

Utilisation des mousses anti-incendie fluorées en Suisse

Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Schlieren, le 10 décembre 2025



Mentions légales

Mandant :

Office fédéral de l'environnement (OFEV), Division Protection de l'air et produits chimiques, CH-3003 Berne

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Mandataire :

Econetta AG, Schlieren

Auteurs :

Maximilian Schneider, Christian Braun, Nadia von Moos, Karina Urmann

Accompagnement OFEV :

Harold Bouchex-Bellomie, Andreas Buser, Juliane Glüge, Urs von Arx, section Produits chimiques industriels

Daniel Bonomi, Michael Hösli, section Prévention des accidents majeurs et mitigation des séismes

Remarque :

Ce rapport a été rédigé sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Son contenu a été élaboré et compilé par le mandataire. Celui-ci a réalisé cette étude en mettant en œuvre ses meilleures compétences professionnelles et en conformité avec les principes généralement reconnus. Les résultats et conclusions du rapport d'étude se fondent sur les informations dont disposait le mandataire au moment de la rédaction du rapport. Ces résultats et conclusions ne peuvent être transposés sans vérification à des situations futures.

Econetta AG

T 044 732 92 97

Ifangstrasse 11

M 079 591 13 66

8952 Schlieren ZH

maximilian.schneider@econetta.com

Résumé

Les mousses anti-incendie (MAI) sont importantes pour lutter de manière sûre et efficace contre les incendies de liquides combustibles. Cependant, ces mousses peuvent contenir des composés per- et polyfluorés (PFAS). En raison de leur persistance, les PFAS peuvent s'accumuler dans l'environnement et présenter un danger pour celui-ci et pour la santé humaine. Certains PFAS à longue chaîne (C₈-C₁₄) et le PFHxA ainsi que leurs précurseurs respectifs, sont déjà réglementés en Suisse et dans l'UE. Cependant, d'autres composés présents dans les mousses anti-incendie fluorées de dernière génération continuent de susciter des inquiétudes. C'est pourquoi l'UE a décidé à l'automne 2025 de réglementer l'utilisation de tous les PFAS dans les MAI. Le présent rapport rend compte de la situation en Suisse, notamment en ce qui concerne les enjeux relatifs à un alignement de la législation suisse sur les produits chimiques sur la réglementation des MAI adoptée par l'UE.

Les acteurs suisses sont conscients des risques que présentent les PFAS pour l'environnement et la santé. Ces dernières années, les MAI fluorées ont été progressivement remplacées par des alternatives sans fluor, en particulier dans les équipements mobiles des forces d'intervention, et ce processus se poursuit. Pour quelques types d'application spécifiques, certains acteurs craignent des pertes de performance d'extinction possibles avec les MAI sans fluor, ce qui rend la transition encore problématique à leurs yeux. Néanmoins, certains utilisateurs ont déjà effectué une transition complète vers des MAI sans fluor.

En Suisse, les MAI fluorées sont aujourd'hui encore principalement utilisées dans les installations d'extinction fixes de l'industrie, du commerce et des dépôts de combustibles et de carburants, ainsi que dans certains types d'application d'extinction réalisés avec les moyens d'intervention mobiles des forces d'intervention. Dans les installations d'extinction fixes (y compris les réserves de l'armée), on estime à environ 12 250 kg la quantité de PFAS contenue dans les MAI fluorées stockées. À cela s'ajoutent environ 4300 kg de PFAS contenus dans les extincteurs à mousse. On estime à environ 116 kg de PFAS consommés par année en raison de l'utilisation de MAI fluorées dans les installations fixes et avec les extincteurs à mousse. Il n'est cependant pas possible de fournir des informations quantitatives actuelles concernant les stocks et la consommation de MAI fluorées des moyens d'intervention mobiles des forces d'intervention, et ce en raison du processus de conversion en cours vers des MAI sans fluor.

Seule l'incinération à haute température dans des installations spéciales, à des températures comprises entre 1000 et 1200 °C, permet de garantir une élimination sûre et complète des MAI fluorées. L'ordonnance sur la protection des eaux régit les mesures de protection appropriées pour les eaux d'extinction contenant des PFAS et, complétée par les directives de protection contre les incendies et en partie par l'ordonnance sur les accidents majeurs, constitue une base pour les mesures de rétention des eaux d'extinction dans les installations fixes. Il n'est pas possible d'estimer de manière fiable la quantité de MAI fluorées qui se retrouvent dans l'environnement.

Le présent rapport montre que le passage à des MAI sans fluor pour une utilisation sur les rails, les routes et les aéroports civils est bien avancé et qu'une interdiction des MAI contenant du fluor dans ces applications peut être mise en œuvre avec période de transition relativement courte. Le passage à des MAI sans fluor sur les aéroports militaires a également été amorcé, et une interdiction d'utilisation des MAI contenant du fluor avec une courte période de transition est tout à fait justifiable. En ce qui concerne les extincteurs à mousse, les MAI sans fluor ne représentent actuellement qu'une part de marché négligeable (< 1 %). Comme des alternatives sont disponibles, il est important de réglementer rapidement la mise sur le marché de nouveaux extincteurs à mousse contenant du fluor. En ce qui concerne leur utilisation, il est toutefois judicieux de définir des délais de transition plus longs, notamment afin de permettre une transition progressive vers des extincteurs à mousse sans fluor. Des délais de transition plus longs sont nécessaires pour les installations fixes, car le passage à des MAI sans fluor nécessitera, le cas échéant, des modifications techniques et engendrera des coûts considérables. Cependant, en cas d'incendie, l'élimination appropriée des

eaux d'extinction fluorées retenues est aussi très coûteuse. Ces coûts seraient alors supprimés avec des MAI sans fluor.

Abstract

Firefighting foams (FFs) are important for the safe and efficient fight against flammable liquid fires. However, they can contain per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs). Due to their longevity, PFAS can accumulate in the environment and pose a risk to the environment and human health. Some long-chain PFAS (C₈-C₁₄) their precursors as well as PFHxA and its precursors are already regulated in Switzerland and the EU. However, concerns remain about other substances found in the latest generation of fluorinated firefighting agents. In autumn 2025, the EU therefore decided to regulate all PFAS in FFs. This report examines the situation in Switzerland, including the possible implications of aligning the Swiss chemical regulations on FF with the regulation adopted in the EU.

Swiss stakeholders are aware of the environmental and health-threatening problems of PFASs. Fluorine-containing FF have been continuously replaced by fluorine-free alternatives in recent years, especially in mobile equipment used by fire brigades. This process is ongoing. For specific application scenarios, some stakeholders still fear that fluorine-free FFs will offer reduced performance, which they consider to be a challenge. Despite this, other stakeholders have already completed the switch to fluorine-free FFs also in these applications.

In Switzerland, fluorine-containing FFs are still mainly used in stationary extinguishing systems in industry, commerce and fuel storage facilities, as well as in certain application scenarios for mobile equipment used by fire brigades. In stationary extinguishing systems (including the army reserve), it is estimated that about 12,250 kg of PFASs are kept in stock in the form of fluorine-containing FFs (assumption: fluorine-containing FFs contain about 1% PFASs in the form of fluorosurfactants). In addition, there are approx. 4,300 kg of PFASs in foam fire extinguishers. The annual consumption of fluorine-containing FFs from stationary systems and foam fire extinguishers is estimated at around 116 kg of PFASs. Due to the ongoing changeover process for the mobile equipment of the fire brigades, no quantitative information can be provided on the stock and consumption of fluorine-containing FFs.

Safe disposal of fluorine-containing FFs can only be guaranteed by high-temperature incineration in hazardous waste incineration plants with temperatures of 1,000 - 1,200 °C. The Water Protection Ordinance regulates the proper disposal of extinguishing water containing PFASs and supplemented by the fire protection guidelines and, in part, the Hazardous Incident Ordinance defines measures for extinguishing water retention in stationary systems. No reliable estimate can be made of the proportion of fluorine-containing FF consumption that ends up in the environment.

The report notes that the transition to fluorine-free FFs for application on railways, roads and civil airports is well advanced and that a ban on fluorinated FFs in these applications can be implemented effectively with a short transition period. The switch to fluorine-free FFs at military airfields has also been initiated, and a ban on the use of fluorine-containing FFs with a short transition period is well justifiable. Fluorine-free fire extinguishers currently account for only a small market share (< 1 %) of foam fire extinguishers. As alternatives are available, it is important to regulate the placing on the market of new fluorinated foam fire extinguishers in a timely manner. However, it makes sense to define longer transition periods for the use of fluorinated foam fire extinguishers, also to enable a phased transition. The longest transition periods are needed for stationary systems. The switch to fluorine-free FFs will involve considerable costs and, in some cases, technical modifications. However, in the event of an incident, the professional disposal of retained fluorine-containing firefighting water is also very expensive. These costs would be eliminated with fluorine-free FFs.

