3. Les limites
 - 4. Conclusion

A. Les coupures de combustible stratégiques : de la nécessité de renforcer la politique de prévention des incendies des espaces naturels méditerranéens par la mise en place de « coupures de combustible stratégiques »

Dans les trente dernières années (1960-1990), la stratégie de prévention et de lutte contre les incendies dans les espaces naturels méditerranéens se fondait entre autres sur : la mise en place de tours de guet, l'organisation du guet aérien, l'amélioration de l'accessibilité des massifs et de leurs équipements, un véritable quadrillage des massifs par des patrouilles d'intervention, et *in fine* le prépositionnement de groupes d'attaque aux points stratégiques. La synergie entre toutes les composantes de ce dispositif devait à la fois accroître la précocité des interventions sur les feux naissants et rendre plus opérationnel l'emploi des moyens lourds de lutte.

Toutefois, si cette stratégie d'attaque des « feux naissants » fut globalement une réussite, la répétition des années de crise : 1979, 1982, 1986, 1990 en montrèrent les limites. Alors que 80 % des incendies parcouraient désormais moins de 5 ha¹, le bilan des feux qui s'échappaient ne cessait de s'alourdir. Ainsi, la part des grands feux passe de moins de 40 % de la surface totale incendiée en 1979 (17 feux), à 80 % en 1990 (18 feux).

Face à cette dualité entre d'une part, un nombre toujours croissant de feux maîtrisés très rapidement, et d'autre part, une vingtaine de grands feux dont le poids dans les bilans annuels ne cesse de s'alourdir, la nécessité de renforcer une des composantes de la prévention contre les grands incendies des espaces méditerranéens fut donc confirmée (CEMAGREF, 1989)² au début des années 1990.

Malgré le succès de la lutte sur les feux naissants, de facto le risque de développement de grands feux demeure, et sa maîtrise passe par l'amélioration du compartimentage des massifs par des coupures de combustible³.

« Il semble bien que les progrès en matière d'efficacité de la protection des forêts méditerranéennes

contre les incendies, doivent être recherchés dans l'élargissement du champ d'application de la politique de prévention pour en faire l'un des volets essentiels de la politique d'aménagement du territoire rural des régions concernées. Dans ce contexte, l'organisation et la réalisation d'un compartimentage rationnel des espaces sensibles par des coupures réfractaires à la propagation du feu et supports pérennes d'activités agricoles et pastorales, peuvent apparaître comme une réponse appropriée. » (André Grammont, directeur de l'Espace rural et de la Forêt, ministère de l'Agriculture, mars 1991, cité par Cochelin, 1992)

Ainsi, face au « feu catastrophe », la Direction de l'Espace rural et de la Forêt du ministère de l'Agriculture (DERF) réaffirme clairement en 1992 la nécessité de renforcer le cloisonnement des massifs forestiers comme des espaces naturels, par un réseau de coupures implantées dans les secteurs stratégiques (Cochelin, 1992). La création des coupures de combustible stratégiques doit donc répondre durablement au triple objectif suivant :

- « *réduire la probabilité d'extension en rompant l'uniformité des formations végétales propices au développement des grands feux* ».
- « *constituer à la fois un obstacle pour le feu et à contrario un terrain de manœuvre* » aménagé pour permettre aux services de lutte de s'y déplacer en toute sécurité avec des moyens allégés.
- « *provoquer, à défaut d'arrêt, un fractionnement des fronts de flammes pour ramener la lutte à un problème de traitement des petits et moyens feux et, en rompant le front de flammes, une baisse sensible de la puissance du feu et un ralentissement appréciable de sa vitesse moyenne de progression.* »

¹ En 1990, 75 % des feux ne dépassèrent pas 1 ha

² Dès 1985, cette notion de coupure de combustible stratégique était déjà défendue par un grand nombre d'experts.

³ Voir les nombreuses propositions ou recommandations exprimées dans les textes officiels (références en fin de document) et dans Cellule technique... (1986).

B. Les coupures de combustible stratégiques : chimères séculaires ou réalités de demain ?

Toutefois, si les coupures de combustible stratégiques sont novatrices, tant par leur localisation, leurs dimensions, et surtout leur entretien par l'agriculture et le pastoralisme, un rapide coup d'œil en arrière montre que leur principe est déjà ancien.

Boyer de Fonscolombe écrit en 1819 au chapitre des remèdes contre les incendies de forêts : « *on peut prévenir ce fléau en remplaçant les taillades par des cultures fixes. Ces montagnes en sont pour la plupart susceptibles. L'agriculteur pourrait avec facilité y former d'immenses vignobles dont le produit serait avantageux. L'olivier y vient assez bien, le figuier y réussit parfaitement. C'est ainsi que la vigne, le figuier et l'olivier pourraient couvrir les collines exposées au midi, tandis que celles du nord seraient plantées en châtaigniers...* » (MTDA, 1992).

Dans la foulée, le brillant forestier Charles de Ribbe est encore plus précis dans son étude sur les incendies de forêts datée de 1865 : « *dans les tranchées garde-feu, on exécuterait sur une largeur de 100 à 200 m, selon les cas, les nettoiements destinés plus tard à prendre de plus vastes proportions. Les résineux y disparaîtraient peu à peu ; les essences feuillues, le chêne-liège, le châtaignier, leur seraient substituées et y seraient cultivées de manière à former des peuplements complets et où ne pénétreraient plus les morts-bois.... De véritables cordons sanitaires seraient établis en travers des vents dangereux, le long des crêtes de rochers et dans la direction des vallées, pour empêcher l'incendie de passer d'un versant à l'autre.* »

Conscient qu'« *il ne faut négliger aucune économie possible* », il ajoute que « *c'est au nom même de*

l'intérêt des nettoiements qu'on leur a joint une compensation destinée à couvrir une partie de la dépense. L'extraction des morts-bois est suivie d'une mise en culture du sol ». C'est ce que pratique, semble-t-il, l'Administration des Forêts qui, en plein milieu du XIX^e siècle, « *n'a pas hésité à employer les nettoiements avec culture, là où les ressources des communes n'en permettraient pas d'autres.* » (MTDA, 1992)

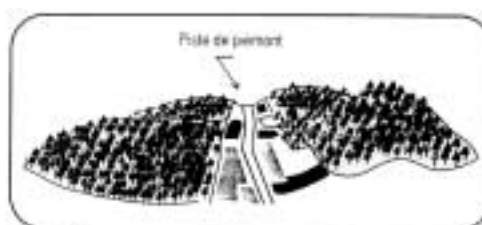
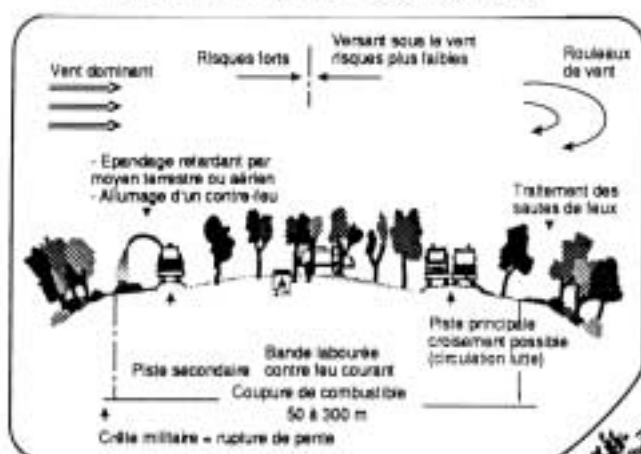
De plus, la lutte contre les incendies repose sur un couplage entre la préparation du terrain et son utilisation par les services de lutte. En d'autres termes, il s'agit d'attendre le feu sur un terrain de manœuvre où a été élaborée une stratégie pensée longtemps à l'avance. Or, là aussi, le passé est riche d'enseignements :

« *Durant les trente dernières années, on a agi en développant un réseau dense de pistes et pare-feu de petite largeur. Malgré d'énormes investissements, on constate toujours la difficulté à limiter les grands incendies. Ce constat tient à la fois d'une stratégie de lutte qui n'a pas été suffisamment intégrée, et en conséquence, du défaut de conception des infrastructures. On a donc décidé de renforcer les équipements sur lesquels les forestiers peuvent aisément agir. Mais on peut se demander si le même processus ne va pas se répéter avec les coupures aménagées.* » (Millo & Lecomte, 1994)

En l'absence de coordination avec les services de lutte, cette politique de « *renforcement des aménagements de la prévention des incendies* » sera sans doute jugée fort insuffisante ou peu probante d'ici 20 ans.

Figure 1 : Quelques exemples de coupures de combustible

1^{er} exemple de coupure de combustible



2^e exemple de coupure de combustible (agricole)

3^e exemple de coupure de combustible

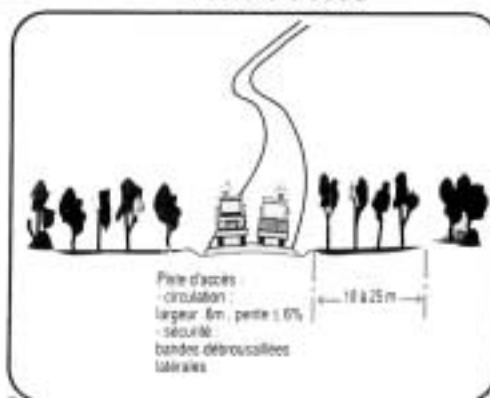
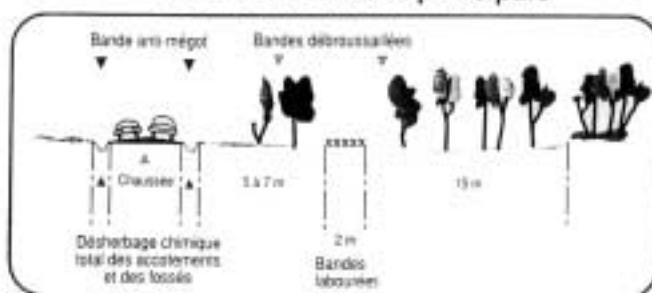
Interface Habitat/Forêt avec Sylvopastoralisme



Village ou lotissement de piémont



Voie de circulation principale



ATTENTION : ces deux contre-exemples ne sont pas des coupures de combustible, mais des dispositifs de sécurité (BDS)

Schéma adapté de Hubert et al. (1991)

C. La coupure de combustible stratégique : définitions

Les dénominations ne manquant pas, leur profusion illustre bien la nécessité de préciser le concept :

- ligne de combat stratégique (CEMAGREF, 1989)
- coupure verte (CEMAGREF, 1989)
- coupure aménagée (Millo & Lecomte, 1994)
- coupure stratégique (CEMAGREF, 1989)
- coupure de combustible (RCC, 1998)
- grande coupure (CEMAGREF, 1993)
- zone d'appui à la lutte (SDIS, 1997)
- noyau dur, Licagif, etc.

La seule définition qui ait été donnée est celle avancée en avril 1992 par Y. Cochelin, rapporteur du groupe de travail sur la défense des forêts contre les incendies :

« Il s'agit d'une bande aménagée entre deux zones d'ancrage, peu sensibles aux incendies d'espaces naturels,

- assurant ainsi la continuité d'un dispositif anti-incendies, dans le temps et l'espace,*
- contribuant au cloisonnement d'un massif forestier,*
- et traitée de telle sorte que le feu ne puisse s'y propager et permettant ainsi d'arrêter ou, pour le moins, de ralentir passivement les incendies les moins virulents et de faciliter la lutte contre les incendies les plus importants susceptibles d'extension, notamment en les fractionnant... »*

Cette définition ne développe pas suffisamment le rôle de la stratégie de lutte sur la coupure. Elle omet même de mentionner qu'une coupure de combustible doit :

- demeurer avant tout une ligne de combat stratégique pour la lutte. Ainsi, son emplacement et ses modalités de réalisation doivent être choisis par les services de lutte et les services forestiers avec le plus grand soin, après examen minutieux des scénarios de feux et de lutte les plus probables. Elle doit enfin être desservie par des pistes carrossables, assurant une desserte rapide et en toute sécurité des équipes de lutte ;
- cet aménagement DFCI doit donc être pensé dans un cadre global associant l'ensemble des services et surtout les services chargés de la lutte (PAFI).

En résumé, la coupure de combustible stratégique associe deux concepts :

- la gestion du combustible (zone A, zone B, noyau dur, etc. ...),
- la stratégie de lutte (idée de manœuvre sur un terrain connu).

N.B. Le terme de coupure verte introduit l'idée que les coupures peuvent recevoir localement certaines spéculations agricoles (vignoble, arboriculture, ...). Toutefois, force est de constater que celles-ci sont rarement placées sur les croupes ou les cols stratégiques battus par le vent. Nous parlerons donc plutôt de segments verts et non pas de coupures vertes.

D. Le réseau coupures de combustible : de l'obligation d'un observatoire des ouvrages DFCI

Des paragraphes précédents, il ressort clairement qu'une authentique politique de création de coupures stratégiques ne peut faire l'impasse d'un véritable suivi-évaluation des ouvrages réalisés. Ainsi, conscients de la nécessité de faire la part entre les chimères et les réalités, une dizaine de structures directement impliquées, depuis la conception jusqu'à la gestion, se sont fédérées depuis 1993 au sein d'un

réseau : le « Réseau Coupures de Combustible »¹.

Véritable observatoire d'une soixantaine d'aménagements DFCI, répartis sur 8 départements de l'Entente et suivis annuellement selon une méthodologie commune, ce réseau offre à la fois une mémoire évolutive et interactive (base de données SIG, centralisée à l'INRA d'Avignon) et une plate-forme d'é-

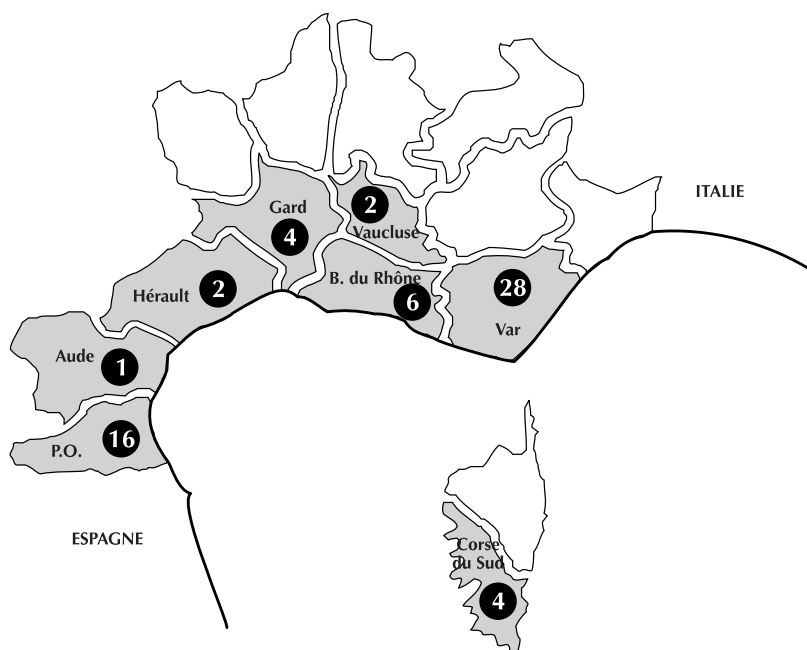
¹ pour plus de détails, voir la fiche de présentation du réseau en fin d'ouvrage. Dans la suite du document le terme RCC désignera le réseau coupures de combustible.

change et de réflexion ouverte à tous.

Plusieurs des thèmes fondamentaux étroitement liés au concept de « coupures stratégiques » font actuellement l'objet d'une réflexion approfondie au sein de différents groupes de travail du réseau :

- conception des coupures,
- efficacité des coupures de combustible,
- retours d'expérience des coupures de combustible soumises à l'incendie,
- évaluation économique des aménagements,
- intérêt pastoral,
- choix des meilleurs itinéraires d'entretien.

Figure 2 : Répartition des coupures stratégiques suivies par le Réseau



E. Le groupe de travail « Retour d'expériences des coupures de combustible soumises à l'incendie »

1. Objectifs

Grâce à la disponibilité d'un suivi annuel du combustible (hauteur, recouvrement, nature des ligneux, des herbacées et de la litière), et du fait de la présence du gestionnaire de la coupure le jour même, ou peu après l'incendie, il est possible d'assurer un « retour d'expérience » de qualité.

La compréhension objective du fonctionnement de la coupure lors du passage de l'incendie, comme la connaissance de son intégration dans la stratégie de lutte, devraient mettre en lumière les insuffisances et les acquis des postulats et des principes qui ont présidé à son élaboration. Parmi les éléments à considérer, on peut citer :

- le patrimoine à protéger,
- l'étude du risque (pertinence des hypothèses de feu),
- la nature de la végétation et du combustible,
- l'aérologie en fonction de la topographie et des conditions météorologiques le jour de l'incendie (théoriques et observées),

- l'écart entre l'idée de manœuvre initiale des services de lutte et son application, et cela, de l'éclosion du feu à la montée en puissance des moyens,
- *in fine*, la coupure à proprement parler : sa localisation, ses dimensions, ses équipements et son entretien. Il s'agit ici d'identifier les points faibles, les insuffisances, et les points de blocage rencontrés lors de la réalisation de l'ouvrage.

2. Les atouts

- un réseau relativement bien réparti sur le pourtour méditerranéen (fig.2) comme dans l'ensemble des départements de l'Entente (le réseau couvre 8 départements sur 15) et qui couvre une large gamme de situations et de milieux (de l'étage montagnard au bord de la mer, des forêts de chêne-liège aux landes à genêt purgatif en passant par les garrigues à chêne kermès) ;
- un réseau solidement implanté dans les départements les plus exposés aux incendies de forêts (tabl.1 et 2) ;
- 5 sur 9 des départements les plus touchés en ter-

mes de surfaces parcourues par les incendies et 6 sur 11 des départements les plus concernés par le phénomène « grand feu » sont couverts par le RCC.

3. Les limites

Depuis la mise en place du RCC, nous sommes confrontés à une série d'années caractérisées par un bilan annuel des surfaces incendiées particulièrement faible.

Le recensement des incendies de forêts, landes et maquis en région méditerranéenne française sur les 15 départements de l'Entente, de 1973 à 1997, (annexe 1) met en évidence que, sur le long terme (25 ans), les années catastrophiques où les surfaces parcourues par le feu dépassent 40 000 ha, s'opposent aux années ordinaires dont le bilan des surfaces est d'environ 15 000 ha, voire aux années exceptionnellement favorables (< 5 000 ha), et ce, malgré un nombre de départs de feux relativement stables (2 000 à 4 000 feux recensés par an).

Selon cette classification, nous venons de connaître 5 années ordinaires (1992, 1993, 1994, 1995, 1997) et 2 années exceptionnellement basses (1991 et 1996). Ce constat est valable aussi bien en termes de surface que de nombre de grands incendies. On peut donc véritablement parler d'une réduction drastique du nombre de cas d'étude.

les grands incendies ne menaceraient-ils plus les secteurs aménagés ?...

Un regard rapide sur la carte met en évidence que ces grands incendies se sont souvent développés dans des secteurs non encore aménagés. L'incendie est donc souvent le révélateur, voire l'accélérateur du processus d'aménagement et de gestion. Il précède souvent la mise en place de la coupure. Ainsi, dans les Pyrénées-Orientales, 8 des 10 grands incendies se sont développés sur des secteurs non aménagés. Secteurs qui, depuis, ont fait l'objet de la mise en place de coupures de combustible. Même dans le Var, reconnu pour la densité des aménagements, 50% des grands incendies touchent des secteurs aménagés (annexe 2).

... ou les coupures stratégiques, de par leur existence, ne permettraient-elles plus l'émergence de grands incendies ?

A contrario, les esprits positifs pourront faire remarquer que les coupures stratégiques, en fracturant le feu, ont induit son déclassement de la rubrique feux moyens vers celle de petits feux. C'est parfois le cas, comme le montre le tableau 3.

4. Conclusion

Plus que jamais, la constitution d'un échantillon significatif implique de récupérer tous les retours d'expérience possibles, sans distinction de classes de feux et d'exigence en termes de couverture préalable par le RCC.

Tableau 1 : Classement des départements de l'Entente selon l'importance des surfaces incendiées et le nombre total de grands feux de 1972 à 1996 (25 ans)

Département	Surface totale brûlée (ha)	Nombre total de grands feux (> 100 ha)
2 B – Haute-Corse	115 972	172
2 A – Corse-du-Sud	104 280	156
06 – Alpes-Maritimes	45 578	90
83 – Var	93 183	83
30 – Gard	43 946	74
07 – Ardèche	36 173	73
13 – Bouches-du-Rhône	58 000	65
66 – Pyrénées-Orientales	58 983	64
11 – Aude	32 117	57
34 – Hérault	21 183	45
48 – Lozère	15 328	31
04 – Alpes-de-Haute-Provence	6 135	9
84 – Vaucluse	6 784	7
05 – Hautes-Alpes	2 781	3
26 – Drôme	534	0

Tableau 2 : Nombre d'incendies de forêts de plus de 100 ha dans les départements couverts par le Réseau Coupures de combustible. Années 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997.

Départements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Total	dont analysé
11	0	0	2	2	0	0	4	1
13	0	1	1	3	0	4	9	1
2 A	3	5	7	0	1	1	17	1
30	0	0	0	1	0	1	2	0
34	0	1	1	0	0	0	2	0
66	0	1	2	5	1	1	10	1
83	0	1	1	1	1	1	5	2
84	0	0	0	0	0	1	1	0
total	3	9	14	12	3	9	50	6

Tableau 3 : Exemple d'incendies touchant des coupures et n'atteignant pas de ce fait les 100 ha (Pyrénées-Orientales)

Coupures stratégiques	Commune (66)	Date	n° incendie (Prométhée)	Surface brûlée	Incendie recensé comme grand feu
Nohèdes	Nohèdes	21/02/93	8	100 ha	oui
Nohèdes	Nohèdes	15/09/93	96	50 ha	non
Col Diagre	Olette	23/06/93	35	50 ha	non

Aspects méthodologiques

A. L'APPROCHE GLOBALE

1. Les données à recueillir pour l'analyse globale
2. La grille d'analyse globale

B. L'APPROCHE LOCALE (LE SEGMENT)

1. La notion de segment
2. Le recueil des données nécessaires à l'analyse locale
3. L'analyse des données

L'analyse du comportement d'une coupure de combustible soumise à un incendie requière l'étude conjointe de deux entités, la coupure de combustible d'une part, et l'incendie d'autre part. Ces deux entités doivent être bien caractérisées pour pouvoir comprendre ensuite comment elles ont interagi. La coupure de combustible devant avant tout être une zone d'appui à la lutte, le déploiement des forces de lutte doit aussi être décrit afin de préciser les termes de cette interaction. La coupure de combustible, l'incendie et les actions de lutte sont donc les trois composantes de l'événement à décrire, qui se retrouvent à chaque étape du processus de recueil des données qui suit.

Il nous a semblé indispensable de distinguer deux niveaux d'approche pour analyser le comportement d'une coupure de combustible à l'incendie : le niveau global et le niveau local.

Le niveau global est celui où l'on décrit les caractéristiques d'ensemble de la coupure de combustible, en temps qu'aménagement complet sur un massif forestier donné, où l'on retranscrit les grandes étapes du déroulement de l'incendie, et où l'on replace les différentes actions de lutte visant à contrarier sa progression. C'est la description du contexte général qui permettra ensuite de mieux comprendre ce qui s'est passé à l'échelle locale.

Selon l'incendie étudié, un ou plusieurs segments sont ensuite retenus pour des analyses plus fines, dites locales. À cette échelle, les trois composantes, à savoir la coupure, l'incendie et les actions de lutte, sont de nouveau décrites avec le niveau de précision requis.

Pour les deux niveaux d'approche, le présent chapitre vise à lister les données de base à recueillir, les indicateurs à calculer, les documents à collecter ou à élaborer. Comme il s'agit essentiellement d'un travail de reconstitution a posteriori, pour chaque paramètre, différentes méthodes de collecte ou de calcul sont proposées afin de réduire les données manquantes.

Pour mieux comprendre ce chapitre méthodologique, le chapitre « Les cas d'étude » est consacré à son application aux six cas d'études présentés.

A. L'approche globale

1. Les données à recueillir pour l'analyse globale

1.1. Carte sur support IGN du site, du patrimoine menacé et des points sensibles

Il s'agit des zones urbanisées, des sites industriels, des zones d'activités de plein air, bref, des points de concentration d'activités humaines.

1.2. Les hypothèses du plan de prévention

- Le ou les scénarios d'incendie les plus probables (lieu d'éclosion, période, aérologie, puissance du front) en s'appuyant, entre autres, sur les incendies passés.
- L'idée de manœuvre, qui préside à la conception de la coupure (stratégie de la lutte globale, et les tactiques envisagées sur les différents fronts du feu).

1.3. La coupure de combustible stratégique, son environnement immédiat et son état opérationnel

- Cartes sur support IGN au 1/25 000 des aménagements DFCI réalisés : pistes, points d'eau, localisation et dates des traitements de la végétation.
- État de la coupure de combustible stricto sensu d'après la méthodologie de suivi du RCC (Étienne, 1996). Bien évidemment ce point ne sera pris en compte que dans la mesure où le site figurait dans le RCC.
- État de la végétation de part et d'autre de la coupure de combustible (100 à 300 m) selon la même méthodologie.

1.4. L'incendie

- La météo :
 - les jours précédents : ambiance générale (estimation du niveau de risque journalier par le CIR-COSC à Valabre) ;
 - pendant l'événement : ambiance générale, aérologie, humidité relative de l'air ¹.
- L'événement (heure par heure ou jour par jour), de l'éclosion à l'extinction :
 - témoignages des élus, agents de l'ONF, éleveurs, autres ;
 - mains courantes des services de lutte, pompiers,

UISC, militaires ;

- photos d'ensemble du dispositif avant, pendant, après le passage du feu (vues aériennes, vues de face, ...) ;
 - dans le cas idéal, le débriefing interprofessionnel provoqué à l'issue de l'incendie.
- Carte de l'emprise de l'incendie :
 - les lignes de front de flamme successives datées et le dispositif de lutte correspondant (terrestre et aérien).

2. La grille d'analyse globale

2.1. Préambule

- présentation rapide du massif, du patrimoine à protéger (carte au 1/100 000) ;
- résumé de l'événement en insistant sur son originalité ou sur ce qui le caractérise (carte au 1/25 000)

2.2. Le type d'incendie étudié

- le lieu d'éclosion ;
- le type de feu (saison et état du combustible, force et direction du vent, puissance et vitesse de la tête de feu) ;
- l'ambiance générale sur le département le jour de l'événement : le nombre de départs de feux et l'ambiance en termes opérationnels (disponibilité des moyens en renforts terrestres et aériens sur le département ou localement).

Commentaire général : appréciation sur la pertinence des hypothèses d'incendie par rapport aux réalités.

2.3. De l'alerte à la 1^{re} intervention

- le délai de la première intervention : heure de l'alerte et heure d'arrivée des premiers secours sur les lieux ;
- la première intervention :
 - les moyens engagés (terrestres et aériens),
 - la rapidité de mise en œuvre,
 - la qualité et l'efficacité de la manœuvre.

¹ cf. relevé de la station météo la plus proche, ou la mieux placée par rapport à « l'événement ». Si l'incendie a lieu en hiver ou au printemps, les équipes locales de brûlage dirigé pourront apporter éventuellement des éléments complémentaires sur l'état de dessiccation du combustible fin.

Commentaire général : sur l'évaluation de la première action en termes d'efficacité.

