

DOCUMENT DE REFERENCE

# Gestion du cycle de vie des réfrigérants : Maximiser les bénéfices atmosphériques et économiques du Protocole de Montréal

Octobre 2023

*Préparé par le Yale Carbon Containment Lab pour la Trente-cinquième Réunion des Parties*

Auteurs: Charlie Mayhew ([charlie.mayhew@yale.edu](mailto:charlie.mayhew@yale.edu)), Tilden Chao ([tilden.chao@yale.edu](mailto:tilden.chao@yale.edu)), Anastasia O'Rourke



**RESUME:** Pour que le Protocole de Montréal réalise pleinement son potentiel en termes de protection du climat et de la couche d'ozone, il faut prendre en compte l'ensemble du cycle de vie des substances réglementées : de la production et l'utilisation à la réduction des fuites, ainsi que la récupération, la réutilisation et une destruction écologiquement durable. Cette approche coordonnée – c'est-à-dire la gestion du cycle de vie des réfrigérants (GVR – ou LRM en anglais) - peut générer des bénéfices importants et peu coûteux pour l'ozone, le climat et l'équité économique. Ce document présente les meilleures pratiques en matière de gestion du cycle de vie des réfrigérants et leurs impacts potentiels en vue de la trente-cinquième Réunion des Parties.

## Introduction

L'amendement de Kigali au Protocole de Montréal constitue une étape importante dans la réduction des émissions mondiales d'hydrofluorocarbones (HFC). La mise en œuvre complète de la réduction progressive de la production et de la consommation de HFC permettra d'éviter un réchauffement atmosphérique estimé à 0,5 degré Celsius d'ici 2100.<sup>1</sup> Ce réchauffement évité s'ajoute aux énormes avantages environnementaux liés à l'élimination progressive des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO – ou ODS en anglais) dans le cadre du Protocole de Montréal.

Pour que le Protocole de Montréal réalise pleinement son potentiel en termes de protection du climat et de la couche d'ozone, il faut prendre en compte l'ensemble du cycle de vie des substances réglementées : de la production et l'utilisation à la réduction des fuites, ainsi que la récupération, la réutilisation et une destruction écologiquement durable. La gestion "en aval" des réfrigérants - la "gestion du cycle de vie des réfrigérants" (GVR – ou LRM en anglais) - peut contribuer au respect du Protocole de Montréal et peut servir les objectifs principaux du traité : la protection de l'ozone stratosphérique et la prévention du changement climatique mondial.<sup>2,3</sup>

Les possibilités offertes par la GVR sont considérables. Les émissions mondiales de HFC continuent d'augmenter rapidement en raison du remplacement des SAO et de l'adoption croissante des technologies de climatisation, de pompe à chaleur et de réfrigération. Aujourd'hui, la quantité de SAO et de HFC dans les équipements en service (soit le "stock de réfrigérants installé") s'élève à 24 milliards de tonnes d'équivalent dioxyde de carbone (éqCO<sub>2</sub>) au niveau mondial. Le stock installé devrait atteindre 61 milliards de tonnes éqCO<sub>2</sub> d'ici 2050 et 91 milliards de tonnes éqCO<sub>2</sub> - soit près de trois ans d'émissions du secteur énergétique mondial - d'ici 2100, même si l'amendement de Kigali est pleinement respecté et que l'élimination progressive des hydrochlorofluorocarbures (HCFC) demeure en cours.<sup>4</sup> Sans une gestion adéquate du cycle de vie des réfrigérants utilisés aujourd'hui et à l'avenir, ces gaz se retrouveront inévitablement dans l'atmosphère.

