



**Programme des  
Nations Unies pour  
l'environnement**

Distr.  
GÉNÉRALE

UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/68  
1<sup>er</sup> novembre 2018

FRANÇAIS  
ORIGINAL : ANGLAIS

COMITÉ EXÉCUTIF DU  
FONDS MULTILATÉRAL AUX FINS  
D'APPLICATION DU PROTOCOLE DE MONTRÉAL  
Quatre-vingt-deuxième réunion  
Montréal, 3-7 décembre 2018

**OPTIONS EFFICACES SUR LE PLAN DES COÛTS  
POUR CONTRÔLER LES ÉMISSIONS DU SOUS-PRODUIT HFC-23  
(DÉCISION 81/68 e))**

**Contexte**

1. Conformément au paragraphe 15 b) viii) de la décision XXVIII/2, les coûts de la réduction des émissions de HFC-23, un sous-produit du processus de production du HCFC-22, devraient être financés par le Fonds multilatéral pour satisfaire aux obligations des Parties visées à l'article 5. Pour donner suite à cette décision, le Comité exécutif, à sa 77<sup>e</sup> réunion<sup>1</sup>, a prié le Secrétariat d'établir un document contenant des informations préliminaires sur, entre autres, les principaux aspects des technologies de contrôle du sous-produit HFC-23 (décision 77/59 b) i) et iii)), qui a été présenté ultérieurement à la 78<sup>e</sup> réunion<sup>2</sup>. Les questions relatives aux émissions du sous-produit HFC-23 ont depuis été examinées à chaque réunion du Comité exécutif<sup>3</sup>.

Débats de la 81<sup>e</sup> réunion

2. À sa 81<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a examiné le document sur les principaux aspects des technologies de contrôle du sous-produit HFC-23 (décisions 78/5 e), 79/47 e) et 80/77 b)), qui contenait un rapport, établi par un consultant, évaluant les options concernant la destruction du HFC-23 dans les installations de production du HCFC-22.

3. Au cours des débats, plusieurs membres ont déclaré qu'il est important de mieux comprendre les coûts, la gestion et les conditions de la destruction et du contrôle des émissions de HFC-23 dans d'autres pays que la Chine, où les conditions sont différentes. Au vu des différences existant entre les pays produisant du HCFC-22, et du HFC-23 en tant que sous-produit, la question devrait être abordée au cas par cas pour identifier les déficits de capacités concernant la gestion de la destruction du HFC-23.

<sup>1</sup> Montréal (Canada), 28 novembre – 2 décembre 2016.

<sup>2</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/78/9 et Corr.1.

<sup>3</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48, Add.1 et Corr. 1 et 2 ; UNEP/OzL.Pro/ExCom/80/56 et Add.1 ; UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54

4. Répondant à des questions soulevées par les membres, le consultant a indiqué qu'aucune analyse n'avait été réalisée au niveau des usines, mais que les données sur la production moyenne de toutes les entreprises produisant du HCFC-22, et du HFC-23 en tant que sous-produit, avaient été examinées en Argentine, en Chine, en Inde et au Mexique. Le rapport indique que, dans les chaînes de production de HCFC-22 dotées d'installations d'incinération sur place, le HFC-23 est transporté par des conduites et que les fuites sont peu probables et faciles à réparer. Pour ce qui est des unités de production de HCFC-22 non dotées des capacités permettant de détruire le HFC-23 en continu, aucun rejet dans l'atmosphère ne devrait se produire tant que ces unités ont la capacité de stocker le HFC-23 comprimé. La solution la plus efficace sur le plan des coûts pour étendre la durée de vie des incinérateurs et réduire les coûts de production est de disposer d'une capacité de stockage suffisante et d'utiliser les incinérateurs en continu au niveau nécessaire pour chaque unité.

5. Le Comité exécutif a formé un groupe de contact devant examiner plus avant le rapport. Il a entre autres demandé au Secrétariat de préparer un document pour la 82<sup>e</sup> réunion, sur la base du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48, sur les options présentant un bon rapport coût-efficacité pour contrôler les émissions du sous-produit HFC-23, y compris les données liées au coût de la fermeture des usines mixtes produisant du HCFC-22, et les options de surveillance, à la lumière du rapport présenté par le consultant à la 81<sup>e</sup> réunion et d'autres rapports pertinents (décision 81/68 a) et e)).

6. Le Secrétariat soumet le présent document à la 82<sup>e</sup> réunion en application de la décision 81/68 e).

#### Champ d'application du document

7. Le présent document a été établi sur la base des documents sur les principaux aspects des technologies de contrôle du sous-produit HFC-23 soumis aux 79<sup>e</sup> et 81<sup>e</sup> réunions, des informations contenues dans les rapports de vérification, des informations recueillies lors d'une visite d'inspection d'une usine mixte dans un pays visé à l'article 5, des données communiquées au titre de l'article 7 et des informations publiques. Il contient des informations sur le niveau de production du HCFC-22 et la génération du sous-produit HFC-23, les options présentant un bon rapport coût-efficacité pour contrôler les émissions du sous-produit HFC-23, les informations relatives au coût de fermeture des usines mixtes de production de HCFC-22, et les options de surveillance, et présente une recommandation du Secrétariat.

8. Ce document comprend deux annexes :

- a) annexe I : un extrait du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54, qui résume le rapport du consultant indépendant évaluant les options concernant la destruction du HFC-23 provenant des unités de production du HCFC-22 ; et
- b) annexe II : un extrait du chapitre 7 du Rapport du GETE, mai 2017, Volume 4, intitulé Évaluation des besoins de financement pour la reconstitution des ressources du Fonds multilatéral pour la période 2018-2020 sur la méthode de détermination du financement de l'atténuation du HFC-23 à compter de 2020<sup>4</sup>.

#### **Niveau de production du HCFC-22 et génération du sous-produit HFC-23**

9. Selon les données communiquées au titre de l'article 7 du Protocole, 14 pays (sept pays visés à l'article 5 et sept pays non visés à l'article 5) ont produit du HCFC-22 en 2017. En 2017, la production mondiale de HCFC-22 s'est élevée à 895 459 tonnes métriques (tm), comme indiqué dans le tableau 1.

---

<sup>4</sup> Rapport du Groupe de l'évaluation technique et économique. Mai 2017. Volume 4 : Évaluation des besoins de financement pour la reconstitution des ressources du Fonds multilatéral pour la période 2018-2020 (chapitre 7).

**Tableau 1. Production totale\* de HCFC-22 pour la période 2009-2017 (tm) (données communiquées au titre de l'article 7)**

Pays	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Argentine	3 914	4 251	4 018	4 190	1 951	2 286	2 446	1 743	1 823
Chine	483 982	549 265	596 984	644 485	615 901	623 899	534 930	571 976	593 047 **
République populaire démocratique de Corée (la)	504	498	480	521	579	526	498	451	451
Inde	47 657	47 613	48 477	48 178	40 651	54 938	53 314	56 959	64 509
Mexique	12 725	12 619	11 813	7 872	7 378	9 214	4 752	4 791	5 965
Venezuela (République bolivarienne du)	2 307	2 167	2 443	2 914	2 204	1 566	677	260	273
République de Corée	6 913	7 634	7 262	5 704	6 673	6 833	7 180	7 344	7 587
<b>Sous-total pour les pays visés à l'article 5</b>	<b>558 002</b>	<b>624 047</b>	<b>671 475</b>	<b>713 864</b>	<b>675 336</b>	<b>699 262</b>	<b>603 796</b>	<b>643 523</b>	<b>673 656</b>
Pays non visés à l'article 5	195 796	229 863	241 783	219 909	193 519	210 042	225 155	208 817	221 803
Total	753 798	853 910	913 258	933 773	868 856	909 304	828 952	852 340	895 459

\*La production totale comprend toute la production destinée à des utilisations réglementées et à des utilisations en tant que matières premières et n'exclut pas le HCFC-22 qui peut avoir été produit mais détruit par la suite.

\*\* Valeur indiquée dans le rapport de vérification de 2017, différente de la production totale communiquée au titre de l'article 7.

10. Les quantités de HFC-23 sont estimées à partir de la production de HCFC-22 communiquée au titre de l'article 7 et des données sur le taux de production du sous-produit HFC-23 (taux  $w^5$ ) et sont présentées dans le tableau 2.

