



La mousse





Table des matières

Introduction	4
A. GENERALITES SUR LES MOUSSES ET EMULSEURS.....	4
1. Définitions	4
1.1. Mousse.....	4
1.2. Solution moussante (ou prémélange).....	4
1.3. Emulseur	4
2. Mode d'action des mousses	4
2.1. Etouffement	4
2.2. Refroidissement	4
2.3. Ecran	4
3. Valeurs	5
3.1. Taux de foisonnement (TF).....	5
3.2. Taux de concentration (TC).....	5
3.3. Taux de rendement (TR).....	5
4. Qualités exigibles des mousses	5
4.1. Stabilité statique.....	5
4.2. Décantation.....	5
4.3. Fluidité.....	6
4.4. Adhérence et cohésion	6
4.5. Stabilité dynamique.....	6
4.6. Polyvalence.....	6
B. LES APPAREILS PRODUCTEURS DE MOUSSE.....	7
1. Les injecteurs	7
1.1. Rôle	7
1.2. Fonctionnement	7
1.3. Pression de fonctionnement	7
1.4. Schéma descriptif.....	7
2. Les proportionneurs automatiques	8
3. Les lances	8
3.1. Les lances à mousse	8
3.2. Les lances-canon à mousse	8
4. Générateurs moyens et haut foisonnement.....	8
4.1. Rôle	8
4.2. Fonctionnement	8
4.3. Performances	9
5. Les déversoirs (ou épendeurs)	9
6. Les LDV (Lances à Débits Variables)	9
C. MODE D'ACTION	10
1. Débit critique	10
2. Taux d'application (TA).....	10
3. Taux critique	11
4. Taux d'extinction.....	11
5. Taux de temporisation (TT).....	12



D.	LIQUIDES POLAIRES.....	13
1.	Définition	13
1.1.	Hydrophobie	13
1.2.	Hydrophilie	13
1.3.	Amphiphile	13
2.	Liquides polaires	13
E.	FAMILLES D'EMULSEURS	14
1.	Emulseurs pour feux d'hydrocarbures	14
2.	Emulseurs polyvalents pour feux d'hydrocarbures et de liquides polaires	14
F.	Conclusion.....	15
1.	Avantages et inconvénients	15
1.1.	Avantages.....	15
1.2.	Inconvénients.....	15
2.	Récapitulatif.....	15
	Sources d'informations	15

Notification

Bien que ce document ait été élaboré avec soin à partir de sources reconnues comme fiables, *Swiss Firefighters*, ses administrateurs, son personnel ainsi que les personnes et organismes qui ont collaboré à cette élaboration n'assument aucune responsabilité concernant ce document. Ce dernier ne remplace en aucun cas les documents officiels de la *Fédération Suisse des Sapeurs-Pompiers* (F.S.S.P.) ou d'autres organismes officiels. Ce document a été réalisé à titre informatif.

Dans le cas où il y apparaîtrait la mention d'un produit ou d'un service, cette mention ne doit en aucun cas être interprétée comme une adhésion de *Swiss Firefighters*, de ses administrateurs, de son personnel ou de tout collaborateur individuel ou corporatif, ni comme leur recommandation de tel produit ou de tel service.

Toute reproduction, distribution, modification, retransmission ou publication (sur Internet ou sur papier), même partielle, de ces différents éléments est strictement interdite sans l'accord écrit de *Swiss Firefighters*. Pour de plus amples informations, référez-vous aux conditions générales présentes sur le site.

Swiss Firefighters (www.swiss-firefighters.ch) est un site Internet privé et non-officiel sur les sapeurs-pompiers suisses et ne dépend en aucun cas à un corps de sapeurs-pompiers ou autres.



