Interreg
Sudoe
KET4F-Gas

Manuel de bonnes pratiques pour l'industrie et les gestionnaires des déchets

Sommaire

Aperçu de la situation actuelle des F-gaz

Chapitre 1 Page 4

Dans quelle mesure la réglementation actuelle sur les F-gaz affecte-t-elle les gestionnaires des déchet s? Un aperçu global de la politique générale à la mise sur le marché

Chapitre 2 Page 12

Vous devez vous occuper de la gestion des déchets contenant des gaz fluorés ? Nous avons la solution qu'il vous faut !

Chapitre 3 Page 22

Un exemple de réussite - Le système KET4F-Gas

Chapitre 4 Page 36

Dans quelle mesure le système KET4F-Gas est-il avantageux pour les gestionnaires des déchets ?

Chapitre 5 Page 40

Questions fréquentes

Chapitre 6 Page 44

Ce qu'il faut retenir

Chapitre 7 Page 48

Chapitre 1:

Aperçu de la situation actuelle des F-gaz

KET4F-Gas est un projet européen visant à réduire l'impact environnemental des gaz fluorés (F-gaz) à effet de serre dans l'espace SUDOE à travers des Technologies Clés Génériques (TCG) pour que les entreprises et les gestionnaires des déchets puissent se conformer plus facilement aux réglementations européennes sur les F-gaz. L'objectif principal de ce projet est de faciliter la mise en place de la solution la plus efficace en matière de tri et de collecte des F-gaz utilisés dans les équipements de réfrigération et de climatisation. La technologie KET4F-Gas se fonde sur les systèmes de traitement les plus efficaces et a été conçue conformément aux principes de la chimie verte.

Dans ce chapitre:

La problématique des émissions non contrôlées des F-gaz.

Les avantages de l'utilisation des F-gaz quand ils sont bien gérés.

La relation entre le changement climatique et les émissions de F-gaz et son historique.

Les efforts de l'UE pour gérer la disponibilité, les émissions et le recyclage sélectif sur le marché des F-gaz.

Conséquences des émissions de F-gaz et leur réduction progressive (« phase down ») dans l'espace SUDOE.

Objectifs du projet KET4F-Gas et solutions apportées à la problématique des F-gaz.

Impact environnemental des F-gaz et situation actuelle

La problématique des émissions non contrôlées des F-gaz en deux mots :

Les F-gaz représentent environ 2 % de l'ensemble des émissions totales de gaz à effet de serre (GES) de l'UE.

Les F-gaz sont de puissants GES, avec un potentiel de réchauffement global (PRG) jusqu'à 23 000 fois supérieur à celui du CO_2.

En 2016, les émissions de F-gaz dans les 28 pays de l'UE ont atteint un niveau alarmant de 110 millions de tonnes d'équivalent CO_2.

Les émissions de F-gaz ont augmenté de 60 % depuis 1990.

Les émissions d'hydrofluorocarbures (HFC) sont quant à elles susceptibles d'augmenter de près de 140 % entre 2005 et 2020.

Même si quelques composés ont un cycle de vie court, certains peuvent rester dans l'atmosphère pendant des millénaires.

L'utilisation non contrôlée des HFC risque de représenter 12 % des émissions de GES en 2050, car la demande mondiale d'énergie pour les équipements de réfrigération devrait tripler d'ici 2050 en raison du réchauffement climatique.

L'utilisation des F-gaz, si elle est correctement contrôlée, peut également présenter des avantages :

Les F-gaz ne sont pas toxiques d'un point de vue chimique et ils sont toujours très utilisés car ils ne sont pas réactifs et ils sont non-inflammables.

Les F-gaz sont des matériaux très utiles qui offrent une grande stabilité et peuvent être facilement recyclés et valorisés.

Bien qu'il existe des unités de recyclage, seulement 1 % des F-gaz sont collectés à la fin de leur cycle de vie en Europe (environ 1 200 tonnes en 2015). Cela signifie qu'il existe un large éventail de possibilités pour améliorer la récupération et la réutilisation de F-gaz, en les intégrant dans le marché européen de l'économie circulaire.

Les F-gaz sont des composés artificiels pouvant être recyclés et réutilisés en toute sécurité, ce qui permet donc d'améliorer l'efficacité énergétique des systèmes, leur cycle de vie, et leur rentabilité. Dans la mesure où tout est fait correctement, l'impact environnemental des gaz fluorés peut être réduit au minimum selon les principes de l'économie circulaire de l'UE.

Les F-gaz récupérés ne sont pas soumis à des taxes supplémentaires, tandis que les nouvelles alternatives, en raison de leur condition de nouveaux produits, sont protégées par des brevets industriels, ce qui représente un coût supplémentaire lié à leur utilisation.

Le recyclage sélectif des F-gaz est fondamental pour réduire la dépendance de l'industrie vis-à-vis des réfrigérants à PRG plus élevé. Ceci permettra une réduction des prix globaux et allégera la pression sur l'ensemble de la chaîne du marché.

Le changement climatique est déjà une réalité qui touche la planète tout entière. La température ambiante augmente dans le monde entier chaque année, principalement à cause de l'augmentation des concentrations des GES dans l'atmosphère. Bien que le dioxyde de carbone (CO_2) représente près des deux tiers des émissions mondiales de GES, les F-gaz, tels que les familles d'hydrofluorocarbures (HFC) et de perfluorocarbures (PFC), ainsi que l'hexafluorure de soufre (SF_6), contribuent également de façon significative au réchauffement climatique. Alors que la majorité des GES résultent de plusieurs processus, comme la combustion de combustibles fossiles, les F-gaz sont quant à eux une famille de gaz artificiels très utilisés pour différentes applications industrielles (comme pour les systèmes de climatisation, la réfrigération industrielle, les extincteurs d'incendie, les solvants). Du fait de leur utilité et de leur application industrielle, la production mondiale de ces composés devrait augmenter prochainement. Les émissions de F-gaz sont rejetées volontairement ou bien à cause des fuites dans les systèmes. Ces émissions ont augmenté de 60 % depuis 1990. Les émissions de HFC sont quant à elles susceptibles d'augmenter de près de 140 % entre 2005 et 2020. L'augmentation des émissions de F-gaz contribue fortement au réchauffement climatique qui affecte non seulement les écosystèmes mais aussi la vie des personnes en raison de l'augmentation des inondations, des vagues de chaleur et de l'élévation du niveau de la mer.

Depuis l'apparition des émissions liées aux appareils de réfrigération au XIXe siècle, des progrès constants ont été réalisés dans la recherche de composés plus efficaces, moins dangereux et plus respectueux de l'environnement. En 1987, le Protocole de Montréal a imposé l'élimination progressive des émissions liées aux appareils de réfrigération de deuxième génération, tels que les chlorofluorocarbures (CFC) et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), qui provoquent l'appauvrissement de la couche d'ozone. Par conséquent, l'utilisation des F-gaz artificiels à effet de serre, contenus dans certains HFC, a considérablement augmenté à cause de besoins croissants en réfrigération et en climatisation depuis 1990. Ces réfrigérants de troisième génération sont efficaces sur le plan énergétique, non toxiques, sont peu inflammables, et ne nuisent pas à la couche d'ozone. Cependant, ces gaz sont des GES puissants, avec un PRG 23 000 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone et avec une durée de vie atmosphérique importante pouvant atteindre 50 000 ans. Cela signifie que les faibles concentrations atmosphériques de ces F-gaz ont des effets importants sur la température mondiale et, par conséquent, sur le changement climatique. Bien que les émissions de tous les autres GES dans l'UE aient diminué, celles des F-gaz ont quant à elles augmentées. En effet, les dernières études ont démontré que sur le marché européen, les réfrigérants les plus utilisés sont notamment le R-134a (1,1,1,2-tétrafluoroéthane) sous forme de gaz pur, et les mélanges contenant du R-32 (difluorométhane), du R-125 (pentafluoroéthane) et du R-134a, tels que les réfrigérants R-404A, R-407F et R-410A.

L'Union européenne est en pleine transition pour passer aux réfrigérants de quatrième génération avec un PRG plus faible. De grands efforts ont été faits dans la recherche sur les réfrigérants naturels (ayant des problèmes de toxicité ou d'inflammabilité), notamment avec les hydrofluorooléfines (HFO, avec des problèmes

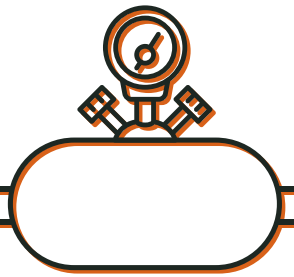
d'efficacité énergétique), les HFC à faible PRG, mais aussi avec les nouveaux mélanges HFC/HFO (avec une faible toxicité et une inflammabilité nulle). Certains mélanges HFC-HFO sont déjà en train de remplacer les HFC dans le domaine du froid industriel et de la réfrigération commerciale. Parmi eux, on peut citer le R-448A et le R-449A (mélanges des HFC R-32, R-125 et R-134a avec les HFO 1234yf et 1234ze), et le R-450A et le R-513A (mélanges du HFC R-134a avec les HFO R-1234ze et R-1234yf, respectivement). Il faut également tenir compte du fait que ces nouvelles alternatives, sont protégées par des brevets industriels, ce qui représente un coût supplémentaire lié à leur utilisation, tandis que les F-gaz récupérés ne sont soumis à aucune taxe supplémentaire.

Le manque de technologies pour le recyclage des F-gaz a des conséquences dramatiques sur le secteur de la réfrigération car la plupart des F-gaz sont incinérés provoquant ainsi l'augmentation d'émissions atmosphériques de ces gaz. Les sous-produits issus de la décomposition des F-gaz dans l'atmosphère, le fluorure d'hydrogène (HF) et l'acide trifluoroacétique (TFA), sont dirigés vers la surface de la terre dissoute dans l'eau et, en cas d'accumulation importante, peuvent présenter de puissants effets d'écotoxicité. Cependant, il est indispensable non seulement de réduire les rejets de gaz fluorés dans l'atmosphère, mais aussi de séparer et de recycler les HFC purs lorsque les équipements de réfrigération et de climatisation arrivent en fin de vie. Il faut les réutiliser et les recycler pour la production de réfrigérants de quatrième génération dans le cadre d'une économie circulaire. La recherche en matière de technologies utilisant des matériaux respectueux de l'environnement permettant de récupérer, de séparer et de recycler efficacement les F-gaz est essentielle pour mettre en place des processus durables visant à réduire l'impact environnemental des réfrigérants à base de F-gaz. L'impact environnemental qui résulte des émissions de F-gaz justifie le développement de ces nouvelles technologies de valorisation et de recyclage. L'adaptation au changement climatique est au cœur de la politique de l'UE et justifie pleinement le développement des technologies vertes, tel que les études réalisées par le projet KET4F-Gas.