**Tableau 2. Quantités de HFC-23 provenant de la production de HCFC-22 (tm)**

Pays	Chaînes de prod.	$w$ (%) <sup>a</sup>	2013	2014	2015	2016	2017
Argentine	1	3,3	65 <sup>b</sup>	76 <sup>b</sup>	81 <sup>b</sup>	58	61
Chine	32	2,44 <sup>c</sup> , 2,36 <sup>d</sup>	17 129	17 351	13 604	13 949	13 966
République populaire démocratique de Corée (la)	1	1,49	11	8	7	7	7
Inde	6	2,94	1 196	1 616	1 568	1 675	1 897
Mexique	2	2,20	176	203	101	105	131
Venezuela (République bolivarienne du)	1	3,00	66	47	20	8	8
République de Corée	1	3,00	200	205	204	220	228
Sous-total pour les pays visés à l'article 5	43		18 842	19 506	15 585	16 022	16 298
Pays non visés à l'article 5		2,00	3 870	4 201	4 503	4 176	4 436
Total			22 713	23 707	20 089	20 199	20 734

<sup>a</sup> Taux de production du sous-produit HFC-23 en 2016 et 2017.

<sup>b</sup> D'après les données fournies dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/69, le taux de production du sous-produit HFC-23 pour 2013-2015 est de 3,32 %.

<sup>c</sup> Taux de production du sous-produit HFC-23 en 2016.

<sup>d</sup> Taux de production du sous-produit HFC-23 en 2017.

11. Les quantités du sous-produit HFC-23 produites en 2013-2015 sont décrites au paragraphe 12 du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48. Les quantités pour 2016 et 2017 ont été obtenues comme suit :

- a) Dans le cas de l'Argentine, le taux  $w$  de 3,32 % a été calculé sur la base des informations fournies par l'usine de production de HCFC-22 de ce pays<sup>6</sup> ;
- b) Dans le cas de la Chine, les taux  $w$  sont ceux indiqués dans les rapports de vérification soumis conformément à l'accord sur le plan de gestion de l'élimination de la production

<sup>5</sup> Le taux de production  $w$  est la masse de HFC-23 produit par tonne métrique de HCFC-22 produit, exprimée en pourcentage.

<sup>6</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/69

de HCFC (PGEPH). Les quantités de HFC-23 sont mesurées dans certaines usines au moyen de compteurs ; en l'absence de compteur, elles sont estimées en utilisant un taux  $w$  de 3 %. Le taux  $w$  a diminué au cours des dernières années, pour atteindre une moyenne de 2,36 % en 2017 ;

- c) Dans le cas de la République populaire démocratique de Corée, le taux  $w$  indiqué par l'État pour 2015 a été utilisé pour 2016 et 2017 ;
- d) Dans le cas de l'Inde, le taux  $w$  est basé sur les données moyennes des rapports de suivi du MDP ;
- e) Dans le cas du Mexique, le taux  $w$  déclaré par l'État pour 2015 a été utilisé pour 2016 et 2017 ;
- f) Dans le cas de la République de Corée et de la République bolivarienne du Venezuela, le taux  $w$  de 3,00 % a été utilisé en l'absence de données ; et
- g) Dans le cas des pays non visés à l'article 5, le taux  $w$  de 2,00 % a été utilisé en l'absence de données.

### **Options efficaces sur le plan des coûts pour contrôler les émissions du sous-produit HFC-23**

12. Les options de contrôle des émissions du sous-produit HFC-23 comprennent la destruction sur place, la destruction hors site, la conversion et la fermeture de la chaîne de production du HCFC-22<sup>7</sup>. L'option la plus efficace sur le plan des coûts pour contrôler les émissions du sous-produit HFC-23 dépend de facteurs propres à chaque site. La fermeture des usines mixtes de production du HCFC-22 éliminerait définitivement les émissions du sous-produit HFC-23 et de HCFC-22, et offrirait donc des avantages pour la couche d'ozone comme pour le climat.

### **Informations liées aux coûts de fermeture des usines mixtes produisant du HCFC-22**

13. En l'absence de modèle général permettant de chiffrer le coût de l'arrêt de la production, les projets visant l'arrêt de la production de CFC et de HCFC approuvés à ce jour peuvent constituer une référence utile.

14. Lors de l'élimination des CFC, le Comité exécutif a approuvé six projets d'accords pluriannuels visant l'élimination de la production des substances du groupe I dans six pays visés à l'article 5. La production totale éliminée s'est élevée à 82 626 tm. Le rapport coût-efficacité global de ces projets, y compris le financement supplémentaire fourni pour l'élimination accélérée dans le cadre de certains plans, varie de 2,88 \$US/kg à 3,86 \$US/kg, avec une moyenne de 3,45 \$US/kg, comme indiqué dans le tableau 3.

---

<sup>7</sup> Les Parties n'ont pas encore approuvé de technologies de destruction du HFC-23. Les technologies de destruction des substances réglementées seront examinées à la trentième Réunion des Parties. Le Secrétariat n'a pas connaissance d'utilisations actuelles du HFC-23 en tant que matière première. La capture et l'utilisation à des fins réglementées entraîneront à terme le rejet des émissions de HFC-23, retardant ainsi ces émissions plutôt que de les éviter.

**Tableau 3. Rapport coût-efficacité des projets d'élimination de la production de CFC**

Pays	Référence (tm)	Financement (\$US)	Rapport coût-efficacité (\$US/kg)	Nombre de chaînes de production	
				Usines mixtes	Usines non mixtes
Argentine	2 745,30	10 600 000	3,86	1	0
Chine	47 003,90	160 000 000	3,40	0*	18
République populaire démocratique de Corée (la)	414,99	1 421 400	3,43	0	1
Inde	22 632,40	85 170 000	3,76	4	1
Mexique	11 042,30	31 850 000	2,88	2	0
Venezuela (République bolivarienne du)	4 786,90	16 500 000	3,45	1	0
Total	88 625,79	305 541 400	3,45	8	20

\* Sur la base de l'accord entre le gouvernement chinois et le Comité exécutif concernant l'élimination de la production de CFC figurant à l'annexe IV du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/27/48. Il a été déterminé qu'une chaîne de production de CFC a été transformée en chaîne mixte CFC/HCFC-22. Selon l'accord relatif au plan de gestion de l'élimination de la production de HCFC, cette chaîne de production ne bénéficiera pas d'une indemnisation dans le cadre du PGEPH.

15. Sur la base des accords conclus entre les gouvernements concernés et le Comité exécutif, les usines mixtes ne sont pas admissibles dans le cadre de l'élimination de la production de HCFC.

16. L'indemnisation totale au titre du PGEPH pour la Chine prévoyait un financement de 385 millions \$US maximum, y compris tous les coûts du projet, en vue de l'élimination de 445 888 tm de HCFC. Le rapport coût-efficacité est de 0,86 \$US/kg.

17. L'option la plus rentable pour indemniser les usines mixtes de HCFC-22 en vue du respect des obligations de contrôle de l'Amendement de Kigali concernant le sous-produit HFC-23 dépendra de divers facteurs, notamment si l'usine mixte est dotée d'une installation de destruction sur place ; la durée de vie restante de l'usine mixte et de l'installation de destruction, le cas échéant ; le niveau de production de HCFC-22 au vu du calendrier d'élimination prévu au Protocole de Montréal ; le montant des indemnités fournies en cas de fermeture ; le taux de production du sous-produit HFC-23 ; les surcoûts associés à la réouverture de toute installation de destruction abandonnée ; le niveau des surcoûts d'exploitation nécessaires au fonctionnement continu de l'installation de destruction ou à la destruction hors site, et d'autres facteurs.

18. Le Comité exécutif a décidé d'examiner les options présentant un bon rapport coût-efficacité pour indemniser les usines mixtes produisant du HCFC-22, afin qu'elles puissent respecter les obligations de contrôle relatives au sous-produit HFC-23 de l'Amendement de Kigali (décision 79/47 c)). Il pourrait entre autres envisager leur fermeture et le rapport-coût efficacité des projets d'élimination de la production précédemment approuvés pourrait servir de référence lors du calcul du niveau d'indemnisation des usines mixtes de HCFC-22. Le coût de leur fermeture peut être estimé en se fondant sur les informations sur le niveau de production de HCFC-22 fournies dans le tableau 1, le sous-produit HFC-23 généré au cours de cette production et le rapport coût-efficacité des projets approuvés pour l'élimination de la production de CFC et de HCFC.

