



## Les produits chimiques dans la lutte

Claude Maret

### ► To cite this version:

Claude Maret. Les produits chimiques dans la lutte. Revue forestière française, 1975, 27 (S), pp.476-495. [⟨10.4267/2042/21016⟩](#). [⟨hal-03396530⟩](#)

**HAL Id: hal-03396530**

**<https://hal.science/hal-03396530v1>**

Submitted on 22 Oct 2021

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

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



HAL Authorization

# Les produits chimiques dans la lutte

Fasciné depuis Prométhée par cette forme élémentaire de l'énergie, l'homme a toujours payé à son prix le droit de déchaîner la flamme, ou la satisfaction de la maîtriser.

Dès l'antiquité, les Égyptiens utilisaient un subtil mélange de vinaigre et d'alun pour traiter le bois contre le feu. Les Romains ayant amélioré le procédé en introduisant une charge minérale, incombustible à base d'argile visqueuse, le premier retardant était né.

En 1821, Gay-Lussac mettait en évidence les propriétés d'ignifugation des sels minéraux : phosphates et chlorure d'ammonium, borate calco-sodique. L'essentiel est donc connu depuis longtemps.

Toutefois, la vieille méfiance envers l'alchimiste s'est perpétuée à travers les siècles et la lutte contre le feu n'a bénéficié que depuis peu de générations de l'appui considérable de la chimie.

A plus forte raison le feu de forêt qui se déroule dans un cadre naturel ne pouvait être combattu qu'au « corps à corps », à la rigueur à l'eau claire et en désespoir de cause par lui-même : les apprentis-sorcières du contre-feu n'exorcisant pas toujours le démon malgré le mystère dont ils entourent leur vieille coutume !

De nos jours, la panoplie des armes chimiques contre le feu de forêt est assez variée :

- **Les produits mouillants** ont été utilisés aux États-Unis et au Canada pour traiter des feux de litière profonde, en U.R.S.S. contre les foyers de tourbe.

En France, une tentative (1964) avec les avions-citernes n'a pas été très appréciée par les équipages fortement gênés par la formation de bulles.

Vers la même période, l'emploi au sol de détergents solubles par les engins de sapeurs-pompiers a été tenté puis abandonné par le Service départemental d'incendie et de secours des Bouches-du-Rhône. Cette technique a été reprise depuis par le Service départemental du Var, elle est jugée économique et simple pour l'utilisateur.

- **Les mousses physiques** ont été utilisées pour créer des lignes d'arrêt en Pologne.

- **Des essais de poudres extinctrices** nous ont été signalés au Portugal sans indication des résultats obtenus. Cette technique (non dépourvue d'intérêt pour les feux à violente propagation par les gaz de distillation) nous est interdite dans le cas de l'emploi des aéronefs dont les moteurs risqueraient l'extinction définitive plus sûrement encore que le feu lui-même.

Ces différents procédés d'un intérêt variable ne peuvent être considérés comme des modes d'extinction spécifiques du feu de forêt, c'est pourquoi la catégorie des retardants mérite une étude détaillée.

## LES RETARDANTS

L'emploi de ces produits est connu depuis longtemps en Amérique du Nord. Ils ont connu un important développement aux États-Unis, surtout en Californie du Sud. Leur définition repose sur le principe même de leur efficacité.

## LES RETARDANTS A COURT TERME

La première catégorie concerne les solutions de **retardants à court terme** dont le constituant majeur est en définitive de l'eau dont on a modifié les propriétés physiques. Ce choix repose sur l'évaluation selon laquelle seulement 10 % de l'eau utilisée pour attaquer le feu sert effectivement à l'extinction, soit du fait de l'évaporation prématurée et de la nébulisation du jet des lances, soit à cause du ruissellement et de l'absorption par le sol.

Un retardant à court terme a pour effet de rendre l'eau visqueuse. Alors que sur une surface de 10 cm<sup>2</sup> on peut déposer au maximum 0,27 g d'eau pure, on peut fixer 1,55 g d'eau visqueuse et 2,54 g de gel. En effet, l'eau visqueuse empêche le ruissellement, augmente l'épaisseur du film d'eau fixée sur la végétation et ralentit l'évaporation de l'eau.

De plus les retardants augmentent de 15 % à 39 % à la portée des lances à eau ; leur pouvoir « couvrant », un peu comparable à celui des mousses, favorise l'étouffement des foyers.

### • Catégories de produits susceptibles d'être utilisés

#### Les polysaccharides

Ce sont des produits d'origine végétale tels que

- **Guar** : farine extraite d'une légumineuse (genre de haricot) provenant du Pakistan.
- **Caroube** : extrait du fruit du caroubier, arbre répandu dans les pays méditerranéens (provenance Turquie).

Composition globale	Guar %	Caroube %
Galactomannose . . . . .	80,2	83
Matières cellulosiques . . . .	0,9	0,8
Protéines . . . . .	4	4 à 5
Cendres . . . . .	0,8	1
Matières grasses . . . . .	0,6	0,6
Humidité . . . . .	13,5	10 à 9

La partie active de ces produits, le polysaccharide est composé d'une chaîne droite de groupes D-manno-pyranose, reliés par des liaisons B-D, 1, 4'. Une unité d-manno-pyranose sur deux en moyenne possède une chaîne latérale composée d'un reste D-galacto-pyranose fixé par un groupe D-1, 6'.

Poids moléculaire moyen 220 000 (fig. n° 1).

Les polysaccharides sont non ioniques. Ils ne produisent aucun effet de corrosion et sont compatibles avec des eaux de pH très variables.

Par ailleurs, ces produits sont utilisables avec des eaux déminéralisées ou au contraire salées ou saumâtres, ce qui les rend intéressants pour l'emploi opérationnel par les avions et les camions-citernes.

On peut envisager d'autres produits d'origine végétale : c'est ainsi que les Canadiens ont utilisé des **dérivés de la cellulose** disponibles en général à proximité de la forêt ; de même on peut citer l'emploi en Australie de **dérivés des algues** et aux États-Unis des **pectines**.

Un rapprochement entre les formules de la cellulose, de l'acide alginique et de l'acide pectique permettrait de prévoir cette possibilité (fig. n° 2).

#### Les principaux dérivés de la cellulose

Ce sont le carboxyméthylcellulose de sodium (C.M.C.) et l'hydroxyéthylcellulose (H.E.C.).

La deuxième variété étant non ionique, présente un plus grand intérêt que la précédente en ce qui concerne les effets biologiques ou la corrosion des métaux (fig. nos 3 et 4).

#### Dérivés de l'acide alginique

Il s'agit surtout des alginates de sodium et d'ammonium (fig. n° 5).

Figure n° 1

**POLYSACCHARIDE GUAR**  
(Structure chimique simplifiée)

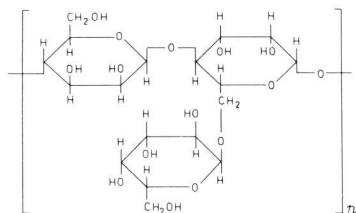


Figure n° 3

**C.M.C.**  
**Carboxyméthyl - Cellulose de sodium**  
(Structure simplifiée)

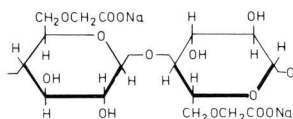


Figure n° 4

**H.E.C.**  
**Hydroxyéthylcellulose**

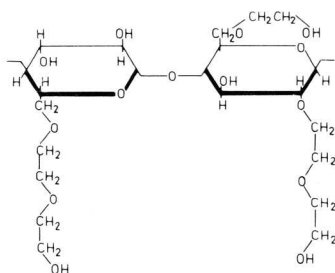
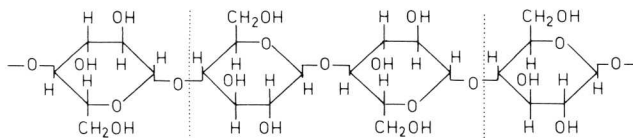
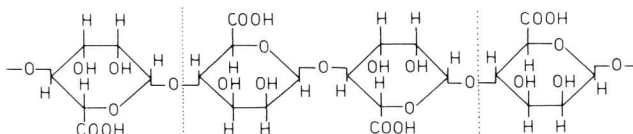


Figure n° 2

**CELLULOSE**



**ACIDE ALGINIQUE**



**ACIDE PECTIQUE**

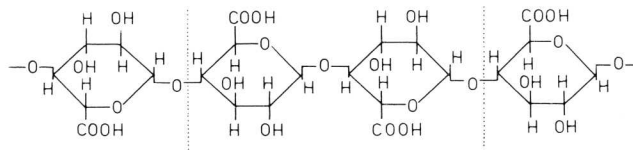
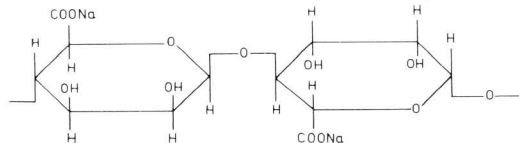


Figure n° 5

**ALGINATE (Structure simplifiée)**



La macromolécule linéaire est plus ou moins longue suivant le degré de polymérisation qui peut varier de 100 à 1 000 ce qui se traduit par une viscosité finale, d'autant plus élevée que la chaîne est plus longue (fig. n°s 6, 7, 8 et 9).

**Dérivé de l'acide pectique.** Pectine pour mémoire.

**Produits de synthèse divers**

Il existe aussi des retardants de synthèse représentés notamment par le produit Gelgard (Dow Chemical États-Unis) et le Watergel (Incentive research and development AB Suède).