Table des matières

1	Introduction	1
2	Législation et perspectives réglementaires	2
3	Utilisation des mousses anti-incendie en Suisse	3
3.1	Classes de feux et mousses d'anti-incendie	3
3.2	Domaines d'application des mousses anti-incendie en Suisse	4
3.2.1	Forces d'intervention dans les cantons	4
3.2.2	Aéroports et héliports hospitaliers	4
3.2.3	Installations ferroviaires	4
3.2.4	Armée : forces d'intervention et installations fixes	5
3.2.5	Industrie et logistique : installations fixes	5
3.2.6	Industrie pétrolière (dépôts pétroliers) : installations fixes	5
4	Stocks de mousses anti-incendie	6
4.1	Stocks des corps de sapeurs-pompiers	6
4.2	Stocks dans les extincteurs à mousse	6
4.3	Stocks dans les installations fixes	6
5	Consommation de mousses anti-incendie	8
5.1	Consommation des forces d'intervention	8
5.2	Consommation liée aux extincteurs à mousse	8
5.3	Consommation dans les installations d'extinction fixes	8
6	Élimination	10
7	Impact environnemental des mousses anti-incendie contenant du fluor	10
8	Conclusions	11
9	Bibliographie	14

Liste des abréviations

AEAI	Association des établissements cantonaux d'assurance incendie
AFFF	Mousse filmogène aqueuse (Aqueous Film Forming Foam)
ALC	Centre logistique de l'armée
BLA	Base logistique de l'armée
CARBURA suisse	Organisation chargée des réserves obligatoires de l'industrie pétrolière
CSSP	Coordination suisse des sapeurs-pompiers
EAWAG	Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux
ECHA	Agence européenne des produits chimiques
6:2-FTAB	6:2-fluorotélomèresulfonamidealkylbétaïne
LGVS	Association suisse des fabricants d'appareils d'extinction
MAI	Mousse anti-incendie
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFROU	Office fédéral des routes
OPAM	Ordonnance sur les accidents majeurs (RS 814.012)
ORRChim	Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (RS 814.81)
PFAS	Composés per- et polyfluoroalkylés
PFCA	Acide(s) perfluorocarboxylique(s)
PFOA	Acide perfluorooctanoïque
PFOS	Acide perfluorooctane sulfonique
PFHxA	Acide perfluorohexanoïque
PFHxS	Acide perfluorohexane sulfonique
POP	Persistent organic pollutants (polluants organiques persistants)
ppm	Un millionième (parties par million, facteur 10^{-6})
REACH	Règlement européen concernant l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances.
UIOM	Usine d'incinération des déchets
WELAB	Conteneurs interchangeables (Berces)

1 Introduction

Les mousses anti-incendie (MAI) sont importantes pour lutter efficacement et en toute sécurité contre les incendies de liquides inflammables. Cependant, elles peuvent contenir des tensioactifs fluorés, appelés composés per- et polyfluoro alkylés (per- and polyfluoroalkyl substances), ou PFAS, qui sont extrêmement persistants dans l'environnement, présentent parfois une grande mobilité dans les sols et les eaux et peuvent être nocifs à long terme pour l'environnement et la santé humaine [1, 2]. Dans le cadre d'un projet financé par l'OFEV et mené par l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG, Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz), des PFAS, qui sont notamment utilisés dans les MAI fluorées de dernière génération, ont été détectés dans aux entrées et sorties de stations d'épuration ainsi que dans les boues d'épuration. Les résultats des mesures montrent qu'une partie importante des PFAS traverse les stations d'épuration et se retrouve ensuite dans les eaux. Les PFAS ne sont ainsi pratiquement pas éliminés dans les stations d'épuration, mais sont en partie transformés en produits finaux persistants [3].

D'un point de vue chimique, les tensioactifs fluorés sont constitués de chaînes d'hydrocarbures de différentes longueurs, dans lesquelles les atomes d'hydrogène sont substitués entièrement (perfluorés) ou partiellement (polyfluorés) par des atomes de fluor. Le type et la quantité de PFAS dans la MAI ont évolué au fil du temps avec les techniques de procédés et la réglementation. Les anciennes formulations de MAI, produites entre 1960 et 2002 par fluoration électrochimique, contenaient principalement de l'acide perfluorooctane sulfonique (PFOS) à base de C₈ et ses dérivés. Outre le PFOS, les MAI contenaient également à l'époque des PFAS à chaîne plus courte¹, tels que l'acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS) à base de C₆. Entre 1970 et 2016, la fluorotélomérisation a permis de produire des tensioactifs fluorés à base de C₆ destinés à être utilisés dans les MAI, qui contenaient du fluorotéloméridide 6:2 avec une fraction de téloméridide à chaîne plus longue. Enfin, les MAI issus de processus de production moderne, après séparation par distillation des homologues fluorotéloméridiques à longue chaîne, contiennent principalement des fluorotélomères 6:2 et seulement des traces d'acide perfluorooctanoïque (PFOA) ou d'acides perfluorocarboxyliques en C₉-C₁₄ (PFCA C₉-C₁₄) et de leurs précurseurs. Il est toutefois possible que d'autres PFAS moins connus soient également utilisés [4]. Les mesures effectuées par divers groupes de recherche montrent une très large variété de PFAS utilisés dans les MAI [4]. Selon une enquête menée en 2018 par l'association professionnelle Eurofeu, les cinq fabricants de MAI qui couvraient 60 à 70 % du marché de l'UE n'utilisaient toutefois qu'une dizaine de tensioactifs fluorés différents, la structure chimique des deux plus utilisés n'ayant pas été divulguée [5].

En raison du nombre croissant de cas connus de contamination à grande échelle, associés à leurs risques pour la santé humaine et l'environnement, les PFAS ont fait l'objet d'une attention croissante de la part des milieux scientifiques, politiques et médiatiques ces dernières années. Les groupes de PFAS y compris leurs précurseurs les plus problématiques pour l'homme et l'environnement selon l'état actuel des connaissances sont déjà réglementés dans l'ordonnance suisse sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim, RS 814.81 [6]). Cela concerne en particulier les PFAS à longue chaîne tels que l'acide perfluorooctane sulfonique (SPFO/PFOS) et ses dérivés, l'acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS) et ses précurseurs, ainsi que l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), les acides perfluorocarboxyliques comportant 8 à 13 atomes de carbone perfluorés (PFCA C₉-C₁₄), et l'acide perfluorohexanoïque (PFHxA) (dans certaines applications) et tous les

¹ Pour simplifier, on parle ici de « PFAS » à chaîne courte et à chaîne longue. Cependant, seuls les acides perfluoroalkyliques sont classés en deux catégories, à chaîne courte et à chaîne longue, ce qui n'est pas le cas des autres PFAS.

précurseurs ces PFCA. L'élimination progressive des quatre premiers groupes de PFAS mentionnés est presque achevée. Les dispositions relatives au PFHxA entreront en vigueur le 1er novembre 2026.

Dans de nombreux cas, les substituts aux PFAS déjà réglementés étaient des PFAS à chaîne plus courte. En ce qui concerne l'identité chimique des composés fluorés dans les produits qui en contiennent, les fournisseurs, y compris ceux de MAI, se montrent très discrets. Même les fiches de données de sécurité et les fiches techniques des fournisseurs de MAI mentionnent rarement et de manière vague des informations sur le type et la quantité de tensioactifs fluorés dans leurs produits. Sur la base de diverses publications dans la littérature scientifique, il y a lieu de supposer que les MAI utilisés aujourd'hui contiennent des tensioactifs polyfluorés de technologie C₆. Il s'agit de composés fluorés dits 6:2 fluorotélomères, qui peuvent se dégrader dans l'environnement en PFHxA, entre autres.

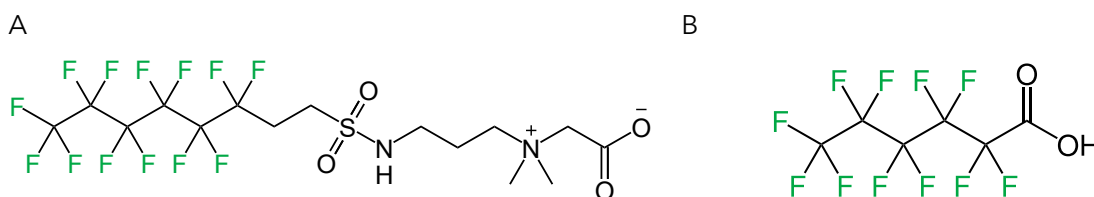


Illustration 1. A: Exemple d'un composé 6:2 fluorotélomère (6:2-FTAB) utilisé comme tensioactif dans les MAI. B: L'acide perfluorohexanoïque (PFHxA), un produit de dégradation du 6:2-FTAB dans l'environnement.

La toxicité et la bioaccumulation du PFHxA sont faibles par rapport aux autres PFAS déjà réglementés. Néanmoins, le PFHxA suscite également des inquiétudes quant à son impact potentiel à long terme sur l'environnement et la santé humaine, car sa présence dans l'environnement augmente régulièrement en l'absence de mesures de réduction des émissions. Cela signifie que les PFAS utilisés dans les MAI fluorées de dernière génération doivent également être traités comme des substances sans seuil aux fins de l'évaluation des risques (c'est-à-dire qu'il n'existe aucune concentration sûre pouvant être considérée comme acceptable).

