



Novembre 2015 / 29e Note d'Information sur les technologies du froid

Le rôle du froid dans l'économie mondiale

L'IIF publie régulièrement des Notes d'Information à l'intention des décideurs du monde entier. Ces notes présentent une synthèse des connaissances sur des thèmes clés liés aux technologies du froid et à ses applications. Chaque note propose des axes de développement prioritaires pour l'avenir et expose les recommandations de l'IIF en ce sens.

L'IIF estime que le nombre total de systèmes de froid, de conditionnement d'air et de pompes à chaleur en fonctionnement dans le monde s'élève à environ 3 milliards. Les ventes mondiales annuelles de ces équipements représentent un montant d'environ 300 milliards de dollars américains. Près de 12 millions de personnes dans le monde travaillent dans le secteur du froid, qui utilise environ 17% de l'électricité totale consommée au niveau mondial.

Les données statistiques présentées dans cette nouvelle Note d'Information illustrent l'importance du secteur du froid. Celle-ci devrait encore progresser dans les années à venir en raison de la croissance des besoins de froid dans de nombreux domaines et du réchauffement de la planète.

L'industrie du froid joue un rôle majeur et croissant dans l'économie mondiale, particulièrement dans les domaines de l'alimentation, de la santé, de l'énergie et de l'environnement et les décideurs doivent davantage le prendre en compte.

Cette Note d'Information a été préparée par Didier Coulomb (Directeur général de l'IIF), Jean-Luc Dupont (Chef du Département d'Information scientifique et technique) et Audrey Pichard (rédactrice de Notes d'Information), et a été revue par plusieurs experts des commissions de l'IIF.



INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION
INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID

www.iifir.org

iif-iir@iifir.org



[#refrigeration](https://twitter.com/refrigeration)

177, boulevard Malesherbes, 75017 PARIS – France

T: 33 (0) 1 42 27 32 35 – F: 33 (0) 1 47 63 17 98



The **International Institute of Refrigeration (IIR)** is the only independent, neutral intergovernmental science and technology based organization which promotes refrigeration knowledge and associated technologies that **improve the quality of life** in a cost effective and **environmentally sustainable manner**.

Key issues addressed by the IIR

- Food quality and safety
- Comfort in homes and commercial buildings
- Health products and services
- Low temperature and liquefied gas technologies
- Energy savings and energy efficiency
- Use of non-ozone depleting and low global warming refrigerants

IIR Publications

- **Fridoc**: a refrigeration database with 100,000 references
- **The International Journal of Refrigeration (IJR)**: the best scientific journal in its field (Impact Factor 2.24)
- Newsletter, books and ebooks, Informatory Notes and Statements

IIR Network

- 58 member countries
- over 400 experts from 10 commissions
- 510 corporate and private members

IIR Activities

- Conferences
- Working Groups
- Research Projects
- Preparation of standards

Become a member!

Visit www.iifiir.org

En tant qu'organisation intergouvernementale, l'**Institut International du Froid (IIF)** est la seule organisation neutre et indépendante œuvrant dans le domaine du froid, au niveau international. L'une de ses préoccupations majeures consiste à promouvoir des technologies **indispensables à la vie, respectueuses de l'environnement et compatibles avec les impératifs économiques**.

Domaines de compétence de l'IIF

- Qualité et sécurité des produits alimentaires
- Confort dans les bâtiments résidentiels et commerciaux
- Produits et services de santé
- Technologies des très basses températures et de liquéfaction des gaz
- Efficacité énergétique et économie d'énergie
- Utilisation de frigorigènes à faible impact sur la couche d'ozone et sur le réchauffement planétaire

Publications de l'IIF

- **Fridoc** : base de données mondiale consacrée au froid comptant 100.000 références
- La **Revue Internationale du Froid (RIF)** : le meilleur journal scientifique dans son domaine (facteur d'impact 2.24)
- Newsletter, ouvrages et livres numériques, Notes d'information et Communiqués

Réseau de l'IIF

- 58 pays membres dans le monde
- plus de 400 experts répartis dans 10 commissions
- 510 membres individuels et collectifs

Activités de l'IIF

- Conférences
- Groupes de travail
- Projets de recherche
- Préparation de normes

Devenez membre !