19. Le Secrétariat a comparé dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54 le coût de la lutte contre les émissions du sous-produit HFC-23 par la fermeture des usines mixtes et l'incinération sur place, en utilisant le rapport coût-efficacité des projets d'élimination précédemment approuvés et la gamme des surcoûts d'exploitation estimés par le consultant indépendant pour une installation de destruction de 400 et 800 tm/an (c'est-à-dire entre 1,80 et 4,37 \$US/kg). Pour référence, le tableau 4 indique le seuil de rentabilité entre la fermeture et la poursuite de l'exploitation de l'installation de destruction dans des usines mixtes en Inde et au Mexique en se fondant sur les données suivantes :

- a) Pour l'Inde : la production de 2017 de HCFC-22<sup>8</sup> ; un taux de production du sous-produit de 2,94 % ; et en supposant le même rapport coût-efficacité pour la fermeture que pour l'élimination de la production de CFC (c'est-à-dire 3,76 \$US/kg), le seuil de rentabilité se situe entre 29 et 71 ans. En utilisant le rapport coût-efficacité de l'élimination de la production chinoise de HCFC (0,86 \$US/kg), le seuil de rentabilité se situe entre sept et 16 ans ; et
- b) Pour le Mexique : la production de 2017 de HCFC-22 ; un taux de production du sous-produit de 2,20 % ; et en supposant le même rapport coût-efficacité pour la fermeture que pour l'élimination de la production de CFC (c'est-à-dire 2,88 \$US/kg), le seuil de rentabilité se situe entre 30 et 73 ans. En utilisant le rapport coût-efficacité de l'élimination de la production chinoise de HCFC (0,86 \$US/kg), le seuil de rentabilité se situe entre neuf et 22 ans.

**Tableau 4. Seuil de rentabilité entre la fermeture et la poursuite de l'exploitation des installations de destruction\***

	Rapport coût-efficacité de la fermeture (\$US/kg)	Seuil de rentabilité (années)	
		Surcoûts d'exploitation (1,80 \$US/kg)	Surcoûts d'exploitation (4,37 \$US/kg)
Inde	3,76	71	29
	0,86	16	7
Mexique	2,88	73	30
	0,86	22	9

\* Dans l'hypothèse d'une production (constante) en 2017.

20. Le Secrétariat n'a pas évalué le seuil de rentabilité des installations en République populaire démocratique de Corée ni en République bolivarienne du Venezuela car elles ne sont pas, à sa connaissance, dotées d'installations de destruction ; en outre, la chaîne de production en République populaire démocratique de Corée n'est pas une usine mixte. De même, les coûts des installations en Chine ne sont pas fournis, car il ne s'agit pas d'usines mixtes et l'indemnisation pour la fermeture est déjà prévue dans le cadre du PGEPPH. Le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/69 fournit une évaluation détaillée des coûts des différentes options de contrôle du sous-produit HFC-23 pour l'usine mixte de HCFC-22 en Argentine.

21. Les seuils de rentabilité indiqués dans le tableau 4 sont uniquement donnés à titre indicatif, car ils ne tiennent pas compte des circonstances nationales ou de celles pouvant s'appliquer à des installations de production spécifiques. Le seuil de rentabilité est par exemple calculé en supposant une production constante en 2017. Dans les deux cas considérés, le seuil de rentabilité est atteint après l'échéance de 2025. La production de 2017 pour l'Inde et le Mexique étant supérieure à la limite fixée pour 2025, elle devrait être réduite ou utilisée comme matière première. Le Secrétariat n'a pas tenu compte de la capacité de l'installation de destruction de chaque usine mixte, car ces données n'étaient pas disponibles ; toutefois, les surcoûts d'exploitation devraient varier en fonction de la capacité et de l'utilisation de cette capacité. Le Secrétariat n'a pas non plus tenu compte de la technologie utilisée par chaque installation de destruction. Par exemple, l'installation de destruction du Mexique utilise la technologie au plasma et les rapports coûts-efficacité de cette technologie devraient être supérieurs à ceux de la technologie au fluor décrite dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54.

<sup>8</sup> La production de 2017 comprend le HCFC-22 produit dans une nouvelle chaîne de production intégrée utilisée exclusivement pour les matières premières. Cette chaîne de production n'est pas une usine mixte ; le Secrétariat ne peut toutefois exclure cette production car seules des données agrégées sont disponibles.

## Options de surveillance

22. Les lignes directrices pour la déclaration des émissions de gaz à effet de serre (GES), élaborées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) dans le cadre de la CCNUCC, ainsi que la méthodologie de surveillance du HFC-23 définie dans le Mécanisme pour un développement propre (MDP) sont décrites dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48. Le présent document se concentre donc sur les pratiques actuelles de surveillance des émissions de HFC-23 dans le cadre de la mise en œuvre du PGEPH de la Chine.

23. Dans le cadre de l'accord avec le Comité exécutif pour la phase I du PGEPH, le gouvernement chinois a accepté de faire tout son possible pour gérer la production de HCFC et de ses sous-produits dans les usines HCFC conformément aux meilleures pratiques. Pour suivre l'impact de la mise en œuvre des activités susmentionnées, le Comité exécutif a demandé que le rapport de vérification de la Banque mondiale fournisse des estimations des émissions accidentelles de HFC-23 et d'autres sous-produits (décision 72/44 b)). Les vérifications effectuées entre 2013 et 2017 ont inclus des informations pertinentes sur les émissions de HFC-23 provenant des 16 producteurs de HCFC-22 couverts par le PGEPH. Les trois derniers rapports de vérification, pour 2015, 2016 et 2017, font état des progrès accomplis par le gouvernement chinois dans la réduction des émissions de HFC-23, conformément à la réglementation publiée par le gouvernement : la part du sous-produit HFC-23 incinéré est passée de 45 % en 2015, à 93 % en 2016 et à 98 % en 2017.

24. Au cours de la vérification, les données sur la sous-production de HFC-23 provenant de la production de HCFC-22 et sur la manipulation du HFC-23 sont examinées pour chaque producteur. Les données sur les quantités de HFC-23 produites, détruites, dégagées, vendues et entreposées sont recueillies, vérifiées et présentées dans le rapport annuel de vérification de la production préparé pour chaque installation. La sous-production totale de HFC-23 à partir du procédé de production de HCFC-22 est déterminée sur la base de données vérifiables, par les quantités transférées à l'incinérateur MDP situé sur place ou au système de récupération du HFC-23 ; les quantités vendues sont vérifiées à partir des registres financiers. En cas d'absence de données de mesures spécifiques enregistrées, on suppose alors que le ratio du HFC-23 est de 3 % pour estimer la quantité globale de HFC-23 générée.

25. Le Secrétariat note que toutes les installations de production de HCFC-22 cherchent à limiter au minimum les émissions fugaces car elles réduiraient la quantité de HCFC-22 qu'elles peuvent vendre et représenteraient donc une perte financière pour l'entreprise. De même, bien que les procédés utilisés pour séparer le HFC-23 du HCFC-22 avant sa destruction ne permettent pas de séparer totalement ces produits, les installations de production s'efforceront de maximiser l'efficacité de la séparation pour limiter les pertes de HCFC-22. En outre, indépendamment de la faisabilité technique, le paragraphe 6 de l'article 2J de l'Amendement de Kigali spécifie que le sous-produit HFC-23 doit être détruit « dans la mesure du possible », de sorte qu'il n'est pas certain qu'une séparation parfaite soit exigée. Outre les observations atmosphériques, le Secrétariat n'a connaissance d'aucun instrument analytique susceptible d'être utilisé pour surveiller à distance les émissions fugaces de HFC-23.

26. Une récente publication scientifique<sup>9</sup> a estimé les émissions de HFC-23 à partir d'observations atmosphériques. Les émissions de HFC-23 ont atteint leur maximum en 2014, puis ont progressivement diminué en 2016. Le Secrétariat note que la diminution progressive est inférieure à ce à quoi on pourrait s'attendre compte tenu des données du tableau 2 du présent document et des réductions des émissions indiquées au paragraphe 23, bien que des observations supplémentaires pourraient clarifier ce point car la publication scientifique ne contient que des estimations des émissions jusqu'en 2016.

<sup>9</sup> Simmonds et al., "Recent increases in the atmospheric growth rate and emissions of HFC-23 (CHF<sub>3</sub>) and the link to HCFC-22 (CHClF<sub>2</sub>) production," *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 4153–4169, 2018.  
<https://doi.org/10.5194/acp-18-4153-2018>

**Recommandation**

27. Le Comité exécutif pourrait souhaiter prendre note du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/68 sur les options efficaces sur le plan des coûts pour contrôler les émissions du sous-produit HFC-23 (décision 81/68 e)).