Les acteurs suisses sont conscients des problèmes liés aux PFAS pour l'environnement et la santé, et les mousses anti-incendie fluorées ont été progressivement remplacés au cours des dernières années par des alternatives sans fluor, en particulier dans les équipements mobiles des forces d'intervention. Certaines forces d'intervention en Suisse ont déjà complètement supprimé les produits contenant du fluor, comme par exemple les services de protection incendie de l'industrie chimique (BS, BL, VS), les aéroports nationaux de Zurich et de Genève ainsi que certaines entreprises ferroviaires (CFF, BLS). Et ce processus se poursuit. Le présent rapport fait le point sur l'état d'avancement de la transition et donne un aperçu des stocks actuels et de la consommation de MAI.

2 Législation et perspectives réglementaires

Les PFAS sont réglementés dans l'UE d'une part par le règlement REACH sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques [7] et d'autre part par le règlement sur les polluants organiques persistants [8]. Jusqu'à présent, le PFOS et ses dérivés [9, 10], ainsi que le PFOA [11, 12], le PFHxS [13], les PFCA C₉-C₁₄ [14] et leurs précurseurs respectifs étaient réglementés dans les MAI. En 2024, la mise sur le marché et l'utilisation du PFHxA et des précurseurs du PFHxA dans certaines applications de MAI ont également été restreintes [15]. Selon l'application, des périodes transitoires d'un an et demi à quatre ans ont été définies.

La récente restriction de tous les PFAS dans les MAI instaurée par le règlement (UE) 2025/1988 [16] prévoit des périodes transitoires allant d'un an et demi (par exemple pour l'utilisation des MAI par les services d'incendie publics) à 10 ans (pour l'utilisation dans les entreprises relevant de la directive Seveso III) après l'entrée en vigueur de la réglementation. Ces dispositions supplémentaires relatives aux MAI contenant des PFAS s'appliquent parallèlement aux règlements existants.

En Suisse, les dispositions relatives aux PFAS se trouvent à l'annexe 1.16 de l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) [6]. Comme dans l'UE, il existe déjà des réglementations relatives au PFOS et à ses dérivés, ainsi qu'au PFOA, au PFHxS, au PFCA C₉-C₁₄ et au PFHxA et à leurs précurseurs respectifs. La fabrication, la mise sur le marché et l'utilisation de ces substances ou des préparations contenant ces substances sont interdites. Les objets contenant ces substances ne peuvent pas non plus être mis sur le marché. Les dispositions relatives aux préparations s'appliquent aux MAI. La mise sur le marché et l'utilisation de MAI contenant plus de 10 ppm de PFOS sont interdites, tout comme la mise sur le marché et l'utilisation de MAI contenant du PFHxS, du PFOA ou des PFCA C₉-C₁₄ si ces substances ne sont pas seulement présentes en tant qu'impuretés inévitables. En outre, les MAI détenues par les forces d'intervention mobiles et dans les installations fixes, qui ont été achetées avant l'entrée en vigueur des interdictions, font l'objet d'un traitement particulier [6].

Contrairement à la restriction dans l'UE pour le PFHxA et ses précurseurs, les MAI destinées aux pompiers publics ou aux installations d'extinction fixes ne font pas partie de la réglementation suisse sur le PFHxA et ses précurseurs. Ceux-ci sont couverts par la réglementation de tous les PFAS dans les mousses anti-incendie, actuellement en préparation.

3 Utilisation des mousses anti-incendie en Suisse

3.1 Classes de feux et mousses d'anti-incendie

On distingue cinq classes d'incendie différentes, pour lesquelles divers agents d'extinction peuvent convenir. L'eau pure n'est pas toujours efficace pour éteindre un incendie. En cas d'incendie de liquides de classe B, l'utilisation de MAI est en effet nécessaire [17, 18, 19]. La mousse anti-incendie est composée d'eau, d'un émulseur et d'air. Elle flotte à la surface du matériau en feu et forme une couche uniforme et fermée qui empêche notamment l'apport d'oxygène et supprime la formation d'autres gaz combustibles. La MAI est ajoutée à l'eau à l'aide d'un système de mélange dans des concentrations comprises entre 1 % et 6 % en fonction du produit [19]. Le mélange eau-émulseur est émulsionné avec l'air ambiant, par exemple dans le tuyau à mousse, ce qui entraîne une augmentation de volume. La proportion d'air détermine le type (mousse lourde, moyenne ou mousse légère) et le mode d'action de la mousse (par exemple, effet de séparation, effet de couverture, effet de déplacement et effet de refroidissement comme effet principal ou secondaire).

En raison de leurs propriétés, les MAI fluorées forment un film aqueux continu à la surface des combustibles apolaires et sont donc également appelées mousses filmogènes aqueuses (en anglais « Aqueous Film Forming Foam », AFFF). Ce film, qui se forme automatiquement lors de l'application de MAI sur des liquides inflammables, empêche la libération de vapeurs inflammables et l'apport d'oxygène, ce qui permet d'éviter les reprises de flamme. Pour les estimations du présent rapport, on suppose que les émulseurs fluorés employés pour la production de MAI contiennent en moyenne 1 % de PFAS sous forme de tensioactifs fluorés [20].

Contrairement aux MAI fluorées, celles sans fluor ne forment pas de film aqueux, mais agissent exclusivement grâce aux bulles de la mousse d'extinction produite. Celles-ci doivent être suffisamment stables pour empêcher le passage des vapeurs, ce qui peut être obtenu en ajoutant des polymères pour augmenter la viscosité [21].

Bien que des progrès importants aient été réalisés ces dernières années dans le développement d'alternatives sans fluor, certains acteurs craignent une baisse des performances en termes de fluidité et de prévention des retours de flamme. Les mousses d'extinction sans propriétés filmogènes s'écoulent plus lentement, ce qui empêche le tapis de mousse de se refermer par lui-même, par exemple lorsque les forces d'intervention marchent dessus, et entraîne donc un risque de réinflammation. En général, le tapis de mousse est plus irrégulier et son étanchéité aux vapeurs inflammables (résistance) est réduite, ce qui nécessite un réapprovisionnement plus fréquent en mousse [17]. Pour produire une mousse stable avec des émulseurs sans fluor, il faut un dosage

compris entre 1 % et 6 % [17]. Comme les MAI sans fluor sont parfois plus visqueux, en particulier ceux qui conviennent également à l'extinction de combustibles polaires, ils ne peuvent souvent pas être dosés avec les installations existantes sans adaptations supplémentaires [21], ce qui peut nécessiter une mise à niveau des installations et appareils et le remplacement de plusieurs composants.

3.2 Domaines d'application des mousses anti-incendie en Suisse

3.2.1 Forces d'intervention dans les cantons

Les forces d'intervention des pompiers publics, avec leurs moyens d'intervention mobiles, sont soumises aux cantons et aux communes et sont en charge de l'extinction lors d'incendies d'habitations et d'industries, et lors d'incidents de la circulation routière et ferroviaire, y compris lorsque des marchandises dangereuses sont transportées.

En ce qui concerne l'utilisation des MAI (fluorées et sans fluor), les inspections cantonales des sapeurs-pompiers et les corps de sapeurs-pompiers s'appuient notamment sur les directives correspondantes de la Coordination suisse des sapeurs-pompiers (CSSP), telles que la fiche d'information ABC-01 Agents moussants [17], le règlement Connaissances de base [19], le manuel pour les interventions ABC [18] et le manuel Service du matériel [22]. On estime que 95 % de tous les incendies appartiennent à la classe A (feux de matières solides), pour lesquels l'utilisation de MAI fluorées ne présente aucun avantage [23]. Dans ces cas, il convient d'utiliser, le cas échéant, un MAI sans fluor. Lors des exercices, les MAI fluorées ne doivent en principe pas être utilisés, ou seulement à titre exceptionnel (par exemple par les pompiers des aéroports ou lors des tests d'installations ou d'appareils mélangeurs, etc.) [17].

Les autorités cantonales édictent également des directives relatives à la rétention des eaux d'extinctions lors des interventions et à l'élimination des MAI [24]. Ces directives concrétisent souvent les prescriptions de la CSSP relatives à la rétention des eaux d'extinction, qui sont définies par exemple dans le « Manuel pour les interventions ABC » [18] et dans la fiche d'information ABC-01 Mousses d'extinction [17]. De manière générale, de nombreux documents des autorités compétentes indiquent que les rejets de MAI contenant du fluor dans les égouts, par exemple après une intervention, doit être évité et est interdit lors d'interventions planifiées lors d'exercices [17, 25, 26, 27, 18]. Dans la mesure du possible, les MAI usagés doivent être collectés au moyen de dispositifs de rétention et éliminés de manière appropriée après consultation de l'office cantonal de l'environnement compétent.