Bien que l'expression "gestion du cycle de vie des réfrigérants" soit relativement nouvelle, beaucoup de ses piliers - tels que la formation des techniciens, la récupération et la réutilisation des réfrigérants et la destruction écologiquement durable - sont familiers à la communauté du Protocole de Montréal. Au cours des trente années d'existence du traité, le Fonds multilatéral et les groupes d'évaluation ont abordé chacun de ces sujets de manière isolée. Alors que le protocole entre dans une phase difficile, avec les pays de l'article 5 qui commencent à réduire progressivement les HFC tandis que l'élimination complète de la consommation de HCFC se rapproche, le moment est venu d'élaborer et de mettre en œuvre une stratégie unifiée de GVR dans le cadre du Protocole de

---

<sup>1</sup> World Meteorological Organization (WMO), "Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project," 2018, <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-05/SAP-2018-Assessment-report.pdf>.

<sup>2</sup> Christina Theodoridi et al., "The 90 Billion Ton Opportunity" (EIA, NRDC, IGSD, 2022), <https://us.eia.org/wp-content/uploads/2022/10/Refrigerant-Lifecycle-FullReport-6Spreads-PRINT.pdf>.

<sup>3</sup> Initiative on Fluorocarbons Life Cycle Management, "Resource Book for Life Cycle Management of Fluorocarbons" (Climate and Clean Air Coalition: Japan Ministry of the Environment, 2022), <https://www.ccacoalition.org/resources/resource-book-life-cycle-management-fluorocarbons-good-practice-portfolio-policymakers>.

<sup>4</sup> Theodoridi et al., "The 90 Billion Ton Opportunity."

Montréal, qui puisse contribuer au respect du traité. Au cours d'une décennie critique pour la couche d'ozone et le climat mondial, la GVR peut garantir que le Protocole de Montréal continue de sauver la planète.

## Quel est le statu quo du cycle de vie des réfrigérants?

Le cycle de vie actuel des réfrigérants est loin d'être circulaire et présente plusieurs défauts qui augmentent les émissions ainsi que le gaspillage des ressources et qui rendent plus difficile la conformité au Protocole de Montréal. Aujourd'hui, les pratiques habituelles se déroulent de la manière suivante :

- **Les réfrigérants sont produits** et chargés dans les nouveaux équipements au cours du processus de fabrication.
- Au cours de son opération, **l'équipement subit des fuites de réfrigérant**, ce qui nuit à sa performance, à son efficacité énergétique et à sa durée de vie.
- **Les techniciens de maintenance rechargent les équipements** avec du réfrigérant vierge.
- Lorsque l'équipement atteint la fin de sa durée de vie utile, **le réfrigérant restant est généralement émis** ("évacué") dans l'atmosphère. Bien que ce type d'évacuation soit explicitement illégale dans de nombreux pays, il est difficile de contrôler et de faire respecter la réglementation. Souvent, la récupération des réfrigérants représente également un coût net pour les techniciens, en partie parce que les marchés pour les réfrigérants récupérés sont peu développés.
- De nouveaux équipements sont installés, **chargés de réfrigérants vierges**.

## Qu'est-ce que la gestion du cycle de vie des réfrigérants?

Les meilleures pratiques de gestion des réfrigérants peuvent être mises en œuvre à chaque étape du cycle de vie avec la technologie existante et à faible coût. Les stratégies disponibles sont les suivantes:

- Tenir à jour **des inventaires précis et complets des stocks de réfrigérants** et des estimations d'émissions.
- Mettre en œuvre les meilleures pratiques en matière d'installation, d'entretien et de surveillance **afin de réduire les fuites** pendant la durée de vie de l'équipement de refroidissement.
- Assurer la **récupération des réfrigérants** à la fin du cycle de vie des équipements.
- **Recycler ou réclamer** les réfrigérants usagés afin de réduire la demande de production de réfrigérants vierges et de créer des marchés finaux pour les gaz récupérés.
- **Détruire** les réfrigérants récupérés pour lesquels la demande est faible ou inexistante à l'aide d'une technologie respectueuse de l'environnement.
- Passer à des équipements utilisant des réfrigérants à **faible potentiel de réchauffement global**. Ces équipements, outre le fait qu'ils ont moins d'impact sur le climat en raison des fuites de réfrigérant et de la ventilation, tendent également à être plus efficaces sur le plan énergétique.

