



INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID  
INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION

## L'EMPREINTE CARBONE DE LA CHAÎNE DU FROID



AVRIL 2021

**7<sup>e</sup> Note d'Information  
sur le froid et  
l'alimentation**



« Une chaîne du froid mondiale améliorée permettrait de réduire de près de 50 % les émissions de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid actuelle. »

DOI: 10.18462/iir.INfood07.04.2021



**IIFIR.ORG**

in |  |  | 

**iif-iir@iifir.org**

177, boulevard Malesherbes - 75017 Paris - France  
Tel. +33 (0)1 42 27 32 00 / Fax +33 (0)1 47 63 17 98

Copyright © 2021 IIR/IIF All rights reserved/Tous droits réservés

## Résumé

Selon les estimations de l'IIF, 12 % des aliments produits au niveau mondial ont été perdus en 2017 à cause d'une chaîne du froid insuffisante. Une chaîne du froid plus étendue permettrait de limiter le recours à une augmentation de la production agricole pour compenser ces pertes et d'éviter les émissions de CO<sub>2</sub> correspondantes. Reste à savoir si les émissions de CO<sub>2</sub> supplémentaires résultant de la mise en place d'une chaîne du froid plus étendue ne seraient pas supérieures aux émissions évitées grâce à une réduction des pertes alimentaires dues à un manque de froid.

Pour répondre à cette question-clé, l'IIF a développé un modèle innovant de calcul des émissions de CO<sub>2</sub> pour chaque étape de la chaîne du froid et pour l'ensemble des pays du monde. Ce modèle permet de comparer les émissions de CO<sub>2</sub> associées à la chaîne du froid mondiale actuelle avec celles d'une chaîne du froid « améliorée ». Cette dernière correspond à une hypothèse raisonnable dans laquelle la chaîne du froid de tous les pays est amenée au même niveau d'équipements et de performance que celle existant dans les pays développés. Les résultats suivants sont obtenus :

- Une chaîne du froid mondiale améliorée sur ces bases permettrait une réduction de près de 50 % des émissions de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid actuelle.
- Cette chaîne du froid améliorée permettrait en outre d'éliminer 55 % des pertes alimentaires imputables à la chaîne du froid actuelle.

*Cette Note d'Information a été préparée par Jean Sarr (élève ingénieur), Jean-Luc Dupont (Chef du Département d'Information Scientifique et Technique) et Jacques Guilpart (Délégué IIF de la France). Elle a été relue par Richard Lawton (président de la Section D « Entreposage et transport ») et Silvia Minetto (présidente de la Commission D2 « Transport frigorifique »). La méthodologie et les hypothèses ont été élaborées avec l'aide des membres du Groupe de Travail de l'IIF sur la chaîne du froid dans les pays chauds.*

*Elle a été traduite par Nathalie de Grissac et maquetée par Nolwenn Robert-Jourdren (siège de l'IIF).*

## Introduction

Assurer en quantité et en qualité suffisantes l'alimentation de 7,7 milliards d'habitants aujourd'hui et d'environ 9,7 milliards à l'horizon 2050 <sup>[1]</sup> est sans nul doute l'un des défis majeurs actuels, avec des conséquences potentielles sur les équilibres économiques, sociaux et écosystémiques mondiaux.

La température est le principal facteur affectant la sécurité et la qualité des denrées périssables <sup>[2]</sup>. Pour éviter la croissance d'agents pathogènes et préserver les propriétés nutritionnelles et organoleptiques des aliments, une partie de la production alimentaire destinée à la consommation humaine doit être soumise au froid et ce, à toutes les étapes, de la production à la consommation finale. Grâce à un ensemble de systèmes frigorifiques, la température de ces aliments doit être maîtrisée tout au long de la chaîne d'approvisionnement. L'ensemble des opérations frigorifiques réalisées pour maintenir les aliments à la température requise est appelé chaîne du froid <sup>[3]</sup>.

Dans une précédente Note d'Information, l'Institut International du Froid (IIF) a montré que pour l'année 2013, sur 1661 millions de tonnes d'aliments qui auraient dû bénéficier d'une chaîne du froid, seulement 778 millions de tonnes (47 %) ont été soumises au froid, entraînant des pertes alimentaires estimées à 13 % de la production agricole destinée à la consommation humaine <sup>[4]</sup>. Une chaîne du froid plus étendue pourrait réduire de façon significative les pertes alimentaires et améliorer ainsi la sécurité et la sûreté alimentaires au niveau mondial. D'après cette même note, une chaîne du froid capable d'éliminer les pertes alimentaires imputables à une couverture frigorifique insuffisante (ou un « manque de froid ») permettrait de sauvegarder 475 millions de tonnes d'aliments et permettrait ainsi de nourrir théoriquement 950 millions de personnes par an <sup>[4]</sup>.

L'actualisation, selon la même méthode de calcul, des résultats fournis par cette Note d'Information à partir des données de la FAO de l'année 2017 (les plus récentes disponibles à ce jour), fait apparaître la possibilité de sauvegarder 526 millions de tonnes d'aliments, comme cela est illustré par la figure 1.

