

Distr. générale
16 novembre 2017

Français
Original : anglais



**Convention de Stockholm
sur les polluants organiques
persistants**

Comité d'étude des polluants organiques persistants
Treizième réunion
Rome, 17-20 octobre 2017

**Rapport du Comité d'étude des polluants organiques
persistants sur les travaux de sa treizième réunion**

Additif

**Projet d'évaluation de la gestion des risques concernant :
l'acide pentadécafluorooctanoïque (n° CAS : 335-67-1,
acide perfluorooctanoïque (APFO)), ses sels et les composés apparentés**

À sa treizième réunion, le Comité d'étude des polluants organiques persistants a adopté, par sa décision POPRC-13/2, une évaluation de la gestion des risques présentés par l'acide pentadécafluorooctanoïque (n° CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés sur la base du projet figurant dans la note du Secrétariat (UNEP/POPS/POPRC.13/3), tel que révisé au cours de la réunion. Le texte de cette évaluation de la gestion des risques, telle qu'adoptée, est reproduit dans l'annexe au présent additif. Il n'a pas été revu par les services de contrôle de la rédaction.

Annexe

**L'APFO, SES SELS ET LES COMPOSÉS
APPARENTÉS**

**ÉVALUATION DE LA GESTION DES
RISQUES**

Octobre 2017

Table des matières

Résumé	4
1. Introduction.....	7
1.1. Identité chimique de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés	7
1.2. Conclusions du Comité d'étude concernant les informations de l'Annexe E	9
1.3. Sources des données	10
1.3.1. Aperçu des données communiquées par les Parties et les observateurs	10
1.3.2. Autres principales sources de données	10
1.4. Statut de la substance chimique au regard des conventions et cadres internationaux	10
1.5. Mesures de réglementation prises au niveau national ou régional	11
2. Synthèse des informations concernant l'évaluation de la gestion des risques	12
2.1. Identification des mesures de réglementation possibles	15
2.2. Efficacité des mesures de réglementation possibles par rapport aux objectifs de réduction des risques.....	16
2.2.1. Évaluation des utilisations et de la production de solutions de remplacement fluorées à chaîne courte	20
2.2.2. Coûts et avantages de la mise en œuvre des mesures de réglementation.....	27
2.3. Informations sur les solutions de remplacement (produits et procédés)	31
2.3.1. Aperçu des solutions de remplacement	31
2.3.2. Utilisations propres à chaque secteur	31
2.3.3. Domaines d'utilisation dans lesquels aucune solution de remplacement n'a encore été trouvée.....	39
2.3.4. Synthèse des solutions de remplacement.....	41
2.4. Synthèse des informations sur les incidences sur la société de l'application d'éventuelles mesures de réglementation.....	43
2.4.1. Santé, y compris santé publique, environnementale et professionnelle	43
2.4.2. Agriculture, aquaculture et sylviculture.....	44
2.4.3. Biotes (biodiversité)	44
2.4.4. Aspects économiques	44
2.4.5. Évolution vers le développement durable.....	46
2.4.6. Coûts sociaux (emploi, etc.)	47
2.5. Autres considérations.....	47
2.5.1. Accès à l'information et éducation du public	47
2.5.2. État des moyens de contrôle et de surveillance	47
3. Synthèse des informations	49
3.1. Résumé des informations figurant dans le descriptif des risques.....	49
3.2. Résumé des informations figurant dans l'évaluation de la gestion des risques	49
3.3. Mesures de gestion des risques suggérées	53
4. Conclusion	53

Résumé

1. L'Union européenne (UE) et ses États membres ont soumis, en juin 2015, une proposition visant à inscrire l'acide pentadécafluorooctanoïque (n° CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés¹ aux Annexes A, B et/ou C à la Convention de Stockholm (UNEP/POPS/POPRC.11/5). À sa douzième réunion, en septembre 2016, le Comité d'étude des polluants organiques persistants (POPRC) a conclu que l'APFO est persistant, bioaccumulable et toxique pour les animaux, notamment l'être humain. L'APFO et un certain nombre de composés qui lui sont apparentés se rencontrent très fréquemment dans les différents compartiments environnementaux et dans les biotes et les populations humaines. Par conséquent, l'APFO, ses sels et les composés apparentés qui se dégradent en APFO sont susceptibles, du fait de leur propagation à longue distance dans l'environnement, d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine et/ou l'environnement justifiant l'adoption de mesures au niveau mondial (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2).

2. Les groupes de substances compris dans l'évaluation sont définis au paragraphe 21 de l'évaluation de la gestion des risques (UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2) et une liste complète des substances concernées est disponible dans le document (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6//Add.1)

3. L'APFO, ses sels et les composés apparentés sont utilisés dans une large gamme d'applications et de biens de consommation dans de nombreux secteurs (pour plus de précisions, voir UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2). L'APFO et ses sels sont ou étaient le plus souvent utilisés comme adjuvants de transformation dans la production de fluoroélastomères et de fluoropolymères, le polytétrafluoroéthylène (PTFE) étant un fluoropolymère essentiel pour la fabrication d'ustensiles de cuisine antiadhésifs. Les composés apparentés à l'APFO, y compris les polymères à chaîne latérale fluorée, sont utilisés comme agents tensioactifs et agents de traitement de surface, par exemple dans les textiles, le papier et les peintures et les mousses extinctrices. D'après les informations disponibles dans l'évaluation de la gestion des risques, ces utilisations étaient les plus grandes consommatrices d'APFO.

4. Les rejets sont issus de la production, de l'utilisation et de l'élimination passées et actuelles. Des rejets directs d'APFO et/ou de composés apparentés dans l'environnement se produisent non seulement pendant la production de la substance brute (y compris les quantités présentes en tant qu'impuretés lors de la fabrication de composés apparentés à l'APFO et de certains produits de remplacement), mais aussi pendant le traitement, l'utilisation et l'élimination du produit chimique, des articles traités et des produits contaminés. Les principaux véhicules des rejets d'APFO et de ses sels sont les eaux usées et les particules sous forme d'aérosols. Par ailleurs, la transformation ou la (photo)dégradation biotiques et abiotiques des précurseurs donne lieu à des rejets indirects. Les composés apparentés à l'APFO, tels que définis au paragraphe 21, sont rejetés dans l'air, l'eau, les sols et les déchets solides, et peuvent se dégrader à des degrés divers en APFO dans l'environnement et dans les organismes. Les rejets d'APFO issus de la dégradation contribuent aux rejets d'APFO dans certains environnements locaux, par exemple dans les zones terrestres reculées (pour plus de précisions, voir UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2).

5. Les activités de l'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques au niveau mondial sont axées sur la collecte et l'échange d'informations sur les produits chimiques perfluorés et le soutien à la transition vers des solutions de remplacement plus sûres. Des efforts volontaires visant à éliminer l'APFO et les substances apparentées ont été entrepris, comme le PFOA Stewardship Program de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (USEPA) et les travaux de l'industrie. En 2006, les huit principaux fabricants de fluoropolymères et fluorotélomères aux États-Unis, en Europe et au Japon se sont mis d'accord sur l'abandon de la production et de l'utilisation de l'APFO et des substances apparentées à chaîne longue à la fin de 2015. Un programme similaire existait au Canada. Tous les participants au Stewardship Program ont réussi à éliminer presque entièrement ces produits chimiques des émissions des usines et du contenu des produits. L'élimination progressive volontaire ne concernait pas les fabricants et/ou utilisateurs industriels d'APFO dans les pays ne faisant pas partie de l'initiative, c'est-à-dire notamment la Chine, l'Inde et la Russie (pour plus de précisions, voir UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2).

¹ La nature des composés apparentés à l'APFO visés varie selon les approches. Dans le présent document, le terme « composés apparentés » est utilisé tel que défini dans la section 1.1. Lorsque ce terme est extrait d'autres sources d'informations, la formulation originale des termes analogues, tels que « substances apparentées à l'APFO » (utilisée par exemple dans ECHA, 2015a), est maintenue.

6. Des approches réglementaires de gestion des risques sont mises en œuvre ou sont en préparation dans le cadre de mesures de réglementation nationales, par exemple au Canada, en Norvège et dans l'Union européenne (restriction existante). Ces mesures interdisent la fabrication, la mise sur le marché et l'utilisation de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés, avec des dérogations (limitées ou non dans le temps). Fondées sur des évaluations techniques et socioéconomiques, ces approches de gestion des risques sont considérées comme techniquement et économiquement viables. En 2016, le Canada a publié une législation visant à interdire l'APFO, ses sels et précurseurs, ainsi que les produits en contenant, sauf s'ils sont présents dans des articles manufacturés, et avec un nombre limité de dérogations. La Norvège interdit l'utilisation de l'APFO dans les biens de consommation et les textiles depuis 2014, avec certaines dérogations. L'Union européenne limite la fabrication, la mise sur le marché et l'utilisation (y compris l'importation) de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés ainsi que des articles contenant ces substances. L'approche de gestion des risques de l'Union européenne prévoit des dérogations pour certaines utilisations, mais ne <https://www.youtube.com/watch?v=sRTYWMTMZUFs>ouvre pas la dégradation en APFO des substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) à chaîne longue. Aux États-Unis, il est envisagé, dans une règle proposée en 2015, d'imposer aux fabricants d'APFO et de substances chimiques apparentées d'informer l'USEPA des nouvelles utilisations de ces substances afin d'en permettre l'évaluation et, si nécessaire, de prendre des mesures pour interdire ou limiter l'activité concernée.

7. Au Canada, en Norvège et dans l'UE, des informations techniques et socioéconomiques ont été utilisées lors de l'élaboration des approches réglementaires de gestion des risques concernant l'APFO, ses sels et les composés apparentés incluses pour prendre des décisions concernant certaines dérogations. En général, ces approches de gestion des risques sont considérées comme techniquement et économiquement viables. Les informations reçues des parties prenantes du secteur industriel au cours de ces procédures réglementaires montrent que des dérogations avec ou sans limitation dans le temps sont nécessaires pour certaines utilisations pour lesquelles les parties prenantes ont fait valoir et les comités scientifiques ont conclu que les solutions de remplacement ne sont pas économiquement et/ou techniquement viables. Une interdiction de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés avec d'éventuelles dérogations spécifiques pour certaines utilisations est également considérée comme techniquement et économiquement réalisable dans le cadre de la Convention de Stockholm.

8. Les informations sur la disponibilité de solutions de remplacement appropriées possédant la même efficacité et efficacité montrent qu'il pourrait actuellement ne pas y en avoir pour plusieurs utilisations, notamment dans les domaines suivants : 1) équipements et infrastructures connexes de fabrication de semi-conducteurs; 2) encres d'imprimerie à base de latex; 3) textiles pour vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles; 4) membranes utilisées dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents; 5) nanorevêtements au plasma; 6) appareils médicaux; 7) production de dispositifs médicaux implantables; 8) revêtements photographiques appliqués sur les films, papiers de tirage ou clichés d'impression; 9) procédés photolithographiques de fabrication de semi-conducteurs ou procédés de gravure de semi-conducteurs composés; 10) certains produits chimiques pharmaceutiques; et 11) utilisation de sulfuramide. Toutefois, pour la plupart de ces utilisations, l'élaboration de solutions de remplacement est en cours. Les restrictions ou interdictions portant sur l'APFO, ses sels et les composés apparentés en vertu de la Convention de Stockholm pourraient être examinées en prévoyant des dérogations spécifiques limitées dans le temps ou des buts acceptables sans limite de temps.

9. Dans les approches suivies par le Canada, la Norvège et l'Union européenne, il est présumé que la restriction ou l'interdiction au niveau mondial de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés aura un effet positif sur la santé humaine, l'environnement, y compris les biotes, et l'agriculture en réduisant les émissions et, par conséquent, l'exposition. L'ampleur et l'étendue des risques présentés par l'APFO, ses sels et les composés apparentés ne peuvent être quantifiées. La gestion des risques associés à ces substances repose sur des données scientifiques et des mesures préventives pour éviter les effets néfastes potentiellement graves et irréversibles résultant d'émissions continues et incontrôlées. Les solutions de remplacement proposées sont censées poser moins de risques pour la santé qu'une utilisation non réglementée de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés.

10. Les approches de gestion des risques du Canada, de la Norvège et de l'Union européenne sont considérées comme ayant des incidences modérées sur les coûts parce que le marché est déjà en train de remplacer l'APFO, ses sels et les composés apparentés, et parce que ces approches prévoient des dérogations limitées ou non dans le temps pour certains usages. Il devrait en être de même des approches associant mesures réglementaires et mesures volontaires adoptées par l'Australie et les États-Unis. Des solutions économiquement compétitives qui ne présentent pas les caractéristiques des polluants organiques persistants (POP) ont déjà été mises en œuvre à la place de l'APFO, de ses sels et

des composés apparentés dans de nombreux pays, ce qui montre leur faisabilité technique et économique partielle. Le recours à des solutions de remplacement appropriées permet de diminuer l'exposition et, par conséquent, de réaliser des économies en réduisant les coûts sanitaires et environnementaux associés. En outre, une restriction ou une interdiction empêcherait l'aggravation de la contamination des eaux de surface, des eaux souterraines et des sols et permettrait ainsi de réduire les coûts liés à l'identification et à la remise en état des sites contaminés.

11. L'APFO peut être un produit non intentionnel de la combustion incomplète de fluoropolymères.

12. Le Comité recommande, conformément au paragraphe 9 de l'article 8 de la Convention, que la Conférence des Parties à la Convention de Stockholm envisage d'inscrire l'APFO, ses sels et les composés apparentés, en indiquant les mesures de réglementation correspondantes.

13. Sur la base de l'évaluation des utilisations et de l'efficacité et de l'efficacité des éventuelles mesures de réglementation, le Comité recommande que la Conférence des Parties envisage d'inscrire l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés à l'Annexe A ou à l'Annexe B de la Convention, avec des dérogations spécifiques :

- a) Expirant cinq ans après la date d'entrée en vigueur de l'amendement, comme prévu à l'article 4, pour les utilisations suivantes :
 - i) Fabrication de semiconducteurs ou dispositifs électroniques apparentés :
 - a. Matériel ou infrastructure de production contenant des fluoropolymères et/ou fluoroélastomères avec des résidus d'APFO;
 - b. Entretien de matériels ou d'infrastructures de production d'anciennes générations;
 - c. Procédés de photolithographie ou de gravure;
 - ii) Revêtements photographiques appliqués aux films;
 - iii) Textiles hydrofuges ou oléofuges pour vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles dus à des liquides dangereux;
 - b) Expirant 10 ans après la date d'entrée en vigueur de l'amendement, comme prévu à l'article 4, pour les pièces contenant des fluoropolymères et/ou fluoroélastomères avec des résidus d'APFO destinées à la remise à neuf d'équipements d'anciennes générations utilisés dans la fabrication de semiconducteurs ou dispositifs électroniques apparentés;
 - c) Devant faire l'objet d'une évaluation quant à la nécessité de les maintenir et expirant au plus tard en 2036 pour l'utilisation d'iodure de perfluorooctane et la production de bromure de perfluorooctane en vue de la fabrication de produits pharmaceutiques.
14. Le Comité invite les Parties et les observateurs, y compris les secteurs industriels concernés, à lui fournir des informations pouvant l'aider à définir, le cas échéant, des dérogations spécifiques pour l'utilisation et la production d'APFO, de sels de cet acide et de composés apparentés, notamment :
- a) S'agissant des membranes destinées à être utilisées dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents : des informations sur la sphère d'application, les quantités utilisées, la disponibilité de solutions de remplacement et les aspects socio-économiques;
 - b) S'agissant des intermédiaires isolés transportés en vue de leur retraitement sur un site autre que celui de production : des informations sur les quantités utilisées, l'étendue de la propagation et des risques, et les utilisations;
 - c) S'agissant des appareils médicaux : des informations sur les applications/utilisations spécifiques et sur les durées prévues de maintien des éventuelles dérogations jugées nécessaires;
 - d) S'agissant des dispositifs médicaux implantables : des informations sur les quantités utilisées, l'étendue de la propagation et des risques, et les utilisations;
 - e) S'agissant du secteur de l'imagerie photographique : des informations sur les papiers et les processus de tirage et des informations utiles pour les pays en développement;
 - f) S'agissant de l'industrie automobile : des informations sur les pièces détachées;

g) S'agissant des mousses anti-incendie : des informations sur la composition chimique des mélanges et les volumes de mélanges de mousses anti-incendie préchargés;

15. Les informations sur les aspects socio-économiques dans tous les domaines susmentionnés seront également les bienvenues, de même que toute autre information utile.

16. Au cours de la période intersessions, le Comité recueillera en outre auprès des Parties des informations supplémentaires en vue d'une éventuelle inscription de l'APFO à l'Annexe C et auprès des observateurs des informations pouvant l'aider à évaluer de manière plus approfondie la production et la libération non intentionnelles d'APFO, de sels de cet acide et de composés apparentés imputables, en particulier, à la production primaire d'aluminium et à la combustion incomplète. Comme préconisé dans la décision SC-8/21, les experts compétents des divers mécanismes techniques et scientifiques des Conventions de Stockholm et de Bâle sont spécialement invités à y contribuer.

1. Introduction

17. L'Union européenne (UE) et ses États membres ont soumis, en juin 2015, une proposition visant à inscrire l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés aux Annexes A, B et/ou C à la Convention de Stockholm (UNEP/POPS/POPRC.11/5). Le Comité d'étude des polluants organiques persistants, à sa onzième réunion tenue en octobre 2015, a conclu que l'APFO répondait bien aux critères de sélection spécifiés à l'Annexe D et qu'il convenait de se pencher sur les questions relatives à l'inscription des composés apparentés à l'APFO susceptibles de se dégrader en APFO ainsi que des sels d'APFO dans le projet de descriptif des risques (décision POPRC-11/4).

18. Les substances couvertes par le descriptif des risques sont l'APFO, y compris ses isomères, ses sels et les composés apparentés. À sa douzième réunion tenue en septembre 2016, le Comité a, par sa décision POPRC-12/2, adopté le descriptif des risques (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2) et a décidé de créer un groupe de travail intersessions chargé de préparer une évaluation de la gestion des risques comprenant une analyse des éventuelles mesures de réglementation pour l'acide perfluorooctanoïque (APFO), ses sels et les composés apparentés conformément aux dispositions de l'Annexe F de la Convention. En outre, le Comité a invité les Parties et les observateurs à soumettre au Secrétariat les informations visées à l'Annexe F avant le 9 décembre 2016.

19. Conformément au descriptif des risques, l'évaluation de la gestion des risques concerne l'APFO, y compris ses isomères, ses sels et les composés apparentés. La présente évaluation de la gestion des risques est accompagnée d'un document d'information (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6); afin de faciliter l'identification des composés apparentés, une liste non exhaustive des substances couvertes ou non couvertes par l'évaluation de la gestion des risques est également fournie (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1).

1.1. Identité chimique de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés

20. L'APFO, ses sels et les composés apparentés font partie de la famille des substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS). Les acides perfluorés, comme l'APFO, ne sont pas dégradables dans l'environnement et dans les biotes (y compris l'être humain). Certaines substances polyfluorées peuvent se dégrader en substances perfluorées persistantes comme l'APFO dans des conditions naturelles et en sont donc des précurseurs. Ces PFAS, qui peuvent être dégradées en APFO dans l'environnement sont appelées composés apparentés à l'APFO.

21. L'évaluation de la gestion des risques concerne :

a) L'APFO (acide pentadécafluorooctanoïque, no CAS : 335-67-1, no CE : 206-397-9), y compris ses isomères ramifiés;

b) Ses sels; et

c) Les composés apparentés à l'APFO qui, aux fins de l'évaluation de la gestion des risques, se définissent comme toute substance qui se dégrade en APFO, notamment les substances (y compris les sels et polymères) dont l'un des éléments structurels est un groupe perfluoroheptyle linéaire ou ramifié de formule C_7F_{15} , directement rattaché à un autre atome de carbone, comme, par exemple :

i) Les polymères possédant une chaîne latérale fluorée avec plus de 8 atomes de carbone²;

² DuPont, 1998. Technical information: Zonyl fluorochemical intermediates.

- ii) Les fluorotélomères 8:2;
- iii) Les fluorotélomères 10:2.

Les composés ci-après ne se dégradent pas en APFO et ne sont donc pas inclus dans les composés apparentés à l'APFO :

- i) Les composés de formule C₈F₁₇-X, où X= F, Cl, Br;
- ii) Les fluoropolymères³ de formule CF₃[CF₂]_n-R', où R' désigne un groupe quelconque, avec n>164;
- iii) Les acides perfluorocarboxyliques et les acides phosphoniques (y compris leurs sels, esters, halogénures et anhydrides) avec plus de 8 atomes de carbone perfluorés;
- iv) Les acides perfluorooctanes sulfoniques (y compris leurs sels, esters, halogénures et anhydrides) avec plus de 9 atomes de carbone perfluorés;
- v) L'acide perfluorooctane sulfonique (SPFO), ses sels et le fluorure de perfluorooctane sulfonyle (FSPFO), qui figurent dans l'Annexe B à la Convention de Stockholm.

22. Les données relatives à l'APFO sont résumées dans les tableaux 1 et 2⁵. Les tableaux des données relatives aux sels de l'APFO et aux composés apparentés sont fournis dans un document d'information accompagnant le présent descriptif des risques (UNEP/POPS/POPRC.12/INF/5, section 1.1).

Tableau 1 : Informations relatives à l'identité chimique de l'APFO

Numéro CAS	335-67-1
Nom CAS	Acide octanoïque, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadécafluoro
Nom UICPA	Acide pentadécafluorooctanoïque
Numéro CE	206-397-9
Nom CE	Acide pentadécafluorooctanoïque
Formule moléculaire	C ₈ HF ₁₅ O ₂
Masse moléculaire	414,07 g/mol
Synonymes	Acide perfluorooctanoïque; APFO; acide pentadécafluoro-1-octanoïque; acide perfluorocaprylique; acide perfluoro-n-octanoïque; acide pentadécafluoro-n-octanoïque; acide pentadécafluorooctanoïque; acide n-perfluorooctanoïque; acide 1-octanoïque, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadécafluoro

Tableau 2 : Aperçu des propriétés physicochimiques pertinentes de l'APFO

Propriétés	Valeur	Référence/Remarque
État physique à 20 °C et 101,3 kPa	Solide	Kirk, 1995
Point de fusion/congélation	54,3 °C 44-56,5 °C	Lide, 2003 Beilstein, 2005, cité dans ECHA, 2013a
Point d'ébullition	188 °C (1013,25 hPa) 189 °C (981 hPa)	Lide, 2003 Kauck et Diesslin, 1951
Tension de vapeur	4,2 Pa (25 °C) pour le PFO, extrapolée à partir des données mesurées	Kaiser et al., 2005; Washburn et al., 2005

³ Polymères dont la chaîne principale est composée uniquement d'atomes de carbone, auxquels des atomes de fluor sont directement attachés.

⁴ Comme le PTFE (polytétrafluoroéthylène), le FEP (polyéthylène-propylène fluoré) et le PFA (perfluoroalkoxy).

⁵ UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1

	2,3 Pa (20 °C) pour le PFO, extrapolée à partir des données mesurées 128 Pa (59,3 °C) pour le PFO, mesurée	Washburn et al., 2005 Washburn et al., 2005
Solubilité dans l'eau	9,5 g/L (25 °C) 4,14 g/L (22 °C)	Kauck et Diesslin, 1951 Prokop et al., 1989
Constante de dissociation	environ 0,5 < 1,6, par exemple 0,5 1,5-2,8	Johansson et al., 2017 Vierke et al., 2013 Kissa, 2001
Valeur du pH	2,6 (1 g/L à 20 °C)	ECHA, 2015a (fiabilité : non évaluable)

23. Les principales voies de synthèse des substances à base de fluorotélomères, y compris les polymères à chaîne latérale fluorée ainsi qu'un aperçu des voies de synthèses des principaux fluoropolymères sont illustrées dans deux figures de la section I du document d'informations supplémentaires préparé par l'Office fédéral suisse de l'environnement. En outre, des informations spécifiques concernant la transformation/dégradation des fluorotélomères en APFO sont résumées dans la section II du même document (Office fédéral suisse de l'environnement, 2017).

24. Il existe deux procédés de fabrication de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés : la fluoration électrochimique (FEC) et la télomérisation. De 1947 à 2002, la FEC a été la principale méthode de fabrication du sel d'ammonium de l'APFO, le perfluorooctanoate d'ammonium. En 2000, 80 à 90 % de la production mondiale était obtenue par ce procédé, dont le résultat est un mélange d'isomères ramifiés (78 %) et linéaires (22 %). La FEC permet, à partir de fluorure d'octanoyle, qui est souvent utilisé comme produit de départ, de fabriquer du fluorure de perfluorooctanoyle qu'on fait ensuite réagir pour obtenir l'APFO et ses sels (Buck et al., 2011). Parallèlement, certains fabricants utilisaient la télomérisation pour produire de l'APFO linéaire et des composés apparentés. Dans cette méthode, on se sert d'un iodure de polyfluoroalkyle (télogène) pour obtenir, après réaction avec du tétrafluoroéthylène (taxogène), un mélange d'iodures de polyfluoroalkyle avec différentes longueurs de chaîne perfluoroalkyle (télomère A), dans lesquels on insère de l'éthylène pour créer des iodures fluorotélomériques (télomère B), qui servent ensuite à fabriquer toute une série de produits à base de fluorotélomères. Selon une étude, la FEC est encore utilisée par certains fabricants en Chine (Jiang et al., 2015). La production d'APFO par ce moyen se poursuit au niveau mondial, alors que la plupart des fabricants faisant appel au procédé de télomérisation ont abandonné la production d'APFO et de composés apparentés (Wang et al., 2014a).

25. La norme ISO 25101:2009 spécifie une méthode de dosage des isomères linéaires de l'APFO dans les échantillons non filtrés d'eau potable, d'eaux souterraines et d'eaux de surface (eau douce et eau de mer) par chromatographie en phase liquide à haute performance avec double spectrométrie de masse (CLHP/SM-SM). Cette méthode est applicable pour des concentrations d'APFO comprises entre 10 ng/L et 10 000 ng/L. Selon la matrice, la méthode peut également être appliquée à des concentrations plus élevées comprises entre 100 ng/L et 200 000 ng/L après dilution appropriée de l'échantillon ou réduction de la taille de l'échantillon (ISO 2009). Selon une synthèse des méthodes de dosage de l'APFO élaborée par l'ECHA (ECHA, 2015a), les limites de quantification dépendent de la méthode et varient de 1 ppb à 2000 ppb (pour plus de détails, voir ECHA, 2015a, 2015b, 2015c). Les propriétés chimiques et physiques uniques de l'APFO empêchent de le mesurer par des analyses classiques. Les techniques d'analyse plus complexes faisant appel à la chromatographie liquide et à la double spectrométrie de masse (CL/SM-SM) se sont avérées très fiables pour le dosage de l'APFO dans des échantillons biologiques et environnementaux, et constituent donc la méthode analytique de choix (Xu et al., 2013; EFSA, 2008; Loos et al., 2007). Ce type d'analyse a permis de doser de manière précise de nombreuses substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS), y compris l'APFO, dans l'air, l'eau et le sol (ATSDR, 2015).

1.2 Conclusions du Comité d'étude concernant les informations de l'Annexe E

26. À sa onzième réunion (décision POPRC-11/4), le Comité a conclu que la proposition de l'Union européenne visant à inscrire l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés aux Annexes à la Convention de Stockholm satisfait aux critères énoncés à l'Annexe D de la Convention (UNEP/POPS/POPRC.12/11).

27. Sur la base du projet de descriptif des risques concernant l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés, et conformément au paragraphe 6 de l'article 8 de la Convention (UNEP/POPS/POPRC.12/11), le Comité a adopté le descriptif des risques concernant l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2); et :

a) A décidé, conformément à l'alinéa a) du paragraphe 7 de l'article 8 de la Convention, que l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés sont susceptibles, du fait de leur propagation à longue distance dans l'environnement, d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine et/ou l'environnement justifiant l'adoption de mesures au niveau mondial;

b) A aussi décidé, conformément à l'alinéa a) du paragraphe 7 de l'article 8 de la Convention et au paragraphe 29 de l'Annexe à la décision SC-1/7 de la Conférence des Parties, de créer un groupe de travail intersessions chargé de préparer une évaluation de la gestion des risques comprenant une analyse des éventuelles mesures de réglementation pour l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés, conformément aux dispositions de l'Annexe F de la Convention;

c) A invité, conformément à l'alinéa a) du paragraphe 7 de l'article 8 de la Convention, les Parties et les observateurs à soumettre au Secrétariat les informations visées à l'Annexe F avant le 9 décembre 2016.

1.3 Sources des données

1.3.1 *Aperçu des données communiquées par les Parties et les observateurs*

28. La présente évaluation de la gestion des risques se fonde essentiellement sur les informations fournies par les Parties à la Convention et les observateurs. Les informations visées à l'Annexe F ont été soumises par les Parties ci-après :

a) Parties : Australie, Autriche, Azerbaïdjan, Canada, Chine, Colombie, Danemark, Inde, Japon, Maurice, Monaco, Norvège, Serbie;

b) Observateurs : Association bavaroise de l'habillement et du textile (VTB)/Association allemande des textiles du sud-ouest (SWT), Organisation européenne de l'habillement et du textile (Euratex), Global Industry Council for Fluoro Technology (FluoroCouncil), Confédération allemande du textile et de la mode, Imaging and Printing Association Europe (I&P Europe), Réseau international pour l'élimination des POP (IPEN), Semiconductor Industry Association (SIA).

1.3.2 *Autres principales sources de données*

29. Outre les références susmentionnées et les observations reçues des Parties et des observateurs⁶, des informations provenant de sources publiques et de publications scientifiques ont été utilisées (voir la liste des références). Les références ci-après ont servi à élaborer le présent document :

a) Descriptif des risques concernant l'APFO, ses sels et les composés apparentés (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2);

b) Le résumé de l'étude d'impact de la réglementation relatif à l'approche de gestion des risques du Canada (Canada, 2016c);

c) La proposition de restriction de l'UE portant sur l'APFO, ses sels et les substances apparentées (ECHA, 2014a) et les avis à ce sujet des comités scientifiques de l'UE (ECHA, 2015b, 2015c), la version modifiée du rapport (ECHA, 2015a) et la restriction de l'UE en vigueur (Commission européenne, 2017).

1.4 Statut de la substance chimique au regard des conventions et cadres internationaux

30. Une étude portant sur le SPFO et l'APFO a été réalisée dans le cadre de la Convention OSPAR (Oslo-Paris) pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est afin d'évaluer leurs impacts potentiels sur l'environnement. Ces travaux ont abouti en 2003 à l'inscription du SPFO sur la

⁶<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.

liste des produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires, l'APFO n'ayant pas été ajouté à la liste à l'époque (OSPAR, 2006).

31. Les produits chimiques perfluorés et la transition vers des solutions de remplacement plus sûres sont l'un des sujets de préoccupation reconnus par l'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques (SAICM). Les activités de la SAICM sont axées sur la collecte et l'échange d'informations sur les produits chimiques perfluorés et le soutien à la transition vers des solutions de remplacement plus sûres. Ces travaux ont été coordonnés par le Groupe mondial sur les composés perfluorés, qui bénéficie de l'appui de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et du PNUE.