Introduction

De plus en plus souvent, les sapeurs-pompiers ont à faire face à des feux spécifiques sur lesquels l'eau, sous la forme classique, est inopérante et même parfois contre-indiquée. Dans les grandes villes, ils peuvent être amenés à combattre des feux de toutes natures et leur équipement doit être conçu en conséquence. Même en milieu rural, l'essor de l'industrie, impliquant un accroissement considérable des transports de diverses matières dangereuses, oblige à prévoir des interventions où l'eau n'a pratiquement plus sa place. On peut affirmer sans risque d'exagérer que parmi les agents extincteurs modernes, la mousse occupe la première place.

A. GENERALITES SUR LES MOUSSES ET EMULSEURS

1. Définitions

1.1. Mousse

Agent extincteur constitué par un agglomérat de bulles -plus ou moins fines- formées physiquement avec une solution moussante et de l'air.

1.2. Solution moussante (ou prémélange)

Mélange d'émulseur et d'eau dans des proportions définies permettant d'obtenir de la mousse.

1.3. Emulseur

Liquide ayant la propriété de diminuer la tension superficielle de l'eau, ce qui permet la formation des bulles. Il existe des émulseurs protéiniques et des émulseurs synthétiques (cf. infra: COMPLEMENT/Les familles d'émulseurs).

2. Mode d'action des mousses

2.1. Etouffement

Les mousses ont la propriété de se répandre en nappe à la surface des liquides ou des amas de corps solides, les recouvrant d'un tapis qui, s'il a une épaisseur suffisante, est étanche aux vapeurs et gaz inflammables, ainsi qu'à l'oxygène de l'air, empêchant ainsi l'entretien de la combustion.

Exemple :

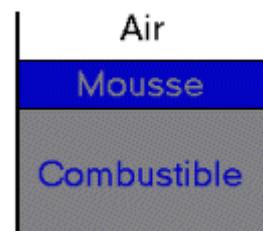
1 kg d'essence consomme 3.6 kg d'oxygène, soit environ 16 kg d'air (environ 12'000 L.).

2.2. Refroidissement

En outre, l'eau provenant de leur destruction par les flammes ou la chaleur, surtout au début de leur déversement, se vaporise, provoquant un certain refroidissement du foyer. Toutefois, ce type d'action reste limité.

2.3. Ecran

Enfin, il y a création d'un écran contre la diffusion de la chaleur rayonnante.





3. Valeurs

3.1. Taux de foisonnement (TF)

$$TF = \frac{\text{Volume de mousse obtenue}}{\text{Volume de solution moussante}}$$

- Mousse lourde = TF jusqu'à 20
- Mousse moyenne = TF de 20 à 200
- Mousse légère = TF au-delà de 200

3.2. Taux de concentration (TC)

$$TC = \frac{\text{Volume d'émulseur}}{\text{Volume de solution moussante}}$$

3.3. Taux de rendement (TR)

$$TR = \frac{\text{Volume de mousse}}{\text{Volume d'émulseur}}$$

4. Qualités exigibles des mousses

4.1. Stabilité statique

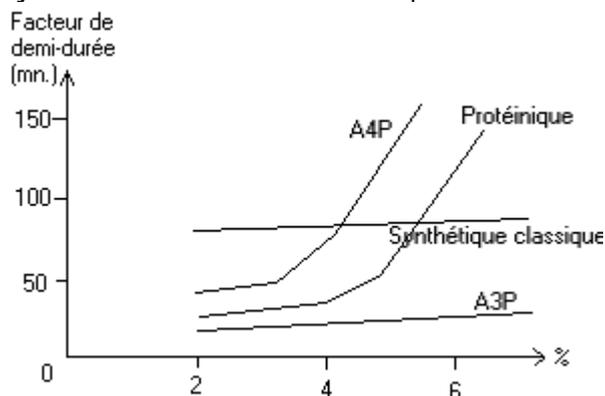
Elle est équivalente au pouvoir de rétention d'eau des mousses.

4.2. Décantation

Dès sa formation, la mousse commence à se détruire pour retourner à l'état de solution moussante.

