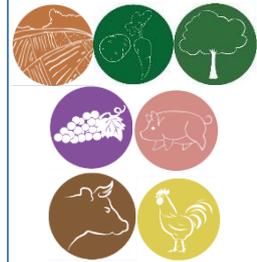


4. 1.11.
Flux directs

Les fluides réfrigérants



Rédacteur : Dominique Grasselly (CTIFL)

Contenu

1. Utilisation du froid dans les exploitations agricoles.....	1
2. Les émissions directes	2
3. Les émissions indirectes liées à la production des fluides réfrigérants	5
4. Références bibliographiques.....	5

1. Utilisation du froid dans les exploitations agricoles

Les fluides frigorigènes sont des substances ou des mélanges de substances utilisés dans les équipements de production de froid ou de climatisation. La présence d'installations de froid dans les exploitations agricoles est généralisée dans certaines filières comme la production laitière. Des équipements sont également rencontrés dans certaines exploitations fruitières et légumières pour conserver les produits jusqu'à leur livraison à la station de conditionnement ou à la plateforme du client. La production d'endive est un cas particulier qui nécessite du froid pour entreposer les racines produites au champ pendant plusieurs mois puis refroidir les salles de forçage dans lesquelles sont produites les endives. Le froid est également de plus en plus utilisé dans les caves pour améliorer les processus de vinification (refroidissement de vendange, outil de traitement thermique). Enfin, les équipements de climatisation embarqués dans les véhicules et certains engins agricoles (tracteurs, automoteurs) sont également à prendre en compte dans le cadre des activités agricoles.

Les fluides réfrigérants susceptibles d'être rencontrés dans les exploitations agricoles appartiennent à trois grandes familles :

- Les substances inorganiques pures (ex. NH₃ et CO₂)
- Les hydrocarbures (ex. propane)
- Les hydrocarbures halogénés (HCFC et HFC)

Les PRG indiqués dans ce tableau sont issus pour la plupart des deux derniers rapports du GIEC, 4^{ème} rapport 2007 (AR4) et 5^{ème} rapport 2016 (AR5). L'utilisation des valeurs les plus récentes sont recommandées.

Les valeurs du 4^{ème} rapport 2007 (AR4) sont également présentées car elles sont parfois utilisées dans certains inventaires.

Tableau 1 : Principaux fluides réfrigérants avec leur PRG à 100 ans selon les 4^{ème} (AR4) et 5^{ème} (AR5) rapports du GIEC

Familles de fluides		Composition	PRG 100 ans AR4	PRG 100 ans AR5
Substances inorganiques pures	R-717	Ammoniac (NH ₃)	0	0
	R-744	Dioxyde carbone (CO ₂)	1	1
Hydrocarbures	R-290	Propane (C ₃ H ₈)	3 ou 20	3 ou 20
	R-600a	Isobutane (C ₄ H ₁₀)	3 ou 20	3 ou 20
Principaux fluorés purs gaz	R-12 ²	Dichlorodifluorométhane (CCl ₂ F ₂)	10900	10200
	R-22 ²	Chlorodifluorométhane (CHClF ₂)	1810	1760
	R-23	CHF ₃	14800	12400
	R-32	(CH ₂ F ₂)	675	677
	R-125 ¹	Pentafluoroéthane (C ₂ H ₂ F ₅)	3500	3170
	R-134a	1,1,1,2-tétrafluoroéthane (C ₂ H ₂ F ₄)	1430	1300
	R-143a	1,1,1-trifluoroéthane (C ₂ H ₃ F ₃)	4470	4800
	R-152a	1,1-difluoroéthane (C ₂ H ₄ F ₂)	437	138
Mélanges commerciaux	R-401a ²	R22 (53%), R152a (13%), R124 (34%)	1182	1130
	R-404a ²	R143a (52%), R125 (44%), R134a (4%)	3922	3943
	R-407a	R125 (40%), R134a (40%), R32 (20%)	2107	1923
	R-407c	R32 (23%), R125 (25%), R134a (52%)	1774	1624
	R-407f	R32 (30%), R125 (30%), R134a (40%)	1825	1674
	R-408a	R22 (47%), R143a (46%), R125 (7%)	3152	3257
	R-410a	R32 (50%), R125 (50%)	2088	1924
	R-417a	R125 (46,6%), R134a (50%), R600a (3,4%),	2346	2127
	R-422a	R125 (85,1%), R134a (11,5%), R600a (3,4%)	3140	2844
	R-422d	R134a (31,5%), R125 (64,1%), R600a (3,4%)	2729	2473
	R-427a	R134a (50%), R125 (25%), R32 (15%), R143a (10%)	2138	2024
	R-448a	R32 (26%), R125 (26%), R1234yf (20%), R134a (21%), R1234ze (7%)	1273	
	R-449a	R32 (24,3%), R125 (24,7%), R1234yf (25,3%), R134a (25,7%)	1397	
	R-502 ²	R22 (48,8%), R115 (51,8%)	4657	
	R-507	R143a (50%), R125 (50%)	3985	3985
R-507a	R125 (50%), R143 (50%)	2465	2235	