La composition du Gelgard n'a pas été précisée (polymère à base d'acrylamide), celle du Watergel est indiquée très sommairement par le fournisseur comme un dérivé de l'oxyde de polyéthylène et d'une huile volatile d'hydrocarbure (esters de Alkyl - Aryl ou naphtylpolyglycol).

**Produits d'origine minérale**

D'autres produits d'origine minérale ont été utilisés. Ils sont en principe des **argiles** utilisées fréquemment dans les boues de forages : bentonites et attapulgites.

Suivant la nature de ces produits et les traitements qu'on leur fait subir, ils sont utilisables à des concentrations de 7 à 11 % pour produire des solutions d'eau visqueuse. Les attapulgites sont même compatibles avec l'eau de mer. Leur emploi est identique à celui des produits précédents mais la teneur de ces argiles en silice les rend abrasives pour les pompes classiques ce qui impose l'emploi de pompes à boues pourvues de pièces d'usure.

# VARIATIONS DE LA VISCOSITÉ DES SOLUTIONS EN FONCTION DE LA CONCENTRATION

Figure n° 6

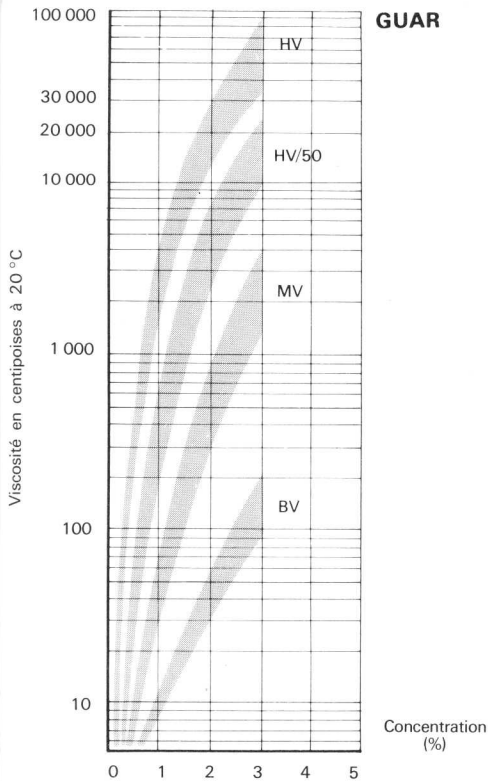


Figure n° 7

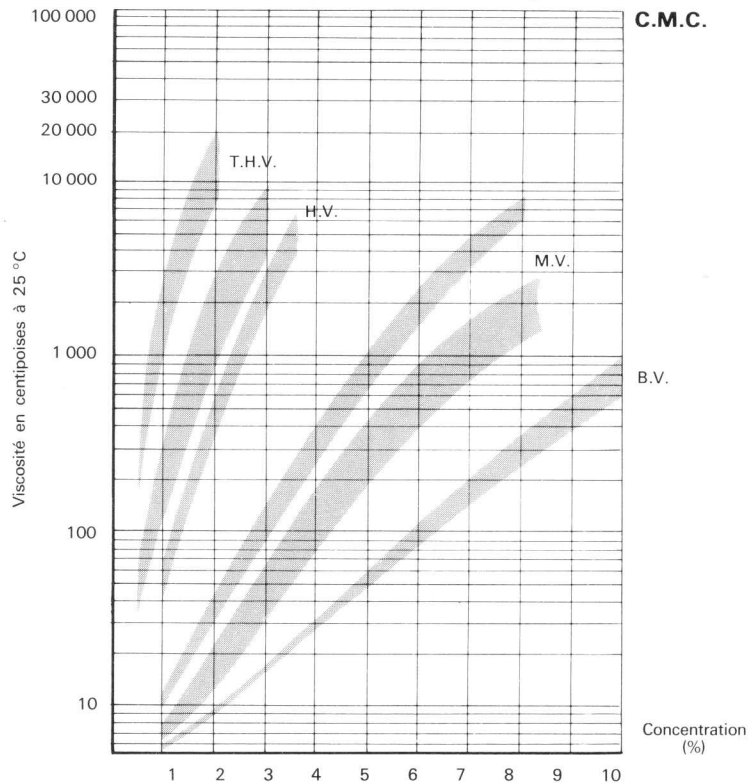


Figure n° 8

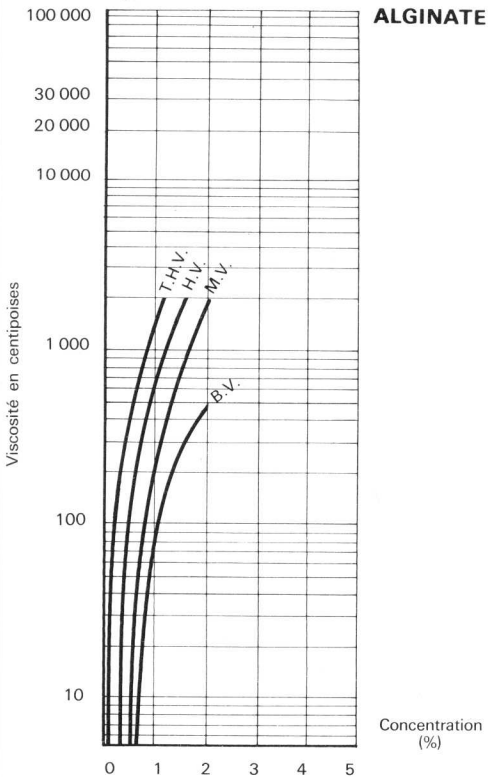
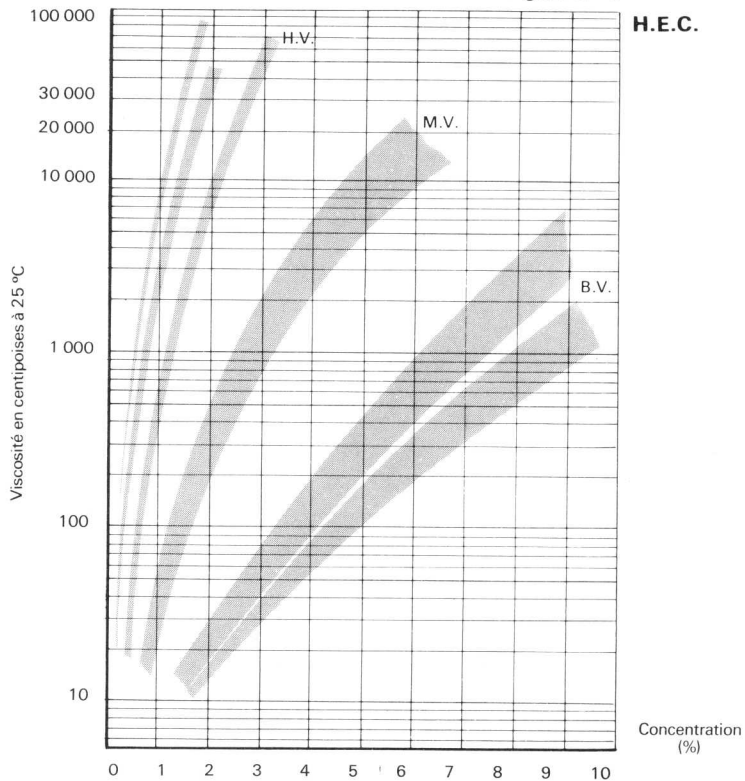


Figure n° 9



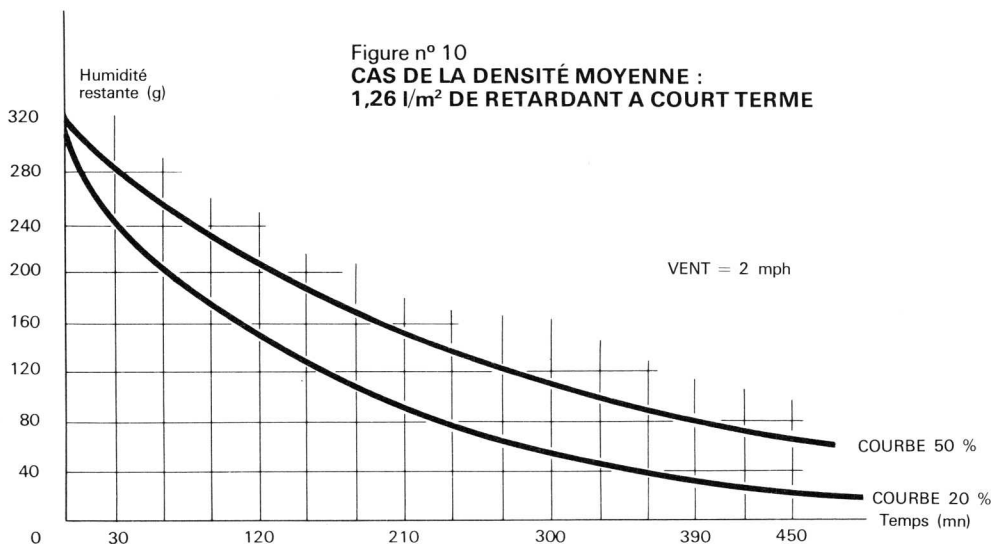
### ● Résistance à l'évaporation

Des essais effectués aux États-Unis démontrent que le retardant à court terme se dessèche beaucoup plus lentement que l'eau.

Dans des conditions moyennes d'évaporation en été, on peut escompter que les 2/3 de l'eau fixée subsistent en 30 mn, 1/3 en 1 h.

Ce qui permet de considérer que ces retardants à courte efficacité restent valables **30 mn environ**.