3.2.2 Aéroports et héliports hospitaliers

En Suisse, on compte trois aéroports nationaux, onze aéroports régionaux et 45 aérodromes. Dans 17 aéroports et aérodromes, un corps de sapeurs-pompiers sont stationnés sur place et celui-ci est également responsable de l'acquisition de MAI. Les aéroports nationaux de Zurich et de Genève sont passés entièrement à des MAI sans fluor (situation en 2025). Des aérodromes plus petits ont également déjà adopté des MAI sans fluor (par exemple Altenrhein et St. Stephan). Les MAI contenant du fluor ne sont donc plus utilisés que dans quelques aéroports régionaux. Lors des interventions, les MAI usagés sont collectés dans la mesure du possible et éliminés comme déchets spéciaux. Les terrains d'entraînement des aéroports et aérodromes disposent de dispositifs de collecte dans lesquels les MAI usagés sont collectés puis éliminés de manière appropriée [28, 29].

3.2.3 Installations ferroviaires

Les Chemins de fer fédéraux suisses (CFF) disposent, dans chacune de leurs 15 casernes, de trains d'extinction et de sauvetage permettant de transporter du matériel, de lutter contre les incendies, d'évacuer des personnes et de remorquer des véhicules ferroviaires. À cela s'ajoutent deux véhicules de réserve. La compagnie ferroviaire Bern-Lötschberg-Simplon (BLS) dispose d'un autre train d'extinction et de sauvetage stationné à Frutigen, dans l'Oberland bernois. Les 18 trains d'extinction et de sauvetage des pompiers des CFF - Intervention et BLS disposent depuis 2024 uniquement de MAI sans fluor.

3.2.4 Armée : forces d'intervention et installations fixes

La Base logistique de l'armée (BLA) fournit aux troupes le matériel et l'infrastructure nécessaires à leur formation et à leurs interventions et en assure la maintenance. La BLA comprend cinq centres logistiques de l'armée (CLA) qui disposent de corps de sapeurs-pompiers internes sur différents sites en Suisse pour protéger les objets militaires. La «Schadenwehr Gotthard» est un corps de sapeurs-pompiers professionnels rattaché à la BLA et travaillant pour le compte de l'Office fédéral des routes (OFROU). Aussi, les Forces aériennes disposent, sur les aérodromes militaires, y compris sur des sites extérieurs lors d'opérations aériennes militaires, de services d'intervention de piquet (pompiers d'aérodrome) équipés de grands véhicules d'extinction aéroportuaires. Les troupes d'intervention de l'armée soutiennent aussi les autorités civiles lorsque leurs moyens ne suffisent pas. Elles comprennent le bataillon d'intervention d'aide en cas de catastrophe et les bataillons d'aide en cas de catastrophe.

En 2022, les stocks de MAI de l'armée sont répartis entre les véhicules d'extinction des corps de sapeurs-pompiers internes et du service de secours du Gotthard (3 % de la quantité totale de MAI disponible, réserves comprises), les installations d'extinction fixes des entrepôts de combustibles et de carburants et d'autres infrastructures (57 %), les conteneurs interchangeables (WELAB) du bataillon d'intervention en cas de catastrophe (24 %) et les véhicules d'extinction des aérodromes des forces aériennes (16 %) [30].

Selon les informations fournies par l'état-major de l'armée, les troupes de sauvetage ont entre-temps cessé d'utiliser des MAI contenant du fluor. En outre, le passage à des MAI sans fluor a été engagé par les corps de sapeurs-pompiers internes et par les Forces aériennes, et le remplacement des extincteurs à mousse contenant du fluor est aussi en cours.

3.2.5 Industrie et logistique : installations fixes

Selon l'enquête auprès de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI), il existe en Suisse 215 installations d'extinction fixes, dont une grande partie contiennent des MAI fluorées (environ 190 installations). En cas d'incendie, les installations fixes se déclenchent généralement automatiquement et libèrent des MAI. Lors du déclenchement d'une installation fixe, les MAI libérés peuvent généralement être facilement retenus et récupérés.

Après un incident, l'entreprise qui a installé le système doit remettre en état l'installation et la remplir avec des MAI du même type. L'élimination est également organisée par l'entreprise qui a installé le système. Les mesures de rétention sont définies par le canton par l'intermédiaire du planificateur de la protection incendie et ces mesures sont généralement déjà nécessaires du fait des différents produits chimiques dangereux stockés dans les entreprises [31, 26]. Tant les MAI récupérés que ceux remplacés en raison de leur âge doivent être éliminés de manière appropriée. Des informations sur l'élimination appropriée peuvent être fournies, comme par exemple en 2018 en collaboration avec l'OFEV [32], dans la fiche technique destinée aux prestataires de services et aux exploitants d'installations d'extinction fixes concernant le remplacement des MAI contenant des PFOS.

Les MAI sont également libérées lors des tests de fonctionnement annuels. Selon le type d'installation, les MAI peuvent être utilisées en circuit fermé (par exemple dans les installations équipées d'un moteur à eau) ou libérées lors de ces tests (par exemple dans les réservoirs à vessie). D'autres MAI inutilisées doivent aussi être éliminées lorsqu'elles sont remplacées en raison de leur âge. En règle générale, les MAI sont remplacées après environ 20 à 30 ans en raison de leur vieillissement. Le bon fonctionnement des MAI présentes dans les installations est contrôlé par le fabricant pour la première fois après trois ans, puis chaque année.

3.2.6 Industrie pétrolière (dépôts pétroliers) : installations fixes

La Suisse compte 27 dépôts pétroliers équipés au total de 36 installations d'extinction (en 2023). À ceux-ci s'ajoutent d'autres sites de stockage sans installations d'extinction fixes, qui stockent par exemple exclusivement du mazout/du diesel. Les exploitants des sites de stockage sont

responsables de l'acquisition des MAI. Les directives de l'organisation chargée du stockage obligatoire dans l'industrie pétrolière suisse (CARBURA) sont déterminantes à cet égard, car elles font explicitement référence à l'utilisation d'AFFF. En principe, selon ces directives, d'autres MAI sont également possibles, à condition qu'il soit prouvé qu'ils «ont au moins le même effet d'extinction que les AFFF et empêchent efficacement les retours de flamme.». Selon les informations fournies par CARBURA, dans la pratique, on utilise actuellement presque exclusivement des AFFF [33]. Conformément à la directive CARBURA, le bon fonctionnement des MAI présents dans les installations doit être vérifié pour la première fois au plus tard après cinq ans, puis au moins tous les deux ans. Des tests de fonctionnement avec production de mousse, auxquels participent les pompiers, sont effectués tous les 10 ans, conformément aux prescriptions de CARBURA.

Lors du déclenchement d'une installation fixe dans un stockage pétrolier, les MAI libérées peuvent généralement être facilement récupérée. Les mesures de rétention sont définies par les directives CARBURA [33]. L'élimination de la mousse libérée et de l'eau de rinçage (collecte et élimination en tant que déchets spéciaux) incombe aux exploitants des stockages pétroliers [34]. Les MAI inutilisées doivent aussi être éliminées lorsqu'elles sont remplacées en raison de leur âge.

4 Stocks de mousses anti-incendie

4.1 Stocks des corps de sapeurs-pompiers

Sur la base des enquêtes menées en 2023-2024, on peut supposer que tous les moyens d'intervention mobiles des corps de sapeurs-pompiers sont en cours de conversion vers des MAI sans fluor. Au cours des dernières années, on a constaté une diminution constante et durable des MAI fluorées utilisés par les sapeurs-pompiers. En raison de la dynamique du processus de conversion vers les mousses sans fluor, il est difficile de fournir des informations quantitatives sur les stocks de MAI fluorées des pompiers. Au total, ceux-ci disposent en Suisse d'environ 650 tonnes de MAI (avec et sans fluor) (situation à la fin 2024). Sur la base des informations fournies par les acteurs concernés, on peut supposer qu'une grande partie de ces MAI sont désormais sans fluor.

4.2 Stocks dans les extincteurs à mousse

Selon les informations fournies par l'Association suisse des fabricants d'appareils d'extinction (LGVS), le stock d'extincteurs à mousse contenant du fluor en Suisse est estimé à environ 3 millions [35]. Les extincteurs à mousse sans fluor ne représentent actuellement qu'une part de marché négligeable (<1 %). En supposant une contenance moyenne de 6 litres par extincteur et une teneur moyenne en tensioactifs fluorés de 0,024 % sous la forme d'agent moussant prêt à l'emploi (premix), calculée à partir d'analyses de quatre cartouches, trois concentrés et un prémix pour extincteurs [36], on peut estimer que les extincteurs à mousse existants contiennent au total environ 4300 kg de PFAS sous forme de tensioactifs fluorés (Tableau 1).

4.3 Stocks dans les installations fixes

La quantité de PFAS sous forme de concentrés tensioactifs fluorés stockés dans les installations fixes est résumée dans le Tableau 1. Sur la base des données relatives à 218 installations industrielles et commerciales, 196 installations d'extinction fonctionnent avec des MAI correspondant à une quantité d'environ 6 400 kg de PFAS, alors que 22 installations stockent des MAI sans fluor. Dans les installations d'extinction industrielles et commerciales, la part des MAI sans fluor représente donc environ 10 %, sur la base du nombre d'installations.

