



ÉCOLE DE
TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE
Université du Québec

INVENTAIRE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DE L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE 2021-2022

Par : Souhaila Bendahmane, Assistante de recherche

Supervisé par : Annie Levasseur, Professeure, Département de génie de la construction

Coordonné par : Julien-Pierre Lacombe, Directeur, Bureau du développement durable

Juillet 2024

Table des matières

1. Contexte	3
2. Protocole de quantification des émissions de GES utilisé.....	3
3. Que signifie devenir carboneutre.....	4
4. Inventaire des émissions de GES de la catégorie 1	5
4.1. Traitement physique ou chimique	5
4.2. Émissions fugitives.....	5
4.3. Transport de personnes, de matériaux, de produits et de déchets par des véhicules appartenant à l'organisation	5
4.4. Production d'électricité, de chaleur, d'eau refroidie ou de vapeur (combustion stationnaire)	6
5. Inventaire des émissions de GES de la catégorie 2	6
5.1. Importation d'électricité, de vapeur et d'eau refroidie	6
6. Émissions totales de GES pour les catégories 1 et 2	7
ANNEXES.....	10
Facteurs d'émission.....	10

1. Contexte

Le 24 septembre 2019, l'ÉTS a rejoint le mouvement mondial des établissements d'enseignement supérieur visant à déclarer une situation d'urgence climatique. Cette déclaration¹ comporte trois points principaux :

1. S'engager à atteindre la carboneutralité pour 2030, ou 2050 au plus tard.
2. Mobiliser davantage de ressources pour la recherche axée sur les mesures pour remédier aux changements climatiques et faciliter le développement de compétences.
3. Accroître l'accès à l'éducation relative à l'environnement et au développement durable dans les programmes d'enseignement, sur les campus et dans les programmes de sensibilisation des communautés.

La première étape vers la carboneutralité est de réaliser l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cet engagement fut pris par l'ÉTS en mars 2019, menant à l'inventaire provisoire de 2018-2019. Suite à ce premier inventaire, l'ÉTS est immédiatement devenue carboneutre pour les émissions de catégories 1 et 2 en compensant ses émissions par l'achat de crédits carbone compensatoires certifiés Gold Standard sur le marché volontaire par l'entremise de l'organisme Planetair. Depuis, l'ÉTS a élaboré un plan d'action visant à quantifier les émissions de catégorie 3 progressivement et à mettre en place des mesures de réduction pour les émissions des trois catégories. Ce rapport présente le deuxième inventaire de l'ÉTS, soit celui de 2021-2022. La période de la pandémie n'étant pas représentative, aucun inventaire n'a été produit pour les années 2019-2020 et 2020-2021.

2. Protocole de quantification des émissions de GES utilisé

En l'absence d'une norme pour les inventaires d'émissions de GES des établissements d'enseignement supérieur, la méthodologie choisie est basée sur le protocole des inventaires d'émissions de GES, soit le *Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard Revised Edition*². C'est le protocole international de référence qui convient aux institutions, notamment aux universités. Il est coordonné par un partenariat d'une vingtaine d'années entre le *World Business Council For Sustainable Development* et le *World Resources Institute*. Il a mis à contribution plus de 350 experts internationaux dans la conception de ses diverses éditions et est utilisé par des milliers d'organisations de diverses natures partout sur la planète.

¹ <https://www.sdgaccord.org/climateletter>

² <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

Selon ce protocole, les émissions sont divisées en trois catégories. La catégorie 1 inclut les émissions directes ayant lieu dans le périmètre organisationnel, c'est-à-dire celles dont l'ÉTS possède le contrôle opérationnel. La catégorie 2 inclut les émissions liées à la génération d'électricité, de vapeur et d'eau refroidie importées par l'ÉTS. Finalement, la catégorie 3 inclut toutes les autres émissions indirectes, c'est-à-dire celles qui sont en dehors du contrôle opérationnel de l'organisation.

Cet inventaire répertorie les émissions des catégories 1 et 2 de l'ÉTS suivantes :

Catégorie 1, émissions directes résultant des activités de :

- 1) Traitement physique ou chimique;
- 2) Émissions fugitives;
- 3) Transport de personnes, de matériaux, de produits et de déchets par des véhicules appartenant à l'organisation;
- 4) Production d'électricité, de chaleur, d'eau refroidie ou de vapeur (combustion stationnaire).