La figure n° 10 permet de calculer la quantité d'eau restante pour deux degrés hygrométriques de l'air, 20 % et 50 %, à vitesse de vent constante.



### ● Dose d'emploi

La caractéristique commune des retardants à court terme est la faible quantité de produit nécessaire pour préparer la solution. On considère pratiquement qu'une viscosité de l'ordre de 500 centipoises suffit pour l'emploi par engins terrestres ou le largage par hélicoptère alors que 1 200 à 2 400 centipoises sont nécessaires pour l'emploi par avion-citerne. Ce qui se traduit pratiquement par une concentration de produit actif de l'ordre de 0,5 à 1 %, sauf pour les argiles dont l'utilisation est abandonnée.

On peut donc envisager de doter les engins terrestres d'une réserve de produit correspondant à une demi-journée de lutte au moins.

### LES RETARDANTS A LONG TERME

Les retardants à long terme ou à longue efficacité font appel aux propriétés chimiques de leurs constituants.

Leur composition globale est la suivante :

- |                            |               |               |
|----------------------------|---------------|---------------|
| — ignifugeant,             | — bactéricide | } facultatif. |
| — colloïde ou argile,      | — colorant    |               |
| — inhibiteur de corrosion. |               |               |

### ● Ignifugeants

Les produits susceptibles d'être utilisés sont les suivants :

- |   |   |
|---|---|
| — Phosphate biammonique (ou mono-ammonique) D.A.P. : $(\text{N H}_4)_2 \text{ HPO}_4$ ; | } pour mémoire aucune utilisation opérationnelle actuelle |
| — Sulfate d'ammonium $(\text{N H}_4)_2 \text{ SO}_4$ ;                                  |   |
| — Polyphosphates  |   |
| — Sulfamate   |   |
| — Bicarbonate de potassium  |   |
| — Borate calcosodique (emploi abandonné)  |   |

D'une manière générale, les deux premières catégories sont les plus employées (D.A.P. M.A.P. ou sulfate) le phosphate biammonique ayant démontré des qualités légèrement supérieures à dose égale au cours des essais (fig. n° 11).

En solution, le sulfate d'ammonium risque de produire des effets de « sels grimpants » au stockage. Les polyphosphates étant parfois instables en solution préparée à l'avance.

Le sulfamate n'a pas dépassé à notre connaissance le stade des essais.

Le bicarbonate de potassium et le borate calcosodique, malgré leur efficacité indéniable ont présenté des effets phytotoxiques qui les ont fait écarter au moins dans l'état actuel des choses.

Les produits existant sur le marché tant en France qu'à l'étranger (États-Unis surtout) présentent toutes les combinaisons possibles entre les constituants de base connus.

Formules les plus employées :

- D.A.P. — C.M.C.;
- D.A.P., guar ou autre polysaccharide;
- D.A.P., attapulgit (en solution concentrée ou en poudre sèche);
- Sulfate d'ammonium - attapulgit.

On connaît des formules :

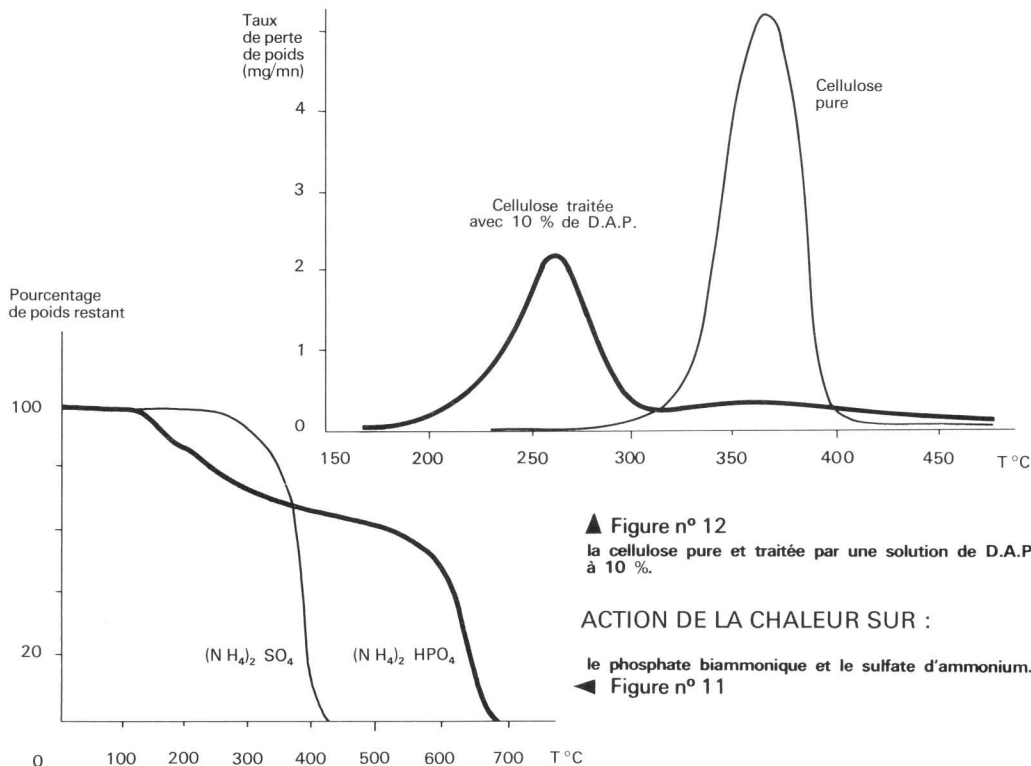
- D.A.P. pectines;
- Polyphosphate, H.E.C., etc.

Les viscosités souhaitables sont les mêmes que celles qui sont préconisées pour les produits à court terme.

- Plage 150-500 centipoises pour engins terrestres et hélicoptères;
- Plage 1 200-2 400 centipoises pour épandage par avion.

Même si les produits contiennent de l'eau celle-ci ne joue plus le rôle essentiel dans l'action contre le feu.

L'eau sert de diluant et de vecteur et le produit reste efficace après sa disparition. La quantité de D.A.P. nécessaire varie de 9 à 11 % (fig. n° 12).



▲ Figure n° 12  
la cellulose pure et traitée par une solution de D.A.P.  
à 10 %.

ACTION DE LA CHALEUR SUR :

le phosphate biammonique et le sulfate d'ammonium.  
◀ Figure n° 11

## COMPORTEMENT AU FEU DES VÉGÉTAUX TRAITÉS

Il n'existe pas une étude analytique pleinement satisfaisante pour le phénomène toutefois, on peut le décrire :

### Phase 1

Un végétal non traité soumis à la chaleur rayonnante avant le contact des flammes dégage une série de composés gazeux très inflammables. Cette phase de pyrolyse est accompagnée de fumées noires caractéristiques.

La même essence traitée au retardant ne dégagera plus de gaz de distillation mais une légère fumée blanche, légèrement bleutée pendant un temps très court.

### Phase 2

Dans le cas normal, la phase suivante est l'inflammation brutale des gaz dégagés avec un bond en avant du front de flammes.

En présence de retardants, on observe une carbonisation des premiers centimètres du végétal, la propagation brutale du feu est stoppée.

### Tentative d'interprétation

Les sels minéraux ignifugeants se décomposent avec la chaleur et les produits fortement réactifs ainsi dégagés (anhydrides, etc.) attaquent la cellulose et les composants organiques de la cellule végétale empêchant ainsi le dégagement de corps volatils ou de gaz combustibles (essences aromatiques, alcools, méthane, etc.).

Cette réaction est fortement endothermique, c'est-à-dire qu'elle absorbe une quantité de chaleur importante. Or cette énergie calorifique est nécessaire par ailleurs, pour entretenir la réaction « en chaîne » de la pyrolyse (ou distillation de gaz combustible) (voir fig. n° 12).

Tout se passe globalement comme si la cellulose était décomposée en carbone et en vapeur d'eau.

L'examen des résidus confirme cette hypothèse : il reste 10 % de résidus charbonneux pour le bois traité et seulement 1 % de cendres pour le bois non traité, de même l'apparition d'une fumée blanche est révélatrice de vapeur d'eau.

### Essais d'efficacité au laboratoire

Des essais de laboratoire effectués au « tunnel du feu » à Champs-sur-Marne (S.T.E.L.F.) ont permis de mettre en évidence les résultats prévisibles avec les produits proposés aux services d'incendie français. Dans un tunnel parcouru par un courant d'air est placé un foyer constitué de bois de qualité homogène. Ce foyer est divisé en deux parties dont l'une est constituée de combustible non traité, l'autre de bois traité de retardant.

- Dimension du tunnel : 10 m × 0,48 m sur 0,63 m ;
- Vitesse du vent : 5 km/h ;
- Dimension du combustible : 3 mm × 3 mm × 275 mm.

Le principe de la mesure est le suivant : la mise à feu s'effectue 15 mn après pulvérisation d'un retardant à court terme (sous ventilation continue), puis 2 h après pulvérisation d'un retardant à long terme (sous ventilation continue).

La vitesse de propagation du feu est mesurée par un circuit comportant des fusibles.

On prend pour valeur significative de l'efficacité le rapport :

$$R = \frac{\text{Vitesse du feu dans le bois non traité}}{\text{Vitesse du feu dans le bois traité}} \quad (\text{fig. n° 13})$$

Par ailleurs, sont relevés les viscosités, la dose de produit, le poids des combustibles et des résidus, facultativement, la courbe des températures au sein des foyers de bois témoin et traité.