**Annexe I**

**OPTIONS EFFICACES SUR LE PLAN DES COÛTS DE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS DU  
SOUS-PRODUIT HFC-23**

Extrait du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54 (par. 7-18)

*Coûts de l'incinération dans des installations de destruction aménagées sur place*

7. L'évaluation du consultant présente les principales conclusions suivantes :
- a) L'estimation conservatrice des coûts fixes d'investissement pour un nouvel incinérateur installé vers le milieu de 2017 en Chine centrale orientale varie de 9 millions \$US pour un incinérateur de 400 tonnes métriques (tm/an) à 27,1 millions \$US pour un incinérateur de 2 400 tm/an. La valeur de la limite inférieure de cette estimation varie de 6,3 millions \$US à 18,5 millions \$US. Ces coûts comprennent tous les coûts prévus associés à l'achat et l'installation d'un nouvel incinérateur, à savoir les permis, l'assurance et la sécurité, ainsi que l'achat, l'expédition et l'installation de l'équipement, et tous les coûts associés à la mise en service et au fonctionnement de l'incinérateur pendant au moins 72 h ;
  - b) Les coûts de fonctionnement varient selon la capacité et l'étendue de l'utilisation de cette capacité, de 4,37 \$US/kg à 1,45 \$US/kg, comme indiqué dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Limites inférieures et supérieures des coûts d'exploitation en fonction de la capacité et de l'étendue de l'utilisation des incinérateurs sur place**

Pourcentage de l'utilisation	Capacité des incinérateurs sur place (tm/an)							
	400		800		1 600		2 400	
	Limite inférieure (\$US/kg)	Limite supérieure (\$US/kg)	Limite inférieure (\$US/kg)	Limite supérieure (\$US/kg)	Limite inférieure (\$US/kg)	Limite supérieure (\$US/kg)	Limite inférieure (\$US/kg)	Limite supérieure (\$US/kg)
100	2,22	2,63	1,80	2,13	1,55	1,81	1,45	1,68
75	2,66	3,21	2,10	2,55	1,77	2,12	1,63	1,94
50	3,54	4,37	2,71	3,37	2,21	2,74	2,01	2,47

- c) Les coûts de fonctionnement des incinérateurs existants seront vraisemblablement plus faibles que les estimations des coûts d'un nouvel incinérateur. Ces coûts se rapprocheraient vraisemblablement des estimations de la limite inférieure indiquées dans le rapport, en sachant que les coûts précis ne peuvent être évalués qu'à partir de caractéristiques propres au site ; et
- d) Les coûts de remise en service d'installations en désuétude sont évalués à 575 000 \$US et comprendraient de nouvelles qualités réfractaires résistantes aux acides, l'achat et l'installation de nouvel équipement, de nouvelles sondes et la mise à niveau du système de contrôle de la distribution. Ces coûts varieraient selon la capacité de l'incinérateur et les conditions propres au site.

*Coûts de l'incinération dans des installations de destruction hors site*

8. L'évaluation du consultant présente les principales conclusions suivantes :
- a) Les coûts de la construction et de l'exploitation d'un nouvel incinérateur autonome sont plus élevés que ceux d'un incinérateur sur place à cause de l'équipement supplémentaire nécessaire (p. ex., installations de réception du HFC-23 à détruire) et la perte des

avantages reliés à la synergie, dont les avantages au niveau de la main-d'œuvre, des fournitures, des frais généraux et autres coûts) ;

- b) L'estimation conservatrice des coûts fixes d'investissement pour un nouvel incinérateur autonome installé vers le milieu de 2017 en Chine centrale orientale varie de 12,1 millions \$US pour un incinérateur de 400 tm/an à 34,5 millions \$US pour un incinérateur de 2 400 tm/an. La valeur de la limite inférieure de cette estimation varie de 8,8 millions \$US à 24,5 millions \$US ; et
- c) Les coûts d'exploitation varient selon la capacité et l'étendue de l'utilisation de cette capacité, comme dans le cas des installations sur place, de 5,59 \$US/kg à 1,56 \$US/kg, comme indiqué dans le tableau 2. Les coûts d'exploitation indiqués dans le tableau 2 comprennent la collecte, le transport jusqu'aux installations hors site et l'incinération. Ils représentent le total des coûts pour le producteur de HCFC-22.

**Tableau 2 : Limites inférieures et supérieures des estimations des coûts d'exploitation en fonction de la capacité et de l'étendue de l'utilisation des incinérateurs hors site**

	Capacité des incinérateurs hors site (tm/an)							
	400		800		1 600		2 400	
Pourcentage de l'utilisation	Limite inférieure (SUS/kg)	Limite supérieure (SUS/kg)	Limite inférieure (SUS/kg)	Limite supérieure (SUS/kg)	Limite inférieure (SUS/kg)	Limite supérieure (SUS/kg)	Limite inférieure (SUS/kg)	Limite supérieure (SUS/kg)
100	2,81	3,24	2,11	2,45	1,71	1,98	1,56	1,80
75	3,45	4,02	2,52	2,97	1,99	2,35	1,79	2,10
50	4,73	5,59	3,33	4,01	2,54	3,08	2,23	2,71

*Coûts de la destruction du sous-produit HFC-23 par transformation irréversible et au moyen d'autres nouvelles technologies*

9. Quatre technologies ont été évaluées : pyrolyse du HFC-23 en difluorure de carbonyle (COF<sub>2</sub>) ; iodisation du HFC-23 en trifluoroiodométhane (CF<sub>3</sub>I)<sup>1</sup> ; reconversion au HCFC-22, difluorure de vinylidène (VDF) ou TFE et hexafluoropropylène (HFP)<sup>2</sup> ; et la réaction chimique avec l'hydrogène et le dioxyde de carbone<sup>3</sup>. Les coûts des trois premières technologies n'ont pas pu être évalués car ces technologies en sont encore à l'étape de la recherche. En ce qui concerne la dernière technologie, le fournisseur de la technologie n'a pas fourni l'information souhaitée et il existe très peu d'information publique permettant d'évaluer ces coûts. Le consultant n'a pas pu évaluer indépendamment les coûts d'exploitation suggérés par le fournisseur de la technologie ni évaluer les coûts d'investissement de l'équipement nécessaire ; ces coûts permettraient de calculer la période de récupération des coûts de la technologie pour un incinérateur. Par contre, le consultant a pu évaluer les revenus possibles de la technologie à partir de l'information publique sur le prix des produits chimiques produits dans le cadre du processus de reconversion. Le consultant estime que les revenus potentiels de la reconversion de 900 tm de HFC-23 seraient d'environ 565 000 \$US.

<sup>1</sup><http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/Effective%20Technologies%20for%20Conversion%20of%20HFC-23%20-%20Quan%20Hengdao.pdf>

<sup>2</sup><http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/Treatment%20of%20HFC-23%20by%20conversion%20-%20Han%20Wenfeng.pdf>

<sup>3</sup><http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/The%20Creation%20and%20Recovery%20of%20Valuable%20Organic%20Halides%20From%20the%20HFC-23%20-%20Lew%20Steinberg.pdf>

*Coûts et mesures pour optimiser le processus de production de HCFC-22 afin de minimiser la production du sous-produit HFC-23 et de maximiser la collecte du sous-produit HFC-23*

10. Les mesures précises pour minimiser la production du sous-produit HFC-23 et en maximiser la collecte varient selon les exigences propres au site. Néanmoins, trois changements de processus ont été recensés qui pourraient s'appliquer aux installations de production de HCFC-22 :

- a) Apporter des améliorations à la colonne de distillation de HCFC-22, à savoir le remplacement des plateaux intérieurs de la colonne par des garnitures structurées, réduire la pression de fonctionnement la colonne ainsi que la température du condensateur, et accroître le rapport de reflux, réduisant de 8 à 3 pour cent le reliquat du HCFC-22 dans le flux de HFC-23 ;
- b) Reconvertir le réacteur de HCFC-22 à un écoulement non dispersif afin d'accroître le mélange de fluorure d'hydrogène et de chloroforme, améliorant ainsi la sélectivité et aboutissant à un taux réduit de production de sous-produit HFC-23 d'environ 1,75 pour cent ; et
- c) Reconvertir le réacteur de HCFC-22 à un étage à un réacteur à trois étages, afin de réduire le ratio de sous-produit de HFC-23 à environ 1,4 pour cent. Réduire le ratio de sous-produit HFC-23 sous les 1,4 pour cent exigerait de la recherche et du développement, surtout en ce qui concerne les nouveaux catalyseurs.

11. Les coûts de ces mesures varieront selon les installations de production de HCFC-22. Les installations de production doivent remplacer régulièrement l'équipement qui atteint la fin de sa vie utile. Les installations compareront vraisemblablement les coûts supplémentaires de ces mesures aux avantages de leur mise en œuvre lors du choix de l'équipement de remplacement. Les colonnes de distillation doivent être remplacées tous les dix ans, environ, et le choix s'arrêtera sans doute sur les colonnes à garniture structurée compte tenu de l'augmentation des revenus que devrait apporter une séparation améliorée et une réduction des coûts d'entretien. Les réacteurs ont une durée de vie de 10 à 15 ans. Lors du choix d'un nouveau réacteur, les installations compareront vraisemblablement la différence de coût entre un réacteur à trois étages et un réacteur à un étage par rapport aux avantages que procure une meilleure sélectivité favorisant le HCFC-22. Par exemple, une augmentation de 0,5 pour cent de la sélectivité favorisant le HCFC-22 dans une installation produisant 27 000 tm/an de HCFC-22 pourrait vraisemblablement augmenter les revenus d'environ 300 000 \$US par année lorsque le prix du HCFC-22 est de 2,20 \$US/kg.