Temps de décantation 25% = temps au bout duquel la mousse a perdu le quart de son liquide de constitution. De même le facteur de demi-durée équivaut au temps nécessaire à la mousse pour laisser échapper 50% de sa phase liquide.

On cherche toujours à obtenir une mousse qui décante lentement.



Courbes du temps de décantation en fonction de la concentration en émulseur.



4.3. Fluidité

Exprimée par la tension de cisaillement de la mousse, elle représente en fait sa facilité d'étalement et sa capacité à s'insinuer dans les recoins autour des obstacles. La fluidité résume l'ensemble des qualités suivantes:

- Mobilité ou vitesse d'étalement
Assurer une couverture rapide du foyer. La vitesse d'étalement s'exprime en s/m² (cf. infra: COMPLEMENT/Mode d'action: Taux d'application).
- Elasticité
Reconstitution rapide d'une couverture homogène après rupture accidentelle du tapis de mousse.

4.4. Adhérence et cohésion

Les bulles doivent constituer un ensemble homogène et cohérent, adhérer les unes aux autres ainsi qu'aux surfaces et parois, même inclinées, sur lesquelles elles sont appliquées.

4.5. Stabilité dynamique

La valeur de la résistance dynamique d'une mousse peut être mesurée par:

- La résistance à la contamination au contact des combustibles
 - Froid
 - Chaud
 - Contact doux (déversoir)
 - Contact violent (jet direct)
- La résistance à la réinflammation
 - Imperméabilité
 - Réinflammation (rapidité de propagation du feu après réallumage d'une surface dégarnie de mousse).

4.6. Polyvalence

Les mousses extinctrices qui sont capables d'éteindre les feux d'hydrocarbures et les feux de liquides polaires sont nommées mousses polyvalentes (cf. infra: COMPLEMENT / Liquides polaires).

Exemple:

Un émulseur fluoroprotéinique éteint très rapidement un feu d'hydrocarbures (fuel-oil) mais n'est pas capable d'éteindre un feu d'éthanol. En revanche, l'émulseur fluoroprotéinique polyvalent obtient l'extinction sur l'éthanol mais son efficacité sur les hydrocarbures diminue presque de moitié par rapport à l'émulseur fluoroprotéinique non polyvalent.



B. LES APPAREILS PRODUCTEURS DE MOUSSE

1. Les injecteurs

Aussi appelés *proportionneurs*, *prémélangeurs*, *doseurs* ou encore *hydro-injecteurs*.

1.1. Rôle

Mélanger à l'eau une quantité déterminée d'émulseur pour obtenir une solution moussante convenablement dosée.

Certains sont réglés une fois pour toute en usine, d'autre sont munis d'un dispositif de réglage du débit d'émulseur.