2.4. L'organisation des moyens de lutte

- la montée en puissance des moyens de lutte ;
- l'existence de pôles d'attraction extérieurs à la coupure, quant à l'emploi de ces moyens : habitations et autres points sensibles ;
- l'existence préalable d'un plan de bataille ;
- l'idée de manœuvre développée par le commandant des opérations de secours (COS) ;
- la connaissance du terrain par les groupes d'attaque, accès, équipements, comportement du feu dans ce type de milieu, cette ambiance et avec cette aérologie.

Commentaire général : sur l'évaluation de la quantité et la qualité des moyens disponibles.

2.5. La coupure

a. Les accès à la coupure

- leur conception, localisation, et entretien ;
- leur signalisation cartographique et sur le terrain ;
- les délais de route en comparaison avec le temps d'arrivée du feu sur la coupure.

b. La conception de la coupure ou les points éventuels de son dysfonctionnement

- adéquation entre le positionnement de la coupure et le front du feu, voire la stratégie générale de la lutte (face aux priorités, à l'existence des pôles d'attraction extérieurs à la coupure stratégique) ;
- les dimensions et la continuité de l'ouvrage étaient-elles suffisantes ? (préciser sa largeur et longueur, comme les lieux de discontinuité ou de faiblesse) ;
- les équipements :
 - points d'eau : type (maçonné, métallique, retenue collinaire), alimentation par gravité ou aspiration, volume des points d'eau, répartition le long de la coupure ;
 - état et emplacement des pistes sur la coupure : moyennes de la largeur et de la pente en long,

tronçons les plus délicats (caractéristiques, aires de croisement, de retournement).

- écart entre le prévu et le réalisé du fait des contraintes foncières, paysagères, cynégétiques, environnementales ou autres ... les points noirs.

c. L'entretien ou l'état général de la coupure (pour plus de détails, voir l'analyse des segments) était-il favorable au déploiement des moyens et à l'attaque du feu ?

- nature, répartition, charge de ligneux bas ;
- nature, répartition, charge du combustible fin : en portant une attention particulière sur l'état (quantitatif et qualitatif) de la litière et des herbacées depuis les derniers travaux d'entretien ;
- les obstacles au déploiement des moyens sur la coupure : clôtures, arbres, chicots, etc. Il s'agit de prendre en compte tout ce qui a pu ralentir le mise en place des établissements, ou gêner le déploiement des véhicules, en bref, les obstacles à la manœuvre.

d. La sécurité des moyens en cas de retournement de la situation : coup de vent, changement d'orientation

Commentaire général : la conception de la coupure et son état étaient-ils favorables à l'engagement des moyens sur la coupure, tant au niveau opérationnel que de la sécurité de la lutte ?

2.6. Évaluation de l'efficacité de la coupure

- la réduction de l'emprise probable de l'incendie ou l'estimation de la surface épargnée du fait de l'usage de la coupure par les moyens de lutte (selon la météo du jour et les modèles théoriques de propagation les plus pertinents ¹) ;
- la coupure a-t-elle permis de ramener la lutte à un problème de traitement des petits et moyens feux, sur un terrain de manœuvre aménagé, et ce, en toute sécurité avec des moyens allégés ?

2.7. Enseignements généraux

- appréciation de la banalité ou du caractère exceptionnel de l'événement et des situations rencontrées lors de l'événement ;
- autres enseignements généraux.

¹ Dans le cas où nous aurions affaire à un front qui se propage dans un milieu homogène, poussé par un vent régulier et sur un relief peu chahuté, le cône de propagation (SDIS du Var, 1987) peut donner une bonne idée de l'emprise probable de l'incendie.

Figure 3 : Grille d'analyse globale

Préambule

- le massif, le patrimoine (1/100 000)
- l'événement, son originalité, ses caractéristiques (1/25 000)

1

Type d'incendie

- lieu d'éclosion
- type de feu
- ambiance générale : nombre de départs de feu, disponibilité des moyens

2

De l'alerte à la première intervention

- délai d'intervention
- détails de l'intervention

3

Organisation des moyens de lutte

- montée en puissance des moyens
- pôles d'attraction : habitations, autres
- plan de bataille
- manœuvre
- connaissance du terrain

4

La coupure

- accès
- conception
- entretien
- sécurité des moyens

5

Efficacité de la coupure

6

Enseignements généraux

- banalité ou caractère exceptionnel
- autres enseignements généraux

B. L'approche locale (le segment)

Par un effet de zoom, il s'agira de reconstituer et d'analyser le comportement du feu sur les milieux et les situations topographiques les plus caractéristiques.

1. La notion de segment

1.1. Définition du segment

Tronçon de coupure où les équipements, la végétation (hors et sur la coupure), la situation topographique, les conditions aérologiques et le type de front incident, restent constants et homogènes.

1.2. Les paramètres pris en compte et combinables à volonté

- La végétation : il s'agit d'appréhender la nature et l'état du combustible sur et de part et d'autre de l'ouvrage, selon la méthode du suivi léger du RCC (espèces, recouvrement, hauteur des arbustes et arbres, recouvrement et nature de la litière, tapis herbacé).
- La situation topographique : bas de versant, milieu de versant, haut de versant, crête militaire, plateau, talweg, col, ...
- La météorologie : orientation et force du vent, sa régularité, l'humidité relative de l'air.
- L'angle d'incidence du front de feu : frontal ou de biais, précisant s'il est poussé par le vent, à contre-vent, ou à la recule.

1.3. Quelques exemples types de segment rencontrés sur les événements analysés (fig.4)

- ① Attaque à l'éclosion du feu en première intervention.
- ② Attaque de flanc.
- ③ Attaque sur crête militaire : le front montant ou poussé par le vent vient mourir sur la coupure (contre-pente, effet de rouleau).
- ④ Attaque sur la tête de feu (perpendiculaire au front de flamme avec un vent fort ou en milieu de versant).
- ⑤ Attaque d'un feu à la recule ou à contre-vent.
- ⑥ Protection de points sensibles.

2. Le recueil des données nécessaires à l'analyse locale

2.1. Présentation du segment étudié

2.1.1. Localisation du segment étudié sur le fond topographique de la coupure

Afin d'apprécier l'angle d'incidence du front par rapport à cette dernière (flanc, tête de feu, à la recule) et de préciser certaines situations topographiques (col, talweg, ...).

2.1.2. Coupe transversale de la coupure avec la nature et l'état du combustible de part et d'autre de l'ouvrage

Une attention particulière sera apportée à la répartition du volume et de la masse du combustible (litière, herbacées, arbustes, arbres).

2.2. Les données recueillies avant, pendant et après le passage du front de flamme à l'extérieur et sur la coupure de combustible (fig.5)

2.2.1. Remarques d'ordre méthodologique

Il est nécessaire pour chacune des données recueillies de bien préciser la source et les modalités de prélèvement ou de calcul. En effet, les données seront, soit :

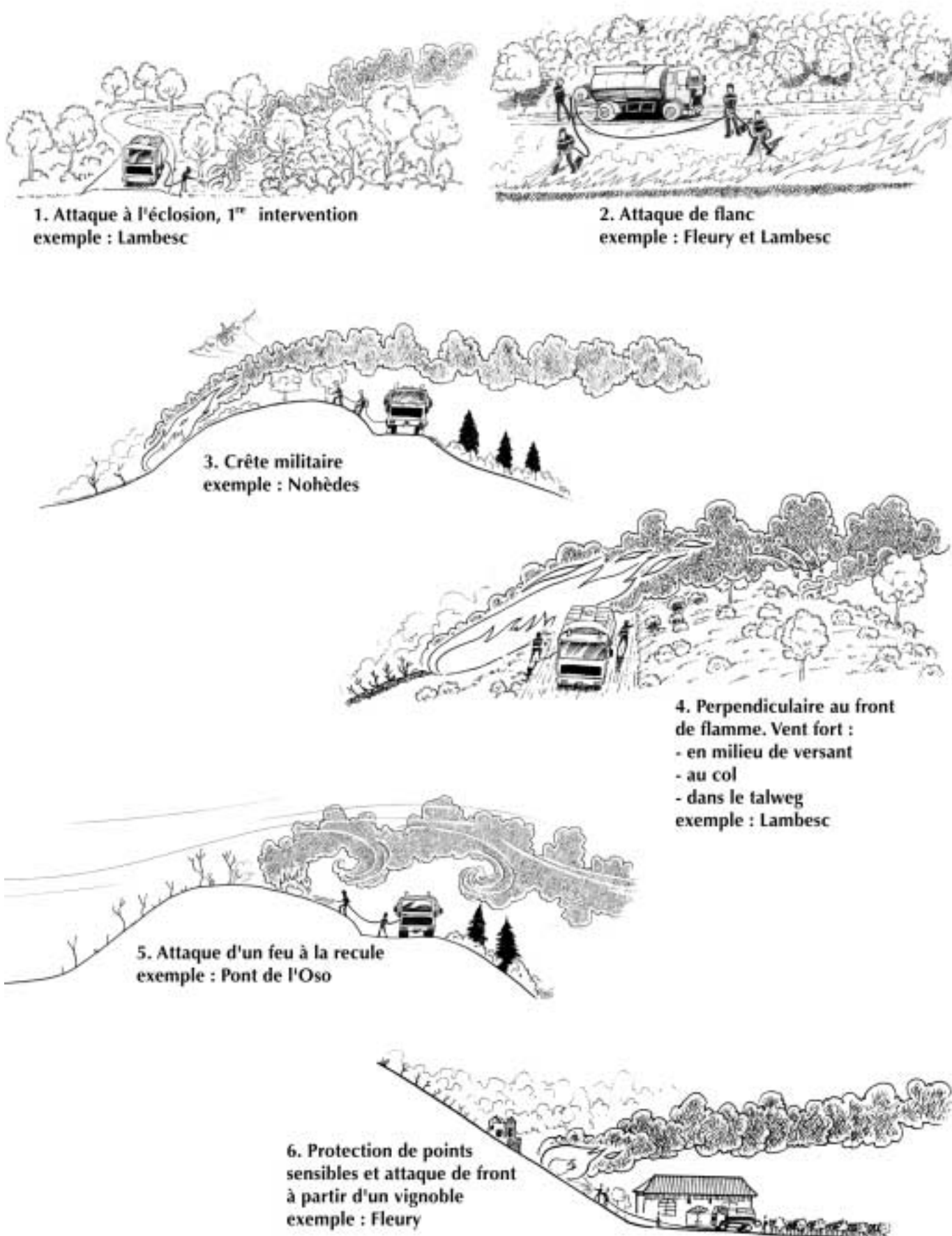
- mesurées ou recueillies in situ,
- estimées aux dires d'experts (services de lutte, gestionnaire, ...) présents lors de l'événement sur la coupure,
- calculées ou reconstituées à partir de formules ou d'abaques.

2.2.2. Météorologie

Les données requises sont par ordre de priorité :

- l'aérologie : vitesse, direction, régularité du vent local. Attention : de fortes différences peuvent être enregistrées dans le temps et l'espace sur et hors coupures, dans et hors le peuplement, différences liées à la rugosité de la formation, à la topographie, aux courants aériens, etc. ;
- l'humidité relative de l'air ;
- la température.

Figure 4 : Quelques exemples de segments de coupures



N° méthode

- 1 1^{re} méthode : méthode in situ. Mesures à 2 m du sol, in situ, avec anémomètre et psychromètre. Bien noter les pointes et le régime moyen du vent local.
Si nous sommes dans un peuplement forestier, compléter cette information par une prise de mesures, autant que faire se peut, au-dessus du peuplement.
- 2 2^e méthode : « extrapolation » des données de la météorologie nationale. À partir des données issues des bulletins de la météorologie départementale, marine, voire la station locale la plus représentative, obtenir des indications sur le vent synoptique, l'humidité de l'air ou l'état du couvert nuageux, et la température. Ces informations, une fois croisées avec la carte d'aérodologie du PIDAF seront évidemment indicatives pour le segment de la coupure étudiée.

2.2.3. Le combustible

- La charge de combustible disponible (hors et sur la coupure) estimée en masse par unité de surface.

N° méthode

- 3 1^{re} méthode : prélèvement sur 2 à 4 m², et ce, en plusieurs points.
- 4 2^e méthode : à partir d'une description simplifiée de chacune des formations végétales (espèces, hauteur, recouvrement... ; cf. la méthode du suivi léger annuel du RCC), il est possible, avec l'aide d'abaques, de passer du phytovolume à la phytomasse¹.
- 5 3^e méthode : la typologie standard de différents types de combustibles, à partir d'une approche « paysagère » et comparative avec des photos types, il est proposé des classes (nature, poids) de combustible (ICONA, 1990).

- La charge de combustible restante, et par conséquent consommée (hors et sur la coupure).

N° méthode

- 6 1^{re} méthode : prélèvement *in situ* des rémanents sur quelques m².
- 7 2^e méthode : observation des diamètres des rémanents et liaison avec des abaques ou des bases de données disponibles (base brûlage dirigé, éléments bibliographiques).

- L'état de dessiccation du combustible : n'utiliser que la teneur en eau rapportée au poids sec.

N° méthode

- 8 1^{re} méthode : prélèvements et passage à l'étuve durant 48 heures et à 60° des différents combustibles : litière, herbacées, combustible fin

($\emptyset < 6$ cm), moyen ($\emptyset > 6$ cm), végétaux vivants.

- 9 2^e méthode : appréciation de l'humidité des combustibles fins morts ou séchés sur pied (herbacées, aiguilles de pins), pliants, cassants, friables.
- 10 3^e méthode : prendre les données les plus probables aux dires des experts.

2.2.4. Configuration et vitesse du front (sur et hors coupure)

- Angle d'incidence du front :
 - face (la tête du feu vient sur vous) ;
 - flanc (la tête du feu est passée et le front vient vers vous perpendiculairement à l'axe du vent) ;
 - à la recule (contre-pente ou contre-vent).
- Vitesse du front :
 - tenter d'apprécier la régularité du front (linéaire, en langues, progression régulière, par intermittence, explosive, avant, sur, après la coupure) ;
 - la vitesse de propagation du front, avant et sur la coupure (bien préciser le mode de calcul et la source d'information). 4 cas peuvent se présenter (du plus précis au moins précis) :

N° méthode

- 11 1^{re} méthode : vitesse chronométrée = distance parcourue entre deux points clairement identifiés pendant un temps donné.
- 12 2^e méthode : une déduction à partir des lignes du front aux dires des services de lutte ou d'observateurs bien placés.
- 13 3^e méthode : une estimation à partir de la vitesse du vent, mesurée in situ, ou donnée par les informations météorologiques (vitesse du front de feu $\approx 0,03$ fois la vitesse du vent).

- Géométrie de la flamme (fig.6)

Pour cela, nous reprenons la représentation schématique de la structure d'une flamme (Rothermel, 1972 ; Cheney, 1981).

Les principaux paramètres à prendre en compte sur et hors coupures sont :

HT = hauteur totale de la flamme

Hv = hauteur vraie de la flamme

D = distance horizontale couverte par la flamme

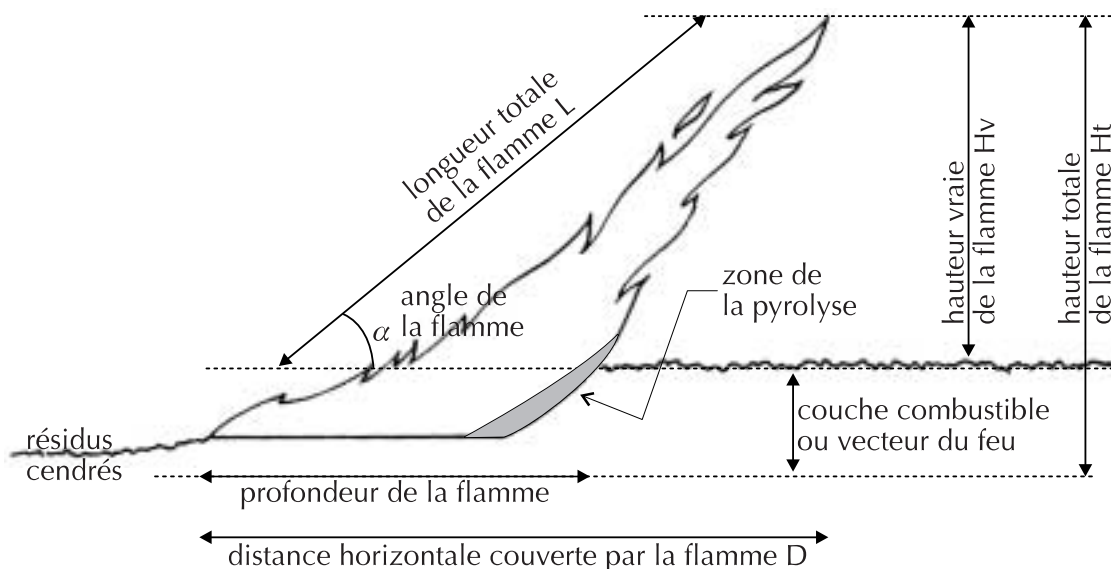
α = angle de la flamme

¹ Abaques disponibles pour les principales espèces, Réseau Coupures de combustible.

Figure 5 : Grille d'analyse locale
Recueil des données sur le segment

		Hors coupure		Sur la coupure	
		n° méthode	Résultat	n° méthode	Résultat
1	Météo				
	- vent direct				
	vitesse (km/h ou m/s)				
	régularité				
	- humidité relative (%)				
	- température (°C)				
2	Combustible				
	a) le combustible disponible (litière herbacées arbustes arbres)				
	b) le combustible restant (litière herbacées arbustes arbres)				
	c) état de dessiccation				
3	Configuration et vitesse du front				
	a) angle d'incidence du front sur la coupure (face, flanc, recule)				
	b) vitesse du front (en km/h ou en m/s)				
	c) géométrie de la flamme				
	- vecteur principal du feu (litière herbacées arbustes arbres)				
	- passage aux cimes (non localisé généralisé)				
	- hauteur totale des flammes (HT en m)				
	- distance horizontale couverte par les flammes (D en m)				
	- angle de la flamme par rapport au sol (a)				
	- colonne de convection (hauteur et présentation)				
4	Puissance du front et lutte				
	a) distance et embrasement				
	b) distance supportable au visage				
	c) sautes sur la coupure - distance en m				
	d) la fumée : gênante - peu gênante - intenable pour la lutte				
	e) le bruit : gênant - peu gênant - intenable pour la lutte				
	f) la lutte sur la coupure : sans engagement, le feu courant au sol franchit-il la coupure ? si non, par quels moyens le front est-il traité ?				
	g) traitement des sautes de feu à l'extérieur de la coupure : sont-elles traitées et comment ?				
5	Manœuvre sur la coupure				
	a) la sécurité des accès (pistes et abords) est-elle suffisante pour la lutte ? pourquoi ?				
	b) la manœuvrabilité sur la coupure (à pied, en véhicule) est-elle bonne, moyenne, faible, pourquoi ?				
	c) l'idée de manœuvre : préciser la mission des moyens de lutte engagés (attaque du front - traitement des lisières - poursuite des sautes)				
	d) propositions « à chaud » d'amélioration pour faciliter la lutte sur ce type de segment				

Figure 6 : Les principaux paramètres de la géométrie d'une flamme



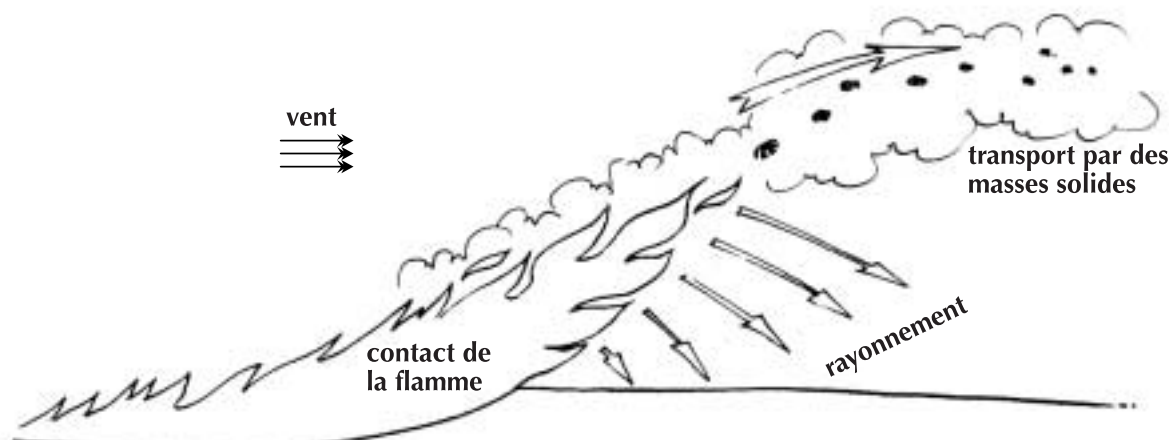
- Vecteur principal du feu : litière, herbes, arbustes, arbres. Cela permet d'apprécier déjà si nous avons affaire à un feu courant, généralisé ou de type déflagration.
- Passage aux cimes : non – localisé – généralisé.
- Hauteur totale des flammes : la hauteur totale s'évalue du sol au haut des flammes ; à partir de cette valeur, il est possible d'évaluer la hauteur vraie, en déduisant l'épaisseur du combustible.
- Distance horizontale couverte par les flammes : cette distance englobe la zone de rougeoiement des braises, la profondeur et la pointe de la flamme.
- Angle de la flamme par rapport au sol (α^0) : cet angle peut être apprécié à mi-hauteur (α^1).
- Colonne de convection : direction après la flamme et déviation en altitude. Passe-t-elle au-dessus de la coupure ? *faire un petit dessin (en coupe).*

2.2.5. la puissance du front et la lutte (fig. 7)

Deux facteurs sont ici à prendre en compte : le rayonnement et les sautes de feu.

- Distance d'embrasement : il s'agit de la distance en deçà de laquelle le rayonnement et la convec-

Figure 7 : Les modes de propagation du feu



tion thermique de la flamme embrase les végétaux (en m).

- Distance supportable au visage sans protection (en m).
- Sautes sur la coupure ou par-dessus la coupure (distance en m).
- La fumée est-elle gênante pour la lutte ?
 - orientation par rapport à la coupure et au sol,
 - opacité, irritation des yeux, gêne respiratoire. Une grille simple d'évaluation pourra être : peu gênante, gênante, intenable.
- Le bruit est-il gênant pour la lutte ?
- La lutte sur la coupure : sans engagement, le feu courant au sol franchit-il la coupure ? et dans l'affirmative, le front est-il traité par les moyens (les décrire).
- Pour les sautes à l'extérieur de la coupure : sont-elles traitées et comment ?

2.2.6. La manœuvre sur la coupure

- Sécurité des accès : la sécurité sur la piste et ses abords est-elle suffisante pour engager la lutte et pourquoi ?
- La manœuvrabilité sur la coupure à pied, et/ou, en véhicule, est-elle bonne, moyenne, faible, et pourquoi ?
- L'idée de manœuvre : préciser la mission des éléments d'attaque : attaque du front, traitement des lisières, poursuite des sautes.
- Propositions « à chaud » d'amélioration pour faciliter la lutte sur ce type de segment.

3. L'analyse des données

3.1. Le classement du feu incident en fonction de sa puissance sur l'échelle logarithmique ¹ (fig.8)

À partir du calcul de la puissance du front de flammes (§ 3.2) ou de la hauteur des flammes (§ 3.3), le front du feu peut être classé sur une échelle logarithmique dans un des 5 types suivants :

- Puissance inférieure à 345 kW/m (classe 1) : feu courant, brûlage dirigé. Le feu est utilisé comme outil d'entretien, il demande peu de moyens pour le contrôler. En cas d'incendie, extinction possible avec des branches.
- Puissance de 345 à 1750 kW/m (classe 2) : lutte facile (Dangel, seaux-pompes...).

- Puissance de 1750 à 3460 kW/m (classe 3) : la lutte implique d'engager des moyens lourds (groupes d'attaque...).
- Puissance de 3460 à 6940 kW/m (classe 4) : nous sommes à la limite de la perte de contrôle du front. Pour bloquer ce dernier ou protéger les points sensibles, la lutte implique la mise en place d'établissements lourds (4 véhicules pour 100 m de front et le concours des moyens aériens).
- Puissance > 7000 kW/m (classe 5) : feu de cimes, tête de feu non maîtrisable. Sans emploi des moyens aériens (retardant), les moyens terrestres ne restent opérationnels que sur les flancs.

3.2. Le calcul de la puissance du front par la formule de Byram (1959)

$$P \text{ en kW/m} = H_c \times R \times W$$

W = charge du combustible consommé à l'état sec en kg/m²
 R = vitesse du front en m/s ou vitesse de propagation
 H_c = chaleur de combustion du combustible en kJ/kg

Toutefois, nous ne retiendrons que la formule de la puissance du front proposée par Alexander (1982), qui fixe H_c à 18700 kJ/kg. Pour plus d'explications, le lecteur pourra consulter l'annexe 3.

$$P = 18700 \times R \times W$$

P = (en kW/m) ; W = charge du combustible consommé en kg/m²
 R = vitesse du front en m/s

3.2.1 les limites de la formule de Byram

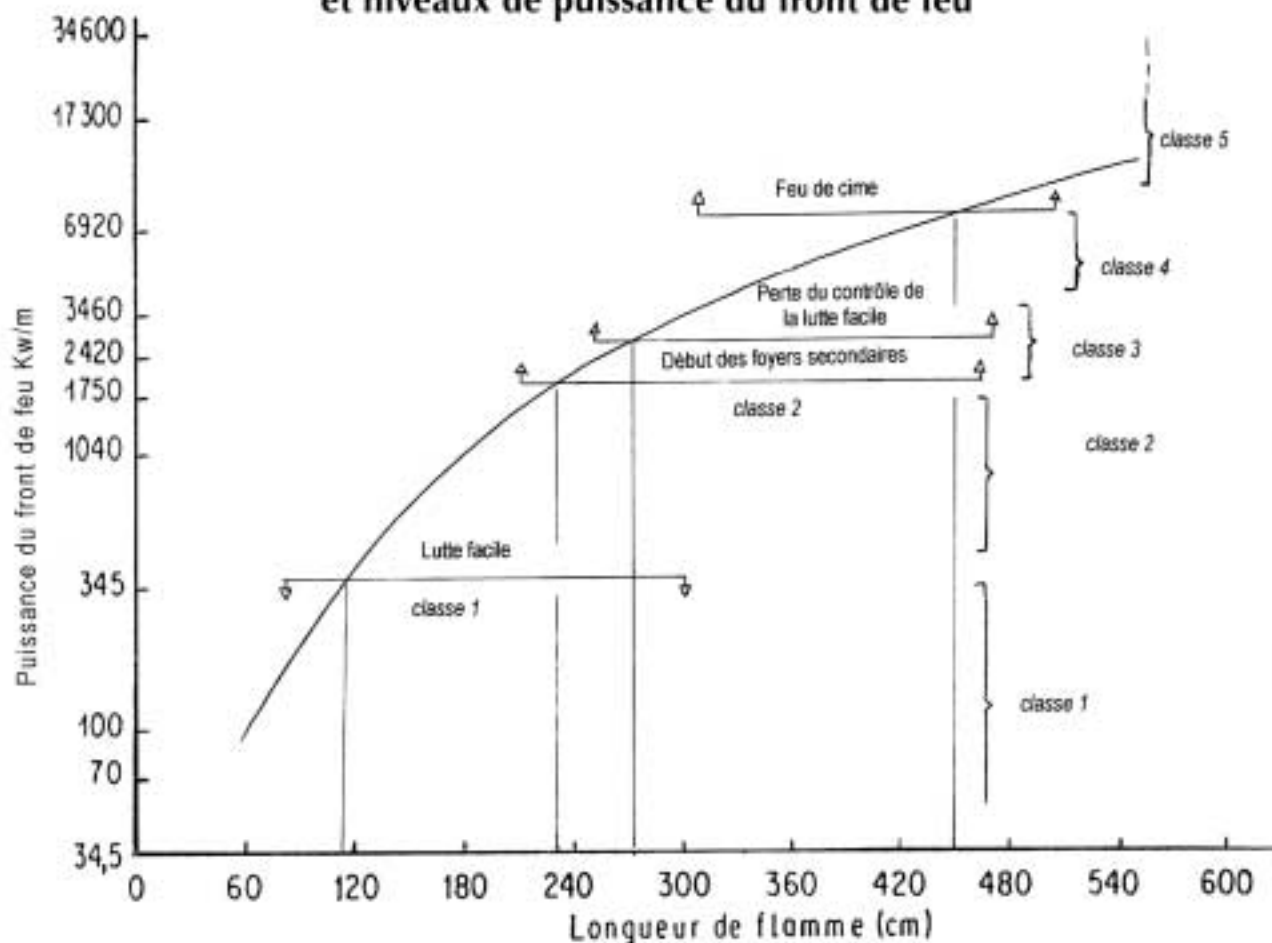
L'irrégularité de la vitesse estimée ou observée du front

L'hétérogénéité des formations végétales que rencontre le front, les effets de lisière ou de haies des bouquets d'arbres (rugosité), l'aérologie locale avec ses effets sur les changements d'orientation du vent et de sa puissance (effet de rouleau, d'accélération...), engendreront de fortes fluctuations de la vitesse du front de feu. Dans des landes homogènes de genêt purgatif, brûlées en hiver (vent de 1 à 3 m/s), nous observons en quelques minutes des vitesses de front fluctuant entre 400 et 800 m/h ; avec des vents plus violents (5 à 8 m/s), nous avons des fluctuations de 800 à 1500 m/h.