L'espace SUDOE (France, Espagne et Portugal) souffre particulièrement des conséquences du réchauffement climatique, principal facteur expliquant les récentes vagues de sécheresse, les canicules et l'augmentation du nombre d'incendies de plus en plus difficiles à maîtriser, aggravés par des vents violents. Comme les tendances mondiales l'indiquent, les données de l'Agence européenne pour l'environnement révèlent que les émissions des F-gaz en France et en Espagne ont augmenté de manière considérable depuis 1990 (France +43,6 % et Espagne +51,5 %). Les dernières données datant de 2018 montrent cependant que les émissions de la zone SUDOE ont légèrement diminué (il s'agit de données officielles qui n'incluent pas les émissions émanant des marchés noirs car elles ne sont pas déclarées) : Portugal -4,6 %, France -4,0 % et Espagne -1,8 %. Cette baisse est le fruit des efforts déployés par les gouvernements de ces trois pays qui ont mis en place un ensemble de mesures fiscales, législatives, et de sensibilisation à la suite des accords mondiaux et, plus particulièrement, des réglementations européennes décrites au chapitre 2.

En plus de ces premières mesures préliminaires, il est nécessaire de revoir la manière dont on envisage l'adaptation à la réduction progressive des F-gaz dans l'espace SUDOE afin de mettre un terme au commerce illégal et d'implémenter de bonnes pratiques de gestion des déchets et du recyclage des F-gaz. Les pourcentages de matériaux recyclés y étant extrêmement faibles, ces régions du sud de l'Europe ont donc une marge de progression particulièrement importante. C'est une grande opportunité pour les opérateurs du déchet et les entreprises de l'espace SUDOE d'améliorer leurs systèmes, de se conformer à la réglementation sur les F-gaz pour éviter les sanctions et ainsi de faire face à l'augmentation des prix des réfrigérants causée par le commerce illégal. De manière plus générale, c'est une opportunité de s'adapter et de contribuer au marché de demain conformément aux principes de l'économie circulaire. Des technologies comme celles du programme KET4F-Gas offrent des avantages aux entreprises car il existe un besoin immédiat de développer des technologies efficaces et durables permettant de récupérer et de trier les F-gaz, puis de les recycler pour faire de nouveaux réfrigérants respectueux de l'environnement. Cela permet ainsi d'éviter la combustion ou un mauvais traitement des déchets, ce qui à terme augmenterait les émissions et les taxes.

En bref, plusieurs législations mondiales et européennes limitent l'utilisation généralisée des F-gaz à effet de serre, contrôlent leur production, leur rejet et leur traitement. La réglementation encourage aussi le développement d'une nouvelle génération de fluides réfrigérants avec un potentiel de réchauffement global plus faible. Il existe donc un besoin immédiat de développer des technologies efficaces et durables permettant de récupérer et de trier les F-gaz, et de les recycler pour faire de nouveaux réfrigérants respectueux de l'environnement. Ce projet vise à mettre en place des technologies permettant de trier et de recycler efficacement les HFC lorsque les équipements de réfrigération et de climatisation arrivent en fin de vie. Le F-gaz récupéré sera utilisé dans de nouveaux mélanges de gaz à faible PRG permettant une économie circulaire et une réduction des besoins en nouveaux F-gaz. Le projet KET4F-Gas quant à lui va contribuer considérablement à réduire les émissions de F-gaz en valorisant les déchets. Le tri des réfrigérants de troisième génération proposé dans ce projet consiste en un processus de séparation des F-gaz purs respectueux de l'environnement. Ce processus est donc une alternative à la distillation qui lui est un processus nécessitant une quantité considérable d'énergie. Le projet KET4F-Gas propose une avancée, une application effective dans tout le secteur industriel de réfrigération et de climatisation, mais aussi des processus de séparation, de purification et de récupération de l'une des familles de GES qui contribuent le plus au réchauffement global. La récupération et la séparation des F-gaz des réfrigérants à usage commercial est un domaine encore peu exploré.



À retenir:

Les législations mondiales et européennes limitent l'utilisation des F-gaz à effet de serre, contrôlent leur production, leur rejet et leur traitement. Ces législations encouragent aussi le développement d'une nouvelle génération de réfrigérants avec un PRG plus faible.

Les F-gaz sont des composés artificiels pouvant être recyclés et réutilisés en toute sécurité, ce qui permet d'améliorer l'efficacité énergétique des systèmes et leur cycle de vie. Dans la mesure où tout est fait correctement, l'impact environnemental des F-gaz peut être réduit à un minimum selon les principes de l'économie circulaire de l'UE.

Les régions de l'espace SUDOE sont particulièrement touchées par les effets du réchauffement global et elles ont une marge d'amélioration particulièrement importante, car les pourcentages de recyclage de F-gaz sont extrêmement faibles.

Il existe un besoin immédiat de développer des technologies efficaces et durables permettant de récupérer et de trier les F-gaz pour ensuite les recycler et faire de nouveaux réfrigérants respectueux de l'environnement.

C'est une grande opportunité pour les opérateurs du déchet et les entreprises de l'espace SUDOE d'améliorer leurs systèmes, de se conformer à la réglementation sur les F-gaz et ainsi éviter les sanctions. De manière plus générale, cela permettra de s'adapter et de contribuer au marché de demain conformément aux principes de l'économie circulaire.

KET4F-Gas propose une avancée vers une implémentation effective dans tout le secteur industriel de réfrigération et de climatisation, mais aussi dans les processus de séparation, de purification et de récupération de l'une des familles de GES qui contribuent le plus au réchauffement global.

Ce projet a mis en place des technologies permettant de trier et de recycler efficacement les HFC lorsque les équipements de réfrigération et de climatisation arrivent en fin de vie. Le F-gaz récupéré peut être utilisé dans de nouveaux mélanges de gaz à faible PRG.

Chapitre 2:

Dans quelle mesure la réglementation actuelle sur les F-gaz affecte-t-elle les gestionnaires des déchets ? Un aperçu global de la politique générale à la mise sur le marché

L'UE est devenue une référence dans la lutte contre le changement climatique et dans l'atténuation de l'impact des HFC sur l'atmosphère ces dernières années. La Commission européenne attache une grande importance au développement de technologies et d'initiatives de recherche, comme dans le cas du projet KET4F-Gas, qui contribuent à séparer et à recycler efficacement les HFC lorsque les équipements de réfrigération et de climatisation arrivent en fin de vie. Cela permet de réutiliser et de recycler davantage et de produire des réfrigérants de quatrième génération conformément aux principes de l'économie circulaire. Le rejet de réfrigérants dans l'atmosphère est strictement interdit et passible de sanctions. Le réfrigérant doit être récupéré pour être réutilisé ou détruit lorsque les équipements arrivent en fin de vie ou en cas de réaménagement des installations existantes.

Dans ce chapitre :

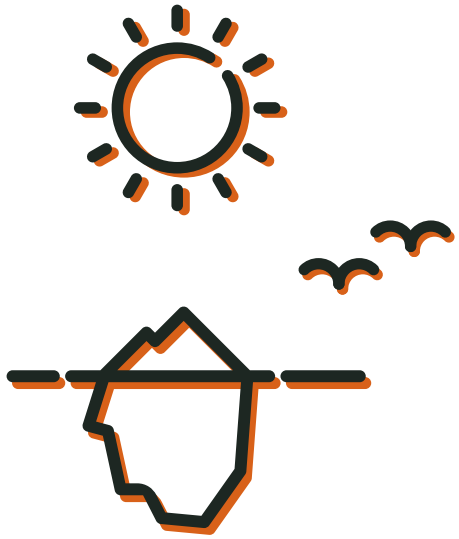
Aperçu des deux règlements de la politique internationale de l'environnement relatifs aux HFC (Protocole de Montréal, Protocole de Kyoto et l'Amendement de Kigali).

Description de la réglementation de l'Union européenne sur les F-gaz, de la directive sur les gaz fluorés de 2014 et des politiques de réduction progressive des HFC.

La directive sur les gaz fluorés de 2014 a un impact direct sur l'industrie des F-gaz et sur les opérateurs du déchet : réfrigérants de quatrième génération, nouvelles alternatives, recyclage sélectif.

Transposition de la Directive de 2014 sur les gaz fluorés dans les législations nationales des pays de l'espace SUDOE : caractéristiques, sanctions, taxation.

Pourquoi est-il si important pour les opérateurs et les responsables de la gestion de déchets de recycler, réutiliser et récupérer les F-gaz ?



Au niveau international, il existe deux politiques environnementales sur la gestion des HFC. D'une part, la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone et le Protocole de Montréal (1987). Ces deux politiques ont décidé de l'élimination progressive des substances appauvrissant la couche d'ozone, notamment les chlorofluorocarbures (CFC), dans le but de *«protéger la santé des personnes et l'environnement contre les effets de l'altération de la couche d'ozone»*. D'autre part, le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris visent à stabiliser *«les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique»*. Conformément à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, au Protocole de Kyoto et au Règlement 525/2013 de l'UE relatif à la surveillance des émissions de gaz à effet de serre ; les différents pays se sont engagés à tenir un inventaire des émissions de GES, dans lequel ils doivent communiquer tous les détails concernant le type de substances émises et les coûts financiers liés à ces émissions. Les rapports publiés en 2018 contenaient des données sur les pays de l'UE-28 couvrant les années 1990 à 2016. L'Amendement de Kigali du Protocole de Montréal est entré en vigueur le 1er janvier 2019 couvert par la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Il a été le premier règlement international à réduire la quantité d'émissions de F-gaz. Cet accord comprend : (i) des dispositions visant à interdire ou à restreindre le commerce de substances réglementées entre les pays ayant signé le protocole ou ses amendements et les États qui n'ont pas encore signé le protocole ; (ii) des objectifs et des échéanciers spécifiques visant à remplacer les HFC par des réfrigérants alternatifs plus respectueux de l'environnement ; (iii) et un accord entre les pays riches pour aider à financer la transition des pays pauvres vers

des produits alternatifs plus sûrs. L'Union européenne a été un acteur de premier plan et un leader mondial dans la signature de ces accords internationaux.

L'Union européenne a fait un pas en avant et a imposé des réglementations strictes aux accords internationaux pour contrôler la fabrication et l'utilisation des F-gaz. Le premier règlement sur les F-gaz était *le Règlement (CE) nº 842/2006 du Parlement Européen et du Conseil du 17 mai 2006 relatif à certains gaz à effet de serre fluorés.* Ce règlement a été créé dans le cadre de la feuille de route de l'UE pour la réduction des émissions de carbone visant à réduire les émissions provenant des gaz fluorés. La directive actuellement en vigueur est *le Règlement (UE) n° 517/2014 du Parlement européen et du Conseil du 16 avril 2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés et abrogeant le Règlement (CE) n° 842/2006.* Ce nouveau règlement comportait des dispositions supplémentaires et a entièrement remplacé le règlement mis en place en 2006. Cette nouvelle directive sur les F-gaz repense entièrement la manière dont l'industrie traite les HFC et introduit de nouveaux mécanismes pour garantir une réduction efficace des émissions. Les gaz les plus concernés par ce règlement de l'UE sont les HFC, les PFC et les SF_6 : F-gaz à effet de serre. Il faut bien tenir compte du fait que les dispositions de réduction progressive ne concernent que les HFC. Les HFC non saturés constituent une exception car ils ne sont pas inclus dans la réduction progressive mais sont soumis à des obligations de déclaration.