Les rapports de vitesse obtenus avec les produits à courte efficacité sont :

- |                       |                                   |                          |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| — Polysaccharides     | — Alginate + H.E.C. : 3,2 à 3,3 ; | — Bentonite : 2,5 à 2,8. |
| — guar : 2,36,        | — Gelgard : 2 à 2,4 ;             |                          |
| — caroube : 2 à 2,2 ; |                                   |                          |



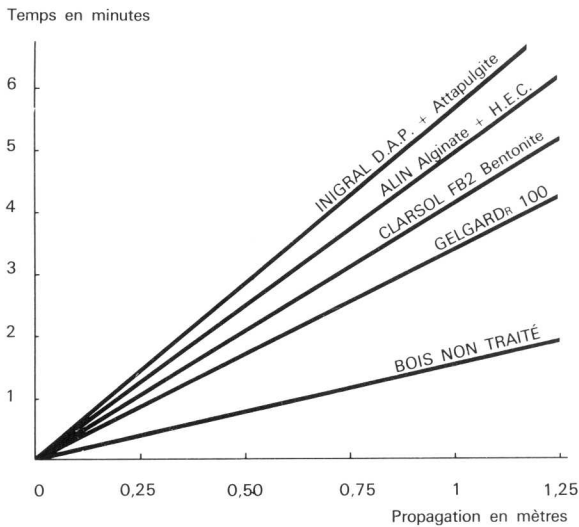


Figure n° 13

**ESSAIS EFFECTUÉS AU TUNNEL DU FEU (S.T.E.L.F.), 1968**

Les rapports de vitesse obtenus avec les produits à longue efficacité sont :

— D.A.P. : 3,6 à 3,85.

**Essais en vraie grandeur**

Une installation d'essais thermiques a été réalisée à cette fin au Centre d'essais de Valabre. Elle comporte :

— une partie soufflerie comportant un électroventilateur de 35 CV permettant de réaliser un vent variable jusqu'à 110 km/h ;

- une enceinte de combustion dans laquelle sont placés des wagonnets sur lesquels sont replantés des végétaux de maquis ou garrigue dans la disposition qu'ils occupaient dans la nature ;
- une unité de télémessure permettant de scruter les températures sur 20 points de mesure et de traiter automatiquement ces informations.

Les résultats obtenus avec les retardants sont les suivants : pour un vent de 55 km/h, le feu est arrêté sur quelques centimètres par un retardant à longue efficacité (D.A.P. - polysaccharide) à 11 % et sur quelques décimètres par une solution de retardant à court terme (polysaccharide = guar) à 0,5 %.

Les produits à court terme sont soumis aux essais complémentaires suivants :

— mesures de viscosité (Laboratoire national d'essais et S.T.E.L.F.) en fonction du temps à 1 % (fig. n° 14).

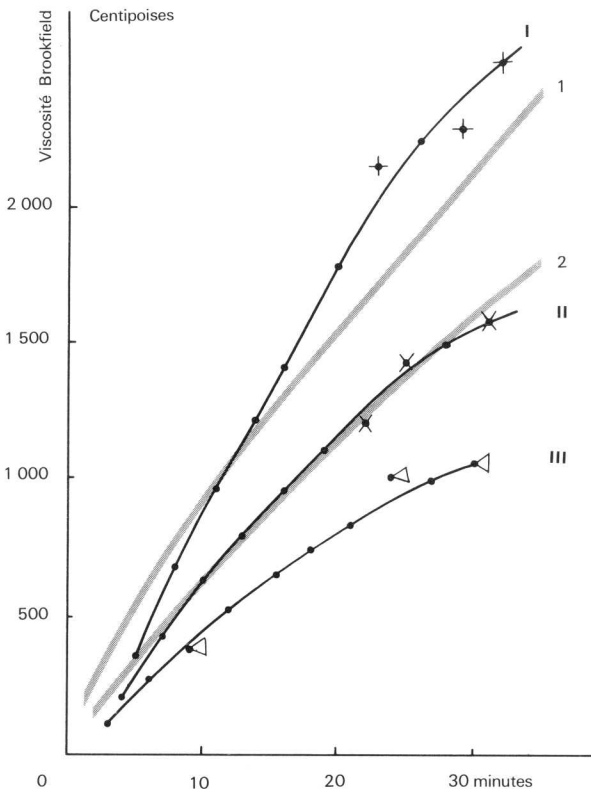


Figure n° 14

**ÉVOLUTION DE LA VISCOSITÉ EN FONCTION DU TEMPS**

**GUAR**

Vitesse de rotation = 20 t/mn

- 1 Concentration à 1 %
- 2 Concentration à 0,8 %

**GUARANATE**

Concentration à 1 %

- I Vitesse de rotation = 12 t/mn
- II Vitesse de rotation = 30 t/mn
- III Vitesse de rotation = 60 t/mn

— comportement des solutions avec eau de ville, eau de mer et eau polluée artificiellement avec pH compris entre 3 et 13 (S.T.E.L.F.).

Les ignifugeants sont soumis en outre au test de corrosion conforme aux normes aéronautiques (S.T.E.L.F. ou laboratoires agréés).

## MISE EN ŒUVRE DES RETARDANTS PAR MOYENS TERRESTRES

La mise en œuvre par moyens terrestres serait théoriquement la plus rentable. En effet, le personnel peut effectuer un épandage dosé finement en fonction de la nature et de la densité de la végétation, donc la solution utilisée couvre un maximum de surface utile.

Toutefois, plusieurs difficultés se sont élevées à l'occasion des premières applications pratiques.

— Malgré l'application des nouvelles normes, beaucoup d'engins terrestres ne peuvent utiliser les additifs chimiques. En effet, leurs moto-pompes comportent des circuits de refroidissement avec emprunt d'eau sur la pompe d'incendie. On court le risque de colmater les chemises des cylindres.

— Le personnel ne dispose pas de mélangeur pour les produits. L'Entente interdépartementale a mis au point deux types de véhicules permettant l'emploi de tous les additifs chimiques et en particulier les retardants. Ces engins ont reçu l'agrément technique du Service national de la protection civile. Ils peuvent être rangés en trois catégories :

● **L'ensemble de grand épandage** dont l'engin de base est le camion-citerne dit « Polyvalent » dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Châssis Berliet G.B.C., 3 essieux moteurs;
- Citerne 6 000 l en polyester sur enroulement de fibre de verre;
- Pompe 1 000 l/mn avec refroidissement par radiateur;
- Lance de 18 mm sur tourelle placée à l'arrière de la cabine;
- Système d'épandage à 4 lances de 14 mm ou à rampe;
- Possibilité de traitement : 4 000 à 6 000 m<sup>2</sup>;
- Autonomie en attaque directe de 12 à 19 mn avec une portée de lance supérieure à 40 m;
- Mélange par vortex;
- Coffre de 600 kg environ de produit retardant.

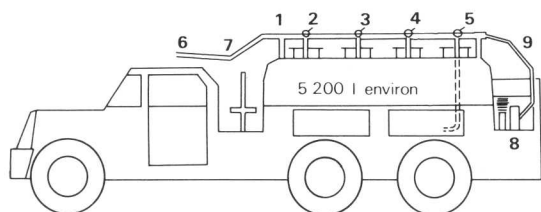


Station  
de retardants  
mobile.

Photo ARRIGHI

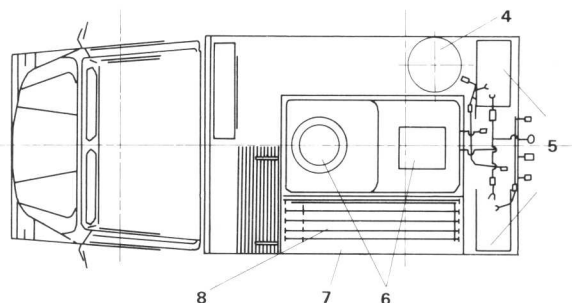
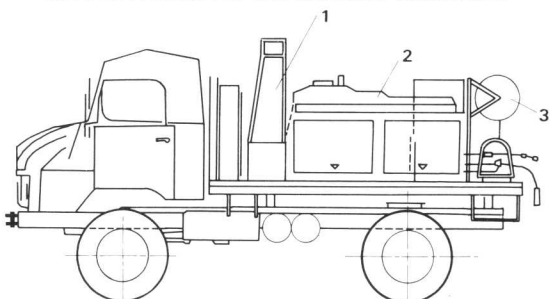
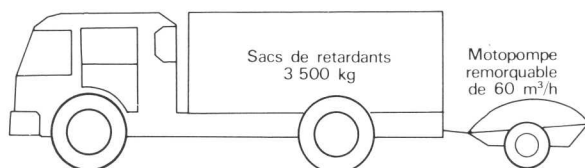
## ENSEMBLE DE GRAND ÉPANDAGE COMPOSITION DES ÉLÉMENTS

### I. POLYVALENT



- 1 Tube de recyclage
- 2, 3, 4, 5 Vannes 1/4 t pour recyclage
- 6, 7 Lance de 18 et tuyau souple amovible
- 8 Motopompe
- 9 Tuyau souple de recyclage