Ces fluctuations observées sur le terrain sont corroborées par des travaux expérimentaux en cours :
 « Pour des feux sur banc thermique, conduits avec

¹ Hough et Albini, 1978

Figure 8 : Relation entre longueur de flamme et niveaux de puissance du front de feu



de fortes pentes, sur une couche de combustible "homogène", l'irrégularité relative de la propagation du front atteint, voire dépasse 25 %. » (J.L. Dupuy, communication personnelle, 1998).

De plus, en l'absence d'un chronométrage¹ effectif entre deux points bien identifiés sur la coupure et entre lesquels le déplacement du front de flamme a bien été suivi, l'erreur d'appréciation de la vitesse réelle du front peut être importante (l'incertitude relative sera alors bien supérieure à 100 %).

La mauvaise connaissance de la masse du combustible consommé

1^{re} étape : la masse de combustible disponible (MCo)

- soit elle est connue par la méthode de prélèvement et son incertitude relative est de l'ordre de 30 à 40 %², mais la probabilité que cette méthode soit mise en œuvre reste très faible³;

- soit elle est estimée à partir de la hauteur et du

recouvrement de la strate arbustive et l'emploi d'abaques liant phytovolume et phytomasse⁴, phytomasse à laquelle il convient d'ajouter la masse de litière (feuilles, brindilles, herbacées...).

Cette dernière méthode présente toutefois, dans l'état actuel de nos connaissances, quelques insuffisances :

- les abaques sont donnés par espèces végétales, or celles-ci sont souvent mélangées ;

- de plus, hauteur et recouvrement, pour une même espèce, sont appréciés par un observateur averti avec une incertitude relative de l'ordre de 5 à 10 % pour la première et de 10 à 20 % pour le second. De ce fait, l'incertitude relative liée à l'approche de la phytomasse, à partir du phytovolume : $\Delta M/M$ est supérieure ou égale à 15 %. Pour les formations plus composites, elle sera supérieure à 30 % ;

- les abaques phytovolume/phytomasse ne pren-

¹ Si possible avec au moins 3 répétitions.

² Ainsi, lors du suivi d'une cistaie âgée de plus de 30 ans et offrant plus de 17 tonnes de MS de combustible/ha, la mesure du combustible disponible sur 5 placeaux de 4 m² fut connue avec une incertitude relative de 32 % (l'écart maximal à la moyenne était de 2166 g pour une valeur probable de 6672 g).

³ Cette méthode suppose rigueur et force de travail : 5 répétitions avec des surfaces de 4 m² (4 fois la hauteur du matériel ou de la formation étudiée).

⁴ Dans une fonction de type : $M = a \times V^b$ (ou M = poids, V = volume, a et b sont des constantes, b variant de 0,85 à 1).

ment pas en compte la masse de la litière. Or cette masse est fortement liée à l'âge et au dynamisme de la formation étudiée. Dans les landes homogènes à genêt purgatif, elle représente 10 à 50 % de la phytomasse sur pied. Dans les formations âgées et épar- ses de cistes de Montpellier et ajoncs épineux, elle peut aller jusqu'à 200 % de la phytomasse sur pied¹. Nous retiendrons une incertitude relative de l'ordre de 10 à 50 %.

2^e étape : la masse de combustible réellement consumée (MCc)

Sur les landes à cistes ou à genêt purgatif, nous avons observé en hiver durant les campagnes de brû- lage dirigé des taux de consommation par le front de feu de l'ordre de 45 à 85 % de la masse de combus- tible offerte. En conditions sèches, cette fourchette se resserrant fortement (80 à 90 %) l'incertitude relative liée à ce facteur est au moins de l'ordre de 10 à 20 %.

Ainsi l'incertitude relative de la masse de com- bustible consumée sera :

$$\frac{\Delta MCc}{MCc} = \frac{\Delta MCd}{MCd} + \frac{\Delta \% \text{ de consommation}}{\% \text{ de consommation}}$$

Dans le cas le plus favorable, l'incertitude ne dépasse pas 40 % ; dans le cas le plus défavorable, elle est supérieure à 100 %.

D'où une incertitude relative élevée de la puissance du front de flamme

1^{er} cas : la vitesse fut bien chronométrée, et la phytomasse consumée fut également affinée par des prélèvements (avec répétition) avant et après le pas- sage du front.

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta Hc}{Hc} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta W}{W} \approx 5\% + 25\% + 40\% = 70\%$$

2^e cas : forte incertitude sur la vitesse et la masse de combustible consumée.

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta Hc}{Hc} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta W}{W} \approx 5\% + 100\% + 200\% = 305\%$$

L'incertitude relative apparaît élevée, mais il faut la rapprocher de l'échelle logarithmique de classement des fronts de feu et de la richesse qu'offre l'analyse.

Cependant, l'évaluation d'une coupure demande du personnel, formé, disponible, qui va sur le terrain, au bon endroit, et qui, avec rigueur et courage, fait les mesures en résistant à la chaleur et à la psychose ambiante.

Les limites intrinsèques de la notion de puissance donnée par la formule de Byram

Mise au point à partir de l'observation de feux expérimentaux, allumés dans le cadre d'étude sur les brûlages dirigés, cette formule suppose un front régulier (pratiquement linéaire) sur lequel la puissance est constante et relativement faible (< 7000 kW/m).

Cette formule reste donc incertaine pour les feux multiples et puissants (feux de cimes, sautes de feux...) où les têtes de feux forment plusieurs lan- gués à l'avant. Ces langues ayant tendance à brûler par à coups (pulsions) en provoquant des variations dans la longueur des flammes, et des explosions de gaz non brûlés qui s'accumulent dans la colonne de convection avant de monter sous forme de flammes- éclairs à plusieurs dizaines de mètres de haut.

« De plus, lorsque la puissance du feu de surface augmente, il arrive un moment où les feuilles et les brindilles de broussailles du sous-étage commencent à brûler. L'intensité et le taux d'extension du feu peu- vent alors augmenter rapidement et les houppiers des arbres commenceront à brûler, provoquant une nouvelle augmentation de la puissance du front ... Ainsi, la puissance du feu ne va pas en croissant de façon uniforme, mais par à coups. » (Byram, 1959).

Il s'agit donc plus d'une définition de la puissance du front que d'une relation établie sur des bases théoriques et/ou expérimentales. De plus, cette défi- nition s'applique à un segment de front. Il faut abso- lument éviter de l'extrapoler à de grandes longueurs de front au contour continu et connu. Moyennant quoi, malgré toutes ces limites, cette définition reste un outil indispensable et pertinent pour jauger la puissance du front incident arrivant sur un segment de la coupure.

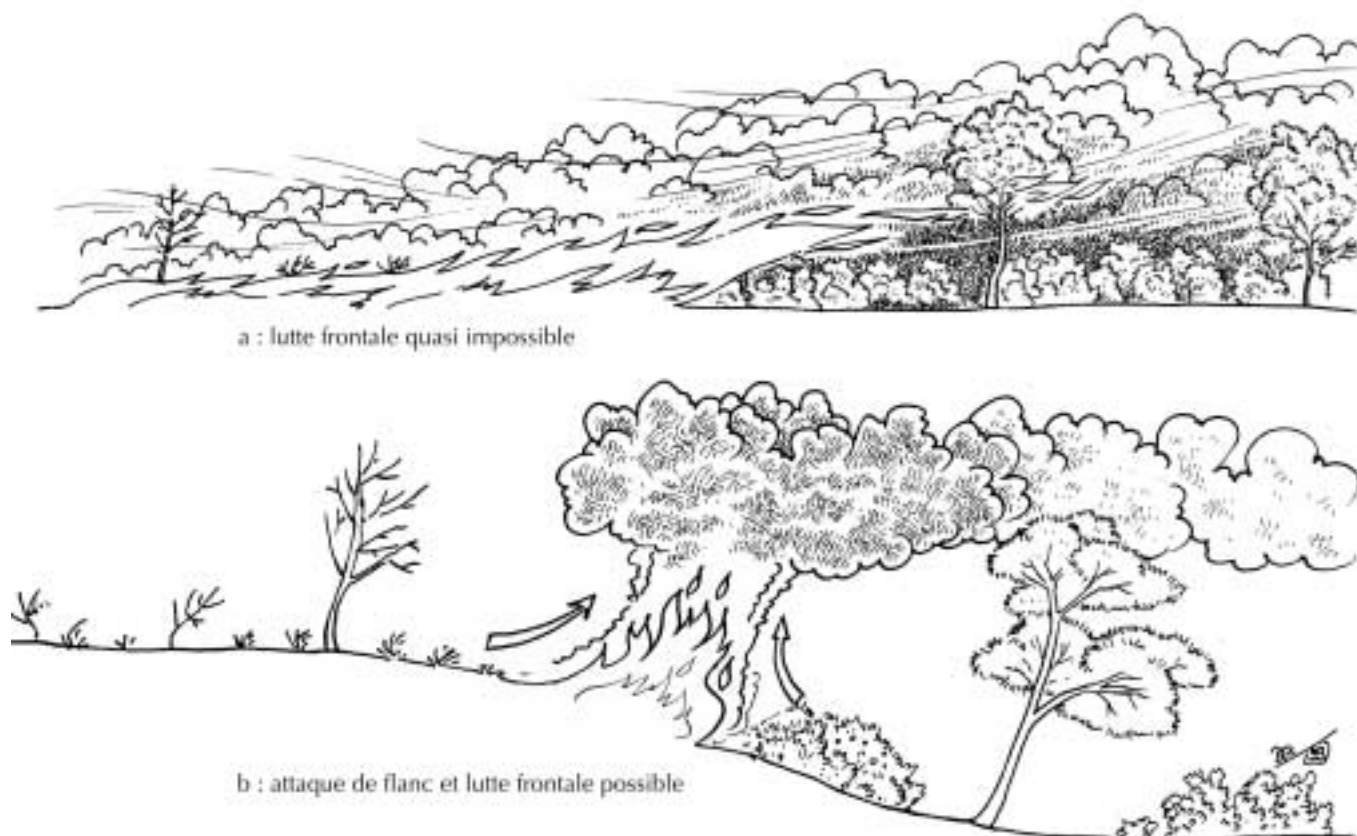
3.3. Approche de la puissance du front de flamme à partir de la hauteur des flammes

À défaut de bien connaître le milieu et les condi- tions locales d'aérodynamisme et la vitesse du front du feu, une manière simple d'appréhender la puissance du feu passe par l'observation de la hauteur des flam- mes. Cette observation peut corroborer ou infirmer d'ailleurs l'approche précédente.

En effet, à partir de la formule :

$P = 273 L^{2,17}$ ou $L = 0,0775 P^{0,46}$, Byram propose cette relation directe entre la longueur de la flamme (telle qu'elle est définie figure 6) et la puissance du feu.

¹ Dans la cistaie précédemment citée, le poids du combustible mort au sol représentait 11 t sur les 17 t de la masse totale de combustible, et la phytomasse sur pied, moins de 6 t. Dans les landes à genêt purgatif, la litière peut représenter de 5 à 15 t/ha pour 25 à 100 t de masse totale de combustible, la phytomasse sur pied fluctuant alors de 15 à 85 t.

Figure 9 : Puissance du front de flammes et lutte

Byram a établi $L=f(P)$ à partir de l'observation de la longueur des flammes de feu (brûlage dirigé) dont la puissance était par ailleurs calculée. On peut utiliser cette corrélation en l'inversant pour situer la puissance P lorsque la longueur des flammes est connue.

Toutefois, les observateurs apprécient difficilement la longueur de la flamme. Par contre, la hauteur reste une dimension plus facile à appréhender, H = hauteur totale de la flamme – hauteur de la végétation.

Or L et H sont liées par l'angle de la flamme :

$$L = H / \sin \alpha^{(1)}$$

$$P = 273 \times (H / \sin \alpha)^{2,17} \text{ ou } H = 0,0775 P^{0,46} \times \sin \alpha$$

Formules simplifiées :

$$P = 300 H^2,$$

$$P = 300 (H / \sin \alpha)^2 \text{ ou } H = 0,058 \sqrt{P} \times \sin \alpha$$

3.4. La puissance du front de flamme et la lutte

Nous nous intéresserons peu aux situations des fronts montants, poussés par le vent et arrivant sur une coupure située en milieu ou en haut de versant, voire en situation de col, ou se propageant dans un talweg, car dans ces situations, la flamme comme l'énergie accumulée dans le courant de convection arrivent selon un flux parallèle au sol et rendent, de ce fait, toute forme de lutte frontale extrêmement difficile (fig. 9a). Toutefois, par souci d'objectivité et afin de démontrer l'aberration de certains choix d'implantation d'ouvrages dans de telles configurations, il sera bon d'étudier quelques exemples caractéristiques, et ce, selon différents scénarios de puissance de front.

Par contre, nous porterons une attention particulière à l'étude des attaques de flanc des fronts de forte puissance, comme aux attaques frontales des fronts de faible puissance (fig. 9b). En bref, les situations où la vitesse et la configuration de la flamme rendent la lutte possible.

Dans ces cas, parmi tous ces phénomènes, le

¹ $\sin 30^\circ = 1/2$; $\sin 45^\circ = 0,7$; $\sin 60^\circ = 0,9$; $\sin 90^\circ = 1$

rayonnement thermique, dépendant directement de la puissance du front de feu (hauteur de la flamme), reste une clé capitale pour l'engagement des moyens de lutte sur une coupure. Ainsi, aux États-Unis, parmi les règles de sécurité appliquées en matière de lutte, il faut noter :

- la distance d'embrasement : les radiations thermiques transmettent le feu à une distance de l'ordre de 1,5 fois la hauteur des flammes (Pyne et al., 1996).
- la distance de sécurité : le rayonnement thermique est considéré comme dangereux, malgré le port de vêtements de sécurité, jusqu'à une distance égale au moins à 4 fois la hauteur des flammes (Butler, 1997).

Ainsi, à un feu de puissance 10 000 kW/m correspondrait une hauteur des flammes d'environ 6 mètres et une distance dangereuse de 25 à 100 mètres.

Dans l'analyse de l'événement sur les segments, l'estimation de la valeur de ces 2 paramètres, et d'un troisième qui reste l'orientation de la fumée et du

courant de convection (toxicité et sautes de feu) nous est apparue primordiale pour évaluer la coupure en termes d'efficacité et de sécurité pour la lutte.

3.5. Synthèse

Quels sont les enseignements en matière de conception et d'entretien du segment étudié ?

- quant aux seuils de phytovolumes et aux états des combustibles fins :
 - selon le vent,
 - selon les moyens de lutte ;
- quant à la discontinuité locale ou la répartition du phytovolume et du combustible fin (touffes de repousses, pistes, bandes décapées, etc.) ;
- quant à la largeur du segment ;
- quant à son implantation sur le relief ;
- quant au problème des feux de cimes et des sautes de feu (proposition) ;
- quant à la manœuvrabilité sur le segment (déplacement des véhicules) et la facilité de pose des établissements (notion de zone d'appui).

Les cas d'étude

A. L'ÉCHANTILLON

B. NOHÈDES

1. Présentation rapide du site et des deux incendies
2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 21/02/1993
3. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 15/09/1993
4. Analyse locale de deux segments retenus pour l'incendie du 15/09/1993

C. OLETTE

1. Présentation rapide du site et de l'incendie
2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 23/06/1994

D. FLEURY DE L'AUDE

1. Présentation rapide du site et de l'incendie
2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 08/09/95
3. Analyse locale de deux segments retenus pour l'incendie du 08/09/1995

E. LAMBESC

1. Présentation rapide du site et de l'incendie
2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 29/08/95
3. Analyse locale de trois segments retenus pour l'incendie du 29/08/1995

F. PONT DE L'OSO, CORSE DU SUD

1. Présentation rapide du site et de l'incendie
2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 18/08/94
3. Analyse locale de deux segments retenus pour l'incendie du 18/08/1994

Ce chapitre illustre la méthode précédemment décrite au moyen de six cas d'études, c'est-à-dire de six incendies qui ont tous touché des coupures de combustible. Pour faciliter la lecture, les approches globales et locales ont été présentées successivement pour chaque incendie considéré. Ainsi à chaque fois, une présentation rapide du site et de l'incendie est d'abord réalisée, puis une analyse du fonctionnement global de la coupure est présentée. L'ouvrage de Nohèdes dans les Pyrénées-Orientales se distingue des autres par le fait qu'il a été touché successivement par deux incendies à quelques mois d'intervalle. C'est la raison pour laquelle cinq sites seulement sont décrits pour six incendies étudiés.

Après la présentation globale de chaque cas d'étude, suit la sélection pour chaque coupure, de un, deux ou trois segments, selon la richesse de l'événement en situations exemplaires. Le cas d'étude d'Olette fait exception, puisqu'aucun segment n'est analysé. Au total neuf segments sont analysés.

A. L'échantillon

Le tableau 4 récapitule les cas d'étude présentés et les segments retenus sur chacun d'eux. Ces cas d'étude sont issus de quatre départements de la façade méditerranéenne qui se répartissent sur les trois principales régions. Les incendies analysés s'étalent sur les années 1993 à 1995.

Tableau 4 : L'échantillon des cas d'étude présentés

Départements	Pyrénées-Orientales	Pyrénées-Orientales	Pyrénées-Orientales	Aude	Bouches-du-Rhône	Corse du Sud
Commune	Nohèdes	Nohèdes	Olette	Fleury	Lambesc	Pont de l'Oso
Altitude (m)	900-1400	900-1000	700-1000	50-100	200-400	50-700
Milieu	bouquets de pins sylvestres, landes à genêt purgatif, callune, fougère	landes à genêt purgatif	reboisement RTM, chêne vert + pin Laricio, landes à genêt scorpion, thym	garrigue basse à chêne Kermès	reboisement en pin d'Alep et garrigue basse à chêne Kermès	chêne-liège, arbousier, myrte, bruyère, ciste de Montpellier
Date incendie (analyse globale)	21/02/93	15/09/93	23/06/94	08/09/95	29/08/95	18/08/94
Segments retenus pour l'analyse locale		1 2		3 4	5 6 7	8 9
N° incendie Prométhée	8	96	35	35	132	299
Surface enregistrée sous Prométhée (ha)	100	50	60	297	320	3790
Incendie recensé parmi les grands feux	oui	non	non	oui	oui	oui
Coupures stratégiques suivies	oui	oui	oui	non	non	non
Organisme	SIME B. Lambert	SIME B. Lambert	SIME B. Lambert	Chambre Agr. 09 D. Casteignau	ONF J.L. Guiton	DDAF 2A M. Costa + FORSAP 2A + DDSI 2A
Document relatant en détail l'événement	Lambert, 1994	Lambert, 1994		Casteignau, 1995	Guiton, 1995	Costa, 1995

B. Nohèdes (Pyrénées-Orientales)

Incendies Prométhée 1993 n° 8 du 21/02/93 et n° 96 du 15/09/93 (cartes 1 à 3)

La coupure de combustible de Nohèdes a subi deux incendies au cours de l'année 1993, successivement en février, puis en septembre. L'incendie de février ne fait l'objet que d'une analyse globale, aucun enseignement supplémentaire ne pouvant être apporté par une analyse locale de segment. L'incendie de septembre fait l'objet d'une analyse globale et de deux analyses de segments, des attaques de tête de feu en situation de crête militaire, avec ou sans vent.

1. Présentation rapide du site et des deux incendies

Nous sommes sur un massif (Madres et Coronat) de plus de 25 000 ha d'espace montagnard subalpin (450 m à 2500 m) de l'arrière-pays méditerranéen, qui appartient à 22 communes de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. Ce massif, sur lequel furent répertoriés plus de 25 « *habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation* » (directive 92/43/CEE), est aujourd'hui classé site pilote Natura 2000. Après une longue période d'oubli, il fait l'objet à la fois d'une reconquête (redéploiement de l'élevage extensif : bovins-ovins), d'activités de tourisme vert et, *in fine*, de production forestière (sciage, trituration...).

Au cœur de ce massif, la soulane de Nohèdes (900 à 1500 m d'altitude) est couverte par plusieurs centaines d'hectares de landes à genêt purgatif, callune, fougère, piquetés de bosquets de pin sylvestre ou de bouleau, sous lesquels des végétaux morts se sont accumulés depuis les derniers brûlages pastoraux, il y a plus de 50 ans. C'est un site de choix pour l'éclosion potentielle des incendies.

Aussi la coupure stratégique pastorale mise en place sur la crête (4 km de long, 100 à 700 m de large) à compter de 1991, visait à éviter que des feux naissants¹ aux abords du village de Nohèdes ou dans le domaine pastoral (incendies de 1981 et de 1982 ; le dernier en date, en 1986, ravagea plus de 1200 ha) ne viennent menacer les forêts limitrophes (hêtraie-sapinière, Douglas, pins à crochets sur plus

de 1500 ha) de ce massif à haute valeur patrimoniale.

Si les deux incendies de l'année 1993 analysés ici confirment bien les hypothèses de risques retenues (dérapage d'un brûlage pour le premier, départ au cœur du village à partir de poubelles remplies de cendres pour le second), ils appartiennent chacun à deux scénarios extrêmes :

- grand incendie d'hiver (février 1993) en période de sécheresse, poussé par un vent violent (70 à 90 km/h) ;
- feu moyen d'été (septembre 1993), par vent faible à modéré.

Dans les deux cas, les éléments suivants permirent de bien positionner les groupes d'attaque, non seulement sur la coupure, mais également en bordure du village évacué, et donc de circonscrire les incendies :

- le bon état de la coupure pâturée (moins de 2 ans après les travaux d'ouverture) ;
- sa largeur de 100 à 700 m, son appui sur une piste de crête ;
- l'excellente connaissance du terrain par les services de lutte (connaissance de l'ouvrage, des accès, de son état, et surtout du comportement du feu dans un tel milieu), liée au fait que ces derniers y avaient réalisé les travaux d'ouverture par brûlage dirigé quelques temps auparavant ;
- la présence sur les lieux au moment des événements, du maire de la commune, du conservateur de la Réserve, et des concepteurs de la coupure (ONF, SIME).

De plus, de part la qualité des informations recueillies, ce site demeure un lieu riche d'enseignements à la fois pour la lutte en milieu montagnard escarpé couvert de landes à genêt purgatif, callune et fougère, éloigné des centres de secours, et pour la conception même des coupures (assise, nature, et modalités d'entretien).

¹ Toutefois, la multiplication, en 1993 et 1994, des incendies ayant pour origine des orages secs en fin d'été, au cœur du massif, pose clairement la nécessité d'une nouvelle approche beaucoup plus globale de la gestion du combustible dans ces milieux naturels, afin d'y maintenir un régime de micro-perturbations, apte à participer au maintien de la biodiversité.

2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 21/02/1993

1^{er} critère : le type d'incendie rencontré

Le lieu d'éclosion

Il s'agit d'une reprise, en milieu de versant, d'une lisière d'un brûlage dirigé, réalisé 3 jours plus tôt. C'est alors qu'une grande poche de landes, épargnée du brûlage pour des raisons cynégétiques et esthétiques, offrit au feu un terrain et un « aliment » de choix.

Le type de feu

Le front de feu, puissant et rapide, se développa dans les landes hautes, fermées, sous l'effet conjugué de la pente et du fort vent latéral (> 90 km/h) (Bulletin régional d'alerte météo BRAM, avec avis de coup de vent depuis la veille).

L'ambiance générale sur le département le jour de l'événement

Compte tenu de la tempête en cours, les moyens aériens ne pouvaient intervenir. Par contre, de nombreux groupes d'attaque étaient disponibles ce jour-là (plus de 20) et purent donc être engagés sur la coupure.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : la pertinence des hypothèses d'incendie par rapport aux réalités

Si le scénario d'incendie étudié fut conforme aux hypothèses proposées lors de la conception de la coupure, la situation rencontrée fut par contre plus défavorable (coup de vent).

2^e critère : de l'alerte à la 1^{re} intervention

Le délai d'alerte

L'intervention des premiers éléments fut immédiate, car une section de l'UISC1 se trouvait sur la coupure au moment de l'événement (pré-positionnement : compte tenu du BRAM, et remplissage des citernes utilisées quelques jours auparavant).

L'intervention des premiers éléments terrestres et aériens : rapidité de mise en œuvre et qualité de l'idée de manœuvre

Ce groupe d'attaque se positionna immédiatement pour éteindre les petites langues de feu qui venaient mourir sur la coupure, mais le deuxième front, en bas de vallée, resta inaperçu.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : l'évaluation de la première action en termes d'efficacité

Bonne.

Montée en puissance des moyens : la quantité et la qualité des moyens de lutte disponibles

La disponibilité des moyens en renfort terrestres et aériens

Compte tenu du BRAM, de l'impossibilité de faire sortir les avions, dès l'alerte, le CODIS mobilisa et fit acheminer de gros moyens, jusqu'à 20 GA (engorgement des petites routes d'accès).

L'existence préalable d'un plan de bataille, ou d'une idée de manœuvre permettant de bien valoriser la coupure de combustible connue par tous

De par la présence sur les lieux, à la fois des gestionnaires, du maire de la commune et d'une bonne collaboration avec le commandant au feu, le plan de bataille fut rapidement mis sur pied.

La connaissance du terrain par les groupes d'attaque, accès, équipements, comportement du feu dans ce type de milieu, cette ambiance et avec cette aérologie

Quelques jours auparavant, les brûlages dirigés avaient permis à l'UISC1 (fer de lance de l'intervention) de se familiariser avec l'ouvrage, les accès, les équipements et surtout de bien appréhender le comportement du feu dans ce type de milieu, ainsi que sa puissance.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : évaluation de la quantité et la qualité des moyens disponibles

Malgré l'absence de moyens aériens, la quantité et la qualité des éléments terrestres d'intervention étaient excellentes, voire pléthoriques, car de nombreux groupes d'attaque restèrent en réserve.

Les obstacles à l'engagement des moyens sur la coupure, ou l'état du terrain de lutte

Les accès : conception, localisation, entretien et signalisation

Si les infrastructures étaient bien placées, leur entretien laissait à désirer (mouillères), et l'absence de signalisation sur les nombreuses pistes forestières en face nord transforma la voie d'accès en un véritable labyrinthe.