L'évaluation des données relatives aux installations d'extinction présentent dans l'industrie et le commerce et fonctionnant avec des MAI fluorées montre que 27 % des installations (représentant 35 % de la quantité de MAI) se trouvent dans des entreprises de l'industrie chimique et pharmaceutique. La plupart de ces installations relèvent du champ d'application de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) [37] en raison de la nature (en particulier les dangers intrinsèques)

et de la quantité des substances et préparations stockées. Dans d'autres entreprises industrielles qui fabriquent des produits tels que des peintures et des vernis, des colles, des cosmétiques, des matériaux d'emballage, des boissons alcoolisées ou des produits médicaux, on trouve 28 % des installations d'extinction, qui représentent 25 % de la quantité de MAI. La proportion de sites d'exploitation relevant du champ d'application de l'OPAM est plus faible que dans l'industrie chimique et pharmaceutique. Il en va de même pour le secteur « Entreposage / Transports / Logistique », regroupé sous le terme général « Entreposage ». Celui-ci représentent environ 35 % des installations et 35% de la quantité de MAI stockée dans les entreprises industrielles et commerciales. Ce secteur comprend les installations d'extinction dans les entrepôts des entreprises de logistique et des centres de distribution, ainsi que celles des prestataires de services opérant dans les parcs industriels. Environ 50 % de ces entreprises sont des entreprises relevant de l'OPAM. Dans les entreprises actives dans le domaine de l'élimination des déchets, notamment les exploitants d'usines d'incinération des ordures ménagères² et les entreprises d'élimination des déchets spéciaux, la quantité de MAI représentent environ 5 %.

Tableau 1 Quantité totale actuelle de PFAS (en kg) sous forme de tensioactifs fluorés dans les installations d'extinction fixes et les extincteurs à mousse utilisés dans les entreprises relevant du champ d'application de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM)

Utilisation	PFAS stockés dans les MAI (kg)	dont dans le champ d'application de l'OPI (kg)	Commentaires
Industrie et commerce, dont :	6 400	4 900	Enquête de l'AEAI
- chimie et pharmacie	2 100	2 050	52 installations, dont 49 dans le champ d'application de l'OPAM
- Autres industries	1 500	1 000	55 installations, dont 37 dans le champ d'application de l'OPAM
- Entreposage	2 250	1 400	64 installations, dont 31 dans le champ d'application de l'OPAM
- Élimination	550	4,5	25 installations, dont 19 dans le champ d'application de l'OPAM
Stockage pour combustibles et carburants	5 000	5 000	Enquête de CARBURA auprès de 27 exploitants d'installations
Stockage de combustibles et carburants de l'armée, y compris les réserves	850	850	Enquête BLA, dont 450 kg de PFAS provenant de la réserve centrale.
Héliports hospitaliers	<10	...	Données communiquées pour 4 aires d'atterrissage, pour 8 autres, hypothèse de 75 L de réserve
extincteur à mousse	4 300	...	Estimation LGVS ; un tiers dans des bâtiments industriels, deux tiers dans d'autres bâtiments
Total	16 550	10 750	

Les données relatives à la quantité de mousses anti-incendie stockées dans les installations d'extinction destinées à protéger les dépôts de combustibles et de carburants proviennent d'une enquête menée par CARBURA. Selon cette enquête, ces dépôts contiennent au total 5000 kg de

² Certaines usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) sont soumises à l'OPAM en raison des produits chimiques qui y sont stockés, tels que les acides et les bases.

PFAS. L'OPAM s'applique à tous les exploitants de dépôts pétroliers. Cela vaut également pour les installations de stockage de combustibles et de carburants de l'armée. La quantité stockée de 850 kg de PFAS (y compris la réserve centrale) a été communiquée par la Base logistique de l'armée (BLA). Enfin, des installations plus petites contenant de faibles quantités de MAI sont présentes sur les héliports des hôpitaux.

5 Consommation de mousses anti-incendie

5.1 Consommation des forces d'intervention

La consommation annuelle de mousses anti-incendie fluorées des différentes forces d'intervention comme les pompiers civils, les pompiers d'entreprise ou ceux d'aéroport ainsi que des forces d'intervention incendie des CFF et de l'armée diminue continuellement, car leurs moyens d'intervention mobiles sont actuellement convertis vers des mousses anti-incendie sans fluor. De plus, les exercices réalisés avec des MAI fluorées, conformément aux recommandations de la CSSP [17], ne sont plus que rarement organisés, voire plus du tout. En raison du processus de transition vers des mousses sans fluor en cours, il n'est pas possible de fournir des données quantitatives actuelles sur la consommation de MAI fluorées des différentes forces d'intervention. La consommation de MAI en cas d'incident sera plutôt illustrée à l'aide de deux exemples.

Exemple 1

Le cas d'un réservoir rempli d'acrylonitrile d'une superficie de 250 m² sur un site chimique en Allemagne, qui a pris feu en 2008, est un exemple typique de la consommation de MAI fluorées lors d'un incendie [38, 39]. Environ 100 000 litres d'AFFF étaient disponibles pour l'opération d'extinction. Celle-ci a duré 20 minutes, a été réalisée avec 31 000 litres par minute d'un mélange d'eau et d'agent moussant. Avec un taux de mélange de 3 % d'AFFF, la quantité d'AFFF produite s'élève à 18 600 litres, contenant environ 200 kg de PFAS. Une quantité supplémentaire d'AFFF a été utilisée pour maintenir la couche de mousse sur le contenu du réservoir, tandis que 180 000 billes en plastique ont permis de réduire le dégagement d'acrylonitrile.

Exemple 2

Dans le deuxième exemple [17], les besoins en MAI pour éteindre un incendie typique sur la route sont calculés. On part ici du principe que du carburant s'est échappé d'un camion-citerne accidenté et a pris feu. Pour ce type d'événement, on suppose une surface maximale de 400 m² de carburant déversé. Pour éteindre cet incendie, on estime qu'il faut 69 840 litres d'eau et 2 160 litres d'agent moussant (3 %) [17], contenant environ 22 kg de PFAS. La quantité réellement nécessaire peut varier considérablement d'un incident à l'autre.

5.2 Consommation liée aux extincteurs à mousse

Selon les données de l'UE, la consommation de MAI issus des extincteurs à mousse représente 17,5 % des ventes annuelles [5]. En Suisse, environ 132 000 extincteurs à mousse sont vendus chaque année. Si l'on prend également la valeur de 17,5 % pour la Suisse, cela signifie que 23 100 extincteurs à mousse sont utilisés chaque année. Sur un stock estimé à 3 000 000 unités, cela correspond à un taux de consommation de 0,77 %. Sur la base des 23 100 extincteurs à mousse, d'une teneur en PFAS de 0,024 % et d'une capacité de 6 litres par extincteur à mousse (voir ci-dessus), on obtient une consommation annuelle de PFAS liées aux extincteurs à mousse d'environ 33 kg (Tableau 2).

5.3 Consommation dans les installations d'extinction fixes

Le Tableau 2 indique la quantité calculée de PFAS dans les MAI qui sont consommés lors des déclenchements et des tests de fonctionnement des installations d'extinction fixes.

En cas d'incendie, les installations fixes se déclenchent automatiquement. Statistiquement, on estime que le nombre moyen d'installations remplies de MAI fluorées déclenchées chaque année

est de 3.5. Sur la base de 218 installations fixes en Suisse, le taux est de 0,016 déclenchement par installation et par an³. En partant du principe qu'un seul déclenchement correspond à un départ d'incendie avec une consommation d'AFFF consécutive d'environ 3100 l (quantité moyenne de remplissage d'une installation) et que 2,5 déclenchements correspondent à des déclenchements intempestifs avec une consommation totale d'AFFF de 1 250 l, le taux de consommation, exprimée en PFAS, dû aux déclenchements est d'environ 0,7 % par rapport à la quantité d'AFFF stockée de 6400 kg, (hypothèse : teneur en PFAS de 1 %)⁴.

Des informations sur les types d'installations sont disponibles pour environ 155 des installations d'extinction dans les industries et commerces fonctionnant avec des MAI contenant du fluor. Parmi ces installations, 95 sont équipées d'un moteur à eau, ce qui permet d'effectuer les tests de fonctionnement annuels sans libération de MAI. Dans 60 installations, le type de construction entraîne la libération de MAI lors des tests de fonctionnement. Pour le quart restant des installations (environ 40), aucune information n'est disponible sur le type de fonctionnement. Pour les 60 installations qui libèrent des MAI lors des tests de fonctionnement, la consommation annuelle est comprise entre 0,4 et 0,9 % pour une consommation de 50 litres de MAI par test de fonctionnement. Pour le calcul dans le Tableau 2, un taux de consommation moyen de 0,5 % a été pris en compte pour les tests de fonctionnement. À cela s'ajoutent les MAI consommés lors du déclenchement des installations.