Catégorie 2, émissions indirectes résultant des activités de :

- 1) Importation d'électricité;
- 2) Importation d'eau refroidie;
- 3) Importation de vapeur.

3. Que signifie devenir carboneutre

La carboneutralité peut être définie comme l'état dans lequel les émissions de GES d'un individu, d'une organisation ou d'un pays sont réduites, les émissions restantes étant compensées par des crédits carbone.³

En l'absence de norme internationale, jusqu'à présent, c'est l'organisation qui fait le choix des émissions à neutraliser. De manière générale, devenir carboneutre implique trois catégories d'actions : mesurer, réduire et compenser. Une fois un inventaire d'émissions de GES réalisé, la première étape est de réduire au maximum les sources d'émissions directes et indirectes résultant de la production d'énergie (catégories 1 et 2) et de compenser complètement les émissions résiduelles via l'achat de crédits carbone compensatoires homologués. Bien que le choix de quantifier et de réduire les émissions indirectes de catégorie 3 soit encore très variable selon les institutions, l'ÉTS travaille aussi sur un plan d'action pour mesurer et réduire les émissions de cette catégorie.

³ <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CNN%20Guidelines.pdf>

4. Inventaire des émissions de GES de la catégorie 1

4.1. Traitement physique ou chimique

À la suite du questionnaire envoyé aux différents départements de l'ÉTS, ceux-ci ont répondu n'avoir que de faibles émissions de GES dans leurs laboratoires. Lors du premier inventaire, une recommandation a été formulée pour répertorier les émissions de GES à partir de 100 kgCO₂e. En 2021-2022, aucun département n'a déclaré d'émissions de cet ordre de grandeur.

4.2. Émissions fugitives

Il n'existe pas à l'heure actuelle de fichier répertoriant les émissions fugitives générées par les activités de la réfrigération et de la climatisation ou répertoriant les ajouts de réfrigérants lors des entretiens qui permettrait de calculer ces émissions. Afin de tenir compte de ces émissions et de les comptabiliser dans cet inventaire, la méthode de dépistage des équipements de réfrigération et de climatisation a été adoptée. Cette approche est basée sur la multiplication de la quantité de réfrigérant initialement chargé dans l'équipement par un taux de fuite annuel supposé à 15%⁴, pendant un temps d'utilisation estimé, soit une utilisation tout au long de l'année. Pour les véhicules appartenant à l'ÉTS, le taux de fuite est estimé à 10,6% et la charge en réfrigérant, à 1 kg.⁵ Les résultats sont présentés au Tableau 1. En attente d'une méthode plus spécifique permettant de mieux répertorier les émissions fugitives, la méthode choisie pour cet inventaire surestime les émissions.

Tableau 1. Émissions de GES des sources d'émissions fugitives

Source des émissions fugitives	Émissions de GES (tCO ₂ e)
Climatisation des bâtiments	151
Réfrigération des fontaines d'eau	1,2
Climatisation des véhicules	1,6

4.3. Transport de personnes, de matériaux, de produits et de déchets par des véhicules appartenant à l'organisation

La méthodologie de quantification utilisée est basée sur une estimation du volume de carburant consommé par les véhicules de l'ÉTS, calculé à partir des distances totales parcourues et des données de consommations moyennes (litre/100km) de chacun des véhicules. Le volume de carburant estimé est ensuite multiplié par le facteur d'émission

⁴ <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/fugitiveemissions.pdf>, page 12, tableau 3

⁵ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf, page 7.52, tableau 7.9

de GES correspondant, soit celui de l'essence ou du diesel. Les résultats sont présentés au Tableau 2.

Tableau 2. Émissions de GES de la flotte de véhicules de l'ÉTS

Source de carburant	Consommation (L)	Émissions de GES (tCO ₂ e)
Essence	3606	8,4
Diesel	3964	10,9

4.4. Production d'électricité, de chaleur, d'eau refroidie ou de vapeur (combustion stationnaire)

Ces émissions concernent l'utilisation de deux combustibles fossiles : le gaz naturel et le mazout. Le gaz naturel sert principalement pour les services alimentaires et le mazout, pour les génératrices d'urgence. Les génératrices ne sont mises en route que pour vérifier leur bon fonctionnement, en guise d'entretien préventif, et dans le cas d'une panne d'électricité. Leur consommation annuelle a été obtenue en réalisant une moyenne sur le remplissage des génératrices sur dix ans, soit de l'année fiscale 2011-2012 à l'année fiscale 2021-2022. Quant au gaz naturel, la consommation est fournie par Énergir. Les résultats sont présentés au Tableau 3.