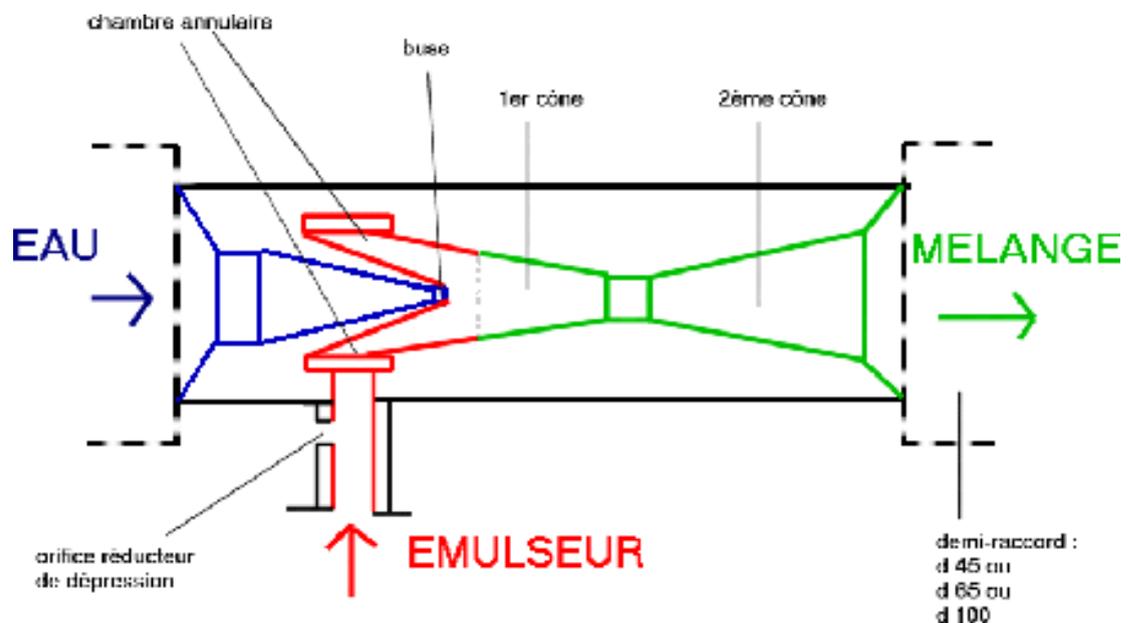
1.2. Fonctionnement

Le fonctionnement de l'injecteur est basé sur le principe de la trompe à eau: l'eau en pression, animée d'une certaine vitesse dans la traversée de l'injecteur, y crée une dépression qui, par effet de succion, provoque l'arrivée de l'émulseur dans un tube relié à l'injecteur et plongé dans le récipient contenant l'émulseur. Au débouché de ce tube dans l'injecteur, l'émulseur est entraîné par le courant d'eau à laquelle il se mélange dans l'établissement de tuyaux, en aval.

1.3. Pression de fonctionnement

L'injecteur ne fonctionne qu'en pression dynamique. La pression d'eau à l'entrée de l'injecteur doit être d'au moins 8 bars. L'injecteur introduit une perte de charge importante, de l'ordre de 25 à 30%. Pour disposer d'une pression suffisante à la lance ou au générateur, la distance de refoulement en aval de l'injecteur doit donc être aussi courte que possible (20 à 40 mètres en principe et jusqu'à 80 mètres au maximum).

1.4. Schéma descriptif





2. Les proportionneurs automatiques

Ce sont en fait de véritables pompes à émulseur qui évitent la perte en charge due à un injecteur classique.

Les plus précis permettent de fournir un taux de concentration choisi par l'utilisateur et ce, quelque soit le débit en eau.

D'abord installés sur des engins spéciaux de grande capacité (FMoGP: Fourgon Mousse Grande Puissance, etc) ces appareils tendent à se généraliser sur les engins plus modestes (PS, FPTL, FPT, RMo...).

3. Les lances

3.1. Les lances à mousse

Fonctionnement :

Le fonctionnement des lances génératrices est, comme pour l'injecteur, inspiré du principe de la trompe à eau.

La solution moussante débouche à grande vitesse dans le fût de lance sous forme de jets multiples ou annulaires. L'air inspiré par la dépression importante qui en résulte est incorporé à la solution moussante. L'ensemble, énergiquement brassé dans la traversée du fût de lance, donne naissance à la mousse.

3.2. Les lances-canon à mousse

On appelle ainsi des lances à mousse, à gros débit et grande portée, montées :

- soit en position fixe (raffineries, dépôts pétroliers, etc),
- soit demeure sur des engins spéciaux (aéroports, industries pétrolières ou chimique...),
- soit sur affût portable,
- soit sur châssis remorquables.

4. Générateurs moyens et haut foisonnement

4.1. Rôle

Ces appareils produisent une mousse à coefficient de foisonnement beaucoup plus élevé que celui de la mousse provenant des lances et canons à mousse; cette mousse, très légère, ne peut être projeté qu'à courte distance (moyen foisonnement) ou doit être canalisée ou déversée sur le foyer (haut foisonnement).