Tableau 2 Données relatives à la consommation annuelle de PFAS sous forme de tensioactifs fluorés pour les tests de fonctionnement et les déclenchements d'installations fixes ainsi que pour les extincteurs à mousse (en kg)

Utilisation	Consommation (kg PFAS/a)		
	Tests de fonctionnement	Déclenchements	Total
Industrie et commerce, dont :	32	44	76
- Industrie chimique et pharmaceutique	11	15	26
- Autres industries	8	11	19
- Stockage	10	14	24
- Élimination	3	4	7
Stockage de combustibles et carburants :	11	5	16
- Parcs de stockage (CARBURA)	10	5	15
- Entrepôts de l'armée	1	< 1	1
Hélicoptères hospitaliers	0,01	< 0,01	≈ 0,02
extincteur à mousse	0	33	33
Total	43	82	125

³ Une étude réalisée au Royaume-Uni en 2004 peut servir de comparaison : le taux de déclenchement dans les installations soumises à l'ordonnance sur les accidents majeurs (COMAH) pour les accidents majeurs (c'est-à-dire une interruption de travail d'au moins 24 heures et une intervention d'environ 1 000 MAI) était de 0,015 par an.

⁴ Par dérogation à cette règle, pour deux sites où est stocké de l'éthanol et où sont conservés environ 40 000 l de moyens d'intervention, on a supposé un taux de consommation d'environ 0,2 % et un taux de déclenchement de 0,1 %, comme pour les installations d'extinction dans les entrepôts de combustibles et de carburants.

Pour les installations fixes dans les dépôts pétroliers, des tests de fonctionnement avec rejet de MAI sont effectués tous les 10 ans. Avec 36 installations en place et une consommation d'environ 200 litres par test de fonctionnement, le taux de consommation est d'environ 0,2 % du stock total. Les déclenchements sont rares dans ces installations (hypothèse : 0,1 %, y compris les incidents mineurs tels que les incendies d'installations électriques. Cela correspond à un taux de déclenchement annuel de 0,027 par installation et par an). Les mêmes taux de consommation sont supposés pour les installations de l'armée et les héliports hospitaliers. Au total, 16 kg de PFAS sous forme de tensioactifs fluorés sont ainsi consommés chaque année pour les installations d'extinction des dépôts pétroliers.

6 Élimination

Les MAI sont collectés et éliminés après utilisation lors d'interventions et d'exercices, ainsi que sous forme de concentrés non utilisés, par exemple lors d'un remplacement lié à l'âge ou en raison d'une modification des prescriptions légales. Aussi, des déchets aqueux pouvant contenir des MAI fortement dilués peuvent être générés, par exemple avec des eaux de rinçage. Les mousses anti-incendie utilisées lors du déclenchement d'installations d'extinction fixes peuvent généralement être facilement récupérées et éliminées. Les acteurs indiquent qu'ils collaborent avec des entreprises spécialisées pour l'élimination.

Les entreprises d'élimination acceptent les déchets contenant des mousses anti-incendie sous différents codes de déchets, mais ces codes ne sont ni spécifiques aux MAI ni spécifiques à des déchets contenant des PFAS et ne permettent donc pas d'évaluation spécifique. Dans le cas de déchets de composition inconnue, des analyses en laboratoire sont généralement effectuées afin de déterminer la teneur en fluor organique. Les déchets sans fluor peuvent être acheminés vers une UIOM ordinaire.

La méthode d'élimination recommandée pour les MAI contenant du fluor est l'incinération à haute température dans des incinérateurs de déchets spéciaux à des températures comprises entre 1 000 et 1 200 °C. Les capacités disponibles pour l'incinération à haute température des MAI contenant du fluor sont d'au moins 1000 tonnes par an. Il est également possible de recourir aux capacités des pays voisins. Les capacités d'élimination devraient donc être suffisantes, même en cas de passage rapide à des MAI sans fluor en l'espace de quelques années.

7 Impact environnemental des mousses anti-incendie contenant du fluor

Les rejets de PFAS provenant des MAI dans l'environnement peuvent résulter d'une élimination inappropriée des MAI inutilisés ou de l'utilisation de MAI, par exemple par infiltration sur des surfaces non étanches ou en cas de rétention incomplète. Il n'existe pas d'informations spécifiques sur le devenir des MAI usagés provenant des extincteurs. En dehors du contexte industriel (utilisations commerciales et privées), il est notamment possible que les MAI usagés ne soient pas éliminés de manière appropriée. Des accidents lors du transport des MAI ou des avaries lors de leur transbordement dans les entreprises pourraient également entraîner des rejets.

Il n'est pas possible d'estimer de manière fiable l'ampleur des rejets de MAI contenant du fluor dans l'environnement. En cas d'incident dans les entreprises, des mesures de rétention sont mises en place : conformément aux dispositions de l'ordonnance sur la protection des eaux, les entreprises sont tenues de retenir l'eau d'extinction. L'ordonnance sur les accidents majeurs impose également des exigences aux entreprises qui, en raison de la quantité de substances et de préparations dangereuses qu'elles stockent, dépassent les seuils quantitatifs fixés par l'OPAM. À cette fin, les services spécialisés chargés de l'exécution de ces prescriptions ont élaboré un guide intitulé « Retenue des eaux d'extinction » [26].

L'EAWAG a mené une étude sur la présence de PFAS aux entrées et sorties des stations d'épuration ainsi que dans les boues d'épuration. Dans le bilan massique, les PFAS principalement détectés étaient le tensioactif fluoré 6:2-FTAB (n° CAS 34455-29-3), qui est généralement utilisé dans les MAI actuelles, ainsi que le PFOS (bien qu'il ait déjà été progressivement remplacé entre 2011 et 2024). L'étude conclut qu'environ 90 % des PFAS (bilan massique) traversent la station d'épuration et se retrouvent dans les eaux. Dans les stations d'épuration, les PFAS sont en partie dégradés en d'autres PFAS très persistants. Seuls les PFAS à chaîne longue (≥ 10 CF) s'accumulent dans les boues d'épuration (10 %), qui sont ensuite incinérées [3].

Lorsque des MAI fluorées sont rejetés dans l'environnement, des coûts d'assainissement peuvent être engagés pour les compartiments environnementaux concernés. Sur la base des informations déjà disponibles, il faut partir du principe que l'assainissement des eaux souterraines et des sols contaminés par des PFAS est très coûteux et que les coûts sont donc élevés [40]. Divers exemples provenant des cantons illustrent cette situation : Sur différents terrains d'entraînement pour pompiers ou terrains d'exercice, on peut supposer une contamination par des PFAS provenant de toutes les générations de MAI fluorées, qui comprennent les MAI contenant des PFOS, les MAI contenant des fluorotélomères produits selon d'anciens modes de production et les MAI contenant des fluorotélomères provenant de productions modernes. Les assainissements par excavation déjà réalisés ou à venir entraînent des coûts de plusieurs dizaines de millions de francs [41, 42, 43].

8 Conclusions

État d'avancement de la mise en œuvre du remplacement des mousses anti-incendie fluorées chez différents acteurs

Les acteurs interrogés sont généralement très sensibilisés à la problématique des MAI contenant du fluor et diverses mesures volontaires ont été prises dans le passé afin d'optimiser et de réorganiser l'acquisition, l'utilisation et l'élimination de ces produits. On part du principe que tous les moyens mobiles des forces d'intervention sont en cours de conversion vers des MAI sans fluor. Une nouvelle enquête auprès des sapeurs-pompiers civils serait donc rapidement dépassée. Dans de nombreux domaines, seuls des moyens d'intervention sans fluor sont déjà utilisés aujourd'hui (par exemple, les moyens d'intervention mobiles des sapeurs-pompiers dans plusieurs cantons). Dans d'autres cantons, les concepts d'intervention prévoient que les moyens d'intervention contenant du fluor ne soient plus utilisés que par les sapeurs-pompiers civils et ceux d'entreprise. Selon certains acteurs, des MAI fluorées sont actuellement nécessaires dans des cas d'application spécifiques, notamment dans les domaines qui exigent un niveau de sécurité maximal. Cela concerne les dépôts pétroliers ainsi que les sites chimiques. Néanmoins, certains acteurs ont également opéré une transition complète vers des MAI sans fluor ou sont en cours de transition dans le but de remplacer complètement les MAI contenant du fluor d'ici quelques années (par exemple, la raffinerie de Cressier).

En revanche, les installations d'extinction fixes sont aujourd'hui presque exclusivement équipées de MAI contenant du fluor. Selon une enquête menée par l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, 22 installations d'extinction d'une capacité totale d'environ 65 tonnes d'émulseur sans fluor sont disponibles dans l'industrie et le commerce pour être utilisées en cas d'incident. Parmi celles-ci, neuf installations se trouvent sur des sites de l'industrie chimique et pharmaceutique et sept sur des sites d'autres industries. En raison des quantités de produits chimiques stockées, environ la moitié de ces sites sont soumis aux dispositions de l'ordonnance sur les accidents majeurs. Les responsables de la sécurité sur ces sites estiment que, compte tenu du potentiel de danger (quantités et propriétés des substances) et des conditions de sécurité de leur entreprise, les conséquences des accidents majeurs peuvent être contrôlées aussi grâce aux mousses anti-incendie sans fluor disponibles aujourd'hui. De plus, la disponibilité de certains MAI fluorées n'est déjà plus garantie aujourd'hui, de sorte que le remplissage après le déclenchement d'une installation peut s'avérer problématique. Dans ces cas, il faut soit trouver d'autres fournisseurs, par exemple hors de l'UE, soit convertir l'installation à des MAI sans fluor.