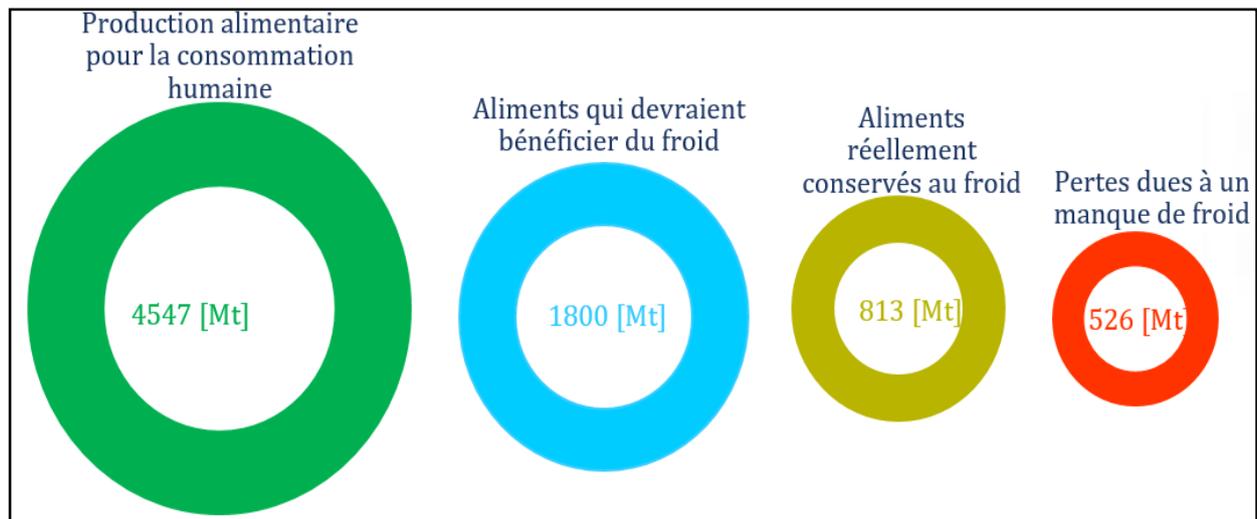


Figure 1

Les pertes alimentaires mondiales dues à un manque de froid, année 2017

Une extension de la chaîne du froid actuelle permettrait donc une meilleure utilisation des denrées alimentaires produites et limiterait le recours à une augmentation de la production agricole pour compenser les pertes, réduisant ainsi l'impact négatif sur l'environnement des activités agricoles. D'après un rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) de 2019, l'agriculture, la foresterie et d'autres utilisations des terres représentent 23 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) [5]. Éliminer ou réduire les pertes alimentaires dues à un manque de froid permettrait donc également d'éviter les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) (notées dans ce document « émissions de CO<sub>2</sub> ») liées à cette production agricole supplémentaire.

Cependant, la chaîne du froid génère aussi des émissions de CO<sub>2</sub> en raison des fuites de fluide frigorigène dans l'atmosphère qu'elle occasionne mais aussi et surtout à cause de la consommation en énergie qu'elle implique [6]. À ces sources d'émissions de CO<sub>2</sub>, s'ajoute la consommation de carburant des véhicules de transport frigorifique des aliments.

Le bilan des émissions totales de CO<sub>2</sub> associées à une chaîne du froid doit donc intégrer les émissions provenant :

- des équipements de la chaîne du froid elle-même,
- des pertes alimentaires résultant d'une couverture frigorifique insuffisante par la chaîne du froid existante de tous les aliments qui doivent être soumis au froid pour leur bonne conservation.

L'objectif de cette étude sera, dans un premier temps, de modéliser l'empreinte carbone – c'est-à-dire l'ensemble des émissions exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> – correspondant à la chaîne du froid actuelle dans tous les pays. Dans un deuxième temps, on étudiera, en se basant sur les émissions de CO<sub>2</sub>, l'intérêt d'une chaîne du froid « améliorée » qui permettrait de réduire les pertes alimentaires résultant d'un manque de froid, et qui serait plus performante.

Une chaîne du froid « améliorée » correspond dans cette note à une chaîne du froid étendue, c'est-à-dire dotée de davantage d'équipements frigorifiques, mais aussi plus performante sur le plan énergétique et environnemental, selon des hypothèses qui seront précisées plus avant.

La figure 2 ci-dessous schématise la chaîne du froid actuelle et la chaîne du froid « étendue ». Elle s'appuie sur les principes suivants :

Sur la quantité d'aliments qui devrait être soumise au froid :

- une partie des aliments, en vert, est réellement conservée au froid,
- une autre partie, en rouge, est perdue à cause d'un manque de froid,

- la partie restante, en bleue, bien que n'étant pas soumise au froid, présente cependant des propriétés permettant dans certains cas sa consommation, à proximité des lieux de production notamment.