1.5 Mesures de réglementation prises au niveau national ou régional

32. Une synthèse des approches de réduction des risques concernant les PFAS a été préparée par l'OCDE (OCDE, 2015). Ce document contient des informations sur les démarches en matière de réduction des risques suivies par les pays, y compris les mesures de réduction des risques mises en place par les entreprises (OCDE, 2015, p. 61 à 64). D'après le descriptif des risques (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2) et les informations fournies au titre de l'Annexe F, les réglementations nationales et/ou régionales relatives à l'APFO sont les suivantes :

a) En 2013, l'APFO et son sel d'ammonium, le perfluorooctanoate d'ammonium, ont tous deux été reconnus par l'UE comme des substances extrêmement préoccupantes (SVHC) au vu de leur persistance, de leur capacité de bioaccumulation et de leur toxicité, et ont été portés sur la liste des substances candidates du règlement REACH (ECHA, 2013a, 2013b). L'industrie est tenue, sur demande, d'informer les consommateurs de la présence de substances de cette liste dans les biens de consommation si leur concentration dans les articles concernés est supérieure à 0,1 % en poids. Le règlement impose des restrictions sur l'APFO et le perfluorooctanoate d'ammonium en tant que produits ou constituants de mélanges vendus dans le commerce (UE) 317/2014;

b) En 2014, l'Allemagne et la Norvège ont soumis une proposition conjointe pour l'inscription de l'APFO à l'Annexe XVII (restriction) du règlement REACH au sein de l'UE (ECHA, 2014a). La proposition visait à interdire totalement la fabrication, la mise sur le marché et l'utilisation (y compris l'importation) de l'APFO et de ses sels, ainsi que des substances susceptibles de se dégrader en APFO (composés apparentés à l'APFO). La restriction s'étend aux articles contenant ces substances. Le règlement de l'UE correspondant est entré en vigueur le 4 juillet 2017. La restriction s'applique à partir du 4 juillet 2020 (Commission européenne, 2017);

c) L'APFO a été inscrit sous le numéro 607-704-00-2 à l'Annexe VI du Règlement (CE) no 1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges (règlement CLP) en vertu du Règlement (UE) de la Commission no 944/2013 du 2 octobre 2013 le modifiant. La classification de l'APFO est la suivante : Carc. 2, H351; Repr. 1B, H360D; Lact., H362, STOT RE 1 (foie), H372; Acute tox. 4, H332; Acute tox. 4, H302 et Eye dam. 1, H318;

d) L'Agence norvégienne pour la protection de l'environnement a, en 2014, publié une modification de la réglementation relative aux biens de consommation interdisant l'utilisation de l'APFO dans ces produits et les textiles. Une période de transition durant laquelle l'importation et la vente de produits manufacturés en contenant restent autorisées est prévue avant l'abandon progressif des substances concernées. Depuis le 1er juin 2014, il est interdit de fabriquer, d'importer, d'exporter et de mettre sur le marché des textiles, tapis et autres produits de consommation enduits ainsi que des biens de consommation contenant de l'APFO ou des sels et esters de cet acide, avec certaines exceptions (Norvège, 2016; pour plus de précisions, voir la section 2.2).

e) En juin 2006, le Gouvernement du Canada a publié un Avis de Plan d'action pour l'évaluation et la gestion des acides perfluorocarboxyliques (APFC) et de leurs précurseurs. Le plan d'action comprenait des mesures visant à empêcher l'introduction au Canada de nouvelles substances susceptibles de contribuer au niveau d'APFC dans l'environnement et à s'assurer que l'industrie prenne des mesures pour gérer les sources d'APFC déjà présentes sur le marché canadien. À cette fin, une Entente volontaire sur la performance environnementale a été signée le 30 mars 2010. Les signataires de l'Entente sur la performance ont convenu de réduire de 95 % les quantités d'APFO et d'acides perfluorocarboxyliques à chaîne longue dans les substances chimiques perfluorées déjà commercialisés au Canada avant le 31 décembre 2010, et de les éliminer avant le 31 décembre 2015. Les entreprises participantes ont atteint les objectifs fixés au titre de l'Entente, et le rapport final a été publié le 1er juin 2017. Suite à l'évaluation préalable réalisée en 2012, il a été considéré que l'APFO, ses sels et ses précurseurs satisfaisaient aux exigences de la section 64a de la Loi canadienne sur la

⁷ <http://www.ec.gc.ca/epe-epa/default.asp?lang=Fr&n=AE06B51E-1>

protection de l'environnement (LCPE) et ont été inscrits à l'Annexe 1- Liste des substances toxiques prévue par cette loi. De plus, en avril 2015, le Gouvernement du Canada a publié le Règlement modifiant le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012). Ces modifications, entrées en vigueur le 23 décembre 2016, interdisent l'APFO, ses sels et précurseurs, ainsi que les produits qui les contiennent, sauf s'ils sont présents dans des articles manufacturés⁸. En outre, les modifications prévoient des dérogations temporaires et le maintien de certaines utilisations lorsque les solutions de remplacement sont en cours de développement ou n'existent actuellement pas (Canada, 2016c; pour plus de précisions, voir la section 2.2);

f) Aux États-Unis d'Amérique, l'Agence américaine pour la protection de l'environnement a mis en place en 2006 le PFOA Stewardship Program. Ce programme inclut huit fabricants majeurs d'APFO, de sels de cet acide et de composés apparentés (Arkema, Asahi, BASF, Clariant, Daikin, 3M/Dyneon, DuPont, Solvay Solexis). Il s'agit d'une initiative volontaire visant à éliminer progressivement la fabrication et l'utilisation de l'APFO, des précurseurs de l'APFO et des substances homologues à chaîne plus longue (USEPA, 2015), qui s'est achevée avec succès à la fin de 2015. Le 21 janvier 2015, l'Agence a proposé une règle relative aux nouvelles utilisations importantes (SNUR) au titre de la loi sur le contrôle des substances toxiques (TSCA), obligeant les fabricants d'APFO et de substances chimiques apparentées, y compris dans les cas où ils sont incorporés dans des articles, et les transformateurs de ces substances à avertir l'Agence au moins 90 jours avant de commencer ou recommencer à les utiliser dans un quelconque produit. Cette notification permettrait à l'Agence d'évaluer les nouvelles utilisations et, si nécessaire, de prendre des mesures pour les interdire ou les limiter⁹. Si, d'une manière générale, les polymères remplissant les conditions requises sont exemptés du processus complet d'examen et de notification préalable à la fabrication concernant les nouvelles substances chimiques, à compter du 26 janvier 2010, l'Agence américaine pour la protection de l'environnement a annulé la dérogation pour les polymères dont la composition inclut, sauf sous forme d'impuretés, certains groupes perfluoroalkyles comportant un CF₃- ou une chaîne plus longue. Cette exclusion concerne les polymères comportant un ou plusieurs des éléments suivants : sulfonates perfluoroalkylés, carboxylates perfluoroalkylés, fluorotélomères ou groupes perfluoroalkyles liés par covalence à un atome de carbone ou de soufre, l'atome de carbone ou de soufre faisant partie intégrante de la molécule polymère (Federal Register, 2010-01-27);

g) En Chine, plusieurs mesures ont été prises en 2011 au niveau national pour limiter l'installation de nouvelles unités de production d'APFO, pour éliminer les peintures contenant cette substance et les fluoropolymères l'utilisant comme adjuvant de polymérisation, et pour encourager la mise au point de solutions de remplacement. En 2013, les revêtements fluoropolymères pour les poêles antiadhésives, les ustensiles de cuisine et les équipements de transformation des aliments qui emploient l'APFO comme adjuvant de polymérisation ont été inscrits comme produits hautement polluants et présentant des risques écologiques importants au Catalogue général de la protection de l'environnement. En janvier 2017, de nouvelles exigences techniques pour les produits textiles sont entrées en vigueur; elles fixent en particulier les teneurs limites en APFO à 0,05 mg/kg dans les produits textiles enduits destinés aux nourrissons et à 0,1 mg/kg dans tous les autres produits textiles enduits (Office fédéral suisse de l'environnement, 2017, section VI).

2. Synthèse des informations concernant l'évaluation de la gestion des risques

33. L'APFO et ses sels sont ou étaient le plus souvent utilisés comme adjuvants de transformation dans la production de fluoroélastomères et de fluoropolymères, dont le polytétrafluoroéthylène (PTFE). Les composés apparentés à l'APFO, y compris les polymères à chaîne latérale fluorée, sont utilisés comme agents tensioactifs et agents de traitement de surface, par exemple dans les textiles, le papier, les peintures et les mousses extinctrices. L'APFO, ses sels et les composés apparentés sont utilisés dans une large gamme d'applications et de biens de consommation dans de nombreux secteurs (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2).

⁸ Au titre du Règlement sur certaines substances toxiques interdites, un « article manufacturé » est un produit « doté d'une forme ou de caractéristiques matérielles précises pendant sa fabrication et ayant, pour son utilisation finale, une ou plusieurs fonctions en dépendant en tout ou en partie ». Les exemples d'articles manufacturés comprennent les semiconducteurs et des poêles à frire, mais excluent des produits tels que les mousses extinctrices, les peintures, les encres, les peintures et les revêtements (Observations du Canada sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques, 2017).

⁹ <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/and-polyfluoroalkyl-substances-pfasses-under-tsca>.

34. Les sources de rejets de ces substances sont la production et les utilisations passées et actuelles. Des rejets directs d'APFO dans l'environnement se produisent non seulement pendant la production de la substance brute (y compris les quantités présentes en tant qu'impuretés lors de la fabrication de composés apparentés à l'APFO et de certains produits de remplacement), mais aussi pendant le traitement, l'utilisation et l'élimination du produit chimique, des articles traités et des produits contaminés. Les principaux véhicules des rejets d'APFO et de ses sels sont l'eau, les eaux usées et les particules de poussière. On dispose de données historiques sur les rejets dans l'environnement (air et eau) produits par une usine d'APFO aux États-Unis entre 1951 et 2003. On dispose également d'estimations des rejets produits lors de l'élimination du produit chimique, en particulier dans les installations de traitement des eaux usées et les sites de décharge. Par ailleurs, la dégradation ou la transformation des précurseurs donnent lieu à des rejets indirects. Des composés apparentés à l'APFO sont rejetés dans l'air, l'eau, les sols et les déchets solides, et peuvent se dégrader à des degrés divers en APFO dans l'environnement et dans les organismes. Selon une évaluation, 30 % de l'APFO présent dans la mer Baltique proviendrait de la transformation de fluorotélomères. Les rejets issus de la dégradation de composés apparentés à l'APFO contribuent donc largement aux quantités d'APFO rencontrées dans l'environnement (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2). Des informations supplémentaires concernant la transformation/dégradation des fluorotélomères en APFO sont résumées dans la section II du document de l'Office fédéral suisse de l'environnement (Office fédéral suisse de l'environnement, 2017). Une synthèse des informations complémentaires sur le descriptif des risques figure dans la section 3.1. Selon une étude de 2008, des hydrocarbures perfluorés, auxquels il est largement fait appel dans la production d'aluminium, sont émis (peut-être avec de l'APFO, ce que l'étude ne précise pas) par certains procédés électrométallurgiques utilisés dans cette filière (Parlement européen, 2008).

35. La Suisse donne des informations sur la formation non intentionnelle d'APFO résultant de la combustion incomplète de fluoropolymères, par exemple lors de l'incinération de résidus urbains solides dans des installations inadaptées ou de leur brûlage à l'air libre à des températures modérées. Certaines études qualitatives récentes montrent que des quantités minimales, mais mesurables d'APFO et d'un large éventail d'autres APFC homologues peuvent être générées pendant la thermolyse de PTFE non fonctionnalisé (Ellis et al., 2001, 2003; Schlummer, 2015) et fonctionnalisé (Feng et al., 2015) à des températures comprises entre 250 °C et 600 °C. Cela peut être particulièrement important pour les pays en développement et les pays en transition, où les déchets sont souvent incinérés à des températures insuffisantes et sans traitement correct des gaz de combustion en raison d'un manque d'installations adéquates (Office fédéral suisse de l'environnement, 2017).

36. Les mesures de réglementation nationales et régionales diffèrent en ce qui concerne les substances chimiques visées et les dérogations accordées (voir Tableau 3). Le champ d'application des éventuelles mesures examinées dans la présente évaluation de la gestion des risques est différent de celui d'autres approches réglementaires de gestion des risques, et repose sur les principes et les obligations de la Convention de Stockholm. Il convient de noter que le terme « composés apparentés à l'APFO », aux fins de la présente évaluation de la gestion des risques, couvre les produits de la dégradation en APFO des PFAS avec plus de 8 atomes de carbone perfluorés, sauf ceux qui sont explicitement exclus de la définition des composés apparentés, car ils ne se dégradent pas en APFO dans des conditions naturelles (voir par. 21). Cela va au-delà de l'approche de gestion des risques de l'Union européenne qui ne couvre pas la dégradation en APFO des PFAS à chaîne longue. La dégradation des PFAS à chaîne longue n'est pas non plus prise en compte par l'approche de gestion des risques de la Norvège. L'approche de gestion des risques canadienne s'applique également aux APFC à chaîne longue, à leurs sels et à leurs précurseurs. Toutefois, les PFAS à chaîne longue ont été inscrites sur la liste norvégienne des substances d'intérêt prioritaire dont les rejets dans l'environnement devraient être éliminés d'ici à 2020, et elles sont incluses dans le Stewardship Program de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (Observations de l'IPEN sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). Une définition générale des « APFC à chaîne longue » ($C_nF_{2n+1}COOH$, $n \geq 7$) est fournie par l'OCDE (OCDE, 2017). Du fait des procédés de production existants, les substances à base de fluorotélomères ont généralement été fabriquées sous forme de mélanges d'homologues à chaîne perfluoroalkyle de longueur variable (pour des exemples, voir DuPont, 1998), y compris celles avec plus de huit atomes de carbone perfluorés¹⁰. Les informations fournies dans la présente évaluation de la gestion des risques concernent donc également, dans une certaine mesure, les substances à base de fluorotélomères comportant des PFAS à chaîne longue (au-delà de 8:2).

¹⁰ Des produits commerciaux contenant plus de 99 % d'un seul homologue peuvent exister; cela nécessite la mise en œuvre de procédés de purification supplémentaires.

37. Le Tableau 3 donne un aperçu des approches réglementaires de gestion des risques et des dérogations mises en place au Canada, en Norvège et dans l'Union européenne. La section 3 du document d'information (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6) fournit des précisions sur les approches législatives dans ces pays.

Tableau 3 : aperçu des approches réglementaires de gestion des risques, de leur champ d'application et des dérogations pour certaines utilisations mises en place au Canada, en Norvège et dans l'Union européenne concernant l'APFO, ses sels et les composés apparentés (pour plus de détails, voir Canada, 2016c; Commission européenne, 2017; Norvège, 2016).

	Canada	UE	Norvège
	Interdit la fabrication, l'utilisation, la vente, la mise en vente ou l'importation des substances et des produits contenant ces substances.	Interdit la fabrication, l'utilisation ou la mise sur le marché 1) des substances, seules ou en tant que constituants d'autres substances; et 2) des articles ou de toutes parties de ceux-ci contenant l'une des substances.	Interdit la fabrication, l'importation, l'exportation et la mise sur le marché 1) des textiles, tapis et autres produits de consommation enduits contenant les substances; et 2) des biens de consommation contenant les substances.
Substances chimiques visées	L'APFO et ses sels; Les composés comportant une chaîne d'alkyle perfluorée de formule C_nF_{2n+1} ($n=7$ ou 8) qui est directement liée à tout groupe caractéristique autre qu'un atome de fluor, de chlore ou de brome; Les acides perfluorocarboxyliques de formule $C_nF_{2n+1}CO_2H$ ($8 \leq n \leq 20$) et leurs sels; Les composés comportant une chaîne d'alkyle perfluorée de formule C_nF_{2n+1} ($8 \leq n \leq 20$) qui est directement liée à tout groupe caractéristique autre qu'un atome de fluor, de chlore ou de brome. (Canada, 2016c)	L'APFO et ses sels; Tout composé apparenté (y compris ses sels et polymères) dont l'un des éléments structurels est un groupe perfluoroheptyle linéaire ou ramifié de formule C_7F_{15} -directement rattaché à un autre atome de carbone. Tout composé apparenté (y compris ses sels et polymères) dont l'un des éléments structurels est un groupe perfluorooctyle linéaire ou ramifié de formule C_8F_{17} -. Exclusions : les composés de formule $C_8F_{17}-X$, où $X = F, Cl, Br$; les composés de formule $C_8F_{17}-C(=O)OH$, $C_8F_{17}-C(=O)O-X'$ ou $C_8F_{17}-CF_2-X'$, où X' désigne un groupe quelconque, y compris des sels. Ne s'applique pas au SPFO et à ses dérivés, qui sont inscrits dans la partie A de l'Annexe I du Règlement (CE) n° 850/2004. (Commission européenne, 2017) Valeurs limites : APFO <25 ppb; composés apparentés à l'APFO <1 000 ppb	APFO et ses sels et esters (numéros CAS : 335-67-1, 3825-26-1, 335-95-5, 2395-00-8, 335-93-3, 335-66-0, 376-27-2, 3108-24-5) (Norvège, 2016)
Dérogations pour l'imagerie photographique	Revêtements pour supports photographiques jusqu'au 31 décembre 2016. Depuis cette date, partiellement couverts par les dérogations pour les articles manufacturés.	Revêtements photographiques employés sur les pellicules et films, papiers de tirage ou clichés d'impression.	Revêtements photographiques employés sur les pellicules et films, papiers de tirage ou clichés d'impression jusqu'en 2016.
Dérogations pour l'industrie des semi-conducteurs	Partiellement couverts par les dérogations pour les articles manufacturés.	Équipements utilisés pour la fabrication des semi-conducteurs (jusqu'au 4 juillet 2022). Procédés photolithographiques pour la fabrication de semi-conducteurs ou procédés de gravure de semi-conducteurs composés. Semi-conducteurs ou semi-conducteurs composés.	Adhésifs (feuilles ou rubans) destinés aux semi-conducteurs jusqu'en 2016.

	Canada	UE	Norvège
Dérogations pour la lutte contre les incendies	Mousses à formation de pellicule aqueuse utilisées dans les applications de lutte contre l'incendie.	Mélanges concentrés de mousses extinctrices mis sur le marché avant le 4 juillet 2020 qui sont ou doivent être utilisés dans la production d'autres mélanges de mousses extinctrices. Mélanges de mousses extinctrices a) mis sur le marché avant le 4 juillet 2020; ou b) produits conformément au paragraphe 4 e), étant entendu qu'en cas d'utilisation à des fins de formation, les émissions dans l'environnement sont réduites au minimum et les effluents collectés sont éliminés en toute sécurité.	Ne sont pas concernés par la restriction.
Dérogations pour utilisations médicales	Partiellement couverts par les dérogations pour les articles manufacturés.	Dispositifs médicaux (jusqu'au 4 juillet 2032). Production de dispositifs médicaux implantables entrant dans le champ d'application de la Directive 93/42/CEE	Les dispositifs médicaux ne sont pas concernés par la restriction.
Dérogations pour les textiles	Partiellement couverts par les dérogations pour les articles manufacturés.	Textiles pour vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles (jusqu'au 4 juillet 2023). Membranes utilisées dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents (jusqu'au 4 juillet 2023).	Les textiles destinés aux particuliers font l'objet d'une restriction lorsque la concentration en APFO est supérieure à 1 µg/m ² pour une partie quelconque du produit.
Dérogations pour les encres	Encres à base aqueuse jusqu'au 31 décembre 2016.	Encres d'imprimerie à base de latex (jusqu'au 4 juillet 2022).	
Dérogations pour les nanorevêtements	Partiellement couverts par les dérogations pour les articles manufacturés.	Nanorevêtements au plasma (jusqu'au 4 juillet 2023).	
Dérogations pour l'emballage des produits alimentaires	Partiellement couverts par les dérogations pour les articles manufacturés.		Les emballages alimentaires et les matériaux destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires ne sont pas concernés par cette réglementation.

38. Aucune information spécifique sur les PFAS à chaîne longue n'a été transmise au Secrétariat par les Parties et les observateurs avec les informations visées à l'Annexe F. En outre, les PFAS à chaîne longue ne sont pas prises en compte dans les évaluations socioéconomiques des approches réglementaires de la gestion des risques dans l'UE et en Norvège. En conséquence, les informations figurant dans la présente évaluation de la gestion des risques ne couvrent pas explicitement les PFAS à chaîne longue à ce jour. Au niveau de l'UE, l'Allemagne et la Suède ont élaboré une proposition de réglementation des APFC de longueur de chaîne comprise entre 9 et 14 atomes de carbone et des substances apparentées¹¹. La conclusion de l'évaluation des risques est que, bien qu'aucune utilisation intentionnelle n'ait encore été observée dans les pays de l'UE, une réglementation à l'échelle de l'Union se justifie afin de réduire les rejets de ces substances dans l'environnement et d'éviter qu'elles soient à l'avenir fabriquées, mises sur le marché ou utilisées. Cette mesure à l'échelle de l'UE pourrait être la première étape vers une action mondiale.

2.1 Identification des mesures de réglementation possibles

39. La réglementation peut être assurée de différentes manières dans le cadre de la Convention, à savoir :

- a) Inscire l'APFO, ses sels et les composés apparentés à l'Annexe A, avec ou sans dérogations spécifiques assorties d'une description détaillée des mesures à prendre consignée dans une partie distincte de l'Annexe A; ou

¹¹ <https://echa.europa.eu/registry-of-current-restriction-proposal-intentions/-/substance-rev/16121/term>.

b) Inscrire l'APFO, ses sels et les composés apparentés à l'Annexe B, avec des buts acceptables ou dérogations spécifiques assortis d'une description détaillée des mesures à prendre consignée dans une partie distincte de l'Annexe B; et/ou

c) Inscrire l'APFO à l'Annexe C en tant que polluant organique persistant non intentionnel, afin de couvrir les quantités que les sources anthropiques peuvent produire ou rejeter accidentellement.

40. Les mesures de réglementation possibles peuvent inclure 1) l'interdiction de la production, de l'utilisation, de l'importation et de l'exportation; 2) la restriction de la production, de l'utilisation, de l'importation et de l'exportation; 3) le contrôle des rejets ou émissions; 4) l'utilisation de solutions de remplacement; 5) le nettoyage des sites contaminés; 6) la gestion écologiquement rationnelle des stocks obsolètes; 7) l'interdiction de la réutilisation et du recyclage des déchets ou des stocks; 8) la définition de valeurs limites d'exposition professionnelle; et 9) la définition de seuils ou de limites maximales de résidus dans l'eau, les sols, les sédiments ou les aliments.

41. L'APFO est produit de façon non intentionnelle sous forme d'impureté lors de la fabrication de produits chimiques fluorés. Toutefois, le problème de la production non intentionnelle lors de la fabrication de solutions de remplacement peut être résolu en établissant, dans l'Annexe A ou B, des limites de concentration appropriées pour l'APFO, ses sels et les composés.

2.2 Efficacité des mesures de réglementation possibles par rapport aux objectifs de réduction des risques

42. Selon les informations communiquées par l'IPEN, la mesure de réglementation la plus économique et la plus envisageable pour l'APFO et les composés apparentés est l'interdiction de toute production, utilisation, importation et exportation, ce qui est particulièrement pertinent dans les pays en développement et en transition qui ne disposent pas des mécanismes réglementaires et d'application adéquats. Toujours selon les informations communiquées par l'IPEN, la meilleure façon de procéder serait d'inscrire l'APFO, ses sels et les composés apparentés à l'Annexe A de la Convention sans dérogations. Les mesures au titre de l'article 6 traiteraient du nettoyage des sites contaminés et de leur environnement immédiat, comme les installations de fabrication, les aéroports, les bases militaires et les autres sources, ainsi que de la gestion écologiquement rationnelle des stocks et des déchets (Observations de l'IPEN sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

43. Les informations reçues des parties prenantes du processus réglementaire de l'UE montrent que des dérogations sont nécessaires pour certains domaines d'application dans lesquels les solutions de remplacement disponibles ne sont pas économiquement et/ou techniquement viables (ECHA, 2014a, 2015a).

44. Le Comité d'évaluation des risques (CER) et le Comité d'analyse socioéconomique (CASE) de l'ECHA ont estimé qu'une restriction générale applicable à l'APFO, ses sels et substances apparentées est la mesure la plus appropriée à l'échelle de l'UE pour faire face aux risques identifiés. L'UE a adapté ladite restriction, faisant passer les limites de concentration à 25 ppb pour l'APFO et ses sels, et 1 000 ppb pour les substances apparentées prises dans leur ensemble. Ces valeurs limites tiennent compte de la présence éventuelle d'impuretés inévitables et de contaminants non intentionnels, et des capacités des méthodes d'analyse (Commission européenne, 2017). Les modifications proposées par les comités scientifiques de l'Union européenne sont présentées en détail dans le document ECHA, 2015c.

45. Au Canada, en Norvège et dans l'UE, des informations techniques et socioéconomiques ont été utilisées lors de l'élaboration des approches réglementaires de gestion des risques concernant l'APFO, ses sels et les composés apparentés pour prendre des décisions concernant certaines dérogations générales ou spécifiques. Par conséquent, les dérogations figurant dans les approches de gestion des risques existantes peuvent donner des indications concernant la détermination des domaines d'application dans lesquels certains pays peuvent ne pas avoir accès à des solutions de remplacement chimiques et/ou non chimiques, sur la base de considérations techniques et socioéconomiques.

46. Dans les pays développés, l'incinération contrôlée à haute température (850 °C ou plus) se fait actuellement, de manière générale, dans des incinérateurs de déchets. L'incinération à haute température (par exemple à 1000 °C) est efficace pour détruire l'APFO et l'empêcher d'apparaître lors de la thermolyse de polymères hautement fluorés (Taylor, 2009; Taylor et al., 2014; Yamada et al., 2005). Actuellement, on ignore dans quelle mesure l'APFO peut se former dans les incinérateurs de déchets municipaux 1) où les gaz de combustion peuvent atteindre des températures de 850 °C ou plus et entraîner la formation de différents produits de dégradation (García et al., 2007); 2) où d'autres substances coexistent et risquent d'interférer avec la thermolyse des fluoropolymères (par exemple, la thermolyse du PTFE est inhibée par une atmosphère d'hydrogène ou de chlore, alors que la vapeur,

l'oxygène ou le dioxyde de soufre accélèrent la décomposition (Simon et Kaminsky, 1998); et 3) où des technologies telles que l'injection de charbon actif couplée avec un filtre à manches peuvent être installées pour éliminer les dioxines ou le mercure et peuvent aussi piéger les APFC (Commission européenne, 2006). Une étude récente a mis en évidence la présence d'APFO dans les gaz de combustion de l'incinérateur de Harlingen aux Pays-Bas (Arkenbout, 2016), mais Taylor et al. (2014) ont trouvé qu'aux usages, l'incinération de polymères à base de fluorotéromères ne produit pas de concentrations détectables d'APFO dans les conditions typiques d'incinération des déchets municipaux.

47. L'APFO et ses sels peuvent être éliminés des rejets gazeux par lavage avec du NaOH aqueux (Sulzbach et al., 1999) et avec des solutions de K₂CO₃ (Sulzbach et al., 2001), ainsi que par d'autres méthodes de traitement.

48. L'incinération contrôlée et l'épuration des rejets gazeux sont envisageables dans les pays développés, mais peuvent ne pas être la solution la plus rentable ou la plus accessible pour tous les pays.

49. Il existe un lien entre l'APFO formé en tant que sous-produit de l'incinération et les polychlorodibenzo-p-dioxines et -dibenzofuranes (PCDD/PCDF) et autres POP produits et rejetés de manière non intentionnelle lors de la combustion. Les MTD et MPE applicables aux polluants organiques persistants produits de manière non intentionnelle par divers types d'incinérateurs et d'autres sources thermiques sont décrites dans les Directives sur les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales en liaison avec l'article 5 et l'Annexe C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, dans les sections V.A, VI.A et VI.C, notamment en ce qui concerne la mise en place de conditions d'incinération appropriées, la réduction de la combustion à l'air libre et le traitement des gaz de combustion. Les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales figurant dans ces documents sont appliquées à d'autres substances produites de manière non intentionnelle, telles que l'hexachlorobenzène (HCB), le pentachlorobenzène (PeCB), les polychlorobiphényles (PCB) et les PCDD/PCDF, et seront aussi efficaces dans une certaine mesure pour l'APFO. En d'autres termes, les mesures techniques nécessaires pour réduire autant que possible les rejets non intentionnels d'APFO issus de l'incinération sont déjà en partie requises dans les meilleures techniques disponibles et meilleures pratiques environnementales existantes concernant les procédés d'incinération. Les coûts supplémentaires de mise en œuvre des mesures de réduction des rejets d'APFO, de leur application et de leur supervision devraient être faibles, car des mesures de réglementation analogues sont déjà appliquées pour d'autres POP produits de façon non intentionnelle.

50. La surveillance de l'APFO, notamment les analyses chimiques, induira des coûts additionnels, même si des programmes de surveillance pour d'autres polluants organiques persistants (par exemple, les PCDD/PCDF, le HCB et les PCB) sont déjà en place. Des moyens de surveillance de l'APFO sont nécessaires dans les pays en développement et les pays à économie en transition.

Autres mesures de réglementation

51. L'USEPA utilise une combinaison d'approches réglementaires et volontaires comprenant des règles relatives aux nouvelles utilisations importantes (Significant New Use Rules) et le PFOA Stewardship Program (OCDE, 2015). Elle a fixé les seuils sanitaires recommandés pour l'APFO et le SPFO dans l'eau potable à 70 ppt (FR 2016 05-25). Toujours aux États-Unis, la valeur guide pour l'APFO dans l'eau potable est de 20 ppt¹² dans l'État du Vermont, et de 40 ppt¹³ dans l'État du New Jersey. En Chine, plusieurs mesures ont été prises en 2011 pour limiter la production d'APFO ou de produits contenant de l'APFO, et pour encourager le développement de solutions de remplacement de l'APFO (voir par. 32 32.g)).

52. L'approche de réduction des risques de l'Australie est également une combinaison de mesures réglementaires et volontaires. L'approche réglementaire, mise en œuvre au titre de la Loi sur la surveillance et l'évaluation des produits chimiques industriels (Industrial Chemicals Notification and Assessment Act) de 1989, oblige l'industrie à fournir les données de toxicité pour les nouvelles substances, y compris les PFAS ou les produits contenant de nouvelles PFAS commercialisées en Australie. Par ailleurs, depuis 2002, l'Australie surveille la fabrication, l'importation et l'utilisation des PFAS (y compris les substances apparentées à l'APFO) sur la base des informations demandées à l'industrie, et sensibilise l'industrie chimique et le grand public en publiant des alertes sur les PFAS à chaîne longue. En outre, des données supplémentaires sur les nouvelles substances chimiques per- et

¹² Voir <http://www.healthvermont.gov/response/environmental/pfoa-drinking-water-2016>.

¹³ Voir http://www.nj.gov/dep/watersupply/dwc_quality_pfoa.html.

polyfluorées sont nécessaires aux fins de l'évaluation préalable à leur introduction en Australie. Des recommandations d'évaluation sont élaborées pour les nouvelles PFAS, et les PFAS existantes sont réévaluées. Les importations de nouveaux hydrocarbures perfluorés, qui présentent moins de risques, mais qui demeurent persistants, sont gérées (Australie, 2016). L'Australie a également recensé 18 sites militaires hautement prioritaires où les eaux souterraines sont contaminées par des PFAS, y compris l'APFO (Observations de l'IPEN sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques). En ce qui concerne le SPFO, l'APFO et le PFHxS, l'Australie a fixé des valeurs guides sanitaires, exprimées en dose journalière admissible (DJA), et destinées aux enquêtes portant sur les sites contaminés et à la réalisation d'évaluations des risques pour la santé humaine (Gouvernement australien, 2016). En Australie, la DJA pour l'APFO est de 0,16 µg par kg de poids corporel. La valeur fixée dans la norme de potabilité de l'eau est de 0,56 µg/L pour l'APFO (Ministère australien de la santé, 2017). Un récent rapport décrit les options de décontamination pour l'APFO et le SPFO (CRCCARE, 2017).

53. La Commission allemande de biosurveillance humaine (HBM) a établi de nouvelles valeurs HBM-I¹⁴ pour le SPFO et l'APFO. Sur la base d'une évaluation des études épidémiologiques sur la population animale et humaine disponibles dans la littérature dont elle a discuté à sa dernière réunion en mai 2016, et après clarification d'un certain nombre de points en suspens, la Commission a décidé de fixer les valeurs HBM-I pour l'APFO et le SPFO dans le plasma humain à 2 ng/mL et 5 ng/mL respectivement (Office fédéral allemand de l'environnement, 2016).

54. En 2006, le Canada a lancé le Plan d'action pour l'évaluation et la gestion des acides perfluorocarboxyliques (APFC) et de leurs précurseurs, qui a débouché sur la mise en place d'une combinaison de mesures réglementaires et volontaires pour réduire les risques posés par l'APFO et certaines PFAS à chaîne longue. La première mesure à être appliquée, en tant que mesure rapide de gestion des risques avant l'évaluation finale des risques, a été une Entente volontaire sur la performance environnementale avec les fabricants d'APFO et d'APFC à chaîne longue. Les signataires de l'Entente ont convenu de parvenir avant le 31 décembre 2010 à réduire de 95 % les quantités d'APFO et d'APFC à chaîne longue (C₉-C₂₀) présentes dans les produits chimiques perfluorés commercialisés au Canada, et à les éliminer avant le 31 décembre 2015. L'objectif de réduction de 2010 a été atteint par tous les signataires et le rapport final montre que l'objectif de 2015 l'a également été. En 2016, l'APFO a été interdit au titre du Règlement sur certaines substances toxiques interdites, avec un nombre limité d'exceptions (Canada, 2016c).

55. En 2014, l'Agence danoise pour la protection de l'environnement a publié une étude sur la contamination des eaux souterraines associée aux sources ponctuelles de substances perfluoroalkylées, notamment l'APFO et les composés apparentés. Sur la base des conclusions de cette étude, une étude visant à évaluer et à proposer des critères de qualité sanitaire a été commandée. Cette étude a permis d'établir une valeur limite totale dans l'eau potable pour 12 PFAS. Cette valeur est de 0,1 µg/L pour la somme des 12 PFAS. Elle s'applique également aux eaux souterraines. La valeur limite totale dans le sol pour les mêmes PFAS a été fixée à 0,4 µg/L (sol sec) (Danemark, 2016). Le Gouvernement danois a également fixé le seuil recommandé pour les PFC dans les emballages alimentaires à 0,35 µg par cm² du matériau d'emballage, ce qui constitue en pratique une interdiction¹⁵.

56. Depuis 2014, l'Agence nationale suédoise de l'alimentation dispose de valeurs guides sanitaires pour la concentration totale des PFAS les plus courantes (y compris l'APFO) présentes dans l'eau potable (Agence nationale suédoise de l'alimentation, 2017). Depuis 2016, 11 PFAS sont comprises dans la valeur guide. Si la concentration totale en PFAS dépasse 90 ng/L, des mesures sont recommandées pour la ramener autant que possible à une valeur inférieure à cette limite. Si la concentration totale dépasse 900 ng/L, l'utilisation de l'eau pour la consommation ou la cuisine n'est pas recommandée. La valeur adoptée par le Ministère australien de la santé en ce qui concerne la norme de potabilité de l'eau a été déterminée à partir des valeurs guides sanitaires définitives pour l'APFO et les SPFO/PFHxS, qui seront utilisées pour le repérage des sites contaminés et l'évaluation des risques pour la santé humaine (Ministère australien de la santé, 2017). L'USEPA a fixé les seuils sanitaires recommandés pour l'APFO et le SPFO dans l'eau potable à 70 ppt (USEPA, 2016). L'Autorité européenne de sécurité des aliments met actuellement à jour ses valeurs guides sanitaires concernant l'APFO (EFSA, 2017).

¹⁴ La valeur HBM-I représente la concentration dans une matrice corporelle d'une substance en deçà de laquelle, selon l'analyse actuelle de la Commission, aucun effet nocif sur la santé n'est prévu, et par conséquent aucune mesure de réduction de l'exposition n'est nécessaire.

¹⁵ Voir <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Papir-og-pap.aspx>.