Visitez www.iifiir.org

Introduction

Pour bon nombre de personnes, les applications du froid se limitent aux réfrigérateurs domestiques, aux rayons surgelés des grandes surfaces, aux patinoires et aux canons à neige. Pour autant, ces domaines ne sont que la partie visible de l'industrie du froid qui est présente dans de multiples secteurs allant de l'industrie alimentaire au conditionnement d'air et a un rôle essentiel dans les secteurs de la santé, de l'énergie et de l'environnement.

Sur le plan économique, le froid a une place essentielle. Le nombre d'emplois liés au froid est en augmentation dans les pays développés comme dans les pays en développement. Le froid joue un rôle essentiel dans la réduction des pertes après récolte et après abattage et dans la conservation des denrées alimentaires. Grâce à ses facultés de préservation de leurs qualités sanitaires, nutritionnelles et organoleptiques, le froid est devenu primordial dans le secteur de la distribution.

Tout comme les réfrigérateurs et les congélateurs, le conditionnement d'air a un rôle essentiel dans notre vie quotidienne.

Le conditionnement d'air joue un rôle-clé dans le développement économique et social des pays les plus chauds.

Dans le secteur de la santé, le froid permet de préserver les produits pharmaceutiques et les médicaments, en particulier les vaccins. De nouveaux traitements tels que la cryochirurgie ou la cryothérapie ont pu voir le jour grâce au développement des technologies à très basses températures.

Le froid est aussi utilisé dans de nombreux procédés de fabrication, tant dans l'industrie agroalimentaire et des boissons, que dans la chimie, la plasturgie, la construction mécanique et bien d'autres secteurs encore.

De plus, les technologies du froid constituent la base des pompes à chaleur qui permettent d'économiser l'énergie et de réduire les émissions de CO₂ dans toutes sortes d'applications de l'industrie et le bâtiment.

Dans le domaine de l'énergie, les techniques cryogéniques permettent de liquéfier le gaz naturel, le rendant plus facile et plus économique à transporter et à stocker.

Enfin, le froid est au cœur de projets scientifiques majeurs comme le Grand Collisionneur de Hadrons, l'accélérateur de particules du CERN.

L'industrie du froid joue un rôle essentiel et grandissant dans l'économie mondiale d'aujourd'hui, fournissant des contributions très significatives dans les domaines de l'alimentation, de la santé, de l'énergie et de l'environnement. La place du froid devrait être mieux appréhendée et davantage prise en compte par les décideurs.

Cette note synthétise les principales données illustrant le secteur du froid à l'échelle mondiale. Davantage d'information est disponible sur le site Internet de l'IIF (www.iifiir.org), dans la rubrique « Le froid en chiffres ».

L'importance du froid

1.1. Données économiques

Pour illustrer l'importance du secteur du froid, sur la base des sources indiquées et à partir de ses propres estimations (basées sur des données partielles), l'IIF a estimé les chiffres les plus significatifs du parc des équipements frigorifiques en service au niveau mondial :

Tableau 1 : Nombre de systèmes frigorifiques en service dans le monde, par application