### II. CAMION P.C. LOGISTIQUE

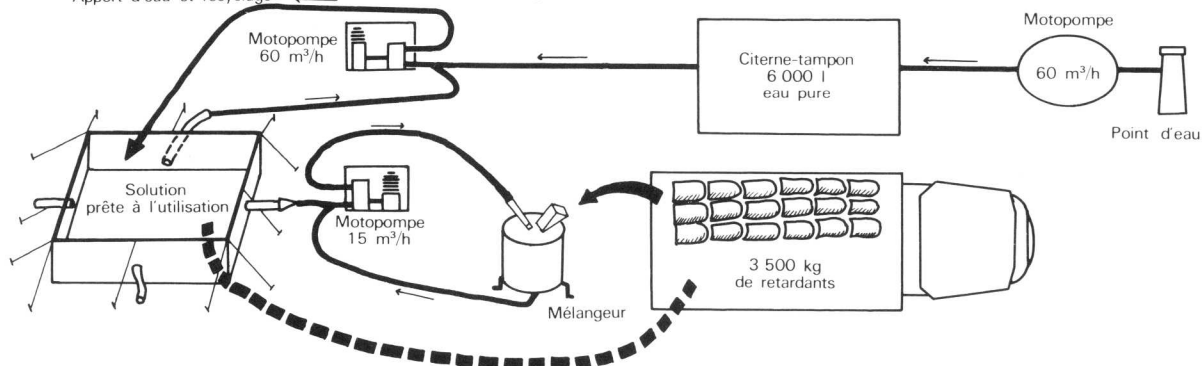


- 1 Coffre sous banquette pour produits retardants
- 2 Citerne plastique cloisonnée. Capacité : 1 800 litres
- 3 Dévidoir pour tuyaux et lances
- 4 Bac mélangeur pour produits chimiques
- 5 Motopompes amovibles de 250 l
- 6 Deux trous d'hommes
- 7 Coffre latéral pour matériel divers et tuyaux
- 8 Quatre aspiraux de 65. Longueur 2 m

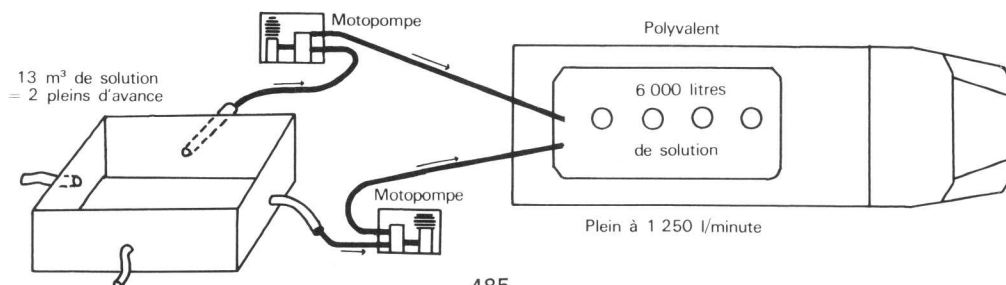
## ORGANISATION LOGISTIQUE - ENSEMBLE DE GRAND ÉPANDAGE

### 1<sup>re</sup> PHASE - OPÉRATION DE MÉLANGE

Apport d'eau et recyclage



### 2<sup>e</sup> PHASE - RAVITAILLEMENT DU « POLYVALENT »



- **Le camion-citerne feux de forêts moyen** adapté à l'emploi des additifs chimiques.
  - Châssis UNIC 4 roues motrices (S.U.M.B.) ;
  - Citerne 1 850 l en polyester sur toile de fibre de verre ;
  - 2 pompes 250 l/mn amovibles (et susceptibles de fonctionner accouplées) avec moteur à refroidissement par air et démarreur électrique ;
  - Possibilité de traitement : 1 300 à 1 850 m<sup>2</sup>. Autonomie : 7' à 7'30 ;
  - Attaque directe : portée supérieure à 20 m ;
  - Mélange par vortex ;
  - Coffre contenant 10 doses de retardant à court terme.

#### ● Les moyens légers :

##### **Matériel de commandos héliportés** (compatible avec l'emploi de retardants)

- Citernes souples de 500 à 1 200 l suivant le type d'hélicoptères ;
- Motopompes légères à refroidissement par air ;
- Débit suivant les modèles de 50 à 250 l/mn ;
- Masse de 15 à 45 kg.

##### **Station de retardants légère et héliportable**

- Mélangeur à vortex (7 kg) ;
- Citernes de 6 000 l souple ou 13 000 l forme piscine ;
- 2 motopompes du type commandos héliportés ;
- Débit de solution de 250 l/mn à 1 250 l/mn.

##### **Contraintes pour l'emploi des retardants - Solutions proposées :**

Le système constitué par le produit chimique et l'engin adapté doit satisfaire à un certain nombre de contraintes pour ne pas poser de problème délicat aux utilisateurs. Ceux-ci doivent être en mesure :

- d'utiliser n'importe quel retardant,
- de passer à volonté de l'emploi de l'eau pure à celui des retardants,
- de préparer à la demande une solution d'une manière autonome (engin isolé),
- de ne pas risquer de difficultés avec le système de refroidissement de la motopompe ou la corrosion du circuit hydraulique,
- facultativement, d'effectuer des épandages de produits chimiques à titre préventif ou curatif : ignifugeants, désherbants, insecticides, engrais.

Des solutions pratiques ont été adoptées afin de répondre à ces besoins.

— Pour éviter la corrosion, les citernes sont constituées soit de matières plastiques, soit d'acier inoxydable ou protégé.

— Pour le refroidissement des moteurs de motopompes, il est fait appel, en général, à des motopompes légères de 250 l/mn à moteur refroidi par air. Pour le « Polyvalent », il s'agit d'une motopompe 1 000 l/mn fixe à refroidissement par radiateur indépendant (complété par un échangeur de température utilisant la solution contenue dans la citerne).

— Pour utiliser les produits les moins élaborés ou assurer une logistique autonome, les engins sont dotés de mélangeurs qui peuvent faire appel aux dispositifs suivants : hydro-injecteurs, mélangeur à vortex, mélangeur mécanique, solutions mixtes : (système hydropneumatique).

#### ● Méthode d'emploi des retardants par moyens terrestres

Les retardants ne doivent pas être utilisés de la même manière suivant qu'ils se rattachent à la catégorie court terme ou long terme.

##### **Les produits à court terme**

Ils peuvent être utilisés de trois manières : attaque directe, attaque semi-directe, ligne de freinage.

— *Dans l'attaque directe*, les personnels engagés bénéficieront surtout de trois caractéristiques des produits :

— La portée des lances étant accrue à puissance égale, le personnel aura moins à s'approcher du foyer, le jet moins divisé aura un impact supérieur.

— Le film d'eau visqueuse apporté à la végétation directement menacée aura un effet d'étouffement du foyer et d'isolement du combustible par rapport à l'air (cette particularité explique les perspectives offertes par les eaux visqueuses ou les gels pour l'attaque d'autres feux que le feu de forêts : cas du Watergel).

— Enfin, la suppression du ruissellement augmentera le rendement de la manœuvre.

— *L'attaque semi-directe* implique la mise en œuvre simultanée de deux éléments. Pendant que *l'élément d'attaque* traite directement le foyer proprement dit, *l'élément de soutien* fait un épandage destiné soit à ceinturer le feu et éviter définitivement les reprises, soit à renforcer l'action du précédent dans le cas où la propagation s'avérerait violente et dangereuse (essaimages).

L'ensemble de grand épandage peut effectuer ces deux opérations successivement ou simultanément sous réserve de son autonomie.

— *La ligne de freinage* est une manœuvre consistant à créer le long du feu un rideau de végétation humidifiée.

Dans ce cas, un épandage sur une végétation moyenne de garrigue ou de maquis consommera 1,5 l de solution au mètre carré. La concentration en produit actif sera calculée en fonction de la viscosité la plus élevée (500 centipoises), soit suivant leur nature une consommation de 5 à 8 kg de produit à la tonne de solution.

Une bonne connaissance pratique du responsable de la manœuvre lui permet de tracer la ligne la plus efficace en fonction des formes du terrain et de la végétation afin d'assurer le succès de sa manœuvre tout en traitant la plus grande longueur possible avec sa réserve de produit.

Le facteur sur lequel joue cette tactique est la résistance à l'évaporation, il est possible d'obtenir un délai de rémanence de l'ordre de 30 mn qui dépendra des conditions météorologiques ambiantes : pouvoir évaporant de l'air, vent, proximité du foyer et orientation de la barrière thermique par rapport à la direction de propagation du feu.

De toute façon, la rémanence sera maximale la nuit ; dans la plupart des cas, cette particularité est doublement intéressante puisque l'action des moyens aériens est interrompue et que celle des moyens terrestres est nettement gênée ou ralentie. Par conséquent, un épandage effectué à la tombée de la nuit peut permettre de stabiliser la situation ou de monter une manœuvre avec les moyens qui poursuivront l'attaque du feu.

### Les produits à long terme

Ils sont réservés à une action plus durable que les précédents mais leur mise en œuvre risque de demander des délais supplémentaires et de poser des problèmes de logistiques.

Ils serviront à quatre actions : création de barrière chimique, protection de point sensible, action d'urgence, action préventive.

— *La barrière chimique* sera constituée par un épandage de retardant à long terme projeté par pulvérisation. La dose correspondant en moyenne à une végétation de maquis ou de garrigue est de 1,2 l au mètre carré.

On peut appliquer le barème suivant :

- végétation herbacée 0,3 l à 0,35 l/m<sup>2</sup>,
- lande clairsemée 0,75 l/m<sup>2</sup>,
- garrigue ou maquis de 1 l à 1,5 l suivant la densité et la hauteur.

Le personnel s'en tient dans la pratique à la règle suivante : ne pas poursuivre la projection de produit au-delà du moment où il commence à ruisseler (« goutte tombante »).

Suivant la nature du produit, la concentration varie de 10 à 13,5 % en poids de produit par rapport à la solution finale. La largeur minimale de la bande traitée devra être égale à deux fois et demi la hauteur de la végétation.