57. La Norvège procède actuellement à une remise en état permanente des sols contaminés par des PFAS en raison de l'utilisation de mousses à formation de pellicule aqueuse dans les aéroports et les sites de formation à la lutte anti-incendie (Norvège, 2016).
58. L'Agence suédoise des produits chimiques a publié une stratégie de réduction de l'utilisation des PFAS (Agence suédoise des produits chimiques, 2016b). Selon cette stratégie, les applications susceptibles d'entraîner une contamination de l'environnement par ces substances devraient être réduites autant que possible et, à terme, abandonnées. Les mesures visant à atteindre cet objectif consistent notamment à donner la priorité aux mesures concernant les utilisations qui peuvent entraîner des rejets directs importants d'APFO dans l'environnement et à travailler à l'échelle mondiale, y compris dans le cadre de la Convention de Stockholm. Il est proposé de procéder (avec certaines dérogations) à la collecte et à la destruction après utilisation des mousses extinctrices contenant des PFAS (Observations de la Suède sur le troisième projet d'évaluation de la gestion des risques).
59. L'utilisation de mousses à formation de pellicule aqueuse peut entraîner des infiltrations dans le sol et contaminer les sols et les eaux souterraines. L'Agence suédoise des produits chimiques, l'Agence suédoise pour la protection civile et l'Agence suédoise de protection de l'environnement ont par conséquent publié une brochure destinée à l'Agence suédoise de services de secours avec des recommandations visant à réduire l'utilisation des mousses précitées (Agence suédoise des produits chimiques, 2017). L'Agence suédoise des produits chimiques et l'Agence suédoise pour la protection civile ont également investi dans la formation et l'information des services de secours. Des séminaires ont été organisés afin de donner aux services de secours des outils leur permettant d'éteindre les incendies en réduisant autant que possible les impacts éventuels sur l'environnement (Observations de la Suède sur le troisième projet d'évaluation de la gestion des risques). Les aéroports commerciaux suédois ont remplacé les PFAS par des produits non fluorés qui sont dégradés en dioxyde de carbone et en eau lors de leur utilisation (Observations de l'IPEN sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). L'association Fire Fighting Foam Coalition a publié un « Guide des pratiques optimales pour l'utilisation des mousses extinctrices de classe B », qui donne des conseils sur la sélection des mousses, la rétention et l'élimination des déversements de mousses, et l'élimination des mousses et eaux d'extinction d'incendie (FFFC)¹⁶. Le guide recommande entre autres d'utiliser pour la formation à la lutte contre l'incendie des mousses qui ne contiennent pas d'agents tensioactifs fluorés.
60. La campagne Detox de Greenpeace et le programme Zéro rejet de produits chimiques dangereux (ZDHC) sont axés sur la réduction des rejets dans les eaux usées. Des limites maximales volontaires de résidus dans l'eau ont déjà été recommandées et appliquées par de nombreuses entreprises (par exemple, H&M, Adidas, Esprit, etc.) (TM, 2016).
61. Le Comité d'étude des polluants organiques persistants a élaboré une série de recommandations pour faire face aux flux de déchets de SPFO qui sont parfaitement applicables à l'APFO, aux sels de ce dernier et aux composés apparentés, étant donné qu'ils sont utilisés dans des applications similaires. La décision POPRC-6/2 énonce une série de mesures de réduction des risques couvrant le court, le moyen et le long terme (pour de plus amples informations, voir cette décision et PNUE, 2017).
62. En 2015, l'Agence suédoise de protection de l'environnement a réalisé des analyses de détection des PFAS (y compris l'APFO) dans environ 500 échantillons d'eau, y compris des eaux souterraines, des eaux de surface, des lixiviats de décharges et des effluents d'installations de traitement des eaux usées (Agence suédoise de protection de l'environnement, 2016). Les plus importantes sources ponctuelles identifiées sont des zones d'utilisation de mousses extinctrices (aéroports et sites de formation à la lutte contre l'incendie) ainsi que des installations de traitement des déchets et des eaux usées. Les mesures de réduction des risques suggérées sont les suivantes : limiter les émissions de PFAS provenant de sources ponctuelles, limiter l'utilisation de mousses extinctrices contenant des PFAS, œuvrer au niveau international pour limiter l'utilisation et les émissions de PFAS sur les sites industriels, et développer des techniques de décontamination pour les PFAS. En Suède, un réseau rassemblant toutes les autorités compétentes a été créé en 2014 pour fournir soutien et informations à d'autres autorités, aux comtés, aux municipalités, aux producteurs l'eau et autres parties prenantes sur les questions relatives aux PFAS (y compris l'APFO) telles que l'évaluation et la gestion du risque (Observations de la Suède sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).
63. On suppose que la dégradation des polymères fluorotélomériques lors de leur utilisation (par exemple, boues résiduelles des stations d'épuration des eaux usées dues au lavage des textiles) ou de

¹⁶ https://docs.wixstatic.com/ugd/331cad_188bf72c523c46adac082278ac019a7b.pdf.

leur l'élimination (par exemple, mise en décharge ou incinération) constitue une source indirecte potentielle d'APFC (Prevedouros et al., 2006; Wang et al., 2014a; Wang et al., 2014b).

64. Un certain nombre de producteurs de fluoropolymères et de fluoroélastomères dans de nombreuses régions du monde ont élaboré et mis en œuvre diverses technologies pour récupérer et recycler l'APFO et d'autres agents émulsifiants fluorés dans leurs procédés de production, notamment le traitement des rejets gazeux, des flux d'eaux usées et des dispersions de fluoropolymères, afin de réduire les émissions et l'exposition à celles-ci. Ces technologies (MTD/MPE) sont résumées dans la section IV du document de l'Office fédéral suisse de l'environnement. Certaines de ces technologies peuvent également être utilisées pour traiter les flux de déchets et de produits d'autres secteurs concernés afin de réduire les émissions d'APFO et de composés apparentés ainsi que l'exposition à ceux-ci (Office fédéral suisse de l'environnement, 2017).

65. En 2014, le FluoroCouncil a publié un document d'orientation concernant les meilleures pratiques environnementales pour l'industrie mondiale de l'habillement, portant notamment sur les produits imperméabilisants fluorés (FluoroCouncil, 2014). Les orientations recommandent une série de mesures de base dans les domaines thématiques suivants en ce qui concerne les meilleures pratiques environnementales applicables aux produits hydrofuges longue durée fluorés : 1) sensibiliser l'ensemble des salariés aux questions d'environnement; 2) suivre les conseils de la fiche de données de sécurité et de la fiche de données techniques du produit; 3) utiliser le produit uniquement lorsque sa mise en œuvre est nécessaire pour obtenir des effets souhaités; 4) utiliser seulement la quantité nécessaire : collaborer avec le fournisseur afin de la définir; 5) mélanger seulement les quantités qui seront utilisées pendant la campagne de production prévue; 6) planifier les campagnes de production pour éviter les changements de bain et le gaspillage des liqueurs; 7) réutiliser/recycler les liqueurs résiduelles/excédents de liqueurs si cela peut se faire sans compromettre la qualité; 8) maintenir tous les équipements en parfait état de fonctionnement et réaliser périodiquement des vérifications opérationnelles; 9) optimiser les conditions de séchage et de réticulation dans la rame; 10) éliminer correctement les produits chimiques; 11) envisager de nouvelles possibilités pour réduire au minimum les déchets et les émissions (FluoroCouncil, 2014).

66. Les parties prenantes du secteur de l'imagerie photographique indiquent que la plupart de leurs produits ne contiennent pas de composés apparentés à l'APFO. Les déchets de fabrication du petit nombre de films ou pellicules qui en contiennent sont généralement éliminés par incinération à haute température. Les excédents de formulation de revêtement peuvent être envoyés dans des installations de récupération de l'argent, où les déchets sont également incinérés à haute température (I&P Europe, 2016a). C'est typiquement la situation qui prévaut en Europe (Observations de l'IPEN sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

67. Après inscription de l'acide perfluorooctanoïque (APFO), de ses sels et des composés apparentés aux annexes de la Convention de Stockholm, la faible teneur en polluants organiques persistants serait définie en collaboration avec la Convention de Bâle, laquelle aurait aussi pour mission de déterminer les méthodes d'élimination considérées comme écologiquement rationnelles. L'introduction de mesures de gestion des déchets, y compris des mesures pour les produits et les articles lorsqu'ils deviennent des déchets, conformément à l'article 6 de la Convention, garantirait que les déchets contenant de l'APFO, des sels de cet acide ou des composés apparentés à des concentrations supérieures à la faible teneur en polluants organiques persistants sont éliminés de manière efficace et rationnelle afin de détruire les polluants organiques persistants qu'ils contiennent, ou d'une autre manière respectueuse de l'environnement. Ces mesures concerneraient aussi la manipulation, la collecte, le transport et le stockage adéquats des déchets et garantiraient une diminution des émissions d'APFO, de sels de cet acide et de composés apparentés générées par les déchets, et de l'exposition qui en résulte. La définition de la faible valeur en polluants organiques persistants et les directives élaborées en collaboration avec la Convention de Bâle aideront les Parties à éliminer les déchets contenant de l'APFO, des sels de cet acide ou des composés apparentés de manière écologiquement rationnelle (Canada, 2016a).

2.2.1 Évaluation des utilisations et de la production de solutions de remplacement fluorées à chaîne courte

68. L'évaluation vise à déterminer les utilisations dont la société a besoin et pour lesquelles il peut ne pas exister de solutions de remplacement chimiques et/ou non chimiques. Les dérogations figurant dans les approches réglementaires de gestion des risques existantes (voir Tableau 3) donnent des indications pour l'identification de ces utilisations, sur la base de considérations techniques et socioéconomiques.

A. *Utilisations dans l'industrie des semiconducteurs*

69. Les parties prenantes de l'industrie ont identifié l'utilisation dans l'industrie des semiconducteurs comme potentiellement critique. La Semiconductor Industry Association (SIA) a mené une enquête auprès de ses membres et a constaté que plusieurs entreprises continuent d'utiliser l'APFO et des substances chimiques apparentées dans les procédés de photolithographie, une étape clef du procédé de fabrication de semiconducteurs de pointe (Observations de la SIA sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques). Ce secteur est responsable d'une très faible proportion des émissions totales d'APFO et de composés apparentés. Le volume qu'il consomme constitue une petite partie du total utilisé dans l'Union européenne, et les substances seraient utilisées dans des conditions strictement contrôlées. Les mesures de réglementation typiques sont documentées dans le document de scénarios d'émission no 9 de l'OCDE, intitulé Photoresist Uses in Semiconductor Manufacturing (OCDE, 2010; SIA, 2016).

70. Les informations communiquées par le secteur tendent à démontrer qu'il n'est actuellement pas possible de procéder au remplacement de ces substances, et que les délais pour y parvenir sont longs (10 ans).

71. Les consultations publiques au sein de l'Union européenne ont confirmé que le coût serait élevé si cette utilisation ne faisait pas l'objet d'une dérogation. En raison de la faiblesse des quantités utilisées et du fait que les émissions sont théoriquement minimales, une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 4 juillet 2022) pour les équipements servant à la fabrication de semiconducteurs est accordée dans la restriction adoptée par l'UE.

72. En outre, une dérogation sans limitation dans le temps est accordée pour les procédés photolithographiques de fabrication de semiconducteurs et les procédés de gravure de semiconducteurs composés ainsi que pour les semiconducteurs ou semiconducteurs composés (ECHA, 2015c; Commission européenne, 2017).

73. Au Canada, les semiconducteurs présents dans les articles manufacturés ne sont pas concernés, alors qu'en Norvège, une dérogation pour les adhésifs (feuilles ou rubans) destinés aux semiconducteurs a pris fin en 2016.

74. La SEMI (association professionnelle au service de la chaîne d'approvisionnement du secteur de la micro- et de la nanoélectronique) approuve la dérogation pour les procédés photolithographiques de fabrication de semiconducteurs et souligne que cette dérogation devrait prendre la forme d'un « but acceptable » (Observations de la SEMI sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

75. En outre, la SEMI propose un certain nombre de dérogations et de buts acceptables supplémentaires. Elle propose une dérogation sans limite de temps pour les pièces détachées des équipements servant à la fabrication des semiconducteurs, en plus de la dérogation limitée dans le temps dont bénéficient ces équipements. La SEMI propose aussi une dérogation de cinq ans pour les systèmes connexes de distribution et de contrôle des produits chimiques, des gaz et de l'air dans les installations de production de semiconducteurs, ainsi qu'une dérogation de cinq ans pour les systèmes de conteneurs de produits chimiques servant au stockage, au transfert et au transport de matières ou de mélanges (Observations de la SEMI sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). Par ailleurs, la SIA demande que les fournisseurs bénéficient d'une dérogation dans un but acceptable prévue à l'Annexe B pour les utilisations d'APFO et de composés apparentés dans la fabrication d'outils et de matériel auxiliaire. L'incorporation de petites quantités d'APFO et de composés apparentés dans les fluoropolymères utilisés dans les outils et le matériel auxiliaire, y compris dans les joints, les revêtements, les vannes, les garnitures et les récipients présents dans ces outils ainsi que dans les pièces détachées, est nécessaire afin de répondre aux exigences fonctionnelles et de performance. Ces équipements complexes sont utilisés dans les installations de production présentant un risque d'exposition minimum. En conclusion, la SIA préconise une dérogation au titre de l'Annexe B de la Convention pour les utilisations d'APFO et des composés apparentés dans les procédés de fabrication de l'industrie des semiconducteurs et pour l'utilisation de ces substances chimiques dans les équipements de fabrication de pointe (Observations de la SIA sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

B. Textiles techniques¹⁷

76. Pour les textiles non techniques utilisés dans les applications de plein air (par exemple, les tentes et le mobilier d'extérieur, le matériel de camping), des solutions de remplacement sont disponibles et une dérogation n'est pas justifiée dans l'UE.

77. Certaines entreprises affirment qu'aucune solution de remplacement n'est disponible pour les matériaux de filtration des huiles et des carburants. Toutefois, d'autres sociétés signalent la disponibilité de solutions de remplacement (substances chimiques fluorées à chaîne courte) dans les secteurs haute performance (ECHA, 2014a, 2015a). Dans l'ensemble, il est impossible de pleinement évaluer si une dérogation est justifiée dans le secteur professionnel, en raison de lacunes dans les données, principalement en ce qui concerne les volumes, les utilisations spécifiques et les substances. Il peut être décidé d'accorder une période de transition pour les dernières utilisations dans le secteur professionnel, dans la mesure où les équipements de protection individuelle doivent remplir des conditions spécifiques, qui sont fixées dans les normes correspondantes (par exemple, la norme EN 13034 pour les vêtements de protection).

78. Une dérogation temporaire est accordée dans l'UE pour les textiles destinés aux vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles (jusqu'au 4 juillet 2023). Le Comité d'analyse socioéconomique (CASE) de l'ECHA propose une dérogation similaire pour les membranes utilisées dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents (Commission européenne, 2017).

79. En Norvège, seuls les textiles destinés aux particuliers font l'objet de restrictions, tandis que les textiles à usage professionnel ne sont pas concernés. L'approche canadienne ne s'applique pas aux articles manufacturés. Par conséquent, l'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente de textiles contenant de l'APFO, ses sels et ses précurseurs ne font pas l'objet de restrictions au Canada.

80. Selon les informations fournies par l'Association bavaroise de l'habillement et du textile et l'Association allemande des textiles du sud-ouest (VTB SWT), l'APFO peut être produit sous forme d'impureté lors de la fabrication de polymères à chaîne latérale fluorée, qui sont utilisés comme préparations ou mélanges pour la finition des textiles (imperméabilité à l'eau, aux huiles et aux produits chimiques). L'application est effectuée dans les règles de l'art, et le cas échéant, seules des traces d'APFO sont transférées par imprégnation. En tant qu'industrie transectorielle, le secteur des textiles professionnels, techniques et de protection doit répondre à de nombreuses normes de performance, notamment dans le domaine médical, chimique et de la protection de l'environnement, ainsi qu'aux normes de sécurité relatives à l'imperméabilité aux carburants pour les industries automobile et aéronautique. La plupart de ces textiles sont soumis à de longues procédures d'homologation, qui peuvent prendre des années, et plusieurs types de textiles sont réglementés par diverses lois nationales et de l'Union européenne. À cela s'ajoutent les normes et réglementations des différentes entreprises, appelées « Technisches Leistungsprofil (TL) », ce qui peut se traduire par profil de performance technique. Le personnel du secteur textile allemand est bien formé, la santé et la sécurité au travail font l'objet d'un suivi et les règles en la matière sont strictement respectées (VTB SWT, 2016). Des normes techniques telles que celles utilisées en Allemagne pourraient être élaborées comme exemples de bonnes pratiques (Observations des Pays-Bas sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). Toutefois, les quantités d'APFO, les procédés et les conditions de fabrication dans d'autres pays et régions ne sont pas connus, ce qui pourrait conduire à des niveaux considérables d'exposition des personnes et de rejets dans l'environnement (Observations de l'IPEN sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

81. Les polymères à chaîne latérale fluorée à base de substances apparentées à l'APFO (tels que les acrylates de fluorotélomères 8 :2) utilisés pour traiter les textiles contiennent 2 % de résidus libres de ces substances (Russel et al., 2008). Ceux-ci peuvent être rejetés dans les compartiments aérien et aquatique durant les phases d'utilisation et de déchet du textile traité. Par ailleurs, des substances apparentées à l'APFO peuvent se trouver dans les agents d'imprégnation (ECHA 2015a). L'Organisation européenne de l'habillement et du textile (EURATEX) envisage une dérogation pour les utilisations visant à assurer l'imperméabilité à l'eau, aux huiles et aux produits chimiques, qui sont essentielles pour la sécurité au travail. La période de transition de 6 ans permettrait aux projets en cours et aux nouveaux projets de mettre au point des polymères de remplacement fluorés et non

¹⁷ Les textiles techniques à haute performance sont par exemple, des textiles pour vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles, ou des membranes destinées à une utilisation dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents.

fluorés plus performants et plus respectueux de l'environnement dans le cadre du processus REACH (Euratex, 2016).

82. Selon l'association Mode+Textile, beaucoup peut être fait pour atteindre les objectifs de réduction des risques. Une pratique courante est la technologie du confinement. Elle permet le recyclage de l'APFO, sa réutilisation lors de la polymérisation et son piégeage dans l'air contaminé et les eaux usées de procédé. La réduction des émissions lors de la finition des textiles est une pratique courante. La mise en œuvre des meilleures pratiques environnementales (MPE) dans la production est essentielle pour éviter les émissions et/ou les réduire à un niveau très faible. Dans l'UE, les textiles techniques sont produits conformément aux MPE. L'objectif du traitement par des produits fluorés est de réduire au minimum l'influence de l'environnement en assurant une résistance longue durée à la pénétration d'eau et d'huile. Ces propriétés ont été mises au point et optimisées dans les dernières décennies pour atteindre et maintenir ce haut niveau de protection. Par conséquent, une dérogation pour les textiles professionnels, techniques et de protection, qui doivent satisfaire à des normes de performance relatives à la résistance longue durée à la pénétration, est considérée comme indispensable (TM, 2016).

C. *Certaines encres d'imprimerie*

83. Les observations de l'industrie communiquées lors de la consultation publique de l'UE indiquent que de l'APFO et des composés apparentés sont présents dans les encres à base de latex utilisées dans les imprimantes professionnelles. Cette utilisation ne concerne que des imprimantes qui ne sont plus fabriquées; par conséquent, un abandon progressif est déjà en cours. Il semble qu'il y ait une nette tendance à la baisse des quantités utilisées et des émissions associées. La société qui a fabriqué les imprimantes et les encres en question affirme qu'en l'absence d'une période de transition de 5 ans, il serait nécessaire de remplacer prématurément les imprimantes utilisées, et que les coûts seraient élevés en raison d'une perte de qualité de l'image. Le Comité scientifique de l'Union européenne a conclu qu'une période de transition de 5 ans est justifiée pour l'impression latex (ECHA, 2015c), de sorte qu'une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 4 juillet 2022) est accordée dans l'Union européenne (Commission européenne, 2017). Les encres à base aqueuse bénéficiaient d'une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 31 décembre 2016) au Canada (Observations du Canada sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques). L'approche de gestion des risques de la Norvège, toutefois, ne s'applique qu'aux biens de consommation et ne limite pas l'utilisation d'APFO dans les encres destinées à des imprimantes et des usages professionnels.

D. *Production de solutions de remplacement fluorées à chaîne courte*

84. Selon le FluoroCouncil, comme il se peut que le retraitement des fractions inévitables d'APFO et de substances apparentées en tant qu'intermédiaires isolés pour obtenir des solutions de remplacement en C₆ des fluorotélomères s'effectue sur un autre site que celui où ces fractions sont produites, une dérogation pour le transport des intermédiaires isolés est nécessaire (Observations du FluoroCouncil sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). Une dérogation sans limite de temps pour les intermédiaires isolés transportés est accordée dans la restriction adoptée par l'UE, conformément à son paragraphe 4 c), sous réserve que les conditions énoncées à l'article 18, paragraphe 4, points a) à f) du règlement (CE) no 1907/2006 soient remplies (Commission européenne, 2017). Une dérogation pour les intermédiaires isolés transportés devrait également être examinée au titre de la Convention de Stockholm, afin de permettre leur retraitement sur un autre site que le site de production. Les conditions pourraient être analogues à celles établies en vertu de l'approche de gestion des risques de l'Union européenne, c'est-à-dire que la synthèse d'une autre substance ou d'autres substances à partir d'un intermédiaire a lieu sur d'autres sites dans les conditions strictement contrôlées suivantes : 1) la substance est rigoureusement confinée par des moyens techniques pendant tout son cycle de vie, y compris la fabrication, la purification, le nettoyage et l'entretien du matériel, l'échantillonnage, l'analyse, le chargement et le déchargement de l'équipement ou des cuves, l'élimination, la purification ou le stockage des déchets; 2) des procédures et techniques de prévention sont mises en place afin de réduire les émissions et toute exposition en résultant; 3) la substance est manipulée par du personnel formé et habilité; 4) des procédures spéciales sont mises en place pour le nettoyage et la maintenance, par exemple la purge et le lavage avant d'ouvrir le système et d'y pénétrer; 5) des procédures et/ou techniques de prévention sont prévues pour gérer les accidents et les déchets et réduire les émissions et toute exposition en résultant pendant la purification, le nettoyage ou l'entretien; 6) les procédures de manipulation de la substance sont clairement documentées, et la manipulation est supervisée de manière stricte par l'exploitant du site.

E. Imagerie photographique

85. Selon l'Imaging and Printing Association Europe (I&P Europe), la principale mesure de réglementation adoptée volontairement a été la poursuite de la mise au point de solutions de remplacement. Depuis 2000, l'industrie a reformulé/abandonné un grand nombre de produits, ce qui a entraîné une réduction de plus de 95 % de l'utilisation de composés apparentés à l'APFO à l'échelle mondiale. Bien qu'aucune solution de remplacement ne soit disponible pour les quelques applications restantes, on prévoit une nouvelle réduction de l'utilisation de ces substances à mesure que la transition vers l'imagerie numérique avance. I&P Europe estime qu'il n'est pas nécessaire de prendre des mesures de réglementation supplémentaires pour les utilisations en cours (I&P Europe, 2016a).

86. Selon I&P Europe, la non-disponibilité de composés apparentés à l'APFO pour la fabrication des produits d'imagerie restants va également affecter les groupes de clients concernés tels que les services de santé et l'armée. Dans le secteur de la santé par exemple, il pourrait être financièrement difficile pour les hôpitaux et les cabinets de médecins soumis à des restrictions budgétaires d'investir dans des technologies nouvelles rendues nécessaires par l'arrêt de la fabrication des produits photographiques classiques. On peut s'attendre à ce que cet impact soit plus important dans les pays en développement et dans certains pays de l'UE, comme l'Espagne, la Grèce, l'Italie, le Portugal et un certain nombre de pays d'Europe orientale (I&P Europe, 2016a).

87. L'approche de gestion des risques au sein de l'Union européenne prévoit une dérogation pour les revêtements photographiques employés sur les pellicules et films, papiers de tirage ou clichés d'impression (Commission européenne, 2017). Les dérogations spécifiques pour cette utilisation au Canada et en Norvège ont expiré en 2016. L'approche de gestion des risques de la Norvège, toutefois, ne s'applique qu'aux biens de consommation, et l'approche canadienne ne concerne pas les articles manufacturés. Par conséquent, l'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente de revêtements photographiques employés sur les pellicules et films, papiers de tirage ou clichés d'impression ne font pas l'objet de restrictions au Canada.

F. Nanorevêtements

88. Lors de la consultation publique de l'UE sur le dossier de restriction, une seule société d'application de revêtements travaillant pour des fabricants de smartphones a demandé une dérogation de 3 ans pour les nanorevêtements au plasma pulsé afin de permettre la transition vers une solution de remplacement en C6 (ECHA, 2015c). Une dérogation temporaire (jusqu'au 4 juillet 2023) pour les nanorevêtements au plasma est accordée dans l'UE (Commission européenne, 2017). L'approche canadienne ne s'applique pas aux articles manufacturés. Par conséquent, l'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente de revêtements appliqués aux smartphones (ou à d'autres équipements électroniques) ne font pas l'objet de restrictions au Canada.

G. Pièces détachées

89. Les parties prenantes de l'industrie de l'Union européenne ont demandé une dérogation pour divers types de pièces de rechange (aviation, télécommunication, semi-conducteurs, technologies de l'information et de la communication). Leur préoccupation concerne la possibilité de mettre sur le marché et d'utiliser dans l'UE des pièces détachées déjà fabriquées à la date d'entrée en vigueur de la restriction. Selon leurs observations, en l'absence de dérogation, ces pièces détachées devront être détruites, ce qui se traduirait par des pertes économiques pour les fabricants de l'UE. Le Comité d'évaluation des risques (CER) et le Comité d'analyse socioéconomique (CASE) de l'ECHA ont considéré que la dérogation pour les pièces de rechange en stock avant l'entrée en vigueur de la restriction était justifiée pour toutes les applications (pour les cas mentionnés ci-dessus ainsi que pour d'autres), étant donné le coût de leur élimination et la faible quantité d'émissions associée au prolongement de leur durée de vie (ECHA, 2015c). La restriction de l'UE ne prévoit pas de dérogation pour les pièces détachées (Commission européenne, 2017).

90. En outre, l'Association canadienne des constructeurs de véhicules (ACCV) demande des dérogations spécifiques pour les pièces détachées. Selon l'ACCV, l'industrie met en œuvre de manière proactive l'élimination progressive de l'APFO depuis un certain temps. Toutefois, les pièces détachées pourraient encore contenir de l'APFO. Ces pièces représentent un faible pourcentage de l'utilisation de l'APFO, qui diminuera naturellement à mesure du renouvellement du parc de véhicules. Les constructeurs automobiles doivent garantir la disponibilité des équipements et des pièces de rechange d'origine pour satisfaire la demande des clients (ACCV, 2017). Selon les informations communiquées par l'IPEN, une dérogation se traduirait par des rejets continus d'APFO dans l'environnement, issus de sa production et de son utilisation, ainsi que par une exposition chronique des personnes.

91. Selon la SEMI, une période de transition serait également nécessaire s'agissant des éléments et pièces détachés neufs ou remis à neuf requis pour l'entretien et la réparation des équipements d'anciennes générations et de leurs infrastructures connexes dans le domaine de la fabrication de semi-conducteurs (Observations de la SEMI sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

H. Mousses extinctrices

92. « Mousse à formation de pellicule aqueuse » (AFFF) est un terme générique désignant les produits extincteurs ou de suppression des vapeurs utilisés dans la lutte contre l'incendie. Les AFFF ont été spécialement conçus pour combattre les feux de liquides inflammables (classe B). Les AFFF peuvent contenir de l'APFO ou des substances apparentées. L'utilisation de mousses extinctrices n'est pas nécessaire dans toutes les situations. Seul un examen approfondi de la situation (urgence ou conception du système de protection incendie/de la propriété), du code du bâtiment et des autres règlements locaux permet de sélectionner correctement les produits. Au cours de la décennie écoulée, les fabricants d'AFFF ont remplacé les produits à base de SPFO par des agents tensioactifs fluorés à base de fluorotélomères. Aujourd'hui, la plupart des mousses extinctrices sont fabriquées à partir de substances fluorées/télomères basées sur une chaîne perfluorohexane (C₆) (pour plus de détails, voir UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1); il existe aussi des mousses sans fluor et d'autres méthodes d'extinction qui répondent aux exigences d'efficacité pour de nombreux domaines d'utilisation dans les incendies de classe B (Agence suédoise des produits chimiques, 2016a). De nombreuses solutions de remplacement sont disponibles pour les mousses extinctrices contenant des substances apparentées à l'APFO (voir par. 155 à 162).

93. Par souci de cohérence avec la dérogation concernant les mousses actuellement en circulation, et afin d'éviter de les remplacer précocement, le Comité d'analyse socioéconomique (CASE) de l'ECHA a proposé pour ces mélanges une dérogation à la restriction de l'UE pour une période de 20 ans. Il s'agit de la durée de vie normale des mousses extinctrices, valeur que confirment les observations reçues lors des consultations publiques (ECHA, 2015c). Dans le cadre du processus européen, certains spécialistes de la lutte anti-incendie et fabricants de mousses ont fait part de leur crainte que dans les usines chimiques à haut risque et installations de stockage de grande capacité, l'utilisation de mousses fluorées à teneur en APFO et substances apparentées pouvant aller jusqu'à 1 000 ppb soit encore nécessaire pendant une période supplémentaire de 10 ans, mais des informations obtenues de deux sources différentes par la Commission européenne montrent que des mousses efficaces entièrement dépourvues de fluor sont disponibles et qu'en outre, des mousses fluorées à chaîne courte existent déjà. Dans ce dernier cas, le problème semble être la présence d'APFO et de substances apparentées en tant qu'impuretés plutôt que constituants techniques essentiels. La Commission a jugé qu'un report de trois ans de l'application de la restriction devrait suffire aux fabricants de mousses extinctrices pour s'adapter.

94. Selon les informations communiquées par l'IPEN, la durée de vie normale des mousses extinctrices varie considérablement avec la température et les conditions d'entreposage. Une prolongation de 20 ans de l'utilisation dispersive de POP n'est pas recommandée au vu de la contamination massive des eaux souterraines que celle-ci a provoquée dans de nombreux pays. L'Allemagne, avec le soutien de l'Autriche, propose de prévoir une courte période de transition pour utiliser les mousses extinctrices déjà sur le marché, puisque ces mousses sont très stables et peuvent être stockées pendant très longtemps avant de servir. Afin d'éviter que les émissions dans l'environnement à partir de cette source se poursuivent, il convient donc de remplacer les mousses existantes par d'autres plus viables ou adaptées (Observations de l'Allemagne sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques; Observations de l'Autriche sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

95. En ce qui concerne la mise sur le marché de nouvelles mousses à formation de pellicule aqueuse à usage professionnel, le CASE fait observer que lors des consultations publiques de l'UE, certaines parties prenantes (services de lutte contre l'incendie, fabricants de mousses) ont demandé une augmentation des limites de concentration pour l'APFO et les substances apparentées, ou une dérogation totale pour les mousses extinctrices. Dans l'ensemble, compte tenu des informations fournies, le CASE a proposé d'adopter une valeur limite plus élevée, soit 1 000 ppb par substance, pour l'APFO ou pour chaque substance apparentée lorsqu'elles sont utilisées dans des concentrés de mousses extinctrices, et de revoir cette limite de concentration en vue de l'abaisser lors du réexamen de la restriction, 5 ans après son entrée en vigueur (ECHA, 2015c).

96. Le paragraphe 4 e) de la restriction de l'UE prévoit une dérogation pour les mélanges concentrés de mousses extinctrices mis sur le marché avant le 4 juillet 2020 qui sont ou doivent être utilisés dans la production d'autres mélanges de mousses extinctrices. Cette dérogation s'applique aux mélanges de mousses extinctrices 1) mis sur le marché avant le 4 juillet 2020; ou 2) produits conformément au paragraphe 4 e), étant entendu qu'en cas d'utilisation à des fins de formation, les émissions dans l'environnement sont réduites autant que possible et les effluents collectés sont éliminés en toute sécurité. Au Canada, une dérogation sans limite de temps est accordée pour les mousses à formation de pellicule aqueuse utilisées dans la lutte contre l'incendie (Canada, 2016c). En Norvège, aucune dérogation n'est accordée pour les mousses extinctrices; toutefois, l'approche de gestion des risques ne s'applique pas, car elle ne concerne que les biens de consommation, et les AFFF sont à usage professionnel seulement. L'Association canadienne des carburants (ACC) soutient la dérogation proposée pour les AFFF dans l'approche de gestion des risques (Observations de l'ACC sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

I. Dispositifs médicaux

97. Lors de la consultation publique de l'UE, les parties prenantes ont indiqué que la substitution est en cours, mais constitue un processus de longue haleine, compte tenu de la complexité des chaînes d'approvisionnement et des processus de certification. Une période de transition générale de 5 ans minimum a été demandée, mais pourrait s'avérer trop courte pour certains dispositifs. Dans le cas spécifique des dispositifs médicaux implantables, un fabricant a demandé une période de transition de 15 ans (ECHA, 2015c).

98. La restriction de l'UE accorde une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 4 juillet 2032) pour les dispositifs médicaux autres que les dispositifs médicaux implantables entrant dans le champ d'application de la Directive 93/42/CEE. En outre, une dérogation est accordée sans limite de temps pour la production de certains dispositifs implantables (Commission européenne, 2017). En Norvège, les appareils médicaux bénéficient d'une dérogation sans limite de temps.

J. Utilisation d'intermédiaires transportés pour la production de substances chimiques pharmaceutiques

99. Selon l'industrie chimique, il n'existe pas de solutions de remplacement pour certains produits pharmaceutiques et d'autres substances chimiques hautement spécialisées présentant des avantages socioéconomiques et répondant à des exigences de performance spécifiques qui utilisent des substances chimiques apparentées à l'APFO comme matières premières et/ou adjuvants de transformation (FluoroCouncil, 2016a). On ne dispose d'aucune information précisant ce que sont ces « autres substances chimiques hautement spécialisées ». L'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques a adopté la question des polluants pharmaceutiques persistants comme nouvelle question de politique générale, tout en reconnaissant que les produits pharmaceutiques présentent des avantages importants pour la santé humaine et le bien-être des animaux. Le bromure de perfluorooctyle (PFOB) s'obtient à partir d'iodure de perfluorooctyle (PFOI), qui est produit sur un seul site au Japon lors de la fabrication de substances à base de fluorotélomères 6:2 (télomérisation, séparation et distillation en système fermé) et est ensuite envoyé en tant qu'intermédiaire isolé à un autre site japonais où il est transformé en PFOB. Tous les déchets produits lors de la fabrication du PFOI sont collectés en système fermé et incinérés. Le PFOB est par la suite transporté vers deux sites aux États-Unis et en Suède pour fabriquer les produits pharmaceutiques voulus (Observations de Daikin sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques et informations fournies par la Fédération internationale de l'industrie du médicament (FIIM) à la treizième réunion du Comité d'étude des polluants organiques persistants).