Applications	Secteurs	Équipements	Nombre d'unités en service
Froid et alimentation (voir § 2.1.)	Froid domestique	Réfrigérateurs et congélateurs	1,5 milliards ^{(1) (2)}
	Froid commercial	Équipements de froid commercial (y compris unités de condensation, machines autonomes et systèmes centralisés)	90 millions ^{(1) (2)}
	Transport frigorifique	Véhicules frigorifiques (camionnettes, camions, semi-remorques ou remorques)	4 millions ⁽³⁾
		Conteneurs frigorifiques (« reefers »)	1,2 millions ⁽²⁾
Conditionnement d'air (voir § 2.2.)	Conditionneurs d'air fixes	Systèmes refroidis par air	600 millions ^{(2) (4)}
		Refroidisseurs d'eau	2,8 millions ⁽²⁾
	Conditionneurs d'air mobiles	Véhicules climatisés (voitures particulières, véhicules commerciaux et bus)	700 millions ⁽⁵⁾
Froid et santé (voir § 2.3.)	Médecine	Systèmes à imagerie par résonance magnétique (IRM)	25.000 ⁽⁶⁾
Froid et industrie (voir § 2.4.)	Gaz Naturel Liquéfié (GNL)	Terminaux de réception de GNL	110 ⁽⁷⁾
		Trains de liquéfaction	92 ⁽⁷⁾
		Méthaniers	421 ⁽⁷⁾
Pompes à chaleur (voir § 2.5.)		Pompes à chaleur (secteurs résidentiel, commercial et industriel, y compris les conditionneurs d'air air-air réversibles)	160 millions ^{(8) (9)}
Sports et loisirs (voir § 2.6.)		Patinoires	13.500 ⁽¹⁰⁾

Dans le secteur de l'entreposage frigorifique, le volume total d'entrepôts frigorifiques dans le monde représente environ 552 millions de m³ ⁽¹¹⁾.

Sur la base de ces chiffres, l'IIF estime que **le nombre total de systèmes de froid, de conditionnement d'air et de pompes à chaleur en fonctionnement dans le monde s'élève à environ 3 milliards**, dont 1,5 milliards de réfrigérateurs domestiques.

Les ventes mondiales annuelles d'équipements de froid, de conditionnement d'air et de pompes à chaleur représentent un montant d'environ 300 milliards de dollars américains ⁽⁴⁾, davantage que celui des ventes annuelles d'automobiles aux États-Unis ⁽¹²⁾.

Et en Australie, selon certaines estimations, l'industrie du froid contribue à hauteur de 1,7% au PIB ⁽¹³⁾.

1.2. Le froid et l'emploi

L'importance socio-économique du froid dans le monde d'aujourd'hui peut être illustrée par les données relatives à l'emploi.

L'IIF estime que près de 12 millions de personnes travaillent dans le secteur du froid au niveau mondial, ce qui signifie que près de 4 personnes sur 1.000 ont un emploi lié à la fabrication, l'installation, la maintenance et l'entretien des équipements frigorifiques.

Cette proportion est plus élevée encore dans des pays comme l'Australie où environ 173.000 personnes – 1,5% de la population active – sont employées dans plus de 20.000 entreprises opérant dans le secteur du froid ⁽¹³⁾.



Le secteur du froid emploie près de 12 millions de personnes dans le monde.

Dans ce domaine, la demande d'installateurs et de techniciens de maintenance qualifiés est en augmentation en raison de l'accroissement des besoins en froid et des qualifications spécifiques que ces métiers requièrent du fait des nouvelles exigences relatives à l'énergie et l'environnement.

Aux États-Unis, le nombre d'emplois de techniciens de maintenance et installateurs dans le domaine du chauffage, du conditionnement d'air et du froid devrait croître de 21% entre 2012 et 2022, soit beaucoup plus que la croissance moyenne prévue pour l'ensemble des emplois (11%)⁽¹⁴⁾.

1.3. Le froid et l'énergie

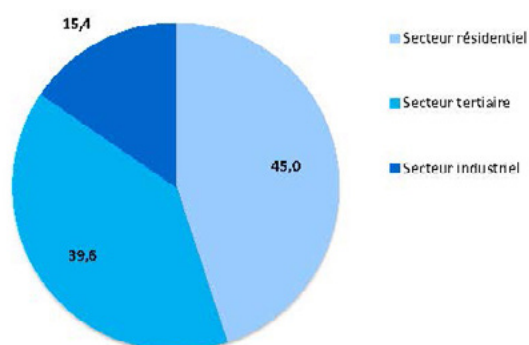
La part de la consommation d'électricité utilisée pour le froid et le conditionnement d'air a augmenté à la fois dans les pays développés et les pays en développement au cours des dernières années.