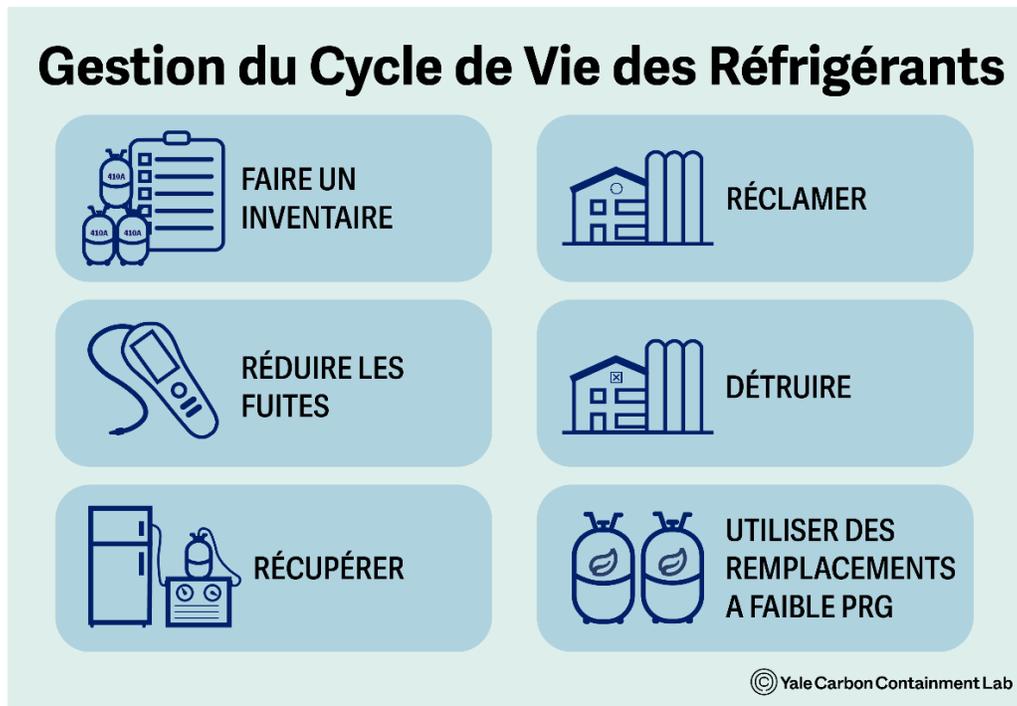


Figure 1: Étapes du Gestion du Cycle de Vie des Réfrigérants. Caroline Benedetti, Yale Carbon Containment Lab.

## Quels sont les avantages de la gestion du cycle de vie des réfrigérants?

### Meilleure compréhension des stocks et des émissions

Des inventaires précis facilitent la prise de décision dans tous les aspects de la gestion du cycle de vie des réfrigérants. Les informations sur la taille du stock installé et son mélange d'espèces de réfrigérants éclairent la mise en œuvre de la récupération, de la réclamation et de la destruction. De leur côté, les prévisions d'émissions permettent d'orienter la priorisation des secteurs et des régions dont l'impact potentiel est le plus important. Des inventaires de qualité permettent également d'établir des estimations d'émissions de référence, qui sont une condition préalable à de nombreuses formes de financement de la lutte contre le changement climatique.

### Conservation de l'énergie et des ressources grâce à la réduction des fuites

La réduction des fuites de réfrigérant des équipements en fonctionnement peut générer à la fois d'importants bénéfices climatiques et des économies. Les mesures de réduction des fuites réduisent les émissions et conservent le réfrigérant tout en augmentant l'efficacité de fonctionnement de l'équipement (ce qui se traduit par des économies d'énergie significatives). La réduction des fuites est d'autant plus importante pour les propriétaires d'équipements lorsque le prix du réfrigérant augmente au cours des réductions progressives.