Les délais de route comparés au temps d'arrivée du feu sur la coupure

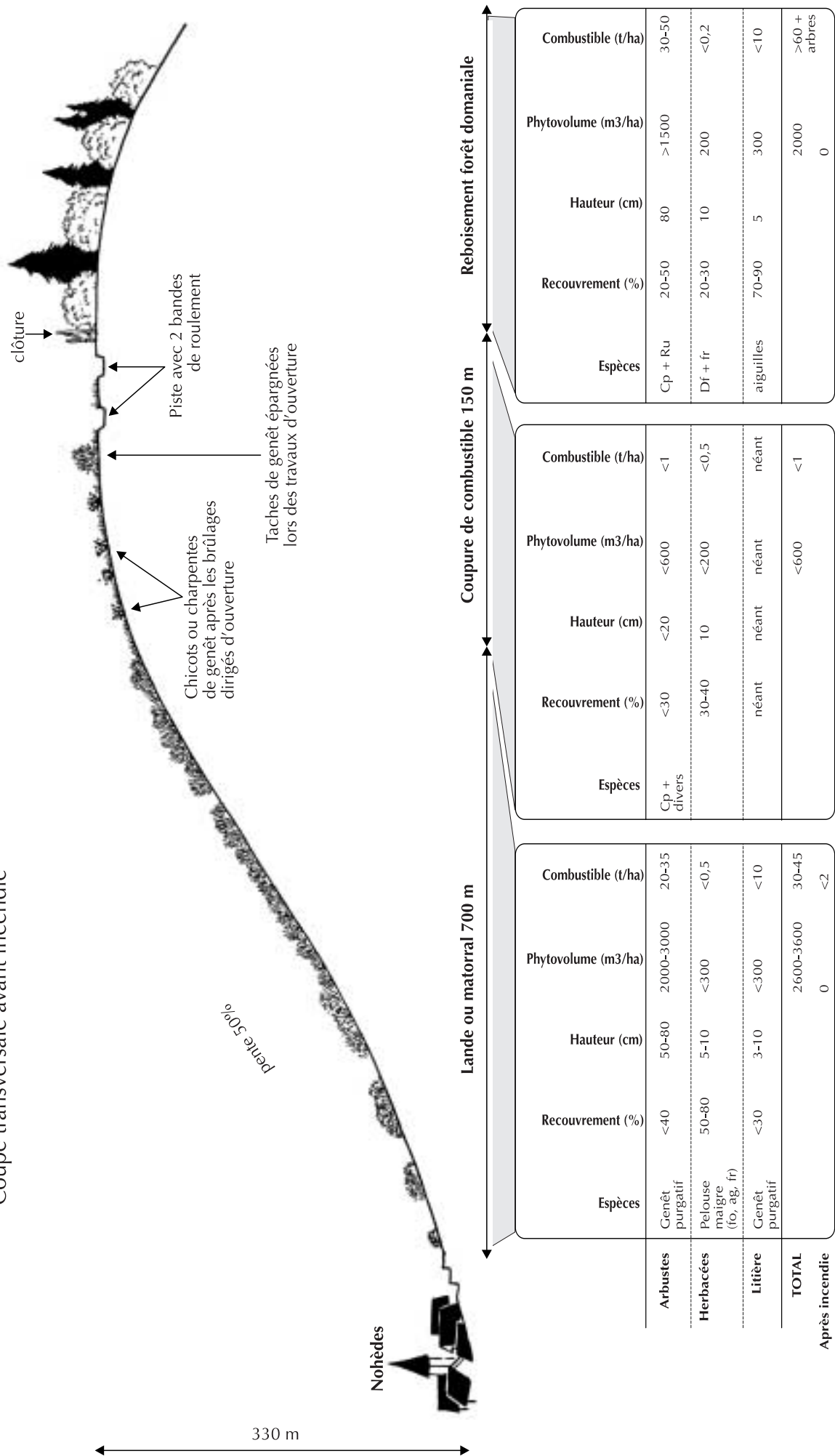
Ils sont énormes (1 à 2 heures) vis-à-vis de la vitesse du front (2-3 km/h). Ce dernier atteint la coupure moins de $\frac{3}{4}$ d'heure après l'éclosion du feu.

La conception de la coupure : nature, orientation, localisation

- Adéquation entre le positionnement de la coupure et le front du feu, et avec la stratégie générale de la lutte : positionnement en crête, pour assurer la protection du massif forestier. Cette coupure aurait gagné à être implantée sur le versant nord opposé au feu.

Figure 10 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993

Coupe transversale avant incendie



- Dimensions et continuité de l'ouvrage, existence de points faibles : si l'ouvrage était suffisamment large (de 100 à 700 m), il n'était pas assez long (2 km) sur la crête. Toutefois la présence du manteau neigeux dans la partie manquante pallia cette déficience. De plus, sur l'interface habitat/milieu, de grandes poches de combustible qui avaient été épargnées à la demande des riverains, pour des aspects paysagers, représentèrent l'essentiel du danger.

L'état général de la coupure (pour plus de détails, voir l'analyse des segments)

Nature, répartition, charge de ligneux bas : très faible phytovolume de repousses de genêt purgatif (30 % de recouvrement, 10 cm de haut soit environ 300 m³/ha).

Nature, répartition, charge du combustible fin, litière et herbacées

Pratiquement inexistante pour le tapis herbacé pâturé (moins de 500 kg MS/ha sur pied). Notons la présence de quelques poches de fougère et des refus sous les clôtures qui s'enflammèrent de proche en proche sous la pluie de brandons et d'escarbilles issues des têtes du feu distantes de 200 à 300 m.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

L'état du terrain était relativement favorable à l'engagement des moyens, mais l'accès à la coupure laissait à désirer.

Évaluation de l'efficacité de la coupure

La réduction de l'emprise probable de l'incendie ou l'estimation de la surface épargnée du fait de l'usage de la coupure par les moyens de lutte

Les parcelles de la forêt domaniale, situées en partie basse, donc privées de manteau neigeux, furent directement protégées, grâce à l'action de l'UISC1 sur la coupure (30 ha de reboisement de Douglas, âgés de 30 ans).

La coupure a-t-elle permis de ramener la lutte à un problème de traitement des feux petits et moyens, sur un terrain de manœuvre aménagé, et ce, en toute sécurité avec des moyens allégés ?

Oui, deux groupes d'attaque purent tenir les 1500 m de front qui menacèrent directement la forêt, soit un véhicule tous les 150 m ! 6 fois moins que la norme prévue pour tenir un front en de telles situations (1 véhicule tous les 25 m). Par contre, au village, trois groupes d'attaque furent effectivement engagés pour protéger les habitations par la mise en place de 1000 m d'établissement (1 véhicule tous les 100 m). Le reste des moyens fut gardé en réserve, soit plus de 11 groupes d'attaque à proximité immédiate

ou dans la vallée de Prades.

Enseignements généraux

Appréciation de la banalité ou du caractère exceptionnel de l'événement et des situations rencontrées lors de l'événement

L'existence simultanée des quatre éléments suivants concoururent à faire de cet incendie et de la réussite de la lutte un événement assez exceptionnel :

- la tempête de vent,
- le manteau neigeux,
- la présence sur les lieux d'un groupe d'attaque (pré-positionnement),
- la parfaite connaissance du terrain par les moyens terrestres (lieu de manœuvre au cours des brûlages dirigés quelques jours auparavant).

Enseignements généraux

L'incendie survint durant des jours d'hiver, « à hauts risques » (végétation au repos, desséchée par plusieurs jours de tramontane, humidité relative de l'air basse et vent soufflant en tempête). Malgré l'absence d'intervention des moyens aériens, le succès de la lutte sur la coupure tint à la conjonction de plusieurs facteurs :

- le pré-positionnement d'un groupe d'attaque sur la coupure ;
- la longueur du dispositif (> 100 m) et son état de propreté (< 300 m³/ha) ;
- et surtout la connaissance du terrain (accès, végétation, comportement du feu) par les groupes d'attaque, comme le commandant au feu (guidés et conseillés par les cadres de la Cellule départementale de brûlage dirigé).

3. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 15/09/1993

1^{er} critère : le type d'incendie rencontré

Le type de feu

Incendie de fin d'été, montant la pente sous l'effet du vent thermique et se développant dans des landes ouvertes autour du village et des landes très rases sur la coupure (front relativement peu puissant et moyennement rapide).

L'ambiance générale sur le département le jour de l'événement

Ambiance calme. Ainsi, si des moyens aériens ne

pouvaient pas intervenir de nuit, les moyens terrestres nécessaires furent immédiatement mobilisés.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : LA PERTINENCE DES HYPOTHÈSES D'INCENDIE PAR RAPPORT AUX RÉALITÉS

L'incendie fut conforme aux hypothèses proposées lors de la conception de la coupure.

2^e critère : de l'alerte à la 1^{re} intervention

Le délai d'alerte

Compte tenu que l'éclosion de l'incendie eut lieu de nuit, l'alerte fut déclenchée plus d'une heure après.

L'intervention des premiers éléments terrestres et aériens : rapidité de mise en œuvre et qualité de l'idée de manœuvre

- pas d'intervention immédiate : le feu arrive sur la coupure 2 heures avant les premiers moyens de lutte ;
- la coupure fonctionne passivement en l'absence de vent fort durant 2 heures.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : l'évaluation de la première action en termes d'efficacité

Inexistante.

Montée en puissance des moyens : la quantité et la qualité des moyens de lutte disponibles

La disponibilité des moyens en renfort terrestres et aériens

Excellente ! 5 groupes d'attaque furent engagés dans la lutte, de même qu'1 hélicoptère HBE et 2 Trakers au petit matin.

L'existence préalable d'un plan de bataille, ou d'une idée de manœuvre permettant de bien valoriser la coupure de combustible connue par tous

Cet incendie suivait celui de l'hiver précédent. Ce « remake » n'empêche pas toutefois un certain flottement durant la nuit.

La connaissance du terrain par les groupes d'attaque, accès, équipements, comportement du feu dans ce type de milieu, cette ambiance et avec cette aérologie

Cette connaissance était excellente, compte tenu des manœuvres précédentes (brûlages dirigés et incendie de l'hiver).

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

La quantité et la qualité des moyens disponibles (aériens et terrestres) furent très correctes, voire excellentes.

Les obstacles à l'engagement des moyens sur la coupure, ou l'état du terrain de lutte

Les accès : conception, localisation et entretien

Infrastructures bien placées, mais entretien défec-tueux (mouillères).

Leur signalisation

Labyrinthe de pistes privées de toute signalisation.

Les délais de route comparés au temps d'arrivée du feu sur la coupure

De nuit, les délais de route furent multipliés par 2 et le front de flamme arriva sur la coupure bien avant les moyens (+ de 2 heures).

La conception de la coupure : nature, orientation, localisation

- Adéquation entre le positionnement de la coupure et le front du feu, et avec la stratégie générale de la lutte : positionnement en crête pour assurer la protection du massif forestier. Cette coupure aurait gagné à être implantée sur le versant nord opposé au feu.
- Dimensions et continuité de l'ouvrage, existence de points noirs : c'est dans les places de genêt conservées à l'amont du village, pour des raisons paysagères, que le feu reprit de la puissance.

L'état général de la coupure (pour plus de détails, voir l'analyse des segments)

- Nature, répartition, charge de ligneux bas : phytovolume très faible (< 600 m³/ha). Toutefois, des touffes de genêt laissées par négligence en bordure de la coupure et sur la crête représenteront l'essentiel du danger de sautes de feu dans la forêt domaniale.
- Nature, répartition, charge du combustible fin, litière et herbacées : très faible (< 1 t/ha) compte tenu d'un pâturage de printemps, mais néanmoins suffisant pour permettre un feu courant par effet de pente.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

L'état du terrain était très favorable à l'engagement des moyens.

Évaluation de l'efficacité de la coupure

La réduction de l'emprise probable de l'incendie ou l'estimation de la surface épargnée du fait de l'usage de la coupure par les moyens de lutte

La surface de la forêt directement exposée au front de flamme était considérable (> 150 ha).

La coupure a-t-elle permis de ramener la lutte à un problème de traitement des feux petits et moyens, sur un terrain de manœuvre aménagé, et ce, en toute sécurité avec des moyens allégés ?

Oui, 4 groupes d'attaque purent tenir 2500 m de front, avec un véhicule tous les 150 m (6 fois moins que la norme), l'HBE et les Trakers intervenant sur des zones escarpées parcourues par les flancs de l'incendie.

Enseignements généraux

Appréciation de la banalité ou du caractère exceptionnel de l'événement et des situations rencontrées lors de l'événement

Nous retiendrons les éléments particuliers suivants :

- l'absence de vent jusqu'à l'engagement des secours sur la coupure, d'où un fonctionnement passif de cette dernière deux heures durant ;
- l'implication des acteurs locaux, guidant pour partie le commandant au feu et les renforts ;

- la bonne connaissance du terrain par les groupes d'attaque, liée au fait qu'il s'agissait d'un « remake » de l'incendie de l'hiver précédent.

Enseignements généraux

Si, sans vent, et compte tenu de son état de propreté (< 600 m³ de ligneux bas) et de sa largeur (100 à 700 m), une telle coupure fonctionna passivement, avec un vent modéré et en l'absence de moyens de lutte (délais de route), la conception de la coupure devra être corrigée :

- implantation sur le versant opposé au vent ;
- création de bandes de sol nu ;
- suppression des touffes de végétation situées en leur bordure et pouvant faire office de torches.

Quant à l'implication des moyens de lutte, comme précédemment, une très bonne connaissance du terrain (infrastructures, végétation, comportement du feu) reste la condition *sine qua non* pour engager l'attaque du front de feu de nuit.

4. Analyse locale de deux segments retenus pour l'incendie du 15/09/1993

① Attaque des têtes d'un feu d'été moyen, en l'absence de vent, et en situation de crête militaire (refus herbacés et repousses de genêt purgatif âgées de 3 ans).

② Attaque des têtes d'un feu d'été moyen, avec vent modéré, et en situation de crête militaire (refus herbacés et repousses de genêt purgatif âgées de 3 ans).

Météo : méthode n° 2

Teneur en eau : méthode n°10

T° < 15°C

Genêt vivant < 80 %

HR > 30 %

Litière et herbacées < 10 %

Vent SW faible

NB. Une longue période de sécheresse et de chaleur a précédé l'événement

Caractéristiques du front de flamme (fig.11)	observées	calculées
Vitesse (m/h)	500 <i>méthode n° 12</i>	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)		< 40 <i>méthode n° 7</i>
Puissance du front (kW/m)		7854 (classe 4 à 5)
Angle de la flamme (°)	45	
Hauteur de la flamme (m)		3,5 à 4
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	10	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)		15
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)		5

N.B. Compte tenu du courant de convection, des brandons enflammés portent le feu en avant du front

Figure 11 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993
L'incendie en phase de croisière arrive sur la coupure



Figure 12 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993
1^{re} phase : sans vent et sans groupe d'attaque, le feu s'arrête tout seul



Caractéristiques du front de flamme (fig.12)	observées	calculées
Vitesse (m/h)	< 200 méthode n° 12	
Masse de combustible brûlée, d'après données sur 71 brûlages dirigés de genêt purgatif (t MS/ha)		1 méthode n° 7
Puissance du front (kW/m)		< 100 (classe 1)
Angle de la flamme (°)	60	
Hauteur de la flamme (m)	0,30–0,50	0,30–0,50
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	< 1	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)	1–2	1–2
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)	0,50	0,40 à 0,75

4.1. Fonctionnement passif de la coupure en l'absence de vent (1^{re} phase)

Après l'éclosion de l'incendie (à 0h25), en l'absence totale de vent, mais grâce à la forte pente (> 40 %), le front montant a parcouru les 1000 m qui le séparaient du bord de la coupure de combustible en moins de 2 heures (vitesse du front : 500 à 800 m/h). Compte tenu des délais de route (plus d'une heure en VLTT) à partir de Prades, et des difficultés de l'approche (fumées, labyrinthe de pistes, mouillères sur les voies d'accès) aggravées par la nuit, les groupes d'attaque furent à pied d'œuvre sur la tête du feu 4 heures après l'alerte et 2 heures après l'arrivée des premières langues de feu montant sur la coupure.

La coupure de combustible a donc fonctionné réellement comme un coupe-feu durant plus de 2 heures.

Toutefois, à 2 reprises, vers 2 h 15 et 3 h 45 (cf. interview du maire), 2 langues de feu ont sérieusement menacé le dispositif et furent sur le point de franchir la coupure dans sa partie la plus étroite. L'accident fut évité, grâce aux 50 cm de la bande de roulement des véhicules sur la crête (< 50 cm avant les premiers genêts de la commune voisine !).

Il est bon de noter que le feu, après avoir rampé dans l'herbe sèche et les repousses de genêt, a repris vigueur dans les touffes de genêt à balai (*Spartium*) disséminées le long de la piste de crête et malheureusement épargnées lors des brûlages dirigés de 1991.

Caractéristiques du front de flamme	observées	calculées
Vitesse (m/h)	1000 à 2000 <i>méthode n° 12</i>	
Masse de combustible brûlée d'après données sur 71 brûlages dirigés de genêt purgatif (t MS/ha)		1 <i>méthode n° 7</i>
Puissance du front (kW/m)		1000 (classe 2)
Angle de la flamme (°)	45	
Hauteur de la flamme (m)	1,0 à 2	1,30
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	2-3	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)	3-4	5
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)	1,50-2	2

4.2. Les moyens rendus nécessaires par la présence de vent (2^e phase)

Avec la levée du vent (W-NW, 35 à 55 km/h), souvent tourbillonnant, qui coïncida pratiquement avec l'arrivée des groupes d'attaque sur les lieux, la lutte sur la coupure même s'avéra beaucoup plus rude. Il fallut plus de 3 heures aux 5 groupes d'attaque engagés pour couper la tête et les doigts du feu.

Continuellement contourné par l'est, voire par des sautes de feu à l'ouest (pic de Lloset), le dispositif (2 km d'établissement + 100 hommes) dut être appuyé par 1 HBE et 2 Trackers pour maîtriser le front de crête (> 600 m) et le front est à mi-versant de 300 m, soit en théorie : 1 CCFM tous les 60 m et 1 homme tous les 10 m.

- la capacité de régénération du genêt, sa non-consommation par les bovins, et ses repousses ;
- les effets d'accumulation des fougères et le danger que cela représente par temps sec avec du vent ;
- le relais que pouvaient constituer les taches de genêt à balais le long de la piste de crête, épargnées lors des brûlages dirigés de 1991.

Mais tout ne fut pas négatif. Ainsi, le passage régulier des véhicules agricoles ou forestiers sur la ligne de crête a créé deux petites bandes de roulement qui jouèrent un rôle décisif lors de la première phase de l'incendie de l'été.

4.3.2. La lutte en l'absence de vent

La coupure peut fonctionner passivement si :

- le phytovolume reste à un niveau très bas. En l'occurrence, le volume de 600 m³/ha de broussailles semble être un seuil dans ce type de milieu (pente, nature du combustible) ;
- la coupure comprend en outre une bonne discontinuité horizontale. En l'occurrence, elle pré-

4.3. Les acquis de l'incendie de Nohèdes

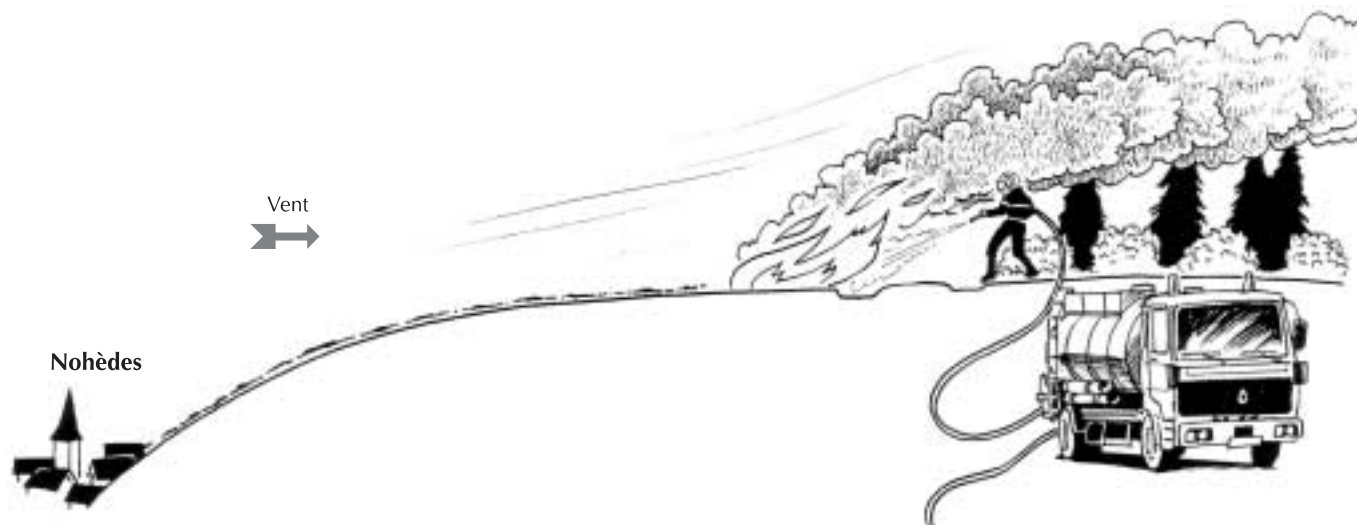
4.3.1. L'entretien de la coupure

Au départ, nous avons misé essentiellement sur l'entretien par le pâturage en minimisant :

- les conséquences du report, du printemps à l'automne, des ressources pastorales sur pied ;

Figure 13 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993

2^e phase : vent de 35-55 km/h, 5 groupes d'attaque sur 1 km de front



sentaient :

- une bande débroussaillée, traitée par brûlage dirigé, ou pâturée, de plus de 100 m de large ;
- au-delà, une piste ou une surface nue de quelques mètres de large.

Attention : il est nécessaire de proscrire toute touffe ou accumulation de combustible en bordure de la bande dénudée.

4.3.3 La lutte avec vent (> 35 à 55 km/h)

Prévoir les groupes d'attaque pour couper les têtes du feu, c'est-à-dire :

- 2 km d'établissement par km de front de flamme ;
- 1 véhicule tous les 50 m ;
- 1 homme tous les 10 m.

C. Olette (Pyrénées-Orientales)

Incendie Prométhée 1994 n°35 du 23 et 24/06/94 (cartes 1 et 4)

Ce cas d'étude ne comporte qu'une analyse globale, aucun enseignement supplémentaire ne pouvant être apporté par une analyse locale de segment.

1. Présentation rapide du site et de l'incendie

Il s'agit d'une soulane, au sud du même massif (Madres-Coronat), où s'est toujours exercée une activité extensive d'élevage ovin. En corollaire, les dérapages passés : brûlages pastoraux, multiplication des feux d'origine périurbain, qui, après s'être développés dans les landes à genêt purgatif de l'étage montagnard, ou les pelouses à brachypode, thym et ajoncs de l'étage du chêne vert, venaient détruire partiellement les forêts RTM de pin sylvestre des hauts de versants du massif du Coronat (2200 m). Ces dérapages ont incité les services de l'ONF à mettre en place dès 1987 une des premières coupures stratégiques pastorales du département (brûlage d'ouverture et pâturage permanent de septembre à juin).

Longue de 5 km, ayant 100 à 300 m de large, cette coupure stratégique se développe de part et d'autre d'une piste DFCI, placée en milieu de versant et en bordure des forêts domaniales ou communales (pin sylvestre, pin à crochets).

Si le lieu de l'éclosion de l'incendie qui ne fut pas pastoral, mais périurbain (grillade dans un jardin), confirment l'évolution des causes d'incendie, l'idée de manœuvre prévue aux abords du village fut rendue caduque ou inopérante par les délais de déclenchement de l'alerte. Le feu s'est échappé dans la forêt RTM escarpée qui surplombe le village, et il fallut plus de 2 jours pour en venir à bout et ce, malgré des vents faibles à modérés. Seul l'emploi combiné des HBE et d'un établissement en tenaille de plus de 3 km de long, à partir de la coupure de combustible, arriva à bout de l'incendie.

Ce site similaire à celui de Nohèdes (milieu, pente, difficile d'accès) complète et confirme bien les enseignements généraux dégagés précédemment. Il illustre la nécessaire complémentarité entre les équipes de lutte à engager sur ou à partir des coupures pour éteindre des feux rampants dans d'épaisses litières forestières en milieu montagnard, en fin d'été ou en période de sécheresse ¹.

2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 23/06/1994

1^{er} critère : le type d'incendie rencontré

Le lieu d'éclosion

En bordure du village, et en bas de versant.

Le type de feu

Feu de puissance faible, montant la pente dans une végétation composée essentiellement d'herbacées et poussé latéralement par un léger vent d'est humide venant de la mer.

L'ambiance générale sur le département le jour de l'événement

Relativement calme. Aussi, des moyens aériens conséquents et des GA furent-ils rapidement disponibles.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : la pertinence des hypothèses d'incendie par rapport aux réalités

Le type de feu, son lieu d'éclosion et l'ambiance furent, somme toute, plus favorable que les hypothèses fixées lors de la conception de la coupure.

2^e critère : de l'alerte à la 1^{re} intervention

Le délai d'alerte

Alerte très tardive, malgré la proximité du village.

L'intervention des premiers éléments terrestres et aériens : rapidité de mise en œuvre et qualité de l'idée de manœuvre

Les premiers éléments terrestres locaux, compte tenu des délais de l'alerte, arrivèrent bien trop tard. Le front était déjà inaccessible au-dessus du village et les premiers largages aériens eurent lieu 60 minutes après l'éclosion de l'incendie. Compte tenu du relief, de l'écran formé par les arbres et de l'absence de moyens au sol complémentaires, ils furent peu efficaces.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

Cette expérience a clairement montré qu'en l'absence d'un traitement approprié de l'interface habitat/friches, traitement non prévu dans le plan d'aménagement, compte tenu de la pente et du type de végétation, toute intervention terrestre aux abords du village est condamnée à l'échec.

¹ Cela a été malheureusement rappelé lors du dernier incendie en face nord du Canigou (mars 1998).

Montée en puissance des moyens : la quantité et la qualité des moyens de lutte disponibles

La disponibilité des moyens en renfort terrestres et aériens

Celle-ci était bonne, voire forte au niveau aérien, probablement insuffisante au sol, compte tenu du milieu :

1^{er} jour : 3 GA + 4 Canadairs + 5 Trakers

2^e jour : 5 GA + 2 Trakers

3^e jour : 5 GA + HBE

Si la disponibilité des moyens aériens fut forte, celle des moyens au sol fut probablement insuffisante le premier jour. À titre d'exemple : pour réaliser le contrôle des brûlages dirigés sur la coupure de combustible voisine, il avait fallu plus de 2 km d'établissement à partir des pistes d'accès situées au-dessus du village, avec l'aide de 80 hommes entraînés.

L'existence préalable d'un plan de bataille, ou d'une idée de manœuvre permettant de bien valoriser la coupure de combustible connue par tous

L'emploi de moyens aériens non complétés par une action lourde au sol (établissement) s'avéra inopérant dans l'épaisse litière d'aiguilles de ce vieux reboisement, et surtout, usa inutilement les hommes pauvrement équipés de pelles et râtaux-rich.