Ce qui n'exclut pas les majorations dues aux conditions générales de propagation et à l'angle formé par la barrière chimique avec l'axe de propagation du feu.

Dans ce cas, la décision prise longtemps à l'avance repose sur une connaissance très solide du comportement du feu.

Les produits utilisés ont confirmé leur efficacité de 2 h à 6 h après leur épandage sur le terrain. On peut même leur demander un résultat très significatif plusieurs semaines après l'épandage sous réserve de n'avoir pas été lessivés par la pluie.

— *La protection de point sensible* est une manière très rentable d'utiliser le retardant à long terme dans les feux de grande surface. En effet, il arrive fréquemment qu'au cours de ces opérations le directeur des secours soit obligé de détacher une fraction importante de ses moyens pour assurer la protection rapprochée de constructions ou installations menacées par la propagation du feu.

Ce cas se présente notamment pour les habitations noyées dans les massifs, les campings ou les installations industrielles vulnérables implantées en bordure des zones boisées.

L'opération de protection pourra se limiter à l'immobilisation provisoire de l'élément chargé de l'épandage chimique, la barrière chimique assurant la sécurité des points sensibles.

Les règles techniques restent les mêmes que pour la barrière chimique.

— *Les actions d'urgence* (dégagement d'un détachement bloqué ou toute autre opération de sauvetage) pourront être accomplies, abstraction faite de toute considération de rentabilité par un ensemble de grand épandage attaquant à la lance-tourelle et à moindre degré par un détachement de camions-citernes feux de forêts moyens adaptés. En effet, ces engins peuvent toujours, à la limite, s'entourer d'une ligne ignifugée et résister à l'encercllement provisoire par le feu.

— *L'action préventive* peut être entreprise notamment pour protéger les abords de zones dangereuses (dépôt d'ordure), ceinturer les massifs de haute valeur ou bien protéger les installations sensibles ou les habitations isolées.

Ces opérations sont techniquement possibles sous réserve de bénéficier du financement important qu'elles peuvent impliquer (qui pourrait être assuré au moins en partie par les bénéficiaires de la prestation).

Elles doivent être réalisées avec précision pour bénéficier du meilleur rapport coût-efficacité possible.

D'autre part, les épandages ne doivent pas provoquer de dégâts biologiques ou des pollutions. De toute façon, il faut utiliser des dispositifs permettant une application nuancée.

Le traitement doit être fait en deux pulvérisations à demi-dose aux heures où la chaleur ambiante risque le moins de provoquer une réaction de la végétation ou des produits chimiques.

Cette opération qui peut assurer le plein emploi des ensembles de grand épandage ou des camions-citernes feux de forêts adaptés sort du cadre de notre étude. Elle a été effectuée systématiquement à titre d'essai en 1973 (50 km de bordure de piste traitée).

## ● Résultats obtenus

### Utilisation des produits à court terme

— Depuis 1972, le Service départemental d'incendie et de secours de l'Ardèche a utilisé le produit à court terme (polysaccharide).

Ces produits utilisés en **barrière thermique** par les engins d'incendie modifiés par les soins de leur atelier (camion-citerne feux de forêts lourd, camion-citerne feux de forêts moyen) ont obtenu des arrêts significatifs notamment dans des peuplements de genêts dont la combustion est en général vive et difficile à stopper (région d'Aubenas).

— Ces résultats ont été confirmés par l'ensemble de grand épandage prototype au feu de Saint-Zaccharie (Var-1972) en pratiquant l'attaque directe et semi-directe de nuit (60 t de solution de guar) pour stopper la propagation dans des thalwegs encaissés au-delà de la portée des engins classiques, en créant simultanément des barrières thermiques destinées à engager une éventuelle propagation.

### Utilisation des retardants à long terme

— Lors de l'incendie de Vitrolles (Bouches-du-Rhône, 1972), le même engin a participé à l'extinction en protégeant la ferme du Gros Pin par un épandage de retardant à base de D.A.P. (dose 11 %) et en établissant 4 barrières chimiques de 100 à 200 mètres (18 m<sup>3</sup> de solution consommés).

— Établissement d'une ligne de freinage du feu sur 600 m environ au feu de Canjuers (1974) avec du retardant au D.A.P. appliqué par l'ensemble de grand épandage.

— Établissement de 3 000 m environ de barrière chimique pour stopper le feu de Châteauneuf-le-Rouge (Bouches-du-Rhône, 1974). L'extrémité de cette barrière a servi à la protection d'un relai de télévision menacé par une reprise. L'ignifugation persistait sur la végétation trois semaines plus tard.

## MISE EN ŒUVRE PAR LES MOYENS AÉRIENS

L'utilisation des retardants par les moyens aériens a été entreprise depuis de nombreuses années par les services forestiers américains. L'adoption par la France de deux avions amphibies Catalinas P by A « CANSO » provenant du Canada, a vulgarisé la technique du largage d'eau contre les feux de forêts, l'introduction de deux P by 6 A légèrement différents provenant des États-Unis mettait en évidence l'emploi des solutions de bentonite; en effet, le système de largage des appareils P by 6 A était conçu pour larguer les retardants.

Actuellement, les aéronefs utilisés pour l'emploi systématique des retardants sont des avions terrestres ou des hélicoptères.

Le système de l'écopage employé sur le CL 215 Canadair en tant qu'hydravion lui permet d'apporter un tonnage d'eau pure important quand les distances feu-plan d'eau sont raisonnables ( $\leq 50$  km). A distance égale, compte tenu des délais nécessaires pour chaque phase des opérations, il faut en général beaucoup plus de temps pour faire le plein d'un avion au sol que par écopage. C'est pourquoi, le remplissage des CL 215 sur un aérodrome est globalement considéré comme un mal nécessaire : lorsque les plans d'eau sont inutilisables (houle, présence de plaisanciers, etc.) ou lorsque la distance feu-plan d'eau est prohibitive.

Pratiquement, s'il doit s'écouler plus de 20 mn entre deux largages, l'emploi des retardants est justifié car les effets d'un largage à l'eau pure seront neutralisés au bout d'un délai de 6 à 15 mn.

Ceci implique une organisation convenable de la logistique :

- réserve d'eau suffisante (de l'ordre de  $400 \text{ m}^3$ ) ou débit important du réseau d'alimentation,
- stock de produit,
- station de retardants capable de préparer les mélanges et de remplir un avion en moins de deux minutes.

Faute de ces moyens, le rendement des moyens aériens risque de baisser en dessous du seuil de rentabilité.

### ● Produits utilisés

A l'occasion de chaque décollage de la base de Marignane, le plein des soutes des CL 215 est fait avec un retardant à court terme à base de polysaccharide.

Ces produits ont été choisis en raison

- de leur neutralité sur le plan chimique qui évite tout risque de corrosion,
- de leur compatibilité avec les eaux de pH variable, saumâtres ou salées,
- de leur viscosité élevée à faible concentration.

### ● Solutions techniques adoptées

#### Station de retardant élémentaire

Tout aérodrome équipé convenablement dispose d'une réserve de 5 t au moins de retardants, d'un groupe motopompe débitant  $144 \text{ m}^3/\text{h}$  avec eau pure ( $200 \text{ m}^3/\text{h}$  avec retardant), d'un mélangeur à hydro-injecteur fonctionnant manuellement.

#### Équipements complémentaires

- manutention mécanique des produits par tapis roulant (base d'Ajaccio),
- hydro-injecteur automatique et pompe de secours (base de Marignane),
- silo de produit en vrac,
- manutention des produits par fluidisation à l'air comprimé.

### ● Emploi des retardants à long terme

Un produit à base de phosphate biammonique a été expérimenté à la base de Marignane au cours des années 1967-1968. Il s'agissait d'une solution concentrée d'attapulgite et de D.A.P., ce produit était approvisionné directement à l'usine par les camions-citernes du service d'incendie et stocké en réservoirs métalliques. Il suffisait de le diluer dans l'eau au moment de l'emploi (dose 20 à 30 %).

Ce produit satisfaisant au point de vue de l'efficacité ne nécessitait pas de mélangeur. Malheureusement, il n'est plus produit industriellement en France.

D'autres produits sont envisagés, il s'agit de poudres à base de D.A.P. La préparation des solutions demande une importance logistique et une station de retardants pourvue d'un mélangeur à gros débit.

### ● Coloration

Afin de réaliser sur le terrain des lignes de retardants continues, il est nécessaire de colorer fortement les solutions. Les colorants actuellement envisagés sont l'oxyde ferrique additionné d'une légère quantité de rhodamine B pour les retardants à long terme, le blanc de zinc pour les solutions à court terme.

### ● Largage des retardants par avions citernes

Les avions utilisés en France sont exclusivement les CL 215, toutefois un avion agricole léger, le Piper Pawnee a été expérimenté comme appareil de surveillance en 1967.

Avec une solution de retardants, le CL 215 traite une surface maxima de 2 100 m<sup>2</sup> (fig. n° 15). On peut noter que les aéronefs utilisés en Amérique du Nord appartiennent à toutes catégories depuis l'avion léger jusqu'au DC 6 et au C 130, en passant par les anciens chasseurs bombardiers TBM.