La réduction progressive des HFC permettra de réduire progressivement la disponibilité de ces gaz sur le marché européen par le biais des quotas que la Commission européenne fixe en tenant compte de l'objectif de réduction de la consommation de HFC de 79 % d'ici 2030. Il s'agit d'un effort exceptionnel qui incitera l'industrie et les utilisateurs à passer à des réfrigérants à faible PRG et à des solutions fondées sur les principes de l'économie circulaire, comme le recyclage.

Cette directive porte sur l'utilisation des F-gaz contenus dans les nouveaux équipements, leur conservation, leur collecte et leur traitement lorsque les systèmes sont arrivés en fin de vie. Cela dit, il y a trois cas de figure où le règlement sur les F-gaz ne s'applique pas : (i) lorsque des gaz alternatifs ne sont pas disponibles, (ii) si les gains d'efficacité énergétique au cours de l'opération génèrent des émissions inférieures à celles d'un système équivalent ne contenant pas de HFC et (iii) si l'utilisation de solutions de remplacement techniquement réalisables et sûres devait entraîner des coûts disproportionnés.

En ce qui concerne les alternatives aux F-gaz, l'UE est en train de faire une transition vers des réfrigérants de quatrième génération, à faible PRG, en accordant une attention particulière aux HFC à plus faible PRG, aux hydrofluorooléfines (HFO) et aux mélanges de HFC traditionnels avec des HFO. Cependant, pour l'UE, la priorité est non seulement de rechercher des alternatives aux F-gaz, mais aussi de développer des technologies, comme celle du projet KET4F-Gas, qui contribuent à séparer et à recycler efficacement les HFC à la fin de vie des équipements de réfrigération et de climatisation, et des réfrigérants eux-mêmes. Cela permet de les réutiliser et de les recycler lors de la production postérieure de réfrigérants de quatrième génération conformément aux principes de l'économie circulaire.

Les opérateurs et les acteurs de la chaîne d'approvisionnement dans son ensemble sont tenus de limiter les émissions de F-gaz par tous les moyens nécessaires, notamment par leur récupération ou destruction pendant le fonctionnement du système et lorsque l'équipement est arrivé en fin de vie. La réduction progressive des HFC a permis de créer un intérêt croissant pour l'utilisation des gaz recyclés et récupérés. En effet, le rejet de F-gaz dans l'atmosphère est explicitement interdit et fait l'objet de sanctions. Lorsque l'équipement arrive en fin de vie ou en cas de réaménagement des installations existantes, les F-gaz doivent être récupérés pour être réutilisés ou détruits. Les sanctions en cas d'infraction sont définies par les États membres de l'UE, mais la Commission européenne veille à ce qu'elles soient *efficaces, proportionnées et dissuasives.* En 2017, tous les États membres de l'UE devaient introduire le Règlement de 2014 sur les gaz fluorés dans leur législation nationale.

À venir :

En 2020, la Commission européenne va publier un rapport visant à évaluer s'il existe des solutions de remplacement rentables, techniquement réalisables, efficaces et fiables sur le plan énergétique, ainsi qu'une étude sur la disponibilité des réfrigérants sur le marché de l'UE.

La Commission européenne va également procéder, au plus tard à la fin de l'année 2022, à un examen approfondi visant à évaluer l'efficacité de la législation mise en place à la suite des nouveaux développements et des engagements internationaux.

Les directives européennes, telle que le Règlement sur les gaz fluorés de 2014, représentent un acte juridique que les membres de l'UE doivent intégrer dans leur législation nationale avant une date limite imposée et qui doit être notifié à la Commission européenne. Ce type d'acte juridique fixe les objectifs que les États membres doivent entreprendre tout en leur laissant une certaine marge de manœuvre.

▶ **Le Portugal** a procédé à la transposition de la Directive sur les gaz fluorés de 2014 le 30 novembre 2017 dans son *Diário da República* (Journal de la République), décret nº 145/2017. *L'Agência Portuguesa do Ambiente* (Agence portugaise de l'environnement) est l'autorité compétente en charge d'étudier la pertinence des mesures de contrôle visant à la bonne collecte et à la valorisation des F-gaz dans les équipements en fin de vie afin de minimiser les impacts liés à leur traitement. L'article 19 de ce décret relatif à la récupération des F-gaz à effet de serre stipule que les opérateurs doivent : a) Faire appel à un technicien agréé pour récupérer les F-gaz avant toute décontamination et traitement de déchets d'équipements électriques et électroniques (EEE). Ils doivent également faire appel à ce technicien pour récupérer les composants non contaminés, les collecter et les éliminer des équipements en fin de vie. b) Assurer la bonne gestion des équipements en fin de vie en tant qu'EEE en conformité avec le cadre juridique applicable à la gestion des déchets d'EEE et des F-gaz récupérés. Dans l'article 23, Ceci est considéré comme une infraction environnementale grave, répréhensible en vertu de la loi n° 50/2006, du 29 août. Le non-respect des obligations relatives à la valorisation, aux interventions sur les conteneurs, les équipements et sur les systèmes contenant des F-gaz à effet de serre viole les dispositions des articles 19 à 21. Les sanctions pour non-conformité peuvent aller de 2 000 à 48 000 euros d'amende pour une

personne physique et de 15 000 à 48 000 euros d'amende pour une personne morale. En cas d'infractions graves, les sanctions peuvent aller jusqu'à à 37 500 euros d'amende pour une personne physique et jusqu'à 2 500 000 euros d'amende pour une personne morale.

▶ **En Espagne**, la transposition de l'acte juridique de l'UE a eu lieu le 17 février 2017 par le Royal Décret-loi 115/2017. Ce décret prévoit que la collecte des F-gaz des équipements de réfrigération, de climatisation et leur traitement adéquat sont obligatoires. Cependant, toute intervention sur les équipements qui nécessitent la manipulation de ces gaz est réservée aux entreprises de maintenance. Elles sont chargées de prendre les mesures appropriées pour la collecte des gaz par le biais d'un technicien qualifié, pour garantir le recyclage, la régénération et la destruction des gaz si nécessaire, et pour éviter leur émission dans l'atmosphère. La récupération, régénération et destruction des F-gaz devront être effectuées lors de la réparation et de l'entretien. De plus, quand l'appareil doit être mis au rebut au terme de sa durée de vie, le gaz doit être récupéré avant le démontage ou le retrait de l'appareil en vue de son élimination finale. Les sanctions qui sont imposées en cas de mauvais traitement des F-gaz provenant des équipements de climatisation ou des pompes à chaleur sont lourdes. Il convient tout d'abord de noter que la Loi 22/2011 sur les déchets et les sols contaminés fixe le cadre législatif relatif aux déchets, en définissant différents types d'infraction, comme le déversement ou la vente de déchets. Les sanctions pour ces infractions peuvent aller d'amende de 901 à 1 750 000 euros et jusqu'à la fermeture temporaire ou définitive, en passant par la déchéance ou la révocation de l'autorisation d'exercer la profession temporairement de 1 et 10 ans.

Le gouvernement espagnol a également mis en place des mesures fiscales, notamment un régime fiscal applicable à l'utilisation des gaz à effet de serre créé en vertu de l'article 5 de la loi 16/2013. Cependant, une partie de la quantité peut être remboursée si un traitement des déchets adéquat peut être certifié. Un accord volontaire concernant le bon usage du SF_6 a également été conclu par le ministère de l'agriculture, l'AFBEL, la REE et d'autres parties prenantes afin de réduire les émissions de SF_6, notamment par un traitement correct des déchets des systèmes contenant du SF_6.

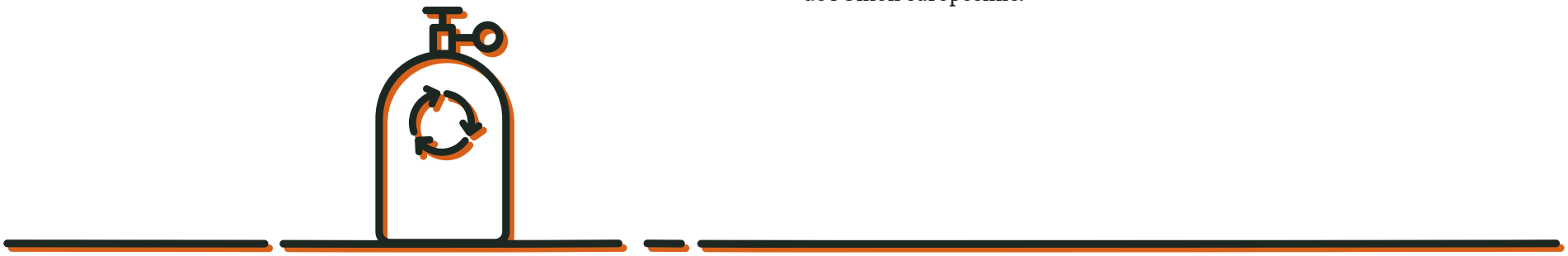
▶ **En France**, la réglementation nationale sur les F-gaz est principalement décrite dans les articles R. 543-75 à R. 543-123 du Code de l'environnement et dans les décrets du 29 février 2016 et dans le Plan Climat français présenté en juillet 2017. Il faut mentionner l'Observatoire des gaz fluorés qui a pour mission de contrôler les quantités des différents types de F-gaz mis sur le marché (utilisés, recyclés ou détruits) et de contrôler les acteurs des secteurs concernés, en particulier dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation. Au niveau international, la réglementation française impose des obligations aux distributeurs de réfrigérants qui effectuent, à

titre professionnel, des opérations nécessitant leur manipulation. Les producteurs de réfrigérants et d'équipements contenant ces fluides doivent les valoriser sans frais supplémentaires, les traiter ou les faire traiter dans des installations agréées sur le territoire national ou à l'étranger pour pouvoir les réutiliser conformément aux spécifications d'origine, ou les faire détruire en cas de non-conformité ou de réutilisation interdite. Les articles R543-122 et 123 du code de l'environnement précisent les sanctions encourues par les entreprises en cas d'infraction: l'amende est de 3 000 € maximum (personnes morales) et le double en cas de récidive. Cette sanction vise, entre autres, les propriétaires d'équipements dont les fuites n'ont pas été vérifiées ou qui n'ont pas été contrôlés. Les propriétaires qui procèdent à des opérations de dégazage dans l'atmosphère, sauf si cela est indispensable pour assurer la sécurité des personnes, sont également sanctionnés.

Recyclage, réutilisation et récupération : Pourquoi cela est-il si important pour les opérateurs et les responsables de la gestion des déchets ?

Il faut non seulement réduire les émissions de F-gaz dans l'atmosphère, mais aussi trier, recycler et récupérer les HFC purs lorsque les équipements de réfrigération et de climatisation arrivent en fin de vie. Le nouveau système de quotas fixé par la Commission européenne impose que des efforts importants soient faits pour recycler les stocks actuels de F-gaz, dans la mesure du possible, pour maintenir des quantités suffisantes de réfrigérants vierges. Plus il y a de gaz réfrigérant sur le marché, moins il faut de fluide réfrigérant vierge, par conséquent, la chaîne d'approvisionnement a moins de stocks à conserver. C'est un point clé puisque la réduction progressive des HFC devient une nécessité et entraîne donc une augmentation des prix des nouveaux réfrigérants vierges. Si le recyclage est impossible à effectuer ou peu pratique, il faut donc envisager la séparation des composés purs des mélanges de gaz et leur récupération pour la production de nouveaux réfrigérants.