Tableau 3. Émissions de GES pour la combustion stationnaire

Source d'énergie	Consommation	Émissions de GES (tCO ₂ e)
Gaz naturel	16 768 m ³	31,8
Mazout léger n°2	1357 L	3,75

5. Inventaire des émissions de GES de la catégorie 2

5.1. Importation d'électricité, de vapeur et d'eau refroidie

Énergir Chaleur et Climatisation Urbaines (ÉCCU) est le partenaire énergétique responsable d'une partie de la gestion du chauffage et de la climatisation en alimentant l'ÉTS en vapeur et en eau refroidie. La quantification des émissions de GES est basée sur les informations fournies par ÉCCU telles que les consommations de vapeur et d'eau refroidie, le coefficient de performance (COP) du système de refroidissement et les facteurs d'émission de la vapeur pour chaque exercice. La consommation d'électricité provient des compteurs d'Hydro-Québec. Les résultats sont présentés au Tableau 4.

Tableau 4. Émissions de GES de l'énergie importée

Source d'énergie	Consommation	Émissions de GES (tCO ₂ e)
Électricité	27 222 838 kWh	43,5
Vapeur	19 561 317 lb	1 433
Eau refroidie	3 775 GJ	0,3

6. Émissions totales de GES pour les catégories 1 et 2

Le total des émissions de GES répertoriées dans cet inventaire pour les catégories 1 et 2 est de 1 686 tCO₂e. La principale source d'émissions de GES est la production de la vapeur utilisée pour chauffer une partie des bâtiments de l'ÉTS, qui représente 85% des émissions totales, alors qu'elle ne représente que seulement 22,3% de la consommation totale d'énergie. Les émissions fugitives représentent la seconde source d'émissions de GES avec une contribution de 9,1%, mais cette valeur est probablement surestimée tel qu'expliqué à la section 4.2. L'électricité vient en troisième position en termes d'émissions de GES avec 2,6 % de contribution, alors qu'elle est la source d'énergie la plus consommée, soit 74,1% de la consommation totale. Ce constat s'explique par la forte valeur du facteur d'émission de la vapeur importée, produite à l'aide de gaz naturel, comparativement à celui de l'électricité achetée, dont la production repose presque entièrement sur les énergies renouvelables.

Finalement, parmi les plus faibles contributeurs aux émissions de GES, on retrouve l'utilisation du gaz naturel (1,9%), la combustion du carburant utilisé par la flotte de véhicules de l'ÉTS (0,6% pour le diesel et 0,50% pour l'essence), la combustion du mazout lors de l'utilisation de la génératrice (0,2%) et l'importation d'eau refroidie (0,02%). Les résultats totaux de l'inventaire, incluant les consommations d'énergie, sont présentés au Tableau 5.

Tableau 5. Consommations d'énergie et émissions de GES des catégories 1 et 2

Source	Consommation d'énergie	Consommation d'énergie (GJ)	Part de la consommation d'énergie (%)	Émissions de GES (tCO ₂ e)	Part des émissions (%)
Gaz naturel	16 768 m ³	635	0,48%	31,8	1,9%
Mazout léger	1 357 L	52,7	0,04%	3,75	0,23%
Essence	3 606 L	121	0,09%	8,4	0,50%
Diesel	3 964 L	152	0,12%	10,9	0,65%
Émissions fugitives	NA	NA	NA	153,8	9,1%
Vapeur	19 561 317 lb	29 537	22,3%	1 433	85%
Électricité	27 222 838 kWh	98 002	74,1%	43,6	2,6%
Eau refroidie	3 775 GJ	3 775	2,85%	0,3	0,02%

La Figure 1 illustre la contribution de chaque source d'énergie à la consommation d'énergie totale, ainsi que la contribution de chaque source d'émission de GES aux émissions totales pour les catégories 1 et 2.