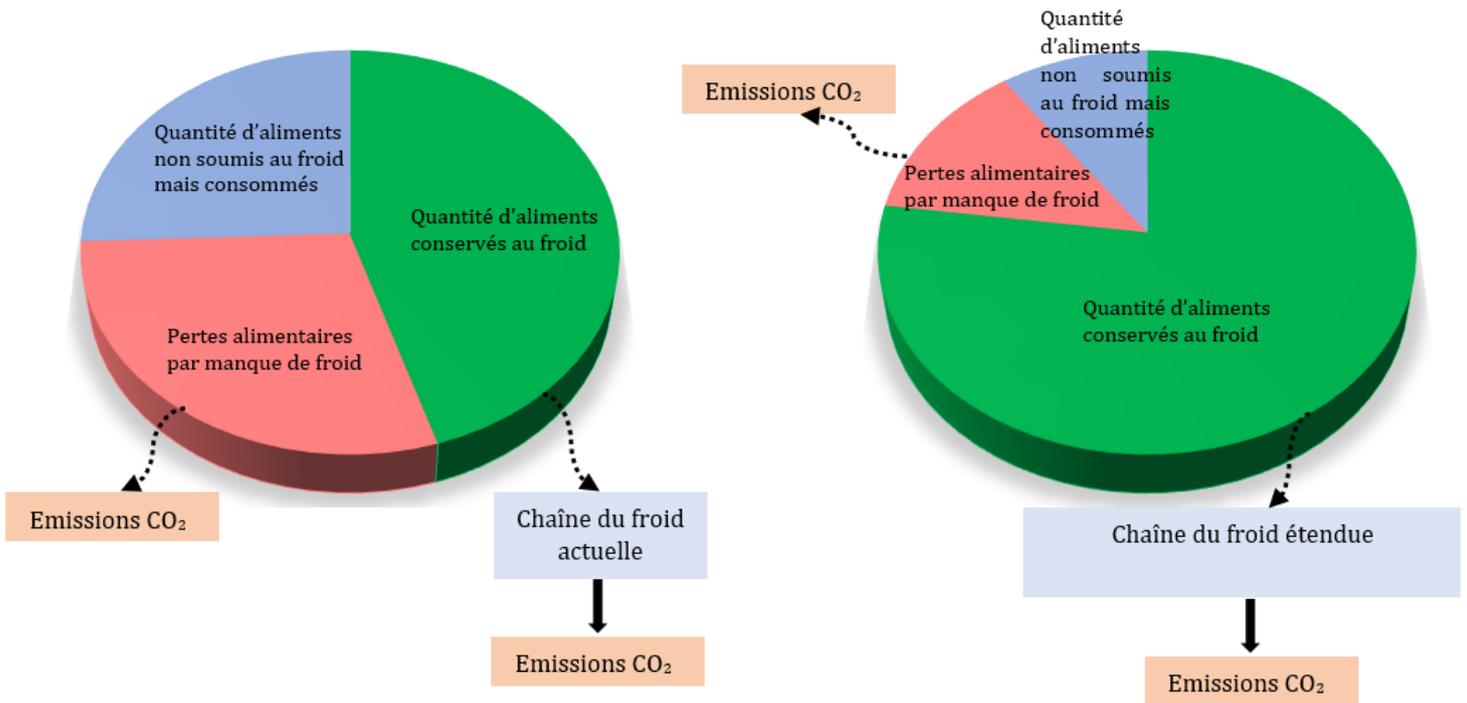


Figure 2a : Chaîne du froid actuelle

Figure 2b : Chaîne du froid étendue

## Figure 2

### Origines des émissions de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid actuelle et d'une chaîne du froid étendue.

Sur la figure 2b, qui correspond à une chaîne du froid étendue, les pertes alimentaires sont réduites grâce à la mise en place et l'utilisation de davantage d'équipements frigorifiques dans le cadre d'une chaîne du froid permettant une meilleure couverture frigorifique.

La modélisation de ces deux chaînes du froid a pour objectif de pouvoir comparer les émissions totales de CO<sub>2</sub> qui leur sont associées.

L'une des questions à laquelle il sera important de répondre est la suivante : les émissions de CO<sub>2</sub> supplémentaires issues de la mise en place d'une chaîne du froid améliorée ne sont-elles pas supérieures aux émissions évitées grâce à une réduction des pertes alimentaires dues à un manque de froid ?

# La chaîne du froid

Une chaîne du froid est un système ininterrompu de transport et de stockage à température contrôlée de produits alimentaires conservés au froid entre les producteurs en amont et les consommateurs finaux, conçu pour maintenir la qualité et la sécurité de ces produits [7] [8].

Dans cette étude, la chaîne du froid se présente en 5 étapes :

- Le pré-refroidissement : cette étape correspond au premier refroidissement des produits alimentaires, juste après la récolte pour les produits agricoles par exemple.
- Le transport frigorifique : il correspond au transport sous des conditions de température optimale des produits qui doivent être conservés

au froid. Il est à noter que le transport frigorifique peut intervenir plusieurs fois dans la chronologie de la chaîne du froid.

- Le stockage frigorifique : c'est l'étape d'entreposage des produits conservés au froid. Tout comme pour l'étape du transport frigorifique, le stockage frigorifique peut intervenir à plusieurs reprises dans la chaîne du froid.
- La vente au détail : cette étape correspond à la distribution des produits réfrigérés et congelés dans les supermarchés et autres lieux de vente.
- Le consommateur final : c'est l'étape du stockage frigorifique des produits, dans le réfrigérateur et/ou le congélateur du consommateur final.

La figure ci-dessous représente une chaîne du froid typique considérée dans cette étude :

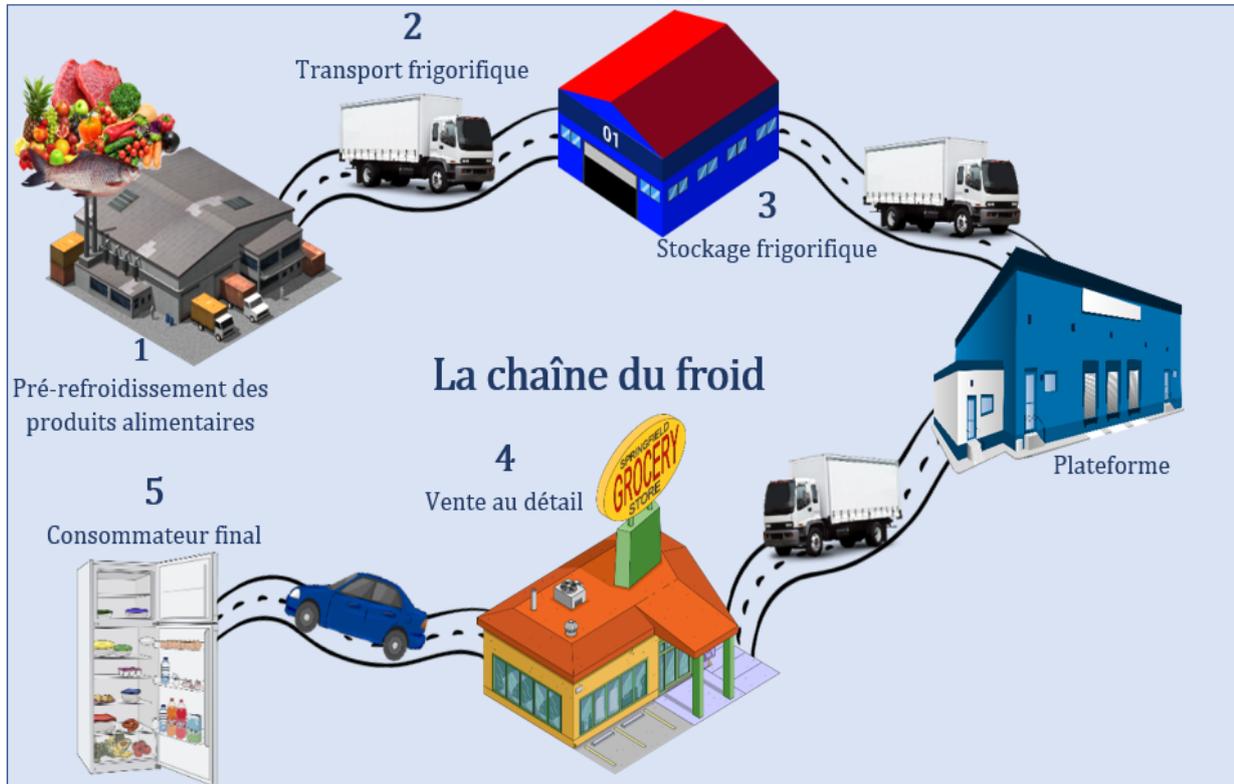


Figure 3

La chaîne du froid

# La modélisation des émissions de CO<sub>2</sub>

## LES DONNÉES RELATIVES AUX ÉQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES

La modélisation des émissions de CO<sub>2</sub> d'une chaîne du froid requiert d'abord une évaluation des équipements frigorifiques utilisés tout au long de cette chaîne du froid, et en premier lieu des paramètres suivants :

- nombre de véhicules de transport frigorifique,
- volumes de stockage frigorifique,
- mètres linéaires de meubles frigorifiques de vente dans les supermarchés,
- nombre de réfrigérateurs et congélateurs domestiques.