¹ Fluide jamais utilisé pur mais entre dans la composition de plusieurs mélanges

² Ces fluides sont interdits dans les équipements neufs. La vente du R-22, R-401a et R-402a pour la maintenance des installations est interdite depuis 2015

2. Les émissions directes

Les émissions directes sont liées aux pertes de fluides intervenant tout au long de la vie de l'équipement, de la première charge de l'installation jusqu'à la fin de vie, en passant par les émissions fugitives, les émissions à la maintenance des équipements ainsi que lors d'un éventuel retrofit, opération consistant à remplacer un fluide frigorigène par un autre.

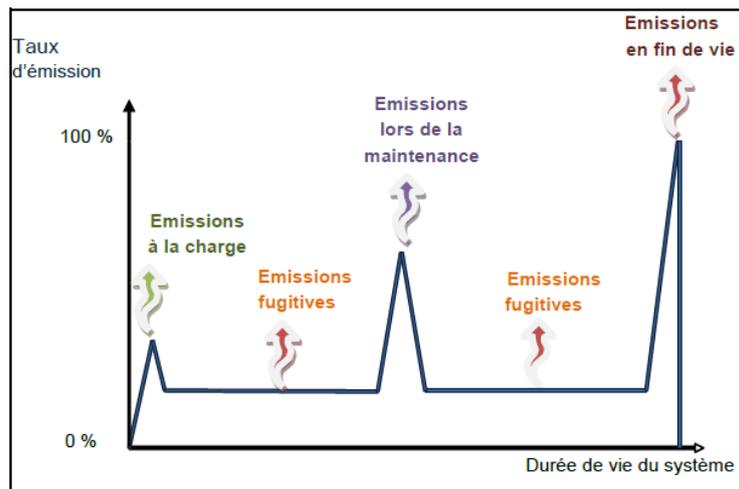


Figure 1. Emissions au cours de la vie de l'équipement (Barrault et Clodic, 2017)

Le calcul des émissions de GES des équipements froids consiste donc à :

- déterminer la quantité de fluide contenue dans l'installation,
- évaluer les émissions cumulées sur la durée de vie de l'équipement
- répartir les émissions sur la durée de vie de l'équipement pour obtenir des données moyennes annuelles.

La quantité de fluide contenue dans les installations et les quantités réintroduites en cas de fuites sont en principe connues des exploitations. Depuis le 1^{er} avril 2008, les équipements mis sur le marché contenant une charge en fluide supérieure à 2 kg doivent comporter de façon lisible et indélébile l'indication de la nature et de la quantité du fluide frigorigène. Par ailleurs, les entreprises qui interviennent pour la maintenance annuelle des installations doivent informer les clients des quantités de fluide ajoutées.