4.2. Fonctionnement

Le principe est identique à celui des lances et canons; mais la solution eau-émulseur est projetée à travers un tamis à mailles fines, d'un calibre bien déterminé; elle le franchit en incorporant de l'air, aspiré par dépression. Le générateur comporte parfois un ventilateur, mû par un moteur électrique, thermique ou hydraulique, qui active la vitesse de l'air, favorisant la formation des bulles.

La canalisation de la mousse est réalisée, s'il y a lieu, au moyen de manches souples de fort diamètre ou de déversoirs (cf. infra B/V. Les déversoirs).



4.3. Performances

La gamme des foisonnements réalisables est extrêmement étendue. En voici quelques exemples:

	Débits de prémélange	Foisonnements	Débits de mousse
MF	200 l/mn	150	30 m ³ /mn
HF	240 l/mn	500	120 m ³ /mn
	200 l/mn	1000	200 m ³ /mn
	450 l/mn	1000	450 m ³ /mn
	1250 l/mn	1000	1250 m ³ /mn

5. Les déverseurs (ou épendeurs)

Ce sont des accessoires destinés à faciliter l'épandage de la mousse sur les surfaces à recouvrir ou dans les des volumes à remplir.

On les place à l'extrémité du dispositif producteur de mousse, soit sur les lances, soit en aval des générateurs, soit encore au débouché des canalisations dans les installations fixes.

Ils évitent à la mousse de traverser les fumées et gaz chauds qui la détruiraient en grande partie avant d'atteindre la surface en feu.

6. Les LDV (Lances à Débits Variables)

De plus en plus répandues, ces lances offrent toutes la possibilité de produire de la mousse bas foisonnement de plus ou moins bonne qualité.

L'adaptation d'embouts particuliers (polymousse) améliore considérablement ces capacités. De plus, certains de ces adaptateurs travaillent maintenant dans les gammes de moyens foisonnements.

Enfin, il faut retenir qu'une LDV ne s'utilise, normalement, à la mousse, qu'en jet bâton et à son plus fort débit (attention cependant aux capacités de l'injecteur placé en aval).



C. MODE D'ACTION

1. Débit critique

Lors de l'emploi de la mousse, deux effets antagonistes apparaissent :

- Effet positif = production de mousse :
 - débit de mousse,
 - propagation: mobilité,
 - fluidité.
- Effet négatif = destruction de la mousse :
 - Décantation,
 - solubilisation: à froid (liquides polaires),
 - à chaud,
 - évaporation,
 - contamination.

DOMAINE CRITIQUE

Le *débit critique* est celui qui correspond à l'état stationnaire entre flamme et mousse.

2. Taux d'application (TA)

Il représente la quantité de solution moussante déversée par unité de temps sur l'unité de surface à éteindre.

$$TA = \frac{\text{Débit de solution moussante en l/mn}}{\text{Surface en feu en m}^2} \text{ exprimé en l/(m}^2\cdot\text{mn)}$$



3. Taux critique

Expérience :

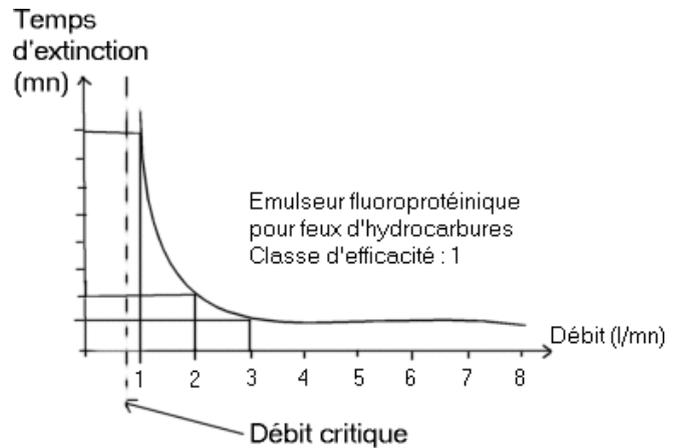
On étudie le temps d'extinction nécessaire, pour une surface donnée, en fonction du débit de plusieurs lances.