Le passage à des MAI sans fluor peut également s'effectuer dans le cadre du remplacement des MAI en raison de leur vieillissement. La durée de vie des MAI dépend fortement des conditions de stockage. Des conditions de stockage constantes et des températures fraîches, comme c'est le cas dans les installations fixes, peuvent prolonger la durée de conservation jusqu'à 30 ans [31]. Lors du stockage dans les véhicules de la force d'intervention, la durée de vie moyenne des MAI est raccourcie en raison des conditions de stockage moins favorables, telles que des températures plus élevées et fluctuantes [44]. Dans ce cas, les MAI sont généralement remplacés au plus tard après environ 10 ans en raison de leur vieillissement.

Reclassification de certaines matières dangereuses en ce qui concerne les mousses d'extinction recommandées en cas d'incendie

En raison de la restriction complète décidée pour les MAI contenant du fluor dans l'UE [16], il est urgent de procéder à une réévaluation des recommandations existantes basées sur les AFFF pour les MAI en cas d'incendies de liquides. Il faut trouver des MAI sans fluor appropriées et mettre les informations correspondantes à la disposition des pompiers. Dans le cadre d'une étude commandée par l'Agence fédérale allemande pour l'environnement en 2024 [45], un système d'évaluation pour la sélection de MAI alternatifs a été élaboré sur la base d'études expérimentales et d'une recherche documentaire. Ensuite, un groupe de plus de 500 substances dangereuses de la classe de feux B a été classé en fonction de leurs propriétés physico-chimiques et attribué à un MAI sans fluor approprié. Les résultats, sous forme d'informations sur les mousses anti-incendie appropriées pour certaines substances spécifiques dans le cadre de la lutte contre les incendies, ont été rendus publics dans le système d'information sur les produits chimiques ChemInfo [46].

Défis liés au remplacement des agents fluorés

Les utilisateurs de MAI ont principalement mentionné les points suivants, qui doivent être pris en compte lors du passage à des alternatives sans fluor :

- Sécurité d'utilisation pour les pompiers
- Efficacité dans la lutte contre les incendies
- Coûts d'acquisition, de nettoyage et d'élimination
- Compatibilité avec l'équipement existant (par exemple en raison de différences de viscosité et de taux de mélange)
- Nettoyage des équipements existants pour éliminer les PFAS
- Manipulation des alternatives et formation des pompiers

Les premiers points mentionnés, à savoir la sécurité et l'efficacité, sont interdépendants, car une sécurité élevée contre les retours de flamme et de bonnes propriétés d'écoulement améliorent également la sécurité des utilisateurs.

Dans le cas des installations fixes, la situation est compliquée par le fait que les alternatives ne peuvent pas être testées dans le cadre d'exercices. Avant de remplacer la MAI, il faudrait donc vérifier soigneusement si une installation de sécurité est compatible avec l'alternative afin de pouvoir lutter efficacement contre un incendie en cas d'urgence [33]. Sur la base des expériences acquises dans la lutte mobile contre les incendies avec des alternatives sans fluor, on suppose que la conversion des installations d'extinction fixes entraînera une augmentation des taux d'application d'un facteur 2, ce qui entraînera des coûts d'investissement et d'adaptation considérables. En outre, il a été fait référence aux coûts liés à l'acquisition, à l'élimination et au nettoyage, ainsi qu'aux adaptations parfois nécessaires de l'équipement (par exemple, dans le cas des systèmes de mélange), qui peuvent retarder ou empêcher le remplacement des MAI contenant du fluor [21]. Comme les composés organiques fluorés adhèrent très bien aux surfaces et peuvent donc être libérés pendant longtemps par les surfaces plastiques contaminées, un nettoyage minutieux est également nécessaire avant le remplissage avec des MAI sans fluor. Il convient également de tenir compte du temps nécessaire à la planification et à l'organisation du nettoyage et de la conversion. Enfin, la

manipulation des MAI sans fluor nécessite des entraînements et des formations complémentaires, car le comportement des nouvelles MAI diffère de celui des MAI fluorées classiques (AFFF).

Pour les installations semi-stationnaires ou les entreprises qui prévoient exclusivement un système mobile de production de mousse, le remplacement des agents fluorés entraînera probablement des coûts d'investissement supplémentaires, car il pourrait être nécessaire de passer à des installations entièrement stationnaires afin de pouvoir continuer à garantir un niveau de sécurité comparable.

Les défis liés au passage des mousses anti-incendie fluorées à des alternatives sans fluor sont abordés dans les lignes directrices de l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) [47] et dans le document de référence de l'Agence fédérale allemande pour l'environnement [48], qui proposent des solutions et documentent des exemples pratiques. Il existe désormais de nombreux exemples en Suisse et dans d'autres pays européens de passage réussi aux MAI sans fluor.

Conclusion

La transition vers des MAI sans fluor pour une utilisation sur les rails, les routes et les aéroports civils est bien avancée et une interdiction d'utilisation des MAI contenant du fluor peut être mise en œuvre avec une courte période de transition. La transition vers des MAI sans fluor sur les aéroports militaires a également été engagée et une interdiction d'utilisation des MAI contenant du fluor avec une courte période de transition est tout à fait acceptable. Dans le domaine des extincteurs à mousse, les extincteurs sans fluor ne représentent actuellement qu'une part de marché négligeable (< 1 %). Comme il existe des alternatives, il est important de réglementer rapidement la mise sur le marché de nouveaux extincteurs à mousse contenant du fluor. Toutefois, il est judicieux de définir des périodes transitoires plus longues pour l'emploi des extincteurs à mousse contenant du fluor, notamment afin de permettre une transition progressive. Des périodes transitoires plus longues sont nécessaires pour les installations fixes. Le passage vers des MAI sans fluor entraînera ici des coûts très importants et, le cas échéant, des modifications techniques. L'élimination des stocks de MAI stockés dans les installations fixes constituera également un défi. Cependant, même en cas d'incident, l'élimination appropriée des eaux d'extinction fluorées retenues est très coûteuse. Ces coûts seraient supprimés avec les MAI sans fluor.

9 Bibliographie

- [1] European Chemicals Agency (ECHA), «Registry of restriction intentions until outcome,» [En ligne]. Available: <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [2] European Chemicals Agency (ECHA), «Background Document to the Opinion on the Annex XV dossier proposing restrictions on Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs),» European Chemicals Agency (ECHA), 2025.
- [3] S. Chow, H. Singer, J. Hollender et C. McArdell, «Occurrence of PFASs in Swiss Wastewater Treatment Plants,» Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), 2025. [En ligne]. Available: <https://www.eawag.ch/en/departement/uchem/projects/occurrence-of-pfass-in-swiss-wastewater-treatment-plants/>. [Accès le 24.11.2025 November 2025].
- [4] J. Glüge, M. Scheringer, I. T. Cousins, J. C. DeWitt, G. Goldenman, D. Herzke, R. Lohmann, C. A. Ng, X. Trier et Z. Wang, «An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS),» *Environmental Science Processes & Impacts*, vol. 22, p. pp. 2345, 2020.
- [5] Wood., RAMBOLL et COWI, «The use of PFAS and fluorine-free alternatives in fire-fighting foams,» European Commission DG Environment / European Chemicals Agency (ECHA), 2020.
- [6] Confédération helvétique, *Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) 814.81*, Fedlex, 2005.
- [7] Europ. Parlament und Rat der Europ. Union, *Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2006.
- [8] Europ. Parlament und Rat der Europ. Union, *Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über persistente organische Schadstoffe.*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2019.
- [9] Die Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 757/2010 der Kommission vom 24. August 2010 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über persistente organische Schadstoffe hinsichtlich der Anhänge I und III*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2010.
- [10] Die Europäische Kommission, *Delegierte Verordnung (EU) 2020/1203 der Kommission vom 9. Juni 2020 zur Änderung des Anhangs I der Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich des Eintrags für PFOS und ihre Derivate*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2020.
- [11] Die Europäische Kommission, *Delegierte Verordnung (EU) 2020/784 der Kommission vom 8. April 2020 zur Änderung des Anhangs I der Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Aufnahme von PFOA, ihrer Salze und von PFOA Vorläuferverbindungen*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2020.
- [12] Die Europäische Kommission, *Delegierte Verordnung (EU) 2023/866 der Kommission vom 24. Februar 2023 zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments*

und des Rates hinsichtlich PFOA, ihrer Salze und PFOA-verwandter Verbindungen, Amtsblatt der Europäischen Union, 2023.