### Amélioration des taux de récupération des réfrigérants

La récupération des réfrigérants est le précurseur de la réclamation et de la destruction. Actuellement, la récupération des réfrigérants se fait de manière irrégulière lorsque les techniciens réparent ou entretiennent les équipements de refroidissement, et rarement à la fin du cycle de vie de l'équipement. Les faibles taux de récupération des réfrigérants s'expliquent par le fait qu'il existe peu de marchés finaux pour les réfrigérants récupérés et que les capacités de contrôle et d'application des interdictions autour de l'évacuation des réfrigérants sont faibles. La GVR se concentre sur la mise en place d'infrastructures et d'incitations pour récupérer les réfrigérants à grande échelle, notamment en créant des marchés finaux pour les gaz récupérés et en dotant les techniciens des outils et des capacités nécessaires pour entretenir et mettre hors service les équipements de manière appropriée.

### **Économie circulaire grâce au recyclage et à la réclamation**

Le recyclage et la réclamation des réfrigérants sont des processus importants qui permettent de conserver la quantité de réfrigérant utilisée pour l'entretien des équipements. La réclamation des réfrigérants, qui consiste à reconditionner chimiquement les gaz usagés pour les ramener à un niveau de pureté vierge, peut jouer un rôle particulièrement important dans l'élimination progressive des SAO et des HFC en augmentant l'offre de gaz qui seraient autrement rares. En l'absence d'une quantité suffisante de gaz réclamé, les propriétaires d'équipements risquent d'être confrontés à des pénuries d'approvisionnement, à des prix élevés et à la volatilité des prix des fluorocarbures. Si les niveaux de recyclage et de réclamation sont suffisants, les calendriers d'élimination progressive peuvent également être avancés sans provoquer des hausses de prix importantes ou des pénuries d'approvisionnement.

### **Une élimination sûre et respectueuse du climat pour garantir des réductions permanentes des émissions**

La destruction écologiquement durable des SAO et des HFC est la dernière mesure essentielle pour prévenir les émissions de réfrigérants. La destruction au moyen de technologies approuvées par le Groupe de l'évaluation technologique et économique décompose les fluorocarbures en leurs composants chimiques tout en traitant en toute sécurité les sous-produits toxiques, évitant ainsi de manière permanente les dommages causés à la couche d'ozone et à l'environnement.<sup>5</sup> Les pays devraient poursuivre la destruction lorsque les marchés finaux pour les réfrigérants récupérés et réclamés sont faibles ou inexistantes. Des projets sur le marché du carbone ont réussi à monétiser la destruction de réfrigérants récupérés et de stocks de SAO, ce qui a incité à récupérer les réfrigérants "en amont" et à financer la réduction des émissions.<sup>6</sup>

### **Améliorer la formation pour faciliter le transfert de technologies**

La formation et l'éducation adéquates des techniciens d'entretien sont essentiels à la mise en œuvre de la GVR. La formation est importante non seulement pour minimiser les émissions pendant le cycle de vie des équipements, mais aussi pour faciliter l'adoption de nouveaux réfrigérants à faible potentiel de réchauffement global, qui fonctionnent souvent à des températures et des pressions

---

<sup>5</sup> Helen Walter-Terrinoni and Helen Tope, "Decision XXIX/4 TEAP Task Force Report on Destruction Technologies for Controlled Substances," Report of the UNEP TEAP (Technology and Economic Assessment Panel, April 2018), <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/TEAP-DecXXIX4-TF-Report-April2018.pdf>.

<sup>6</sup> "Fact Sheet on Existing Fluorocarbon Credit Methodologies" (Yale Carbon Containment Lab, May 24, 2023), <https://carboncontainmentlab.yale.edu/publications/refrigerant-credits-fact-sheet>.

différentes. La capacité à entretenir la nouvelle génération d'équipements plus respectueux du climat crée des emplois et constitue une étape essentielle pour permettre la réduction progressive des HFC.