12. Le Secrétariat a été incapable d'effectuer une analyse détaillée du sommaire des enquêtes sur la réduction du ratio de sous-produit HFC-23 en appliquant les meilleures pratiques soumis par la Banque mondiale le 10 mars 2018 avant la mise au point du présent document. Par contre, les observations ci-dessous sont importantes :

- a) La capacité totale des 22 installations de destruction du HFC-23 de la Chine (comprenant 16 incinérateurs, trois incinérateurs au plasma à courant continu et trois installations de vapeur surchauffée) est de 22 000 tm/an. La capacité moyenne d'une installation de destruction est de 1 000 tm/an. Le Secrétariat a pris note que certaines installations sont en attente ; 17 810 tm/an de la capacité installée totale de 20 960 tm/an étaient utilisés en 2016 contre 2 750 tm/an en attente. La capacité de destruction de la Chine est suffisante pour détruire tout le sous-produit HFC-23 compte tenu du niveau de production de HCFC-22 et de la capacité du pays ;

- b) Les conclusions théoriques fournies dans le sommaire sont conformes à celles du rapport du consultant. Le taux de production du sous-produit HFC-23 est surtout déterminé par les détails de la construction du réacteur, la colonne de distillation, les conditions du processus et les qualités de mélange du réacteur ; abaisser le niveau de liquides dans le réacteur peut réduire considérablement le taux de production de HFC-23 sans investissement supplémentaire en équipement ni augmentation de la consommation d'énergie. Bien que ces conclusions soient semblables à celles du consultant, la proposition du consultant de reconverter le réacteur à un réacteur à trois étages offrira vraisemblablement un moyen plus efficace d'atteindre les mêmes résultats qu'accroître le rapport hauteur-rayon du réacteur comme le proposait le rapport sommaire de la Banque mondiale. Le réacteur à trois étages devrait réduire le niveau de liquides dans le réacteur et augmenter le niveau de mélange et d'uniformité du fluorure d'hydrogène dans le réacteur, réduisant ainsi le niveau de production du sous-produit HFC-23 ; et
- c) Toutes les mesures indiquées dans le sommaire coûtent moins de 1 million \$US, ce qui suggère une période de récupération des coûts de moins de quatre ans pour l'installation ci-dessus (qui produit 27 000 tm/an de HCFC-22 et offre une augmentation de 0,5 pour cent de la sélectivité favorisant le HCFC-22).

#### *Coût des différentes méthodes de suivi et de vérification*

13. Le consultant a recommandé d'utiliser la méthodologie de valeur de référence approuvée et de suivi AM0001/version 06.0.0 du mécanisme pour un développement propre (MDP) pour effectuer le suivi de la destruction du sous-produit HFC-23. Les coûts du suivi sont inclus dans les coûts estimatifs ci-dessus.

14. Une vérification indépendante devra être réalisée par un tiers indépendant sans conflit d'intérêt. Le vérificateur devra avoir accès aux données d'exploitation des installations et aux livres financiers des producteurs et des destructeurs du HCFC-22/HFC-23. Les coûts de cette vérification sont en sus des coûts estimatifs indiqués ci-dessus.

#### *Coûts des différentes technologies de destruction*

15. Le consultant a évalué cinq technologies de destruction : incinérateur au plasma à courant continu de fréquence radio, incinérateur de thermooxydation à feu, incinérateur horizontal à four rotatif, oxydation dans un four à ciment et décomposition thermique à vapeur surchauffée :

- a) La technologie de l'incinérateur au plasma à courant continu de fréquence radio offre une destruction très efficace mais coûte plus cher que tous les technologies examinées et conviendrait davantage aux petites installations de destruction. Les coûts d'exploitation sont d'environ 3 \$US/kg. Une installation qui détruit environ 100 tm/an devra investir approximativement 2,5 millions \$US pour détruire le HFC-23 ;
- b) L'incinérateur de thermooxydation à feu offre une destruction très efficace et représente la deuxième technologie la plus onéreuse. Les coûts d'exploitation sont d'environ 2,40 \$US/kg. Une installation qui détruit environ 100 tm/an devra investir approximativement 1,7 million \$US pour détruire le HFC-23 ;
- c) L'incinérateur horizontal à four rotatif et l'oxydation dans un four à ciment sont bien commercialisés et offrent des technologies de destruction parmi les plus économiques. L'efficacité de la destruction est toutefois inférieure (environ 99 pour cent) et les coûts d'exploitation sont d'environ 1 \$US/kg. Une installation qui détruit environ 100 tm/an

devra investir approximativement 0,5 million \$US pour détruire le HFC-23. Ces coûts seraient surtout engagés pour l'achat et l'installation de l'équipement nécessaire pour recevoir les contenants remplis de HFC-23 à détruire, le transfert du HFC-23 à un réservoir d'entreposage et le transfert du HFC-23 au four ; et

- d) La décomposition thermique à vapeur surchauffée offre une destruction très efficace. Il existe trois installations de ce genre en Chine, mais il y a très peu d'information sur les coûts, de sorte que ceux-ci n'ont pas pu être évalués. Par contre, les coûts devraient être inférieurs à ceux de l'incinérateur de thermooxydation à feu.

16. Les installations de production de HCFC-22 à faible niveau de production et, par conséquent, à faible quantités de sous-produit HFC-23 à détruire, qui n'ont pas l'intention de poursuivre la production à des fins de matières premières et qui ne possèdent pas d'installations de destruction sur place ou dont les installations de destruction sont en désuétude, pourraient faire face à des coûts de destruction du sous-produit HFC-23 beaucoup plus élevés que les installations ayant un volume élevé de sous-produit HFC-23 à détruire dans des installations sur place.

17. Le Secrétariat prend note que les Parties n'ont pas encore adopté de technologie de destruction du HFC-23. Si les Parties devaient approuver l'utilisation de technologies de destruction présentant un taux de destruction et d'élimination sous les 99,99 pour cent (peut-être pour un temps limité), les installations pourraient alors utiliser les technologies plus économiques recensées, telles que l'oxydation dans un four à ciment ou l'incinérateur horizontal à four rotatif, avant d'éliminer leur production de HCFC-22.

#### *Comparaison des coûts par rapport aux estimations antérieures*

18. Les surcoûts des consommables et des résidus des installations de destruction ont toujours été inférieurs à 1 \$US/kg, selon les analyses des données du MDP entreprises par le Secrétariat à la 79<sup>e</sup> réunion<sup>4</sup>. Ces coûts ne comprenaient toutefois pas les coûts d'entretien, de main-d'œuvre, de suivi et autres coûts qui pourraient avoir des conséquences sur les surcoûts d'exploitation de la destruction. Le Secrétariat a donc considéré que les surcoûts des consommables et des résidus représentaient la limite inférieure des surcoûts d'exploitation. Les estimations des coûts du consultant, qui sont plus élevées, comprennent tous les coûts associés à la destruction du HFC-23, à savoir l'achat et l'installation de l'équipement, ainsi que les coûts de construction, comprenant les permis et l'assurance, de même que tous les coûts d'exploitation, c'est-à-dire les consommables, le traitement des eaux usées, le suivi et les procédés, et l'eau de refroidissement. Les taxes et la dépréciation sont exclues, comme le veulent les pratiques et les décisions du Comité exécutif. L'estimation conservatrice présentée par le consultant comprend 25 pour cent pour les imprévus, et les coûts d'installation représentent environ 35 pour cent des coûts fixes, y compris le fonctionnement de l'incinérateur pendant au moins 72 heures afin de faire la démonstration de son efficacité. Ces coûts sont supérieurs aux coûts typiques des projets proposés au Fonds multilatéral car ils représentent une estimation conservatrice (limite supérieure).

---

<sup>4</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48 ; 79/48/Add.1 ; 79/48/Corr.1 ; et 79/48/Corr.2.

## 7 Methodology for determining funding for HFC-23 mitigation as of 2020

### 7.1 Introduction

In the Kigali Amendment, HFC-23 has been added to the list of controlled (HFC) substances in Annex F, Group II. This Group II has been formed because HFC-23 is thought to fulfil a minor role in HFC consumption for emissive uses, however, it is largely produced in HCFC-22 production processes, where it is produced as a by-product that has often been vented to the atmosphere. It should not be misunderstood however that a certain small production of HFC-23 is used to form blends (such as R-508) which are used (and are essential because of no competitive or alternative refrigerants or blends) in very low temperature freezing equipment, furthermore, it is used in fire protection; both are emissive uses. There might also be some feedstock use for HFC-23.