100. Le PFOB s'utilise comme adjuvant de transformation dans la fabrication de particules « microporeuses » pour des applications pharmaceutiques. Il ne fait pas partie des composés apparentés à l'APFO, mais il contient des traces non intentionnelles de PFOI qui, lui, en est un. Le taux résiduel de PFOB dans les produits pharmaceutiques « microporeux » finis est typiquement de 0,1 %, ce qui se traduit par un taux résiduel de PFOI d'environ 0,1 ppm. La limite de détection pour le PFOB présent dans les particules poreuses est de 0,1 %. Le total annuel des résidus de PFOI dans toutes les préparations pharmaceutiques actuellement produites se monte à moins de 2 g. Les rejets de PFOI dans l'environnement dus à la production de ces préparations se montent, au total, à moins de 30 g par an. Le PFOB contenu dans les déchets de fabrication est filtré sur des lits de carbones placés en série, qui constituent la meilleure technique disponible et réduisent les émissions à des taux inférieurs à 1 %, le plus souvent à moins de 0,1 % (Informations fournies par la FIIM lors de la treizième réunion du Comité d'étude des polluants organiques persistants).

101. Les particules « microporeuses » permettent d'associer plus de deux substances actives, dans les proportions qui conviennent pour maximiser leurs effets, dans une seule préparation pharmaceutique. Elles permettent également un acheminement efficace et ciblé des médicaments, notamment vers les poumons. Les produits pharmaceutiques utilisant cette technologie qui se trouvent actuellement sur le marché sont destinés à traiter les patients souffrant de bronchopneumopathie chronique obstructive maladie (COPD) et de mucoviscidose. Des recherches sur les autres possibilités d'application dans le domaine pharmaceutique sont en cours, dont certaines en sont à leurs débuts et d'autres à un stade très avancé (Informations fournies par la FIIM lors de la treizième réunion du Comité d'étude des polluants organiques persistants).

102. De gros efforts ont été faits pour trouver d'autres agents, et 15 substances ont ainsi été examinées, mais il a été déterminé que seul le PFOB se prêtait à la fabrication de produits pharmaceutiques microporeux et présentait en même temps un profil toxicologique permettant de l'administrer sans danger aux humains. (NDA 020-091 pour l'approbation de l'Imagent® par la FDA). Il est donc improbable qu'on puisse trouver une solution de remplacement qui ne compromette pas les propriétés des particules « microporeuses », et même si une telle solution se fait jour, il faudra au moins 10 ans pour effectuer les nouveaux essais cliniques nécessaires et homologuer une fois de plus le produit. Étant donné que les patients qui utilisent les produits pharmaceutiques concernés nécessitent un approvisionnement continu, une étude plus poussée de la manière appropriée d'aborder cette application s'impose (Informations fournies par la FIIM lors de la treizième réunion du Comité d'étude des polluants organiques persistants).

K. Utilisation de sulfuramide

103. Le *N*-éthyl perfluorooctane sulfonamide (EtFOSA; sulfluramide; n° CAS : 4151-50-2) est utilisé comme ingrédient actif dans des appâts pour la lutte contre les fourmis coupeuses de feuilles *Atta* spp. et *Acromyrmex* spp. dans de nombreux pays d'Amérique du Sud ainsi que pour la lutte contre les fourmis rouges de feu exotiques et les termites (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.3/Rev.1). Des agents tensioactifs fluorés peuvent également être utilisés comme potentialisateurs (constituants « inertes » qui ne font pas partie des ingrédients actifs) dans certaines préparations pesticides (UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1).

104. Selon la délégation brésilienne, l'utilisation de sulfuramide dans les appâts pour fourmis coupeuses de feuilles permet au Brésil d'éviter des pertes pouvant aller jusqu'à 14,5 % dans ses plantations d'arbres. Ces fourmis peuvent également faire subir des pertes coûteuses à d'autres filières agricoles, dont celles du soja et du maïs, sans compter la réduction de la capacité de charge qu'elles sont susceptibles de causer dans les pâturages (UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1)¹⁸.

105. Les appâts pour la lutte contre les fourmis coupeuses de feuilles *Atta* spp. et *Acromyrmex* spp. figurent parmi les buts acceptables énoncés dans l'Annexe B pour la production et l'utilisation d'acide perfluorooctane sulfonique, de sels de cet acide et de fluorure de perfluorooctane sulfonyle (UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1).

2.2.2 Coûts et avantages de la mise en œuvre des mesures de réglementation

106. La Commission pour la protection du milieu marin de la mer Baltique (HELCOM) a publié un rapport d'évaluation des options de gestion économiquement rentables qui permettraient de réduire les rejets, les émissions et les fuites de substances dangereuses, notamment d'APFO. En plus des mesures visant les sources industrielles, des mesures axées sur les sources urbaines, telles que le traitement tertiaire au charbon actif des eaux usées urbaines, peuvent également réduire les émissions de SPFO/APFO (pour plus de détails concernant aussi d'autres options, voir HELCOM, 2013).

107. L'APFO a déjà été largement éliminé dans de nombreuses utilisations, ce qui montre que les coûts des solutions de remplacement ne sont pas un obstacle. Les points importants à examiner lors de l'évaluation des coûts des solutions de remplacement d'un produit sont les suivants : les solutions de remplacement dont le coût d'achat initial est plus élevé peuvent s'avérer moins coûteuses sur la totalité de la durée de vie du produit si la durabilité et d'autres facteurs sont pris en compte; la production de masse des solutions de remplacement peut sensiblement réduire leur coût; le coût des initiatives visant à protéger la santé et l'environnement est souvent surestimé initialement, et baisse ensuite rapidement une fois que la réglementation est appliquée; enfin, le coût de l'élimination écologiquement rationnelle des produits en fin de vie constitue aussi un facteur important à prendre en considération (Ackermann et Massey, 2006).

¹⁸ Oficio DFIA/SDA/MAPA n° 123/2008 du Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de l'approvisionnement alimentaire, Secrétariat à la protection zoo- et phytosanitaire, Service d'inspection des intrants agricoles.

108. Les coûts de substitution liés à la proposition de restriction de l'UE ont été estimés pour 1) l'importation et l'utilisation de mélanges de PTFE (fluoropolymères); 2) les utilisations du secteur textile; 3) les importations sous forme d'articles du secteur textile; 4) les mousses extinctrices; 5) le papier; et 6) les peintures et encres. L'estimation a été réalisée par l'industrie pour les utilisations actuelles (scénario le plus défavorable) et pour la période après l'entrée en vigueur de la restriction (scénario plus réaliste). En raison du manque de données, les coûts de substitution pour l'importation d'APFO incorporé dans des articles, les applications dans le domaine de la photographie et les semi-conducteurs n'ont pas été estimés. Le montant estimatif des coûts de substitution pour l'UE vont de 1,39 à 158,44 millions d'euros avec une estimation médiane de 34,7 millions d'euros estimation centrale pour le scénario plus réaliste (ECHA, 2015a, tableau F.2-6).

109. La consultation publique de l'EU a montré que les principaux fabricants de fluoropolymères ont déjà mis au point plusieurs solutions pour remplacer l'APFO. Ces solutions de remplacement sont souvent exclusivement fabriquées et utilisées par chaque entreprise. Par conséquent, on ne connaît pas (encore) les prix du marché. Toutefois, on dispose de certaines indications sur l'augmentation des coûts de fonctionnement, qui peuvent être utilisées pour évaluer les coûts de la proposition de restriction pour les fabricants de fluoropolymères. On suppose donc que l'utilisation de solutions de remplacement induit une augmentation des coûts de production faible à modérée (0 à 20 %). Cette augmentation résulte des coûts plus élevés et/ou des quantités plus importantes des solutions de remplacement qui seront utilisées. L'industrie a déclaré que la qualité du PTFE fabriqué avec les solutions de remplacement ne change pas (ECHA, 2015a).

110. En ce qui concerne les coûts d'investissement, l'industrie — principalement les (anciens) fabricants d'APFO et le secteur des substances apparentées à l'APFO — a déclaré lors de l'élaboration de la restriction de l'UE qu'elle avait déjà investi des ressources considérables sous forme d'efforts de recherche et développement et de capitaux pour mettre au point des PFAS à chaîne courte (il a été fait état de plus de 500 millions d'euros, ce qui a été confirmé dans la consultation publique de l'UE). Pour les utilisateurs en aval, on peut s'attendre à ce que les coûts du passage aux solutions de remplacement à chaîne courte soient importants, en raison de la reformulation des produits, de l'adaptation des procédés de production et des essais. À cet égard, il a été fait état de sommes allant jusqu'à 1 million d'euros par entreprise, en fonction des conditions spécifiques en l'espèce (ECHA, 2015a).

111. Selon I&P Europe, à ce jour, le principal obstacle à l'élimination totale des composés apparentés à l'APFO est d'ordre technique. Toutefois, il faudrait aussi tenir compte des coûts de recherche et développement, car ces investissements peuvent représenter une lourde charge financière à un moment où l'industrie de l'imagerie se concentre sur la création de nouvelles technologies d'imagerie numériques. Les coûts économiques liés à la substitution des composés apparentés à l'APFO dans les quelques utilisations photographiques restantes sont devenus prohibitifs dans la plupart des cas. Les utilisations restantes concernent des produits de niche sur des marchés que les membres d'I&P Europe s'attendent à voir encore décliner (I&P Europe, 2016b).

112. L'UE a démontré l'existence de coûts considérables pour la société, liés à l'hypercholestérolémie, à la toxicité pour le développement et au cancer. Ces coûts se traduiront par des coûts directs tels que les traitements médicaux et des coûts indirects tels que la perte de la qualité de vie des personnes concernées. Il n'a pas été possible d'estimer la contribution de l'APFO et des substances apparentées à la charge de morbidité globale. Toutefois, les importants ratios de caractérisation des risques impliquent que la restriction de l'APFO et des substances apparentées aura des avantages considérables pour la santé humaine (ECHA, 2015a). Selon les informations communiquées par la Norvège, l'évaluation socioéconomique dans l'UE a principalement mis en avant les propriétés persistantes, bioaccumulables et toxiques (PBT) de l'APFO pour motiver la réduction des émissions. De nouvelles études ont également montré une corrélation entre l'exposition à l'APFO et la diminution des effets des vaccins; l'APFO est présumé dangereux pour le système immunitaire humain (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2; NTP, 2016).

113. La restriction de l'UE ne devrait pas avoir de répercussions économiques au sens large au sein de l'Europe parce que le marché s'emploie déjà à remplacer l'APFO et les substances apparentées. Cela est reflété par le caractère modéré des coûts de mise en conformité estimés. En outre, la restriction ne devrait pas affecter la compétitivité de l'industrie de l'UE et de l'industrie mondiale, parce que toutes deux devront remplacer l'APFO et les substances apparentées pour se conformer à la restriction. La restriction ne devrait pas avoir d'incidences majeures sur l'emploi au sein de l'UE (ECHA, 2015a).

114. Il a été estimé que les coûts d'élimination et de destruction du SPFO présent dans les produits existants, tels que les systèmes de lutte anti-incendie, se montent généralement à bien moins de 1 000 euros par kilogramme, mais peuvent être beaucoup plus élevés dans certains cas particuliers, comme celui du tunnel ferroviaire de Barendrecht (Pays-Bas), où il a fallu payer au moins 3 500 euros par kilogramme pour purger le système d'extinction d'incendie de son SPFO. Cette opération ne l'en a toutefois pas débarrassé complètement. L'élimination du SPFO restant nécessiterait une deuxième purge ou un remplacement du tuyau principal, qui porterait son coût à au moins 400 000 euros par kilogramme. Il n'a pas été exigé que l'exploitant prenne cette dépense en charge, ce qui pourrait s'interpréter comme une indication qu'elle a été jugée excessive, bien que cette raison n'ait pas été mentionnée explicitement (Oosterhuis et al., 2017).

115. Une initiative réglementaire a été élaborée dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques du Canada (CMP) dans le but de protéger l'environnement contre les risques associés à la fabrication, l'utilisation, la vente, la mise en vente ou l'importation (entre autres substances) d'APFO et d'APFC à chaîne longue. Les preuves scientifiques du processus de gestion des risques du Canada ont montré que l'APFO et les APFC à chaîne longue sont persistants, qu'ils s'accumulent et se bioamplifient chez les espèces marines ou terrestres, et qu'ils sont toxiques pour l'environnement aux termes de la loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE) de 1999. Bien qu'aucune analyse quantitative des avantages de l'initiative n'ait été effectuée, les contrôles réglementaires visant l'APFO et les APFC à chaîne longue au Canada protégeront l'environnement. La réglementation de ces substances devrait améliorer la qualité de l'environnement.

116. La Norvège déclare que les mesures de réglementation auront des effets positifs sur la santé humaine, en raison de l'exposition chronique des personnes aux PFAS dans leur environnement quotidien (Norvège, 2016). Le nombre de biens de consommation contenant de l'APFO a baissé, et les concentrations dans les vêtements « tous temps » ont diminué après la mise en place d'une réglementation nationale concernant la présence d'APFO dans les biens de consommation en 2013 (Observations de la Norvège sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

117. En Australie, les impacts sociétaux de l'APFO ont récemment pris de l'importance avec l'identification d'un certain nombre de sites contaminés par l'utilisation antérieure de mousses extinctrices (AFFF) pour combattre les feux de liquides inflammables dans les aéroports et les installations de formation à la lutte contre l'incendie. Les mousses extinctrices contenant de l'APFO, du SPFO et du PFHxS ont été éliminées dans toute une gamme d'utilisations. Il convient de noter que l'utilisation passée des AFFF a entraîné la contamination d'aéroports militaires et civils, avec dans certains cas une migration hors site de la contamination par les eaux de surface et les eaux souterraines. La migration de l'APFO depuis le point d'utilisation a provoqué la contamination des eaux souterraines et de surface dans les zones voisines, ces eaux étant dans certains cas utilisées pour la consommation humaine et l'agriculture. Dans les sites où l'eau potable a été contaminée, une autre source d'eau potable a été fournie. Certaines activités agricoles ont été touchées, par exemple des jardins maraîchers et de petites exploitations avicoles (volaille et œufs), dont l'eau utilisée à des fins agricoles a été contaminée par l'APFO. La stigmatisation associée à la contamination de l'environnement a entraîné une baisse de la valeur des propriétés et des entreprises, et une perte de revenus pour certains propriétaires d'entreprises et propriétaires fonciers, qui ont été des sources de stress et d'anxiété pour les communautés touchées, ce que l'incertitude des résidents concernant les répercussions sur la santé a encore aggravé. Si l'impact en Australie résulte largement de l'utilisation passée des AFFF contenant de l'APFO, la mise en œuvre des mesures de réglementation garantira dans une certaine mesure aux collectivités australiennes que le risque de contamination actuel ou futur est réduit au minimum (Australie, 2016). En avril 2017, deux déversements majeurs de mousses extinctrices (22 000 et 5 000 litres) contenant de l'APFO se sont produits à l'aéroport de Brisbane et ont conduit le Gouvernement à mettre en garde contre la consommation de poissons provenant des cours d'eau avoisinants (Observations de l'IPEN sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). Le Gouvernement fédéral australien est en train d'élaborer une réponse à l'échelle de l'ensemble de l'administration et collabore avec les États et territoires australiens pour gérer la contamination par les PFAS et y faire face (Observations de l'Australie sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

118. La poursuite de l'utilisation de l'APFO dans les mousses extinctrices aboutirait à la contamination des eaux souterraines et des sols autour des sites militaires et des aéroports dans le monde entier, avec tous les frais de justice, d'indemnisation et de réparation que cela représente, en plus des préjudices pour la santé humaine et l'environnement (Wang et al., 2017; LaSalle, 2016; Commission des affaires étrangères, de la défense et du commerce du Sénat australien, 2016; Air Services Australia, 2016; Filipovic et al., 2015; Houtz et al., 2016). Les récents calculs des coûts totaux d'épuration des eaux souterraines polluées par les PFAS aux alentours des installations de lutte contre l'incendie en Norvège montrent qu'il faut 3,5 à 5,5 millions d'euros par site. Ces chiffres

comprennent les coûts d'investissement et d'exploitation des systèmes d'épuration des eaux souterraines nécessaires dans certains aéroports norvégiens pollués par les PFAS des mousses extinctrices. Les analyses chimiques montrent que l'APFO migre vers les eaux souterraines dans une plus large mesure que le SPFO (Observations de la Norvège sur le troisième projet d'évaluation de la gestion des risques).

119. En 2005, des mousses extinctrices contenant des PFAS ont été utilisées sur l'aéroport de Düsseldorf (Allemagne) en raison d'un accident d'avion et dans le cadre de la formation à la lutte contre l'incendie. Les PFAS (et l'APFO) ont contaminé les sols et se sont infiltrés dans les eaux souterraines. Les eaux souterraines contenant des PFAS ont pollué deux lacs situés à proximité, qui sont maintenant fermés au public, et la consommation du poisson est interdite. En 2007, l'administration locale chargée de l'environnement de Düsseldorf a mis en évidence des niveaux élevés de PFAS au nord de la ville. Dans les années qui ont suivi, l'aéroport de Düsseldorf s'est révélé être la principale source de PFAS. La décontamination des eaux souterraines prendra des années, voire des décennies. En outre, environ 3 000 tonnes de sols pollués par des PFAS ont été découvertes et éliminées¹⁹. D'autres aéroports allemands présentent aussi des zones contaminées par des hydrocarbures perfluorés résultant de l'utilisation d'AFFF à des fins de formation dans le passé (par exemple, l'aéroport de Nuremberg). Les coûts des mesures de décontamination sont examinés dans le document ECHA, 2015a (Observations de l'Allemagne sur le troisième projet d'évaluation de la gestion des risques).

120. En Allemagne, une affaire notoire montre les conséquences de l'épandage (illégal) des déchets/boues sur des terres agricoles. Les lixiviats de boues industrielles contenant de l'APFO ont été entraînés vers les eaux de surface et ont contaminé un réservoir d'eau potable, en l'occurrence le lac Möhne (Skutlarek et al., 2006; Wilhelm et al., 2009; Wilhelm et al., 2010; Hölzer et al., 2008; Hölzer et al., 2009). L'eau potable contenait donc des niveaux élevés d'APFO. Les études de biosurveillance humaine ont montré des taux sanguins d'APFO plus élevés chez les habitants d'Arnsberg que chez les habitants d'une zone voisine, alimentés par une autre source d'eau potable. Selon les informations communiquées par les médias, les coûts liés à la décontamination des eaux souterraines depuis 2006 se montent à environ 2,5 millions d'euros. La station d'épuration devra fonctionner encore plusieurs années, avec des coûts d'exploitation d'environ 100 000 euros par an (Observations de l'Allemagne sur le troisième projet d'évaluation de la gestion des risques)²⁰.

121. Des niveaux élevés de PFAS dans l'eau potable, de l'ordre de quelques µg/L, ont été constatés depuis 2011 dans un certain nombre de municipalités en Suède. Les dépenses encourues pour résoudre le problème de la contamination de l'eau potable par des PFAS sont prises en charge pour certaines municipalités, par exemple les coûts de traitement de l'eau par filtrage au charbon de bois (1 million d'euros par an) à Uppsala et ceux d'installation d'un nouveau système d'adduction d'eau (3 millions d'euros) à Ronne (Agence suédoise de protection de l'environnement, 2016). Il a été démontré que les sites de formation à la lutte contre l'incendie sont les principales sources de cette pollution, qui a dans certains cas entraîné l'arrêt de l'approvisionnement en eau. Les municipalités ont recommandé de ne pas manger trop souvent des poissons sauvages capturés dans les lacs en aval de la zone polluée (Agence suédoise des produits chimiques, 2013). Un système de filtre à charbon a été installé pour décontaminer 150 à 200 m³ d'eau provenant d'une grotte située près d'un ancien aérodrome et contenant des PFAS, avant que cette eau ne rejoigne les cours d'eau récepteurs (Defoort et al., 2012). Les PFAS ont également contaminé l'eau potable aux États-Unis, affectant 15 millions d'habitants et plusieurs sites. Toutefois, les systèmes de filtres à charbon risquent de ne pas fonctionner pour toutes les PFAS (Wang et al., 2017).

122. S'agissant des textiles professionnels, techniques et de protection, les ventes des fabricants allemands s'élevaient à 6 milliards d'euros en 2013 (VTB SWT, 2016; TM, 2016).

123. Pour des raisons d'accessibilité ou de coût, certaines solutions technologiques de remplacement pour l'APFO peuvent ne devenir disponibles dans les pays en développement que quelques années plus tard.

¹⁹ Voir <https://www.dus.com/de-de/konzern/unternehmen/verantwortung/umweltschutz/gew%C3%A4sserschutz/grundwassersanierung>.

²⁰ Les coûts sont à la charge de la communauté en vertu des résultats d'une procédure judiciaire (<https://www.wp.de/staedte/altkreis-brilon/ruhrverband-klagt-im-pft-umweltskandal-auf-schadenersatz-id-9731569.html>)

2.3 Informations sur les solutions de remplacement (produits et procédés)

2.3.1 Aperçu des solutions de remplacement

124. En raison des préoccupations concernant l'impact des acides perfluoroalkylés (PFAA) à chaîne longue sur les êtres humains et l'environnement, ces PFAA et leurs précurseurs sont remplacés dans de nombreuses applications par d'autres substances, dont des substances fluorées structurellement comparables. Ces solutions de remplacement fluorées comprennent en particulier les PFAA à chaîne courte et les perfluoropolyéthers fonctionnalisés (PFPE), en particulier les acides per- et polyfluoréther carboxyliques (PFCEA) et les acides per- et polyfluoréthersulfoniques (PFESA) ayant un groupe fonctionnel acide rattaché à une chaîne per- ou polyfluoroéther au lieu d'une chaîne perfluoroalkyle (Wang et al., 2015). Un récapitulatif de certaines solutions de remplacement fluorées et non fluorées connues pour différentes branches de l'industrie figure dans les documents de référence (ECHA, 2015a, tableau C.1-1; voir UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6, section 3; PNUe, 2017).

2.3.2 Utilisations propres à chaque secteur

125. Les paragraphes suivants traitent des aspects propres à chaque secteur concernant les solutions de remplacement. Néanmoins, plusieurs aspects liés en particulier aux risques des solutions de remplacement (par exemple, les substances fluorées à chaîne courte) ne concernent pas uniquement un secteur, mais tous les secteurs où ces solutions de remplacement sont applicables.

A. Fabrication de fluoropolymères

Perfluoropolyéthers fonctionnalisés (PFPE)

126. Selon le FluoroCouncil, plusieurs adjuvants de polymérisation peuvent être utilisés pour remplacer l'APFO dans la fabrication de fluoropolymères (FluoroCouncil, 2016a).

127. Les fabricants de fluoropolymères utilisaient du perfluorooctanoate d'ammonium ou de sodium comme adjuvants de polymérisation en émulsion du polytétrafluoroéthylène, des copolymères d'éthylène et de propylène perfluorés, du perfluoroalkoxy et de certains fluoroélastomères. En outre, le perfluorononanoate d'ammonium était mis en œuvre dans la polymérisation en émulsion du fluorure de polyvinylidène (Prevedouros et al., 2006). La plupart des producteurs ont élaboré leurs propres solutions de remplacement. Les solutions de remplacement fluorées commercialisées sont des perfluoropolyéthers fonctionnalisés, notamment l'ADONA de 3M/Dyneon ($\text{CF}_3\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OCHF}_2\text{COO-NH}_4^+$; no CAS : 958445-44-8; Gordon, 2011), le GenX de DuPont, aussi appelé sel dimère C_3^{21} ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OCF}(\text{CF}_3)\text{COO-NH}_4^+$; no CAS : 62037-80-3; DuPont, 2010), les perfluoropolyéthers fonctionnalisés cycliques ou polymères de Solvay (Marchionni et al., 2010; Pieri et al., 2011; Spada et Kent, 2011) et l'EEA-NH₄ d'Asahi ($\text{C}_2\text{F}_5\text{OC}_2\text{F}_4\text{OCF}_2\text{COO-NH}_4^+$; no CAS : 908020-52-0; EFSA, 2011a). Des informations supplémentaires sur les solutions de remplacement de l'APFO dans la production de fluoropolymères, notamment sur la fabrication de fluoropolymères en Chine et les procédés de polymérisation en émulsion aqueuse sans émulsifiant fluoré sont compilées dans la section V du document de l'Office fédéral suisse de l'environnement (Office fédéral suisse de l'environnement, 2017).

128. Trois solutions de remplacement de l'APFO avec des groupes éther (GenX, ADONA et EEA-NH₄), qui sont généralement plus courts et/ou moins fluorés, ont été évaluées dans le cadre du processus de restriction de l'UE (ECHA, 2015a, section C3). Le sel dimère C_3 , l'ADONA et l'EEA-NH₄ remplacent l'APFO en tant qu'adjuvant de polymérisation, où il est utilisé comme émulsifiant permettant aux réactifs de la phase aqueuse et de la phase hydrophobes d'entrer en contact en formant une émulsion et de réagir l'un avec l'autre (ECHA, 2015a). Selon l'ECHA, la plupart des parties prenantes ont déclaré qu'il n'y a pas de différences techniques entre les fluoropolymères produits avec les solutions de remplacement et les ceux produits avec l'APFO, ou qu'elles ne savaient pas s'il y avait des différences (ECHA, 2015a). Lors de la consultation publique de l'UE, les fabricants de fluoropolymères ont déclaré que l'augmentation des coûts de production liée à la mise en œuvre des solutions de remplacement varie de 0 à 20 % (ECHA, 2015a). Cette augmentation résulte des coûts plus élevés des solutions de remplacement et des quantités plus importantes qu'il faut utiliser pour fabriquer une unité de fluoropolymères. Certains utilisateurs en aval ont indiqué que la mise en œuvre des solutions de remplacement de l'APFO n'a eu aucun effet sur les coûts.

²¹ Nom UICPA : Ammonium 2,3,3,3-tétrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)-propanoate; n° CAS : 62037-80-3.

129. Les données toxicocinétiques du sel dimère C₃ indiquent une métabolisation faible ou inexistante, mais une excrétion rapide. Il est probablement éliminé sans être métabolisé en 2 à 7 jours chez la souris, 10 à 11 heures chez le singe, et 4 à 48 heures chez le rat. Le sel dimère C₃ est classé comme provoquant des lésions oculaires et une irritation de la peau. En outre, l'administration répétée a entraîné une hépatomégalie, une hypertrophie hépatocytaire et une nécrose des cellules hépatiques à une dose de 0,5 mg/kg/jour chez la souris mâle. En ce qui concerne la cancérogénicité, une étude de deux ans sur le rat a montré l'apparition de tumeurs à des doses plus élevées (≥ 50 mg/kg/jour). S'agissant des risques environnementaux posés par le sel dimère C₃, il a été conclu à l'absence probable de toxicité aiguë (CL/CE₅₀ > 100 mg/L) ou de toxicité chronique (CSEO > 1 mg/L) pour les organismes aquatiques (les données proviennent du dossier de demande d'homologation). En ce qui concerne les informations disponibles, il est impossible de procéder à une évaluation complète des propriétés PBT de la substance, y compris l'évaluation des critères PBT conformément à la législation de l'UE sur les produits chimiques (ECHA, 2017a). Toutefois, le déclarant reconnaît dans le rapport sur la sécurité chimique que le sel dimère C₃ répond aux critères P et T pour certains organes cibles après une exposition répétée (STOT RE 2). Le sel dimère C₃ est susceptible de satisfaire aux critères PBT de la législation de l'UE sur les produits chimiques (Annexe XIII du règlement REACH dans ECHA, 2015a).

130. En ce qui concerne l'ADONA, il s'est avéré que la substance est persistante. Aucune donnée relative à la cancérogénicité n'était disponible. S'agissant des risques environnementaux posés par l'ADONA, il a été conclu à l'absence probable de toxicité aiguë (CL/CE₅₀ > 100 mg/L) ou de toxicité chronique (CSEO > 1 mg/L) pour les organismes aquatiques (les données proviennent du dossier de demande d'homologation au titre du règlement REACH). En ce qui concerne les informations disponibles, il est impossible de procéder à une évaluation complète des propriétés PBT de la substance. La substance répondra très probablement au critère P de l'Annexe XIII du règlement REACH. Sur la base des données de toxicité pour l'environnement, la substance ne répond pas au critère T. Le dossier de demande d'homologation ne contient pas de données toxicologiques relatives aux êtres humains. Les données sont donc insuffisantes pour confirmer ou infirmer les propriétés PBT de la substance (ECHA, 2015a). Sur la base d'un document de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) daté de 2011, 3M a signalé que la demi-vie d'élimination de l'ADONA dans le corps de trois travailleurs était comprise entre 12 et 34 jours, alors qu'il faut environ quatre ans à l'homme pour éliminer la moitié de l'APFO (The Intercept, 2016; EFSA, 2011b).

131. Dans une autre étude (Gordon, 2011), la toxicité de l'ADONA a été évaluée dans des études de toxicité aiguë et à doses répétées pouvant aller jusqu'à 90 jours, portant sur l'irritation cutanée et oculaire, la sensibilisation cutanée, la génotoxicité et la toxicité pour le développement. La substance est classée comme agoniste du récepteur alpha activé par les proliférateurs de peroxydases (PPAR α) chez le rat, modérément toxique par voie orale et pratiquement non toxique par voie cutanée dans les études de toxicité aiguë chez le rat. Chez le lapin, l'ADONA s'est avéré légèrement irritant pour la peau, modérément à fortement irritant pour les yeux, et faiblement sensibilisant pour la peau dans les essais de stimulation locale des ganglions lymphatiques de souris. Sur la base des éléments de preuve de cinq essais, l'ADONA n'est pas considéré comme génotoxique. Aucune toxicité pour le développement n'a été observée, sauf à des doses toxiques pour la mère. En ce qui concerne le caractère agoniste PPAR α de l'ADONA, les principaux organes cibles sont le foie chez les rats mâles et les reins chez les rats femelles. L'auteur a conclu que le profil de toxicité de l'ADONA est acceptable pour son utilisation en tant qu'adjuvants de polymérisation, et qu'il est plus favorable que celui du perfluorooctanoate d'ammonium.

132. L'EEA-NH₄ est considéré comme persistant. Les données fournies sont insuffisantes pour affirmer qu'il n'est pas bioaccumulable (B). S'agissant des risques environnementaux posés par l'EEA-NH₄, aucune toxicité aiguë (CL/CE₅₀ > 100 mg/L) pour les organismes aquatiques n'a été mise en évidence (les données proviennent du dossier de demande d'homologation). En ce qui concerne les informations disponibles, il est impossible de procéder à une évaluation complète des propriétés PBT de la substance sur la base des connaissances issues de l'évaluation des propriétés PBT de l'APFO. La substance répondra très probablement au critère P de l'Annexe XIII du règlement REACH. Sur la base des données de toxicité pour l'environnement, la substance ne répond pas au critère T. Les données de toxicité pour la santé humaine ont été fournies dans le dossier de demande d'homologation. Le déclarant souligne que la substance est classée comme toxique pour la reproduction en catégorie 2. Par conséquent, la substance répond au critère T de l'Annexe XIII et est susceptible d'être persistante, bioaccumulable et toxique (ECHA, 2015a).

133. Les demi-vies d'élimination sérique des deux PFECA, le GenX (chez le rat et la souris) et l'ADONA (chez les rats et les humains), ont été déclarées (ECHA, 2014b; EFSA, 2011b). Ces demi-vies d'élimination sont plus courtes que celle de l'APFO, mais il est impossible de tirer une conclusion sur le potentiel de bioaccumulation des PFESA et des PFECA du fait qu'aucun seuil quantitatif relatif à la demi-vie d'élimination sérique n'est défini dans les règlements en tant que critère de bioaccumulation, que la variation interspécifique n'a pas été déterminée et que les études ont souvent été menées avec des modes d'administration différents (par exemple, voie orale/intraveineuse, dose unique/doses répétées). En conséquence, il est impossible de comparer directement les demi-vies d'élimination sérique des deux substances (Wang et al., 2015).

B. Secteur des textiles et des tapis

134. Les propriétés, les performances et les risques connexes des substances chimiques hydrofuges longue durée (DWR) fluorées et non fluorées utilisées pour la finition des textiles ont été récemment examinés (Holmquist et al., 2016); les sous-sections ci-dessous présentent un aperçu de chaque substance.

Solutions de remplacement fluorées à chaîne courte

135. Les substances à base de fluorotélomères à chaîne courte qui remplacent leurs équivalents à chaîne longue ont été recensées comme solutions de remplacement pour diverses utilisations, y compris, entre autres, dans le secteur des textiles et des tapis (USEPA, 2012).

136. Les polymères à chaîne latérale fluorée dont les chaînes principales sont composées d'atomes de carbone non fluorés et les chaînes latérales d'un mélange de fluorotélomères 6:2-14:2 ou de groupes caractéristiques dérivés du FSPFO ont été utilisés dans les produits de traitement de surface destinés à assurer la résistance à l'eau et aux huiles des textiles, du cuir et des tapis (Buck et al., 2011). On peut observer une utilisation croissante d'homologues à chaîne plus courte pour remplacer les dérivés à longue chaîne des fluorotélomères ou du FSPFO sur les chaînes latérales (Ritter, 2010). Plusieurs produits de traitement de surface contenant des polymères fluorés à chaîne latérale en C4 dérivés du fluorure de perfluorobutane sulfonyle (PBFS) ont été commercialisés (Renner, 2006). En outre, des produits essentiellement à base de fluorotélomères hautement purifiés (essentiellement 6:2), y compris les copolymères dérivés de fluorotélomères 6:2 et de silicones (Dow Corning, 2007), ont été développés par les fabricants de fluorotélomères (Ritter, 2010). Des alcools polyfluoroalkylés à chaîne courte tels que les alcools fluorotélomères (FTOH) 3:1 ou 5:1 ont été commercialisés et peuvent être utilisés comme matières premières pour les polymères à chaîne latérale fluorée (Wang et al., 2013).

137. Des solutions de remplacement des composés apparentés à l'APFO utilisés pour assurer la résistance aux taches et à l'eau sont disponibles, et comprennent des applications de traitement de surface des textiles et tapis à base de polymères d'acrylate, d'adipate, de méthacrylate et d'uréthane. En ce qui concerne les PFAS à chaîne courte, des substances à base de fluorure de perfluorobutane sulfonyle et de fluorotélomères 6:2, y compris des polymères, ont été mises en œuvre. Selon plusieurs études scientifiques et la Déclaration de Madrid sur les PFAS (Déclaration de Madrid, 2015), qui met en avant un consensus scientifique international, ces composés ont suscité des inquiétudes quant à leur persistance et leur bioaccumulation, et ne devraient pas être considérés comme des solutions de remplacement acceptables compte tenu des critères énoncés dans le document d'orientation sur les solutions de remplacement du Comité d'étude des polluants organiques persistant (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6, section 3).