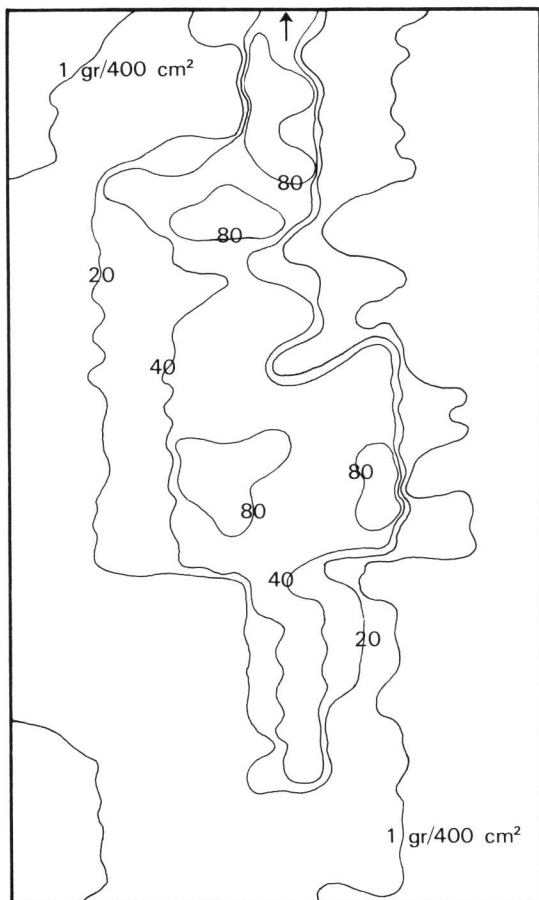


Figure n° 15  
**DISPERSION D'UN RETARDANT  
A COURT TERME (HYDROXYÉTHYL-  
CELLULOSE) PAR CL 215.**

Vitesse de l'avion : 180 km/h  
Altitude : 45 m  
Vent au sol : 11 km/h  
Direction du vent : 335°

Ouverture successive des portes

Superficie approximative de la zone ayant  
reçu plus de 0,5 l d'eau par m<sup>2</sup> : 1 900 m<sup>2</sup>.

### ● Perspectives nouvelles

L'utilisation des avions amphibies semble devoir s'orienter vers la technique du mélange de retardants en cours d'écopage.

Les essais de laboratoire déjà effectués (Laboratoire national d'essais) nous ont confirmé dans le choix d'un retardant à court terme (polysaccharide évolué) dont une réserve suffisante pour 12 largages serait stockée dans l'avion.

Deux solutions ont été étudiées pour résoudre le problème du mélange en cours d'écopage :

- la Société Field a testé un système à hydro-injecteur qui semble donner satisfaction aux essais en vol ;
- la Société Bertin a défini un dispositif hydro-pneumatique qui sera essayé sur une maquette en vraie grandeur permettant de simuler l'écopage.

Ces solutions sont a priori très intéressantes pour obtenir le meilleur rendement du CL 215 en combinant les avantages de l'écopage (fort tonnage d'eau transporté au feu) et de l'emploi des retardants (pouvoir extincteur et rémanence).



Toutefois, il est nécessaire de les soumettre à un programme d'essais très complet avant de se prononcer sur leur fiabilité.

Enfin, il faut signaler l'adoption aux U.S.A. d'ensembles amovibles légers comportant un réservoir de retardants pressurisé permettant de transformer un avion-cargo (C 130) en avion-citerne dont l'épandage fait 400 m de long. Ce dispositif permet de mettre sur pied très rapidement une flotte d'appoint en cas d'urgence. Le « module aéroporté » fait 13 600 litres en cinq réservoirs.

### ● Épandage des retardants par hélicoptères

Les hélicoptères sont actuellement très utilisés aux États-Unis pour la lutte contre les feux de forêts, on citerait le nombre de 400 hélicoptères (dont la majorité est louée) en service pour l'observation, le transport du personnel ou le largage de retardants. Dans ce dernier cas, les citernes utilisées sont de deux types : citernes ventrales fixées entre les patins de l'hélicoptère et citernes suspendues à une élingue.

### ● Utilisation de l'avion ou de l'hélicoptère

A ce sujet, M. E. Sanfilippo du Service forestier italien (Cagliari) cite dans un rapport de mission d'études aux États-Unis (décembre 1973) un cas concret de comparaison entre avion terrestre et hélicoptère qui a donné les résultats suivants, au cours d'un feu qui aurait sévi dans la région de Anburn Riverside (1964).

Type d'aéronef	Durée d'une rotation (minutes)	Nombre de largages à l'heure	Coût de l'heure de vol	Volume unitaire largué	Tonnage à l'heure	Prix de revient par gallon
Hélicoptère	1,5	40	140 dollars	100 Gal US	4 000 Gal	0,037 dollar
Hélicoptère	4	15	140 dollars	100 Gal	1 500 Gal	0,093 dollar
Hélicoptère	6	10	140 dollars	100 Gal	1 000 Gal	0,143 dollar
Avion F 7 F	15	4	360 dollars	800 Gal	3 200 Gal	0,113 dollar
Avion F 7 F	20	3	360 dollars	800 Gal	2 400 Gal	0,150 dollar
Avion F 4 F	30	2	360 dollars	800 Gal	1 900 Gal	0,225 dollar

Nota : U.S. Gal = 3,785 l.

Le même rapport conclut que chacun de ces types d'aéronefs doit être utilisé au mieux de ses aptitudes spécifiques en tenant compte de la vitesse de l'avion et de la puissance d'impact de sa charge et de l'aptitude de l'hélicoptère à opérer en terrain inaccessible et à remplir des missions très variées...

### ● Résultats obtenus en opérations

Quelques documents photographiques illustrent les possibilités de stopper la propagation du feu de forêt par épandage aérien de retardants.

Depuis 1966, il nous a été donné d'observer fréquemment des zones de verdure intactes traitées aux retardants au contact de zones incendiées.

Les résultats les plus nets ont été obtenus avec les produits à base de phosphate biammonique mais les produits à court terme sont unanimement considérés comme plus efficaces que l'eau pure.

### ● Méthode d'emploi

D'une façon générale la première vague d'avions CL 215 part de Marignane chargée de retardant à court terme (guar 27,5 kg par avion de 5 500 l). Le largage initial est placé à cheval sur la ligne de feu de façon à obtenir simultanément l'effet d'extinction et la barrière thermique. Cette phase peut avoir un effet décisif sur le feu : c'est ainsi qu'à un sinistre en terrain montagneux en Lozère un foyer de 500 m de longueur a été pratiquement anéanti par 6 largages successifs. La mission totale ayant duré 1 h 30.

La suite de la mission est souvent effectuée par les largages d'eau pure après écopage.

Toutefois, on peut citer les feux dans le secteur de l'aérodrome du Cannet-des-Maures (équipé d'une station de retardants) au voisinage duquel il est plus rentable d'opérer des pleins au sol. Nous avons assisté à des largages au feu de Trans (Var) en 1974 qui ont stoppé la propagation en plein massif.

## RENTABILITÉ DE L'UTILISATION DES RETARDANTS

La décision de mettre en œuvre les retardants au niveau opérationnel doit être le résultat d'une analyse assez complète des facteurs.

Ces facteurs se résument en trois points :

- facteur technique;
- facteur opérationnel;
- facteur économique.

### FACTEUR TECHNIQUE

Les résultats exposés plus haut indiquent que l'eau additionnée de retardant a une efficacité plus élevée que l'eau pure.

C'est ainsi que l'on peut ramener le raisonnement à quelques données numériques.

On peut considérer que l'extinction d'un feu de forêts peut exiger des quantités d'eau pure importantes : la base de 3 l/m<sup>2</sup> est jugée normale; on peut aller jusqu'à 8 l/m<sup>2</sup> et plus.

Les retardants pour faire le même travail sont utilisés à raison de 1 l à 1,5 l/m<sup>2</sup> suivant leur catégorie. La persistance des effets des retardants à court terme est au moins double de celle de l'eau pure. Enfin, celle des produits à long terme, certifiée pour 2 à 6 heures peut s'étendre à plusieurs semaines.

Il est difficile de donner un coefficient technique d'efficacité mais on peut estimer que dans le cas d'un emploi rationnel ces produits multiplient très sensiblement les effets de l'eau à volume égal.

Les solutions techniques aux problèmes posés par la mise en œuvre des produits sont de deux natures :

- modification ou perfectionnement des engins terrestres,
- adaptation du produit retardant et de son conditionnement.

Nous avons vu qu'une modification légère des engins classiques permet de préparer et d'employer facilement les produits retardants évolués.

Cette modification sera inévitable si les services d'incendie veulent pouvoir utiliser tous les additifs chimiques. Elle peut être réalisée artisanalement par les services d'incendie mais il paraît plus rationnel de l'inclure dans la norme des engins d'incendie. Cette procédure est engagée, les deux contraintes à lever étant le refroidissement des moteurs de motopompes et le mélange des produits.

D'autre part, les produits retardants doivent évoluer de manière à répondre à la demande des utilisateurs que sont les sapeurs-pompiers.

— En ce qui concerne les produits à court terme, ils doivent être conditionnés en emballages correspondant à une dose pour un camion-citerne feux de forêts moyen, avoir une rémanence de 30 mn, se dissoudre facilement et rapidement sans système spécial, et avoir un prix très bas. La dose d'application sera faible (moins de 1 %).

Ces produits seront donc à base de guar présenté sous la forme d'une pâte soluble contenant 30 à 45 % d'extrait sec prégonflé dans le diéthyl glycol : la dilution est aisée sans mélangeur avec simple recyclage dans la pompe. La dose d'emploi est de 0,3 à 0,8 % soit 3 à 8 kg par tonne de solution. Le conditionnement se fait en bidon plastique contenant une ou deux doses pour un camion-citerne feux de forêts moyen. Une préparation en granulés solubles (comparable au lait ou au café soluble) est en cours de mise au point.

Ces produits sont dans l'ensemble satisfaisants pour les utilisateurs sous réserve de leur stabilité au stockage.