The larger portion of the HFC-23 vented to the environment comes from the HCFC-22 production processes where HCFC-22 is produced for both emissive uses and for feedstock production. In non-Article 5 production processes the emission of HFC-23 is avoided via mitigation, i.e. the incineration of the by-product gas and the re-use or neutralization of the HF so obtained. The percentage of the HFC-23 formed in the total amount of gas produced (HCFC-022 and HFC-23) is maximum 4%, where this percentage can be reduced by optimising the process and by suitable use of regularly replaced catalysts; percentages in the order of 1.2-1.4% have been given in case of this optimization. Some of this optimisation has been applied in non-Article 5 HCFC-22 production plants, followed by collection and incineration of HFC-23.

Table 7-1 gives an overview of the Article 7 UNEP reported data related to HCFC-22 production during the period 2008-2015 for non-Article 5 and Article 5 feedstock and emissive uses.

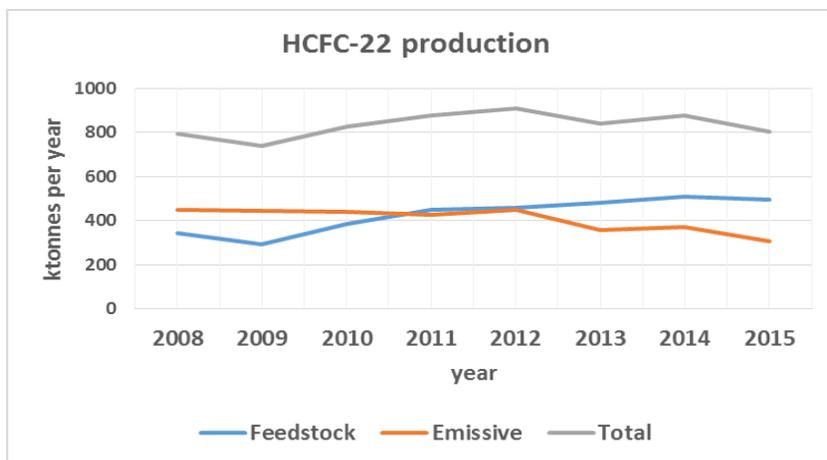
HCFC-22 feedstock production in non-Article 5 parties did not decrease during 2008-2015, there has been an increasing trend in Article 5 parties (however, with one exception, which is for the year 2015). Production for emissive uses is decreasing since before the year 2008 in non-Article 5 parties and since the year 2012 in Article 5 parties (with a maximum of almost 412,000 tonnes in 2012).

**Table 7-1 Production of HCFC-22 for feedstock and emissive uses in Non-Article 5 and Article 5 parties, period 2008-2015 (UNEP Article 7 reporting) (in this case all Article 5 parties are considered, including the Republic of Korea)**

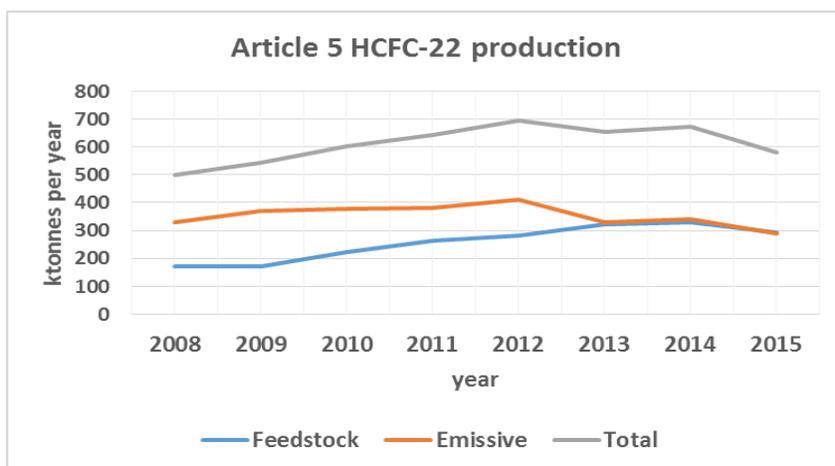
Production of HCFC-22 for feedstock and emissive uses 2008-2015 (metric tonnes)								
Year	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Non-Article 5 emissive	117621	74226	61372	47214	36609	28733	29700	19806
Article 5 emissive	330078	371418	379105	379925	411634	330071	341666	287774
Total emissive	447699	445644	440477	427139	448243	358804	371367	307580
Non-Article 5 feedstock	173957	120824	164588	186190	177301	159496	177178	199576
Article 5 feedstock	170916	173098	221761	263482	261815	323996	330910	293156
Total feedstock	344872	293923	386349	449671	459116	483491	508088	492733

As mentioned, HFC-23 is a by-product in all HCFC-22 production given in Table 7-1. Article 5 production for emissive and feedstock use was about 580 ktonnes in 2015.

Figure 7-1 and 7-2 show feedstock, emissive use and total HCFC-22 production for all parties as well as for Article 5 parties only.



**Fig. 7-1 HCFC-22 production for feedstock, emissive uses and total, for 2008-2015, as reported under Article 7 by all non-Article 5 and Article 5 parties**



**Fig. 7-2 HCFC-22 production for feedstock, emissive uses and total, for 2008-2015, as reported under Article 7 by all Article 5 parties**

From Figures 7-1 and 7-2 it can be concluded that emissive use production is clearly decreasing, there is an upward trend for feedstock, however not that much during 2013-2015. The growth in feedstock production is difficult to forecast, it might be smaller than thought in the past, very much related to forecasts for PTFE use. For total HCFC-22 production in Article 5 parties, there may be a certain growth in feedstock production during the next 5 years, but the maximum of the year 2012 is not likely to be achieved. HCFC-22 is also used to make HFC-125 in e.g., China, although alternative production technologies may reduce its competitiveness.

With regard to the HFC-23 substance, the Kigali Amendment stipulates that:

- Each party manufacturing Annex C, Group I, or Annex F substances shall ensure that for the twelve-month period commencing on 1 January 2020, and in each twelve-month period thereafter, its emissions of Annex F, Group II substances generated in each production facility that manufactures Annex C, Group I, or Annex F substances are destroyed to the extent practicable using technology approved by the parties in the same twelve-month period;

- Emissions of Annex F, Group II substances generated in each facility that generates Annex C, Group I, or Annex F substances by including, among other things, amounts emitted from equipment leaks, process vents, and destruction devices, but excluding amounts captured for use, destruction or storage;
- Each Party shall provide to the Secretariat statistical data of its annual emissions of Annex F, Group II controlled substances per facility in accordance with paragraph 1(d) of Article 3 of the Protocol.

In decision XXVIII/2, parties request the Executive Committee to develop guidelines for financing the phase-down of HFC consumption and production. With regard to the production sector, the parties through decision XXVIII/2 requested the Executive Committee to make eligible the costs of reducing emissions of HFC-23, a by-product from the production process of HCFC-22, by reducing its emission rate in the process, destroying it from the off-gas, or by collecting and converting it to other environmentally safe chemicals. Such costs should be funded by the Multilateral Fund to meet the obligations of Article 5 parties. A further analysis of the expected mitigation and associated cost scenarios is given in sections 7.2 and 7.3.

The guidelines concerning the production of HFCs and all issues related to this production have first been discussed in April 2017 at ExCom-78. Final guidance where it concerns the funding of capital and operating costs for mitigation of HFC-23 is not yet clear, however, a range for the funding that would be required in the next triennium can be determined. In particular, it is noted that the control obligations related to HFC-23 are the earliest control obligations under the Kigali Amendment.

Paragraph 41 in ExCom document 77/70 for the ExCom-77 meeting in December 2016 mentions a number of issues related to HFC-23 mitigation. A document covering the key aspects related to HFC-23 was subsequently developed by the Secretariat and was published in March 2017 as UNEP/OzL.Pro/ExCom/78/9 (“Key aspects related to HFC-23 by-product control technologies”).

## 7.2 HFC-23 by-product production

A number of details on HFC-23 production and mitigation and how it has been dealt with in past years can be found in the Appendix to this chapter.

**Table 7-2 Level of HFC-23 estimated in 2015 and destruction facilities in Article 5 countries (from ExCom 78/9)**

Country	HCFC-22 production *(mt/year)	HFC-23 generation		HCFC-22 production lines				
		(mt/year)	Rate (%)	Number	With CDM project	With destruction facility	With recovery system	Without destruction facility
Argentina	2,446	73	3.00	1	1	0	0	0
China	534,928	13,602	2.54	32	14	16	1**	1
DPR Korea	498	15	3.00	1	0	0	0	1
India	53,314	1,674	3.14	5 (or 6)***	5	0	0	0
Mexico	4,729	115	2.44	2	1	0	0	1
BR Venezuela	677	20	3.00	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>596,591</b>	<b>15,499</b>		<b>42</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

The ExCom 78/9 document gives HCFC-22 production data reported under Article 7 for 2015 for six Article 5 countries, namely Argentina, China, Democratic People's Republic of Korea, India, Mexico, and Bolivarian Republic of Venezuela, and concludes that they manufactured almost 600 ktonnes of HCFC-22 for controlled emissive and feedstock uses. That document estimates the total amount of HFC-23 generated at 15,499 tonnes (see table below, reproduced from the ExCom document).