Toutefois, si ces informations ne sont pas retrouvées, il est possible de les évaluer grâce à la méthode mise en œuvre pour l'inventaire des émissions de fluides frigorigènes France et DOM COM (Barrault et Clodic, 2017). Ce rapport propose des valeurs moyennes pour estimer la quantité de fluide de l'équipement en fonction de la puissance frigorifique de l'installation, les taux de fuite pour les différentes étapes de la vie de l'équipement. L'inventaire national a pour but d'évaluer, au niveau national, les émissions de GES et, dans le cas présent, les émissions de fluides frigorigènes par secteur. Les hypothèses sont établies à partir des données du GIEC, des retours d'expérience issus d'enquête de terrain et des avis d'experts. Ces valeurs concernent huit domaines d'application, décomposés en 44 sous-secteurs.

Les huit domaines sont :

- Le froid domestique,
- Le froid commercial,
- Les transports frigorifiques,
- Le froid industriel, (agro-alimentaires, chimiques et pharmaceutiques),
- La climatisation à air,
- Les groupes refroidisseurs d'eau,

- Les pompes à chaleur résidentielles,
- La climatisation embarquée.

Des références spécifiques aux tanks à lait sont données dans ce rapport. Pour l'entreposage des fruits et légumes, les références à retenir sont celles du domaine du froid industriel et des groupes refroidisseurs d'eau. Les taux d'émissions présentés sont établis à partir d'enquêtes ponctuelles et associées à une courbe de tendance.

Tableau 2 : Charge moyenne, durée de vie, taux d'émissions à la charge et fugitives et pertes en fin de vie

Domaine d'application, sous-secteur	Charge de fluide en kg/kW	Durée de vie (ans)	Taux d'émissions à la charge (%)	Taux d'émissions fugitives (% par année)	Emissions en fin de vie (%)
Froid industriel, froid positif, système direct	5,5	30	2 à 5%	15	5 à 20**
Froid industriel, froid positif, système indirect	2	30		15	5 à 20**
Tank à lait	2,2 (kg/m ³ de stockage)	15		10	50
Groupe refroidisseur d'eau, petites puissances (<50 kW)	0,3	15		9,5	22
Groupe refroidisseur d'eau, moyennes puissances (entre 50 et 350 kW)	0,3	15		4,5	22
Groupe refroidisseur d'eau, fortes puissances (>350 kW)	0,2	20		5	22
Groupe refroidisseur d'eau, centrifuges	0,3	25		3,5	5
Climatisation embarquée kg par engin*	0,5	9		25 g/an	92

*les données correspondent à la climatisation automobile

**Valeur indiquée pour Froid industriel, Agroalimentaire. Pour les installations ICPE, les pertes en fin de vie ne seraient plus que de 5%.

Les émissions annuelles de fluide des installations froid (sauf pour la climatisation embarquée) peuvent donc être calculées à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Emissions annuelles de fluide} = \frac{P_f \times C_f}{ddv} \times [E_c + (E_f \times ddv) + E_{fdv}]$$

P_f = Puissance froid de l'installation (kW)

C_f = Charge de fluide (kg/kW)

ddv = Durée de vie de l'installation (an)

E_c = Emissions à la charge (%)

E_f = Emissions fugitives (%)

E_{fdv} = Emissions en fin de vie (%)

3. Les émissions indirectes liées à la production des fluides réfrigérants

Peu d'éléments sont disponibles sur les émissions liées à la production des gaz fluorés. Seul le R134a est renseigné dans Ecoinvent V3.5. Il est donc proposé d'utiliser le R134a comme proxy ou préférentiellement de constituer chaque fluide, de manière spécifique, en fonction de sa composition.

4. Références bibliographiques

ADEME, 2017. Documentation Base Carbone 14.0.0, 323p.

Barrault S., Clodic D., (2017). Inventaire des émissions de fluides frigorigènes, France et DOM COM, année 2015, Rapport final, 123p.

CITEPA, 2018. Rapport OMINEA – 15^{ème} édition, 878p.

GIEC – AR4 – 4^{ème} rapport (2007)

GIEC – AR5 – 5^{ème} rapport (2013)