L'estimation de ce parc d'équipements frigorifiques est faite ici à partir de la quantité d'aliments qui est conservée au froid. Cette quantité, estimée à 813 Mt au niveau mondial (Fig. 1), a été calculée à partir des données de la FAO datant de 2017 <sup>[9]</sup>. Ces données étant disponibles pour chaque pays<sup>1</sup>, cela permet d'estimer le parc d'équipements frigorifiques par pays.

Les produits alimentaires pris en compte dans cette modélisation sont : la viande, le lait, les poissons, les fruits, les légumes et les tubercules.

Les hypothèses et méthodes de calcul liées au modèle sont précisées dans une [annexe méthodologique](#)<sup>2</sup>.

## LES PRINCIPES DE MODÉLISATION

Les émissions de CO<sub>2</sub> causées par les équipements frigorifiques d'une chaîne du froid proviennent :

- De la consommation d'électricité : la production de l'énergie électrique consommée par ces équipements frigorifiques pour refroidir les aliments est à l'origine d'émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. L'équivalent carbone du kWh d'énergie électrique consommé dépend des sources d'énergie primaires utilisées pour produire cette énergie électrique (énergies renouvelables, énergie nucléaire, charbon, fioul, etc.).
- Des fuites de fluides frigorigènes : un frigorigène possède un potentiel de réchauffement planétaire (PRP, correspondant à l'acronyme anglais GWP) et entraîne des émissions de CO<sub>2</sub> lorsqu'il est relâché dans l'atmosphère.
- De la consommation de gasoil des véhicules frigorifiques de transport : les moteurs qui assurent la propulsion du véhicule et le fonctionnement du groupe frigorifique permettant le maintien en température des aliments transportés émettent du CO<sub>2</sub>.

Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des équipements frigorifiques sont calculées pour chacune des étapes de la chaîne du froid. Ces émissions sont de deux types :

- émissions directes : ce sont les émissions causées par les fuites de fluide frigorigène,
- émissions indirectes : ce sont les émissions dues aux consommations d'électricité et de gasoil.

La méthode de calcul des émissions de CO<sub>2</sub> des équipements d'une chaîne du froid est donc la suivante :

<sup>1</sup> Dans les données fournies par la FAO pour les années 2013 et 2017, ne figurent pas celles des pays suivants : Bhutan, Burundi, République Démocratique du Congo, Guinée Equatoriale, Erythrée, Libye, Papoua Nouvelle Guinée, Somalie, Sud Soudan, Syrie. Les tendances données dans ce document au niveau mondial excluent donc ces pays.

<sup>2</sup> L'annexe est aussi disponible sur la fiche répertoriant tous les documents liés à cette Note d'Information : <https://doi.org/10.18462/iir.INfood07.04.2021>

1. Estimation de la quantité d'aliments actuellement conservée au froid par pays.
2. Évaluation du parc d'équipements frigorifiques pour chaque étape de cette chaîne du froid.
3. Calcul des émissions de CO<sub>2</sub> associées à ces équipements frigorifiques.

## LES PRINCIPES DE CALCUL DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

La modélisation des émissions de CO<sub>2</sub> des équipements de la chaîne du froid a été faite pour tous les pays du monde. Le calcul de ces émissions se base sur un ensemble d'équations qui ont été implémentées dans un solveur, c'est-à-dire un logiciel de calcul (voir annexe méthodologique).

Cette modélisation des émissions de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid via des équations fait intervenir un nombre important de paramètres à fixer pour chaque pays et pour chacune des étapes de la chaîne du froid. L'intérêt d'utiliser un modèle paramétrique est que les paramètres sont facilement adaptables aux données disponibles pour les différents pays et modifiables en fonction des évolutions de ces données dans le temps.

Afin de pouvoir généraliser des valeurs de paramètres à un ensemble de pays, des groupes de pays ont été définis. Chaque pays est rattaché au groupe décrivant au mieux ses caractéristiques. À chaque groupe de pays correspond un code pour lequel des valeurs moyennes des paramètres sont utilisées pour calculer les émissions de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid. Les valeurs de ces paramètres ont été estimées en interrogeant un grand nombre d'experts du réseau de l'IIF et de son groupe de travail sur la chaîne du froid dans les pays chauds, ainsi qu'en consultant la littérature scientifique. Cependant, les algorithmes de calcul s'appuient en priorité sur des valeurs précises de ces paramètres pour chaque étape de la chaîne du froid et pour chaque pays dès lors que l'on dispose de telles valeurs. C'est uniquement lorsqu'on ne disposait pas de ces valeurs précises que des valeurs par défaut ont été estimées.

Ci-après, par exemple, le « code CO<sub>2</sub> » permet de définir les émissions de CO<sub>2</sub> induites par la production d'électricité pour quatre groupes de pays :

Tableau 1

### Définition du code CO<sub>2</sub>

Code CO <sub>2</sub>	Equivalent CO <sub>2</sub> du kWh électrique [kg eq CO <sub>2</sub> /kWh]	Production d'électricité
1	0,15	Très décarbonée
2	0,4	Décarbonée
3	0,6	Prépondérance du fioul
4	1,6	Prépondérance du charbon

Par exemple, un pays rattaché au code CO<sub>2</sub> noté « 1 » signifie que sa production d'électricité est très décarbonée car essentiellement basée sur les énergies renouvelables ou l'énergie nucléaire. D'autres codes correspondant à chaque étape de la chaîne du froid ou aux niveaux de développement des pays ont été définis (voir annexe méthodologique).