Of the six Article 5 countries that reported HCFC-22 production under Article 7 (see above), only China has an approved HPPMP. The issue of the eligibility funding the closure of swing plants continues to be under discussion at ExCom level. Given the present guidelines (except for the DPR Korea), the Article 5 producing countries are not eligible to receive funding from the Multilateral Fund for closure of HCFC-22 (swing) plants. The following can be mentioned for the various countries:

### 7.2.1 Argentina

Data given mention that the HFC-23 generated in Argentina is about 3% of the HCFC-22 amount produced. It is being vented, where it was reported previously as vented under the CDM.

### 7.2.2 China

**Table 7-3 Amounts of HCFC-22 produced in 2015 in various HCFC-22 production plants, as well as the HFC-23 amounts stored and/or incinerated in 2015. The information is available from the Chinese NRDC at NDRC at: [http://qhs.ndrc.gov.cn/gzdt/201605/t20160527\\_805072.html](http://qhs.ndrc.gov.cn/gzdt/201605/t20160527_805072.html)**

Producer	HCFC-22 prod. (ktonnes)	HFC-23 prod. (tonnes)	Incinerated HFC-23 (tonnes)	Comment
Shandong Dongyue Chemical Co	173.3	3614	1059	182 tonnes stored, two new incinerators completed late 2015
Zhengjiang Quhua Co	49.2	1441	1055	376 tonnes stored, new incinerator completed in December 2015
Jiangsu Meilan	63.9	1827	1418	
3F Changsu	40.9	1180	1180	
ZhongHao ChenGuang	17.2	474	466	
Linhai Limin Chemical (Zhejiang)	17.5	353	615	HFC-23 stored in the past included
Shandong ZhongFu	N/A	N/A	N/A	Data not available
Arkema Changshu (Jiangsu)	30.7	576	576	
Zhejiang Sanmei Chemical	14.4	368	0	350 tonnes sold, 18 tonnes stored, incinerator compl. April 2016
Jinhua Yonghe (Zhejiang)	12.0	240	0	165 tonnes sold, incinerator completed in March 2016
Zhejiang Lanxi Juhua	20.6	618	0	144 tonnes sold, 44 tonnes stored, incinerator compl. March 2016
Jiangxi YingGuang Chemical	0.0	0.0	0	Incinerator under construction
Jiangxi Sanmei Chemical	14.0	350	0	194 tonnes sold, 41 tonnes stored, without incinerator constr. plan
Sichuan Zigong Honghe Chemical	N/A	N/A	N/A	Data not available
Zhejiang Pengyou Chemical	10.0	270	0	Incinerator completed in April 2016
<b>Totals</b>	<b>463.7</b>	<b>11311</b>	<b>6369</b>	

China has a large number of HCFC-22 producing plants, of which a number of plants in operation for at least three years before 2004 were qualified for and equipped under the CDM with incineration units that incinerated part -- or the whole of the HFC-23 generated. In 2008, any new HCFC-22 lines built for use as a refrigerant were required by the Chinese government to have the capability to address HFC-23 and any new HCFC-22 production units for feedstock are required to destroy HFC-23 without subsidies related to capital investment or operating costs.

Table 7-3 gives 15 Chinese HCFC-22 production plants, of which 9 plants have an annual output between 0 and 40 ktonnes, 3 between 40 and 80 ktonnes; one has an annual output in the range of 150-200 ktonnes of HCFC-22. For two plants data are not available. Specific production data are given in the table, with a known total of 463.7 ktonnes. This is less than in the ExCom 78/9 table, because certain plant production lines are not reported (the amount in the ExCom 78/9 may also be overestimated; it may well be 22 ktonnes lower for 2015).

Article 7 reporting of HCFC-22 for emissive use and feedstock production by China amounts to about 514 ktonnes in 2015 (there is a difference of about 50 ktonnes with the amount mentioned in Table 7-2; 50 ktonnes may well have been produced in the two plants for which no data are available in Table 7-2). Based on the data in table 7-3, HFC-23 waste generation rates ranged from 2.9 to 1.9 per cent, with an average of 2.4 per cent; this is comparable to the data reported in ExCom 78/9, which indicated HFC-23 waste generation rates between 3.03 and 1.78 per cent for 29 production lines in 13 production facilities, with an average of 2.54 per cent.

With the support of the Government, the construction of 13 HFC-23 destruction facilities at 15 HCFC-22 production lines not covered by the CDM was started in 2014. The Government also has committed to subsidise the operating costs during the period 2014-2019 to encourage the operation of destruction facilities. The CDM lines have been in operation since their start up. Once all new destruction facilities are completed, 30 out of 32 production lines will be equipped with a destruction (incineration) facility. It is estimated that 45 per cent of the HFC-23 generated was destroyed in 2015; 10 per cent was collected, sold or stored for use; and 45 per cent was emitted. For 2016, a percentage between 60 and 70 is estimated for destruction; the collection cannot be estimated.

### **7.2.3 Mexico**

In Mexico, HFC-23 by-product from HCFC-22 production is partially emitted (and/or separated for a specific use), or destroyed. One destruction facility attached to one Quimibasicos plant (CDM project from 2006) was operated in 2015. The other plant (where it is not clear where it is located and whether the same destruction facility could be used for the HFC-23 amount generated here) is venting HFC-23 to the atmosphere. A HFC-23 waste generation of 2.44% has been reported.

### **7.2.4 India**

In India, 5 HCFC-22 production facilities have implemented a CDM project, of which two are still in operation (until April 2017 and October 2018). Once the CDM projects will expire for the production facilities, a newly issued order by the Indian Government specifies that the destruction facilities continue to be operated. It is not clear whether that would mean that operating costs would be eligible under the Multilateral Fund. For the funding requirement calculated in this report it has been assumed that they would.

There may also be a sixth facility in India (not taken into consideration) producing HCFC-22 for feedstock.

### 7.2.5 *Other Article 5 parties*

The HCFC-22 production facilities in the DPR Korea and the Bolivarian Republic of Venezuela (one each) have never had a CDM project and did never build destruction facilities. It can therefore be assumed that HFC-23 is vented at those two facilities at a 3% level of the HCFC-22 production. There is also production in the Republic of Korea but this has not been further considered here.

### 7.3 **HFC-23 by incineration; investment and operating costs**

It will be difficult to give accurate numbers for future years, i.e., after the year 2020 (the first year in the Kigali Amendment), for capital and operating costs for HFC-23 mitigation.

This because:

- It is unclear what the HCFC-22 total production will be in the year 2020 and the years beyond, which very much depend on the increase (decrease) in production for feedstock, if any;
- It may be useful for certain existing plants to consider collection of HFC-23 rather than continuous destruction in an integrated system and transport to an incineration facility on- or off-site, however, costs for this operation are unknown as capital investment to improve the ability to collect HFC-23 may be needed to reduce emissions rates;
- It is unclear whether and when certain Article 5 production plants would consider closure, if they would become eligible for closure funds under the Protocol;
- Costs for investments for and operating costs of an incineration (thermal decomposition) plant vary widely;
- Neutralization and disposal costs or income generated by the acid waste stream will vary depending on local markets and the ultimate fate of the acid;
- Reduced HFC-23 generation through optimisation could further reduce operating costs for incineration and neutralisation.

An estimate of capital and operational costs is therefore given on the basis of the HFC destruction plants installed and the HFC-23 generated in 2015. This implies that it would concern 3 destruction facilities, and furthermore transport costs of HFC-23 to a destruction facility for two small production plants, as well as about 15.5 ktonnes HFC-23 generated per year (based on 575 ktonnes of HCFC-22).

Process optimisation is normally done to minimize the HFC-23 emissions; this is related to temperature, pressure, feed rates, catalyst concentration and catalyst renewal, where the latter is a very important factor in the production of HFC-23 as a percentage of HCFC-22. Non-Article 5 country producers are assumed to all have implemented either process optimization and/or thermal destruction to mitigate HFC-23 emissions. Process optimization will reduce generation rates to below 1.6 per cent of HCFC-22 production, but may require modifications to existing equipment and capital expenditure, as well as additional operating costs.

A report on an optimization project in China implemented under the stage I HPPMP is expected at the 79<sup>th</sup> Executive Committee meeting. Specifically, implementation of the HPPMP for China includes technical assistance related to HFC-23 by-product control, and in particular an investigation on the mechanisms and technical feasibility of reducing the HFC-23 production ratio in HCFC-22 production through best practices. This technical assistance intends to reduce the HFC-23 by-product ratio through policy and technical measures.