## Conclusion

La mise en œuvre de la GVR à grande échelle contribue au respect du Protocole de Montréal. La réduction des fuites, la récupération et la réclamation réduisent la nécessité de produire des réfrigérants vierges, ce qui permet aux parties de respecter leurs obligations en matière de réduction progressive à un coût raisonnable. Un approvisionnement suffisant en réfrigérants régénérés peut également permettre aux pays d'être plus ambitieux en accélérant leur calendrier de réduction progressive. En outre, une destruction vérifiée et respectueuse de l'environnement peut débloquer des fonds pour le climat en réduisant de manière permanente les émissions du stock installé - financement qui peut ensuite être utilisé pour financer l'ensemble de l'écosystème de gestion des réfrigérants et accélérer la transition vers des technologies respectueuses du climat. La GVR favorise surtout les fonctions essentielles du Protocole de Montréal : protéger la couche d'ozone et prévenir le changement climatique.

Pour s'assurer que les Parties intègrent les meilleures pratiques de GVR dans les phases finales de l'élimination des HCFC et dans l'ensemble de la réduction progressive des HFC, la communauté du Protocole de Montréal devrait faire de la discussion et de la planification de la GVR une priorité lors de la trente-cinquième réunion des Parties. Nous sommes heureux de noter l'inclusion de la GVR en tant qu'Item 16 de l'agenda provisoire de la réunion et nous avons hâte de soutenir ces efforts.

## A propos du Yale Carbon Containment Lab

Le [Yale Carbon Containment Lab \(CC Lab\)](https://carboncontainmentlab.yale.edu/) est une organisation à but non lucratif financée par des dons privés et faisant partie du Yale School of the Environment à New Haven, Connecticut, aux États-Unis. La mission du CC Lab est de développer et de mettre en œuvre des solutions nouvelles et négligées au changement climatique, couvrant trois voies d'atténuation : biologique, géologique et anthropique. Dans le cadre de son programme anthropique, le CC Lab se concentre sur les réfrigérants et sur le développement de mécanismes de financement permettant d'augmenter la récupération et la réduction de ces gaz. Pour en savoir plus sur le de travail du CC Lab sur les réfrigérants, cliquez ici: <https://carboncontainmentlab.yale.edu/projects/refrigerants>

## Resources

- Initiative on Fluorocarbons Life Cycle Management. “Resource Book for Life Cycle Management of Fluorocarbons.” Climate and Clean Air Coalition: Japan Ministry of the Environment, 2022. <https://www.ccacoalition.org/resources/resource-book-life-cycle-management-fluorocarbons-good-practice-portfolio-policymakers>.
- Theodoridi, Christina, Alex Hillbrand, Christina Starr, Avipsa Mahapatra, and Kristen Taddonio. “The 90 Billion Ton Opportunity.” EIA, NRDC, IGSD, 2022. <https://us.eia.org/wp-content/uploads/2022/10/Refrigerant-Lifecycle-FullReport-6Spreads-PRINT.pdf>.
- Walter-Terrinoni, Helen, and Helen Tope. “Decision XXIX/4 TEAP Task Force Report on Destruction Technologies for Controlled Substances.” Report of the UNEP TEAP. Technology and Economic Assessment Panel, April 2018. <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/TEAP-DecXXIX4-TF-Report-April2018.pdf>.
- World Meteorological Organization (WMO). “Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project,” 2018. <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-05/SAP-2018-Assessment-report.pdf>.
- “Fact Sheet on Existing Fluorocarbon Credit Methodologies.” Yale Carbon Containment Lab, May 24, 2023. <https://carboncontainmentlab.yale.edu/publications/refrigerant-credits-fact-sheet>.