138. Des substances fluorotélomériques avec moins de 6 atomes de carbone sont utilisées pour fabriquer des produits à base de fluorotélomères, ce qui montre la faisabilité technique de cette solution. À performances techniques égales, les quantités à mettre en œuvre sont plus importantes, et les coûts des produits à base de fluorotélomères avec moins de 6 atomes de carbone sont plus élevés (ECHA, 2015a).

139. Pour les produits fluorotélomériques à base d'alcool fluorotélomère 8:2 (FTOH 8:2), le FTOH 6:2 est utilisé comme solution de remplacement. Cette substance ne se dégrade pas en APFO, mais en d'autres acides tels que l'acide perfluorobutanoïque (PFBA), l'acide perfluoropentanoïque (PFPeA), l'acide perfluorhexanoïque (PFHxA) et l'acide 2H,2H,3H,3H-undécafluoro octanoïque (acide fluorotélomère 5:3) (ECHA, 2015a). Selon une autre étude (Ellis et al., 2004), l'acide perfluoroheptanoïque (PFHpA) est également formé lors de la dégradation atmosphérique du FTOH 6:2, et il est indiqué que le PFHpA et le PFHxA sont les acides perfluorocarboxyliques (APFC) les plus formés lors de cette dégradation. Dans les résidus liés au sol, il se peut que l'acide fluorotélomère 5:3 ne subisse pas de biodégradation supplémentaire (Liu et al., 2010a; Liu et al., 2010b). Dans les boues activées, le FTOH 6:2 subit aussi une biotransformation primaire rapide, et plus de 97 % du FTOH 6:2 peut être converti en au moins 9 produits de transformation dans un délai

de 3 jours. Les principaux produits de biotransformation comprennent l'acide fluorotélomère 5:3, le PFHxA et le PFPeA (Zhao et al., 2013b). Des produits de biotransformation similaires ont également été mis en évidence dans une étude portant sur un système aérobie de sédiments de rivière (Zhao et al., 2013a). Des informations supplémentaires concernant la transformation/dégradation des fluorotélomères 6:2 figurent dans la section II du document de l'Office fédéral suisse de l'environnement (Office fédéral suisse de l'environnement, 2017).

140. Selon une étude du FluoroCouncil portant sur les données d'études scientifiques publiées et non publiées, les solutions de remplacement fluorées de l'APFO (FTOH 6:2, PFHxA/PFHx, méthacrylate 6:2 et acrylate 6:2) ne répondent pas à l'ensemble des critères de définition des POP de la Convention de Stockholm. L'étude conclut que le FTOH 6:2 remplit l'un des critères de définition des POP de la Convention, en l'occurrence le critère relatif à la propagation atmosphérique, mais des informations supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si les concentrations dans les zones reculées sont potentiellement préoccupantes, conformément à l'alinéa d) i) du paragraphe 1 de l'Annexe D. Les critères relatifs à la persistance, la bioaccumulation, l'écotoxicité et la toxicité pour l'homme ne sont pas remplis. Le PFHxA et son anion PFHx répondent au critère de persistance, car ils sont susceptibles d'être persistants dans l'environnement, même si les données sur la demi-vie de dégradation du PFHxA dans le sol, les sédiments et l'eau ne sont pas disponibles. Les critères relatifs à la bioaccumulation, la propagation à longue distance dans l'environnement, l'écotoxicité et la toxicité pour l'homme ne sont pas remplis. Un rapport plus récent basé sur la précédente évaluation a examiné des études récemment publiées et confirme la conclusion initiale selon laquelle aucune des PFAS à chaîne courte analysée (FTOH 6:2, PFHxA/PFHx, méthacrylate 6:2 et acrylate 6:2) ne répond aux critères de définition des POP de la Convention de Stockholm (FluoroCouncil, 2016b). Les substances et mélanges de substitution peuvent néanmoins présenter des caractéristiques de danger qui devraient être évaluées avant de considérer ces substances comme des solutions de remplacement adéquates.

141. Les risques liés aux substances à chaîne courte sont décrits en détail dans les sections C.2.2 (risques pour la santé humaine) et C.2.3 (risques environnementaux) du document d'information de l'ECHA (ECHA, 2015a). Les principales conclusions concernant le FTOH 6:2 reposant sur plusieurs études (Lindeman et al., 2012; Maras et al., 2006; Martin et al., 2009; Mukerji et al., 2015; Oda et al., 2007; Ishibashi et al., 2007; Vanparys et al., 2006; tous cités par ECHA, 2015a) sont présentées dans le document d'information relatif à la présente évaluation de la gestion des risques (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6, section 4). D'autres études disponibles sur les PFAS à chaîne courte ont été compilées par le FluoroCouncil²².

142. Le FTOH 6:2 subit une biotransformation qui génère des APFC contenant 3 à 5 atomes de carbone fluorés. La structure de ces APFC est similaire à celle de l'APFO, dont ils diffèrent seulement par le nombre d'atomes de carbone fluorés. Ces APFC à chaîne courte sont également persistants dans l'environnement et ne peuvent pas être dégradés davantage dans des conditions biotiques ou abiotiques (ECHA, 2015a). Toutefois, le potentiel de bioaccumulation des APFC avec moins de 7 atomes de carbone fluorés devrait être inférieur à celui de l'APFO (Conder et al., 2008).

143. Les métabolites du FTOH 6:2 devraient être persistants, et leur potentiel de bioaccumulation dans les animaux sauvages et les humains ainsi que leur toxicité pour les organismes aquatiques devraient être inférieurs à ceux de l'APFO (ECHA, 2015a). Toutefois, les APFC à chaîne courte sont plus mobiles que l'APFO dans un environnement aqueux et pourraient contaminer l'eau potable (Eschauzier et al., 2013; Gellrich et al., 2012). Par ailleurs, ils pourraient s'accumuler davantage dans les légumes, ce qui peut constituer une autre voie d'exposition (Krippner et al., 2015; Blaine et al., 2014). Les résultats d'une autre étude indiquent que les acides carboxyliques fluorotélomères présentent une toxicité aiguë pour les invertébrés aquatiques et les espèces végétales plus élevée que leurs homologues APFC (Mitchell et al., 2011). Il faudrait par ailleurs tenir compte du fait que les concentrations dans l'environnement peuvent évoluer avec le temps, en particulier en cas d'utilisation de quantités plus élevées de ces composés en raison de l'élimination progressive de l'APFO, de ses sels et des substances apparentées.

144. Les caractéristiques de polluants organiques présentées par un certain nombre de solutions de remplacement fluorées de l'APFO, notamment le PFHxS, le PFHpA, le PFHxA, le PFBS, le PFBA, le FTOH 4:2, le FTOH 6:2, l'acide fluorotélomère 6:2 (FTA) et le fluorotélomère 6:2 sulfonate (FTS) suscitent des inquiétudes quant à l'opportunité de leur utilisation. Le PFHxS a été identifié comme très persistant et très bioaccumulable (vPvB) et a récemment été ajouté à la liste des substances extrêmement préoccupantes (SVHC) de REACH à l'unanimité par les États membres de l'UE (ECHA, 2017b). En outre, la Norvège a récemment proposé d'ajouter le PFHxS à la liste de la Convention de

²² Voir <https://fluorocouncil.com/Resources/Research>.

Stockholm. Ces caractéristiques donnent lieu à des préoccupations concernant l'application des paragraphes 3 et 4 de l'article 3. Des informations spécifiques sur les effets nocifs de ces solutions de remplacement sont disponibles dans la section 5 du document UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6.

Solutions de remplacement non fluorées

145. D'après les représentants de l'industrie textile, les solutions de remplacement non fluorées pour le traitement des vêtements standard et d'extérieur à faible imperméabilité existent; il s'agit notamment des paraffines, des siloxanes modifiés par des alpha oléfines, des résines mélaminiques modifiées par des acides gras et des polyuréthanes modifiés par des acides gras (VTB SWT, 2016). Dans certains cas, lors de la mise en œuvre de telles solutions de remplacement, il peut s'avérer impossible de satisfaire aux exigences en matière de qualité des textiles professionnels, techniques et de protection en raison, par exemple, d'une imperméabilité insuffisante aux produits chimiques, aux huiles et aux salissures, d'une résistance insuffisante à l'abrasion et/ou au lavage, surtout dans les applications de nettoyage industriel et chimique, d'une mauvaise résistance aux salissures sèches, d'un manque de résistance aux intempéries et de stabilité aux UV, du blocage des membranes respirantes (par exemple, dans les vêtements de protection après lavage en cycle court) ou d'un nombre limité d'options en ce qui concerne les traitements ultérieurs (VTB SWT, 2016).

146. Les agents de finition hydrofuges sans fluorocarbone pour les textiles comprennent des produits commerciaux tels que BIONIC-FINISH® ECO et RUCO-NEIGE® ECO, commercialisés par Rudolf Chemie Ltd (Geretsried, Allemagne); Purtext® WR, Purtext® WA, et Purtext® AP, commercialisés par le Freudenberg Group (Weinheim, Allemagne); et ecorepel® commercialisé par Schoeller Technologies AG, (Sevelen, Suisse) (Convention de Stockholm, 2014).

147. S'agissant des propriétés hydrofuges, plusieurs substances peuvent être utilisées à la place des substances hautement fluorées, alors que les solutions de remplacement pour les agents oléofuges et antisalissures sont rares. Les principales solutions de remplacement hydrofuges sont à base de silicones. Il s'agit notamment des polydiméthylsiloxanes (PDMS) à poids moléculaire élevé, de mélanges de silicones et de chlorure de stéaramidométhylpyridinium (parfois en combinaison avec des résines uréiques et mélaminiques), de cires et paraffines (généralement composées de résines mélaminiques modifiées) et de dendrimères actuellement mis au point pour imiter la capacité de la fleur de lotus à repousser l'eau (Agence suédoise des produits chimiques, 2015).

148. Les agents hydrofuges à base de paraffines sont des émulsions liquides qui, selon les fabricants, ne doivent pas être classées comme dangereuses pour la santé. Toutefois, certains des éléments recensés semblent dangereux. Le principal ingrédient de la plupart des produits est la cire/huile de paraffine (mélanges d'alcane à chaîne longue), qui est considérée comme inoffensive à l'état pur. Certains produits contiennent aussi des isocyanates, du dipropylèneglycol, des sels métalliques ou d'autres substances inconnues, et pourraient être dangereux. La plupart des composants sont facilement biodégradables et ne se bioconcentrent pas ou ne s'accumulent pas dans les organismes et les chaînes alimentaires, et la toxicité pour les organismes aquatiques et terrestres est insignifiante, même à des concentrations supérieures à la solubilité dans l'eau (Agence danoise pour la protection de l'environnement, 2015b).

149. La plupart des silicones utilisés dans les agents d'imprégnation des textiles sont à base de PDMS. Ils sont inertes et n'ont en général pas d'effets nocifs. Plusieurs siloxanes, en particulier les siloxanes cycliques connus sous le nom de D4, D5 et D6, ainsi que certains siloxanes linéaires sont des intermédiaires pour la synthèse des polymères de silicones utilisés pour l'imprégnation des textiles. Les siloxanes sont persistants et très répandus dans l'environnement. On les trouve le plus souvent dans les zones urbaines et dans l'environnement aquatique. Des niveaux élevés ont été mis en évidence dans le foie de poissons pêchés à proximité des points de rejet d'installations de traitement des eaux usées. Les siloxanes sont généralement éliminés de la phase aqueuse par sédimentation et présentent une longue demi-vie dans les sédiments. Dans les sols, et selon les conditions, les siloxanes sont transformés en formes hydroxylées, qui pourraient toutefois être persistantes elles aussi (Agence danoise pour la protection de l'environnement, 2015b; pour de plus amples informations, voir également P05, 2012; et Davies, 2014). Au Canada, il a été conclu que les quantités de D4 rejetées dans l'environnement le sont à des magnitudes ou concentrations ou dans des conditions qui ont ou peuvent avoir des effets nocifs immédiats ou à long terme sur l'environnement et sa diversité biologique.

150. En ce qui concerne les dendrimères, il n'existe aucune donnée sur les effets des substances actives et des autres composants sur la santé, mais les producteurs de produits commerciaux ont fourni des données sur la santé dans les fiches de données de sécurité et fait des propositions pour la classification du produit. Selon les informations communiquées par les producteurs, ces produits ne doivent pas être classés comme dangereux pour l'environnement, mais il n'est pas possible d'évaluer

ces déclarations sur la base des informations disponibles (Agence danoise pour la protection de l'environnement, 2015b). Les informations sur la composition des produits ne sont pas suffisamment précises pour permettre une évaluation, mais certains produits comprennent des siloxanes, des polymères cationiques, des isocyanates ou des acides organiques irritants inconnus. En résumé, les informations concernant les effets sur la santé de ce groupe de produits chimiques sont insuffisantes pour permettre une évaluation des effets éventuels sur la santé des agents d'imprégnation (pour de plus amples informations, voir également P05, 2012; et Davies, 2014).

151. Une étude récente a souligné que les solutions de remplacement non fluorées peuvent répondre aux exigences en matière d'imperméabilisation pour les vêtements d'extérieur. Les auteurs estiment que l'utilisation de PFAS pour les vêtements d'extérieur constitue une sur-technicisation, et que la mise en œuvre de solutions de remplacement non fluorées permettrait d'obtenir des avantages considérables du point de vue environnemental et toxicologique (Observations de l'IPEN sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques, se référant à Hill et al., 2017).

Solutions de remplacement non chimiques

152. En ce qui concerne les textiles, les tissus à maille serrée constituent l'une des technologies de remplacement non chimiques. Une autre technologie est celle des membranes d'osmose inverse, composées de films très fins en matériaux polymères. Elles sont réalisées de façon à être extrêmement imperméables à l'eau liquide et perméables à la vapeur d'eau, ce qui permet d'obtenir un tissu respirant. Il est possible de remplacer les PTFE par un composite de polyester hydrophobe et de polyester hydrophile formant une microstructure qui permet au tissu de respirer (Agence suédoise des produits chimiques, 2015).

153. L'Agence suédoise des produits chimiques présente un exemple d'initiative internationale visant à trouver des solutions de remplacement non fluorées (Agence suédoise des produits chimiques, 2015). Huntsman Textile Effects, fournisseur mondial de colorants et d'autres produits chimiques pour l'industrie textile, a commencé à collaborer avec DuPont dans le but de mettre au point un nouveau produit hydrofuge. Selon les informations fournies par ces entreprises, il s'agit du premier agent de finition hydrofuge du secteur composé entièrement de matériaux renouvelables, dont 63 % sont obtenus à partir de matières premières d'origine végétale (Ecotextile News, 2015; cité par l'Agence suédoise des produits chimiques, 2015). D'après le fabricant, la finition dure jusqu'à trois fois plus longtemps qu'avec les hydrofuges non fluorés existants, et le pouvoir respirant du tissu est maintenu pour un confort maximum. La substance est compatible avec les auxiliaires de finition courants (y compris les résines et les agents de réticulation) et n'est pas fabriquée à partir d'organismes génétiquement modifiés (Chemours, 2017).

154. La société Pyua a mis au point une technologie sans fluorocarbone (CLIMALOOP™), qui promet des performances très élevées en matière d'imperméabilité à l'eau et au vent et de pouvoir respirant. Cette technologie utilise des matériaux recyclés et a été développée pour des applications de plein air à l'épreuve du temps. En outre, chaque produit Pyua est complètement recyclable et produit de manière écologiquement et socialement durable (Pyua, 2017).

C. Mousses extinctrices

Solutions de remplacement fluorées à chaîne courte

155. Au cours des dernières années, les fabricants de mousses à formation de pellicule aqueuse (AFFF) à base de fluorotélomères ont remplacé les agents tensioactifs fluorés à chaîne longue par des agents tensioactifs fluorés à chaîne courte (PNUE, 2017). Des AFFF composées uniquement de fluorotélomères 6:2 ont été mises au point pour remplacer les produits précédents, principalement à base de mélanges de fluorotélomères 6:2 ou 8:2 (Klein, 2012; Kleiner et Jho, 2009). DuPont, par exemple, commercialisait deux AFFF à base de fluorotélomère 6:2 sulfonamido alkylbétaine (FTAB 6:2) et de fluorotélomère 6:2 sulfonamido aminoxyde (Wang et al., 2013). Les fournisseurs proposant une gamme d'agents tensioactifs à base de fluorotélomères à chaîne sont notamment Chemguard, Chemours et Dynax (PNUE, 2017).

156. Les solutions de remplacement chimiques comprennent les fluorotélomères en C₆ tels que le fluorotélomère 6:2 sulfonyl bétaine, parfois associés à des hydrocarbures, et le dodécafluoro-2-méthylpentane-3-one fabriqué par 3M. Les rejets directs de substances dans l'environnement et la détection de composés en C₆ dans l'environnement, y compris en Arctique, chez les êtres humains et les espèces sauvages rendent indésirable l'utilisation des solutions de remplacement fluorées (voir UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6; IPEN, 2016).

Solutions de remplacement non fluorées

157. L'éventail de mousses sans fluor de classe B commercialisées en Suède montre la faisabilité technique de cette solution. La mousse extinctrice Moussoll-FF 3/6 utilisée sur un aéroport suédois se dégrade en dioxyde de carbone et en eau dans l'environnement. Elle est considérée comme efficace dans la lutte contre l'incendie dans les aéroports, où des normes de sécurité élevées doivent être respectées. Swedavia, qui possède dix aéroports suédois, dont Arlanda et Landvetter, et qui utilisait auparavant des mousses extinctrices fluorées, est passée aux solutions de remplacement non fluorées en juin 2011. Les forces armées suédoises ont commencé à éliminer l'utilisation des substances perfluorées dans les mousses extinctrices en Suède en 2011. Aujourd'hui, les forces armées suédoises utilisent des mousses extinctrices à base de fluorotélomères, c'est-à-dire de composés qui se décomposent en substances perfluorées (pour plus de détails, voir Agence suédoise des produits chimiques, 2015). En Norvège, les aéroports, les sites militaires et plusieurs installations en mer ont également commencé à utiliser des mousses sans fluor (Observations de l'Agence norvégienne pour la protection de l'environnement sur le troisième projet d'évaluation de la gestion des risques).

158. S'agissant des mousses extinctrices, une étude (RPA, 2004) estime que le coût des solutions de remplacement non fluorées est supérieur d'environ 5 à 10 % à celui des mousses contenant des agents tensioactifs fluorés. Sur la base d'informations communiquées par un fabricant de solutions de remplacement sans fluor, ce coût baisserait en cas d'augmentation de la taille du marché (Poulsen et al., 2005). Cette étude ne tient pas compte de l'internalisation des coûts liés au maintien de la dépendance à l'égard des mousses contenant des agents tensioactifs fluorés, y compris en ce qui concerne la décontamination des eaux souterraines, la pollution des milieux aquatiques, la pêche commerciale et de subsistance, l'environnement et la santé publique (Observations de l'IPEN sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). Les coûts encourus pendant toute la durée de vie des AFFF, des fluoroprotéines (FP) ou des fluoroprotéines à formation de pellicule (FFFP) dépassent de loin ceux des mousses sans fluor, simplement en raison des responsabilités légales et financières liées à l'utilisation d'une mousse à base de substances fluorées (Gouvernement du Queensland, 2016a, 2016b), comme il a été indiqué plus haut; ces responsabilités comprennent la violation des conditions d'exploitation des licences ainsi que l'atteinte à la réputation et à l'image de marque (Klein, 2013). Il est de plus en plus manifeste que la contamination des eaux souterraines par des substances fluorées est un problème sérieux ayant des répercussions sur l'agriculture, la pêche, les prix de l'immobilier, avec des retombées considérables en matière de préoccupations politiques et du public, qui entraînent des contestations judiciaires extrêmement onéreuses et préjudiciables. Les coûts de remise en état restent considérables, en particulier hors site, et sont aggravés par les coûts élevés des analyses et des services de conseil en cas de contamination de l'environnement avec des produits fluorés issus de la décomposition des AFFF, des FP ou des FFFP (Klein, 2013).

159. Le document d'orientation sur les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales pour l'utilisation du SPFO et des substances apparentées au titre de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (PNUE, 2017) confirme que des mousses non fluorées existent et sont utilisées. Une étude menée par le Gouvernement du Queensland (Australie) indique que de nombreuses mousses sans fluor sont reconnues comme satisfaisant aux normes anti-incendie les plus strictes et surpassent les performances des mousses fluorées à formation de pellicule aqueuse dans diverses circonstances, et que les mousses sans fluor sont largement utilisées dans les aéroports et d'autres installations, dont des plates-formes pétrolières et gazières (Gouvernement du Queensland, 2016b). Selon les forces armées suédoises, il est difficile de trouver des solutions de remplacement sans fluor qui satisfont à certaines exigences de sûreté spécifiques (Agence suédoise des produits chimiques, 2016).

160. Les fabricants et certains utilisateurs mentionnent que l'efficacité des mousses extinctrices non fluorées n'est pas comparable avec celle des mousses contenant des agents tensioactifs fluorés. Il faut environ deux fois plus d'eau et de concentré de mousses non fluorées pour éteindre les feux de liquide. Selon certains fabricants de mousses contenant des agents tensioactifs fluorés, des analyses ont confirmé que les mousses extinctrices sans fluor pourraient offrir une protection moindre contre la reprise de l'incendie, ce qui rend leur utilisation impossible pour certaines opérations (Agence suédoise des produits chimiques, 2015). Selon l'association Fire Fighting Foam Coalition, les AFFF contenant des agents tensioactifs fluorés à base de fluorotélomères sont les mousses les plus efficaces actuellement disponibles pour lutter contre les feux de liquides inflammables dans les applications militaires, industrielles, aéronautiques et municipales. Les résultats d'essais fournis par les laboratoires de recherche de la marine des États-Unis (NRL, 2016) montrent que dans les essais de feu en nappe, le temps nécessaire à l'extinction est de 18 secondes pour l'AFFF, contre 40 secondes pour la mousse sans fluor. Les essais de dégradation montrent que la mousse sans fluor est dégradée au bout de 1 à 2 minutes, contre 35 minutes pour l'AFFF. La FFFC conteste l'opinion selon laquelle les AFFF ne sont plus nécessaires et recommande leur utilisation seulement dans des circonstances particulières, en cas

de risque important de feux de liquides inflammables, ainsi que la mise en œuvre de toutes les mesures possibles pour réduire au minimum les émissions liées à leur utilisation (FFFC, 2017). Il s'est toutefois avéré impossible de différencier la mousse sans fluor et les deux AFFF testées en ce qui concerne la suppression des vapeurs (Williams et al., 2011). Des aéroports et installations en mer du monde entier ont commencé à utiliser des mousses sans fluor et sont satisfaits de leurs performances.

161. Un fabricant espagnol a présenté les résultats d'une série de nouveaux essais au feu (Wilson, 2016) portant sur cinq AFFF à chaîne courte (C₆) et cinq mousses sans fluor, toutes disponibles dans le commerce. Les essais ont été effectués avec quatre carburants différents : essence, heptane, Jet A1 et gazole. Ils montrent que les AFFF à chaîne courte obtiennent des résultats nettement meilleurs que les mousses sans fluor avec tous les carburants, sauf le gazole. Aucune des mousses sans fluor n'a réussi à éteindre le feu de Jet A1, le carburant utilisé dans les essais au feu de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), qui déterminent la conformité des mousses pour une utilisation dans les aéroports dans de nombreux pays (FFFC, 2017). Toutefois, des mousses sans fluor homologuées à différents niveaux par l'OACI (utilisation dans les aéroports civils) sont disponibles sur le marché (FFFP, 2017) et sont déjà utilisées dans les aéroports dans la pratique (voir ci-dessus).

162. L'Institut de protection contre les incendies et les catastrophes de Heyrothsberge (Allemagne) a testé les capacités de six mousses extinctrices sans fluor résistant aux alcools et d'une mousse contenant des PFAS à éteindre des feux de cinq liquides polaires différents. Les auteurs ont conclu à la disponibilité de mousses sans fluor présentant des performances similaires aux mousses contenant des PFAS (Keutel et Koch, 2016).

D. Papier et emballages alimentaires

Solutions de remplacement fluorées à chaîne courte

163. Des produits à base de fluorotélomères 6:2 ont été mis au point par les fabricants de fluorotélomères dans le but de remplacer les produits antérieurs tels que les polymères à chaîne latérale fluorée et les diesters de phosphate à base de dérivés fluorotélomères à chaîne longue (Loi et al., 2013). Par exemple, plusieurs polymères à chaîne latérale fluorée à base de fluorotélomères 6:2 ont été inscrits à l'inventaire des substances pour contact alimentaire (FCS) de la Food and Drug Administration des États-Unis (FDA), y compris, par exemple, les produits d'Asahi ou de Daikin (Wang et al., 2013). Toutefois, selon les informations fournies par l'IPEN, on manque d'informations publiques sur leur toxicité et leurs propriétés de type polluants organiques persistants.

164. En 2015, un fabricant mondial de spécialités chimiques a obtenu l'agrément pour contact alimentaire de la FDA pour un additif résistant aux huiles et aux graisses; il ne contient pas d'APFO et offre aux papiers et cartons une haute protection contre les huiles, les graisses et l'eau. Il est également conforme aux recommandations relatives au traitement de surface et à l'enduction des papiers et cartons destinés au contact alimentaire. L'additif est composé de polymères à chaîne latérale fluorée à base de fluorotélomères 6:2 cationiques et offre une protection efficace et durable contre les graisses et l'eau. Selon le fabricant, en raison de ses performances et de son profil écologique, l'additif est considéré comme particulièrement adapté à l'utilisation dans les applications de presse encolleuse et de partie humide pour produire des boîtes et des emballages pour la restauration rapide, des boîtes de bouillon en cubes, des emballages pour le beurre et des étiquettes pour les bouteilles d'huile. Il peut ainsi être utilisé dans la production d'assiettes et de verres en cellulose moulée et dans les emballages de nourriture pour animaux (AMR, 2015).

165. L'utilisation de substances fluorées à chaîne longue dans les emballages alimentaires est maintenant interdite par la FDA. Celle-ci a, en 2016, rayé de la liste la dernière des substances à chaîne longue apparentées à l'APFO qui figuraient encore dans la réglementation 21 CFR 176.170 (voir 81 Fed. Reg. 5–8). Toutes les approbations délivrées par la FDA en 2015 pour des revêtements destinés à améliorer les propriétés de résistance des papiers et des cartons devaient, en principe, être pour des solutions de remplacement à chaîne courte et avoir été accordées par le biais du processus FCN (Food Contact Notification) de notification d'utilisation d'une substance apte au contact alimentaire.

Solutions de remplacement non fluorées

166. Au moins un fabricant norvégien a mis au point une solution de remplacement sans fluor en utilisant un papier haute densité, qui empêche le passage de la graisse (Agence suédoise des produits chimiques, 2015). Le producteur de papier norvégien Nordic Paper utilise des procédés mécaniques pour produire, sans recourir à des produits chimiques persistants, du papier très dense qui empêche les graisses de le traverser²³.

167. Des informations supplémentaires sont disponibles dans Norden 2013, SFT 2007 et Nordic Ecolabelling 2014. Selon Nordic Ecolabelling (2014), l'imprégnation ou le traitement de surface des papiers peut se faire avec de l'amidon, des alginates, du carboxyméthylcellulose (CMC), des composés chlorés ou fluorés, ou de la silicone. Des composés organostannés sont utilisés comme catalyseurs lors de la fabrication par enduction des papiers de cuisson siliconés. Ces composés, dont le butylétain est un exemple, peuvent migrer dans les aliments avec lesquels ces papiers se trouvent en contact. L'absence totale de composés chromés ou fluorés, de peintures/revêtements contenant des solvants, de D4 et D5, et de traitements de surface à la silicone utilisant des catalyseurs organostannés fait partie des critères d'attribution de l'écolabel. Ces substances sont encore autorisées dans d'autres pays et peuvent donc être importées en Europe.

168. Le BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) allemand tient à jour une base de données des recommandations formulées concernant les matériaux, y compris les substances fluorées et non fluorées, pouvant se trouver en contact avec les aliments²⁴.

2.3.3 *Domaines d'utilisation dans lesquels aucune solution de remplacement n'a encore été trouvée*

A. *Textiles techniques haute performance*

169. Les associations sectorielles ont indiqué que, en particulier dans le domaine des textiles professionnels, techniques et de protection et d'autres textiles de pointe (par exemple pour les séparateurs de piles à combustible dans le domaine de l'e-mobilité), aucune solution de remplacement répondant aux exigences de la réglementation et des clients n'est actuellement disponible. Toutefois, il est admis que les produits textiles devant satisfaire des exigences de performance de faible niveau (par exemple, vêtements et vêtements d'extérieur standard) qui étaient auparavant traités avec des composés apparentés à l'APFO peuvent être traités avec des produits en C₆, voire des solutions de remplacement non fluorées (VTB SWT, 2016; Euratex, 2016).

170. Les parties prenantes déclarent que les textiles de protection traités avec des produits en C₆ nécessitent de grandes quantités de ces produits pour la finition initiale et les réimprégnations successives réalisées par des professionnels après chaque lavage afin de répondre à des normes de sécurité élevées; il en résultera des émissions supplémentaires de PFAS, les quantités de produits chimiques utilisées étant plus importantes qu'avec les produits en C₈ (VTB SWT, 2016). Dans ce contexte, il a été indiqué qu'au cours de leur cycle de vie, les textiles techniques traités avec des agents de finition à base de fluorotélomères 6:2 sont souvent responsables de 4 à 8 fois plus d'émissions totales de PFAS que ceux traités avec des composés en C₈ (Euratex, 2016).

171. L'industrie textile a signalé que les composés en C₈ peuvent satisfaire aux exigences en matière d'imperméabilité aux liquides dangereux et aux poussières tout en ayant un effet négatif mineur sur les propriétés ignifuges. Cette combinaison des deux effets, qui est à privilégier, est impossible à obtenir avec des produits en C₆. En outre, il a été indiqué que les textiles techniques de protection protègent les travailleurs contre la contamination par des substances ou liquides dangereux (par exemple des liquides infectieux). Une réimprégnation régulière étant nécessaire en raison de la diminution de la protection au cours du temps, toute négligence en la matière risque de provoquer de sérieux problèmes de santé (VTB SWT, 2016; TM, 2016).

B. *Industrie de l'imagerie et de l'imprimerie*

172. Selon I&P Europe, les composés apparentés à l'APFO ont été remplacés avec succès par des substances chimiques non perfluorées, des substances chimiques à chaînes perfluorées courtes (C₃-C₄), des télomères et des reformulations. Il reste cependant un petit nombre d'utilisations d'APFO. Les composés apparentés à l'APFO sont considérés comme nécessaires pour l'application de couches de revêtement lors de la fabrication de certains produits photographiques classiques (c'est-à-dire les produits pour lesquels la formation de l'image repose sur la technologie argentique). Ils sont utilisés comme agents tensioactifs et antistatiques (importants pour la prévention des blessures, des dommages

²³ Informations communiquées par l'Autorité norvégienne de lutte contre la pollution (ex-StatensForurensningstilsyn), 2009.

²⁴ https://bfr.ble.de/kse/faces/DBEmpfehlung_en.jsp.

aux équipements et aux produits et des risques d'incendie et d'explosion (I&P Europe, 2016b)), agents de protection contre les salissures lors de l'application des revêtements et de contrôle des frottements et de l'adhérence des couches d'émulsion. Ils sont considérés comme uniques, dans la mesure où ils combinent toutes ces propriétés en une seule molécule sans nuire aux performances photographiques (I&P Europe, 2016a).

173. Il est impossible d'estimer les coûts de remplacement des utilisations restantes de substances apparentées à l'APFO dans le secteur de l'imagerie et de l'imprimerie. Les formules des revêtements d'imagerie sont exclusives et varient d'une entreprise et d'un produit à l'autre. Ainsi, les coûts de modification des formulations seront différents pour chaque entreprise, cette modification pouvant nécessiter plusieurs années d'efforts de recherche et développement. Lors de la mise au point des solutions de remplacement, leur évaluation porte non seulement sur les performances, mais également sur les questions environnementales, de santé et de sécurité. Les coûts économiques liés à la substitution des substances apparentées à l'APFO pour les quelques utilisations critiques restantes dans le secteur de l'imagerie et de la photographie sont considérés comme prohibitifs par l'industrie. Les utilisations critiques restantes concernent des produits de niche sur des marchés que les membres d'I&P Europe s'attendent à voir encore décliner (I&P Europe, 2016a).

C. *Industrie des semiconducteurs*

174. Il semble que des solutions de remplacement ne contenant pas d'APFO soient disponibles dans l'industrie des semiconducteurs pour certaines applications, par exemple les utilisations comme agents tensioactifs. Toutefois, certaines utilisations de substances apparentées à l'APFO demeurent, notamment en tant que matériaux constitutifs de formulations chimiques pour des étapes d'applications très spécialisées (par exemple pour les procédés photolithographiques). Selon une étude réalisée en 2010, des dérogations seront nécessaires pour que les entreprises utilisant l'APFO dans leurs procédés photolithographiques puissent poursuivre la production (van der Putte et al., 2010). D'après les représentants de l'industrie des semiconducteurs, des solutions de remplacement pourraient ne pas être disponibles pour certaines utilisations, et le secteur a besoin de beaucoup de temps pour identifier, tester et valider les substituts avant qu'ils ne soient commercialisés. Aucun calendrier spécifique de transition n'est indiqué (SIA, 2017). Une dérogation limitée dans le temps pourrait permettre de poursuivre la transition vers des solutions de rechange appropriées dans les procédés de fabrication de semiconducteurs. La SEMI ajoute que cette dérogation devrait prendre la forme d'un but acceptable (SEMI, 2017).

D. *Utilisation de sulfuramide*

175. À l'heure actuelle, les ingrédients actifs homologués au Brésil pour la fabrication d'appâts utilisés dans la lutte contre les fourmis coupeuses de feuilles sont le sulfuramide, le fipronil et le chlorpyrifos. Ce dernier n'est toutefois plus utilisé dans de tels appâts (UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1). Des doutes ayant été émis sur l'efficacité des substances précitées, des solutions de remplacement sont maintenant à l'étude. Selon les informations communiquées par le Brésil au titre de l'Annexe F, aucun autre produit homologué commercialisé aux mêmes fins ne peut pour l'heure remplacer efficacement le sulfuramide dans ce pays (UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1, UNEP/POPS/COP.7/INF/21).