## Les scénarios de chaînes du froid étudiés

L'objectif est de comparer les émissions de CO<sub>2</sub> associées à la chaîne du froid mondiale actuelle avec celles d'une chaîne du froid « améliorée », qui résulterait de l'extension de cette chaîne du froid et de l'amélioration de sa performance énergétique et environnementale.

La chaîne du froid actuelle correspond au parc d'équipements frigorifiques actuel, qui a permis de conserver sous régime de froid un total de 813 Mt de denrées en 2017 (voir figure 1).

Une chaîne du froid plus étendue permettrait de diminuer les pertes alimentaires imputables à un manque de froid grâce à une plus grande «

couverture frigorifique » et donc à davantage d'équipements frigorifiques.

Cependant, les pays développés<sup>3</sup>, qui ont une chaîne du froid plus étendue et plus performante, ont des pertes alimentaires non négligeables, et ce pour diverses raisons telles qu'une gestion imparfaite des températures par exemple. Une chaîne du froid qui permettrait d'éliminer entièrement les pertes alimentaires semble donc très peu réaliste en pratique.

Le scénario qui sera considéré pour cette chaîne du froid améliorée correspond de ce fait à un scénario plus réaliste, dans lequel on porte la chaîne du froid de tous les pays au même niveau d'équipements et de performance que celle existant dans les pays développés<sup>3</sup>. Les pertes alimentaires mondiales dues à un manque de couverture frigorifique vont donc baisser, mais ne seront pas nulles.

Dans cette étude, il faut également noter que pour l'étape du transport frigorifique, on attribue 20 % de la consommation de gasoil des véhicules frigorifiques au maintien au froid des aliments transportés [11]. La consommation restante de 80 % n'est pas attribuée à la chaîne du froid car on considère que le transport des aliments, conservés ou non au froid, implique une consommation de carburant.

## LA CHAÎNE DU FROID ACTUELLE

### Les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux pertes alimentaires dues à un manque de froid

Les pertes alimentaires mondiales dues à un manque de couverture par la chaîne du froid mondiale actuelle ont été estimées à 526 Mt pour l'année 2017. Selon les calculs issus du modèle développé dans cette étude, ces pertes équivalent à des émissions de CO<sub>2</sub> estimées à 1004 Mt eq CO<sub>2</sub>. Ces émissions correspondent à celles résultant de la production alimentaire supplémentaire nécessaire pour compenser ces pertes.

### Les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux équipements de la chaîne du froid actuelle

La modélisation de la chaîne du froid actuelle – ayant permis de conserver au froid 813 Mt d'aliments en 2017 – aboutit à l'obtention des valeurs suivantes du parc mondial d'équipements frigorifiques et de la consommation totale d'électricité :

Tableau 2

#### Valeurs caractéristiques de la chaîne du froid mondiale actuelle

Intitulé	Valeur	Unité
Nombre de véhicules frigorifiques	3 400 000	-
Nombre de réfrigérateurs	1 967 000 000	-
Volume de stockage frigorifique	449 000 000	m <sup>3</sup>
Mètres linéaires de meubles de ventes	66 078	km
Consommation d'électricité	281	TWh
Charge de fluide frigorigène	413	kt
Émissions de CO <sub>2</sub> des équipements	261	Mt eq CO <sub>2</sub>

Sur la base de ces valeurs, on estime que les équipements de la chaîne du froid actuelle sont responsables de l'émission de 261 Mt eq CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

La figure 4 montre le niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> des équipements de la chaîne du froid par région du monde selon la répartition géographique de la FAO (axe vertical de gauche) et les pourcentages cumulés correspondants (axe vertical de droite). L'Asie de l'Est, l'Amérique du Nord, l'Europe de l'Est et de l'Ouest sont à elles seules responsables de 65 % de ces émissions.

<sup>3</sup> Selon les Nations Unies, les pays peuvent être classés en quatre groupes selon l'indice de développement humain (IDH) [10]. Dans le modèle, un pays est considéré comme développé s'il appartient au groupe avec un IDH très élevé (0,80 < IDH < 1).

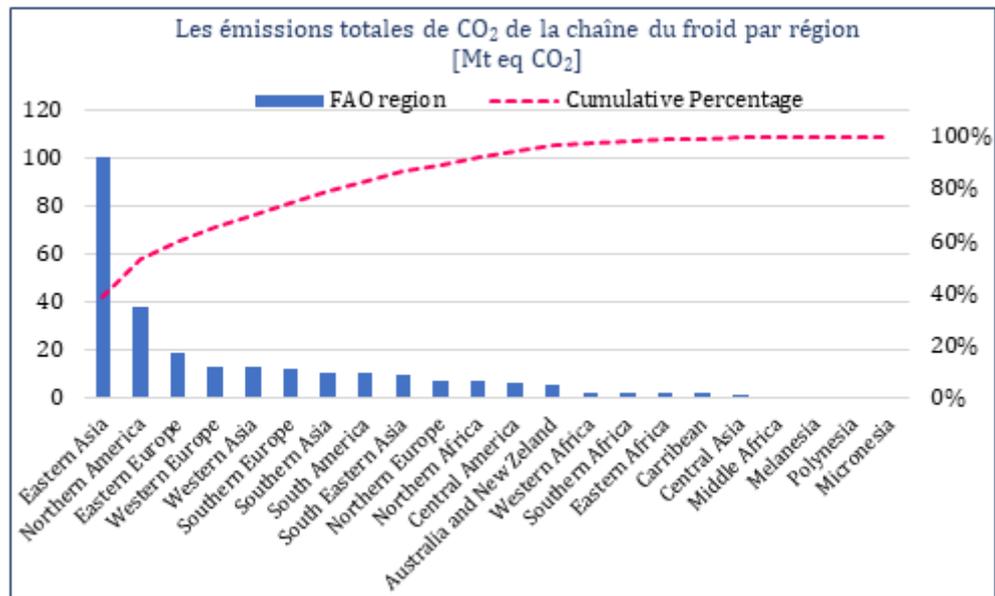


Figure 4

Émissions de CO<sub>2</sub> des équipements de la chaîne du froid actuelle par régions du monde

La figure 5 permet de visualiser la répartition des émissions de CO<sub>2</sub> par pays :