En 2018, la première baisse significative des quotas a eu lieu, avec une diminution de 37 %. Si on se base sur le fait que la prochaine baisse aura lieu en 2021, la capacité de l'industrie à réduire, recycler et innover devient une affaire cruciale. En effet, selon la réglementation sur les F-gaz, seuls les réfrigérants nouvellement « commercialisés » sont inclus dans les quotas, ce qui signifie que l'utilisation de produits recyclés permettra de réduire la dépendance de l'industrie vis-à-vis des réfrigérants à fort PRG. À ce jour, les réfrigérants recyclés n'ont représenté qu'une petite partie du total annuel utilisé, cela est principalement dû au fait que de nouveaux fluides réfrigérants étaient disponibles gratuitement et à faible coût. Pour assurer la fiabilité de l'approvisionnement en réfrigérants, l'industrie doit se concentrer sur l'amélioration de la valorisation et sur la réutilisation des produits récupérés. La recherche en matière de technologies utilisant des matériaux respectueux de l'environnement qui permettent de récupérer, de séparer et de recycler efficacement les F-gaz est essentielle pour faciliter la transition des différents acteurs vers le nouveau marché de l'Union européenne.



À retenir:

La Directive de l'UE de 2014 sur les F-gaz repense entièrement la manière dont l'industrie traite les HFC et introduit de nouveaux mécanismes pour garantir une réduction efficace des émissions. Les gaz les plus concernés par ce règlement de l'UE sont les HFC, les PFC et le SF_6 : gaz à effet de serre fluorés.

Le Règlement sur les gaz fluorés de 2014 implique la réduction effective des HFC. Cela réduit ainsi progressivement la disponibilité de ces gaz sur le marché européen grâce aux quotas que fixe la Commission européenne en tenant compte de l'objectif de diminuer la consommation de HFC de 79 % d'ici 2030.

Les opérateurs et les acteurs de la chaîne d'approvisionnement dans son ensemble sont tenus de limiter les émissions de F-gaz par tous les moyens nécessaires, notamment par la collecte, la valorisation ou la destruction de ces gaz pendant le fonctionnement du système et lorsque l'équipement est arrivé en fin de vie. De plus, ils feront l'objet de sanctions en cas de non-respect de la transposition nationale du règlement de 2014 sur les F-gaz.

Si l'on considère que la prochaine baisse des quotas de F-gaz aura lieu en 2021, la capacité de l'industrie à réduire, recycler et innover devient une affaire cruciale. En effet, selon la réglementation sur les F-gaz, seuls les réfrigérants nouvellement « commercialisés » sont inclus dans les quotas, ce qui signifie que l'utilisation de produits recyclés permettra de réduire la dépendance de l'industrie.

Le système mis au point dans le projet KET4F-Gas peut trier et recycler efficacement les HFC lorsque les équipements de réfrigération et de climatisation arrivent en fin de vie, permettant ainsi de les réutiliser et de les recycler dans la production postérieure de réfrigérants de quatrième génération conformément aux principes de l'économie circulaire.

Chapitre 3:

Vous devez vous occuper de la gestion des déchets contenant des gaz fluorés: Nous avons la solution qu'il vous faut!

Dans le cadre du projet KET4F-Gas, un outil en ligne a été développé permettant de trier les déchets (en respectant la norme européenne), d'identifier l'impact des F-gaz sur le réchauffement global et de trouver les meilleures solutions de traitement fondées sur des Technologies Clés Génériques (TCG) disponibles. Dans la section de classification des déchets, l'utilisateur peut classer un déchet en particulier selon sa source avec un « code-déchet » européen à 3 lettres.

Dans ce chapitre:

La classification standardisée des F-gaz à effet de serre (GIEC) : émissions de catégorie 2F.

La nécessité d'une approche multi-TCG : la stratégie multiniveau du projet KET4F-Gas consistant à analyser la combinaison de différentes TCG.

Aperçu détaillé de l'outil logiciel KET4F-Gas : concept, utilisation et avantages pour les acteurs industriels et les opérateurs du déchet.

Les F-gaz sont surtout utilisés dans la réfrigération et la climatisation, pour l'extinction des incendies, les aérosols et les mousses isolantes. Les émissions atmosphériques de F-gaz se produisent pendant le cycle de vie des équipements, pendant leur processus de fabrication et à cause des déchets non traités.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, en anglais) a mis au point une classification standardisée des GES, classés par secteurs et selon les domaines dans lesquels ils sont utilisés. Du fait de son lien direct avec les objectifs du KET4F-Gas, la catégorie 2F est la plus pertinente, car elle inclut les substituts des substances appauvrissant la couche d'ozone, comme les HFC et les PFC. La catégorie 2F comprend des substances destinées à la réfrigération et à la climatisation (sous-catégorie 2F1), des agents moussants (2F2), des extincteurs d'incendie (2F3) et des aérosols (2F4).

À titre indicatif, les 28 États membres de l'UE ont émis en 2016 la somme impressionnante de 110 millions de tonnes d'équivalent CO_2 de gaz fluorés. De toute évidence, il s'agit d'un enjeu environnemental très sérieux qui nécessite des mesures urgentes à l'échelle mondiale. Parmi les sous-catégories mentionnées, la réfrigération et la climatisation cumulent en 2016 84,18 % des émissions totales de F-gaz. Cela confirme le fait que cette sous-catégorie 2F doit être un objectif majeur pour les politiques de contrôle des émissions de F-gaz.

Compte tenu de l'évolution dans le temps des émissions de la catégorie 2F, leurs valeurs dans l'espace SUDOE ont augmenté de façon constante de 1995 à 2013, date à laquelle une inversion de tendance s'est produite, en raison des nouvelles politiques imposées sur l'utilisation et l'émission de ces substances. Cependant, le volume des F-gaz, par rapport à la quantité totale de GES, a augmenté dans l'espace SUDOE. Ainsi, si l'on considère l'évolution de 1990 à 2013,

la part des F-gaz au niveau de l'ensemble des GES est passée de 1,5 % à 3,5 % en Espagne, de 2 % à 5 % en France et de 0 % à 5 % au Portugal. Ces valeurs sont supérieures à la moyenne de 3 % pour les 28 pays de l'UE, ce qui témoigne d'un contexte plus défavorable dans ces trois pays.

En bref, la quantité d'émissions atmosphériques de F-gaz dans l'espace SUDOE représente aujourd'hui une menace environnementale de premier plan en raison de leur potentiel de réchauffement climatique accru. Les niveaux actuels d'émissions de F-gaz doivent être réduits de manière significative. Des mesures urgentes sont nécessaires pour respecter les accords internationaux qui ont fixé des délais stricts en vue de supprimer progressivement l'utilisation des F-gaz. Cela implique des efforts intensifs de recherche et de développement en matière de récupération et de recyclage des F-gaz, mais aussi de réduction de leurs émissions atmosphériques.

Approche multi-TCG

Le scénario présenté exige des solutions scientifiques et des techniques innovantes, en adoptant systématiquement des approches constructives et fondées sur la coopération. Le projet KET4F-Gas propose dans ce contexte une stratégie à plusieurs niveaux en analysant la combinaison de différentes TCG. Le développement de méthodes de tri fiables pour les différents gaz purs est un défi scientifique de taille, dans ce cas, le nombre de possibilités à traiter est important. Les technologies de tri et de récupération existantes ne sont pas adaptées à la plupart des F-gaz, ce qui a poussé l'incinération à être la solution définitive pour un trop grand nombre de ces substances à la fin de leur cycle de vie.

Ce constat nécessite la conception et la mise en place de techniques de séparation hybrides fiables pour tous les F-gaz. Dans le cadre du projet, les TCG ont été utilisées et associées pour développer différentes techniques de tri.

La fertilisation croisée due à la combinaison des différentes TCG individuelles va permettre d'améliorer les performances globales du processus, tout en recherchant des solutions efficaces et abordables adaptées à chaque composé.

Outil logiciel KET4F-Gas

Dans le cadre du projet KET4F-Gas, un outil en ligne a été développé permettant de trier les déchets en respectant la norme européenne. Cet outil en ligne permet d'identifier l'impact des F-gaz sur le réchauffement climatique et de trouver les meilleures solutions de traitement fondées sur les TCG existantes.

Dans la section de classification des déchets, l'utilisateur peut classer un déchet en particulier selon sa source avec un « code-déchet » européen à 3 lettres. Ce code est essentiel pour la gestion des déchets.

Dans la section des technologies de traitement, l'utilisateur sélectionne un F-gaz pur (par son numéro R ou par son nom chimique) ou un mélange de F-gaz (par son numéro R). L'utilisateur est ensuite dirigé vers une page contenant des informations sur la composition du mélange commercial de F-gaz sur son potentiel de réchauffement global (PRG) et sur son niveau d'impact correspondant aux différents réfrigérants. Le niveau d'impact a été conçu de la même manière qu'une échelle d'efficacité énergétique pour que les utilisateurs puissent s'y retrouver plus facilement. En fonction du PRG de chaque réfrigérant, il est classé de A (PRG le plus faible) à G (PRG le plus élevé).

Cet outil en ligne permet également d'identifier les mélanges de F-gaz dans lesquels on retrouve ces gaz, et d'identifier les technologies disponibles pour séparer ces mélanges et obtenir ainsi les composants purs. Les TCG proposées sont divisées en trois grandes catégories : les matériaux avancés (notamment les solvants alternatifs, les matrices solides poreuses et les MOF), les systèmes de fabrication avancés (notamment la technologie des membranes) et les nanotechnologies (notamment les suspensions de nanoparticules). Après avoir sélectionné la technologie, l'utilisateur est invité à fournir son adresse e-mail, son nom et sa société. Ces informations sont conformes aux lois sur la protection des données et sont uniquement utilisées pour évaluer la qualité du service offert par l'outil en ligne. Pour finir, la fiche technique de chacune des technologies est présentée. Ces fiches comprennent une explication de la technologie, ses avantages et les mélanges de gaz relatifs à celle-ci. Enfin, une liste de références est affichée comprenant une brève description des résultats.

Concept

Le principal objectif du projet KET4F-Gas est de réduire l'impact environnemental des F-gaz par le développement et la mise en œuvre de Technologies Clés Génériques (TCG).

Actuellement, Internet est un outil accessible pour tous les utilisateurs et une source d'information sur divers sujets.

Pour cette raison, un logiciel a été développé pour soutenir l'objectif du projet, ce qui permet à l'utilisateur de :

- Classifier les déchets.
- Identifier les technologies de traitement des mélanges de F-gaz et déterminer leur impact sur le réchauffement climatique.

Pour que tout le monde puisse en profiter, il était aussi important que le logiciel soit disponible dans au moins quatre langues différentes.

Caractéristiques

Dans la partie supérieure, vous trouverez trois liens principaux pour accéder aux différentes pages:

KET4F-Gas

Celle-ci est la page d'accueil de la plate-forme où vous pourrez trouver une brève présentation et d'où vous pourrez accéder au site officiel.