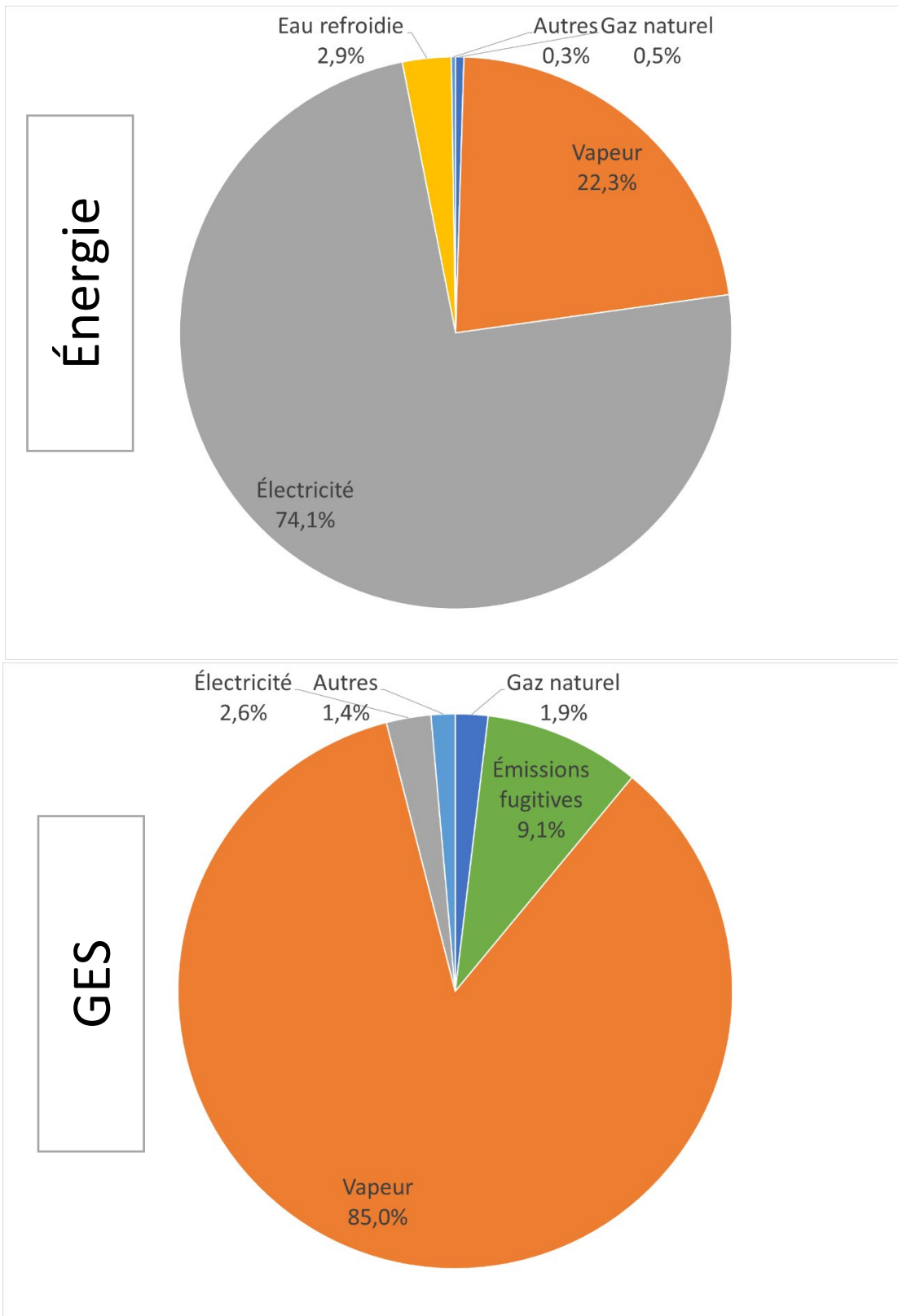


Figure 1. Contribution à la consommation d'énergie totale et aux émissions de GES des catégories 1 et 2

Le Tableau 6 présente les émissions de gaz à effet de serre par type de gaz pour le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O). Les émissions fugitives étant composées de différents gaz réfrigérants, seule la valeur en équivalent CO₂ est indiquée dans le tableau.

Tableau 6. Émissions de gaz à effet de serre par type de gaz pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O

Source	Émissions de CO ₂	Émissions de CH ₄		Émissions de N ₂ O		Émissions de GES totales tCO ₂ e
	kgCO ₂	kgCH ₄	kgCO ₂ e	kgN ₂ O	kgCO ₂ e	
Gaz naturel	31 641	0,62	18,5	0,57	155	31,8
Mazout léger	3 736	0,035	1,05	0,046	12,6	3,75
Essence	8 319	0,50	15,0	0,079	21,7	8,4
Diesel	10 627	0,20	6,0	0,87	238	10,9
Émissions fugitives	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	153,8
Vapeur	1 425 159	28,1	839	25,9	7 059	1 433
Électricité	43 560	0	0	0	0	43,6
Eau refroidie	300	0	0	0	0	0,3
TOTAL						1 686