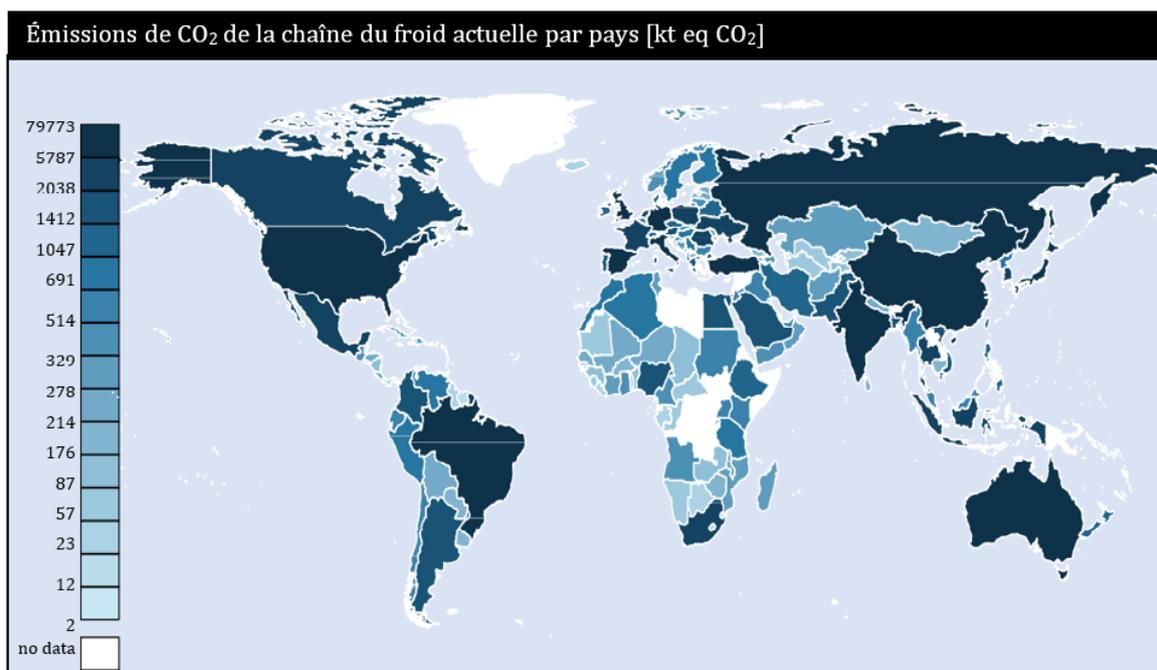


Figure 5

Émissions de CO<sub>2</sub> des équipements de la chaîne du froid actuelle par pays

Par ailleurs, comme le montre la figure 6, la contribution aux émissions totales de la chaîne du froid diffère selon les étapes de cette chaîne. Ainsi, l'étape du consommateur final est l'étape la plus contributrice avec 43 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid actuelle.

Il est à noter également que, dans la chaîne du froid actuelle, une majorité de ces émissions de CO<sub>2</sub> provient de la consommation en électricité des équipements frigorifiques. Cette consommation est à l'origine de 60 % des émissions, contre 22 % des émissions imputables aux fluides frigorigènes et 18 % au gasoil utilisé pour le transport frigorifique

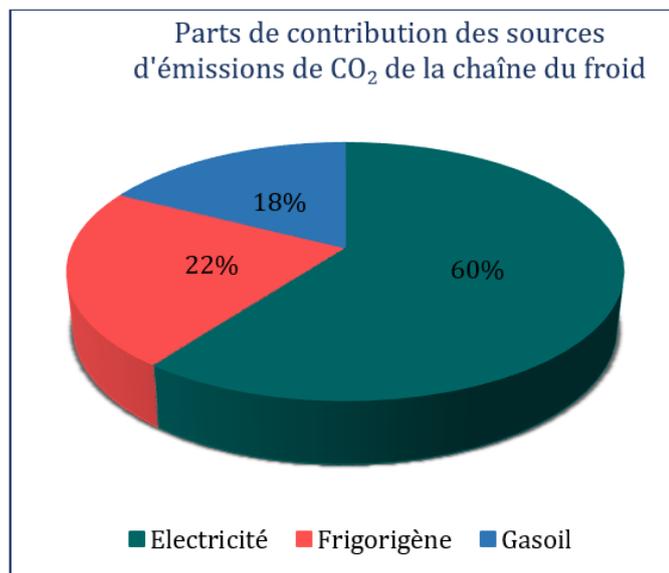
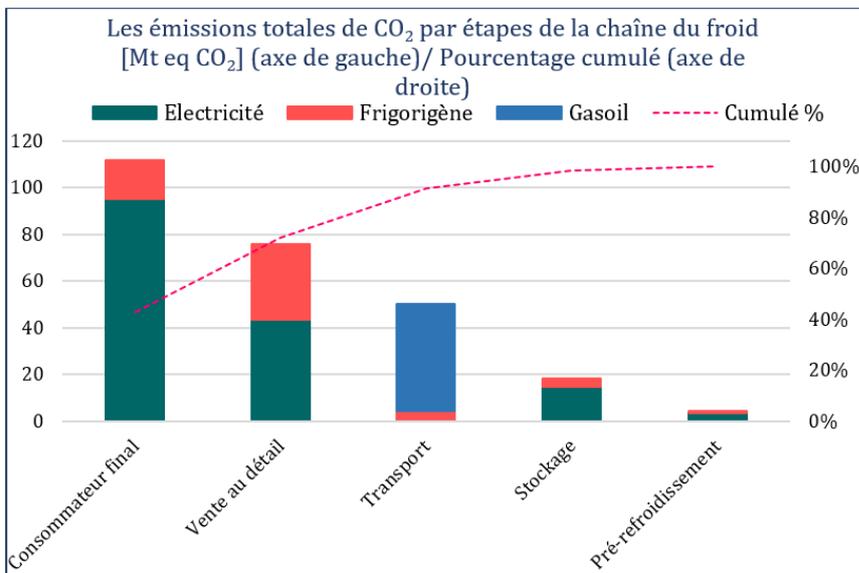


Figure 6

Émissions totales de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid mondiale actuelle par étapes et par sources d'émissions

Les émissions totales de CO<sub>2</sub> imputables à la chaîne du froid actuelle correspondent à la somme des émissions de CO<sub>2</sub> correspondant aux pertes alimentaires dues à un manque de froid (1004 Mt eq CO<sub>2</sub>) et des émissions de CO<sub>2</sub> causées par les équipements de cette chaîne du froid (261 Mt eq CO<sub>2</sub>).