01

Instrument pour la sélection des Technologies Clés Génériques

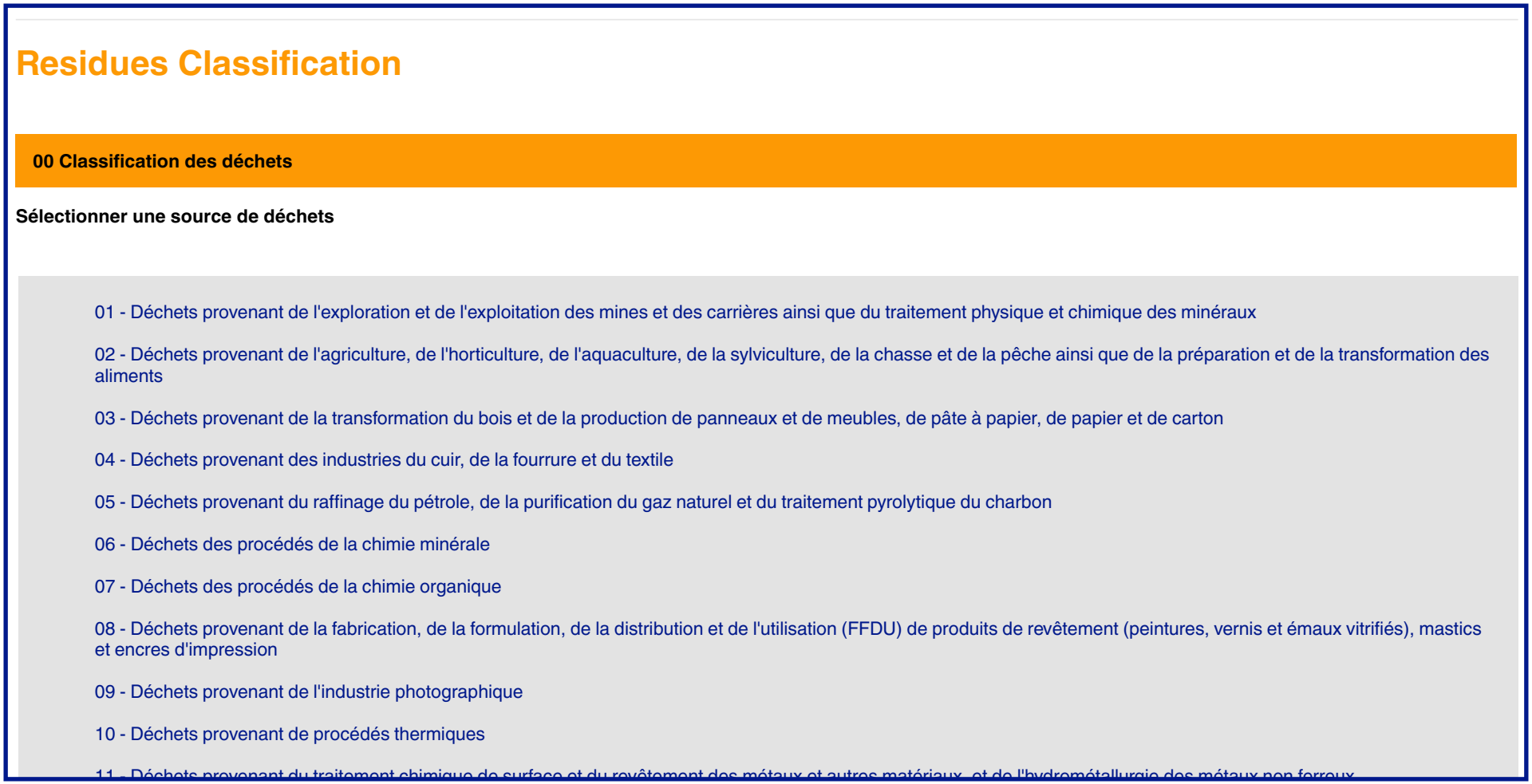
Cet instrument informatique permet de classer les déchets selon la méthode européenne (LEF – Liste européenne des déchets) et de mieux comprendre l'impact des gaz fluorés, ainsi que les meilleures solutions disponibles pour leur traitement à l'aide des Technologies Clés Génériques (TCG).

L' instrument a été développé dans le cadre du projet européen KET4F-Gas, cofinancé par le programme européen Interreg Sudoe via le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

Classification des déchets

La classification des déchets a été mise au point conformément à la Liste européenne des déchets et est valable pour tous les types de déchets, et non pas seulement pour les déchets contenant des F-gaz.

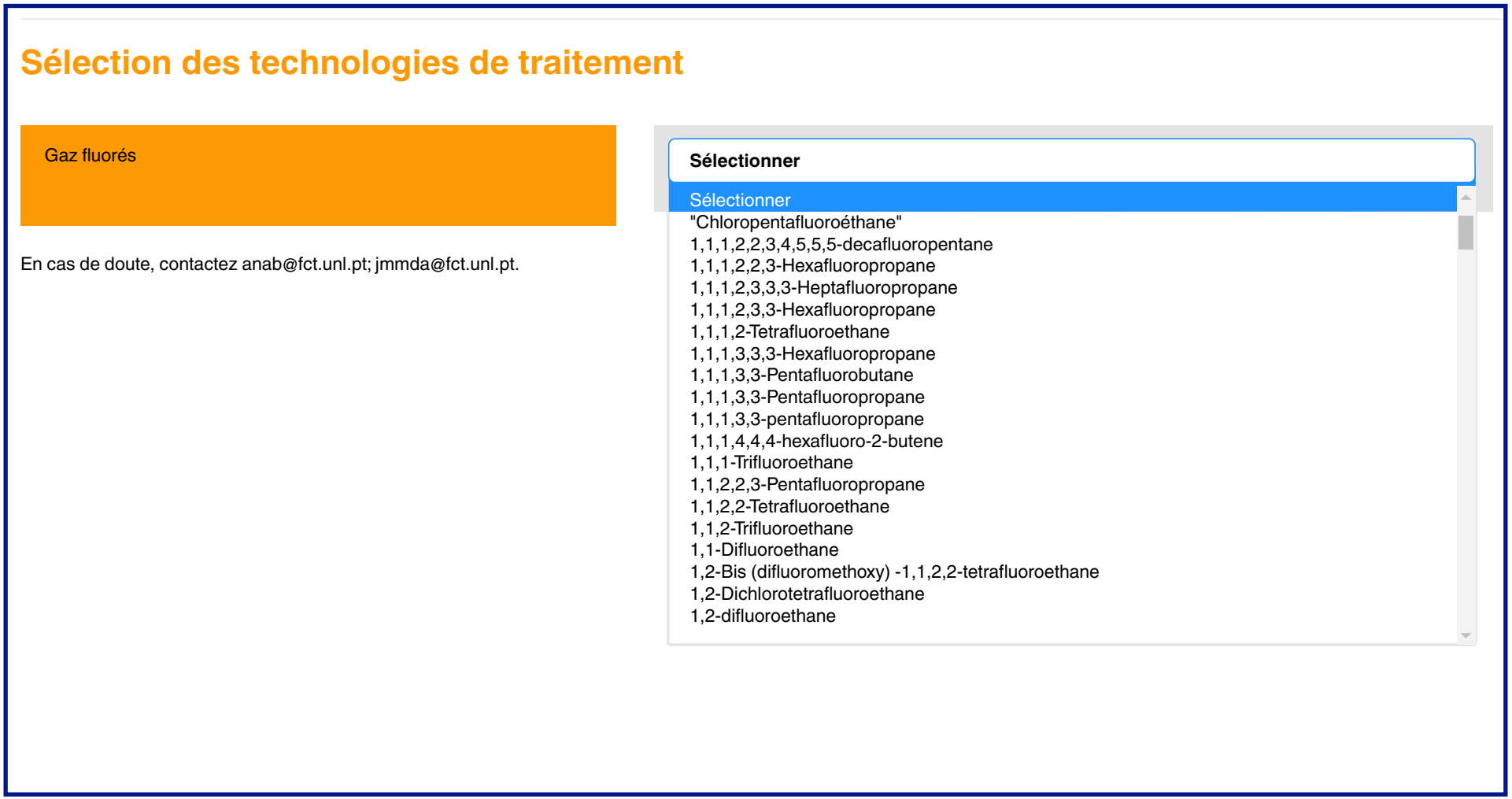
La liste se compose de 20 chapitres, numérotés de 01 à 20, regroupant les déchets relatifs à un domaine spécifique d'activité générateur de ces déchets, à savoir : le domaine industriel, urbain, agricole et hospitalier, ou simplement les domaines liés aux processus de production.



Technologies

La page des technologies a été créée pour permettre à l'utilisateur d'obtenir des informations sur un F-gaz spécifique ou un mélange commercial de F-gaz.

La première chose à faire est d'identifier le F-gaz que vous souhaitez mieux connaître. La boîte de sélection comporte différents gaz selon leur nom chimique ou commercial, par exemple:



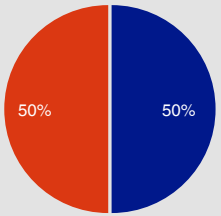
Une fois le gaz choisi, par exemple s'il s'agit du R-32 dans le cas d'un F-gaz pur ou du R-410A dans le cas d'un mélange de F-gaz, l'utilisateur obtient les informations ci-dessous :

Composition chimique ou composition du mélange

Exemple : F-gaz pur (R-32)

Gaz fluorés	R-32
Composition chimique / Mélange de gaz	Difluorométhane

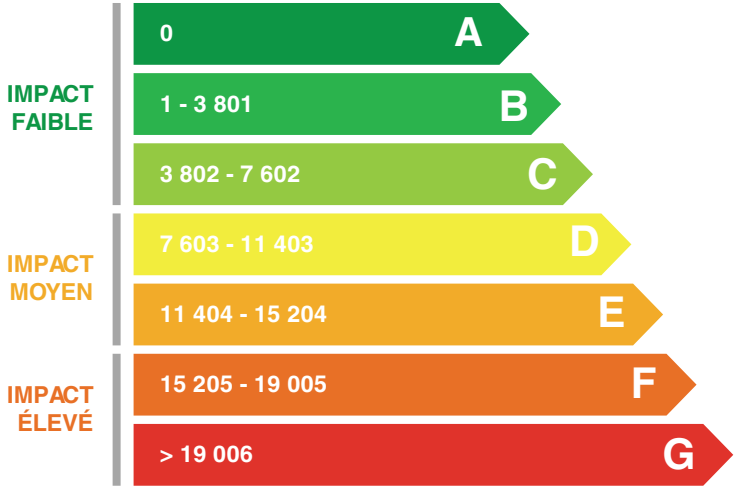
Exemple : Mélange de F-gaz (R-410A)

Gaz fluorés	R-410A
Composition chimique / Mélange de gaz	R-125 (50%); R-32 (50%); 

Le potentiel de réchauffement global (PRG) et l'échelle d'impact (A à G)