On peut également utiliser des poudres solubles à base de polysaccharide ou de dérivés de la cellulose permettant une dissolution par simple recyclage avec une dose de 0,3 à 0,5 %. Mais ces poudres ont l'inconvénient d'être actuellement très coûteuses.

— Les retardants à long ou moyen terme doivent être ignifugeants, posséder une rémanence de deux heures, se dissoudre aisément sans mélangeur, ne provoquer aucune corrosion et aucune dégradation biologique, avoir enfin un prix de revient peu élevé. La dose d'application doit être inférieure à 10 %.

Il existe sur le marché français des poudres solubles par simple recyclage sans mélangeur. La dose d'application est cependant toujours égale ou supérieure à 10 %, mais des essais opérationnels permettent d'envisager une réduction de cette dose vers 7 %. Leur utilisation demande également des précautions (application minutieuse, surveillance de la ligne d'arrêt chimique). La logistique reste lourde.

## FACTEUR OPÉRATIONNEL

C'est probablement à ce niveau que la généralisation de l'emploi des retardants est la plus difficile.

En effet, il faut satisfaire à deux exigences :

- qualification de l'encadrement,
- organisation de la logistique.

Le problème du personnel est assez délicat à résoudre ; en effet, il faut former des cadres qualifiés pour la mise en œuvre des produits mais surtout modifier les habitudes acquises et adapter la doctrine de lutte pour inclure harmonieusement l'arme chimique dans la tactique générale.

Des stages d'officiers et de mécaniciens sapeurs-pompiers sont organisés à cette fin au Centre d'essai de Valabre.

Le ravitaillement en produits peut être organisé simplement pour les retardants à court terme puisqu'il est possible de placer 10 à 12 doses sur l'engin de base de la lutte qui est le camion-citerne feux de forêt moyen.

La masse totale de produit sera comprise entre 50 et 120 kg emballage compris.

Dans le cas des produits à longue efficacité, il faut prévoir la fourniture simultanée de tonnes d'eau et de produits chimiques, même dans l'hypothèse optimiste d'une réduction des concentrations à 7 % au moins.

Actuellement, il faut reconnaître que l'encadrement des services d'incendie départementaux est limité et suffit à peine pour coordonner l'attaque des feux et faire fonctionner les postes de commandement départementaux. Le soutien logistique est donc un de ses soucis majeurs et il faut attendre d'avoir obtenu un niveau d'encadrement normal pour mettre sur pied une organisation logistique puissante comparable à celle des opérations militaires ou des chantiers de travaux publics.

Sur le plan matériel, la solution concrète est celle qui a été mise sur pied avec l'ensemble de grand épandage qui est une formation tactique intégrée comportant à la fois :

- l'engin d'attaque ou d'épandage,
- le camion logistique avec la réserve de produits,
- les moyens de mélange et de stockage de produit préparé,
- un engin d'alimentation en eau.

## FACTEUR ÉCONOMIQUE

Une analyse superficielle des problèmes économiques conduit à rejeter les additifs chimiques et en particulier les retardants en vertu de leur prix élevé par rapport à l'eau qui est supposée gratuite.

Il faut examiner le coût global des opérations pour évaluer le coût relatif de l'emploi des retardants dans l'hypothèse où on leur a reconnu une efficacité suffisante pour les prendre en considération.

A titre d'exemple un feu de 3 200 ha a coûté 20 500 h/homme de travail et la présence de 126 véhicules, soit un coût direct de l'ordre de 700 000 F pour les moyens terrestres seulement.

### Opérations terrestres

Ces opérations représentent un prix de revient non négligeable et d'autant moins que les moyens mis en œuvre sont beaucoup plus élevés pour les grands incendies.

Il n'est donc pas interdit de penser que l'addition de 5 kg par tonne d'eau utilisée soit une opération rentable sachant que le coût supplémentaire apporté par le produit n'est que de l'ordre de 25 à 40 F par tonne d'eau.

### Emploi par moyens aériens

Les renseignements d'origine américaine cités plus haut permettent de chiffrer en 1964 le prix de revient pour un avion terrestre de 4,7 t de capacité environ et pour un hélicoptère léger équipé d'un réservoir 380 l.

Pour un coût horaire de 140 dollars U.S., le prix de la tonne transportée par hélicoptère léger varie de 10 à 37 dollars environ suivant les distances à parcourir.

Pour un coût horaire de 360 dollars U.S., le prix de la tonne transportée par avion varie de même de 30 dollars à 60 dollars.

La figure n° 16 ci-après rend compte des résultats prévisibles avec le CL 215 en tenant compte du coût total de l'heure de vol et de son coût direct.

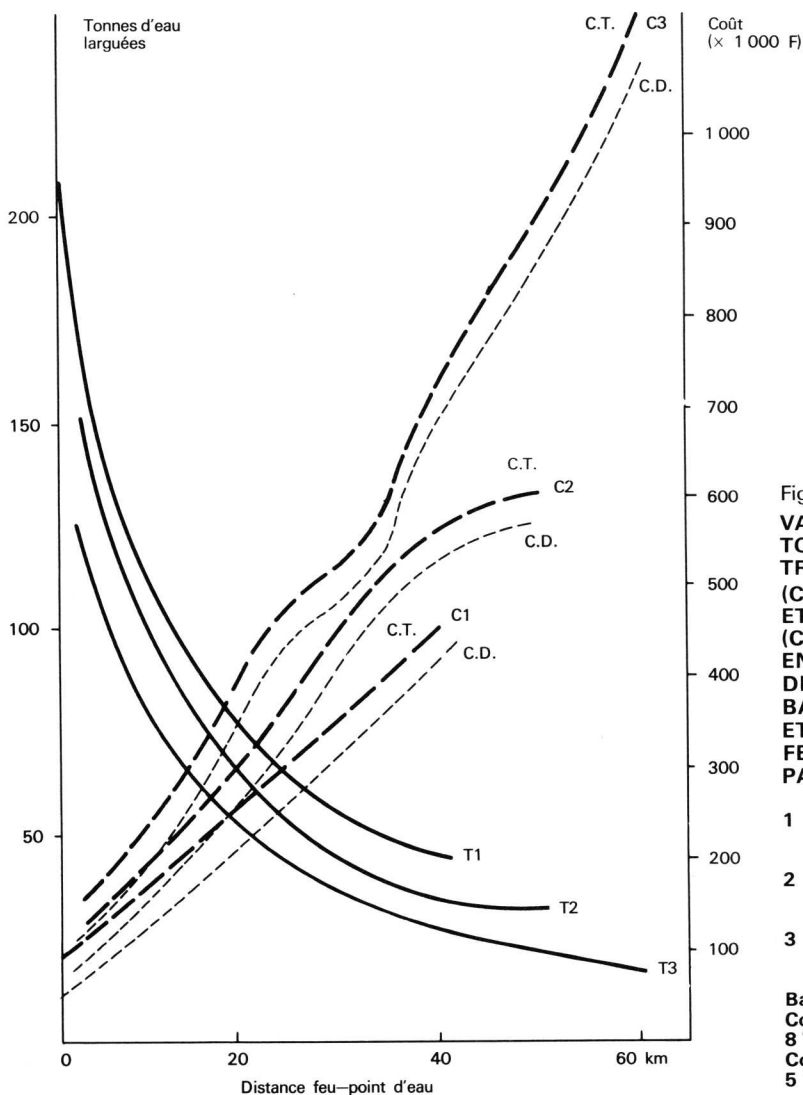
Dans les mêmes conditions que pour les moyens terrestres, on peut envisager favorablement le coût supplémentaire correspondant à l'utilisation des produits à court terme.

Par contre, l'emploi des produits à long terme d'un prix moyen de l'ordre de 3,5 F le kilogramme se traduirait par une augmentation du prix de l'eau pure de l'ordre de 350 à 400 F par tonne de solution.

Il faut donc que ces produits soient appliqués avec discernement pour en tirer le maximum de rendement.

Le bilan désastreux des grands incendies propagés du fait d'un vent violent permet de penser que cette utilisation serait rationnelle.

Selon M. Carl C. Wilson de la Division of cooperative fire control (Washington D.C.) chargé de mission par la F.A.O. en ce qui concerne les feux de forêts de la façade méditerranéenne : l'extinction d'un « feu de bilan » coûte environ 378 F par mètre linéaire et à son avis l'emploi des retardants réduirait notablement ces coûts. Il va de soi que l'évaluation américaine est majorée par le prix élevé de la main-d'œuvre, mais elle est par ailleurs moins lourde en ce qui concerne le prix des carburants et dans une moindre mesure par le fait que les prestations de travail aérien seraient relativement moins onéreuses aux États-Unis.



Le rôle essentiel revient aux organisateurs qui sont chargés de poser clairement les problèmes techniques ou opérationnels et de définir l'emploi des moyens.

C'est pourquoi, il ne faut pas demander aux produits chimiques de jouer un rôle dépassant leur objectif spécifique dans l'extinction du feu.

L'aptitude des services d'incendie départementaux à utiliser l'arme chimique traduit un degré de perfectionnement qui n'est pas encore atteint à tous les niveaux. En conséquence, la décision du Service national de la protection civile d'introduire les retardants dans la lutte et même l'action préventive, est indiscutablement un facteur de progrès technique mais elle doit susciter à terme une amélioration plus générale de la qualité des personnels d'encadrement et de l'organisation logistique.

Capitaine Claude MARET

Responsable du Centre d'essais

CENTRE D'INSTRUCTION ET D'ÉTUDES  
DE LA PROTECTION CIVILE  
13120 VALABRE-GARDANNE