Surface à éteindre = 1 m².

Lance 3 l/mn. : extinction en 1 mn.,

Lance 2 l/mn. : extinction en 2 mn.,

Lance 1 l/mn. : extinction en 6 mn..



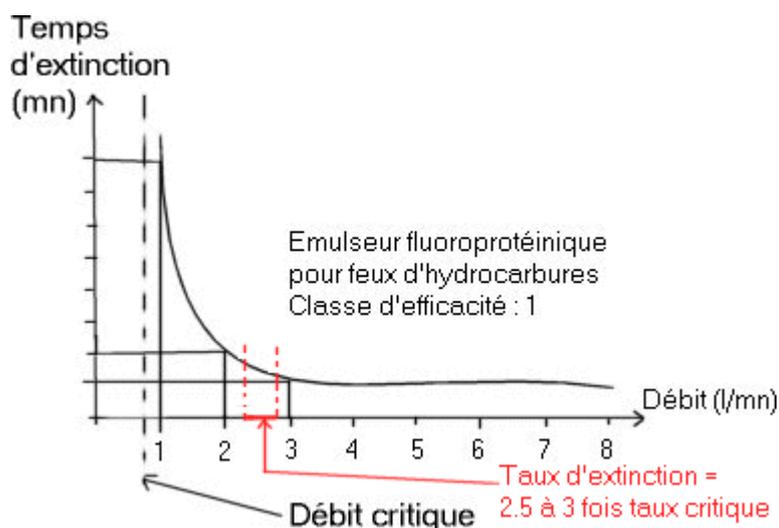
Le taux critique, est par conséquent le taux réel, d'application varie surtout en fonction:

- de la nature du liquide combustible: volatilité, miscibilité avec l'eau,
- de la température du liquide combustible: zone chaude au-dessous de la surface de combustion pouvant progresser de 60 à 90 cm/h,
- de l'épaisseur de la couche de liquide en feu: feu de «flaque», feu de réservoir.
- du mode d'application de la mousse: application «douce» ou indirecte, application «violente» ou directe.

4. Taux d'extinction

Il est défini à partir du taux critique. Sa valeur est donc fonction des qualités conjuguées du produit à éteindre et de l'émulseur utilisé.

En général, il est égal à 2,5 à 3 fois le taux critique.





5. Taux de temporisation (TT)

Il est important d'appliquer la mousse sur le foyer le plus rapidement possible, même à un taux d'application inférieur au taux requis pour l'extinction. C'est ce qui se passe pendant toute la **phase de temporisation du feu**.

Ce taux d'application réduit permet, en attendant les renforts nécessaires:

- de réduire l'intensité du foyer,
- de diminuer les risques de propagation par rayonnement thermique.

L'expérience a montré qu' un taux d'application égal à la moitié du taux d'extinction permet de réduire de 50% environ l'intensité du flux thermique rayonné.

$$TT = \frac{\text{Taux d'extinction}}{2}$$

Il est important de noter qu'il s'agit essentiellement d'un chiffre permettant de définir les besoins réglementaires d'une installation.



D. LIQUIDES POLAIRES

1. Définition

1.1. Hydrophobie

Littéralement, qui évite l'eau. C'est le cas de tous les corps gras (l'huile ne se mélange pas avec l'eau).

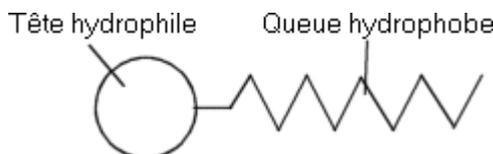


1.2. Hydrophilie

Par opposition, qui a de l'affinité pour l'eau. Par exemple, l'alcool se dissout facilement dans l'eau.