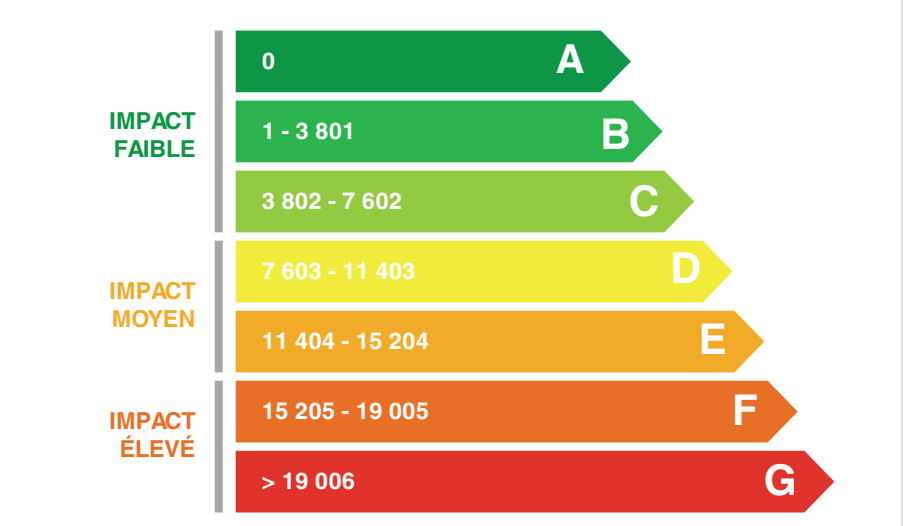
Exemple : F-gaz pur (R-32)

Pouvoir de Réchauffement Global (PRG)	675.000
Niveau d'impact	Le gaz sélectionné est au niveau **B** dans l'échelle d'impact



Exemple : Mélange de F-gaz (R-410A)

Pouvoir de Réchauffement Global (PRG)	2087.500
Niveau d'impact	Le gaz sélectionné est au niveau **B** dans l'échelle d'impact



Exemple : F-gaz pur (R-32)

Technologies de traitement	Non applicable
Ce gaz peut être trouvé dans ces mélanges de gaz.	R-407A; R-407B; R-407C; R-407D; R-407E; R-407F; R-410A; R-410B; R-425A; R-427; R-438A; R-43A; R-442A; R-444B; R-448A; R-449A; R-452A; R-453A; R-455A; R-458A; R-504;

Exemple : Mélange de F-gaz (R-410A)

Technologies de traitement	Matériaux avancés Advanced Materials - Alternative Solvents; Advanced Materials - Solid Porous Matrices; Advanced Materials - MOFs; Technologies de fabrication avancées Advanced Manufacturing Technologies - Membranes; Nanotechnologie Nanotechnology - Nanoparticles Suspension;

Comment les parties prenantes peuvent en bénéficier?

L'accès à la plateforme KET4F-Gas est déjà disponible sur son site officiel (« Résultats »).

La plateforme KET4F-Gas est simple, accessible à tous, gratuite et représente un formidable outil pour obtenir des informations sur un réfrigérant en particulier.

Avantages de la plate-forme :

- **Apprentissage** – La plateforme contient une quantité d'informations précieuses sur les F-gaz.
- **Aide à la prise de décision** – Il existe différents gaz et différentes technologies de traitement. Les utilisateurs peuvent choisir entre deux gaz, dont l'impact est plus ou moins important, et peuvent savoir à l'avance les technologies à utiliser pour la valorisation des composants des mélanges de gaz choisis.
- **Gain de temps** – Les utilisateurs peuvent trouver toutes les informations nécessaires sur la plate-forme digitale.
- **Fiabilité** – La plate-forme est constamment mise à jour. Des services d'aide sont disponibles pour répondre aux questions des utilisateurs.

À retenir:

Les niveaux d'émissions de la catégorie 2F dans l'espace SUDOE ont augmenté de manière continue de 1995 à 2013, avec des valeurs supérieures à la moyenne de 3 % pour les 28 pays de l'UE. Cette situation illustre bien que le scénario est défavorable dans ces trois pays.

Les technologies de séparation et de récupération existantes ne sont pas adaptées à la plupart des F-gaz. L'incinération se révèle donc être la solution définitive pour un trop grand nombre de ces substances à la fin de leur cycle de vie.

Le projet KET4F-Gas propose une stratégie à plusieurs niveaux, qui consiste à analyser la combinaison de différentes TCG pour concevoir et mettre en œuvre des techniques de séparation hybrides fiables pour tous les F-gaz. Cette stratégie consiste également à améliorer la performance générale du processus et rechercher des solutions efficaces et abordables adaptées à chacune des substances cibles.

Dans le cadre du projet KET4F-Gas, un outil en ligne a été développé permettant de trier les déchets en respectant la norme européenne. Il permet d'identifier l'impact des F-gaz sur le réchauffement climatique et de trouver les meilleures solutions de traitement basées sur les Technologies Clés Génériques existantes.

La plateforme KET4F-Gas est simple d'utilisation, accessible à tous, gratuite et représente un formidable outil pour obtenir des informations sur un réfrigérant en particulier. Les avantages de la plateforme sont les suivants : beaucoup d'informations précieuses sur les F-gaz, des conseils pour une bonne prise de décision et toutes les informations nécessaires disponibles au même endroit, fiables et régulièrement mises à jour.

Chapitre 4:

Un exemple de réussite - Le système KET4F-Gas

Les prototypes du KET4F-Gas consistent en une colonne d'adsorption remplie de charbon activé et en un système de membranes contenant deux membranes polymères plates empilées fonctionnalisées avec des liquides ioniques. Ces technologies sont faciles à appliquer dans une installation de gestion des déchets en raison du peu d'espace requis, de leur caractère modulaire et de leur extensibilité. De plus, ces systèmes nécessitent peu de maintenance et ont une longue durée de vie.

Dans ce chapitre:

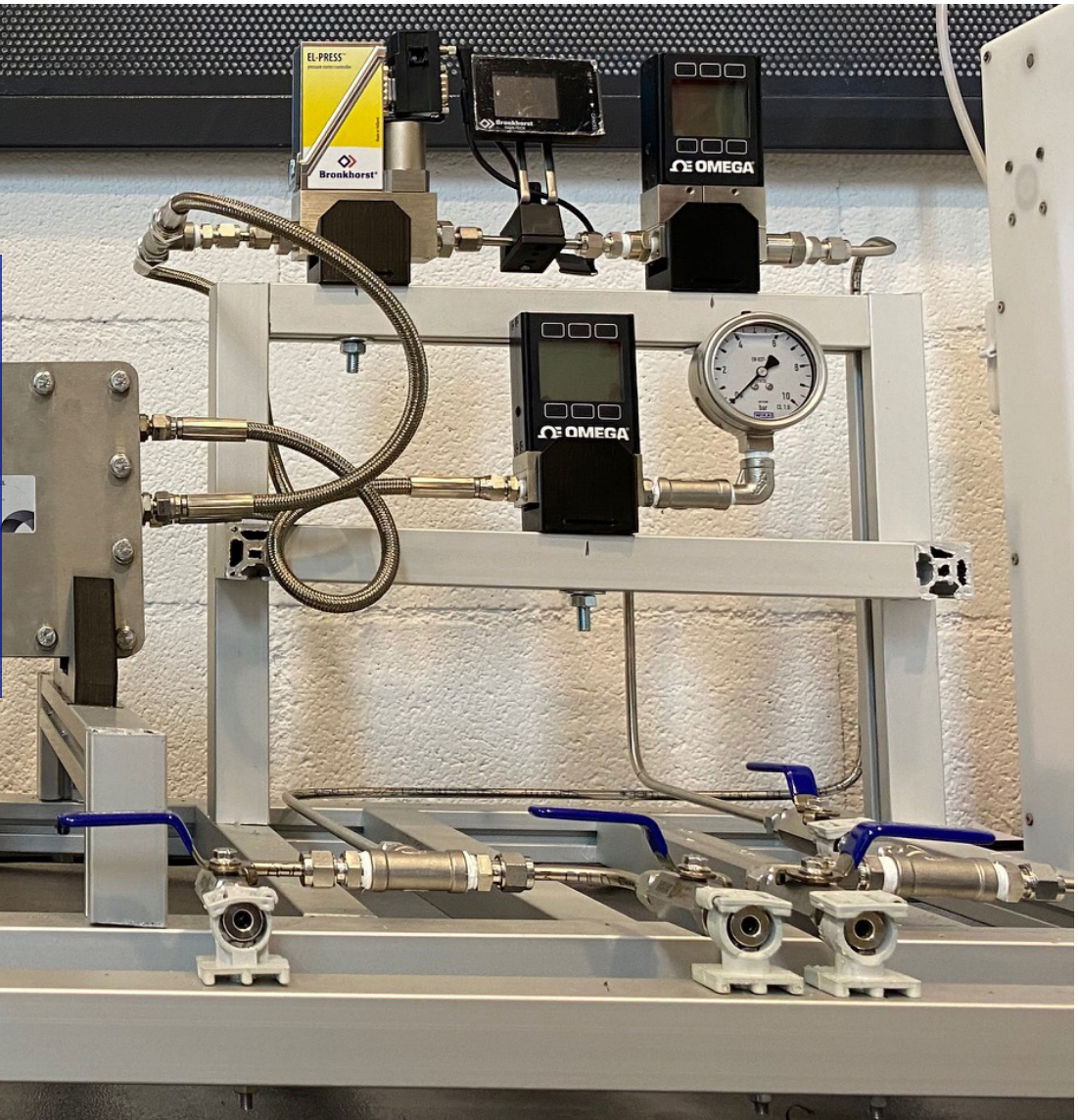
Une description des caractéristiques et de l'utilisation du système KET4F-Gas.

Informations techniques sur les prototypes de KET4F-Gas.

Avantages de la mise en place du système.

L'élimination des mélanges de HFC collectés sur les équipements en fin de vie pose des problèmes environnementaux et leur incinération est pour le moment considérée comme étant la meilleure solution. Cependant, l'incinération génère du CO_2 et des sous-produits nocifs tels que le fluorure d'hydrogène (HF) et l'acide trifluoroacétique (TFA). S'ils sont rejetés dans l'environnement, ces composés se

dissolvent dans l'eau et sont dirigés vers la surface de la terre par les précipitations. De plus, les TFA acidifient l'eau, ce qui peut conduire à une écotoxicité importante en cas d'accumulation dans les écosystèmes. Cette pratique implique un gaspillage de ressources car les composants des mélanges de HFC sont des produits de grande valeur pouvant encore être utilisés pour la production de nouveaux mélanges de réfrigérants respectueux de l'environnement. De plus, ils présentent un PRG nettement plus faible, dont l'utilisation est autorisée par la législation actuelle en tant que substituts aux anciens mélanges de HFC à fort PRG.



Le développement de techniques permettant de récupérer et de recycler efficacement les HFC présents dans les mélanges de gaz est essentiel pour réduire considérablement les émissions de HFC, mais aussi pour promouvoir l'économie circulaire grâce à la valorisation des déchets. Selon les données recueillies dans le cadre du projet KET4F-Gas, les coûts liés à la combustion des réfrigérants sont importants (entre 2 000 et 3 000 €/tonne de gaz plus les frais de transport). Ainsi, en récupérant et en réutilisant les HFC, les coûts liés à l'élimination des déchets et aux taxes sur les nouveaux HFC se voient allégés.