La connaissance du terrain par les groupes d'attaque, accès, équipements, comportement du feu dans ce type de milieu, cette ambiance et avec cette aérologie

Les premiers GA locaux, de par leur participation à la réalisation des brûlages dirigés sur la coupure voisine, connaissaient bien le terrain. La pente, les accès, la pénibilité de la tâche, expliquent pour partie le temps nécessaire à la mise en place d'un long établissement.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : évaluation de la quantité et la qualité des moyens disponibles

Des moyens aériens importants, trop peut-être, des moyens terrestres trop justes, retardent d'autant le choix de la bonne stratégie, à savoir : réaliser un établissement à partir de la coupure de combustible pour prendre le feu en tenaille.

Les obstacles à l'engagement des moyens sur la coupure, ou l'état du terrain de lutte

Les accès : conception, localisation et entretien

Si la piste principale à mi-versant était correcte, les bretelles d'accès à cette partie de la coupure concernée par l'incendie étaient non seulement inutilisables par les moyens de lutte, mais de plus elles se terminaient en impasse.

Leur signalisation

R.A.S.

Les délais de route en comparaison avec le temps d'arrivée du feu sur la coupure

Malgré les délais de route élevés (> 1 heure), les moyens arrivèrent sur la partie basse de la coupure en même temps que l'incendie (faiblesse du vent et humidité de l'air).

La conception de la coupure : nature, orientation, localisation

- Adéquation entre le positionnement de la coupure et le front du feu, et avec la stratégie générale de la lutte : sa localisation et sa largeur permirent aux moyens de s'y déployer à temps malgré les difficultés d'accès.

- Dimensions et continuité de l'ouvrage, existence de points noirs : R.A.S.

L'état général de la coupure (pour plus de détails, voir l'analyse des segments)

- Nature, répartition, charge de ligneux bas et du combustible fin (litière, herbacées) : si le phytovolume est très faible (<500 m³/ha), l'importance du tapis herbacé non pâturé représentait un réel danger en l'absence de moyens d'extinction importants (établissement).

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

Si la coupure était bien placée, bien dimensionnée, la difficulté des accès (pente, longueur, impasse) a représenté le principal frein au bon engagement des moyens sur la coupure.

Évaluation de l'efficacité de la coupure

La réduction de l'emprise probable de l'incendie ou l'estimation de la surface épargnée du fait de l'usage de la coupure par les moyens de lutte

Si les 80 % des 90 ha de la forêt RTM qui surplombe le village furent épargnés, il est bon de préciser qu'indirectement le succès de la lutte a protégé également les forêts des hauts de la soulane du massif (> 900 ha).

La coupure a-t-elle permis de ramener la lutte à un problème de traitement des feux petits et moyens, sur un terrain de manœuvre aménagé, et ce, en toute sécurité avec des moyens allégés ?

C'est bien sur la coupure que fut bloquée la tête du feu par l'emploi combiné des moyens aériens et terrestres (1^{re} partie de l'établissement), et à partir d'elle, que fut déployé un long établissement (> 2 km) pour traiter les lisières de l'incendie dans la forêt RTM en contrebas.

Enseignements généraux

Appréciation de la banalité ou du caractère exceptionnel de l'événement et des situations rencontrées lors de l'événement

Feu de faible puissance, compte tenu de la faiblesse du vent le premier jour et de l'humidité de l'air.

Enseignements généraux

Si la coupure était bien placée, l'insuffisance notoire des accès a failli entraîner l'échec de la lutte ;

De plus, compte tenu de l'absence d'un traitement de la friche sur l'interface habitat/friches, l'échec de la première intervention s'avéra patente.

D. Fleury (Aude)

Incendie Prométhée 1995 n°35 du 08/09/95 (cartes 5 et 6)

Ce cas d'étude comporte une analyse globale de l'incendie de septembre 1995, et deux analyses locales de segments : une attaque de flanc et une protection de point sensible.

1. Présentation rapide du site et de l'incendie

Le massif de la Clape, promontoire côtier de la plaine viticole ceinturant Narbonne, couvre environ 10 000 ha. Ce site classé appartient à 6 communes du littoral audois. « Horst » typique, il offre des milieux méditerranéens caractéristiques (plateaux dénudés, falaises, combes et pierriers, vignes, friches viticoles, pelouses sèches, pinèdes), et reste régulièrement touché par les incendies. Ainsi, de 1973 à 1997, 180 incendies y ont parcouru 2440 ha¹.

Celui du 08/09/95, après avoir parcouru toute cette zone nord du massif, objet de la présente étude, vint menacer les installations touristiques du littoral (camping, village-vacances).

L'originalité du PIDAF réside ici dans la volonté de maintenir, voire de rétablir un cloisonnement culturel (vignes) du massif. Ce cloisonnement devrait suffire à contenir latéralement des incendies poussés par la tramontane (NW), et permettre de porter l'essentiel des moyens de lutte en avant du front de flamme sur le cordon de vigne du littoral, dernier rempart avant les installations touristiques du bord de plage.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la réalisation de la coupure viticole stratégique de 12 ha, mise en place sur la commune de Fleury d'Aude.

L'incendie étudié appartient aux grands incendies² de fin d'été (forte chaleur, vent violent > 80 km/h). Il se développa essentiellement dans des formations de garrigue basse à chêne Kermès (incendies en 1989). Conformément à l'idée de manœuvre préconisée, les moyens de lutte au sol, sécurisés par l'existence de vignes sur le plateau où ils placèrent leur PC, osèrent s'appuyer sur tous les ouvrages et mouvements de terrain disponibles (chemins, murettes, bandes débroussaillées sous la ligne moyenne tension et le long des pistes) pour accompagner le feu sur le flanc nord, pendant que les aéronefs, par largages successifs, contenaient le feu dans la végétation rabougrie des crêtes escarpées du flanc sud.

Ainsi, au terme d'une course poursuite de 5 km, le feu, trois heures après son éclosion, était maîtrisé par les moyens de lutte positionnés sur le cordon de vignes du littoral.

2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 08/09/95

1^{er} critère : le type d'incendie rencontré

Le lieu d'éclosion

Aux abords du village et exposé en plein vent (NW).

Le type de feu

Durant ce jour à risques de la fin de l'été (vent violent de plus de 50 km/h) sur une végétation desséchée nous avons eu affaire à un feu rapide, de puissance moyenne, qui s'est développé à plat dans une garrigue basse.

L'ambiance générale sur le département le jour de l'événement

Ambiance a priori favorable à la lutte ; les moyens furent toujours disponibles.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : la pertinence des hypothèses d'incendie par rapport aux réalités

L'événement étudié fut conforme aux hypothèses retenues lors du PIDAF de la Clape.

2^e critère : de l'alerte à la 1^{re} intervention

Le délai d'alerte

La situation du lieu d'éclosion, en zone d'ombre du poste de vigie le plus proche, et le vent violent qui couchait la fumée, se conjuguèrent pour retarder pendant de nombreuses minutes le déclenchement de l'alerte. Celle-ci fut d'ailleurs signalée sur le « 18 » par la population.

L'intervention des premiers éléments terrestres et aériens : rapidité de mise en œuvre et qualité de l'idée de manœuvre

Malgré le retard, l'intervention du premier GA combinée à celle des 4 Trakers fut très rapide (<10 mn) et aurait pu être déterminante si la qualité des accès l'avait permis. Le dispositif fut rapidement contourné dans un vallon inaccessible au nord-est et

¹ Depuis cet inventaire, nous avons encore à déplorer un incendie (août 1998), qui fera l'objet d'un prochain « retour d'expérience ».

² La commune de Fleury a connu deux autres grands feux : 400 ha en 1977 et 350 ha en 1979.

sur le plateau au sud-est en raison du vent violent.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

La première action fut conforme à l'idée de manœuvre du PIDAF, son efficacité fut moyenne.

Montée en puissance des moyens : la quantité et la qualité des moyens de lutte disponibles

La disponibilité des moyens en renfort terrestres et aériens

Celle-ci fut excellente : 10 GA et 4 Trackers.

L'existence préalable d'un plan de bataille, ou d'une idée de manœuvre permettant de bien valoriser la coupure de combustible connue par tous

Notons qu'il n'y avait pas d'idée de manœuvre prévue sur ce site (SDAFI en cours de rédaction et PIDAF ancien), mais simplement une connaissance quasiment historique de ce type de feu par les Audois (deux incendies successifs en moins de dix ans) au même endroit.

La connaissance du terrain par les groupes d'attaque, accès, équipements, comportement du feu dans ce type de milieu, cette ambiance et avec cette aérologie

Très bonne connaissance par les GA et le commandant au feu.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : évaluation de la quantité et la qualité des moyens disponibles

La montée en puissance des moyens et leur emploi fut un cas d'école.

Les obstacles à l'engagement des moyens sur la coupure, ou l'état du terrain de lutte

Les accès : leur conception, localisation et entretien

Si sur le plateau même, les liaisons est-ouest étaient suffisantes dans sa partie médiane, le manque notoire d'accès nord-sud se fit cruellement sentir, ainsi qu'une absence rédhibitoire de liens entre les pistes d'accès à l'ouest du plateau et sur le reste du réseau.

Leur signalisation

Absente.

Les délais de route en comparaison avec le temps d'arrivée du feu sur la coupure

Les délais de route étaient relativement courts.

La conception de la coupure : nature, orientation, localisation

- Adéquation entre le positionnement de la coupure et le front du feu, et avec la stratégie générale de la lutte : sur le flanc est : la largeur du cordon viticole (600 m) était suffisante pour assurer une discontinuité entre la garrigue et les prés salés (cam-

pings) du littoral ; sur le flanc sud : l'intervention des moyens aériens, et des moyens terrestres par l'arrière ne permit pas au feu d'arriver en fond de vallon sur la coupure. Son positionnement offrait aux pompiers une zone de repli dans leur course au traitement des sautes venues du plateau. Les discontinuités existantes dans les zones cultivées n'auraient toutefois pas permis un traitement serein du feu (même à la recule) ; sur le flanc nord (Pech de la Bade) : la coupure (ou plutôt la zone d'appui) a permis aux moyens terrestres d'établir leur PC et d'évoluer en toute quiétude, sachant la présence proche d'une zone d'abri incombustible située aux vents dominants.

- dimensions et continuité de l'ouvrage, voire existence de points noirs : la situation de la coupure (aux vents dominants) a pallié son absence de continuité. Elle fut tout de même plus utilisée comme camp retranché que comme ligne d'arrêt continue. À Armissan, en 1986 et dans des conditions analogues, les vignes furent utilisées dans un premier temps comme zone de repli passive, puis comme camp de base pour le traitement arrière des sautes et des contournements.

L'état général de la coupure (pour plus de détails, voir l'analyse des segments)

- Nature, répartition, charge de ligneux bas et charge du combustible fin, litière et herbacées : excellent sur l'ensemble des vignes, présence de broyats (kermès broyé lors de l'hiver 1994/95) sur les débroussailllements en bord d'accès DFCI et d'un tapis continu de brachypode rameux. Par contre, sur le flanc ouest, il s'agissait d'une végétation chétive de chênes Kermès.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

L'état du terrain était globalement favorable à l'engagement des moyens.

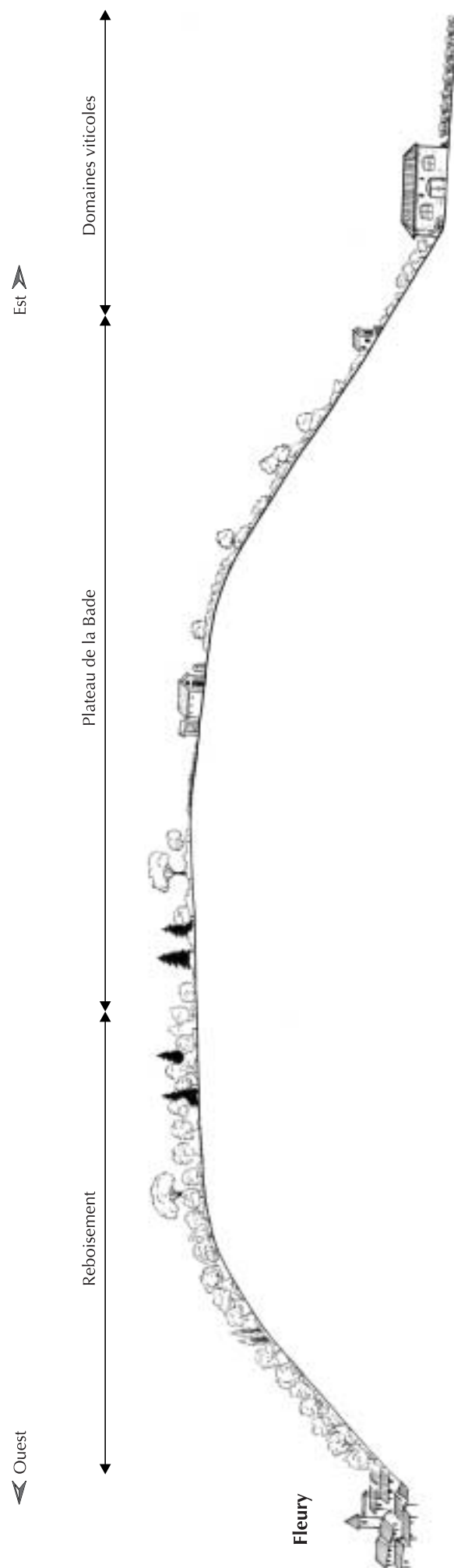
Bonne orientation des coupures, accès sans problèmes majeurs et végétation chétive.

Évaluation de l'efficacité de la coupure

La réduction de l'emprise probable de l'incendie, ou l'estimation de la surface épargnée du fait de l'usage de la coupure par les moyens de lutte

En tenant compte du graphe du colonel Robert, nous pouvons affirmer que malgré les 350 ha de garrigue et de pinède parcourus par l'incendie, c'est plus de 250 ha de garrigue basse à chêne Kermès qui furent épargnées.

Figure 14 : L'incendie de Fleury, septembre 1995
Coupe transversale avant incendie



La coupure a-t-elle permis de ramener la lutte à un problème de traitement des petits et moyens feux, sur un terrain de manœuvre aménagé, et ce, en toute sécurité avec des moyens allégés ?

Deux GA purent à eux seuls contenir le front du flanc nord dans une course poursuite de 4,5 km de long, en 3 heures de temps !

En attaque frontale, seuls trois GA opiniâtres furent nécessaires pour lutter de front afin de protéger les domaines, traiter les mèches, les sautes et les zones non éteintes par les largages aériens.

Enseignements généraux

Appréciation de la banalité ou du caractère exceptionnel de l'événement et des situations rencontrées lors de l'événement

R.A.S., incendie banal à pareille époque.

Enseignements généraux

Très bonne connaissance du terrain par tous les intervenants et emploi judicieux des moyens aériens sur une végétation rabougrie sur le flanc est et à partir de la moitié du plateau, furent les recettes de cette intervention peu spectaculaire, mais réussie. Les zones cultivées en vignes ont joué passivement (flanc est) ou psychologiquement (zone d'appui ou de repli) un rôle intéressant dans le traitement du feu.

3. Analyse locale de deux segments retenus pour l'incendie du 08/09/1995

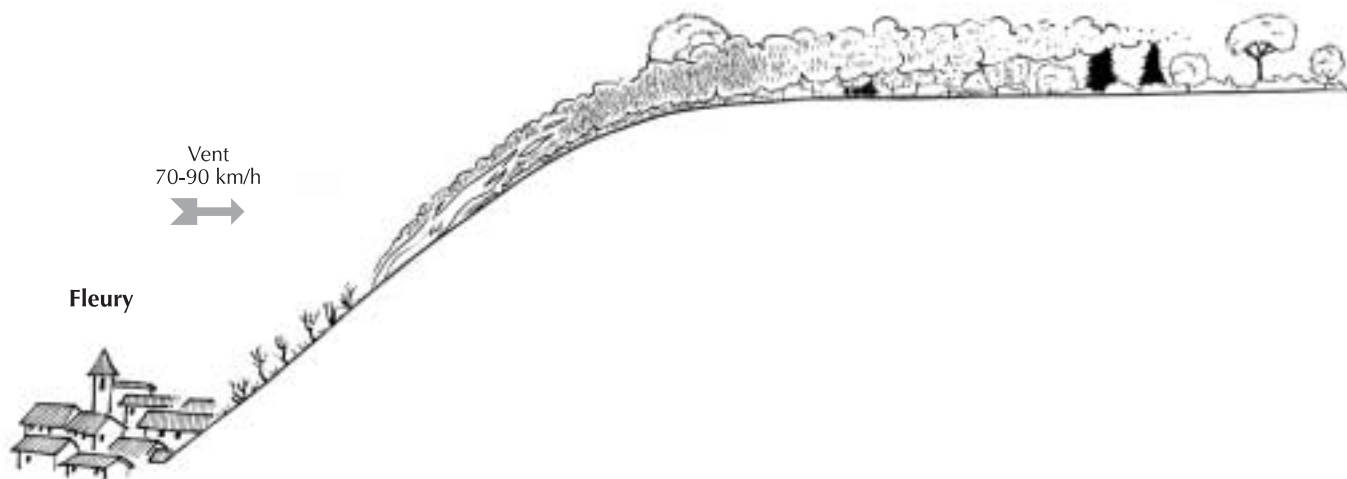
③ Attaque de flanc d'un feu d'été rapide et de puissance moyenne, poussé à travers un plateau, par un vent violent (dans une garrigue basse âgée d'une dizaine d'années). Parcelles de vignes du Puech de Labade.

④ Protection de points sensibles, face à un front venu heurter les vignobles. Parcelles de garrigue âgée d'une dizaine d'années aux abords des domaines viticoles du littoral.

3.1. Reboisement

Figure 15 : L'incendie de Fleury, septembre 1995

A. Incendie dans le reboisement



Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.15)	observées	calculées
Vitesse (m/h)	2400 méthode n° 2	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)		35 à 45 méthode n°7
Puissance du front (kW/m)		44000 (classe 5)
Angle de la flamme (°)	15	
Hauteur de la flamme (m)	2,5 à 3	
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	15 à 20	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)	la colonne de convection couchée sur le sol par le vent de NW interdit toute présence humaine et transporte des brandons	
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)	bien en avant du front principal	

Discussion et synthèse

Face à ce type de front, les têtes du front sont incontrôlables sans des moyens aériens puissants. De plus, le courant de convection couché sur le sol rend la lutte impossible aux moyens terrestres ; ceux-ci ne restent donc opérationnels que sur les coupures de combustibles situées sur les flancs de l'incendie.

3.2. Zones débroussaillées par gyrobroyage (brachypode + broyat)

Figure 16 : L'incendie de Fleury, septembre 1995

B. Incendie dans les zones débroussaillées par gyrobroyage



Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.16)	observées	calculées
Vitesse (m/h)	2000 <i>méthode n° 2</i>	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)		10 <i>méthode n°7</i>
Puissance du front (kW/m)		7000 (classe 4)
Angle de la flamme (°)	30	
Hauteur de la flamme (m)	3-4	3
Distance horizontale couverte par les flammes (m)		
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)		12
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)		5

Discussion et synthèse

Nous sommes à la borne supérieure des feux de classe 4, dans la zone de perte de contrôle du front par les moyens terrestres, si ceux-ci, malgré des établissements « lourds » avec 4 véhicules tous les 100 m, ne sont pas fortement aidés par des largages aériens. Ainsi, compte tenu des difficultés d'accès et de l'absence de points sensibles, le COS adopta la stratégie du « laisser passer » des têtes du feu sur la coupure de combustible. Les moyens terrestres aidés par les aéronefs furent alors employés essentiellement à contenir les flancs de l'incendie.

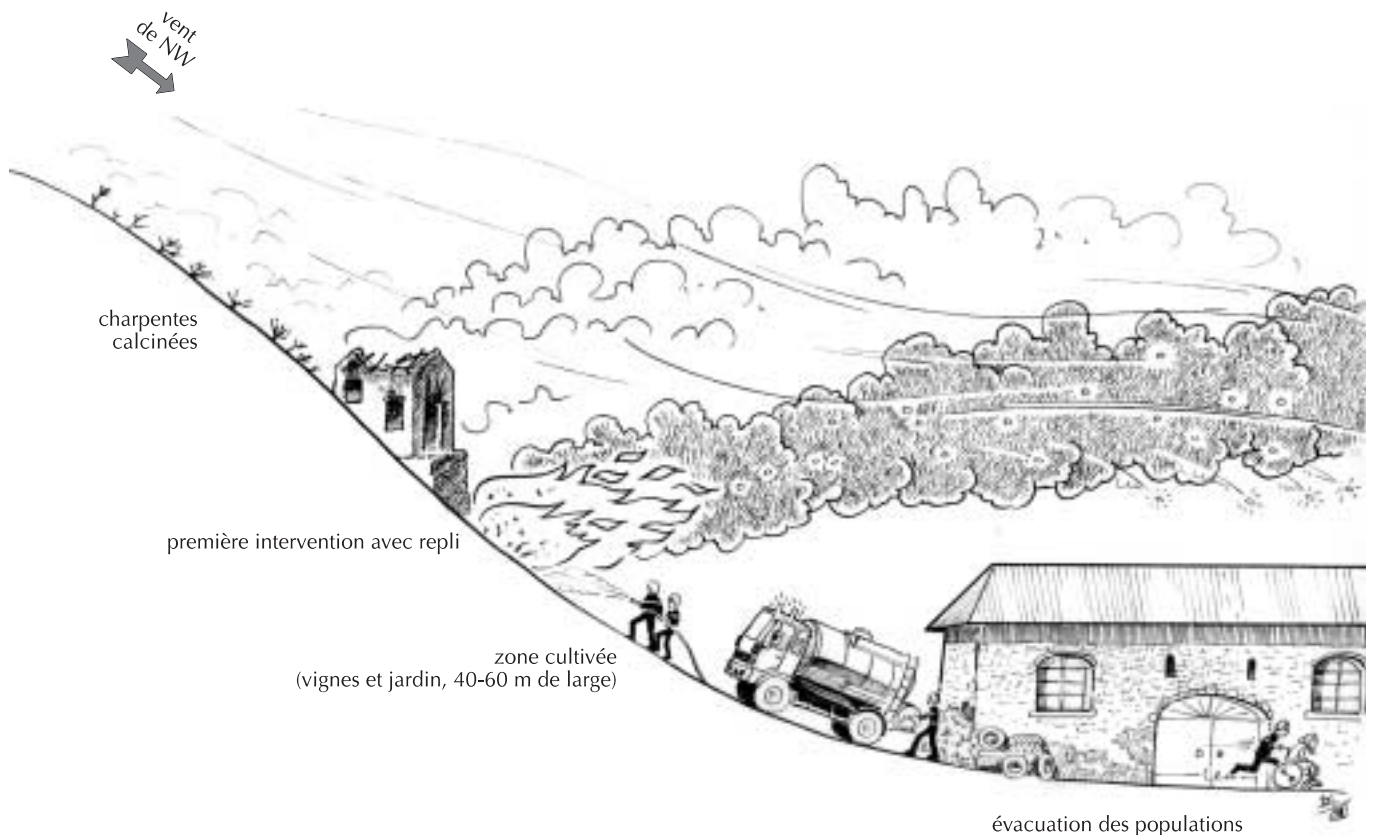
3.3. Dans le matorral à chêne-kermès, à l'amont des domaines viticoles

Météo : vent de NW de 90 km/h

Végétation : chêne-kermès 50 %, ciste de Montpellier 30 %, romarin 20 %, + brachypode rameux

Figure 17 : L'incendie de Fleury, septembre 1995

C. Incendie aux abords des domaines viticoles



Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.17)	observées	calculées
Vitesse (m/h)	1500 <i>méthode n° 2</i>	
Masse de combustible brûlée d'après données sur 71 brûlages dirigés de genêt purgatif (t MS/ha)		< 25 <i>méthode n° 7</i>
Puissance du front (kW/m)		24 000 (classe 6)
Angle de la flamme (°)	45 à 60	
Hauteur de la flamme (m)	8 à 9	8
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	5 à 10	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)		35
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)		14

Synthèse

Sans appui aérien et surtout en l'absence du cordon de zone cultivée qui ceinture les « mas », les moyens terrestres, dans ce type de formations et malgré un front descendant la pente, seraient restés impuissants. La première intervention sur les « cabanons » en amont des mas, avec repli, en est la démonstration patente.

3.4. Les enseignements de Fleury

3.4.1. Dans la pinède

Nous avons ici, une fois de plus, la confirmation qu'en situation de front montant dans ce type de milieux, avec de tels vents, seules des opérations combinées, alliant moyens terrestres et aériens et engagées latéralement sur des coupures de combustibles, peuvent contenir le feu.

3.4.2. Sur le plateau dans le matorral à chêne-kermès

Bien qu'en situation plus favorable, le feu progressait à plat et dans une végétation chétive (brachypode et chêne-kermès broyés offraient moins de 7 t M/S/ha), la force du vent et par conséquent la configuration de la flamme, rendirent illusoires les attaques frontales des têtes de feu. Comme précédemment, l'existence de coupures de combustible latérales, alliées à des zones cultivées qui offraient des possibilités de repli le cas échéant, permirent aux moyens combinés (aériens et terrestres) de rédui-

re l'emprise de l'incendie pour arriver à contenir les flancs du front (attention : une masse de combustibles fins de 7 t/ha, chênes-kermès + brachypode, apparaît ici comme une valeur limite du seuil de combustible à ne pas dépasser).

3.4.3. Aux abords des domaines viticoles

En l'absence de coupures de combustible, à l'amont des domaines viticoles, les tentatives pour arrêter les têtes du feu, s'avérèrent infructueuses, et ce, malgré une configuration du front de flamme beaucoup plus favorable (feu descendant).

Une fois le front aux vignes, l'essentiel de la lutte porta sur la protection des habitations et sur une multitude de points sensibles : tas de souches, pneus, roselières, canaux d'évacuation des eaux, talus et fossés des chemins. Un ensemble disparate dont l'entretien négligé assurait à l'incendie des relais à travers le territoire cultivé, vers les campings et le littoral urbanisé.

E. Lambesc (Bouches-du-Rhône)

Incendie Prométhée 1995 n°132 du 29/08/95 (cartes 7 et 8)

Ce cas d'étude comporte une analyse globale de l'incendie d'août 1995 traversant la chaîne des Côtes, et trois analyses locales de segments : une attaque de feu naissant dans un champ de chaume, une attaque de flanc sur bande débroussaillée de sécurité et enfin une attaque de tête de feu au niveau d'un col.

1. Présentation rapide du site et de l'incendie

1.1. Présentation géographique et petit historique du PIDAF

Entre la plaine de la Durance et les coteaux d'Aix-en-Provence, la chaîne des Côtes présente le relief classique des plis des Préalpes provençales : faible altitude, orientation est-ouest, avec des faces nord entaillées par de petits vallons, et des faces sud relativement escarpées. Sur 25 km de longueur et 4 km de largeur (10 000 ha) on retrouve les garrigues basses à chênes kermès et romarin plutôt en face nord et des reboisements naturels de résineux âgés de 40 à 50 ans en versant sud. Isolé au milieu du territoire « agricole », ce massif fut jusqu'à présent épargné par le phénomène des grands incendies, puisque le dernier en date remontait aux combats de la libération (août 1944).

Par contre, la multiplication des départs de feux durant les dernières décennies, le long de la départementale, au pied de la face nord, en plein mistral, incita les partenaires locaux à élaborer un PIDAF au début des années 1990.

1.2. La stratégie de lutte prévue

Ce PIDAF, très complet, s'appuyait entre autres sur la connaissance fine des composantes des incendies (combustibilité, inflammabilité, aérologie, zones d'éclosion des feux, état des ouvrages DFCI...) et sur une stratégie de lutte clairement élaborée et comprenant deux temps :

- traiter la zone poudrière : pour cela, « mettre le paquet » sur les feux naissants en bordure de la départementale (au nord du massif). Outre la préparation préalable du terrain (débroussaillage, élagage, voie d'accès courte et rapide), des véhicules légers d'attaque y seront pré-positionnés les jours de risques. Le tout doit faciliter et accélérer les premières interventions (quelques minutes).
- montée en puissance des moyens pour contenir le feu sur les flancs : si le feu courant s'échappait de

cette zone poudrière pour devenir un feu puissant, on retrouvait ici le même scénario qu'à Fleury, à savoir : les moyens de lutte, tout en contenant le feu sur les flancs grâce aux coupures mises en place selon un axe parallèle au vent dominant, partiraient au sud en avant de la tête de feu et en bordure du terrain agricole, afin d'y protéger les habitations menacées.