The USEPA (global mitigation report of 2013) estimated the costs for installing and operating a thermal oxidizer with a technical lifetime of 20 years: capital cost is estimated to be approximately US\$ 4.8 million to install at an existing plant and US\$ 3.7 million to install as part of constructing a new plant,

operating and maintenance costs are approximately 2.0 to 3.0 per cent of total capital costs. Based on these assumptions, operating costs would be approximately US\$ 0.22/kg (following ExCom document 78/9). Values in this range, even somewhat higher, have been mentioned in discussions with manufacturers in non-Article 5 parties. Higher estimates have been given by others sources consulted, varying between incremental capital costs of US\$ 2-10 million for plants with a HCFC-22 production capacity of 10-50 ktonnes of HCFC-22 (China CDM report, IPCC-TEAP, 2005, manufacturers data) and as high as US\$ 6/kg (see ExCom document 78/9).

Based on the ranges given, this study estimates the cost of a new incinerator for existing facilities at US\$ 250,000-500,000 per year (based on a 20 years lifetime).

For the operating costs, a “best estimate” range of US\$ 0.5-1.5 per kg has been derived<sup>13</sup>. In this amount the costs for possible optimization of the process before HFC-23 mitigation would be included.

The above would imply (see above) a funding of US\$ 0.75-1.5 million for one year for three new facilities. For the operational costs (for 15.5 ktonnes of HFC-23 as mentioned in Table 8-2) a range of US\$ 7.75-23.3 million would apply. This amount takes into account all operating costs for all Article 5 parties with HCFC-22 production, including those where subsidy programs are currently applied (PR China) or where an order (or regulation) to mitigate HFC-23 emission has entered into force (India).

To this amount the possible costs for the mitigation of 35 tonnes of HFC-23 from the facilities in DPR Korea and Venezuela would have to be added, but this is assumed to be small compared to the numbers mentioned for the range above. Costs for transport and incineration elsewhere could be assumed at US\$ 2.5 per kg, which would bring the total to US\$ 87,000 per year.

However, it may not be correct to consider the same HCFC-22 production amounts for emissive uses and for feedstock. One could assume that the emissive use production would decrease by 25% between 2015 and 2020 (the Montreal Protocol mandated reduction) and that feedstock production would increase by 10% based on the 2015 production. Since both amounts are comparable in the case of Article 5 countries it would mean that the operational costs would be lower in 2020, where the range of US\$ 6.4-19.1 million can be determined (from the range of US\$ 7.75-23.3 million above). Together with the annual investment costs as well as transport and incineration costs this would yield a total of US\$ 7.2-20.7 million for HFC-23 mitigation.

In order to prepare for operation of a few facilities (not in operation) to incinerate HFC-23, enabling activities at a value of US\$ 0.8 million are estimated.

**Table 7-4 Funding for HFC-23 mitigation activities for the triennium 2018-2020 (US\$ million)**

<b>HFC-23 mitigation</b>	<b>2018-2020</b>
Enabling activities before 2020	0.8
Capital and operating costs (year 2020 only)	7.2-20.7
<b>Total</b>	<b>8.0-21.5</b>

<sup>13</sup> Based upon estimates from various studies, data from the ExCom 78/9 document, and information on investments and operational costs from several HCFC-22 manufacturers

## Appendix to Chapter 7

From the publication by Montzka (2010), one can take the following:

“HFC-23 (CHF<sub>3</sub>) is a potent greenhouse gas with a global warming potential (GWP) of 14,800 for a 100-year time horizon, that is an unavoidable by-product of HCFC-22 (CHClF<sub>2</sub>) production. HFC-23 is a relatively long-lived trace gas with a tropospheric lifetime of about 260–270 years..... The production of HCFC-22 for use as feedstock, however, is unrestricted. These two latter aspects of HCFC-22 production regulation have implications for the future production of the by-product HFC-23.

In contrast to the widespread industrial uses of HCFC-22, HFC-23 has limited industrial uses. These include use as feedstock in Halon-1301 (CBrF<sub>3</sub>) production (nondispersive), in semiconductor fabrication (mostly non-dispersive), in very low temperature (VLT) refrigeration (dispersive) and in specialty fire suppressant systems (dispersive). Thus the bulk of the co-produced HFC-23 was historically considered a waste gas that has been and often continues to be vented to the atmosphere. Since the 1990s, some HCFC-22 producers in the developed countries have voluntarily reduced HFC-23 emissions by process optimization and/or incineration. Based on historical trends, McCulloch in 2004 concluded that “approximately half of the HFC-23 co-produced with HCFC-22 in the developed world is abated”. Under the Clean Development Mechanism (CDM) of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 19 HCFC-22 production plants in five developing countries were approved for participation as CDM projects. These countries have reportedly incinerated the HFC-23 co-produced during 2007–2008 from 43–48% of the developing world’s HCFC-22 production (Montzka, 2010). Typical HFC-23/HCFC-22 co-production ratios, often referred to as the waste gas generation ratio “w”, range from 0.014 in optimized processes to upwards of about 0.04. This co-production relationship of HFC-23 and HCFC-22 provides a unique constraint in evaluating their emission and production trends as HFC-23 may act as a tracer of HCFC-22 production while the fate of HCFC-22 involves a more convoluted path of various end-uses and different release rates. To the extent that HCFC-22 production, waste gas generation ratio and HFC-23 incineration are known, a bottom-up emission history for HFC-23 can be derived. This is not subject of this section, however, has been important in deriving emissions from atmospheric abundance measurements.

To investigate the response of HFC-23 emissions to HCFC-22 production and recent HFC-23 emission abatement measures, a bottom-up HFC-23 emission history was constructed for comparison with our top-down HFC-23 emission history. The bottom-up history relies on HCFC-22 data provided by UNEP up to 2008, on HFC-23 data provided by UNFCCC for developed countries emissions to 2008, on CDM HFC-23 incineration monitoring reports for 2003–2009 and on annual HFC-23/HCFC-22 co-production ratios for developing countries deduced from these CDM reports. The top down versus bottom-up HFC-23 emission history comparison shows agreement within stated uncertainties for all years, with particularly close agreement during 1995–2005. The bottom-up history shows small, statistically insignificant departures to lower values in 2006 and 2008. Overall, this level of agreement supports a reasonable confidence in the HFC-23 emission data reported to the UNFCCC for developed countries and for HFC-23 incineration data reported by CDM projects, and for data reported to UNEP under Article 7 of the Montreal Protocol. In the 1990s, HFC-23 emissions from developed countries dominated all other factors controlling emissions, and thereafter they began to decline to an eventual six-year plateau. From the beginning of that plateau, the major factor controlling the annual dynamics of global HFC-23 emissions became the historical rise of HCFC-22 production for dispersive uses in developing countries to a peak in 2007. But incineration via CDM projects became a larger component during 2007–2009, reducing global HFC-23 emissions despite both a high HCFC-22 dispersive production and a rapidly rising feedstock production, both in the developing world. In the near future, the controlling factor determining whether

there is resurgence or continued decline in HFC-23 emissions may be the extent to which incineration can keep pace to counteract potential growth in feedstock production.”

This was the result of investigations reported up to 2010<sup>14</sup>. At that stage the future of any CDM project related to HFC-23 incineration was uncertain based upon the discussions that had started in 2006 within the UNFCCC framework. A further publication by Miller and Kuijpers (2011) investigated future global scenarios for HFC-23 abundances in the atmosphere, dependent on assumed CDM supported mitigation, feedstock production growth and emissive use production phase-down in Article 5 parties (Miller and Kuijpers, 2011). Fang (2014) published a study, which specifically develops HFC-23 emission scenarios through 2050 for China.

However, in the period 2010-2016 various developments have taken place where it concerns HFC-23 mitigation activities in various Article 5 parties. In the early versions of the approved baseline and monitoring methodology “Decomposition of fluoroform (HFC-23) waste streams” under the CDM, the waste generation rate was capped at 3.0 per cent. The most recent version of the methodology uses a waste generation rate of 1 per cent. Information provided in ExCom document 78/9 mentions that “one producer in the United States of America has developed technology that could improve the yield of HCFC-22, reduce the HFC-23 by-product generation rate to as low as 1.0 percent, and improve the collection efficiency of HFC-23 that is generated”.

---

<sup>14</sup> In 2009 the MLF Secretariat had described the situation with regards to CERs, carbon credits via Certified Emission Reductions in UNEP/OzL.Pro/ExCom/57/62 (February 2009), Summary of Information publicly available on relevant elements of the operation of the Clean Development Mechanism and the amounts of HCFC-22 production available for credits