- [13 Die Europäische Kommission, *Delegierte Verordnung (EU) 2023/1608 der Kommission vom 30. Mai 2023 zur Änderung des Anhangs I der Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Aufnahme von PFHxS, ihrer Salze und von PFHxS-verwandten Verbindungen*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2023.
- [14 Die Europäische Kommission, *Verordnung (EU) 2021/1297 der Kommission vom 4. August 2021 zur Änderung des Anhangs XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich C9-C14-PFCA, ihrer Salze und C9-C14-PFCA-verwandter Stoffe*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2021.
- [15 Die Europäische Kommission, *Verordnung (EU) 2024/2462 der Kommission vom 19. September 2024 zur Änderung von Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich Undecafluorhexansäure (PFHxA), ihrer Salze und PFHxA-verwandter Stoffe*, Amtsblatt der Europäischen Union, 2024.
- [16 Europ. Parlament und Rat der Europ. Union, *Verordnung (EU) 2025/1988 der Kommission vom 2. Oktober 2025 zur Änderung des Anhangs XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich per- und polyfluorierter Alkylsubstanzen in Feuerlöschschäumen*, EUR-Lex, Amtsblatt der Europäischen Union, 2025.
- [17 CSSP (Coordination suisse des sapeurs-pompiers), «ABC-01 Agents moussants,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.feukos.ch/fr > Documents > Fiches d'information > Formation ABC>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [18 «Manuel pour les interventions ABC,» CSSP (Coordination suisse des sapeurs-pompiers), 2019.
- [19 Feuerwehrkoordination Schweiz (FKS), «Reglement Basiswissen,» Feuerwehrkoordination Schweiz, 2013.
- [20 F. Dubocq, T. Wang, L. Yeung, L. W. Y. Sjöberg et V. Kärrman, «Characterization of the Chemical Contents of Fluorinated and Fluorine-Free Firefighting Foams Using a Novel Workflow Combining Nontarget Screening and Total Fluorine Analysis,» *Environmental Science & Technology* 54 (1), pp. 245-254, 2020.
- [21 B. Sallé, Interviewee, *Interview mit Business Development Manager Europe von Angus Fire*. [Interview]. 06 Jul 2022.
- [22 Feuerwehrkoordination Schweiz (FKS), «Handbuch Materialdienst,» Feuerwehrkoordination Schweiz, 2020.
- [23 Basellandschaftliche Gebäudeversicherung, «Kommandoakten des Feuerwehr-Inspektorats beider Basel,» 2024. [En ligne]. Available: <https://bgv.ch > Feuerwehr > Kommandoakten des Feuerwehr-Inspektorats beider Basel>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [24 M. Rumo, Interviewee, *Interview mit Bereichsleiter Technischer Brandschutz der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF)*. [Interview]. 08 Dez 2021.
- [25 Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, «Merkblatt PFC- bzw. fluorhaltige Schaumlöschmittel,» Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA), 2018.

- [26 Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), «Löschwasser-Rückhaltung - Leitfaden für die Praxis,» 2016.
- [27 Solothurnische Gebäudeversicherung SGV, «Kommandoakten,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.sgvso.ch> > Feuerwehr > Quellen > Kommandoakten. [Accès le 30 Sep 2025].
- [28 A. Lochmeier, Interviewee, *Interview mit Abteilungsleiter BF Flughafen Zürich*. [Interview]. 07 Nov 2022.
- [29 Y. Kreutzer, Interviewee, *Commandant Service de Sauvetage et de Lutte contre les Incendies Aéroportuaires (SSLIA) Flughafen Genf*. [Interview]. 14 Nov 2022.
- [30 M. Leuthold, Interviewee, *Interview VBS - Fachstelle Brandschutz, Fachstelle Brandschutz und Ter Infra*. [Interview]. 04 08 2022.
- [31 F. Maissen et R. Fitze, Interviewees, *Interview des Verband Schweizerischer Errichter von Sicherheitsanlagen SES mit F. Maissen (Zentex Brandschutz AG) und R. Fitze (Siemens Schweiz AG)*. [Interview]. 09 Dez 2021.
- [32 Schweizerische Errichter von Sicherheitsanlagen, «Merkblatt für den Ersatz PFOS-haltiger Feuerlöschmittel in stationären Löschanlagen mit Frist per 30. November 2018,» Verband Schweizerischer Errichter von Sicherheitsanlagen (SES), 2018.
- [33 M. Rahn, Interviewee, *Interview mit Stv. Direktor und Leitung Technische Abteilung CARBURA*. [Interview]. 07 Dez 2021.
- [34 T. Kamermans et M. Rahn, Interviewees, *Protokoll der Begehung Tanklager Mellingen mit T. Kamermans (Geschäftsführer Tankanlage Mellingen AG) und M. Rahn (CARBURA)*. [Interview]. 31 Aug 2022.
- [35 Löschgeräte-Verband Schweiz LGVS, *Mitteilung an das BAFU*, Okt: 02, 2024.
- [36 C. Bleuler et P. Favreau, «Substances Poly- et Per-Fluorées (PFAS) dans des émulseurs d'extincteurs,» Office cantonal de l'environnement (OCEV), Genève, 2025.
- [37 Schweizerische Eidgenossenschaft, *Störfallverordnung (StF, SR 814.012) - Verordnung über den Schutz vor Störfällen vom 27 Februar 1991 (Stand am 1. Juli 2024)*, Fedlex, 1991.
- [38 Berufsfeuerwehr Köln et Amt für Feuerschutz, Rettungsdienst und Bevölkerung, «Bericht über den INEOS-Störfall am 17.03 2008 - V.09-05-15,» Amt für Feuerschutz, Rettungsdienst und Bevölkerungsschutz, 2008.
- [39 T. Rosenthal, «Bestimmung der Einsatzgrenzen von Löschmittelzusätzen bei Klasse B-Bränden (Bachelorarbeit),» Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Life Science, Hamburg, 2004.
- [40 Arcadis Schweiz AG, «Entscheidungsgrundlagen für den Vollzug bei PFAS-belasteten Standorten in der Schweiz (Expertenbericht im Auftrag des BAFU),» 2021.
- [41 Kanton Wallis, «<https://www.vs.ch>,» [En ligne]. Available: <https://www.vs.ch/> > Schalter > Umwelt, Energie und Landwirtschaft > Abfälle und belastete Standorte > Altlasten-Einleitung > PFAS.
- [42 Kanton St. Gallen, «Altlastensanierung in Altstätten startet,» 25 Aug 2022. [En ligne]. Available: https://www.sg.ch/news/sgch_allgemein/2022/08/altlastensanierung-in-altstaetten-startet.html. [Accès le 30 Sep 2025].

- [43 Kanton St. Gallen, «Giftiger Löschschaum auch in St. Galler Böden? Interpellation SP-Fraktion vom 7. Juni 2021,» 2021.
- [44 M. Bleuler, Interviewee, *Interview Feuerwehrkoordination Schweiz mit M. Bleuler, Abteilungsleiter/Dienststoffizier, Fachexperte ABC, Major Feuerwehr Koordination Schweiz*. [Interview]. 02 Dez 2021.
- [45 J. Backhaus, D. Schmitz, M. Wachsmuth et R. Goertz, «Neueinstufung ausgewählter Gefahrstoffe hinsichtlich der für den Brandfall empfohlenen Löschschäume,» *Tagungsband Umweltinformationssystem 2024*, 2024.
- [46 «Chemikalieninfo,» Chemikalieninformationssystem des Bundes und der Länder Deutschland, [En ligne]. Available: <https://www.chemikalieninfo.de/>. [Accès le 25 11 2025].
- [47 European Commission, «EU Guidance for transitioning to Fluorine-Free Firefighting Foams,» European Union, 2025.
- [48 E. Peltzer, E. Fire et M. Schroeter, «Hintergrund - Austausch von PFAS-haltigen Feuerlöschschäumen - Was ist zu beachten?,» Umweltbundesamt, Dessau- Rossau, Deutschland, 2024.
- [49 Stockholm Convention, «www.pops.int,» [En ligne]. Available: <https://www.pops.int/Implementation/IndustrialPOPs/PFAS/Overview/tabid/5221/Default.aspx>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [50 European Chemicals Agency (ECHA), «Register für Beschränkungsvorschläge bis zum Ergebnis der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA): Beschränkungsvorschlag Dänemarks, Deutschlands, der Niederlande, Norwegens und Schwedens für die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung v,» [En ligne]. Available: <https://echa.europa.eu/de/restrictions-under-consideration/-/substance-rev/72301/term>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [51 European Chemicals Agency (ECHA), «Register für Beschränkungsvorschläge bis zum Ergebnis der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA),» [En ligne]. Available: <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e1856e8ce6>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [52 Dr. Sthamer, «<https://www.sthamer.com>,» [En ligne]. Available: <https://www.sthamer.com>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [53 Angus Fire, «<https://www.angusfire.co.uk/>,» [En ligne]. Available: <https://www.angusfire.co.uk/>. [Accès le 30 Sep 2025].
- [54 The European Commission, *Commission Regulation (EU) 2025/1988 of 2 October 2025 amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council as regards per- and polyfluoroalkyl substances in firefighting foams*, 2025: Official Journal of the European Union.