Le secteur du froid – incluant le conditionnement d'air – utilise environ 17% de l'électricité totale consommée au niveau mondial. Cette estimation de l'IIF s'appuie sur une analyse de données partielles relatives à la consommation d'électricité par secteurs et zones géographiques dans le monde.

Ce ratio de 17% est d'autant plus significatif que l'efficacité énergétique des équipements frigorifiques ne cesse de progresser. Il illustre l'importance du secteur du froid qui devrait connaître une croissance soutenue dans les prochaines années en raison d'une part de l'augmentation des besoins de froid dans de nombreux domaines et d'autre part du réchauffement de la planète.

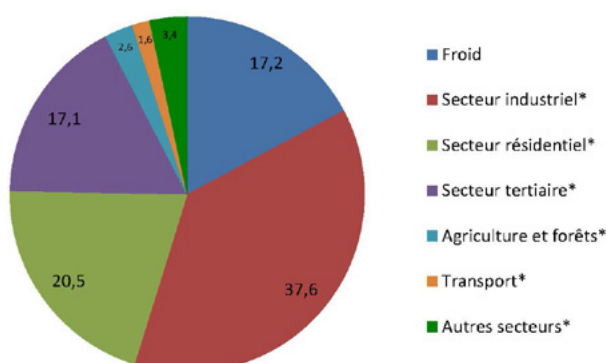
Ainsi, on estime que l'augmentation de la demande mondiale d'électricité due au froid pourrait représenter à l'horizon 2030 l'équivalent de trois fois la capacité de production actuelle d'électricité du Royaume-Uni⁽¹⁵⁾.

Diagramme 1 : Répartition mondiale de la consommation d'électricité du secteur du froid (%)



Le *diagramme 1* montre la répartition mondiale de la consommation d'électricité du secteur du froid entre les utilisations résidentielles, tertiaires et industrielles (estimations IIF).

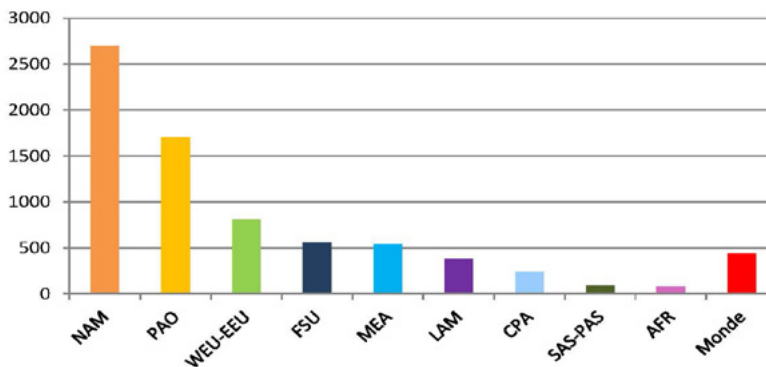
Diagramme 2 : Comparaison de la consommation mondiale d'électricité du secteur du froid avec celle des autres secteurs (%)



Le *diagramme 2* permet de comparer cette consommation d'électricité du secteur du froid avec celle des autres secteurs, sur la base de données de l'AIE⁽¹⁶⁾ et d'estimations IIF.

* à l'exclusion de la consommation du secteur du froid

Diagramme 3 : Répartition de la consommation d'électricité du secteur du froid (kWh/an/personne) entre les régions du monde*



* suivant la définition SRES des régions du monde du GIEC ⁽¹⁷⁾

Le *diagramme 3* met en lumière les différences de consommation d'électricité relative au secteur du froid entre les régions du monde, notamment en fonction des niveaux de développement et des conditions climatiques.

Sur le plan mondial, 440 kWh sont consommés par an et par habitant pour assurer les besoins de froid ; cependant, ce chiffre varie entre 76 en Afrique sub-Saharienne et 2.697 en Amérique du Nord.