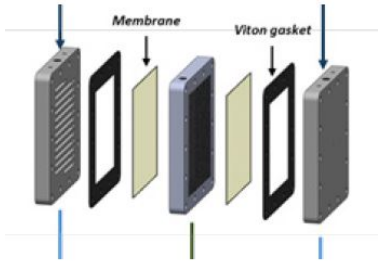
Par exemple, le R-410A, l'un des réfrigérants les plus utilisés dans les climatiseurs à usage privé et industriel, est un système quasi-azéotropique de F-gaz purs R-32 et R-125, avec une composition azéotropique à 91 mol% dans le R-32. Il est donc impossible de séparer les différents HFC du système par des procédés classiques avec des consommations d'énergie élevées (la distillation conventionnelle, par exemple).

Dans le cadre du projet KET4F-Gas, deux prototypes ont été construits pour une récupération efficace des HFC à valeur ajoutée (tel que le R-32) des mélanges réfrigérants à fort PRG (R-410A) contenus dans les équipements en fin de vie. Cela permet une réutilisation dans de nouveaux mélanges réfrigérants respectueux de l'environnement et à faible PRG. Ces deux prototypes sont basés sur deux procé dés de séparation avancés: l'adsorption sur des matériaux poreux et la technologie des membranes, qui offrent des rendements élevés et nécessitent moins d'énergie.

Dans les procédés d'adsorption, un des com-posants du mélange est absorbé de préférence dans un matériau poreux, tandis que le reste quitte la colonne d'adsorption. Ensuite, la colonne d'adsorption est régé-nérée pour récupérer le composé qui a été absorbé de manière sélective. Dans le procédé de séparation des gaz par membrane, un composé du mélange passe à trav-ers des films minces extrêmement sélectifs en raison des différences de taille des molécules de gaz et des interactions gaz-membrane.

Procédé d'adsorption, utilisant des matrices poreuses solides, pour la séparation sélective des gaz.

Procédé membranaire, utilisant des membranes fonctionnalisées avec des liquides ioniques, pour la séparation sélective des gaz.



Les prototypes de KET4F-Gas consistent en une colonne d'adsorption remplie de charbon activé et en un système de membranes contenant deux membranes polymères plates empilées et fonctionnalisées avec des liquides ioniques.

Ces technologies sont faciles à appliquer dans une installation de gestion des déchets en raison du peu d'espace requis, de leur caractère modulaire et de leur extensibilité. De plus, ces systèmes nécessitent peu de maintenance et ont une longue durée de vie. Les systèmes sont très sélectifs pour la séparation du R-410A, ce qui permet une capacité d'adsorption élevée et une grande perméabilité au R-32, d'où une grande performance de séparation et une grande pureté du R-32 (>99%) lorsque les deux prototypes sont utilisés en série.

À retenir:

Dans le cadre du projet KET4F-Gas, deux prototypes ont été conçus pour une récupération efficace des HFC à valeur ajoutée (tel que le R-32) des mélanges réfrigérants à fort PRG (R-410A) contenus dans les équipements en fin de vie. Cela permet ainsi une réutilisation dans de nouveaux mélanges réfrigérants respectueux de l'environnement et à faible PRG.

Les prototypes de KET4F-Gas consistent en une colonne d'adsorption remplie de charbon activé et en un système de membranes contenant deux membranes polymères plates empilées et fonctionnalisées avec des liquides ioniques.

Ces technologies sont faciles à appliquer dans une installation de gestion des déchets en raison du peu d'espace requis, de leur caractère modulaire et de leur extensibilité. Ces systèmes nécessitent peu de maintenance et ont une longue durée de vie.

Les systèmes sont très sélectifs pour la séparation du R-410A, ce qui permet une capacité d'adsorption élevée et une grande perméabilité au R-32, d'où une grande performance de séparation et une grande pureté du R-32 (>99%) lorsque les deux prototypes sont utilisés en série.

Chapitre 5:

Dans quelle mesure le système KET4F-Gas est-il avantageux pour les gestionnaires des déchets ?

Les prototypes KET4F-Gas présentés offrent de nombreux avantages aux gestionnaires des déchets, en effet ils représentent une alternative concrète aux procédés actuels de récupération, de transport et d'incinération des déchets. La possibilité de récupérer le R-32 avec une pureté minimale de 98% en masse permettra de le réutiliser indéfiniment, avec un minimum de perte. De plus, les deux prototypes présentés dans ce guide ont un coût de mise en œuvre relativement faible et représentent un énorme avantage d'un point de vue environnemental.

Dans ce chapitre:

Avantages de la mise en œuvre du système KET4F-Gas pour les opérateurs du déchet.

Avantages du système à court, moyen et long terme.

Résumé des coûts environnementaux et économiques de la mise en œuvre des technologies.

Avantages du système

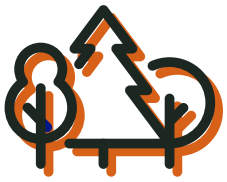
Les nouveaux systèmes de récupération KET4F-Gas pour le réfrigérant R-410A présentent de nombreux avantages car ils permettent une réutilisation totale du réfrigérant R-32 à faible coût. Les principaux avantages sont énumérés ici.

Taux de pureté élevé:

Les deux prototypes présentent une grande pureté, au moins 98% en masse pour le R-32

Faibles coûts environnementaux:

Les nouveaux prototypes font appel à des technologies propres dont l'analyse du cycle de vie révèle une réduction plus de 60% en termes d'émissions de gaz à effet de serre par rapport à un cas de référence où le R-410A n'est pas récupéré.



Faible coût des matériaux:

Dans les deux cas, les membranes et les adsorbants affichent des prix intéressants sur le marché.

D'autres avantages

Le principal avantage de l'utilisation de ces technologies est que le R-32, un gaz ayant un Potentiel de Réchauffement Global (PRG) plus faible, peut être récupéré et réutilisé, en tenant compte de la réglementation européenne actuelle qui va interdire la fabrication de nouveaux HFC à fort PRG dans les équipements de réfrigération. Ces technologies représentent une alternative à court terme pour le passage à des réfrigérants plus avancés ayant un PRG plus faible.

Quelques chiffres pour résumer les avantages en termes d'impact environnemental sur une période de 10 ans :

Environ 3200 kg de R-410A peuvent être traités au niveau du tri.

Le coût environnemental le plus important est au niveau des émissions de CO_2, qui sont faibles et qui se situent dans une fourchette de **6 à 8 kg de CO_2 émis par kg de R-32 récupéré.**

Étant donné que le PRG du R-410A est de 2088, le gain grâce à la réduction des émissions de CO_2 rendent cette technologie 60 à 70 % plus verte que toute autre solution actuelle et plus de 95 % plus efficace en termes d'appauvrissement de la couche d'ozone.

Coûts de mise en œuvre

Les coûts de mise en œuvre dépendent du volume de réfrigérant à traiter par jour. Cependant, d'une manière générale, la conception des unités opérationnelles ne nécessite pas d'équipements coûteux, car tous les matériaux nécessaires sont à bas prix. Les coûts d'investissement dépendent des dimensions de l'unité pour traiter plus ou moins de gaz. **Les coûts opérationnels sont de l'ordre de 32 € par kg de R-32 récupéré.**

À retenir:

Les prototypes de KET4F-Gas représentent une alternative concrète aux procédés actuels de récupération, de transport et d'incinération.

Le principal avantage de l'utilisation de ces technologies est que le gaz R-32 peut être récupéré et réutilisé, tout en tenant compte de la réglementation européenne actuelle qui va interdire la fabrication de nouveaux HFC à fort PRG dans les équipements de réfrigération. La possibilité de récupérer le R-32 avec une pureté de 98% en masse va permettre de le réutiliser indéfiniment, avec un minimum de perte.

Les coûts de mise en œuvre dépendent du volume de réfrigérant à traiter par jour. Cependant, d'une manière générale, la conception des unités opérationnelles ne nécessite pas d'équipements coûteux, car tous les matériaux nécessaires sont à bas prix.

Chapitre 6:

Questions fréquentes

• *Quels sont les cadres réglementaires mondiaux et européens en matière de HFC ?*

Les exigences imposées par les réglementations internationales sont claires :

L'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal sur les HFC (2016): 197 pays industrialisés se sont engagés à réduire de 45 % l'utilisation des HFC d'ici 2024 et de 85 % d'ici 2050. En prenant en compte ces engagements, les pays en développement vont commencer à limiter et à réduire leur consommation de HFC à partir de 2024.

Le Règlement 517/2014 de l'UE sur les gaz fluorés et l'élimination progressive des HFC (2014): prévoit la suppression progressive de la mise sur le marché entre 1995 et 2015 des F-gaz CFC et HCFC et de la catégorie des gaz ayant un PRG supérieur à 2 500, en particulier les HFC. Les exigences de réduction d'ici 2024 du règlement européen sont plus strictes que celles de l'Amendement de Kigali : 69 % contre 45 %. D'ici 2025, un plan de réduction progressive de la mise sur le marché de ces substances est mis en place pour réduire les émissions de 21 % par rapport à la période 2009/2012.

Le système européen de quotas pour la mise sur le marché européen des HFC: depuis 2017, tous les équipements de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur à base de HFC sont soumis à un mécanisme de quotas. Ces quotas sont réévalués tous les trois ans.

• *Comment s'effectue le suivi de la mise en œuvre de la réglementation européenne sur les F-gaz ?*

Tous les opérateurs européens doivent déclarer une fois par an tous les mouvements concernés par type de fluide (stocké, acheté, recyclé, régénéré ou détruit). La Commission européenne va publier en décembre 2020 un rapport sur la disponibilité des HFC sur le marché. En 2022, un rapport mondial comprenant une prévision de la demande de HFC jusqu'en 2030 et au-delà sera publié.

- ***Existe-t-il des sanctions en cas de non-respect du règlement de l'UE sur le recyclage des F-gaz ?***

Oui. Lors de la transposition en droit national du Règlement 517/2014 de l'UE sur les F-gaz, le non-respect des obligations relatives aux systèmes de récupération et de bon traitement des F-gaz à effet de serre est passible de sanctions. La nature de ces sanctions est laissée à l'appréciation de l'État membre concerné.

Au **Portugal**, les sanctions pour non-conformité peuvent aller de 2 000 à 48 000 euros pour une personne physique et de 15 000 à 48 000 euros pour une personne morale. En cas d'infraction grave, les sanctions peuvent atteindre 37 500 euros pour une personne physique et jusqu'à 2 500 000 euros pour une personne morale.

En **Espagne**, les sanctions pour ces infractions peuvent aller d'amendes de 901 à 1 750 000 euros, et jusqu'à la fermeture temporaire ou définitive, en passant par la déchéance ou la révocation de l'autorisation d'exercer la profession temporairement de 1 et 10 ans.

En **France**, les sanctions encourues par les entreprises en cas d'infraction sont : une amende de 3 000 € maximum (personnes morales) et le double en cas de récidive.