1.3. Résumé de l'événement où la stratégie élaborée dans le PIDAF fut appliquée

Lors de l'incendie du 29/08/95, le vent violent (50 km/h), en rabattant la fumée, retarda le déclenchement de l'alerte (zone d'ombre de la vigie). Même s'il fallut moins de 3 minutes aux premiers éléments d'attaque pour intervenir sur le lieu d'éclosion dans la « zone poudrière », le feu courant s'échappa.

La stratégie de lutte précédemment élaborée dans le PIDAF fut alors parfaitement appliquée. De plus, la concentration des moyens terrestres et des moyens aériens sur le département, liée au feu de la veille sur Lançon, et surtout l'emploi de GA connaissant parfaitement leur mission, permirent de contenir les flancs du feu sur les coupures stratégiques comme sur les zones escarpées et inaccessibles, et in fine, de bien protéger les habitations menacées au sud du massif. Cet incendie a mis en évidence une nouvelle fois la nécessaire synergie des moyens terrestres et aériens pour contenir le feu sur les flancs ; tout comme l'impossibilité de stopper la progression de la tête d'un feu poussé par le vent violent en milieu ou haut de versant.

2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 29/08/95

1^{er} critère : le type d'incendie rencontré

Le lieu d'éclosion

En bordure de la route nationale, au nord du massif et exposé au vent dominant (NW).

Le type de feu

Feu de fin d'été, montant, rapide et puissant, poussé par un vent violent et se développant dans une garrigue haute (âgée de plus de 50 ans).

L'ambiance générale sur le département le jour de l'événement

Forte concentration de moyens terrestres et aériens sur zone, due à l'incendie de Lançon, la veille.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : un scénario de feu pertinent

Si le scénario d'incendie étudié fut conforme aux hypothèses proposées lors de la conception de la coupure, la situation rencontrée fut par contre beaucoup plus favorable, du fait de la concentration des moyens d'attaque à proximité.

2^e critère : de l'alerte à la 1^{re} intervention

Le délai d'alerte

Le scénario est en tous points comparable à celui de Fleury d'Aude : vent violent et zone d'ombre se conjuguant pour retarder l'alerte.

L'intervention des premiers éléments terrestres et aériens : rapidité de mise en œuvre et qualité de l'idée de manœuvre

Les véhicules de première intervention furent sur le feu moins de 3 minutes après l'alerte et les moyens aériens moins de 15 minutes plus tard.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : l'évaluation de la première action en termes d'efficacité

Du fait de la zone d'ombre, le feu courant dans une chaume de céréales s'échappe dans la garrigue sous les yeux des premiers secours, et ce, malgré une intervention extrêmement rapide (mieux eut été impossible !).

Montée en puissance des moyens : la quantité et la qualité des moyens de lutte disponibles

La disponibilité des moyens en renfort terrestres et aériens

211 véhicules, 722 hommes, 15 avions ! tous les moyens disponibles de la région furent sur la zone.

L'existence préalable d'un plan de bataille, ou d'une idée de manœuvre permettant de bien valoriser la coupure de combustible connue par tous

Le plan de bataille, probablement fixé dans le PIDAF, fut mis en œuvre parfaitement.

La connaissance du terrain par les groupes d'attaque, accès, équipements, comportement du feu dans ce type de milieu, cette ambiance et avec cette aérologie

Des hommes bien entraînés et bien commandés ... voilà l'impression que laisse la lecture de la main courante.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : évaluation de la quantité et la qualité des moyens disponibles

Moyens largement suffisants, idée de manœuvre

précise, personnel connaissant bien le terrain, tout était réuni pour intervenir à temps sur le terrain.

Les obstacles à l'engagement des moyens sur la coupure, ou l'état du terrain de lutte

Les accès : conception, localisation et entretien

Bon, à excellent.

Leur signalisation

Bonne à excellente.

Les délais de route en comparaison avec le temps d'arrivée du feu sur la coupure

Malgré le bon état des équipements et la rapidité d'engagement des moyens, la tête de feu dépassa les colonnes.

La conception de la coupure : nature, orientation, localisation

- Adéquation entre le positionnement de la coupure et le front du feu, et avec la stratégie générale de la lutte : en règle générale, la coupure était bien placée pour contenir les flans de l'incendie.
- Dimensions et continuité de l'ouvrage, existence de points noirs : si dimension et continuité furent bonnes à excellentes, il est intéressant de noter qu'un tronçon de crête, du fait du relief et donc de l'aérologie, en se retrouvant face à la tête de l'incendie, constitua la faille du dispositif.

L'état général de la coupure (pour plus de détails, voir l'analyse des segments)

- Nature, répartition, charge de ligneux bas : avec un volume < 1000 m³/ha, l'état général de la coupure était globalement bon.
- Nature, répartition, charge du combustible fin, litière et herbacées : tapis d'herbacées, de feuilles de chêne et d'aiguilles de pin relativement faible (gestion par les brûlages dirigés quelques temps auparavant).

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

Si l'état du terrain était relativement favorable à l'engagement des moyens, un tronçon mal placé du fait d'un problème foncier non résolu, compromit tout le dispositif.

Évaluation de l'efficacité de la coupure

La réduction de l'emprise probable de l'incendie ou l'estimation de la surface épargnée du fait de l'usage de la coupure par les moyens de lutte

Malgré les 350 ha parcourus par l'incendie, l'action de la lutte sur la coupure permit de préserver plus de 200 ha de forêts (40 % de la surface menacée). L'efficacité fut globalement bonne.

La coupe a-t-elle permis de ramener la lutte à un problème de traitement des feux petits et moyens, sur un terrain de manœuvre aménagé, et ce, en toute sécurité avec des moyens allégés ?

Si, conformément au PIDAF, les moyens engagés sur les flans purent œuvrer avec une sécurité correcte à la contention de l'incendie, il est bon toutefois de noter que l'importance des moyens disponibles dépassa largement les possibilités réelles d'intervention.

Enseignements généraux

Appréciation de la banalité ou du caractère exceptionnel de l'événement et des situations rencontrées lors de l'événement

Situation somme toute classique, exception faite de la forte concentration des moyens sur la zone et de leur disponibilité tout au long de l'événement.

Enseignements généraux :

Après 3 départs de feu maîtrisés les années précédentes sur la zone poudrière, cette fois-ci le feu par-

vint à s'échapper grâce à des chaumes de céréales délaissées. En conséquence, nous pouvons affirmer que dans les zones poudrières (interface habitat/forêt), il est indispensable de limiter la culture de céréales, ou au moins d'assurer le déchaumage le plus tôt possible après les moissons (juillet), voire de ceinturer ces parcelles de plusieurs bandes de sol nu.

Sur la coupe à proprement parler : malgré l'importance considérable des moyens terrestres et aériens, c'est sur un petit tronçon de moins de 500 m, parce que mal positionné, que le dispositif de lutte buta et failli échouer. Dans ce type de configuration, il faut proscrire toute attaque de face des têtes du feu et par conséquent tous les tronçons de coupures situés en milieu de versant ou en col. Par contre, les attaques de flancs s'avèrent particulièrement efficaces pour contenir l'incendie.

Notons au passage que la destruction du combustible fin en début de saison par le brûlage dirigé, eut une bien meilleure action que le débroussaillage seul.

3. Analyse locale de trois segments retenus pour l'incendie du 29/08/1995

⑤ Attaque impossible de la tête d'un feu d'été puissant et rapide, poussé par un vent violent, débouchant sur un col (pinède de 40 ans).

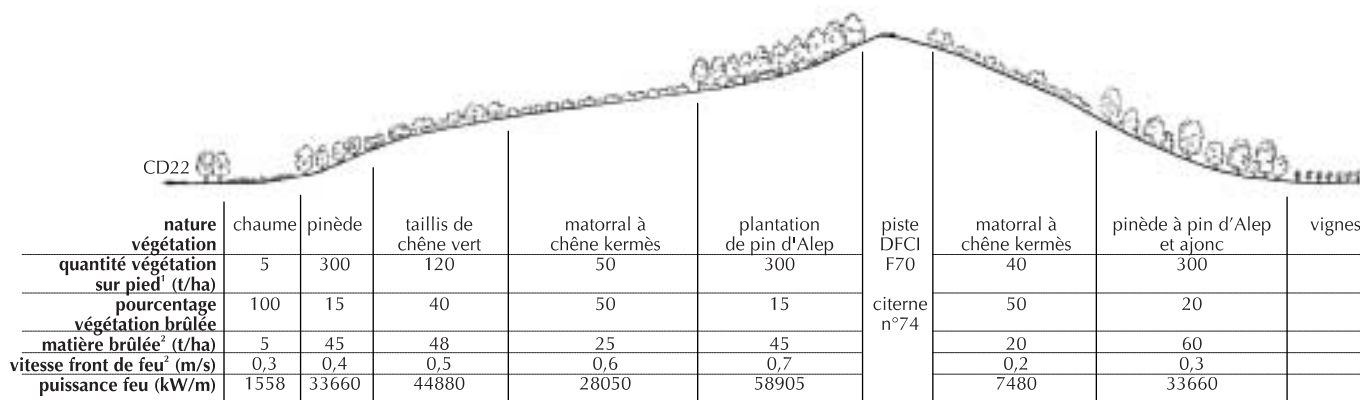
⑥ Attaque manquée d'un feu d'été naissant en piémont sur l'interface habitat/forêt ou l'axe circulation/forêt (chaumes de céréales). « Zone poudrière » le long de l'axe D22.

⑦ Attaque de flanc d'un feu d'été puissant et rapide, poussé par un vent violent (dans une garrigue basse âgée de 50 ans). « Piste DFCI F68 » entre le CD22 et Montrésor.

3.1. Coupe transversale (fig.18)

Figure 18 : L'incendie de Lambesc, août 1995

Coupe transversale avant incendie



¹ méthode n°5 ; ² méthode n°12

3.2. Incendie de Lambesc (1995). L'attaque impossible d'une tête de feu d'été puissant et rapide, poussé par un vent violent, débouchant sur un col (pinède de 40 ans)

Météo : méthode n° 2

Teneur en eau : méthode n° 10

Température = 30 °C

Pin d'Alep < 45 %

Humidité relative = 20 %

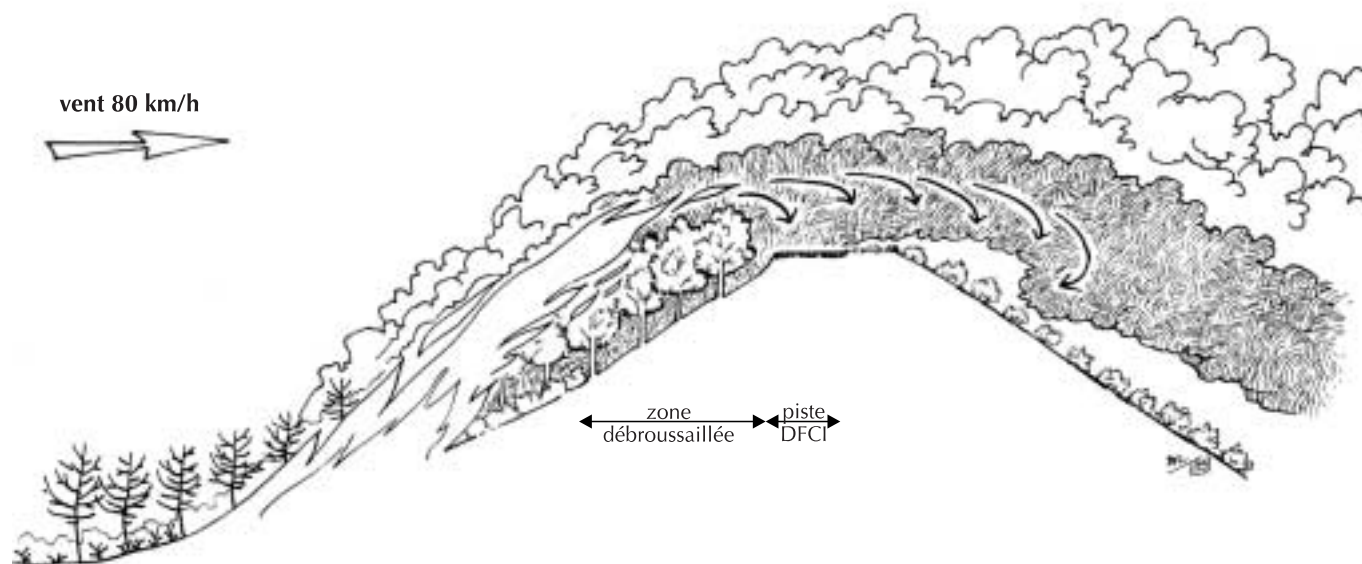
Kermès < 30 %

Vent = 80 km/h

Ajonc de Provence < 30 %

Figure 19 : L'incendie de Lambesc, août 1995

Attaque impossible d'une tête de feu d'été puissant et rapide



Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.19)	observées	calculées
Vitesse (m/h)	2000 à 6000 (avec les sautes de feu) méthode n° 12	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)		45 méthode n° 7
Puissance du front (kW/m)		58 905 (classe 5)
Angle de la flamme (°)	30 à 45	
Hauteur de la flamme (m)		7 à 10
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	30	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)		30 à 40
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)		15

Discussion

Que ce soit en milieu ou haut de versant, voire en col, nous avons affaire à des situations de front montant d'une puissance extrême, poussé par des vents violents, et où l'essentiel de l'énergie s'accumule dans le courant de convection couché sur le sol. De ce fait, les projections d'étincelles, de brandons, les

bouffées brûlantes, les fumées toxiques, l'explosion de gaz issus de la pyrolyse des végétaux, l'explosion des poussières, en avant des fronts multiples de l'incendie, rendent impossible et surtout suicidaire tout engagement des moyens pour barrer la route à l'incendie. Pour avoir une justification, le tronçon de la piste DFCI aurait dû se trouver sur le versant opposé à l'incendie, sous la crête militaire.

3.3. Attaque manquée d'un feu naissant en piémont sur l'interface habitat/forêt ou axe circulation/forêt (chaumes de céréales)

Exemple : LAMBESC « zone poudrière » le long de l'axe D 22

Météo : méthode n° 2

Teneur en eau : méthode n° 10

Température : 30 °C

Pin d'Alep < 45 %

Humidité relative : 20 %

Kermès < 30 %

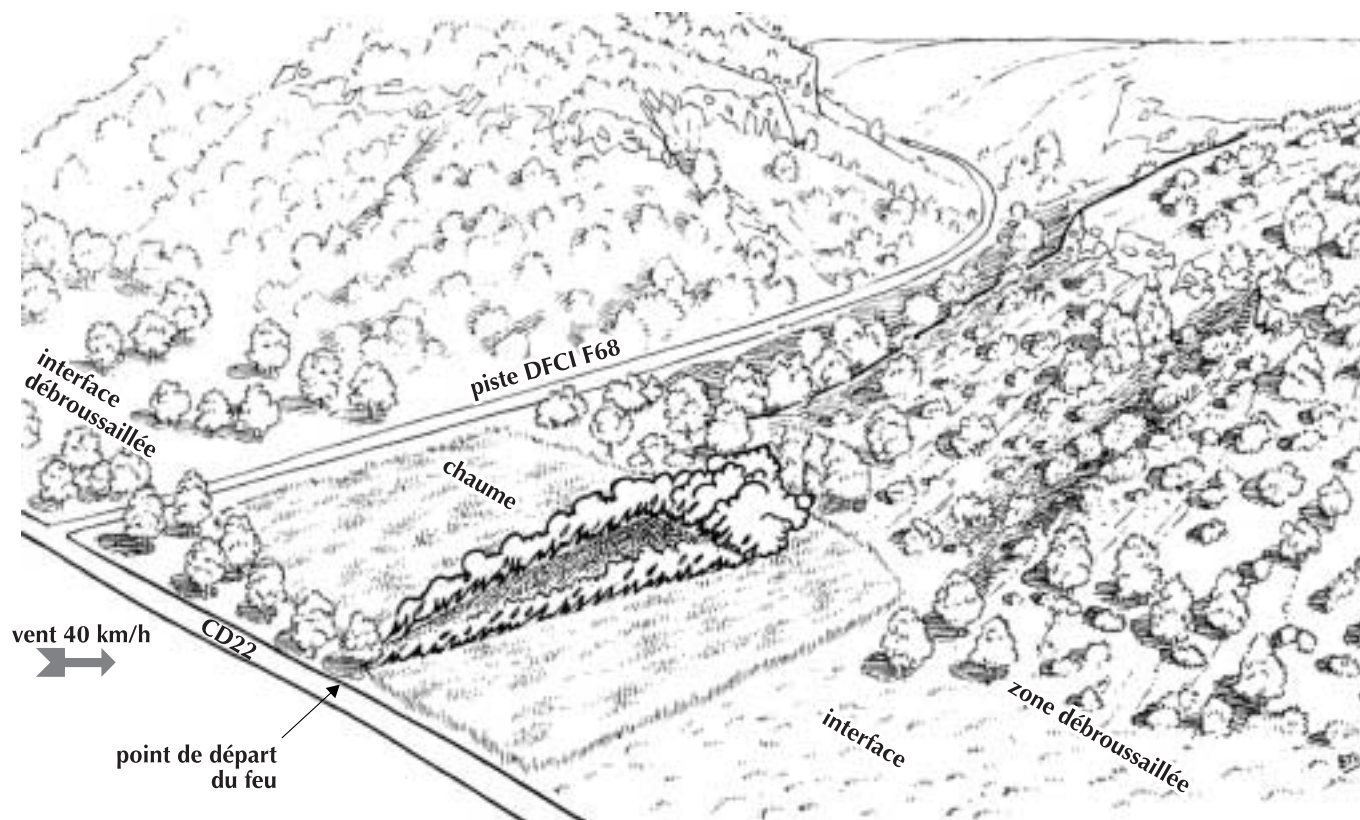
Vent : 40 km/h

Ajonc de Provence < 30 %

Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.20)	observées	calculées
Vitesse (m/h)	1500 <i>méthode n° 12</i>	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)		2 <i>méthode n° 7</i>
Puissance du front (kW/m)		1558 (classe 2)
Angle de la flamme (°)	45 à 60	
Hauteur de la flamme (m)	2,5	2,1
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	5 à 10	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)		8
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)		3

Figure 20 : L'incendie de Lambesc, août 1995

Attaque manquée d'un feu naissant en piémont



Discussion

Les Dangel pré-positionnés étaient-ils en mesure de traiter l'événement dans la zone poudrière (bordure de la départementale) ? Notre réponse doit faire la part des choses :

- oui, quant au niveau des moyens de lutte engagés en première intervention. Compte tenu du fait qu'il s'agissait d'un feu de classe 2 ;
- non, car le temps qui s'écoula entre la mise à feu et la première attaque est rédhibitoire dans ce type de combustible.

En effet, comme les fumées furent couchées par un vent de 40 km/h, elles durent parcourir 1 à 2 km avant de sortir par-dessus les crêtes et d'être identifiées par les vigies. Ce retard dans l'alerte (> 2 minu-

tes), ajouté au délai d'intervention des Dangel pré-positionnés non loin de là (3 à 4 minutes), laissa au feu un répit non négligeable (> 5 minutes). En sachant que dans ce type de combustibles (chaumes de céréales), le feu atteint sa vitesse de croisière (> 30 m/min) en moins d'une minute, à l'arrivée du premier Dangel, le front avait déjà parcouru plus de 150 mètres et s'apprêtait à sauter dans le maquis.

Recommandation

Outre le pré-positionnement des premiers groupes d'attaque, le déchaumage dès la moisson, et la nécessité de ceinturer les céréales par une bande de sol nu de 10 m (à mettre en rapport avec les caractéristiques du front de flamme) s'avèrent primordiaux.

3.4. Attaque de flanc, d'un feu puissant et rapide, poussé par un vent violent dans une garrigue basse âgée de 50 ans

Caractéristiques du front latéral : les flammes du front latéral sont rabattues sur le cœur de l'incendie du fait du phénomène d'aspiration de la tête de feu par la colonne de convection.

Météo : méthode n° 2	Teneur en eau : méthode n° 10
Température : 30 °C	Pin d'Alep < 45 %
Humidité relative : 20 %	Kermès < 30 %
Vent : 50 km/h	Ajonc de Provence < 30 %

Caractéristiques du front latéral

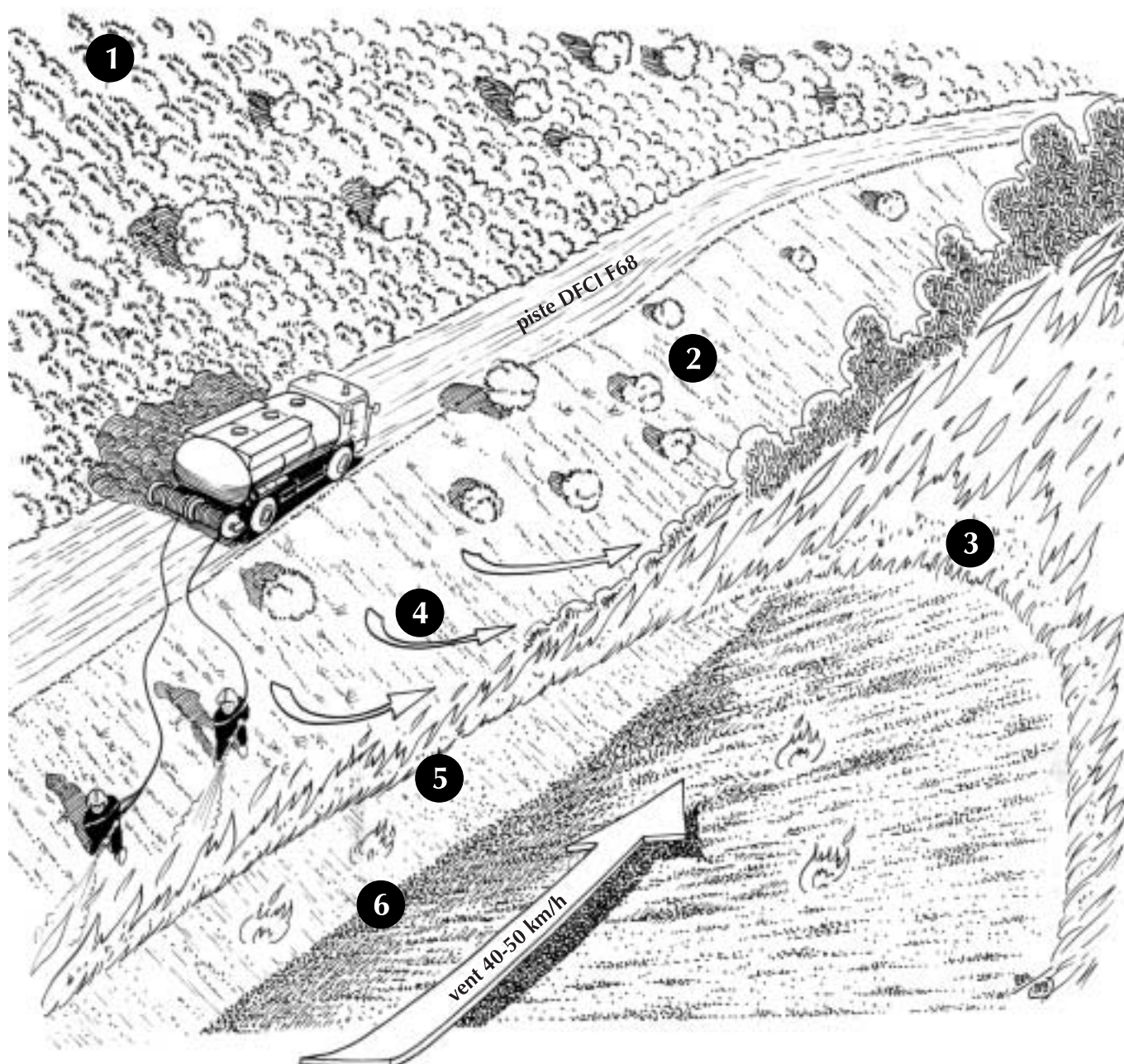
	observées	calculées
Vitesse de propagation du flanc du feu vers la piste DFCI (m/h)	quelques dizaines méthode n° 12	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)		< 1 méthode n° 7
Puissance du front (kW/m)		100
Angle de la flamme (°)	90	
Hauteur de la flamme (m)		0,4 à 0,6
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	très faibles	très faibles
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)	très faibles, du fait de l'aspiration	très faibles, du fait du contre-vent
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)	le feu s'arrête rapidement dans la zone brûlée	

Discussion

Le feu total, issu de la zone poudrière, suivit le talweg et redescendit au sol sous la chênaie débroussaillée et élaguée, buta alors littéralement sur la zone traitée à l'aval de la piste par brûlage dirigé l'hiver précédent.

Attention toutefois de bien rompre la discontinuité des touffes de brachypode rameux (passage de char-rue) et de veiller régulièrement à détruire le stock d'herbes séchées sur pied (traitement bi-annuel par brûlage dirigé).

Figure 21 : L'incendie de Lambesc, août 1995
Attaque de flanc d'un feu puissant et rapide



- 1 Matorral à chêne kermès de 50 ans
- 2 Zone traitée par élagage et brûlage dirigé l'hiver précédent
- 3 Têtes du feu se développement dans la garrigue basse de 50 ans

- 4 Vent du feu
- 5 Front latéral
- 6 Talweg

F. Pont de l'Oso (Corse du Sud)

Incendie Prométhée 1994 n°299 du 18/08/94 (cartes 9 et 10)

Ce cas d'étude comporte une analyse globale de l'incendie d'août 1994 traversant le massif de l'Ospedale et de deux analyses locales de segments d'une coupure de combustible stratégique, l'un récemment débroussaillé et l'autre non.

1. Présentation rapide du site et de l'incendie

L'extrême sud de l'île est le secteur soumis le plus régulièrement à des incendies de grande ampleur. L'objectif du PIDAF a donc été principalement de cloisonner l'ensemble de l'espace naturel par des coupures de combustible devant permettre l'intervention des services de lutte face à des fronts de flamme importants. L'implantation de ces coupures est donc raisonnée suivant des scénarios de feux élaborés en fonction des conditions topographiques, météorologiques et de végétation locale. Elles doivent permettre la mise en oeuvre de lignes d'arrêt sur des espaces définis et préparés à l'avance : Ligacif.

L'ouvrage du Pont de l'Oso fait partie de ce maillage. D'orientation générale est-ouest, il a été implanté presque perpendiculairement à l'axe principal de propagation des incendies sur ce secteur, de part et d'autre de la départementale 668.

L'incendie du 18 août 1994 est consécutif à une reprise du flanc gauche de l'incendie de l'Ospedale qui s'est déclaré le 12 août. Du fait de la configuration du terrain (relief accidenté, absence d'accès, grosse végétation, éboulis rocheux), de la grande longueur des lisières à traiter, et de l'existence simultanée d'autres incendies sur l'île, l'extinction complète des lisières n'avait pas pu être réalisée à temps.

Si, globalement, la Ligacif a bien joué le rôle de ralentisseur de la propagation de l'incendie, en l'absence des moyens de lutte, qui étaient par ailleurs massés en protection des habitations, elle fut franchie par un certain nombre de feux courants¹.