NAM : Amérique du Nord

PAO : OCDE Pacifique

WEU-EEU : Europe de l'Ouest, Centrale et de l'Est

FSU : États indépendants de l'ancienne Union soviétique

MEA : Moyen-Orient et Afrique du Nord

LAM : Amérique latine et Caraïbes

CPA : Asie et Chine centralisées

SAS-PAS : Asie du Sud - Autres pays Asie Pacifique

AFR : Afrique subsaharienne

1.4. Le froid et l'environnement

La contribution du froid à la composante environnementale du développement durable peut être illustrée par le rôle essentiel des technologies du froid dans le maintien de la biodiversité grâce à la cryoconservation des ressources génétiques.

Les technologies du froid sont également désormais considérées comme un moyen de captage du CO₂ émis par les grandes centrales électriques et installations industrielles ; elles permettent également de liquéfier le CO₂ en vue de son stockage souterrain.

Les systèmes frigorifiques et les pompes à chaleur figurent parmi les technologies respectueuses de l'environnement pouvant utiliser des énergies renouvelables.

Toutefois, les effets négatifs du froid sur l'environnement doivent être également pris en compte. Environ 20% de l'impact des installations frigorifiques sur le réchauffement de la planète est imputable aux émissions directes (fuites) des fluorocarbures (CFC, HCFC et HFC). Le reste – soit environ 80% – de cet impact est dû aux émissions indirectes qui résultent de l'énergie électrique produite par les centrales électriques aux combustibles fossiles pour faire fonctionner ces installations ⁽⁴⁾.

C'est pourquoi les actions menées par les acteurs du secteur du froid pour combattre le réchauffement planétaire se concentrent dans deux directions :

- la réduction des émissions directes de fluorocarbures dans l'atmosphère grâce à un meilleur confinement des frigorigènes, une réduction de la charge en frigorigène, le développement de frigorigènes alternatifs avec un impact climatique négligeable ou nul, le développement de technologies alternatives à la compression de vapeur appropriées, et la formation/certification des techniciens.
- la réduction de la consommation d'énergie primaire grâce à l'augmentation de l'efficacité énergétique des installations frigorifiques.

Le rôle et les applications du froid

2.1. Le froid et l'alimentation

Le froid joue un rôle essentiel dans le secteur alimentaire car il permet d'assurer une conservation optimale des denrées périssables et de fournir au consommateur des produits sûrs et sains.

Cependant, la chaîne du froid alimentaire est encore insuffisamment développée, en particulier dans les pays en développement. La production alimentaire mondiale comprend environ un tiers de denrées périssables nécessitant une conservation par le froid. On estime qu'en 2010, sur une production alimentaire mondiale de 6.300 millions de tonnes (produits agricoles, poissons, viandes et produits laitiers), seulement environ 400 millions de tonnes étaient conservées sous régime de froid (réfrigérées ou congelées), alors que 2.000 millions de tonnes auraient dû l'être ^{(18) (19) (20)}.

L'Inde constitue à cet égard un exemple édifiant : moins de 4% des produits frais du pays sont transportés par chaîne du froid alors que 90% le sont au Royaume-Uni ⁽²¹⁾.

Il en résulte des pertes alimentaires et économiques considérables. **Selon l'IIF, les pertes alimentaires mondiales imputables à l'absence de chaîne du froid sont très élevées : jusqu'à 20% de la disponibilité alimentaire mondiale.** Dans les pays développés, les pertes alimentaires par non-application du froid représentent environ 9% de la production alimentaire totale alors qu'elles s'élèvent en moyenne à 23% dans les pays en développement ⁽²⁰⁾.

La FAO estime que la production alimentaire mondiale devra augmenter de 70% (environ 4.400 millions de tonnes) afin de pouvoir nourrir 2,3 milliards de personnes de plus à l'horizon 2050 ⁽²²⁾ et le froid a un rôle vital à jouer dans ce contexte. Le froid peut aussi apporter une contribution majeure au problème de la sous-alimentation, notamment dans les pays les moins développés. **La mise en place de chaînes du froid des denrées périssables dans les pays en développement au niveau de celles des pays industrialisés permettrait à ces pays de disposer de près de 15% de disponibilité alimentaire supplémentaire (soit environ 250 millions de tonnes)** ⁽²⁰⁾.