- ***Pourquoi est-il important pour les opérateurs et les responsables de la gestion de déchets de bien traiter les F-gaz ?***

En plus des sanctions citées ci-dessus, en raison du nouveau système de quotas fixé par la Commission européenne, il est indispensable que des efforts importants soient faits pour recycler les stocks existants dans la mesure du possible, de manière à maintenir des quantités suffisantes de fluides réfrigérants vierges. Plus la quantité de gaz réfrigérant utilisée est importante, moins il faut de réfrigérant vierge et, par conséquent, la demande sur la chaîne d'approvisionnement pour maintenir les stocks et les approvisionnements diminue au fur et à mesure que la réduction progressive s'effectue et tout cela en évitant les augmentations de prix des réfrigérants. Pour assurer une bonne fiabilité de l'approvisionnement en fluides réfrigérants, l'industrie doit se concentrer sur l'amélioration de la valorisation et sur la réutilisation des produits récupérés.

- ***Pourquoi le logiciel KET4F-Gas peut constituer une solution pour les opérateurs et les responsables de la gestion des déchets?***

Cet outil gratuit accessible à tous est disponible dans quatre langues (portugais, anglais, espagnol et français). Il permet à l'utilisateur de classer les déchets, d'identifier les technologies de traitement des mélanges de F-gaz et de déterminer leur impact sur le réchauffement climatique.

- ***En quoi consistent les prototypes du système KET4F-Gas ?***

Les prototypes du système KET4F-Gas consistent en une colonne d'adsorption remplie de charbon activé et en un système de membranes contenant deux membranes polymères plates empilées fonctionnalisées avec des liquides ioniques.

- ***Est-ce que les prototypes du système KET4F-Gas peuvent être placés dans mes locaux ?***

Oui, ces technologies sont faciles à appliquer dans une installation de gestion des déchets en raison du peu d'espace requis, de leur caractère modulaire et de leur extensibilité. De plus, ces systèmes nécessitent peu de maintenance et ont une longue durée de vie.

Chapitre 7:

Ce qu'il faut retenir

Ces dernières années, la mise en œuvre de technologies efficaces et durables permettant de récupérer et de trier les F-gaz et de les recycler en nouveaux réfrigérants respectueux de l'environnement est devenue de plus en plus urgente. Conformément aux mandats internationaux et au règlement de 2014 de l'Union européenne sur les F-gaz, transférés dans les lois nationales en 2017, les opérateurs et les acteurs de la chaîne d'approvisionnement dans son ensemble sont tenus de limiter les émissions de F-gaz par tous les moyens nécessaires, notamment par la collecte, le recyclage ou la destruction de ces gaz pendant le fonctionnement du système et lorsque l'équipement est arrivé en fin de vie. Le rejet de F-gaz dans l'atmosphère est strictement interdit et fait l'objet de sanctions fixées par l'État membre concerné, sous la direction de la Commission européenne.

Les quotas de mise sur le marché des HFC a permis une augmentation de l'intérêt pour l'utilisation des gaz recyclés et récupérés. En raison du nouveau système de quotas fixé par la Commission européenne, il est indispensable que des efforts importants soient faits pour recycler les stocks existants, dans la mesure du possible, de manière à maintenir des quantités suffisantes de réfrigérants vierges. Plus la quantité de gaz réfrigérant utilisée est importante, moins il faut de réfrigérant vierge et, par conséquent, la demande sur la chaîne d'approvisionnement pour maintenir les stocks et les approvisionnements diminue au fur et à mesure que la réduction progressive s'effectue et tout cela en évitant les augmentations de prix des réfrigérants.

En 2018, la première baisse significative des quotas a eu lieu, avec une diminution de 37 %. Si l'on considère que la prochaine baisse aura lieu en 2021, la capacité de l'industrie à réduire, recycler et innover devient une affaire cruciale. En effet, selon la réglementation sur les F-gaz, seuls les réfrigérants nouvellement « commercialisés » sont inclus dans les quotas, ce qui signifie que l'utilisation de produits recyclés permettra de réduire la dépendance de l'industrie des réfrigérants. À ce jour, les fluides réfrigérants recyclés n'ont représenté qu'une petite partie du total annuel utilisé, cela est principalement dû au fait que les nouveaux réfrigérants sont à un coût élevé et généralement soumis à des brevets. Pour assurer la fiabilité de l'approvisionnement en fluides réfrigérants, l'industrie doit se concentrer sur l'amélioration de la valorisation et sur la réutilisation des produits récupérés. La recherche en matière de technologies utilisant des matériaux respectueux de l'environnement qui permettent de récupérer, de séparer et de recycler efficacement les F-gaz est essentielle pour faciliter la transition des différents acteurs vers le nouveau marché de l'Union européenne.

Le projet KET4F-Gas vise à mettre en place des technologies permettant de trier et de recycler efficacement les HFC lorsque les équipements de réfrigération et de climatisation arrivent en fin de vie. La séparation des composants des réfrigérants de troisième génération proposée dans ce projet conduit à un processus de séparation des F-gaz purs respectueux de l'environnement. Cette séparation se définit donc comme une alternative à la distillation qui est un processus nécessitant une quantité considérable d'énergie. Le projet KET4F-Gas propose une avancée, des changements concrets dans tout le secteur industriel des procédés de réfrigération et de climatisation, de tri, de purification et de récupération de l'une des familles de GES qui contribuent le plus au réchauffement global. La récupération et la séparation des F-gaz des réfrigérants à usage commercial est un domaine encore peu exploré.

Le logiciel KET4F-Gas : Dans le cadre du projet KET4F-Gas, un outil en ligne a été développé permettant de trier les déchets en respectant la norme européenne, d'identifier l'impact des F-gaz sur le réchauffement climatique et de trouver les meilleures solutions de traitement fondées sur les TCG disponibles. Dans la section de classification des déchets, l'utilisateur peut classer un déchet en particulier selon sa source avec un « code-déchet » européen à 3 lettres. Le logiciel KET4F-Gas est disponible dans au moins quatre langues différentes (portugais, anglais, espagnol et français). Le logiciel KET4F-Gas est simple d'utilisation, accessible à tous et gratuit. Avantages de la plate-forme:

- **Apprentissage** – La plateforme contient une multitude d'informations précieuses sur les F-gaz.
- **Aide à la prise de décision** – Il existe différents gaz et technologies de traitement. Les utilisateurs ont le choix entre deux gaz, dont les effets sont plus ou moins importants, et peuvent savoir à l'avance quelles technologies peuvent être appliquées pour séparer les composants des mélanges.
- **Gain de temps** – Toutes les informations nécessaires sont disponibles sur la plate-forme digitale.
- **Fiabilité** – La plate-forme est constamment mise à jour. Des services d'aide sont disponibles pour répondre aux questions des utilisateurs.

Le système KET4F-Gas est basé sur deux prototypes qui ont été construits pour une récupération efficace des HFC à valeur ajoutée (tel que le R-32) des mélanges réfrigérants à fort PRG (R-410A) contenus dans les équipements en fin de vie, à des fins de réutilisation dans de nouveaux mélanges réfrigérants écologiques à faible PRG. Ces deux prototypes sont basés sur deux procédés de séparation avancés : l'adsorption et la technologie des membranes, qui offrent des rendements élevés et nécessitent moins d'énergie. Les nouveaux systèmes de récupération KET4F-Gas pour le réfrigérant R-410A présentent de nombreux avantages car ils permettent une réutilisation totale du F-gaz R-32 à faible coût. Les principaux avantages sont énumérés ici.

- **Taux de récupération et de pureté élevés:** les deux prototypes présentent des taux de récupération élevés et une grande pureté, au moins 98% en masse pour le R-32.
- **Faibles coûts environnementaux:** les nouveaux prototypes font appel à des technologies propres dont l'analyse du cycle de vie révèle une réduction des émissions par rapport à un cas de référence où le R-410A n'est pas récupéré.
- **Faible coût des matériaux:** dans les deux cas, les membranes et les adsorbants affichent des prix intéressants sur le marché.

Le principal avantage de l'utilisation de ces technologies est que le gaz R-32 peuvent être récupérés et réutilisés, en tenant compte de la réglementation européenne actuelle qui va interdire la fabrication de nouveaux HFC à fort PRG dans les équipements de réfrigération. Ces technologies représentent une alternative à court terme pour le passage à des nouveaux réfrigérants ayant un PRG plus faible.
Quelques chiffres pour résumer les avantages en termes d'impact environnemental sur une période de 10 ans :

- **Environ 3200 kg de R-410A peuvent être traités au niveau du tri.**
- **Le coût environnemental le plus important** est au niveau des émissions de CO_2, qui sont faibles et qui se situent dans une fourchette de **6 à 8 kg de CO_2 émis par kg de R-32 récupéré.**
- Étant donné que le PRG du R-410A est de 2 088, le gain en termes de protection de l'environnement en évitant la production rend cette technologie 60 à 70 % plus verte que toute autre solution actuelle.

Les coûts de mise en œuvre du système KET4F-Gas dépendent du volume de réfrigérant à traiter par jour. Cependant, d'une manière générale, la conception des unités opérationnelles ne nécessite pas d'équipements coûteux. **Les coûts d'investissement varient en fonction des dimensions de l'unité pour traiter plus ou moins de gaz. Les coûts opérationnels sont de l'ordre de 32 € par kg de R-32 récupéré.**

Comment nous joindre ?

KET4F-Gas est un projet européen cofinancé par le programme Interreg Sudoe grâce au Fonds Européen de Développement Régional (FEDER). Sous la direction de la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université NOVA de Lisbonne (FCT NOVA), le consortium rassemble 13 partenaires et 6 autres associés du Portugal, d'Espagne, de France et des Émirats arabes unis.

Site web: http://www.ket4f-gas.eu
E-mail: anab@fct.unl.pt; jmmda@fct.unl.pt.
Téléphone: (+351) 212948318

Ce Manuel de bonnes pratiques pour l'industrie et les opérateurs du déchet a été élaboré sous la coordination de la Fundación Empresa-Universidad Gallega (FEUGA) et de FCT NOVA.

FCT NOVA, FEUGA, Institut Quimic de Sarrià (IQS), Université de Cantabria (UC), Xunta de Galicia, APRIA, EnviEstudos, Université de Vigo (UVigo), Université Clermont Auvergne (FRE) et FUNDECYT-PCTEX ont participé à l'élaboration et l'édition de ce manuel.

2de édition. Septembre 2021

LES PARTENAIRES

FCT FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

FEUGA FUNDACIÓN EMPRESA - UNIVERSIDAD GALLEGA

IQS PERSONA CIÈNCIA EMPRESA UNIVERSITAT RAMON LLULL

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

APRIA systems

FUNDECYT PCTEX

INTERLUN. S.L.

XUNTA DE GALICIA

EnviEstudos, S.A.

NOWASTE GESTÃO E RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS, LDA

Universidade Vigo

UCA UNIVERSITÉ Clermont Auvergne

TALENCE INNOVATION SUD DÉVELOPPEMENT Agence De Développement Economique Du Sud Bordeaux

net RESÍDUOS PORTAL PORTUGUÊS DA GESTÃO DE RESÍDUOS

ASSOCIÉS

جامعة خليفة Khalifa University

mare

FCC ambito

European Recycling Platform

ZERO associação sistema terrestre sustentável

Interreg
EUROPEAN UNION
Sudoe
KET4F-Gas