176. Toujours selon les informations communiquées par le Brésil, le fénoxycarbe, le pyriproxifène, le diflubenzuron, le téflubenzuron, le silaneafone, le thidiazuron, le tefluron, le prodone, le méthoprène, l'hydraméthylnon, l'acide borique, certains insecticides du groupe des néonicotinoïdes, des pyréthroïdes, des spinosynes, etc., ont tous été testés contre les fourmis coupe-feuilles mais ne se sont pas révélés efficaces (UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1).

177. En application de la décision SC-6/7, le Brésil a réalisé une étude visant à obtenir des informations ayant fait l'objet d'examens critiques sur la faisabilité d'utiliser des solutions de remplacement de l'acide perfluorooctane sulfonique, de ses sels et du fluorure de perfluorooctane sulfonyle et des substances chimiques apparentées dans le cadre d'une gestion intégrée des ravageurs, dont les résultats devaient être communiqués au Secrétariat. Les conclusions de cette étude ont été que, compte tenu des questions de faisabilité technique, d'effets sur la population humaine et l'environnement, de rapport coût-efficacité, de disponibilité et de viabilité, aucune solution capable de remplacer le sulfuramide n'existe du point de vue de la lutte contre les fourmis coupeuses de feuilles (informations communiquées par le Brésil, 2016)²⁵.

²⁵ <http://chm.pops.int/tabid/4814/Default.aspx>.

178. Des renseignements sur les volumes figurent dans le document UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1. Il a été noté que selon certaines informations, le sulfuramide peut se dégrader en APFO et figure sur la liste des précurseurs de ce dernier (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1)

2.3.4 *Synthèse des solutions de remplacement*

179. Les paragraphes suivants récapitulent les informations relatives aux solutions de remplacement figurant dans les sections 2.3.1 à 2.3.3.

Synthèse des risques liés aux solutions de remplacement fluorées à chaîne courte

180. Les risques pour la santé et l'environnement posés par les PFAS à chaîne courte suscitent des préoccupations croissantes chez les autorités européennes. Ces préoccupations sont dues à la persistance, la mobilité élevée dans l'eau et le sol et la toxicité potentielle de ces substances. Bien que certaines PFAS à chaîne courte ne répondent pas officiellement aux critères PBT au titre du règlement européen REACH, elles sont extrêmement persistantes et très mobiles dans les systèmes aquatiques et dans le sol, et leur utilisation accrue peut conduire à une exposition continue qui pourrait être aussi préoccupante que la bioaccumulation (Observations de la Norvège sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). D'ores et déjà, les PFAS à chaîne courte sont présentes partout dans l'environnement, même dans les zones reculées (voir par exemple Zhao et al., 2012).

181. Leur solubilité dans l'eau, supérieure à celle des PFAS à chaîne longue dont les chaînes alkylées sont plus hydrophobes, contribue également au fait que certaines PFAS à chaîne courte, en particulier les APFC et les PFSA à chaîne courte, pénètrent plus rapidement dans les réservoirs d'eau potable; certaines ont tendance à s'accumuler dans les tissus des végétaux comestibles riches en eau, comme les légumes-feuilles et les fruits. La présence dans les eaux souterraines et l'eau potable pourrait entraîner une exposition continue des organismes à certaines PFAS à chaîne courte; si le niveau d'exposition est encore relativement bas, la forte persistance et l'utilisation croissante de ces substances laissent prévoir une augmentation dans le temps des concentrations dans l'environnement. Cela est d'autant plus valable qu'il est impossible d'éliminer efficacement les PFAS à chaîne courte contenues dans l'eau, même avec les coûteuses technologies modernes (par exemple à l'aide de charbon actif en grain ou par nanofiltration), en raison de leur faible potentiel d'adsorption (Office fédéral allemand de l'environnement, 2016b).

182. Il convient de noter que l'Allemagne propose de classer les substances présentant une telle mobilité et une telle persistance comme substances extrêmement préoccupantes au titre du règlement REACH, de la même manière que les substances très persistantes et très bioaccumulables (Office fédéral allemand de l'environnement, 2017). Comme indiqué à la section 2.3.2, ces matières sont considérées comme des solutions de remplacement de l'APFO pour plusieurs applications (par exemple, secteur textile, mousses extinctrices, papier et emballages alimentaires). Ces solutions de remplacement à chaîne courte sont souvent moins efficaces et nécessitent l'utilisation de quantités plus importantes. Ces données suggèrent que le remplacement de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés par des substances fluorées à chaîne courte peut être considéré comme regrettable.

183. Dans ce contexte, il convient de noter que la pollution liée aux PFAS à chaîne courte constitue un lourd fardeau pour la société et la communauté. En Allemagne, plus de 450 hectares de terres agricoles ont été pollués par des PFAS, probablement par mélange de boues de pâtes à papier avec le compost. Des concentrations élevées de PFAS ont été mises en évidence dans le sol et les eaux souterraines. Les PFAS à chaîne courte sont les principaux polluants dans cette zone. En conséquence, deux puits d'eau potable ont été fermés. Les PFAS à chaîne courte peuvent être absorbés par les parties comestibles des plantes cultivées, qui peuvent présenter des niveaux élevés de ces substances; il est donc nécessaire de doser les PFAS dans les végétaux avant récolte dans cette zone. Seules les plantes qui ne sont pas sensibles aux PFAS peuvent être cultivées, et les récoltes montrant des niveaux élevés de PFAS à chaîne courte ne peuvent pas être consommées par les êtres humains ou utilisés comme aliments pour animaux. Aucune solution pour décontaminer le sol ou empêcher les PFAS à chaîne courte d'atteindre les eaux souterraines n'a été trouvée pour le moment. En raison de la surface importante de la zone polluée, l'excavation ne semble pas appropriée. Les conséquences globales pour les habitants, le public et les agriculteurs sont immenses. Les coûts de remise en état, de purification de l'eau et d'approvisionnement en eau potable sont élevés²⁶. La société de distribution d'eau locale a investi trois millions d'euros au cours des deux dernières années pour la fourniture d'eau potable dans la région. Ces investissements atteindront 8 millions d'euros en 2018, en raison de la construction

²⁶ Aucun document scientifique n'est disponible à ce jour, mais certaines informations sont fournies par les autorités locales (en allemand, voir <http://www.landkreis-rastatt.de/Lde/pfc.html> et <http://www.baden-baden.de/stadtporrait/aktuelles/themen/pfc-problematik/>).

d'une nouvelle station d'épuration, fonctionnant au charbon actif, et de l'augmentation des coûts de fonctionnement. En raison des propriétés des PFAS à chaîne courte, le charbon actif doit être changé fréquemment, pour éviter que les produits chimiques ne soient rejetés. En conséquence, l'augmentation du prix de l'eau potable a atteint 13,4 % dans la région en 2017. Une augmentation supplémentaire des coûts est possible²⁷ (Observations de l'Allemagne sur le troisième projet d'évaluation de la gestion des risques).

Synthèse de la disponibilité de solutions de remplacement appropriées pour des secteurs et utilisations spécifiques

184. Sur la base de l'analyse des solutions de remplacement, le tableau ci-après récapitule les secteurs et les utilisations spécifiques pour lesquels des solutions de remplacement appropriées de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés sont ou non disponibles.

Tableau 4 : disponibilité de solutions de remplacement appropriées pour des secteurs et utilisations spécifiques

Secteur	Utilisation	Disponibilité de solutions de remplacement	Types de solutions de remplacement
Industrie textile	Niveaux de performance standards (par exemple, vêtements standards)	Oui	Produits non fluorés (par exemple, paraffines) Solutions de remplacement non chimiques Substances fluorées à chaîne courte (par exemple, composés en C ₆)
	Niveaux de performance élevés (par exemple, textiles de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles)	Non	
Fabrication de polymères	Adjuvants de polymérisation	Oui	Substances à liaison(s) éther entre groupes perfluoroalkyles (par exemple, ADONA)
Mousses extinctrices	Lutte contre les feux de liquides inflammables	Oui	Mousses extinctrices à base de protéines ou de détergents Substances fluorées à chaîne courte (par exemple, composés en C ₆)
Papier et emballages alimentaires	Emballages alimentaires	Oui	Produits sans fluor (par exemple, papier haute densité) Substances fluorées à chaîne courte (par exemple, composés en C ₆)
Industrie de l'imagerie et de l'imprimerie	Fabrication d'un petit nombre de produits photographiques classiques	Non	
Industrie des semi-conducteurs	Matériaux constitutifs de formulations chimiques pour des étapes d'applications très spécialisées (par exemple pour les procédés photolithographiques)	Non	

²⁷ <http://www.star-energiwerke.de/de/Kopfnavigation/News/Pressearchiv-2017/PFC-Folge-In-Rastatt-steigt-der-Preis-fuer-Trinkwasser.html>.

2.4 Synthèse des informations sur les incidences sur la société de l'application d'éventuelles mesures de réglementation

2.4.1 Santé, y compris santé publique, environnementale et professionnelle

185. L'APFO et un certain nombre de composés qui lui sont apparentés se rencontrent très fréquemment dans les différents compartiments environnementaux et dans les biotes et les populations humaines. L'APFO, ses sels et les composés apparentés qui se dégradent en APFO sont susceptibles, du fait de leur propagation à longue distance dans l'environnement, d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine et/ou l'environnement justifiant l'adoption de mesures au niveau mondial (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2). Par conséquent, la restriction ou l'interdiction de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés aurait un effet positif sur la santé humaine et l'environnement en réduisant les émissions et par conséquent l'exposition (Norvège, 2016; ECHA, 2015a, 2015c).

186. Lors de l'évaluation des impacts sur la santé humaine et l'environnement de la restriction de l'APFO, de ses sels et des substances apparentées, il est essentiel de prendre en compte les préoccupations spécifiques concernant les propriétés PBT de ces substances. Ces préoccupations portent particulièrement sur le potentiel de persistance de l'APFO dans l'environnement, ce qui signifie qu'il n'est pas éliminé dans l'environnement (ou l'est seulement dans une faible mesure). Même si les émissions d'APFO et de substances apparentées cessent, cela ne donnera pas lieu à une réduction immédiate des concentrations dans l'environnement. En plus d'être persistant, l'APFO est mobile dans l'environnement et peut se propager sur de longues distances, par exemple par voie éolienne. En conséquence, il est présent dans l'environnement partout dans le monde, y compris dans les zones reculées où les émissions d'APFO sont négligeables. L'utilisation et les émissions continues peuvent causer une augmentation des concentrations d'APFO dans l'environnement et une exposition environnementale et humaine prolongée et à grande échelle. En combinaison avec le potentiel de bioaccumulation et les propriétés toxicologiques de l'APFO, l'utilisation et les émissions continues d'APFO et des substances apparentées pourraient avoir des effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement découlant de l'exposition prolongée. Une fois apparus, ces effets seront très difficiles à inverser. L'ampleur et l'étendue des risques présentés par l'APFO et les substances apparentées en tant que POP demeurent incertaines. Par conséquent, la gestion des risques associés à ces substances repose sur des données scientifiques et des mesures préventives pour éviter les effets potentiellement graves et irréversibles résultant des émissions continues. Cela est évident, même si les impacts globaux sur la santé humaine et l'environnement de la réduction des émissions d'APFO et des substances apparentées ne peuvent être quantifiés (ECHA, 2015a).

187. La restriction de l'UE concernant l'APFO et les substances apparentées obligera l'industrie à éliminer les composés respectifs dans presque tous les secteurs et applications, ce qui supprimera toutes les sources importantes d'émissions (hormis les rejets provenant du stock existant et des utilisations bénéficiant d'une dérogation) (ECHA, 2015a). Dans le document d'information relatif à la proposition de restriction de l'UE, il est précisé que la quantité de données disponibles sur les propriétés toxicologiques est nettement moindre pour les solutions de remplacement les plus appropriées que pour l'APFO. Toutefois, l'analyse des solutions de remplacement montre qu'elles devraient poser moins de risques pour la santé que l'APFO et les substances apparentées. La restriction devrait donc se traduire par un avantage net pour la société en ce qui concerne les conséquences sur la santé humaine (ECHA, 2015a).

188. Le Canada interdit l'APFO et les APFC à chaîne longue avec certaines dérogations pour permettre la poursuite sur une durée limitée de leur utilisation lorsqu'il n'existe pas de solutions de remplacement techniquement ou économiquement réalisables, ou afin d'accorder le temps nécessaire à la transition vers des solutions de remplacement (Canada, 2016c). Bien qu'aucune analyse quantitative des avantages n'ait été réalisée, les modifications du Règlement modifiant le Règlement sur certaines substances toxiques interdites protégeront l'environnement en interdisant la fabrication, l'utilisation, la vente, la mise en vente ou l'importation de l'APFO et des APFC à longue chaîne. La réglementation de ces substances devrait améliorer la qualité de l'environnement (Canada, 2016c).

189. L'Australie s'attend à ce que les mesures de réglementation aient des effets positifs en ce qui concerne la prévention de la contamination des eaux de surface, des eaux souterraines et de l'eau potable, et la réduction ultérieure des risques d'exposition de la population humaine (Australie, 2016).

190. S'agissant des textiles professionnels, techniques et de protection qui doivent satisfaire à des normes de performance en matière de résistance durable à la pénétration, les représentants de l'industrie textile estiment que, compte tenu des grands progrès déjà réalisés en matière de réduction des émissions, une restriction supplémentaire porterait sérieusement atteinte à la santé publique, environnementale et professionnelle (VTB SWT, 2016; TM, 2016).

191. D'après les représentants de l'industrie européenne de la photographie, les mesures de réglementation appliquées par le secteur de l'imagerie photographique, y compris la reformulation et l'abandon de produits, ont entraîné une réduction de plus de 95 % de l'utilisation des composés apparentés à l'APFO partout dans le monde. Les émissions provenant du petit nombre d'utilisations restantes ont été évaluées par un certain nombre d'autorités compétentes de l'UE, y compris l'ECHA, et sont considérées comme ne posant pas de risque pour l'environnement ou la santé humaine (I&P Europe, 2016a). Il semble que les émissions d'APFO provenant des applications photographiques et de l'industrie des semi-conducteurs soient inférieures à 100 kg/an pour l'ensemble de l'UE (et présentent donc des risques réduits en termes relatifs) (ECHA, 2015c).

192. Selon la SIA, les produits vendus en 2015 en Amérique du Nord pour la photolithographie des semi-conducteurs contenaient au total 720 kg d'APFO et de substances apparentées. Les informations communiquées par la SEMI indiquent que les fluoropolymères incorporés dans les équipements de fabrication de semi-conducteurs produits dans le monde au cours de la période 2011-2015 restent une source marginale d'APFO, avec une quantité estimée inférieure à 120 kg/an. Les matériaux fluoropolymères utilisés dans les systèmes connexes de distribution et de contrôle des produits chimiques, des gaz et de l'air (infrastructures connexes) représentent également une source marginale d'APFO, avec une quantité estimée inférieure à 25 kg/an (Observations de la SEMI sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

2.4.2 Agriculture, aquaculture et sylviculture

193. L'APFO est présent dans les boues d'épuration épandues sur les terres agricoles dans certains pays, en fonction de la législation nationale. Des effets néfastes provoqués par l'APFO (par exemple, croissance et nécrose de la racine) et dépendant de l'espèce ont été mis en évidence pour plusieurs cultures agricoles (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2, se référant à Li, 2009, et Stahl et al., 2009). Les plantes cultivées dans des sols amendés avec des déchets solides de stations d'épuration des eaux usées absorbent les solutions de remplacement de l'APFO telles que le PFBA et le PFPeA (Blaine et al., 2013). Le PFBA, le PFHxA, le PFHpA, l'APFO et l'acide perfluoronanoïque (PFNA) sont transférés dans les plantes (Bizkarguenaga et al., 2016; Krippner et al., 2014). On trouve aussi de l'APFO et du PFBA dans des aiguilles de pin le long des pistes de ski (Chropenova et al., 2016). En Australie, l'utilisation passée des AFFF contenant de l'APFO a eu des incidences sur certaines activités agricoles (voir section 2.2.3). L'utilisation des boues provenant des installations de traitement des eaux usées contamine les champs avec des PFAS, parmi lesquelles l'APFO et des substances apparentées (Observations de l'Allemagne sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques). En Allemagne, l'épandage (illégal) de déchets/boues sur des terres agricoles a provoqué la contamination des sols, des eaux souterraines, de l'eau potable et des cultures agricoles ainsi que l'exposition des personnes, avec des conséquences graves, y compris la perte de revenus pour les agriculteurs (voir section 2.2.2). Par conséquent, la restriction de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés présenterait des avantages pour l'agriculture.

2.4.3 Biotes (biodiversité)

194. L'APFO et un certain nombre de composés qui lui sont apparentés se rencontrent très fréquemment dans les différents compartiments environnementaux et dans les biotes et les populations humaines. L'APFO, ses sels et les composés apparentés qui se dégradent en APFO sont susceptibles, du fait de leur propagation à longue distance dans l'environnement, d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine et/ou l'environnement (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2). La restriction de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés aurait un effet positif sur les biotes en réduisant les émissions et par conséquent l'exposition. Il en découlerait un avantage pour les communautés autochtones, très dépendantes des espèces indigènes pour leur alimentation (Observations de l'IPEN sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

2.4.4 Aspects économiques

195. Des solutions de remplacement de l'APFO qui sont économiquement compétitives et qui ne présentent pas les caractéristiques des POP, comme les solutions de remplacement non fluorées utilisées dans les mousses extinctrices ou le papier et les emballages alimentaires, ont déjà été mises en œuvre dans de nombreux pays, ce qui démontre leur faisabilité technique et économique. Les aspects économiques de la mise en œuvre des solutions de remplacement de l'APFO comprennent les économies réalisées en matière de coûts sanitaires et environnementaux résultant d'une moindre exposition à l'APFO (IPEN, 2016).

196. Dans l'UE, l'utilisation de l'APFO et des substances apparentées a contribué à la contamination des sols et de l'eau (potable), avec des coûts élevés de remise en état. La contamination a été principalement causée par l'utilisation des PFAS (y compris l'APFO et les substances apparentées à l'APFO) dans les mousses extinctrices utilisées lors d'incendies et à des fins de formation. Les coûts de remise en état sont principalement liés au traitement des eaux souterraines et de l'eau potable, ainsi qu'à l'excavation et l'élimination des sols contaminés. La gravité et l'ampleur des dommages causés ainsi que les coûts correspondants varient d'un cas à l'autre. Dans certains cas, le coût total de remise en état n'est pas encore connu ou indiqué. Lorsque les coûts sont mentionnés, ils sont souvent très spécifiques à chaque situation et concernent aussi d'autres PFAS; il est donc très difficile d'en tirer une estimation générale et fiable du coût de décontamination par kg d'APFO et de substances apparentées. Toutefois, les données disponibles indiquent que les coûts de remise en état sont considérables lors de la contamination par des PFAS, y compris l'APFO et les substances apparentées (ECHA, 2015a; pour les coûts spécifiques, voir le tableau A.F.1-1 dans ECHA, 2015a).

197. La contamination de l'environnement par l'APFO et les composés apparentés est également liée aux activités industrielles, comme le montrent les exemples des États-Unis et des Pays-Bas (Observations de la Norvège sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques). La Norvège mentionne la réhabilitation en cours des sols contaminés par les PFAS en raison de l'utilisation d'AFFF dans les aéroports et les sites de formation à la lutte contre l'incendie (Norvège, 2016). En Australie, la stigmatisation associée à la contamination de l'environnement due à l'utilisation passée des AFFF contenant de l'APFO a entraîné une baisse de la valeur des propriétés et des entreprises, et la perte de revenus pour certains propriétaires d'entreprises et propriétaires fonciers (voir section 2.2.2). Au Danemark, on trouve des PFAS dans les eaux souterraines à plusieurs endroits. Les PFAS sont présentes à proximité de certaines industries ou activités, essentiellement des sites de formation à la lutte contre l'incendie. Sur certains de ces sites de formation, la concentration en APFO était environ 10 fois supérieure à la valeur limite pour l'eau potable définie par l'Allemagne. Ce constat est à l'origine de l'étude qui a conduit à la définition d'une valeur limite totale dans l'eau potable pour 12 composés perfluorés. Il convient également de noter que d'autres PFAS ont également été mis en évidence sur ces sites (Agence danoise pour la protection de l'environnement, 2014). Des niveaux élevés de PFAS (y compris le SPFO et l'APFO) ont été détectés dans les eaux souterraines en Suède, en particulier à proximité de sites de formation à la lutte contre l'incendie et de zones dans lesquelles des incendies ont été éteints. Dans certains cas, les concentrations de PFAS ont dépassé le seuil de contamination défini par l'Agence nationale suédoise de l'alimentation. En conséquence, les sociétés de distribution d'eau et les utilisateurs de puits ont dû introduire de nouvelles étapes de traitement ou utiliser une source d'eau non contaminée (Agence suédoise des produits chimiques, 2016a). L'identification et la gestion des sites et des eaux souterraines contaminés peuvent générer des coûts importants qui diminueront à l'avenir si l'APFO et les composés apparentés font l'objet d'une restriction. Enfin, il convient également de noter que tous ces exemples viennent de pays développés qui disposent de fortes capacités en matière de prévention et de remise en état. Dans les pays en développement ou les pays en transition, de telles interventions nécessiteraient des financements et des services spécialisés extérieurs, ou n'auraient simplement pas lieu, ce qui conduirait à des dommages inacceptables pour la santé et l'environnement (Observations de l'IPEN sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

198. Une analyse comparative visant à évaluer la proportionnalité des mesures de réglementation de l'APFO (et d'autres substances) a examiné les estimations du rapport coût-efficacité des mesures réglementaires appliquées ou envisagées pour l'APFO. Bien que la recherche et l'évaluation présentées dans l'étude aient explicitement une portée mondiale et que tous les rapports et études et publications disponibles en ligne aient été inclus, il peut y avoir un léger biais de suréchantillonnage européen en raison du lieu de résidence des auteurs et de la couverture linguistique. Les données disponibles suggèrent que les mesures de réduction de l'utilisation ou des émissions dont le coût est inférieur à 1 000 €/kg de substance ne sont généralement rejetées pour des raisons de coûts disproportionnés, tandis que pour les mesures dont le coût est supérieur à 50 000 €/kg, un tel rejet est probable. Le coût unitaire moyen estimé pour la substitution, le contrôle des émissions et la remise en état est de 1 580 €/kg pour l'APFO, la fourchette allant de 28 à 3 281 €/kg (Oosterhuis et al., 2017).

199. Les approches réglementaires de gestion des risques concernant l'APFO au Canada, en Norvège et dans l'UE ne devraient pas avoir de répercussions économiques au sens large, parce que le marché remplace déjà l'APFO et les substances apparentées. Cela est reflété par le caractère modéré des coûts de mise en conformité estimés (ECHA, 2015a; Canada, 2016c).

200. Aucune évaluation technique et économique n'a été effectuée pour déterminer si les pays d'Amérique latine et Caraïbes et d'Afrique, par exemple, ont la capacité de se conformer aux obligations découlant de l'inscription de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés dans les Annexes à la Convention, et disposent des ressources financières nécessaires pour établir des inventaires, assurer le suivi et éliminer ces substances ou les déchets en contenant.

201. L'APFO, ses sels et les composés apparentés sont utilisés dans certains procédés de production de semi-conducteurs. Bien que la mise en œuvre de solutions de remplacement soit en cours, les fonctions des solutions de remplacement sont encore inadéquates et il n'est pas certain que le remplacement soit achevé d'ici à 2019. L'échec du remplacement entraînerait une baisse de l'approvisionnement en semi-conducteurs, ce qui pourrait avoir des répercussions négatives importantes pour le développement des technologies de l'information dans le monde (Japon, 2016). Selon les représentants de l'industrie des semi-conducteurs, en l'absence de dérogation, le rapport coût-efficacité de la restriction serait disproportionné pour l'industrie des équipements de fabrication de semi-conducteurs (Observations de la SEMI sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

202. La Norvège indique que la poursuite de l'utilisation de l'APFO et des composés apparentés dans les textiles entraîne de nombreux coûts socioéconomiques en raison des propriétés PBT des substances. D'après l'expérience de la Norvège, la quantité de textiles destinés aux particuliers contenant de l'APFO a diminué, et dans les autres textiles, la concentration de l'APFO a baissé (Observations de la Norvège sur le premier projet d'évaluation de la gestion des risques).

203. Le secteur de l'imagerie photographique a réussi à mettre au point des solutions de remplacement pour la plupart des utilisations des composés apparentés à l'APFO, ce qui a entraîné une réduction de leur utilisation de plus de 95 % à l'échelle mondiale depuis 2000. Toutefois, l'industrie fait valoir que les propriétés tensioactives et antistatiques des composés apparentés à l'APFO sont importantes pour l'application de couches de revêtement lors de la fabrication de certains produits photographiques classiques (c'est-à-dire les produits pour lesquels la formation de l'image repose sur la technologie argentique). L'industrie n'est pas en mesure d'estimer le coût de remplacement pour cette utilisation des composés apparentés à l'APFO, mais précise qu'il s'agit de produits de niche sur des marchés en déclin (I&P Europe, 2016a). Il est clair que l'imagerie numérique va remplacer les technologies faisant appel à l'APFO, et que la transition s'opère rapidement.

204. Les entreprises membres du FluoroCouncil ont beaucoup investi dans le développement de solutions de remplacement pour les adjuvants de polymérisation et des produits à chaîne courte, ainsi que dans les technologies de contrôle des émissions. Il est aussi nécessaire de prendre en compte le coût économique et pour la santé humaine de l'arrêt total de la production de certaines substances apparentées à l'APFO utilisées dans les produits pharmaceutiques et d'autres applications très spécialisées. Il convient de noter qu'il est possible de bien contrôler les rejets dans l'environnement pour ces applications (FluoroCouncil, 2016a).

2.4.5 *Évolution vers le développement durable*

205. L'élimination de l'APFO est conforme aux plans de développement durable visant à réduire les émissions de produits chimiques toxiques et à plusieurs des objectifs de développement durable adoptés au niveau mondial en 2015. L'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques (SAICM) établit un lien essentiel entre sécurité chimique et développement durable. La Stratégie politique globale de la SAICM vise à garantir que, d'ici 2020, les produits chimiques ou les usages chimiques qui constituent un risque déraisonnable ou non gérable pour la santé humaine et l'environnement, sur la base d'une évaluation scientifique des risques et en tenant compte des coûts et des bénéfices des substituts plus sûrs, ainsi que de leur disponibilité et de leur efficacité, ne soient plus produits ni utilisés pour de tels usages²⁸. Le Plan d'action mondial de la SAICM contient des orientations sur les mesures à prendre pour favoriser la réduction des risques, notamment en privilégiant les solutions sûres et efficaces de remplacement des substances persistantes, bioaccumulables et toxiques. Afin de permettre une collaboration à l'échelle mondiale pour la collecte et l'échange d'informations sur les produits chimiques perfluorés et d'appuyer la transition vers des produits de remplacement plus sûrs, un Groupe mondial sur les composés perfluorés a été établi et un portail Web mis en place dans le cadre de l'Approche stratégique²⁹.

²⁸ Voir <http://www.saicm.org/Home/tabid/5410/language/en-US/Default.aspx>.

²⁹ Voir <http://www.oecd.org/ehs/pfc/>.

206. Les représentants de l'industrie des textiles professionnels, techniques et de protection invitent les autres Parties à s'associer aux projets de recherche et développement du secteur des textiles techniques concernant les solutions de remplacement appropriées (pour plus de précisions, voir VTB SWT, 2016; TM, 2016).

2.4.6 *Coûts sociaux (emploi, etc.)*

207. L'IPEN estime que les coûts sociaux liés à l'élimination de l'APFO sont largement contrebalancés par les avantages pour la santé et l'environnement (IPEN, 2016).

208. La restriction ne devrait pas avoir d'incidences majeures sur l'emploi au sein de l'UE, parce que, pour la grande majorité des utilisations, il est possible de mettre en œuvre des solutions de remplacement à un coût raisonnable. En outre, comme la restriction s'applique aussi à l'importation d'articles et de mélanges, les industries concernées sont peu susceptibles de délocaliser les installations de production hors de l'UE. Par conséquent, des suppressions ou des créations d'emploi importantes liées à l'arrêt ou à la réimplantation d'activités commerciales sont peu probables dans l'Union européenne (ECHA, 2015a).

209. En ce qui concerne le secteur des textiles professionnels, techniques et de protection, l'industrie considère qu'une interdiction totale de la production résultant de l'inscription des substances à l'Annexe A se traduirait par des effets négatifs sur l'emploi dans ce secteur en Europe (VTB SWT, 2016; EURATEX, 2016).

2.5 **Autres considérations**

2.5.1 *Accès à l'information et éducation du public*

210. Plusieurs Parties et observateurs ont fourni des informations sur l'accès à l'information et l'éducation du public :

- a) Réseau de surveillance des polluants organiques persistants et autres polluants dans la région des Alpes (MONARP) : <http://www.monarpop.at/>;
- b) Agence autrichienne pour la protection de l'environnement : http://www.umweltbundesamt.at/ummuki_symposium/;
- c) Informations sur les initiatives prises au titre de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement de 1999 : <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=1FE509F3-1>;
- d) Informations sur l'évaluation et la gestion des substances toxiques au Canada : <http://www.ec.gc.ca/toxiques-toxics/default.asp?lang=Fr&n=97324D33-1>
- e) Des informations complémentaires sur l'APFO, ses sels et ses précurseurs ainsi que sur les contrôles réglementaires sont disponibles sur le site Web Environnement et Changement climatique Canada : <http://www.ec.gc.ca/toxiques-toxics/Default.asp?lang=Fr&n=F68CBFF1-1>; <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=3E603995-1>;
- f) Agence norvégienne pour la protection de l'environnement : <http://www.environment.no/>;
- g) Accès aux données générées par les membres du FluoroCouncil : <https://fluorocouncil.com/Resources/Research>;
- h) Office fédéral allemand de l'environnement : <https://www.umweltbundesamt.de/>. L'Office fédéral allemand de l'environnement a publié une brochure sur l'utilisation écologiquement responsable des mousses extinctrices fluorées (Office fédéral allemand de l'environnement, 2013);
- i) Office fédéral allemand de la sécurité et de la santé au travail : <http://www.baua.de/de/Startseite.html>;
- j) Agence suédoise des produits chimiques : www.kemi.se. La contamination par les PFAS concerne de nombreuses parties prenantes de la société et de nombreuses autorités participent à l'élaboration et à l'adoption de diverses mesures. Un guide en ligne a donc été créé (en suédois).

2.5.2 *État des moyens de contrôle et de surveillance*

211. L'APFO a été détecté dans différents milieux, par exemple le lait maternel, le sang humain, l'eau, les sols, les sédiments et les biotes, notamment les poissons. Les données de surveillance provenant de la base de données de l'Agence autrichienne pour la protection de l'environnement ont été communiquées (pour plus de précisions, voir Autriche, 2016a).

212. Au Canada, la surveillance continue dans l'environnement et les biotes permet d'évaluer l'efficacité des mesures de gestion des risques et de mesurer les progrès accomplis dans l'élimination de l'APFO de l'environnement canadien. Par ailleurs, l'analyse en continu de l'APFO est effectuée dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord établi en 1991 en réponse aux préoccupations relatives à l'exposition des personnes à des concentrations élevées de contaminants chez les espèces sauvages qui constituent un élément important du régime alimentaire traditionnel des Autochtones du Nord (NCP, 2013)³⁰. Au cours de la période 2007-2015, les concentrations moyennes en PFAS (poids humide) dans le foie étaient invariablement composées essentiellement de SPFO et de ΣAPFC (faibles concentrations d'APFO, mais essentiellement des APFC en C9, C10 et C11). Le SPFO se retrouvait invariablement en concentrations plus élevées que les ΣAPFC et était invariablement détecté à des niveaux de l'ordre du ppm, ces niveaux étant cependant plus élevés chez les ours du sud de la baie d'Hudson que chez ceux de l'ouest de la baie. Aucune tendance à la hausse ou à la baisse évidente des ΣAPFC et du SPFO n'a été observée pour les deux sous-populations au cours de la période 2007-2015³¹.

213. Les PFAS, y compris l'APFO, font partie des substances visées par la surveillance de l'environnement aquatique au Danemark. Au cours de la période 2008-2013, les PFAS ont été incluses dans la surveillance des sources ponctuelles ainsi que dans celle des cours d'eau, des lacs et des zones marines. Le PFOS et l'APFO sont les PFAS les plus fréquemment détectés dans les cours d'eau et font partie des composés les plus fréquemment détectés dans les effluents des installations de traitement des eaux usées. Les concentrations mesurées sont très élevées, tant dans les cours d'eau que dans les effluents (Danemark, 2016).

214. Les PFAS, y compris l'APFO, font partie des substances visées par le programme suédois de surveillance de l'environnement³² et le programme suédois de surveillance de la santé³³ (Observations de la Suède sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques). La présence d'APFO et d'autres composés perfluorés chez la population humaine sont aussi surveillés au Canada, par exemple dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord, de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé et de l'Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement.

215. Les PFAS, y compris l'APFO, sont dosés dans des échantillons de sang et d'urine d'enfants et de jeunes adultes. Les PFAS ne constituent qu'une partie de l'étude environnementale (GerES V) de l'Office fédéral allemand de l'environnement, dont les données portent sur la période 2014-2017. L'étude examine également les sources de polluants tels que l'air intérieur et l'eau potable³⁴.

216. De nombreux pays n'ont pas les moyens d'identifier les produits et déchets contenant de l'APFO, des sels de cet acide et des composés apparentés, ni de détecter leur présence dans différentes matrices environnementales. Il est nécessaire d'en tenir compte en ce qui concerne le respect des obligations établies par la Convention, parce que ce manque de capacités empêche d'établir des inventaires, d'identifier les déchets concernés et d'assurer le suivi nécessaire. Pour cette raison, il est recommandé d'entreprendre des projets pilotes qui permettent de déterminer les mesures qui devraient être prises pour parvenir à une conformité effective (Observations de la Colombie sur le deuxième projet d'évaluation de la gestion des risques).

217. Selon les informations fournies par l'IPEN au titre de l'Annexe F, de nombreux pays ne disposent pas de l'infrastructure nécessaire pour surveiller de manière satisfaisante la production et l'utilisation de l'APFO (IPEN, 2016).

³⁰ Des résumés des rapports de recherche sont publiés chaque année, le plus récent est disponible à l'adresse : <http://pubs.aina.ucalgary.ca/ncp/Synopsis20152016.pdf>.