1.3. Amphiphile

Se dit de certaines molécules qui ont une moitié hydrophile et une moitié hydrophobe. On les schématise généralement de la façon suivante:



La molécule est aussi dite polarisée.

2. Liquides polaires

Ce sont donc des liquides miscibles à l'eau. Parmi eux, l'*acétone* sert de référence pour l'établissement des normes NF sur les émulseurs polyvalents. On peut également mentionner l'éthanol et les alcools en général, l'éther, les cétones, les aldéhydes, amines, nitriles, etc.

Ce sont de plus des liquides très volatiles ayant une faible tension superficielle (activité de surface) et dont la combustion produit un fort rayonnement.

3. Dualité émulseurs / solvants polaires

Les émulseurs se mélangeant à l'eau, on peut donc admettre qu'il ont toute ou partie de leur molécule hydrophile. De même, les liquides polaires sont hydrophiles. Lors de l'application de la mousse sur un feu de liquide polaire, le carburant va entrer en concurrence avec l'émulseur pour se dissoudre dans l'eau. Ceci va déstabiliser le réseau eau/émulseur à l'origine de la mousse. Ce phénomène ne se rencontre pas avec les hydrocarbures puisque ce sont des liquides hydrophobes (corps gras). Enfin, les liquides polaires réagissent chimiquement avec certains constituants des émulseurs.

Pour éviter cette destruction de la mousse, des émulseurs spécifiques ont été créés : les émulseurs polyvalents pour hydrocarbures et solvants polaires.



E. FAMILLES D'EMULSEURS

On distingue deux familles suivant la nature de la base moussante:

- base *protéinique* : poudre de cornes et sabots de bovins, plumes broyées, sang.
- base *synthétique*: tensio-actif hydrocarbonné (idem cosmétiques, détergents ménagers).

1. Emulseurs pour feux d'hydrocarbures

- Protéinique standard
- Fluoro protéinique
- Fluoro protéinique filmogène : F.F.F.P.
- Synthétique standard
- Synthétique filmogène : A.F.F.F.

2. Emulseurs polyvalents pour feux d'hydrocarbures et de liquides polaires

- Protéinique
- Fluoroprotéinique
- Fluoroprotéinique filmogène : A.F.F.F. (ou F.F.F.P.)
- Fluorosynthétique filmogène : A.F.F.F.

L'addition de polymères (polysaccharides) dans la base moussante donne à ces émulseurs une grande efficacité sur feux d'hydrocarbures et sur feux de liquides polaires.

Mais leurs caractéristiques physiques rendent leur mise en oeuvre difficile, surtout à basse température:

- caractère «plastique»,
- gel visqueux,
- point d'écoulement élevé,
- leur viscosité décroît s'ils sont soumis à un effort de cisaillement par agitation.

Une évolution récente tend à remplacer les polymères de type saccharide dans le concentré par un polyaminoacide perfluoroalkylé qui permet d'obtenir un émulseur protéinique A.F.F.F. polyvalent ayant une viscosité newtonienne et étant chimiquement neutre.

Parmis les derniers émulseurs apparus sur le marché, il est bon de mentionner l' A4P, émulseur polyvalent ayant des capacités optimales (voir supra: Qualités exigibles des mousses).



F. Conclusion

1. Avantages et inconvénients

1.1. Avantages

- Appropriée pour empêcher la réinflammation
- Moins de dégâts d'eau
- Grande vitesse d'étalement

1.2. Inconvénients

- Elimination / environnement
- En cas d'utilisation conjuguée avec l'eau, celle-ci détruit la mousse
- Utilisation difficile en cas de fort vent

2. Récapitulatif

- La mousse à un effet de refroidissement et d'étouffement
- Types de mousses : légère, moyenne et lourde
- Types d'agents : A.F.F.F et F.F.F.P
- Convient pour des feux de classe A et B

Sources d'informations

<http://perso.wanadoo.fr/cyberfourmi>

www.swissfire.ch (FSSP)