Un froid continu et omniprésent est nécessaire le long de la chaîne du froid des produits alimentaires périssables, du producteur jusqu'au consommateur.

Dans les supermarchés, environ 45% de l'électricité consommée est due aux équipements frigorifiques fournissant le froid nécessaire aux meubles de ventes et aux chambres froides destinées à l'entreposage des denrées réfrigérées et surgelées ^{(23) (24)}. Les petits commerces, les restaurants, les bars et les hôtels ne pourraient pas fonctionner sans équipements frigorifiques.

Environ 1,5 milliards de réfrigérateurs et congélateurs domestiques sont en service dans le monde ^{(1) (2)}. Sur la base du taux d'équipement et de la consommation en électricité de ces appareils, l'IIF estime que les réfrigérateurs et congélateurs utilisent environ 4% de l'électricité totale consommée dans le monde.

Cependant, l'efficacité énergétique des réfrigérateurs est en constante évolution, ainsi qu'en atteste l'évolution qualitative permanente des étiquettes énergie. La consommation d'un réfrigérateur domestique typique a chuté d'environ 65% en 15 ans ⁽²⁵⁾.

Les consommateurs ne perçoivent qu'une très petite partie de l'ensemble des équipements frigorifiques qui constituent la chaîne du froid alimentaire. La transformation des aliments, l'entreposage et le transport frigorifiques, ainsi que la distribution constituent d'autres maillons de cette chaîne, invisibles pour le consommateur mais pourtant essentiels (au même titre que la manutention au niveau de la vente au détail et du consommateur).

En France, environ 24 millions de tonnes de denrées alimentaires sont transformées chaque année en utilisant le froid et 40% du bol alimentaire, soit 370 kg/personne, nécessite l'application du froid ⁽²⁶⁾.

Actuellement, il y a environ 4 millions de véhicules frigorifiques en service dans le monde, à savoir les camionnettes, les camions, les semi-remorques et les remorques ⁽³⁾. En Australie, les camions frigorifiques représentent 5,1 % ⁽¹³⁾ du trafic routier. Toutefois, à l'horizon 2025, il serait nécessaire de quadrupler la flotte mondiale de transport frigorifique pour satisfaire les besoins des pays émergents, en particulier asiatiques, à commencer par la Chine et l'Inde ⁽²⁷⁾.

Par ailleurs, le volume dédié à l'entreposage frigorifique a représenté 552 millions de m³ en 2014, en augmentation de 20% par rapport à 2012 ⁽¹¹⁾. L'Inde vient sur ce plan de dépasser les États-Unis et a désormais la plus grande capacité d'entreposage du monde avec un volume de 131 millions de m³ ⁽¹¹⁾.

L'amélioration constante des technologies de congélation a conduit au développement rapide de nouveaux marchés alimentaires tels que ceux des produits surgelés et des crèmes glacées. Au début des années 2010, la production annuelle de produits congelés était de l'ordre de 50 millions de tonnes (auxquels il faut ajouter 20 millions de tonnes de crèmes glacées et 30 millions de tonnes de poissons) ⁽²⁸⁾.

La consommation annuelle par habitant s'élève à environ 50 kg dans des pays comme les États-Unis, l'Irlande, le Royaume-Uni, la Suède et l'Allemagne ^{(29) (30)}.

De 225 milliards de dollars américains en 2012, le marché des produits surgelés devrait progresser à 294 milliards de dollars américains en 2019, grâce à des taux de croissance très élevés attendus au Brésil, en Chine, en Inde et au Mexique notamment ⁽³¹⁾.



La consommation de produits surgelés est supérieure à 50 kg par habitant aux États-Unis ⁽³⁰⁾.

2.2. Le conditionnement d'air

Le conditionnement d'air constitue une part essentielle du secteur du froid. Son utilisation augmente, tant pour le confort humain que pour les procédés industriels (technologies de l'information, biotechnologies, etc, voir §2.4. *Le froid dans l'industrie*).