Cette expérience malheureuse conforte bien la réflexion en matière d'équipements de terrain : en milieu naturel, mité par l'urbanisation, l'application de la réglementation sur le débroussaillage est le corollaire indispensable à la création de LICAGIF. Seule « l'auto-protection » des habitats permettra de dégager les moyens suffisants pour intervenir à temps sur les coupures stratégiques et y stopper les feux courants. Toutefois, au regard de l'événement, l'analyse des faits confirme que ce type d'ouvrage offre de véritables possibilités d'intervention en

transformant des incendies puissants en feu courant au sol, sous réserve de disposer d'un nombre suffisant d'engins de lutte et d'avoir apporté quelques corrections en complément à la nature et aux modalités d'entretien de la LICAGIF.

2. Analyse et évaluation du fonctionnement global de la coupure lors de l'incendie du 18/08/94

1^{er} critère : le type d'incendie rencontré

Le lieu d'éclosion

Il s'agissait de deux reprises en bordure d'un grand incendie, l'une dans des zones inaccessibles et l'autre en plaine, donc dans une zone accessible et ce, en bordure de la coupure.

Le type de feu

Feu descendant la pente, poussé par un vent violent, tourbillonnant.

L'ambiance générale sur le département le jour de l'événement

Ambiance très tendue, nombreux départs de feu, manque cruel de moyens terrestres et aériens.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : la pertinence des hypothèses d'incendie par rapport aux réalités

Si le scénario d'incendie étudié fut conforme aux hypothèses proposées lors de la conception de la coupure, l'ambiance, ce jour-là, fut catastrophique (absence de moyens).

2^e critère : de l'alerte à la 1^{re} intervention

Le délai d'alerte

Si des fumerolles issues de reprises avaient bien été identifiées dès la veille dans la zone de montagne inaccessible, la reprise se déclara le jour de l'événement (16h30) en zone basse et en bordure de la coupure.

L'intervention des premiers éléments terrestres et aériens : rapidité de mise en oeuvre et qualité de l'idée de manœuvre

Compte tenu du relief, l'intervention des moyens aériens et des GA n'était pas envisageable pour traiter les fumerolles de la partie haute.

En revanche, en partie basse, des moyens furent engagés aussitôt (1 CFL). Mais une erreur d'appréciation leur fit manquer leur cible en traitant des fumerolles dans la zone précédemment incendiée.

¹ Langues de feu au sol

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : l'évaluation de la première action en termes d'efficacité

Faible.

Du fait de l'absence de moyens aériens pour coordonner et mieux cibler la lutte, la première action manqua sa cible.

Montée en puissance des moyens : la quantité et la qualité des moyens de lutte disponibles

La disponibilité des moyens en renfort terrestres et aériens

Nulle, voire négative car des moyens furent prélevés pour être envoyés en renfort au nord du secteur.

L'existence préalable d'un plan de bataille, ou d'une idée de manœuvre permettant de bien valoriser la coupure de combustible connue par tous

Le PIDAF avait fort bien fixé les modalités d'emploi de l'ouvrage.

La connaissance du terrain par les groupes d'attaque, accès, équipements, comportement du feu dans ce type de milieu, cette ambiance et avec cette aérologie

Les groupes d'attaque connaissaient parfaitement le terrain et leur mission.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : évaluation de la quantité et la qualité des moyens disponibles

Les moyens, gelés pour la protection des habitations (non-respect de l'obligation du débroussaillage), n'arrivèrent pas du tout (ou au plus, au compte-gouttes) sur l'ouvrage.

Les obstacles à l'engagement des moyens sur la coupure, ou l'état du terrain de lutte

Les accès : leur conception, localisation et entretien

Excellent.

Leur signalisation

Excellente.

Les délais de route en comparaison avec le temps d'arrivée du feu sur la coupure

Les faibles moyens encore disponibles étaient sur zone, mais pas sur la coupure.

La conception de la coupure : nature, orientation, localisation

- Adéquation entre le positionnement de la coupure et le front du feu, et avec la stratégie générale de la lutte : pour protéger les habitations, il fallut dégarnir les moyens disposés sur l'ouvrage.
- Dimensions et continuité de l'ouvrage, voire exis-

tence de points noirs : excellentes dans l'ensemble.

L'état général de la coupure (pour plus de détails, voir l'analyse des segments)

- Nature, répartition, charge de ligneux bas : très faible volume (décapage 2 ans auparavant).
- Nature, répartition, charge du combustible fin, litière et herbacées : toutefois, un débroussaillage malencontreux, réalisé deux mois auparavant, à la demande des représentants de la commune, et ce, malgré l'avis défavorable des services de lutte, forma au sol un lit continu de broyat fin sur plusieurs centaines de mètres de long, et permit de ce fait, le franchissement de l'ouvrage par des langues de feu courant au sol.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL

L'état du terrain était favorable à l'engagement des faibles moyens.

Évaluation de l'efficacité de la coupure

La réduction de l'emprise probable de l'incendie ou l'estimation de la surface épargnée du fait de l'usage de la coupure par les moyens de lutte

Au regard des incendies passés, qui arrivèrent toujours à la mer, la surface épargnée représenterait plus de 500 ha.

La coupure a-t-elle permis de ramener la lutte à un problème de traitement des feux petits et moyens, sur un terrain de manœuvre aménagé, et ce, en toute sécurité avec des moyens allégés ?

Oui, si l'on songe qu'un groupe de pionniers armé de 400 litres d'eau, de seaux-pompes et de battes, réussit à bloquer le front, arrivant perpendiculairement à la coupure sur une longueur de plus de 100 m.

Ainsi, malgré l'échec de la lutte, privée de moyens, ce type d'ouvrage (avec une largeur de 100 m) offre de véritables possibilités d'intervention face à des incendies de grande ampleur. La réduction de la masse de combustible entraîne une diminution très importante de la puissance de l'incendie. Ainsi, le nombre d'engins nécessaires à la mise en œuvre d'une ligne d'arrêt peut être notablement réduit. Pour les 500 mètres de front de feu à combattre, nous avons estimé à 5 le nombre d'engins, qui auraient été nécessaires pour contenir ce feu au niveau de la Licagif, soit un engin pour 80 à 100 mètres de front (pour mémoire : l'école de Valabre préconise la mise en œuvre de 4 engins de lutte pour 100 m de front).

Enseignements généraux

Appréciation de la banalité ou du caractère exceptionnel de l'événement et des situations rencontrées lors de l'événement

En raison du non-respect de la réglementation de débroussaillage, obligatoire aux abords des habitations, les moyens furent avant tout gelés sur celles-ci, et par conséquent, non employés à circonscrire l'incendie. Mais est-ce une situation exceptionnelle ?

Enseignements généraux

L'absence de moyens sur l'ouvrage, massés en

protection des habitations, confirme qu'en milieu naturel mité par l'urbanisation, l'application de la réglementation sur le débroussaillage est le corollaire indispensable de la préparation du terrain à la lutte.

Si la lutte sur ce type d'équipements de terrain implique l'emploi de moyens en eau relativement faibles, mais mobiles pour attaquer à la fois le feu courant sur l'ouvrage et les sautes aux abords de la Licagif dans les zones non débroussaillées, encore faut-il qu'ils soient bien coordonnés et bien employés, grâce à la présence sur place d'un avion bombardier d'eau !

3. Analyse locale de deux segments retenus pour l'incendie du 18/08/1994

⑧ Feu d'été moyen, descendant la pente ou à plat, poussé par un vent modéré, traversant une cistaie âgée de 2 à 3 ans et débroussaillée deux mois auparavant. Licagif de la D668.

⑨ Feu d'été moyen, descendant la pente ou à plat, poussé par un vent modéré, arrêté par une cistaie âgée de 2 à 3 ans, non débroussaillée. Licagif de la D668.

3.1. Coupe transversale (fig.22)

3.2. Le front en amont de la coupure

Météo : méthode n° 2

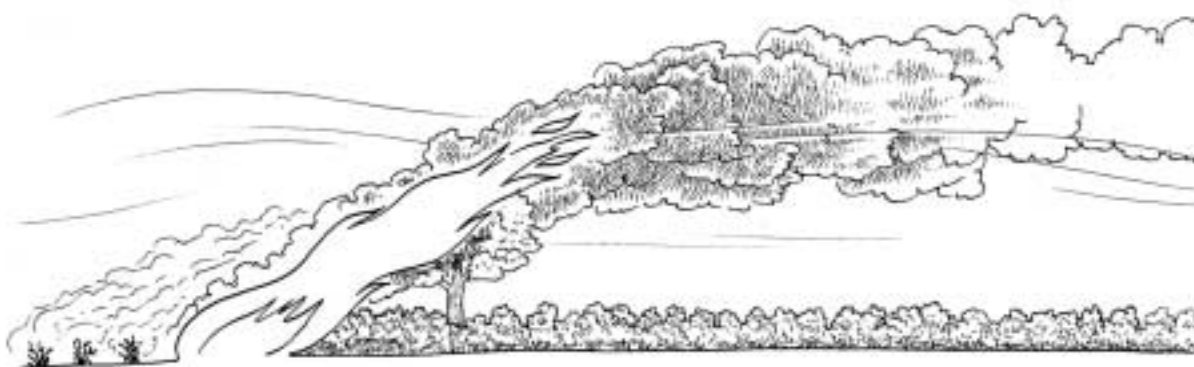
Température de l'air : élevée

Humidité relative de l'air : faible à très faible

Vent : 50 à 80 km/h

Figure 23 : L'incendie du Pont de l'Oso, août 1994

Le front en amont de la coupure



Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.23)

Vitesse (méthode n° 12) (m/h)

observées

1500

calculées

Masse de combustible brûlée (t MS/ha)

Ciste de Montpellier
(95 % de recouvrement)
+ brachypode rameux
(15 % de recouvrement)

25 offertes
15 consommées
méthodes n° 4 et 7

Puissance du front (kW/m)

12 623 (classe 6)

Angle de la flamme (°)

30 à 45

Hauteur de la flamme (m)

5 à 8

> 4

Distance horizontale couverte par les flammes (m)

4

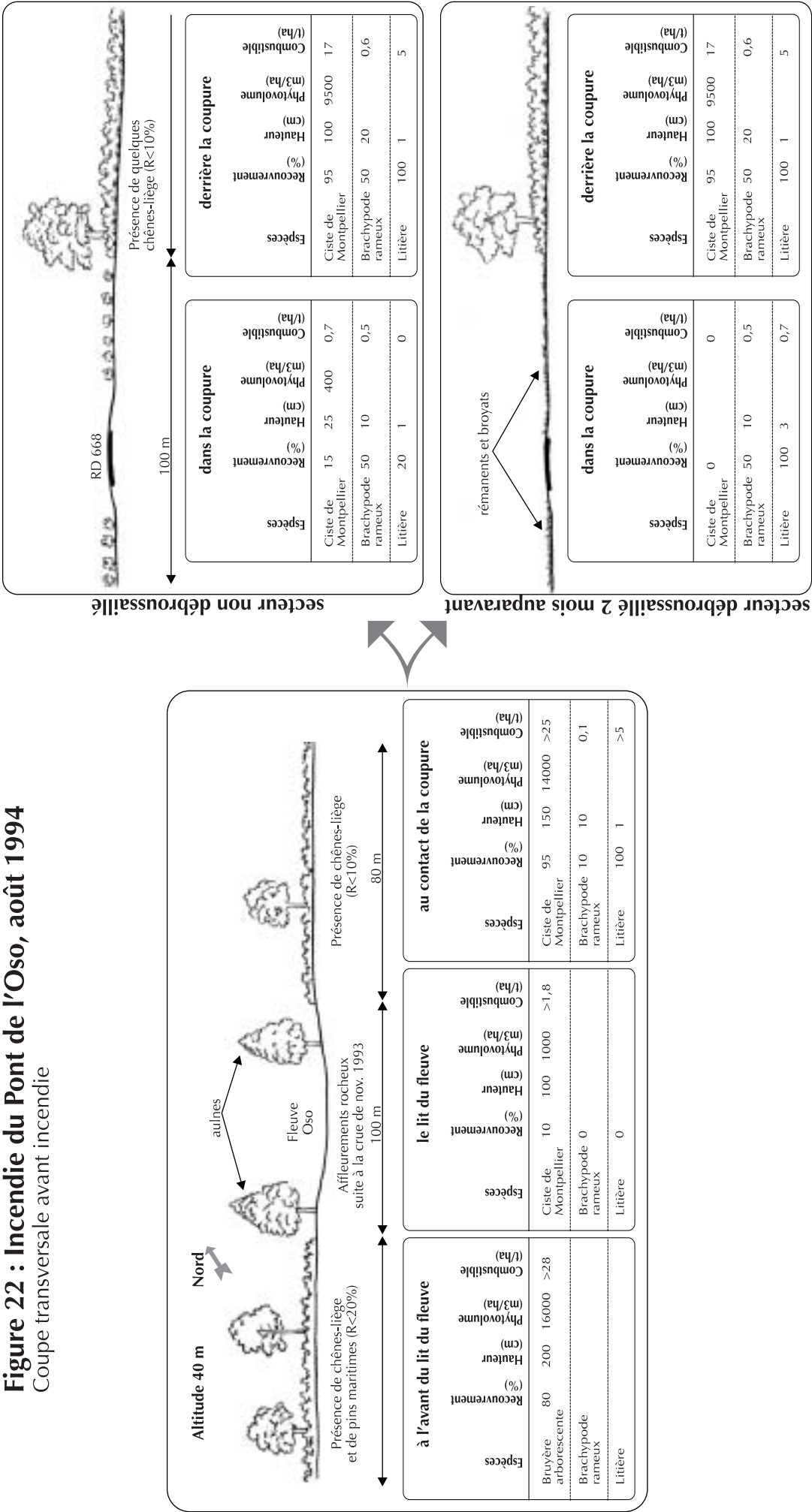
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)

12

Distance d'embrasement des ligneux bas
ou herbacées, par rayonnement (m)

5

Figure 22 : Incendie du Pont de l'Oso, août 1994
Coupe transversale avant incendie



3.3. Licagif de la D668. Exemple d'un feu d'été moyen, descendant la pente ou à plat, poussé par un vent modéré, dans une cistaie âgée de 2 à 3 ans et débroussaillée deux mois auparavant

Météo : méthode n° 2

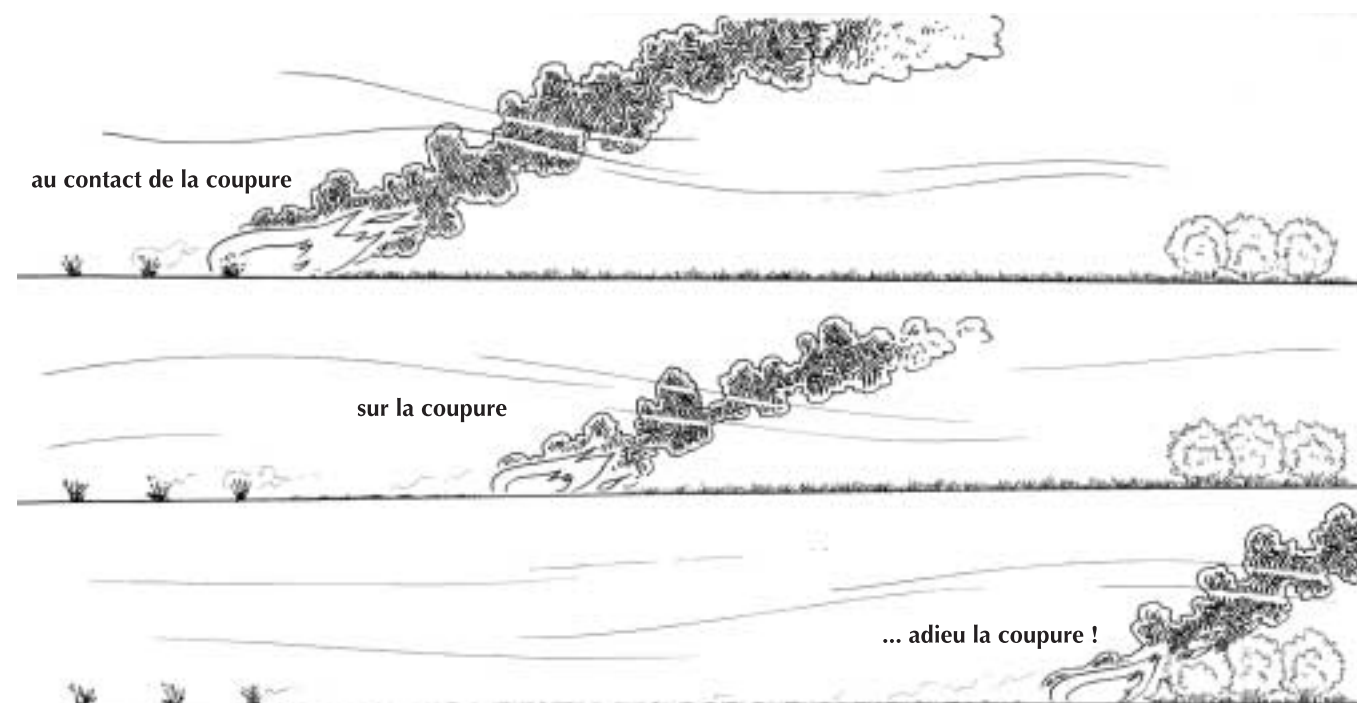
Température : 30°C

Humidité relative de l'air < 20 %

Vent : 50 à 80 km/h

Figure 24 : L'incendie du Pont de l'Oso, août 1994

Le rôle actif de la litière dans la zone débroussaillée



Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.24)	observées	calculées
Vitesse (méthode n° 12) (m/h)	< 1000	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)	litière de cistes broyés deux mois auparavant + brachypode rameux séché sur pied	1 avec une répartition homogène
Puissance du front (kW/m)	en bordure = 1200 (classe 2) au cœur = 600 (classe 2)	
Angle de la flamme (°)	30 à 45	
Hauteur de la flamme (m)	en bordure = 1 au cœur = 0,50	
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	< 1	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)	1	2
Distance d'embrasement des ligneux bas ou herbacées, par rayonnement (m)	0,50 à 1	1 à 2

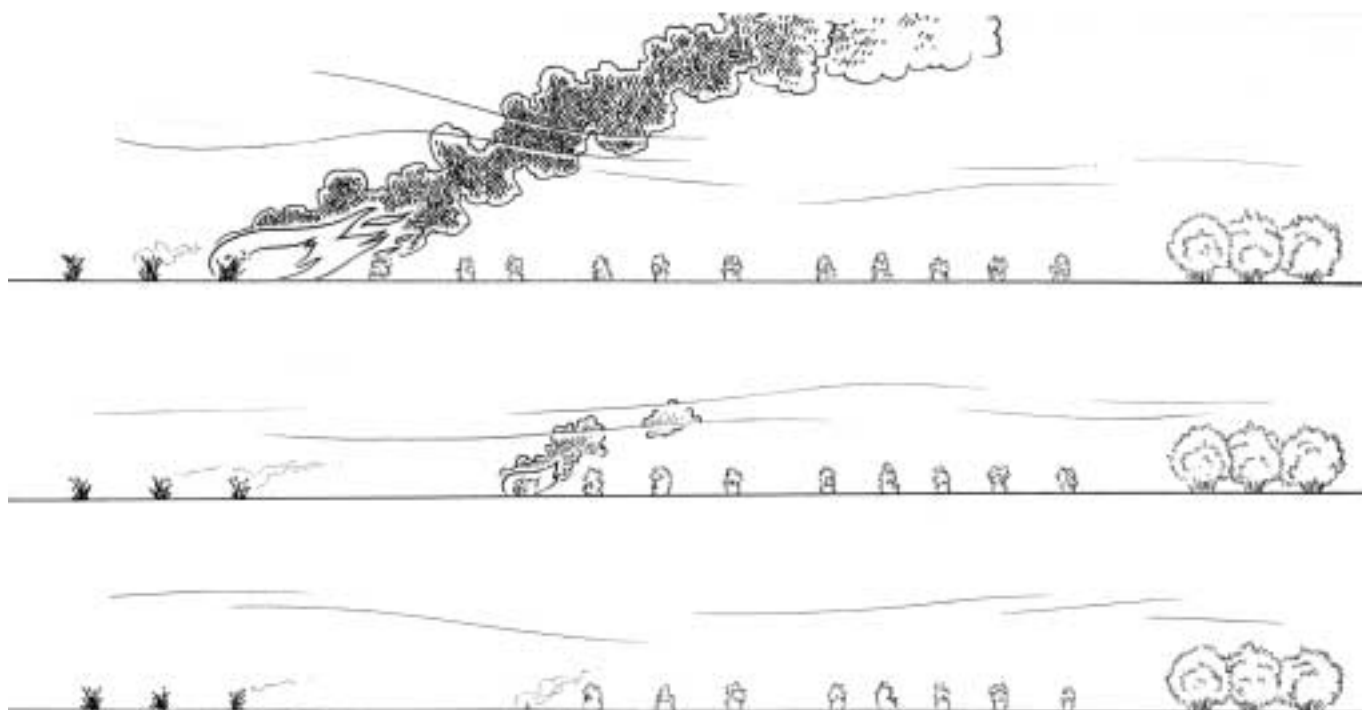
Discussion

Les chiffres obtenus par calcul sont proches des observations des personnels de lutte engagés sur la coupure. En effet, sur le secteur débroussaillé, un groupe de pionniers armés de 400 litres d'eau, de seaux-pompes et de battes, réussit à maîtriser et éteindre le front sur une longueur de 100 m.

3.4. Licagif de la D668. Exemple d'un feu d'été moyen, descendant la pente ou à plat, poussé par un vent modéré, dans une cistaie âgée de 2 à 3 ans, non débroussaillée

Figure 25 : L'incendie du Pont de l'Oso, août 1994

Le fonctionnement passif de la coupure dans la zone non débroussaillée



Caractéristiques du front de flamme sur la coupure (fig.25)	observées	calculées
Vitesse (méthode n° 12) (m/h)	le feu meurt sur la coupure	
Masse de combustible brûlée (t MS/ha)	quelques plages de brachypode et des touffes de ciste de Montpellier	< 0,1, très discontinue <i>méthodes 2 et 4</i>
Puissance du front (kW/m)	800 à 0	
Angle de la flamme (°)	45 à 0	
Hauteur de la flamme (m)	1 à 0	
Distance horizontale couverte par les flammes (m)	0,5 à 0	
Distance rayonnement dangereux pour l'homme (m)		
Distance d'embrasement des ligneux bas		au cœur, le combustible trop discontinu ne s'embrase plus

3.5. Enseignements tirés de l'analyse des segments de la coupure

Sous la pression des élus, la cistaie (< 30 m de haut) fut débroussaillée et transformée en broyats fins équitablement répartis sur la surface de la coupure. Ajoutée au brachypode, la litière ainsi obtenue représenta un bon vecteur pour permettre aux têtes de l'incendie de traverser la coupure par l'intermédiaire de langues de feu courant au sol. Feu courant toutefois aisément maîtrisable par des moyens légers, malheureusement non disponibles.

A contrario, dans la zone non débroussaillée, la discontinuité de la litière ne permit pas aux langues de feu de franchir la coupure. La coupure fonctionna donc sur ce secteur de manière totalement passive.

Si la charge du combustible fin au sol de l'ordre de 1 t MS/ha semble être ici un seuil (dans ces conditions de topographie et d'aérologie, sa répartition (hétérogène) semble avoir été le facteur déterminant dans l'arrêt du feu courant).

Synthèse et conclusion

Synthèse et conclusion

Si, à partir de ces « retours d'expérience », il est vain et prétentieux de vouloir tirer des enseignements d'ordre général, leur étude nous a permis d'atteindre l'objectif initialement défini : mettre au point et valider une méthode de collecte et d'analyse d'informations issues de coupures de combustibles ayant connu « l'épreuve du feu ».

Deux niveaux d'analyse du fonctionnement d'une coupure se sont imposés petit à petit : le niveau global ou l'étude d'ensemble du comportement de l'incendie et de l'emploi du dispositif du terrain, et le niveau local, qui permet d'appréhender les problèmes rencontrés par les moyens de lutte sur un segment homogène de la coupure.

Conséquence pratique pour les gestionnaires : des grilles de collecte de données et d'analyse des résultats sont maintenant disponibles pour une évaluation standardisée du comportement des incendies, au contact de coupures de combustible, prenant en compte les actions de lutte mises en œuvre.

En plus de ce premier acquis, un certain nombre de résultats ont été engrangés, et des pistes de réflexion ont été dessinées. Ces premiers résultats devront être enrichis et complétés par l'analyse de nouveaux cas d'étude autant qu'il s'en présentera. D'ores et déjà, nous avons vu remonter, par-dessus la fumée, des éléments, pour certains déjà connus par les services de lutte, mais qui à terme, grâce à la multiplication des « retours d'expériences », devraient s'agréger pour constituer des enseignements généraux susceptibles de corriger ou d'influer sur les principes de base qui président actuellement à la conception des coupures de combustibles et à leur entretien.

Au niveau global, parmi les facteurs qui assurent le succès de la lutte sur l'ensemble de la coupure, sont apparus successivement :

- La qualité de la coupure : localisation, dimensions, niveau d'entretien, restent le gage de son emploi par les moyens qui s'y déploieront ainsi rapidement et en toute sécurité (6 cas sur 6).
- La nécessité de disposer rapidement d'une forte concentration de moyens adaptés à la configuration de la coupure (5 cas sur 6), qui souligne, s'il était nécessaire, que la coupure de combustible est avant tout une zone d'appui à la lutte.
- L'indispensable bonne connaissance des lieux et du comportement du feu par des groupes d'attaque, aguerris et ayant une idée de manœuvre claire et précise (4 cas sur 6).
- La grande synergie entre les moyens terrestres et

aériens pour contrer les fronts puissants poussés par des vents violents (2 cas sur 6).

A contrario, parmi les causes d'échec, sont apparus par ordre chronologique dans les plans de lutte :

- Le retard dans le déclenchement de l'alerte, soit par incivisme (Olette), soit du fait du vent violent qui cachait les fumées aux vigies (Lambesc, Fleury).
- Les difficultés d'accès aux zones d'éclosion du feu (Olette, Fleury, Pont de l'Oso). Ces facteurs aggravent *ipso facto* les délais de première intervention.
- L'accumulation des herbacées dans les zones d'éclosion du feu qui accentue alors l'effet poudrière (Olette, Lambesc).

Mais si les trois points précédents concernaient essentiellement l'attaque initiale en phase « d'éclosion de l'incendie », pour la phase suivante dite de « croisière » du front, nous avons d'ores et déjà identifié quelques causes objectives d'échec :

- La discontinuité des ouvrages du fait des difficultés de la maîtrise foncière (Lambesc), de la pression paysagère ou cynégétique (Nohèdes) ou d'une mauvaise appréciation de l'aérodynamisme là où cette rupture dans le dispositif peut alors devenir rédhibitoire.
- L'existence de poches de combustible fin qui s'embrasent sous la pluie de brandons ou d'escarbilles et favorisent ainsi le passage du feu par-dessus le dispositif de lutte : fougères à Nohèdes, tas de sarments à Fleury, chemins creux ou fossés à Nohèdes et Fleury.

Et, in fine, nous signalerons le cas déjà connu où les moyens massés autour des maisons, sur des abords non débroussaillés, font alors cruellement défaut sur la coupure.

Le niveau local est déjà riche d'enseignements en matière d'entretien des ouvrages, sujet au cœur de la réflexion et des recherches du Réseau Coupures de combustible :

- L'optimisme excessif des seuils de phytovolume actuellement admis pour juger de la qualité d'entretien de la coupure de combustible. Il n'y a pas un seuil, mais des seuils adaptés non seulement à la nature et à l'importance de la végétation présente sur et de part et d'autre de la coupure, mais également aux stratégies de lutte engagées face à l'angle d'incidence de l'événement sur la coupure. Ainsi, dans l'exemple de Nohèdes, 500 m³/ha fut

un seuil d'embroussaillage à ne pas dépasser sur une attaque frontale, par vent modéré.