³¹ Des informations supplémentaires sur le programme sont disponibles à l'adresse : http://www.science.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/h_7A463DBA.html.

³² <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Miljoovervakning/Miljoovervakning/Miljogiftsamordning/>.

³³ <http://ki.se/en/imm/health-related-environmental-monitoring-hami>.

³⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/assessing-environmentally-related-health-risks/german-environmental-surveys/german-environmental-survey-2014-2017-geres-v#textpart-1>.

3. Synthèse des informations

3.1 Résumé des informations figurant dans le descriptif des risques

218. L'APFO est persistant, bioaccumulable et toxique pour les animaux, notamment l'être humain. L'APFO et un certain nombre de composés qui lui sont apparentés se rencontrent très fréquemment dans les différents compartiments environnementaux et dans les biotes et les populations humaines. Par conséquent, il a été conclu que l'APFO, ses sels et les composés apparentés qui se dégradent en APFO sont susceptibles, du fait de leur propagation à longue distance dans l'environnement, d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine et/ou l'environnement justifiant l'adoption de mesures au niveau mondial (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2).

219. Il est difficile de prédire avec certitude quelles utilisations et quels rejets connexes contribuent le plus aux risques, en particulier en raison de la grande diversité de sources potentielles et du manque d'informations détaillées sur la plupart d'entre elles. On considère que l'utilisation de polymères à chaîne latérale fluorée en général, et leur utilisation dans le secteur des textiles en particulier, ainsi que la fabrication de fluoropolymères, constituent d'importantes sources potentielles d'APFO. Il semble que d'autres sources importantes soient les revêtements et les mousses extinctrices. Sur la base des informations disponibles, il est impossible d'identifier formellement les utilisations spécifiques de substances apparentées à l'APFO qui ne contribuent pas aux émissions d'APFO.

220. Les informations soumises au titre de l'Annexe E sont compilées dans un document d'information (UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6) accompagnant l'évaluation de la gestion des risques. D'autres données disponibles sur la production, l'utilisation et les rejets sont compilées dans le descriptif des risques (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2).

3.2 Résumé des informations figurant dans l'évaluation de la gestion des risques

221. La restriction ou l'interdiction de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés aurait un effet positif sur la santé humaine et l'environnement en réduisant les émissions et par conséquent l'exposition.

Résumé des informations sur l'efficacité, l'efficience et la disponibilité de solutions de remplacement appropriées

222. Plusieurs dérogations ont été prévues dans l'approche de gestion des risques de l'UE. Le Canada et la Norvège ont également prévu plusieurs dérogations dans leurs approches de gestion des risques, certaines d'entre elles expirant fin 2016 (voir Tableau 3).

223. Selon les informations disponibles pour l'analyse des solutions de remplacement dans le secteur des semiconducteurs, il n'existe actuellement aucune solution de remplacement économiquement et/ou techniquement viable pour certaines utilisations spécifiques, mais l'industrie indique que ces solutions seront disponibles dans les années à venir. En raison de la faiblesse des quantités utilisées et du fait que les émissions devraient être minimales, une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 4 juillet 2022) pour les équipements utilisés pour la fabrication de semiconducteurs est accordée dans l'UE. En outre, une dérogation sans limitation dans le temps est accordée dans l'UE pour les procédés photolithographiques pour la fabrication de semiconducteurs et les procédés de gravure de semiconducteurs composés. Au Canada, les semiconducteurs présents dans les articles manufacturés ne sont pas concernés. En Norvège, une dérogation pour les adhésifs (feuilles ou rubans) destinés aux semiconducteurs a pris fin en 2016. Sur la base des informations communiquées par l'industrie (SEMI, 2017), des dérogations avec ou sans limite de temps devraient être envisagées pour 1) les équipements contenant des résidus d'APFO inclus dans des fluoropolymères et fluoroélastomères qui sont utilisés pour la fabrication de semiconducteurs, ainsi que leurs pièces détachées et infrastructures connexes (par exemple les systèmes connexes de distribution et de contrôle des produits chimiques, des gaz et de l'air et les systèmes de conteneurs de produits chimiques servant au stockage, au transfert et au transport de matières ou de mélanges); 2) les procédés photolithographiques pour la fabrication de semiconducteurs et les procédés de gravure de semiconducteurs composés.

224. Selon les informations disponibles pour l'analyse des solutions de remplacement dans l'industrie textile, par exemple pour les textiles d'extérieur, des solutions de remplacement existent, mais aucune solution de remplacement économiquement et/ou techniquement viable n'est disponible pour les textiles techniques haute performance. Ceci concerne les textiles pour vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles, pour lesquels une dérogation temporaire est accordée dans l'UE (jusqu'au 4 juillet 2023). C'est aussi le cas pour les membranes utilisées dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents. En Norvège, seuls les textiles destinés aux particuliers

font l'objet de restrictions, tandis que les textiles à usage professionnel ne sont pas concernés. L'approche canadienne ne s'applique pas aux articles manufacturés. Par conséquent, l'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente de textiles contenant de l'APFO, ses sels ou des composés apparentés ne font pas l'objet de restrictions au Canada. Des dérogations limitées dans le temps devraient être envisagées au titre de la Convention de Stockholm pour les textiles techniques haute performance, en particulier pour 1) les textiles oléofuges et hydrofuges ou résistants aux liquides dangereux pour vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles; et pourraient être envisagées pour 2) les membranes utilisées dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents. Dans ce dernier cas, des informations supplémentaires sur l'étendue des applications, les quantités utilisées, la disponibilité de solutions de remplacement et les aspects socio-économiques sont nécessaires pour déterminer la possibilité d'octroyer une dérogation.

225. L'industrie des encres d'imprimerie a déclaré que l'utilisation de l'APFO et des substances apparentées était nécessaire jusqu'en 2020, car les encres concernées sont spécialement conçues pour certaines imprimantes professionnelles. Cette utilisation ne concerne que des imprimantes qui ne sont plus fabriquées; par conséquent, un abandon progressif est déjà en cours. Une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 4 juillet 2022) est accordée dans l'Union européenne pour les encres d'imprimerie à base de latex. Les encres à base aqueuse bénéficiaient d'une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 31 décembre 2016) au Canada. L'approche de gestion des risques de la Norvège ne s'applique qu'aux biens de consommation et ne limite pas l'utilisation d'APFO dans les encres pour imprimantes professionnelles. En fonction de la date d'entrée en vigueur des obligations au titre de la Convention de Stockholm pour l'APFO, ses sels et les composés apparentés, une dérogation ne sera peut-être pas nécessaire pour les encres d'imprimerie à base de latex.

226. La production de solutions de remplacement fluorées à chaîne courte entraîne la production d'une fraction inévitable d'APFO et de composés apparentés. Cette question peut être résolue en établissant des limites de concentration appropriées pour le secteur manufacturier. Les seuils figurant dans la restriction de l'UE sont basés sur les informations fournies par l'industrie et tiennent compte de la fraction actuellement inévitable d'APFO et de substances apparentées produite lors de la fabrication de solutions de remplacement fluorotéломères en C₆. Une option consiste à retraiter ces substances en tant qu'intermédiaires isolés restant sur site en système fermé afin de les utiliser dans la production de substances fluorées à chaîne courte. La Convention de Stockholm indique qu'étant donné que des quantités appréciables de la substance chimique ne sont pas censées atteindre les êtres humains et l'environnement lors de la production et de l'utilisation d'un intermédiaire en circuit fermé sur un site déterminé, une Partie qui en notifie le Secrétariat peut autoriser la production et l'utilisation, comme intermédiaire en circuit fermé sur un site déterminé, de quantités d'une substance chimique inscrite à l'Annexe, chimiquement transformées lors de la fabrication d'autres substances chimiques qui, compte tenu des critères énoncés au paragraphe 1 de l'Annexe D, ne présentent pas les caractéristiques d'un polluant organique persistant³⁵. Le Canada, la Norvège et l'UE n'ont pas accordé de dérogations spécifiques concernant la production de solutions de remplacement fluorées à chaîne courte. Par conséquent, une dérogation pour les intermédiaires isolés restant sur site en système fermé n'est pas nécessaire pour autoriser le retraitement des substances inscrites à l'Annexe A ou B de la Convention de Stockholm. Une dérogation sans limite de temps pour les intermédiaires isolés transportés est accordée dans la restriction adoptée par l'UE, conformément à son paragraphe 4 c), sous réserve que des conditions spécifiques soient remplies (Commission européenne, 2017). Une dérogation pour les intermédiaires isolés transportés pourrait également être envisagée au titre de la Convention de Stockholm, afin de permettre leur retraitement sur un site autre que celui de production. Les conditions pourraient être analogues à celles établies en vertu de la restriction de l'UE (voir par. 84). Des informations supplémentaires sur les quantités, l'étendue de la propagation et des risques, et l'utilisation sont nécessaires pour déterminer la possibilité d'octroyer une dérogation.

227. Aucune solution capable de remplacer le PFOB en tant qu'adjuvant de transformation pour la fabrication de produits pharmaceutiques n'a encore été trouvée. Le PFOB s'obtient à partir de PFOI, lequel est produit sur un seul site au Japon lors de la fabrication de substances à base de fluorotéломères 6:2 et est ensuite envoyé en tant qu'intermédiaire isolé à un autre site japonais où il est transformé en PFOB. Ce PFOB est ensuite transporté vers deux sites aux États-Unis et en Suède pour fabriquer les produits pharmaceutiques voulus. Aucune dérogation connexe n'est actuellement envisagée au Canada, en Norvège ou dans l'Union européenne. L'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques a adopté la question des polluants pharmaceutiques persistants comme nouvelle question de politique générale, tout en reconnaissant que les produits

³⁵ Note iii) de la partie I des Annexes A et B de la Convention de Stockholm.

pharmaceutiques présentent des avantages importants pour la santé humaine et le bien-être des animaux³⁶. D'après les informations communiquées, le procédé actuel de production à partir de PFOI est considéré comme la seule façon raisonnable de fabriquer le PFOB. De plus, même si on parvient à trouver une solution de remplacement, il faut généralement 10 ans pour achever le développement, y compris les trois essais sur l'homme et le processus d'examen réglementaire, des produits pharmaceutiques dans lesquels il est prévu de l'incorporer.

228. L'imagerie numérique va remplacer les technologies d'imagerie photographique faisant appel à l'APFO, et la transition s'opère rapidement. L'utilisation d'APFO en imagerie photographique a diminué de plus de 95 % à l'échelle mondiale depuis 2000 (I&P Europe). On s'attend à une réduction supplémentaire à mesure de la transition vers l'imagerie numérique. Selon l'analyse des solutions de remplacement, il ne reste qu'un petit nombre d'utilisations dans le secteur de l'imagerie photographique. La restriction de l'UE prévoit une dérogation sans limitation dans le temps pour les revêtements photographiques employés sur les pellicules et films, papiers de tirage ou clichés d'impression. Les dérogations spécifiques pour cette utilisation au Canada et en Norvège ont expiré en 2016. Toutefois, l'approche de gestion des risques de la Norvège ne s'applique qu'aux biens de consommation, et au Canada, l'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente de revêtements photographiques employés sur les pellicules et films, papiers de tirage ou clichés d'impression contenant de l'APFO, ses sels ou des composés apparentés ne font pas l'objet de restrictions. Une dérogation limitée dans le temps devrait être envisagée dans le cadre de la Convention de Stockholm pour les revêtements photographiques employés sur les pellicules et films. Dans les informations qu'il a communiquées à la treizième réunion du Comité d'étude des polluants organiques persistants, le secteur a indiqué qu'il n'était plus nécessaire de prévoir une dérogation limitée dans le temps pour les papiers de tirage et les clichés d'impression. Il a toutefois été noté qu'aucune information sur ce point n'était disponible pour les pays en développement.

229. Lors de la consultation publique de l'UE sur le dossier de restriction, une société d'application de revêtements travaillant pour des fabricants de smartphones a demandé une dérogation de 3 ans pour les nanorevêtements au plasma pulsé afin de permettre la transition vers une solution de remplacement en C₆. Une dérogation temporaire (jusqu'au 4 juillet 2023) pour les nanorevêtements au plasma est accordée dans l'UE. La Norvège et le Canada n'ont pas accordé de dérogations spécifiques pour les nanorevêtements. L'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente de revêtements destinés aux smartphones contenant de l'APFO, des sels de cet acide ou des composés apparentés ne font pas l'objet de restrictions au Canada. Seule une société a demandé une dérogation de courte durée.

230. L'utilisation d'APFO dans les mousses extinctrices suscite des inquiétudes, car il s'agit d'une utilisation dispersive entraînant des rejets directs dans l'environnement. Des solutions de remplacement sont disponibles pour toutes les applications anti-incendie de l'APFO, dont des solutions sans fluor et des agents tensioactifs fluorés à base de fluorotéromères en C₆. La restriction de l'UE accorde une dérogation limitée dans le temps pour permettre l'utilisation des mousses se trouvant déjà sur le marché. Par ailleurs, le Canada prévoit des dérogations pour les AFFF contenant de l'APFO utilisées dans la lutte contre l'incendie. L'approche de gestion des risques de la Norvège ne s'applique pas, car elle ne concerne que les biens de consommation, et les AFFF sont à usage professionnel seulement. Une dérogation temporaire pour les mousses extinctrices contenues dans les équipements déjà installés ou mis sur le marché (comme c'est le cas pour le SPFO dans le cadre de la réglementation de l'Union européenne sur les POP) est prévue dans la note ii), qui autorise la poursuite de l'utilisation de ces équipements. Afin d'éviter que les émissions dans l'environnement à partir des mousses existantes se poursuivent, il convient d'éviter de s'en servir et de les remplacer à brève échéance par d'autres plus viables. L'utilisation de mousses contenant des PFAS, y compris substitués fluorés, à des fins de formation doit être évitée, étant donné que des solutions de remplacement idoines sont disponibles.

231. En Norvège, les appareils médicaux bénéficient d'une dérogation sans limite de temps. La restriction de l'UE accorde une dérogation limitée dans le temps (jusqu'au 4 juillet 2032) pour les dispositifs médicaux autres que certains dispositifs médicaux implantables entrant dans le champ d'application de la Directive 93/42/CEE. Une dérogation est accordée sans limite de temps pour la production de dispositifs médicaux implantables. L'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente de dispositifs médicaux contenant de l'APFO, des sels de cet acide ou des composés apparentés ne font pas l'objet de restrictions au Canada. Selon les informations communiquées par l'IPEN, des dérogations pourraient être envisagées pour ces utilisations, mais il conviendrait de consulter les professionnels de santé qui utilisent les dispositifs en question. Une dérogation (limitée ou non dans le

³⁶ http://old.saicm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=566&Itemid=775.

temps) devrait être envisagée au titre de la Convention de Stockholm pour 1) les dispositifs médicaux; et 2) la production de dispositifs médicaux implantables.

232. Les informations sur les solutions de remplacement pour le traitement du papier et du carton utilisés dans les emballages alimentaires montrent que des solutions de rechange appropriées sont disponibles. Les emballages alimentaires et les matériaux destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires ne sont pas concernés par l'approche de gestion des risques de la Norvège. L'importation, l'utilisation, la vente et la mise en vente d'emballages alimentaires contenant de l'APFO, ses sels ou des composés apparentés ne font pas l'objet de restrictions au Canada. La restriction de l'UE ne prévoit pas de dérogation pour les matériaux d'emballage de denrées alimentaires. Des solutions de remplacement appropriées étant disponibles, une dérogation au titre de la Convention de Stockholm n'est pas jugée nécessaire.

233. Selon les informations fournies par l'industrie automobile canadienne, certaines pièces détachées pourraient encore contenir de l'APFO. Ces pièces sont nécessaires pour garantir la disponibilité des équipements et des pièces de rechange d'origine afin de satisfaire la demande des clients. Par conséquent, l'industrie demande des dérogations spécifiques pour les pièces détachées automobiles. Ces pièces représentent un faible pourcentage de l'utilisation d'APFO, qui diminuera naturellement à mesure du renouvellement du parc de véhicules. Au Canada, les mesures de gestion des risques concernant l'APFO n'ont pas d'incidence sur l'utilisation des pièces détachées automobiles, car la question des articles manufacturés contenant de l'APFO est actuellement traitée par le secteur (voir ACCV, 2017). Aucune exemption n'est accordée dans l'UE. En Norvège, l'interdiction ne s'applique pas aux pièces détachées des biens de consommation mis en vente avant le 1er juin 2014. Une dérogation pour les pièces détachées automobiles pourrait être envisagée au titre de la Convention de Stockholm; cela supposerait toutefois de fournir les spécifications des pièces de rechange concernées ainsi qu'une solide justification de la nécessité de cette dérogation, même si les approches de gestion des risques existantes ne considèrent pas qu'une telle dérogation soit nécessaire.

234. En raison des préoccupations croissantes concernant les risques liés aux solutions de remplacement fluorées à chaîne courte (voir par. 180 à 181), il reste difficile d'établir si le remplacement de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés par des substances fluorées à chaîne courte peut provoquer des effets néfastes éventuellement comparables à celles des substances remplacées. Par conséquent, on ignore si le remplacement de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés par des substances fluorées à chaîne courte ne risque pas d'être considéré comme regrettable. Les scientifiques ont mis en garde contre le remplacement par d'autres substances fluorées en vue d'éviter des dommages à long terme pour la santé humaine et l'environnement (document d'orientation sur les solutions de remplacement du Comité d'étude des polluants organiques persistants; Blum et al., 2015).

Résumé des informations sur les incidences sur la société

235. La restriction ou l'interdiction de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés auraient un effet positif sur la santé humaine et l'environnement y compris les biotes en réduisant les émissions et par conséquent l'exposition. En outre, la restriction ou l'interdiction présenterait des avantages pour l'agriculture en réduisant les émissions et par conséquent les effets néfastes sur les cultures agricoles.

236. Lors de l'évaluation des impacts sur la santé humaine et l'environnement de la restriction de l'APFO, de ses sels et des substances apparentées, il est essentiel de prendre en compte les préoccupations spécifiques concernant l'APFO en tant que POP. L'ampleur et l'étendue des risques présentés par l'APFO et les composés apparentés ne peuvent être quantifiées, mais justifient l'adoption de mesures au niveau mondial. Par conséquent, la gestion des risques associés à ces substances repose sur des données scientifiques et des mesures préventives pour éviter les effets potentiellement graves et irréversibles résultant des émissions continues.

237. L'analyse des caractéristiques des solutions de remplacement montre qu'elles devraient poser moins de risques pour la santé que l'APFO et les substances apparentées. La restriction adoptée par l'UE devrait se traduire par un avantage net pour la société en ce qui concerne les conséquences sur la santé humaine. Bien qu'aucune analyse quantitative des avantages n'ait été réalisée dans le cadre du processus de gestion des risques du Canada, la réglementation de ces substances devrait améliorer la qualité de l'environnement. Les approches de gestion des risques du Canada et de l'UE sont considérées comme ayant des incidences modérées sur les coûts parce que le marché est déjà en train de remplacer l'APFO et les composés apparentés, et parce que ces approches prévoient des dérogations temporaires et le maintien de certaines utilisations lorsque les solutions de remplacement sont en cours de développement ou n'existent actuellement pas. On peut s'attendre aux mêmes résultats pour l'approche de gestion des risques de la Norvège. Une restriction ou une interdiction au

niveau mondial devrait donc se traduire par un avantage net pour la société en ce qui concerne les conséquences sur la santé humaine (ECHA, 2015a).

238. Des solutions de remplacement de l'APFO qui sont économiquement compétitives et qui ne présentent pas les caractéristiques des POP ont déjà été mises en œuvre dans de nombreux pays, ce qui démontre leur faisabilité technique et économique. Les aspects économiques de la mise en œuvre des solutions de remplacement de l'APFO comprennent les économies (non quantifiables) réalisées en matière de coûts sanitaires et environnementaux résultant d'une moindre exposition.

239. La restriction ou l'interdiction de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés réduirait la contamination des eaux de surface, des eaux souterraines et des sols, et permettrait ainsi de réduire les coûts liés à l'identification et à la remise en état des sites contaminés. Les coûts de remise en état sont principalement liés au traitement des eaux souterraines et de l'eau potable et à l'excavation et l'élimination des sols contaminés. Les données disponibles indiquent que les coûts de remise en état liés à la contamination par les PFAS, y compris l'APFO et les composés apparentés à l'APFO, sont considérables.

240. La décision POPRC-6/2 sur le SPFO énonce une série de mesures de réduction des risques couvrant le court, le moyen et le long terme. Le Comité d'étude des polluants organiques persistants recommande, pour le court terme, d'employer des technologies faisant appel aux meilleures techniques disponibles et se conformant aux meilleures pratiques environnementales pour assurer la destruction des déchets contenant de l'APFO. Lorsque les technologies de destruction ne sont pas disponibles, le stockage sans risque des déchets doit être assuré.

3.3 Mesures de gestion des risques suggérées

241. Le Comité recommande que des dérogations spécifiques limitées dans le temps soient mises en place pour certaines utilisations de l'APFO, de ses sels et des composés apparentés sur lesquelles des informations suffisantes ont été fournies, comme indiqué dans la conclusion.

4. Conclusion

242. Le Comité recommande que la Conférence des Parties envisage d'inscrire l'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), ses sels et les composés apparentés à l'Annexe A ou à l'Annexe B de la Convention, avec des dérogations spécifiques :

- a) Expirant cinq ans après la date d'entrée en vigueur de l'amendement, comme prévu à l'article 4, pour les utilisations suivantes :
 - i) Fabrication de semiconducteurs ou dispositifs électroniques apparentés :
 - a. Matériel ou infrastructure de production contenant des fluoropolymères et/ou fluoroélastomères avec des résidus d'APFO;
 - b. Entretien de matériels ou d'infrastructures de production d'anciennes générations;
 - c. Procédés de photolithographie ou de gravure;
 - ii) Revêtements photographiques appliqués aux films;
 - iii) Textiles hydrofuges ou oléofuges pour vêtements de protection contre les accidents du travail et les maladies professionnelles dus à des liquides dangereux;
- b) Expirant 10 ans après la date d'entrée en vigueur de l'amendement, comme prévu à l'article 4, pour les pièces contenant des fluoropolymères et/ou fluoroélastomères avec des résidus d'APFO destinées à la remise à neuf d'équipements d'anciennes générations utilisés dans la fabrication de semiconducteurs ou dispositifs électroniques apparentés;
- c) Devant faire l'objet d'une évaluation quant à la nécessité de les maintenir et expirant au plus tard en 2036 pour l'utilisation d'iodure de perfluorooctane et la production de bromure de perfluorooctane en vue de la fabrication de produits pharmaceutiques.

243. Les Parties et les observateurs, y compris les secteurs industriels concernés, sont invités à fournir au Comité des informations pouvant l'aider à définir, le cas échéant, des dérogations spécifiques pour l'utilisation et la production d'APFO, de sels de cet acide et de composés apparentés, notamment :

- a) S'agissant des membranes destinées à être utilisées dans les textiles médicaux, dans le traitement de l'eau par filtration, dans des procédés de production et dans le traitement des effluents : des informations sur la sphère d'application, les quantités utilisées, la disponibilité de solutions de remplacement et les aspects socio-économiques;
- b) S'agissant des intermédiaires isolés transportés en vue de leur retraitement sur un site autre que celui de production : des informations sur les quantités utilisées, l'étendue de la propagation et des risques, et les utilisations;
- c) S'agissant des appareils médicaux : des informations sur les applications/utilisations spécifiques et les durées prévues de maintien des éventuelles dérogations jugées nécessaires;
- d) S'agissant des dispositifs médicaux implantables : des informations sur les quantités utilisées, l'étendue de la propagation et des risques, et les utilisations;
- e) S'agissant du secteur de l'imagerie photographique : des informations sur les papiers et les processus de tirage et des informations utiles pour les pays en développement;
- f) S'agissant de l'industrie automobile : des informations sur les pièces détachées;
- g) S'agissant des mousses anti-incendie : des informations sur la composition chimique des mélanges et les volumes de mélanges de mousses anti-incendie préchargés;

Les informations sur les aspects socio-économiques dans tous les domaines susmentionnés seront également les bienvenues, de même que toute autre information utile.

244. Les Parties et les observateurs sont en outre invités à fournir au Comité des informations pouvant l'aider à évaluer de manière plus approfondie la production et la libération non intentionnelles d'acide pentadécafluorooctanoïque (no CAS : 335-67-1, APFO, acide perfluorooctanoïque), de sels de cet acide et de composés apparentés imputables, en particulier, à la production primaire d'aluminium et à la combustion incomplète.

Références

- Veillez noter que les informations communiquées et les observations relatives à l'évaluation de la gestion des risques sont disponibles sur le site de la Convention de Stockholm à l'adresse : <http://chm.pops.int/tabid/5339/Default.aspx>.
- [Ackermann and Massey, 2006] The Economics of Phasing Out PVC. Global Development and Environment Institute (GDAE) Tufts University. Available from: http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/rp/Economics_of_PVC_revised.pdf
- [Air Services Australia, 2016] Gold Coast Airport Preliminary Site Investigation. GHD. Available at: http://www.airservicesaustralia.com/wp-content/uploads/251713_Final_PSI-Report.pdf
- [AMR, 2015] Archroma Media Release. 25 February 2015. Available from: <http://www.archroma.com/wp-content/uploads/2015/02/ARCHPR034EN0215-Cartaguard-KST.pdf>.
- [ATSDR, 2015] Draft toxicological profile for perfluoroalkyls. August 2015. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200.pdf>.
- [AU Health Dep, 2017] Australian Government, Department of Health. Fact sheet: Health Based Guidance Values for PFAS for use in site investigations in Australia. 2017. Available from: [http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/2200FE086D480353CA2580C900817CDC/\\$File/fs-Health-Based-Guidance-Values.pdf](http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/2200FE086D480353CA2580C900817CDC/$File/fs-Health-Based-Guidance-Values.pdf)
- [Australia, 2016] Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [Austria, 2016a] Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [Australia Gov. 2017] Australian Government, Department of Health. 2017. Health Based Guidance Values for PFAS; For use in site investigations in Australia. Available from: [http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/2200FE086D480353CA2580C900817CDC/\\$File/fs-Health-Based-Guidance-Values.pdf](http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/2200FE086D480353CA2580C900817CDC/$File/fs-Health-Based-Guidance-Values.pdf)
- [Beilstein, 2005] Handbook of Organic Chemistry (online). Request January 12.
- [Bizkarguenaga et al. 2016] Bizkarguenaga E, Zabaleta I, Prieto A, Fernandez LA, Zuloaga O (2016) Uptake of 8:2 perfluoroalkyl phosphate diester and its degradation products by carrot and lettuce from compost-amended soil, *Chemosphere* 152:309-317
- [Blaine et al., 2013] Blaine AC, Rich CD, Hundal LS, Lau C, Mills MA, Harris KM, Higgins CP (2013) Uptake of perfluoroalkyl acids into edible crops via land applied biosolids: field and greenhouse studies, *Environ Sci Technol* 47:14062-14069
- [Blaine et al., 2014] Perfluoroalkyl Acid Uptake in Lettuce (*Lactuca sativa*) and Strawberry (*Fragaria ananassa*) Irrigated with Reclaimed Water. *Environ Sci Technol* 48: 14361–14368
- [Blum et al., 2015] The Madrid Statement on Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs). *Environ Health Perspect* 123(5): 107-11.
- [Bohlin-Nizzetto et al., 2015] PFASs in house dust. NILU. Available from: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M430/M430.pdf>.
- [Buck et al., 2011] Buck RC, Franklin J, Berger U, Conder JM, Cousins IT, de Voogt P, Jensen AA, Kannan K, Mabury SA, van Leeuwen SPJ (2011) Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins, *Integr Environ Assess Manag* 7:513-514
- [Britto et al., 2016]. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. *International Journal of Research in Environmental Studies* (2016).3(2).
- [Canada, 2012a] Government of Canada. Proposed risk management approach for Perfluorooctanoic Acid (PFOA), its Salts, and its Precursors and Long-Chain (C₉-C₂₀) Perfluorocarboxylic Acids (PFCAs), their Salts, and their Precursors. Available from: http://www.ec.gc.ca/ese-ees/451C95ED-6236-430C-BE5A-22F91B36773F/PFOA%20%26%20PFCAs_RMA_EN.pdf.
- [Canada 2015] Government of Canada. Long-Chain (C₉-C₂₀) Perfluorocarboxylic Acids (LC-PFCAs), their Salts, and their Precursors and Perfluorooctanoic Acid (PFOA) Its Salts, and Its

Precursors - Response to Comments on Consultation Document. Available from:
<http://www.ec.gc.ca/toxiques-toxics/default.asp?lang=En&n=E68CF568-1>

[Canada 2016a] Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from:
<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.

[Canada 2016c] Government of Canada. Canada Gazette, Part II. Vol. 150, No. 20. Regulations Amending the Prohibition of Certain Toxic Substances Regulations, 2012. More recent versions available from: <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2016/2016-10-05/html/sor-dors252-eng.php>.

[Chemical Watch, 2017] Norway proposes adding second PFC to UN POPs Convention. Available at: <https://chemicalwatch.com/56634/norway-proposes-adding-second-pfc-to-un-pops-convention>

[Chropenova et al., 2016] Chropenova M, Karaskova P, Kallenborn R, Greguskova EK, Cupr P (2016) Pine Needles for the Screening of Perfluorinated Alkylated Substances (PFASs) along Ski Tracks, *Environ Sci Technol* 50:9487-9496

[Chemours, 2017]
https://www.chemours.com/Teflon_Fabric_Protector/en_US/products/teflon_ecoelite.html
(Online access: 2 March 2017).

[Conder et al., 2008] Are PFCAs bioaccumulative? A critical review and comparison with regulatory criteria and persistent lipophilic compounds. *Environ Sci Technol* 42: 995-1003.

[CRCCARE 2017] CRC for Contamination Assessment and Remediation of the Environment. Technical Report no. 38e. Assessment, management and remediation guidance for perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA), Part 5 – management and remediation of PFOS and PFOA. March 2017. Available at
http://www.crccare.com/files/dmfile/CRCCARETechReport38Part5_AssessmentmanagementandremediationforPFOSandPFOA_ManagementandAssessment2.pdf

[D'eon et al., 2006] D'eon JC, Hurley MD, Wallington TJ, Mabury SA. 2006. Atmospheric chemistry of N-methyl perfluorobutanesulfonamidoethanol, C₄F₉SO₂N(CH₃)CH₂CH₂OH: kinetics and mechanism of reaction with OH. *Environ Sci Technol*. 40, 1862-1868.

[Danish EPA, 2014] Danish Environmental Protection Agency. Screeningsundersøgelse af udvalgte PFAS-forbindelser som jord- og grundvandsforurening iforbindelse med punktkilder. Available from: <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2014/10/978-87-93178-96-0.pdf>.

[Danish EPA, 2015b] Danish Environmental Protection Agency. Alternatives to perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in textiles. Available from:
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/05/978-87-93352-16-2.pdf>.

[Davies, 2014] Davies, Alice. DURABLE WATER REPELLENCY - STUDY PHASE I. De Montfort University, Leicester, November 2014. Available at
http://www.europeanoutdoorgroup.com/files/DWR-Study_Alice_Davies__digital_.pdf

[Decision POPRC-11/4] The Persistent Organic Pollutants Review Committee. Pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds. Available from:
<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/ReportsandDecisions/tabid/3309/Default.aspx>.

[Decision POPRC-12/3] The Persistent Organic Pollutants Review Committee (2016) Short-chain chlorinated paraffins. Available from: <http://chm.pops.int/Default.aspx?tabid=5171>

[Defoort et al., 2012] RAPPORT: PFOS Tullinge grundvattentäkt - Nulägesanalys Slutrapport. Uppdragsnr: 10158302.

[Denmark, 2016] Danish EPA. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from:
<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.

[Dow Corning, 2007] DAIKIN and Dow Corning introduce Unidyne TG-5521 for fabric repellency and softness. Available from: http://www.dowcorning.com/content/news/dowcorning_daikin.asp.

[Drivon et al., 1996] Synthesis of n-perfluorooctyl bromide. United States Patent 5,545,776. Available at: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&p=1&u=%2Fnetacgi%2FPTO%2Fsearch->

bool.html&r=1&f=G&l=50&co1=AND&d=PTXT&s1=5545776&OS=5545776&RS=5545776
JP3387099B2 or EP0673906

[DuPont, 2010] DuPontTMGenX processing aid for making fluoropolymer resin. Available from:
https://www.chemours.com/Industrial_Bakery_Solutions/en_GB/assets/downloads/Chemours_GenX_Brochure_Final_07July2010.pdf

[ECHA, 2013a] Support Document for the identification of pentadecafluorooctanoic acid (PFOA) as a substance of very high concern because of its CMR and PBT properties. Adopted on 14 June 2013. Available from: <https://echa.europa.eu/documents/10162/8059e342-1092-410f-bd85-80118a5526f5>.

[ECHA, 2013b] Support Document for identification of Ammonium pentadecafluorooctanoate (APFO) as a substance of very high concern because of its CMR and PBT properties. Adopted 14 June 2013. Available from: <https://echa.europa.eu/documents/10162/5e2c1e53-be98-4104-8b96-9cd88655a92a>

[ECHA, 2014a] Annex XV Restriction Report. Proposal for a Restriction. Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances. 17 October 2014. Available from: <https://echa.europa.eu/documents/10162/e9cddee6-3164-473d-b590-8fcf9caa50e7>.

[ECHA, 2014b] Registered substances. Available from: <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/registered-substances>. Cited by Wang et al., 2015.

[ECHA, 2015a] Background document to the Opinion on the Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances. 4 December 2015. Available from: <https://echa.europa.eu/documents/10162/61e81035-e0c5-44f5-94c5-2f53554255a8>.

[ECHA, 2015b] Committee for Risk Assessment (RAC) – Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances. 8 September 2015. Available from: <https://echa.europa.eu/documents/10162/3d13de3a-de0d-49ae-bfbd-749aea884966>.

[ECHA, 2015c] Committee for Risk Assessment (RAC) Committee for Socio-economic Analysis (SEAC) – Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances. Compiled version prepared by the ECHA Secretariat of RAC's opinion (adopted 8 September 2015) and SEAC's opinion (adopted 4 December 2015). Available from: <https://echa.europa.eu/documents/10162/2f0dfce0-3dcf-4398-8d6b-2e59c86446be>.