**Les émissions totales de la chaîne du froid mondiale actuelle s'élèvent donc à 1265 Mt eq CO<sub>2</sub>.**

### LA CHAÎNE DU FROID « AMÉLIORÉE »

La chaîne du froid « améliorée » considérée ici correspond donc, pour tous les pays du monde, à une réduction des pertes alimentaires dues à un manque de froid ainsi qu'à une augmentation de la performance des équipements frigorifiques au niveau de la chaîne du froid existant actuellement dans les pays développés. Cette hypothèse est répercutée dans le modèle en adoptant, pour tous les pays :

- un taux de couverture frigorifique par la chaîne du froid au même niveau que celui des pays développés par augmentation correspondante du nombre d'équipements frigorifiques par habitant,
- un parc d'équipements frigorifiques au même niveau de performance que dans les pays développés : mise à niveau de l'efficacité énergétique des équipements frigorifiques et utilisation identique de frigorigènes à plus faible PRP en particulier <sup>4</sup>.

Cette mise à niveau des caractéristiques de la chaîne du froid engendre donc :

- une augmentation de la quantité d'aliments soumis au froid,
- une diminution des pertes alimentaires mondiales dues à un manque de froid,
- une diminution des émissions de CO<sub>2</sub> associées à ces pertes alimentaires.

### Les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux pertes alimentaires dues à un manque de froid

Si l'on considère pour tous les pays une chaîne du froid au même niveau que celle des pays développés, on obtient les résultats suivants concernant la production et les pertes alimentaires :

**Tableau 3**

#### Pertes alimentaires et émissions de CO<sub>2</sub> correspondant à une chaîne du froid améliorée

Intitulé	Valeur (chaîne du froid actuelle)	Valeur (chaîne du froid améliorée)	Unité
Production alimentaire	4 547	4 547	Mt
Aliments qui devraient être soumis au froid	1 800	1 800	Mt
Aliments réellement conservés au froid	813	1 389	Mt
Pertes alimentaires dues à un manque de froid	526	236	Mt
Émissions de CO <sub>2</sub> associées à ces pertes alimentaires	1 004	76	Mt eq CO <sub>2</sub>

On constate une très forte réduction des émissions de CO<sub>2</sub> associées aux pertes alimentaires dues à un manque de couverture frigorifique. Ces émissions passent de 1004 à 76 Mt eq CO<sub>2</sub> pour une chaîne du froid améliorée, soit une réduction de 92 %.

L'ampleur de cette réduction est due notamment à l'amélioration du taux de couverture frigorifique de la viande par la chaîne du froid améliorée, qui a été rehaussé dans tous les pays au niveau de celui

des pays développés, c'est-à-dire à une valeur considérée à 100 % dans le modèle. Cela signifie que pour tous les pays, dans le cadre d'une chaîne du froid améliorée, il n'y aurait aucune perte de viande à cause d'un manque de froid.

L'empreinte carbone de la production de viande étant très élevée, ceci explique en partie la forte baisse des émissions de CO<sub>2</sub> associées aux pertes alimentaires dues à un manque de froid.

<sup>4</sup> La mise à niveau ne concerne pas les sources de production énergétique. Cela signifie que les pays qui utilisent, par exemple, des énergies fossiles et des énergies renouvelables selon un certain taux de répartition pour produire leur électricité, continuent d'utiliser ces sources d'énergie dans les mêmes proportions dans le scénario d'extension de la chaîne du froid considéré.

## Les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux équipements de la chaîne du froid améliorée

Les caractéristiques du parc mondial d'équipements frigorifiques qui permettrait de mettre la chaîne du froid mondiale au niveau de

celle des pays développés ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub> associées à ce parc frigorifique sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 4

### Comparaison des valeurs caractéristiques des chaînes du froid mondiales actuelle et améliorée

Intitulé	Valeur (chaîne du froid actuelle)	Valeur (chaîne du froid améliorée)	Unité
Nombre de véhicules frigorifiques	3 400 000	7 500 000	-
Nombre de réfrigérateurs	1 967 000 000	4 640 000 000	-
Volume de stockage frigorifique	449 000 000	843 000 000	m <sup>3</sup>
Mètres linéaires de meubles de ventes	66 078	109 901	km
Consommation d'électricité	281	714	TWh
Charge de fluide frigorigène	413	914	kt
Emissions de CO <sub>2</sub> des équipements	261	589	Mt eq CO <sub>2</sub>

Les émissions totales de CO<sub>2</sub> imputables à la chaîne du froid améliorée correspondent à la somme des émissions de CO<sub>2</sub> correspondant aux pertes alimentaires dues à un manque de froid (76 Mt eq CO<sub>2</sub>) et des émissions de CO<sub>2</sub> imputables aux équipements de cette chaîne du froid (589 Mt eq CO<sub>2</sub>).

**Les émissions totales de CO<sub>2</sub> associées à la chaîne du froid améliorée s'élèvent donc à 665 Mt eq CO<sub>2</sub>.**

**Ceci correspond à une réduction de 47 % par rapport aux émissions de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid actuelle, qui ont été estimées à 1265 Mt eq CO<sub>2</sub>.**

# Synthèse

Le tableau suivant synthétise les principaux résultats obtenus dans cette étude :

**Tableau 5**

## Synthèse des résultats de l'étude

Intitulé	Valeur (chaîne du froid actuelle)	Valeur (chaîne du froid améliorée)	Unité
Pertes alimentaires dues à un manque de froid	526	236	Mt
Émissions de CO <sub>2</sub> associées à ces pertes alimentaires	1 004	76	Mt eq CO <sub>2</sub>
Émissions de CO <sub>2</sub> des équipements	261	589	Mt eq CO <sub>2</sub>
Émissions totales de CO <sub>2</sub> associées à la chaîne du froid considérée	1 265	665	Mt eq CO <sub>2</sub>