- L'importance à attacher au « rendu » de la technique d'entretien employée, et particulièrement au niveau de la litière et des herbacées. Ainsi, si le brûlage dirigé a clairement démontré son intérêt pour assurer une réduction drastique du combustible fin au sol (Nohèdes, Lambesc), a contrario, les effets pervers de broyage tardif au printemps sont maintenant patents (Pont de l'Oso).
- En l'absence de moyens et avec une configuration du front de flamme favorable, le feu courant au sol n'est bloqué que sur une coupure de combustible de propreté extrême (Lambesc, Pont de l'Oso). Sur ces coupures, la charge de combustible fin au sol doit donc être faible ($< 1 \text{ t MS/ha}$) et discontinue, sinon des travaux complémentaires, en début de période sensible, sont impératifs pour confectionner des bandes de sol nu de faible largeur.
- En règle générale, on ne peut que s'interroger sur la possibilité de fonctionnement passif d'une coupure. Ne vaudrait-il pas mieux parler du fonctionnement exceptionnellement passif de certains segments de la coupure ?

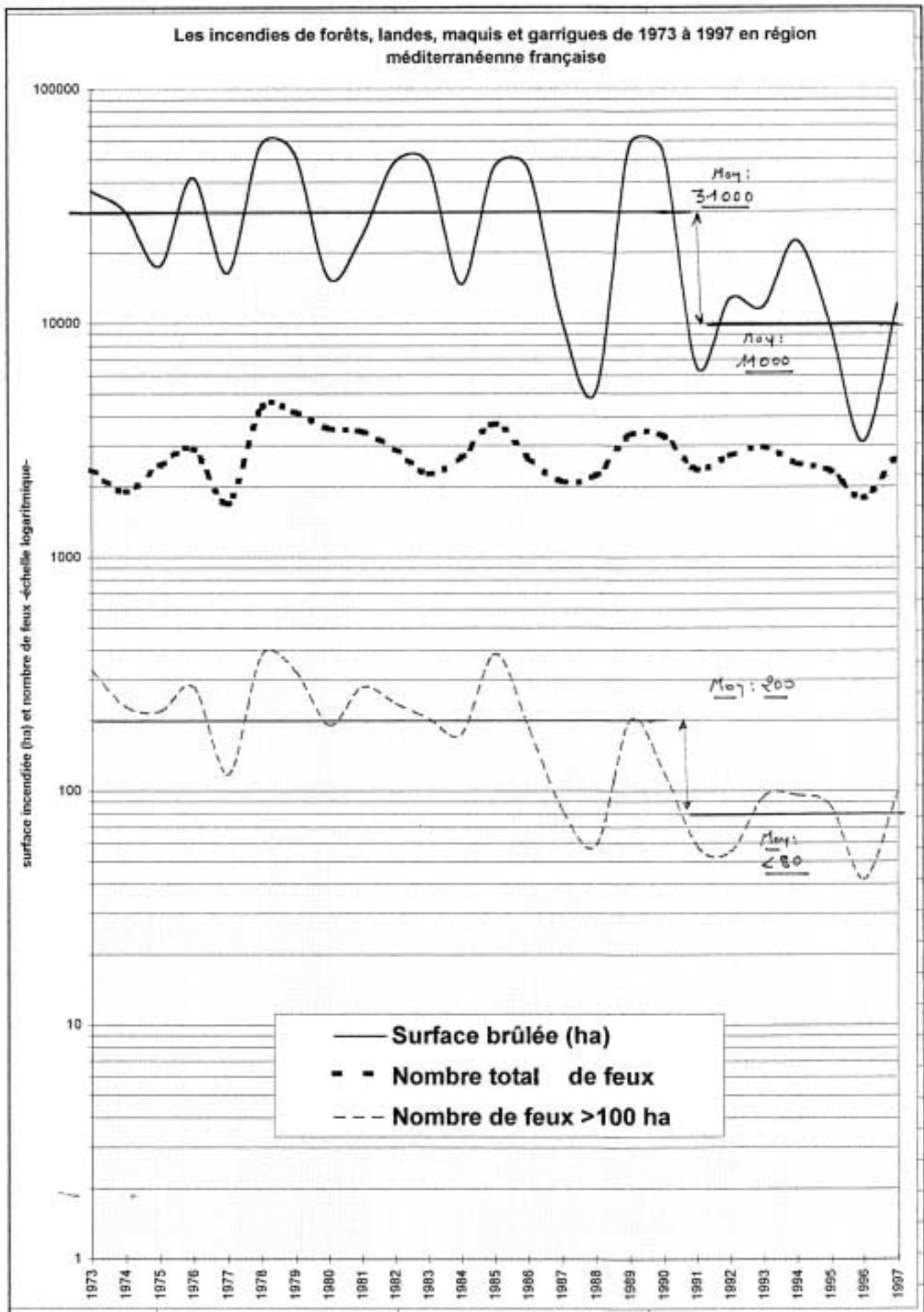
Des paragraphes précédents, il ressort clairement qu'une authentique politique de création de coupures de combustible ne peut faire l'impasse de véritables suivis-évaluations des ouvrages soumis à l'épreuve du feu.

Il faut donc continuer d'urgence à engager les « retours d'expérience », en généralisant les suivis-évaluations de cas concrets, grâce aux remontées d'information assurées par des observateurs bien formés, disponibles, et à l'écart des opérations de lutte en cours. À cette fin, deux actions complémentaires restent maintenant à développer :

- la généralisation systématique des débriefings inter-professionnels après les opérations de lutte sur les coupures ;
 - la reconnaissance de cette grille de collecte de données des retours d'expériences par les structures ad hoc (CEREN, groupe scientifique de l'Entente) et son intégration dans les formations dispensées par l'École de Valabre (certificat et brevet feux de forêts, BEPIFEN).
-

Annexes

Annexe 1



Annexe 2

Tableau 5 : Pyrénées-Orientales. Localisation des grands incendies (> 100 ha) depuis 1992

Communes	Date	N° incendie (Prométhée)	Surface	Existence d'une coupure de combustible	Analyse possible
Nohères	21/02/93	8	100	oui	oui
Cassagnes	24/08/94	86	200	non	non
Cerbère *	26/08/94	94	150	non, pas d'aménagement	non
Bouleternère (Boule d'Amont)	01/03/95	10	200	non, pas d'aménagement, site classé, feu en crête, Roques rouges	non, répétition du feu de 1979
Ille-sur-Têt (Site des Orgues)	01/04/95	26	300	non, mais en cours d'aménagement depuis	non, répétition du feu de l'été 1983
Montner Col de la Dona Força Real	21/05/95	40	450	non aménagé (sauf autour de la tour de guet, aménagement en cours depuis)	non
Cassagnes (Belesta)	24/06/95	42	140	non. Aménagé depuis en coupure de combustible + élevage, site de Belesta	non
Cerbère * au bord du village, à partir des vignes	25/08/95	73	170	non, projet depuis (élevage + viticulture)	oui (par le SIME)
Port-Vendres * à côté du tunnel axe rapide	30/07/96	22	100	oui, vignes autour	non
Bouleternère à partir de la bergerie communale désaffectée	19/03/97	48	120	non aménagé	non, répétition du feu de 1968

* Site particulier : bas de versant, vent tournant, forte fréquentation, voie ferrée (mise à feu fréquente par le train), voie rapide (mise à feu fréquente par les automobilistes)

Tableau 6 : Var. Localisation des grands incendies (> 100 ha) depuis 1992

Communes	Date	N° incendie (Prométhée)	Surface	Existence d'une coupure de combustible	Analyse possible
Draguignan - Figanières	06/08/93	244	625	oui, avec suivi de plusieurs années	oui, DDAF, SDIS, CERPAM ... à reconstituer
Puget	26/08/94	252	125	non	non
Le Castellet	28/07/95	189	280	non	non
Camps-de-la-Source	19/07/97	205	120	partiellement, en crête	analyse du feu possible (DDAF)

Annexe n° 3 : Le calcul de la puissance du front par la formule de Byram (1959). Discussion sur la chaleur de combustion

$$P \text{ en kW/m} = Hc \times R \times W$$

W = charge du combustible consommé à l'état sec en kg/m²

R = vitesse du front en m/s ou vitesse de propagation

Hc = chaleur de combustion du combustible en kJ/kg

$$Hc = PCS - (1262 + 24 \times H)$$

H = nombre de points d'humidité absolue (ou teneur en eau rapportée au poids sec)

PCS = pouvoir calorifique supérieur (kJ/kg)

Le pouvoir calorifique supérieur (Doat & Valette, 1981)

« Le pouvoir calorifique d'un corps est la quantité totale de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de poids de ce corps. Il est dit «supérieur» lorsque la combustion est effectuée à volume constant et que l'eau formée au cours de la combustion est condensée. Il est dit «inférieur» lorsque la combustion est effectuée à pression constante (la plupart du temps à la pression atmosphérique) et qu'ainsi l'eau se vaporise librement. Les combustibles sont habituellement caractérisés par leurs PCS. »

« En 1969, W.A. Hough publie une étude portant sur toute une série d'espèces forestières du Sud et de l'Est des USA. Il propose une classification des combustibles forestiers en quatre catégories :

PCS inférieure à 16,7 kJ/g ;

PCS compris entre 16,7 et 18,8 kJ/g ;

PCS compris entre 18,8 et 20,9 kJ/g ;

PCS supérieur à 20,9 kJ/g. »

Les variations des PCS sont influencées par les stades phénologiques. Toutefois, l'amplitude de ces variations reste comprise entre 5 et 10 % des différentes moyennes arithmétiques.

Les espèces méditerranéennes ont un PCS supérieur ou égal à ceux des espèces des régions plus tempérées (tabl.7) :

- le PCS de l'ajonc épineux ou de l'arbousier (20,2 à 21,2 kJ/g) est comparable à celui de la lavande ou du pistachier lentisque donné par Heim ;
- quant aux chênes, leurs PCS sont très voisins aussi bien des valeurs trouvées par Heim que de celles fournies par Hough & Albin pour les chênes du Sud et de l'Est des USA (19,0 à 20,8 kJ/g) ;
- le PCS de la bruyère arborescente est remarquablement élevé (23,4 à 25 kJ/g). Il est supérieur aux valeurs trouvées tant par Hough & Albin que par Heim. Il est même supérieur aux PCS d'espèces signalées par Larcher et al. comme très énergétiques.

Tableau 7 : Pouvoir calorifique supérieur des espèces méditerranéennes en MJ/kg de matière sèche (Alexandrian & Bingelli, 1984)

PCS	ensemble des parties aériennes	pousses feuillées	feuilles lignifiées	tiges	inflorescences
minimum	18,7	18,7	18,8	17,9	19,9
maximum	21,5	22,9	25,0	21,5	22,7
moyenne ⁽¹⁾	20,1	20,4	21,0	19,4	20,4
Équivalence en kcal/kg	4800	4890	5020	4640	4880

⁽¹⁾ ajonc épineux, arbousier, aubépine monogyne, bruyère arborescente, chêne Kermès, chêne vert, chèvrefeuille des Baléares, chèvrefeuille étrusque, ciste de Montpellier, clématite brûlante, érable de Montpellier, filaria à feuilles étroites, fragon petit-houx, genévrier oxycèdre, lavande stœchade, pin d'Alep, pistachier lentisque, pistachier térébinthe, prunellier, romarin, salsepareille. D'après les travaux de Heim (1974), et de Doat & Valette (1981).

L'évaporation de l'eau de la réaction chimique

Cette évaporation consomme une partie du pouvoir calorifique. La réduction est de l'ordre de 1 263 kJ/kg (Byram, 1959).

L'évaporation de l'eau contenue dans le végétal

Elle participe également à une réduction du pouvoir calorifique. Elle est de l'ordre de 24 kJ/kg par

point d'humidité absolue du combustible.

Dans les cas qui nous intéressent, l'humidité absolue varie entre 30 et 150 % pour les végétaux vivants. Cela peut descendre en dessous de 50 % pour les végétaux morts, la litière et les herbacées.

Toutefois, les mesures effectuées par Grossiord & Moro (1997) démontrent qu'en période estivale, à haut risque, cette teneur est de l'ordre de 35 à 60 %

Tableau 8 : Proposition ou estimation du Hc pour les événements étudiés

Incendie	Période	Végétation (1)	PCS	Humidité absolue du combustible	Hc proposé pour les événements étudiés
Nohèdes	février	Cp	21 000	$\geq 60 \%$	$21\,000 - (1263 + 60 \times 24) \approx 18\,300$
Nohèdes	septembre	Cp	20 600	$> 80 \%$	$20\,600 - (1263 + 60 \times 24) \approx 17\,400$
Fleury	septembre	CV et Ck	20 800	$\leq 40 \%$	$20\,800 - (1263 + 40 \times 24) \approx 18\,600$
Lambesc	août	CV et Ck	20 800	$\leq 40 \%$	$20\,800 - (1263 + 40 \times 24) \approx 18\,600$
Pont de l'Oso	août	Ea et Xm	25 000	$\leq 40 \%$	$25\,000 - (1263 + 40 \times 24) \approx 23\,000$

(1) Cp genêt purgatif ; CV chêne vert ; Ck chêne-kermès ; Ea bruyère arborescente ; Xm ciste de Montpellier

pour les végétaux qui nous intéressent ici, soit une réduction de l'ordre de 800 à 3 000 kJ/kg pour les végétaux vivants et de l'ordre de 120 à 500 kJ/kg pour les végétaux morts.

La moyenne (environ 19 200) est peu éloignée de celle classiquement proposée (18 700) (tabl.8). La simplification de la formule proposée par Alexander (1982), Valette (1988), Wagner (1973), Albin (1976), reste valable dans les cas qui nous intéressent ici : $P = 18\,700 R \times W$.

En conclusion, la formule simplifiée de la puissance du front sera :

$$P = 18.700 R \times W$$

Glossaire

BEPFEN	Brevet de prévention contre les incendies de forêt et des espaces naturels
BRAM	Bulletin régional d'alerte météorologique
CCFM	Camion citerne feux de forêt moyen
CEREN	Centre d'étude et de recherche de l'entente
CFL	Camion citerne feux de forêt lourd
CFM	Conservatoire de la forêt méditerranéenne
CIRCOSC	Centre inter-régional de coordination des opérations de sécurité civile
CODIS	Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours
COS	Centre opérationnel de secours
CRÊTE MILITAIRE	Emplacement sur la crête duquel on peut voir le fond de la vallée
DANGEL	Ces véhicules communément appelés " Dangel " (les premiers étaient des 504 Peugeot équipés du système 4x4 de marque Dangel) sont servis par un équipage mixte : un ouvrier forestier de l'ONF (ouvrier sylviculteur ou harki) et un sapeur-pompier. Le Dangel obéit à un règlement très strict et précis mis au point par la DDAF, l'ONF et le SDIS. Sa couleur jaune l'identifie comme véhicule de prévention et facilite son rôle de sensibilisation auprès du public. Il complète l'action de surveillance du " patrouilleur vert ". Sur un départ de feu, il intervient après en avoir averti le CODIS et sous la responsabilité de ce dernier, puis quitte la zone dès l'arrivée des pompiers.
DDAF	Direction départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DDSIS	Direction départementale des services d'incendie et de secours
DERF	Direction de l'Espace rural et de la Forêt (ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation)
DFCI	Défense des forêts contre les incendies
ENTENTE	Entente interdépartementale pour la protection de la forêt contre les incendies (regroupe 15 départements de la zone de défense Sud)
FORSAP	Forestier sapeur
GA	Groupe d'attaque
HBE	Hélicoptère bombardier d'eau
HORST	Structure tectonique formée de terrains soulevés entre des failles parallèles entre elles (contraire : graben)
IGN	Institut géographique national
LICAGIF	Ligne de combat aménagée pour la lutte contre les grands incendies de forêt
PAFI	Plan d'aménagement des forêts contre les incendies
PIDAF	Plan intercommunal d'aménagement forestier
PIONNIER	Véhicule 4x4 de 3 à 5 tonnes, porteur de 600 litres d'eau, servi par deux hommes, et transportant le petit matériel de lutte et d'intervention (tuyaux, tronçonneuse, râteau-rich, etc.) de chaque section ou groupe d'attaque des Unités d'intervention et d'instruction de la Sécurité civile (UISC). Chaque section comprend 30 hommes et 3 CCF, 1 CCI, 2 VLTT et 1 pionnier.
RÂTEAU-RICH	Râteau forestier adapté à la constitution de lignes de sécurité
RCC	Réseau coupure de combustible
RÉMANENT	Vestige ligneux laissé sur le terrain après une opération forestière (branches, résidus de travaux mécaniques, charpentes non brûlées après brûlage dirigé, andains après un dessouchage, végétation sèche après traitement chimique...)

RTM	Restauration des terrains de montagne
SDAFI	Schéma départemental d'aménagement des forêts contre les incendies
SIG	Système d'information géographique
SOULANE	Versant sud (= adret)
THERMIQUE	(vent thermique) Vent de pente créé par la différence de température entre l'amont et l'aval d'un versant ensoleillé
TRAKER	Avion bombardier d'eau ; capacité 3,5 t ; un pilote ; il largue eau et retardant ; objectif : la lutte
UISC	Unité d'intervention de la sécurité civile
VLTT	Véhicule léger tout terrain
ZONE D'ANCRAGE	Plaines agricoles, pôles urbains, plans d'eau ... zones a priori non combustibles

Références

- Albini F.A. (1976). *Estimating wildfire behavior and effects*. USDA Forest Service Gen. Tech. Report INT-30. 92 p.
- Alexander M.E. (1982). « Calculating and interpreting forest fire intensities ». *Can. J. Bot.* 60:349-357.
- Alexandrian D., Binggeli F. (1984). *L'écologie prend le maquis. Forêt, biomasse, énergie, compost*. Edisud, Aix-en-Provence (FRA), 219 p.
- Butler B.W. (1997). « Safety zones and fire shelters: some observations from forest service research ». *Wildfire* 36:36-40.
- Byram G.M. (1959). « Combustion of forest fuels ». *Forest Fire: Control and use*. Mac Graw Hill Book, New-York:61-89.
- Casteignau D. (1995). *Des équipements de terrain à l'épreuve du feu. Feu de Fleury d'Aude, 8 septembre 1995*. Chambre d'Agriculture de l'Aude, 20 p.
- Cellule technique pour le réaménagement du périmètre incendié des Cévennes, sous-préfecture d'Alès (1986). *Reconstitution en Cévennes d'un massif forestier vivant : intégrer les activités pour un espace diversifié*. 41 p.
- Cemagref (1989). *Guide technique du forestier méditerranéen français, tome 4 : protection des forêts contre l'Incendie*. Cemagref Aix-en-Provence, 40 p.
- Cemagref (1993). *Les grandes coupures*. Informations DFCI, Bulletin de la documentation forêt méditerranéenne et incendie n°19, 8 p.
- Cheney N.P. (1981). « Fire behaviour ». *Fire & Australian Biota*. Aust. Acad. Sci., Canberra.
- Cochelin Y. (1992). *DFCI en zone méditerranéenne. Intérêt et faisabilité d'un compartimentage des massifs forestiers par des coupures stratégiques*. Direction de l'Espace rural et de la Forêt, 94 p. + ann.
- Costa M. (1995). *Une Ligacif à l'épreuve du feu en Corse du Sud*. DDAF 2A-FORSAP 2A-DDSIS 2A, 15 p.
- Doat J., Valette J.C. (1981). « Le pouvoir calorifique supérieur d'espèces méditerranéennes ». *Annales des Sciences Forestières* 38(4):469-486.
- Étienne M. (1996). *Recueil des méthodes de suivi du Réseau de coupures de combustible*. Réseau Coupures de Combustible. 12 p. + ann.
- Grossiord R. Moro C. (1997). *Teneur en eau de combustibles forestiers méditerranéens. Bilan des campagnes 1996 et 1997*. INRA-PIF Avignon.
- Guiton J.L. (1995). *Une structure composite à l'épreuve du feu. Incendie Charleval-Lambesc du 29/08/95*. Conseil général, département des Bouches-du-Rhône - Forestiers-sapeurs unité de Lambesc - Office national des Forêts, 10 p.
- Heim G. (1974). « L'utilité du concept de valeur énergétique en écologie : une étude basée sur les mesures effectuées sur des plantes méditerranéennes ». *Æcologia Plantarum* 9(3):281-286.
- Hough W.A., Albini F.A. (1978). *Predicting fire behavior in Palmetto-Gallberry fuel complexes*. USDA For. Serv. Research Paper SE-174, 44 p.+ann.
- Hubert B., Rigolot E., Turlan T. (1991). « Les incendies de forêt en région méditerranéenne. Nouveaux enjeux pour la recherche ». *Science Technique Technologie* 18:8-15.
- ICONA (1990). *Clave fotográfica para la identificación de modelos de combustible*.
- Lambert B. (1994). *Une coupure stratégique pastorale à l'épreuve du feu dans les Pyrénées-Orientales*. Chambre d'Agriculture des PO – SIME, 32 p.
- Larcher W., Schmidt L., Tschager A. (1973). « Starke Fettspeicherung und hoher Kaloriengehalt bei *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. Starke Fettspeicherung und hoher Kaloriengehalt bei *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. » *Æcologia Plantarum* 8:377-383.
- Millo C., Lecomte P. (1994). *Inventaire des coupures aménagées*. CEMAGREF, 94 p.+ann.
- Moro C., Valette J.C. (1996). *Teneur en eau de combustibles forestiers méditerranéens*. INRA, Unité de recherches forestières méditerranéennes, Équipe de Prévention des incendies de forêt, 10 p.+ann.
- MTDA Agence (1992). *Les coupures vertes : pour une nouvelle politique forestière*. Région Languedoc-Roussillon.
- Pyne S.J., Andrews P.L., Laven R.D.. (1996). *Introduction to wildland fire*. John Wiley & Sons, New York, 769p.
- Réseau Coupures de Combustible (1998). *Un réseau ouvert, pour en savoir plus*. Plaquette 2 p.
- Rothermel R.C. (1972). « A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels ». *USDA Forest serv. Intermountain Forest & Range Exp. Stn. Res. Pap.* INT 115, 40p.
- SDID du Var (1987). *Règlement de manœuvre : la lutte*. 98p.
- SDIS du Var (1997). *Guide des équipements de DFCI*. 38 p. + ann.
- Valette J.C. (1988). *Composition minérale et inflammabilité de six espèces méditerranéennes*. INRA, Équipe de Prévention des incendies de forêt, 7 p.
- Wagner van C.E. (1973). « Height of crown scorch in forest fires ». *Can. J. For. Res.* 3:373-378.

Textes officiels

- Directive ministérielle du 22 janvier 1987 sur la mise en œuvre des moyens apportés par le CFM
- Rapport de la Commission d'enquête parlementaire sur les incendies de forêts, 1979
- Rapport de la Mission interministérielle pour la protection des espaces naturels méditerranéens, 1982.

Liste des illustrations

Figure 1 : Quelques exemples de coupures de combustible	11
Figure 2 : Répartition des coupures stratégiques suivies par le Réseau	13
Figure 3 : Grille d'analyse globale	20
Figure 4 : Quelques exemples de segments de coupures	22
Figure 5 : Grille d'analyse locale	24
Figure 6 : Les principaux paramètres de la géométrie d'une flamme	25
Figure 7 : Les modes de propagation du feu	25
Figure 8 : Relation entre longueur de flamme et niveaux de puissance du front de feu	27
Figure 9 : Puissance du front de flammes et lutte	29
Figure 10 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993. Coupe transversale avant l'incendie	37
Figure 11 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993. L'incendie en phase de croisière arrive sur la coupure	41
Figure 12 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993. 1 ^{re} phase : sans vent et sans groupe d'attaque, le feu s'arrête tout seul	41
Figure 13 : L'incendie de Nohèdes, septembre 1993. 2 ^e phase : vent de 35-55 km/h, 5 groupes d'attaque sur 1 km de front	43
Figure 14 : L'incendie de Fleury, septembre 1995. Coupe transversale avant incendie	49
Figure 15 : L'incendie de Fleury, septembre 1995. L'incendie dans le reboisement	50
Figure 16 : L'incendie de Fleury, septembre 1995. L'incendie dans les zones débroussaillées par gyrobroyage	51
Figure 17 : L'incendie de Fleury, septembre 1995. Incendie aux abords des domaines viticoles	52
Figure 18 : L'incendie de Lambesc, août 1995. Coupe transversale avant incendie	56
Figure 19 : L'incendie de Lambesc, août 1995. Attaque impossible d'une tête de feu d'été puissant et rapide	57
Figure 20 : L'incendie de Lambesc, août 1995. Attaque manquée d'un feu naissant en piémont	58
Figure 21 : L'incendie de Lambesc, août 1995. Attaque de flanc d'un feu puissant et rapide	60
Figure 22 : L'incendie du Pont-de-l'Oso, août 1994. Coupe transversale avant incendie	63
Figure 23 : L'incendie du Pont-de-l'Oso, août 1994. Le front en amont de la coupe	64
Figure 24 : L'incendie du Pont-de-l'Oso, août 1994. Le rôle actif de la litière dans la zone débroussaillée	65
Figure 25 : L'incendie du Pont-de-l'Oso, août 1994. Le fonctionnement passif de la coupure dans la zone non débroussaillée	66

Liste des cartes

- Carte 1** : Site Madrès-Coronat (Pyrénées-Orientales). Localisation des coupures et des incendies étudiés (Nohèdes, Olette). IGN top 100 n°71 et 72.
- Carte 2** : L'incendie de Nohèdes (Pyrénées-Orientales), 21 février 1993. Massif de Madrès-Coronat. Prométhée 1993 n°8. IGN top 25 n°2348ET.
- Carte 3** : L'incendie de Nohèdes (Pyrénées-Orientales), 15 septembre 1993. Massif de Madrès-Coronat. Prométhée 1993 n°96. IGN top 25 n°2348ET.
- Carte 4** : L'incendie d'Olette (Pyrénées-Orientales), 23-24 juin 1994. Massif de Madrès-Coronat. Prométhée 1994 n°35. IGN top 25 n°2249ET.
- Carte 5** : L'incendie de Fleury (Aude), 8 septembre 1995. Massif de la Clape. Vue générale. Prométhée 1995 n°35. IGN top 100 n°72.
- Carte 6** : L'incendie de Fleury (Aude), 8 septembre 1995. Massif de la Clape. Détails. Prométhée 1995 n°35. IGN top 25 n°2545ET.
- Carte 7** : L'incendie de Lambesc (Bouches-du-Rhône), 29 août 1995. Chaîne des Cotes. Vue générale. Prométhée 1995 n°132. IGN top 100 n°67.
- Carte 8** : L'incendie de Lambesc (Bouches-du-Rhône), 29 août 1995. Chaîne des Cotes. Détails. Prométhée 1995 n°132. IGN top 25 n°3143E.
- Carte 9** : L'incendie du Pont-de-l'Oso (Corse-du-Sud), 18 août 1994. Massif de l'Ospedale. Vue générale. Prométhée 1994 n°299. IGN top 100 n°74.
- Carte 10** : L'incendie du Pont-de-l'Oso (Corse-du-Sud), 18 août 1994. Massif de l'Ospedale. Détails. Prométhée 1994 n°299. IGN top 25 n°4254ET.
-

*Achevé d'imprimer sur les presses des
Éditions Mimosa à Pérols (Hérault) en octobre 1999*

Dépôt légal octobre 1999

ISBN 2-914053-00-2