[ECHA, 2015d] Decision on Substance Evaluation pursuant to Article 46(1) of Regulation (EC) No 1907/2006 for reaction mass of mixed (3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluorooctyl)phosphates, ammonium salt, CAS No not available (EC No 700-161-3).

[ECHA, 2017a] Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment. Chapter R.11: PBT/vPvB assessment. Version 3.0. Available at: https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r11_en.pdf

[ECHA, 2017b] MSC unanimously agrees that Bisphenol A is an endocrine disruptor. Available at: <https://echa.europa.eu/sv/-/msc-unanimously-agrees-that-bisphenol-a-is-an-endocrine-disruptor>

[Ellis et al., 2004] Degradation of fluorotelomer alcohols: a likely atmospheric source of perfluorinated carboxylic acids. *Environ Sci Technol* 38: 3316-21.

[European Commission, 2017] COMMISSION REGULATION (EU) 2017/1000 of 13 June 2017 amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related substances, OJ L 150/14, 14.6.2017. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1000&from=EN>

[EFSA, 2008] European Food Safety Authority. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain on Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. *The EFSA Journal*. 653: 1-131.

[EFSA, 2011a] European Food Safety Authority. EFSA Panel on food contact materials. Scientific opinion on the safety evaluation of the substance, perfluoro[(2-ethoxy-ethoxy)acetic acid], ammonium salt, CAS No: 908020-52-0, for use in food contact materials. *EFSA J* 9(6):2183. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2011.2183/abstract>.

[EFSA, 2011b] European Food Safety Authority. EFSA panel on food contact materials. Scientific opinion on the safety evaluation of the substance, 3H-perfluoro-3-[(3-methoxy-propoxy)propanoic acid] ammonium salt, CAS No: 958445-44-8, for use in food contact materials. *EFSA J*. 9 (6), 1–11.

- [EFSA, 2017] European Food Safety Authority. Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain. Minutes of meeting 10b of the Working Group on perfluoroalkylated substances in food. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/contamwgpfasfood.pdf>
- [Eggen et al., 2010] Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Sci Total Environ* 408: 5147–57.
- [Ellis et al, 2001] Thermolysis of fluoropolymers as a potential source of halogenated organic acids in the environment. *Nature* 412, 321–4.
- [Ellis et al, 2003] The use of ¹⁹F NMR and mass spectrometry for the elucidation of novel fluorinated acids and atmospheric fluoroacid precursors evolved in the thermolysis of fluoropolymers. *Analyst* 128, 756–764. Doi: 10.1039/b212658c.
- [Environment Canada Health Canada, 2008] Screening Assessment for the Challenge Octamethylcyclotetrasiloxane (D4) Chemical Abstracts Service Registry Number 556-67-2 Environment Canada Health Canada, November 2008, available at <http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=En&n=2481B508-1>
- [EP 2008] European Parliament, Policy Department Economic and Scientific Policy (2008). Impact assessment on priority substances in water.
- [Eschauzier et al., 2013] Perfluorinated alkylated acids in groundwater and drinking water: identification, origin and mobility. *Sci Total Environ* 458-460: 477-485.
- [Euratex, 2016] European Apparel and Textile Confederation. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [European Commission, 2006] European Commission. 2006. Reference document on the best available techniques for waste incineration. Brussels. <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>
- [EWG 2017] Mapping a Contamination Crisis - PFCs Pollute Tap Water for 15 Million People, Dozens of Industrial Sites. Bill Walker and Soren Rundquist; Environmental Working Group. Available at <http://www.ewg.org/research/mapping-contamination-crisis#> (accessed on 29.6.2017)
- [Exotextile News, 2015] DWR textile finish is renewably sourced. Available from: <https://www.ecotextile.com/2015042921444/dyes-chemicals-news/dwr-textile-finish-is-renewably-sourced.html>. (Online access: 07 March 2017)
- [Feng et al. 2015] Characterization of the thermolysis products of Nafion membrane: a potential source of perfluorinated compounds in the environment. *Sci Rep.* 5, 9859. doi: 10.1038/srep09859
- [FFFC, 2017] Fire Fighting Foam Coalition. Re: Additional information on firefighting foams in response to questions raised at the June 14 meeting on the PFHxA RMOA consultation. February 9, 2017.
- [FFFC.Unknown] Best Practice Guidance for Use of Class B Firefighting Foams. Available from: <http://www.ffc.org/images/bestpracticeguidance2.pdf>
- [FFFP, 2017] Technical information from the websites of several firefighting foam marketors, accessed on 16.5.2017:
<http://www.solbergfoam.com/Technical-Documentation/Foam-Concentrate-Data-Sheets/ReHealing-Foam/ICAO-Concentrates/RE-HEALING-RF6-F-2011007-3.aspx>
<http://www.zerofiresystems.nl/en/products-and-services/repression/ecopol-100-fluorine-free-foam.html>
<http://www.bio-ex.com/products/product/biofilm-fluorosynthetic-afff-foam-concentrate-effective-on-hydrocarbon-fires-9>
- [Filipovic et al., 2015] Historical usage of aqueous film forming foam: A case study of the widespread distribution of perfluoroalkyl acids from a military airport to groundwater, lakes, soils and fish. *Chemosphere* 129:39-45
- [FluoroCouncil, 2014a] Assessment of POP Criteria for Specific Short-Chain Perfluorinated Alkyl Substances. January.
- [FluoroCouncil, 2014b] Guidance for Best Environmental Practices (BEP) for the Global Apparel Industry – including focus on fluorinated repellent products. Available from: <https://fluorocouncil.com/PDFs/Guidance-for-Best-Environmental-Practices-BEP-for-the-Global-Apparel-Industry.pdf>

- [FluoroCouncil, 2016a] FluoroCouncil. Annex F form. Submitted 8 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [FluoroCouncil, 2016b] Assessment of POP Criteria for Specific Short-Chain Perfluorinated Alkyl Substances. Companion Report to FluoroCouncil's January 2014.
- [FOEN, 2017] Additional Information in Relation to the Risk Management Evaluation of PFOA, its Salts, and Related Compounds. Prepared by ETH Zurich on behalf of the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN). Available at <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAComments/tabid/5950/Default.aspx>
- [FR 2010 01-27] Federal Register / Vol. 75, No. 17 / Wednesday, January 27, 2010 / Rules and Regulations. Environmental Protection Agency, 40 CFR Part 723, Premanufacture Notification Exemption for Polymers; Amendment of Polymer Exemption Rule to Exclude Certain Perfluorinated Polymers. Available at <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2010-01-27/pdf/2010-1477.pdf>
- [FR 2016 05-25] Federal Register / Vol. 81, No. 101 / Wednesday, May 25, 2016 / Notices. Environmental Protection Agency, Lifetime Health Advisories and Health Effects Support Documents for Perfluorooctanoic Acid and Perfluorooctane Sulfonate. Available at <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/2016-12361.pdf>
- [Furutaka et al., 1997] Process for preparing perfluoroalkyl bromides. United States Patent 5,688,379. Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19971118&DB=EPODOC&locale=en_EP&CC=US&NR=5688379A&KC=A&ND=5#
- [Garcia et al. 2007] García A. N, Viciano N, Font R. 2007. Products obtained in the fuel-rich combustion of PTFE at high temperature. *J Anal Appl Pyrolysis* 80, 85–91.
- [German Environment Agency, 2017] „Mobile“ Chemikalien - wenn Filter nichts mehr nützen. Pressemitteilung Nr. 18 vom 4. Mai 2017. Available at https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2743/dokumente/2017_05_04_mobile_chemikalien_-_wenn_filter_nichts_mehr_nuetzen_fuer_versand.pdf
- [German Environment Agency, 2016] HBM I values for Perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) in blood plasma. Statement of the German Human Biomonitoring Commission (HBM Commission). Announcement of the German Environment Agency (UBA). Available from: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/hbm_i_values_for_pfoa_and_pfos.pdf
- [German Environment Agency, 2016b] International workshop for authorities on the assessment of risks of short-chain per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs), Workshop Proceedings. December 2016
- [German Environment Agency, 2013] Environmentally responsible use of fluorinated firefighting foams. May 2013. Available from https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/fluorinated_firefighting_foams_schaumloeschmittel_engl_version_25.6.2013.pdf
- [Gellrich et al., 2012] Behavior of perfluorinated compounds in soils during leaching experiments. *Chemosphere* 87: 1052-56.
- [Gordon, 2011] Toxicological evaluation of ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoate, a new emulsifier to replace ammonium perfluorooctanoate in fluoropolymer manufacturing. *Regul Toxicol Pharmacol* 59(1): 64-80.
- [HELCOM 2013] Palette of measures on cost-effective management options to reduce discharges, emissions, and losses of hazardous substances. Part of the 2013 HELCOM Ministerial Declaration endorsed by the 2013 HELCOM Ministerial Meeting in October 2013. Available at http://helcom.fi/Documents/Ministerial2013/Ministerial%20declaration/Adopted_endorsed%20documents/Palette%20of%20cost-effective%20management%20options%20to%20reduce%20pollution%20by%20hazardous%20substances.pdf
- [Hill et al., 2017] Substitution of PFAS chemistry in outdoor apparel and the impact on repellency performance. *Chemosphere* 181: 500-07.

- [Hölzer J. et al., 2008] Biomonitoring of Perfluorinated Compounds in Children and Adults Exposed to Perfluorooctanoate-Contaminated Drinking Water. *Environ Health Perspect* 116(5):651-7. doi: 10.1289/ehp.11064.
- [Hölzer J. et al., 2009] One-year follow-up of perfluorinated compounds in plasma of German residents from Arnsberg formerly exposed to PFOA-contaminated drinking water. *Int J Hyg Environ Health*. 212(5):499-504. doi: 10.1016/j.ijheh.2009.04.003.
- [Holmquist et al., 2016] Properties, performance and associated hazards of state-of-the-art durable water repellent (DWR) chemistry for textile finishing, *Environment International*, Volume 91, 2016, Pages 251-264, ISSN 0160-4120. doi: 10.1016/j.envint.2016.02.035
- [Houtz et al., 2016] Poly- and perfluoroalkyl substances in wastewater: Significance of unknown precursors, manufacturing shifts, and likely AFFF impacts, *Water Res* 95:142-149
- [IPEN, 2016] International POPs Elimination Network. Annex F information. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [I&P Europe, 2016a] Imaging & Printing Association Europe. Annex F form. Submitted 24 November 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [I&P Europe 2016b] Imaging & Printing Association Europe. Cover letter. Submitted 24 November 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [Ishibashi et al., 2007] Estrogenic effects of fluorotelomer alcohols for human estrogen receptor isoforms alpha and beta in vitro. *Biol Pharm Bull* 30: 1358-59.
- [ISO 2009] International Organization for Standardization. ISO 25101:2009 Water quality -- Determination of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) -- Method for unfiltered samples using solid phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry. See: <https://www.iso.org/standard/42742.html>
- [Iwai, 2011] Toxicokinetics of ammonium perfluorohexanoate. *Drug Chem Toxicol* 34(4): 341-6.
- [Japan, 2016] Global Environment Division, Ministry of Foreign Affairs. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [Jiang et al., 2015] Perfluoroalkyl acids (PFAAs) with isomer analysis in the commercial PFOS and PFOA products in China. *Chemosphere* 127: 180-7.
- [Johansson et al. 2017] Water-to-air transfer of branched and linear PFOA: Influence of pH, concentration and water type. Jana H. Johansson, Hong Yan, Urs Berger, Ian T. Cousins. Article in press. *Emerging Contaminants xxx* (2017) 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.emcon.2017.03.001>
- [Kaiser et al., 2005] Vapor pressures of perfluorooctanoic, -nonanoic, -decanoic, -undecanoic, and dodecanoic acids. *J Chem Eng Data* 50: 1841-3.
- [Kauck and Diesslin, 1951] Some properties of perfluorocarboxylic acids. *Ind Eng Chem* 43, 2332-4.
- [KEMI, 2017] PFAS-nätverk. 2017. Available from <http://www.kemi.se/om-kemikalieinspektionen/verksamhet/handlingsplan-for-en-giftfri-vardag/hogfluorerade-amnen-pfas/pfas-natverk> (in Swedish)
- [Keutel and Koch, 2016] Untersuchung fluortensidfreier Löschmittel und geeigneter Lösungsverfahren zur Bekämpfung von Bränden häufig verwendeter polarer (d. h. schaumzerstörender) Flüssigkeiten. Brandschutzforschung der Bundesländer. Forschungsbericht 187 von Karola Keutel und Mario Koch. Available at https://idf.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MI/IDF/IBK/Dokumente/Forschung/Fo_Publikationen/imk_ber/bericht_187.pdf
- [Kirk, 1995] Encyclopedia of Chemical Technology. 14 th ed. Volume 1: New York, NY. John Wiley and Sons. 1991-Present., p. V11 551.
- [Kissa, 2001] Fluorinated Surfactants and Repellents. Marcel Dekker. New York.
- [Klein, 2012] Comments on the draft technical paper on the identification and assessment on alternatives to the use of perfluorooctane sulfonic (PFOS) acid in open applications. POPRC7 Follow-up. Published by the Stockholm Convention Secretariat.

- [Klein 2013] Fire Fighting Foam – Disposal, Remediation and Lifetime Costs. By Roger A. Klein. *Industrial Fire Journal*, Winter 2013. Available at http://www.hemmingfire.com/news/fullstory.php/aid/1961/Foam:_the_cost__96_and_still_counting!.html
- [Kleiner and Jho, 2009] Recent developments in 6:2 fluorotelomer surfactants and foam stabilizers. 4th Reebok Foam Seminar. 6-7 July 2009. Bolton, UK. [Krippner et al., 2014] Krippner J, Brunn H, Falk S, Georgii S, Schubert S, Stahl T (2014) Effects of chain length and pH on the uptake and distribution of perfluoroalkyl substances in maize (*Zea mays*), *Chemosphere* 94:85-90
- [Krippner et al., 2015] Accumulation Potentials of Perfluoroalkyl Carboxylic Acids (PFCAs) and Perfluoroalkyl Sulfonic Acids (PFSA) in Maize (*Zea mays*). *J Agric Food Chem* 63: 3646–3653
- [LaSalle, 2016] Defence per- and poly-fluoroalkyl Substances (PFAS) environmental Management Preliminary Sampling Program. Final Report September 2016. GHD, Available at http://www.defence.gov.au/ID/PFOSPFOA/_master/docs/PSPReports/PreliminarySamplingProgramReportMainReportLessAppendices.pdf
- [Li, 2009] Toxicity of perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoic acid to plants and aquatic invertebrates. *Environ Toxicol* 24:95–101.
- [Lide, 2003] CRC Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press.
- [Liu et al., 2010a] Aerobic biodegradation of [14C] 6:2 fluorotelomer alcohol in a flow-through soil incubation system. *Chemosphere* 80: 716-23.
- [Liu et al., 2010b] 6-2 Fluorotelomer alcohol aerobic biodegradation in soil and mixed bacterial culture. *Chemosphere* 78: 437-44.
- [Lindemann et al., 2012] Effects of per- and polyfluorinated compounds on adult rat testicular cells following in vitro exposure. *Reprod Toxicol* 33: 531-7.
- [Liu et al. 2017] Liu Z, Lu Y, Wang P, Wang T, Liu S, Johnson AC, Sweetman AJ, Baninla Y (2017) Pollution pathways and release estimation of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in central and eastern China *Sci Total Environ*. 2017 Feb 15;580:1247-1256. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.085.
- [Loi et al., 2013] Detection of commercial fluorosurfactants in Hong Kong marine environment and human blood: a pilot study. *Environ Sci Tech* 47(9): 4677-85.
- [Loos et al., 2007] Polar herbicides, pharmaceutical products, perfluorooctanesulfonate (PFOS), perfluorooctanoate (PFOA), and nonylphenol and its carboxylates and ethoxylates in surface and tap waters around Lake Maggiore in Northern Italy. *Anal Bioanal Chem* 387: 1469-78.
- [Madrid Statement, 2015] The Madrid Statement on Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs). *Environmental Health Perspectives*, Volume 123, Number 5, May 2015. Available at <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/123/5/ehp.1509934.alt.pdf>
- [Maras et al., 2006] Estrogen-like properties of fluorotelomer alcohols as revealed by mcf-7 breast cancer cell proliferation. *Environ Health Perspect* 114:100-105.
- [Marchionni et al., 2010] Patent: method for manufacturing fluoropolymers in the presence of cyclic fluorosurfactants with low bioaccumulation/biopersistence. WO 2010003929.
- [Martin et al., 2009] Bioactivation of fluorotelomer alcohols in isolated rat hepatocytes. *Chem-Biol Interact* 177: 196-203.
- [Martin et al., 2006] Martin, J.W., Ellis, D.A., Mabury, S.A., Hurley, M., Wallington, T., 2006. Atmospheric chemistry of perfluoroalkanesulfonamides: kinetic and product studies of the OH radical and Cl atom initiated oxidation of N-ethyl perfluorobutanesulfonamide. *Environ.Sci. Technol.* 40 (3), 864–872.
- [Mitchell et al., 2011] Toxicity of fluorotelomer carboxylic acids to the algae *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Chlorella vulgaris*, and the amphipod *Hyalella azteca*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74: 2260-2267. [Naturvårdsverket, 2016] Högfluorerade ämnen (PFAS) och bekämpningsmedel. Rapport 6709. ISBN 978-91-620-6709-0.
- [NFA, 2017] National Food Agency, 2017, Riskhantering - PFAS i dricksvatten och fisk. Available from: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/PFAS-poly-och-perfluorerade-alkylsubstanser/riskhantering-pfaa-i-dricksvatten/> (in Swedish)
- [NICNAS 2017] Environment Tier II Assessment for Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and its Direct Precursors. Last update 14 February 2017. Available from https://www.nicnas.gov.au/chemical-information/imap-assessments/imap-assessments/tier-ii-environment-assessments/perfluorooctanoic-acid-and-its-direct-precursors#_ENREF_2 (accessed on 2.3.2017)

- [Norway, 2016] Norwegian Environment Agency. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from:
<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [NTP, 2016] NTP Monograph on immunotoxicity associated with exposure to perfluorooctanoic acid (PFOA) or perfluorooctane sulfonate (PFOS). National Toxicology Program.U.S. Department of Health and Human Services.https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/pfoa_pfos/pfoa_pfosmonograph_508.pdf
- [NRL, 2016] Evaluating the Difference in Foam Degradation between Fluorinated and Fluorine-free Foams for Improved Pool Fire Suppression. Katherine Hinnant, RamagopalAnanth, Michael Conroy, Bradley Williams. Naval Research Laboratory. Presented at the 2016 ACS Symposium.[Oda et al., 2007] Negative results of umu genotoxicity test of fluorotelomer alcohols and perfluorinated alkyl acids. *Environ Health Perspect* 12:217-9.
- [Obermeier and Stefaniak, 1997] Patent: Process for the recuperation of fluorinated carboxylic acids. Patent No. EP 0632009 B1.
- [OECD 2010] OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Emission Scenario Documents No. 9,EMISSION SCENARIO DOCUMENT ON PHOTORESIST USE IN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING(as revised in 2010). Available from
[http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2004\)14/rev1&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2004)14/rev1&doclanguage=en)
- [OECD, 2013] OECD/UNEP Global PFC Group.Synthesis paper on per- and polyfluorinated chemicals (PFCs).Environmental, Health and Safety, Environmental Directorate.OECD.
- [OECD, 2015] Risk Reduction Approaches for PFASs – A Cross-Country Analysis. OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Risk Management.No. 29. Available from:
http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/Risk_Reduction_Approaches%20for%20PFASS.pdf.
- [OECD, 2017] Organisation for Economic Co-operation and Development.OECD portal on perfluorinated chemicals. Available from: <https://www.oecd.org/ehs/pfc/#Definitions>
- [Oosterhuis et al, 2017] Frans Oosterhuis, Roy Brouwer, Martien Janssen, Julia Verhoeven, Cees Luttkhuizen. Towards a Proportionality Assessment of Risk Reduction Measures Aimed at Restricting the Use of Persistent and Bioaccumulative Substances. *Integr Environ Assess Manag* 2017:1–13, DOI: 10.1002/ieam.1949. Available at
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ieam.1949/epdf>
- [OSPAR, 2006] Perfluorooctane Sulphonate PFOS. OSPAR Commission 2005 (2006 update).OSPAR Background Document on Perfluorooctane Sulphonate.Hazard substance series, 269/2006.
- [P05, 2012] Durable Water and Soil repellent chemistry in the textile industry – a research report.P05 Water Repellency Project.Version 1.0. November 2012. Available at
https://outdoorindustry.org/pdf/FINAL_ZDHC_P05_DWR%20Research_Nov2012.pdf
- [Pieri et al., 2011] Patent: Method for manufacturing fluoropolymers by polymerization using fluorinated surfactants. WO 2011073337.
- [Plumlee et al. 2009] Plumlee, M.H., McNeill, K., Reinhard, M., 2009. Indirect photolysis of perfluorochemicals: hydroxyl radical-initiated oxidation of N-ethyl perfluorooctane sulfonamido acetate (N-EtFOSAA) and other perfluoroalkanesulfonamides. *Environ. Sci. Technol.* 43 (10), 3662–3668.[Poulsen et al., 2005] Danish Ministry of Environment.More environmentally friendly alternatives to PFOS-compounds and PFOA. Available from:
http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/Publications/2005/87-7614-668-5/html/default_eng.htm.
- [Prevedouros et al., 2006] Sources, Fate and Transport of Perfluorocarboxylates. *Environ Sci Technol.* 40(1) 32-44.
- [Prokop et al., 1989] Analysis of the products from the electrochemical fluorination of octanoyl chloride. *Journal of Fluorine Chemistry* 43: 277-90.
- [Pyua, 2017] <http://www.pyua.de/index.php/news/climaloop>. (Online access: 26 January 2017).
- [Queensland Gov., 2016a] Environmental Management of Firefighting Foam Policy. 7 July 2016
- [Queensland Gov., 2016b] Environmental Management of Firefighting Foam Policy. Explanatory Notes, Revision 2. State of Queensland. Revision 2.2 – July 2016. Available at
<http://www.ehp.qld.gov.au/assets/documents/regulation/firefighting-foam-policy-notes.pdf>

- [Renner, 2006] The long and the short of perfluorinated replacements. *Environ SciTechnol* 40(1): 12-3.
- [Ritter, 2010] Fluorochemicals go short. *ChemEng News* 88(5): 12-7.
- [RPA, 2004] Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales.
- Russell, M.H., Berti, W.R., Szostek, B., Buck, R.C., 2008. Investigation of the biodegradation potential of a fluoroacrylate polymer product in aerobic soils. *Environ SciTechnol* 42, 800-807.
- [Schlummer et al., 2015] Emission of perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCA) from heated surfaces made of polytetrafluoroethylene (PTFE) applied in food contact materials and consumer products. *Chemosphere* 129, 46-53.
- [Serbia, 2016] Republic of Serbia. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [SIA, 2016] Semiconductor Industry Association. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [Simon and Kaminsky, 1998] Simon CM, Kaminsky W. 1998. Chemical recycling of polytetrafluoroethylene by pyrolysis. *Poly Degrad Stabil* 62, 1-7.
- [Skutlarek D. et al., 2006] Perfluorinated surfactants in surface and drinking waters. *Environ SciPollut Res Int.* 13(5):299-307.
- [Spada and Kent, 2011] Patent: Process for manufacturing a dispersion of a vinylidene fluoride polymer. WO 2011073254.
- [Stahl et al., 2009] Carryover of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) from soil to plants. *Arch Environ Contam Toxicol* 57:289-98.
- [State of New Jersey, 2017] Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Drinking Water. Division of Water Supply and Geoscience. http://www.nj.gov/dep/watersupply/dwc_quality_pfoa.html
- [StatensForureningstilsyn, 2004] Norwegian Pollution Control Authority. Bruken af Perfluoralkylstoffer (PFAS) i produkter i Norge – Materialstromsanalyse. English title: Use of perfluoroalkyl substances (PFAS) in products in Norway – Mass Flow analysis.
- [Stockholm Convention, 2014] Publication. POPs in Articles and Phasing-Out Opportunities. Available from: <http://popub.bcr.cn/col/1408693347502/index.html>. (Online access: 07 March 2017).
- [Sulzbach et al., 1999] Sulzbach RA, Kowatsch W, Steidl D. 1999. Patent: Recovery of highly fluorinated carboxylic acids from the gas phase. Patent No. US 5990330 A
- [Sulzbach et al., 2001] Sulzbach RA, Grasberger R, Brandenburg RA. 2001. Patent: Recovery of highly fluorinated carboxylic acids from the gaseous phase. Patent No. US 6245923 B1
- [Swedish Chemicals Agency, 2013] Brandskumsomöjligförorenareavdricksvattentäkter. PM 5/2013. Available from: <https://www.kemi.se/global/pm/2013/pm-5-13.pdf>.
- [Swedish Chemicals Agency, 2015] Occurrence and use of highly fluorinated substances and alternatives. 2015.
- [Swedish Chemicals Agency] PFAS-nätverk. Available from: <http://www.kemi.se/om-kemikalieinspektionen/verksamhet/handlingsplan-for-en-giftfri-vardag/hogfluorerade-amnen-pfas-pfas-natverk>.
- [Swedish Chemicals Agency, 2016a] Förslag till nationella regler för högfluorerade ämnen i brandsläckningsskum. KemI Rapport 1/16. ISSN 0284-1185.
- [Swedish Chemicals Agency, 2016b] Strategy for reducing the use of highly fluorinated substances, PFASs. Report 11/16. ISSN 0284-1185.
- [Swedish Chemicals Agency, 2016c] Rekommendationer för minskad användning av brandsläckningsskum. Available from: <http://www.kemi.se/global/broschyter/rekommendationer-for-brandskum.pdf>
- [Taylor 2009] Taylor PH. 2009. ECA incineration testing program: laboratory-scale incineration testing of fluoropolymers; University of Dayton Research Institute. Pp. 1-84.

- [Taylor 2014] Investigation of waste incineration of fluorotelomer-based polymers as a potential source of PFOA in the environment. *Chemosphere*. 2014 Sep;110:17-22. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.02.037. Epub 2014 Apr 5.
- [The Intercept, 2016] Available from: <https://theintercept.com/2016/03/03/how-dupont-concealed-the-dangers-of-the-new-teflon-toxin/>. (Online access: 2 March 2017).
- [The Senate Foreign Affairs, Defence and Trade, 2016] Firefighting foam contamination Part B – Army Aviation Centre Oakey and other Commonwealth, state and territory sites. Available at: http://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Foreign_Affairs_Defence_and_Trade/ADF_facilities/Report_part_B.
- [TM, 2016] Confederation of the German Textile and Fashion Industry. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [UBA, 2016] HBM I values for Perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) in blood plasma. Statement of the German Human Biomonitoring Commission (HBM Commission). Announcement of the German Environment Agency (UBA). Available at: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/hbm_i_values_for_pfoa_and_pfos.pdf
- [UNEP, 2017] Guidance on best available techniques and best environmental practices for the use of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and related chemicals listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Available from: <http://chm.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/GuidanceonBATBEPfortheuseofPFOS/tabid/3170/Default.aspx>.
- [UNEP/POPS/POPRC.5/10/Add.1] Persistent Organic Pollutants Review Committee (2009). Addendum- General guidance on considerations related to alternatives and substitutes for listed persistent organic pollutants and candidate chemicals. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC5/POPRC5ReportandDecisions/tabid/719/Default.aspx>.
- [UNEP/POPS/POPRC.11/5] Persistent Organic Pollutants Review Committee (2015). Proposal to list pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Available from: <http://chm.pops.int/poprc11>.
- [UNEP/POPS/POPRC.12/11] Persistent Organic Pollutants Review Committee (2016). Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its twelfth meeting. Available from: <http://chm.pops.int/poprc12>.
- [UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2] Persistent Organic Pollutants Review Committee (2016). Addendum- Risk profile on pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds. Available from: <http://chm.pops.int/poprc12>.
- [UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.3] Persistent Organic Pollutants Review Committee (2016). Addendum- Risk management evaluation on short-chain chlorinated paraffins. Available from: <http://chm.pops.int/poprc12>.
- [UNEP/POPS/POPRC.12/INF/15/Rev.1] Persistent Organic Pollutants Review Committee (2016). Consolidated guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonic acid and its related chemicals. Available from: <http://chm.pops.int/poprc12>.
- [UNEP/POPS/POPRC.12/INF/5] Persistent Organic Pollutants Review Committee (2016). Additional information related to the draft risk profile on pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds. Available from: <http://chm.pops.int/poprc12>.
- [UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6] PFOA, its salts and PFOA-related compounds, Background document to the risk management evaluation, 2017. Available from: <http://chm.pops.int/poprc13>.
- [UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1] PFOA, its salts and PFOA-related compounds, Background document to the risk management evaluation, Non-exhaustive list of substances covered or not covered by the risk management evaluation, 2017. Available from: <http://chm.pops.int/poprc13>.
- [USEPA, 2012] US Environmental Protection Agency. New Chemical Review of Alternatives for PFOA and Related Chemicals. 2012. Available from: <http://www.epa.gov/oppt/pfoa/pubs/altnewchems.html>.

- [USEPA, 2015] United States Environmental Protection Agency, PFOA Stewardship Program. Available from: <http://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/20102015-pfoa-stewardship-program>.
- [USEPA 2016] United States Environmental Protection Agency. Fact Sheet PFOA & PFOS Drinking Water Health Advisories. 2016. Available from: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/drinkingwaterhealthadvisories_pfoa_pfos_updated_5.31.16.pdf
- [van der Putte et al., 2010] Analysis of the risk arising from the industrial use of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Ammonium Perfluorooctanoate (APFO) and from their use in consumer articles. Evaluation of the risk reduction measures for potential restrictions on the manufacture, placing on the market and use of PFOA and APFO. European Commission. DG Enterprise and Industry. Report TOX08.7049.FR03.
- [Vanparrys et al., 2006] Flow cytometric cell cycle analysis allows for rapid screening of estrogenicity in MCF-7 breast cancer cells. *Toxicol. in vitro* 20: 1238-48.
- [Vermont Department of Health, 2017] PFOA in Drinking Water 2016. In: Public Health Response; Environmental Contaminations. <http://www.healthvermont.gov/response/environmental/pfoa-drinking-water-2016>
- [Vierke et al., 2013] Estimation of the acid dissociation constant of perfluoroalkyl carboxylic acids through an experimental investigation of their water-to-air transport. *Environ Sci Technol* 47: 11032-9.
- [VTB SWT, 2016] VTB- Bavarian Textile and apparel association in cooperation with SWT- South-western textile association. Annex F form. Submitted 9 December 2016. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>.
- [Wang et al., 2013] Fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCAs), perfluoroalkane sulfonic acids (PFSAs) and their potential precursors. *Environ Int* 60: 242-8.
- [Wang et al., 2014a] Global Emission Inventories for C4-C14 Perfluoroalkyl Carboxylic Acid (PFCA) Homologues from 1951 to 2030, Part I: Production and Emission from Quantifiable Sources. *Environ Int* 70: 62-75.
- [Wang et al., 2014b] Global emission inventories for C4-C14 Perfluoroalkyl Carboxylic Acid (PFCA) Homologues from 1951 to 2013, Part II: The remaining pieces of the puzzle. *Environ Int* 69: 166-76.
- [Wang et al., 2015] Hazard assessment of fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl acids (PFAAs) and their precursors: Status quo, ongoing challenges and possible solutions. *Environ Int* 75: 172-79.
- [Wang et al., 2017] A Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)? *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51, 2508–2518
- [Washburn et al., 2005] Exposure assessment and risk characterization for perfluorooctanoate in selected consumer articles. *Environ Sci Technol* 39: 3904-10.
- [Wilhelm M. et al, 2009] Preliminary observations on perfluorinated compounds in plasma samples (1977–2004) of young German adults from an area with perfluorooctanoate-contaminated drinking water. *Int J Hyg Environ Health.* 212(2):142-5. doi: 10.1016/j.ijheh.2008.04.008
- [Wilhelm M. et al., 2010] Occurrence of perfluorinated compounds (PFCs) in drinking water of North Rhine-Westphalia, Germany and new approach to assess drinking water contamination by shorter-chained C₄–C₇ PFCs. *Int J Hyg Environ Health.* 213(3):224-32.
- [Williams et al., 2011] Extinguishment and Burnback Tests of Fluorinated and Fluorine-free Firefighting Foams with and without Film Formation. In *Suppression, Detection and Signalling Research and Applications- A Technical Working Conference, Orlando, Florida USA, 2011*, pp. 1-15 available at <http://www.nfpa.org/news-and-research/fire-statistics-and-reports/research-reports/proceedings/2011-proceedings/supdet-2011>.
- [Wilson, 2016] Can F3 agents take the fire security heat?. Mike Wilson. *International Airport Review* 20(6).
- [WSP, 2014] WSP Canada Inc. Effectiveness of Conventional and Advanced In Situ Leachate Treatment. Report prepared for Environment Canada (Call for Tender K2AA0-13-9013).
- [Xu et al., 2011] A novel fluorocarbon surfactant: synthesis and application in emulsion polymerization of perfluoroalkyl methacrylates. *Paint Coat Ind* 41: 17-21.

[Xu et al., 2013] Determination of PFOS and PFOA in food matrix of animal origin using UHPLC hyphenated triple quadrupole tandem mass spectrometry. Application Note. Agilent Technologies. Available from: <https://www.agilent.com/cs/library/applications/5991-1948EN.pdf>.

[Yamada et al., 2005] Yamada T, Taylor PH, Buck RC, Kaiser MA, Giraud RJ. 2005. Thermal degradation of fluorotelomer treated articles and related materials. *Chemosphere* 61, 974–84.

[Yu et al., 2008] Yu K, Song X, Cui L, Han S. 2008. Patent: 分散法聚四氟乙烯树脂生产中全氟辛酸铵的回收处理方法。 [Method for recovering and treating perfluoro ammonium caprylate for PTFE resin production by dispersion method.] Patent No. CN 100376537 C. [in Chinese]

[Zhao et al., 2012] Distribution and long-range transport of polyfluoroalkyl substances in the Arctic, Atlantic Ocean and Antarctic coast. *Environmental Pollution* 170 (2012) 71-77.

[Zhao et al., 2013a] 6:2 fluorotelomer alcohol biotransformation in an aerobic river sediment system. *Chemosphere* 90: 203-9.

[Zhao et al., 2013b] 6:2 Fluorotelomer alcohol aerobic biotransformation in activated sludge from two domestic wastewater treatment plants. *Chemosphere* 92: 646-70.