7. Comparaison avec le dernier inventaire d'émissions de GES

Le Tableau 7 présente la comparaison des résultats de l'inventaire de 2018-2019 et de celui de 2021-2022. En 2018-2019, les émissions fugitives ainsi que les émissions des véhicules appartenant à l'ÉTS (essence et diesel) n'avaient pas été quantifiées par manque d'information. Une somme partielle, excluant ces émissions, a donc été calculée pour l'année 2021-2022 afin de comparer les émissions totales sur la même base. En 2018-2019, aucun bâtiment de l'ÉTS n'avait encore été raccordé au système d'eau refroidie de ÉCCU, c'est pourquoi il n'y a pas d'émissions associées. Par contre, les émissions de l'inventaire 2021-2022 pour l'eau refroidie ont été incluses dans la somme partielle puisqu'avant, tous les besoins en climatisation étaient pourvus par des systèmes électriques qui eux, sont inclus dans l'inventaire 2018-2019.

Tableau 7. Comparaison des inventaires d'émissions de GES de 2018-2019 et 2021-2022

Source	Émissions 2018-2019 (tCO ₂ e)	Émissions 2021-2022 (tCO ₂ e)	Variation
Gaz naturel	51	31,8	-38%
Mazout léger	3,3	3,75	+14%
Essence	-	8,4	N/A
Diesel	-	10,9	N/A
Émissions fugitives	-	153,8	N/A

Source	Émissions 2018-2019 (tCO ₂ e)	Émissions 2021-2022 (tCO ₂ e)	Variation
Vapeur	1 600	1 433	-10%
Électricité	56	43,6	-22%
Eau refroidie	-	0,3	N/A
TOTAL	1 710	1 686	-1,4%
Total excluant les émissions fugitives, l'essence et le diesel	1 710	1 532	-10,4%

ANNEXE

Facteurs d'émission, de conversion et potentiels de réchauffement global

Les facteurs d'émission utilisés sont présentés au Tableau 8. Ils proviennent de la Table de conversion utilisée pour la reddition de comptes et l'inventaire des gaz à effet de serre du secteur institutionnel fournie par Transition énergétique Québec à travers le tableur Excel EnerUNIV pour l'année 2021-2022 (gaz naturel, mazout léger, essence, diesel, électricité) et directement de ÉCCU pour la vapeur et l'eau refroidie.

Tableau 8. Facteurs d'émission et de conversion

Source	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Unités	Facteur de conversion
Gaz naturel	1 887	0,037	0,034	g/m ³	0,03789 GJ/m ³
Mazout léger	2 753	0,026	0,034	g/L	0,0388 GJ/L
Essence	2 307	0,14	0,022	g/L	0,0335 GJ/L
Diesel	2 681	0,051	0,22	g/L	0,0384 GJ/L
Vapeur	72,856	0,00144	0,001322	g/lb	0,00151 GJ/lb
Électricité	1,6	0	0	g/kWh	0,0036 GJ/kWh
Eau refroidie	Facteurs d'émission de l'électricité				COP = 5,628

Les potentiels de réchauffement global utilisés pour un horizon de 100 ans sont présentés au Tableau 9 et proviennent du plus récent rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)⁶. Pour le dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O), les valeurs utilisées incluent les rétroactions du cycle du carbone.

⁶ Forster, P., T. Storelvmo, K. Armour, W. Collins, J.-L. Dufresne, D. Frame, D.J. Lunt, T. Mauritsen, M.D. Palmer, M. Watanabe, M. Wild, and H. Zhang, 2021: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923–1054, doi:10.1017/9781009157896.009.

Tableau 9. Potentiels de réchauffement global pour un horizon de 100 ans utilisés dans cet inventaire

GES	PRG 100 ans (kgCO ₂ e/kg)	Source
CO ₂	1	GIEC Tableau 7.15
CH ₄	29,8	GIEC Tableau 7.15
N ₂ O	273	GIEC Tableau 7.15
R-134a	1 530	GIEC Tableau 7.SM.6
R-22	1 960	GIEC Tableau 7.SM.6
R-125	3 740	GIEC Tableau 7.SM.6
R-32	771	GIEC Tableau 7.SM.6
R-407c	1 908	52% R-134a, 25% R-125, 23% R-32
R-410a	2 255	50% R-125, 50% R-32