Les résultats du calcul montrent que l'amélioration étudiée de la chaîne du froid augmenterait les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux équipements frigorifiques de 126 %, passant de 261 Mt eq CO<sub>2</sub> à 589 Mt eq CO<sub>2</sub>. Cette hausse est principalement due à l'augmentation du parc correspondant. Mais **l'extension correspondante de la chaîne du froid permettrait d'éviter 290 Mt de pertes alimentaires, soit 55 % des pertes alimentaires imputables à la chaîne du froid actuelle.**

En plus de réduire les pertes alimentaires, **une chaîne du froid améliorée permettrait aussi de réduire l'empreinte carbone totale de la chaîne du froid actuelle de 600 Mt eq CO<sub>2</sub>, soit plus de 47 %.**

Ces résultats encourageants ne doivent pas faire oublier qu'un potentiel d'optimisation de la chaîne du froid actuelle dans les pays développés subsiste, notamment par une meilleure gestion des températures, par l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements frigorifiques et par la réduction de l'impact des fluides frigorigènes

utilisés (réduction du PRP et des fuites en particulier). Généralisée au niveau mondial, cette optimisation permettrait de réduire plus encore les émissions de CO<sub>2</sub> de la chaîne du froid.

## Conclusion

Cette étude a permis de comparer la chaîne du froid mondiale actuelle avec une chaîne du froid améliorée par son extension et sa mise au niveau de performance de celle existant dans les pays développés en termes de parc d'équipements frigorifiques disponibles par habitant, d'efficacité énergétique de ces équipements et de frigorigènes utilisés.

Les résultats mettent en évidence la contribution très positive de cette chaîne du froid améliorée :

- à la sécurité alimentaire par une réduction très significative des pertes alimentaires,
- à l'atténuation du réchauffement climatique par la diminution des émissions de CO<sub>2</sub>.

Le modèle développé par l'IIF montre qu'**une chaîne du froid portée dans tous les pays au niveau de celle des pays développés, réduirait l'empreinte carbone associée à la chaîne du froid actuelle de plus de 47 % tout en permettant d'éviter 55 % des pertes alimentaires.**

## Références

- [1] United Nations. World Population Prospects 2019. [En ligne]. Disponible sur <https://population.un.org/wpp/> Consulté le 01/03/2021.
- [2] M. L. A. T. M. Hertog, I. Uysal, U. McCarthy, B. M. Verlinden, et B. M. Nicolai, « Shelf life modelling for first-expired-first-out warehouse management », *Phil. Trans. R. Soc. A*, vol. 372, no 2017, p. 20130306, juin 2014, doi : [10.1098/rsta.2013.0306](https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0306).
- [3] S. Mercier, M. Mondor, S. Villeneuve, et B. Marcos, « The Canadian food cold chain: A legislative, scientific, and prospective overview », *International Journal of Refrigeration*, vol. 88, p. 637-645, avr. 2018, doi : [10.1016/j.ijrefrig.2018.01.006](https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2018.01.006).
- [4] « Dupont et al. 2020 ». [En ligne]. Disponible en suivant ce [lien](#).
- [5] « IPCC, 2019 ». Consulté le 10/07/2020. [En ligne]. Disponible en suivant ce [lien](#).
- [6] S. G. Gwanpua et al., « The FRISBEE tool, a software for optimising the trade-off between food quality, energy use, and global warming impact of cold chains », *Journal of Food Engineering*, vol. 148, p. 2-12, mars 2015, doi : [10.1016/j.jfoodeng.2014.06.021](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.021).
- [7] R. Montanari, « Cold chain tracking: a managerial perspective », *Trends in Food Science & Technology*, vol. 19, no 8, p. 425-431, août 2008, doi : [10.1016/j.tifs.2008.03.009](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.03.009).
- [8] N. Ndraha, H.-I. Hsiao, J. Vlajic, M.-F. Yang, et H.-T. V. Lin, « Time-temperature abuse in the food cold chain: Review of issues, challenges, and recommendations », *Food Control*, vol. 89, p. 12-21, juill. 2018, doi : [10.1016/j.foodcont.2018.01.027](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.027).
- [9] « FAOSTAT ». <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- [10] « United Nations, 2017 ». <http://hdr.undp.org/en/composite/HDI>.
- [11] Tassou, S.A., G. De-Lille, et Y.T. Ge. 2009. « Food Transport Refrigeration – Approaches to Reduce Energy Consumption and Environmental Impacts of Road Transport ». *Applied Thermal Engineering* 29 (8-9): 1467-77, doi : [10.1016/j.applthermaleng.2008.06.027](https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.06.027)
- [12] LAZZARIN R. Le froid solaire, 40<sup>e</sup> Note d'Information de l'IIF sur les technologies du Froid. Disponible en suivant ce [lien](#).

# Recommandations de l'IIF

---

Il est important de sensibiliser les pouvoirs publics et les décideurs aux aspects positifs essentiels qui résulteraient de l'extension et de l'amélioration de la chaîne du froid alimentaire actuelle.

Des politiques de déploiement d'une chaîne du froid plus étendue et plus performante doivent être menées afin de permettre de réduire à la fois la sous-alimentation et les émissions de gaz à effet de serre imputables au système de production et de distribution alimentaire.

La chaîne du froid devrait faire l'objet d'une priorité dans les contributions nationales pour la lutte contre le changement climatique et d'un fléchage des financements internationaux pour la lutte contre le réchauffement climatique

L'amélioration de la chaîne du froid aura un effet induit plus fort encore en y intégrant la conservation des produits de santé comme les vaccins, dont les pertes dues à un manque de chaîne du froid sont souvent comparables à celles des produits alimentaires sinon pires encore.

Atteindre dans les pays en développement le niveau d'équipement en froid des pays développés peut nécessiter la mise en place concomitante d'infrastructures routières, ferroviaires ainsi que de réseaux d'acheminement de l'électricité. Toutefois, le manque de réseaux électriques peut être compensé dans les régions isolées par des solutions locales autonomes de production de froid comme le froid solaire <sup>[12]</sup>.



**IIFIIR.ORG**

in |  |  | 

**iif-iir@iifir.org**

177, boulevard Malesherbes - 75017 Paris - France  
Tel. +33 (0)1 42 27 32 35 / Fax +33 (0)1 47 63 17 98