Toute personne ne ressent une sensation de confort que dans une certaine plage de température et d'humidité et a besoin d'une certaine quantité d'air frais pour respirer.

L'introduction et la progression des technologies du conditionnement d'air depuis 60 ou 70 ans ont permis à des régions chaudes et humides de se développer de manière remarquable sur le plan économique.

Plusieurs études indépendantes montrent que la qualité de l'air intérieur a une influence notable sur la productivité des personnes travaillant dans les bureaux ^{(32) (33)}. Des températures ambiantes inadaptées ont un impact négatif sur l'efficacité au travail et, par voie de conséquence, sur l'économie. Au Royaume-Uni, 15,7 milliards d'euros sont perdus chaque année en raison de températures inadaptées ⁽³⁴⁾.

La pénétration du conditionnement d'air progresse rapidement. Selon les estimations de l'IIF, il représente de l'ordre de 5% de la consommation mondiale d'électricité. Ce pourcentage varie d'un pays à un autre en fonction du climat du pays et de son niveau de développement. Presque absent dans les pays les moins développés, il représente environ 14% de la consommation totale d'électricité aux États-Unis ⁽³⁵⁾ et 40% dans la cite indienne de Mumbai ⁽³⁶⁾.

L'usage du conditionnement d'air se développe en particulier dans les économies émergentes; en Chine, en 1990, moins de 1% des ménages vivant en ville possédaient un conditionneur d'air; en 2009, ce ratio atteignait près de 100% ^{(37) (38)}.

Le marché du conditionnement d'air représentait 72,3 milliards d'euros en 2012, correspondant à 128,5 millions d'unités vendues. Il devrait atteindre 82 milliards d'euros à l'horizon 2017 (+13,4%) ⁽³⁹⁾.

Par ailleurs, le conditionnement d'air devrait jouer un rôle croissant dans le contexte des changements climatiques et de l'augmentation correspondante des températures ambiantes. Dans son scénario de référence relatif aux changements climatiques, le GIEC estime que la demande énergétique imputable au conditionnement d'air résidentiel en été devrait être multipliée par plus de 13 entre 2000 et 2050 et par plus de 30 d'ici 2100 ⁽⁴⁰⁾.

Le conditionnement d'air automobile progresse à un rythme encore plus élevé dans la mesure où la plupart des nouveaux véhicules vendus actuellement sont climatisés. Il y a actuellement environ 700 millions de véhicules ou autobus climatisés en service dans le monde ⁽⁵⁾.

2.3. Le froid et la santé

Le froid a une incidence directe sur la santé grâce à la conservation des denrées alimentaires et des produits pharmaceutiques, mais aussi grâce aux nouvelles techniques thérapeutiques utilisant les basses températures.

Le froid empêche le développement de bactéries et de pathogènes toxiques et prévient ainsi les maladies d'origine alimentaire. Le froid limite fortement le recours à des conservateurs chimiques dans la nourriture. Selon une étude de l'OMS, depuis 1930, la conservation des denrées alimentaires rendue possible par la chaîne du froid a permis de réduire de 90% le nombre de cas de cancers de l'estomac ⁽⁴¹⁾.

Les produits de santé thermo-sensibles, conservés sous température contrôlée (en particulier entre +2°C et +8°C) connaissent un développement spectaculaire partout dans le monde. Le chiffre d'affaires relatif à ces produits augmente de plus de 20% chaque année. Alors qu'ils représentent seulement 2% du volume total des médicaments, leur valeur est proche de 15%. En France, en 2011, plus de 50% des nouveaux produits pharmaceutiques autorisés sur le marché étaient à conserver entre +2°C et +8°C ⁽⁴²⁾.

En ce qui concerne les vaccins, un exemple édifiant est le rôle joué par le froid dans l'éradication de la polyomyélite. En 2013, le nombre de cas de polyomyélite recensés dans le monde était de 416, soit presque mille fois moins que les 350.000 cas recensés en 1988 ⁽⁴³⁾.

La cryochirurgie est une technique facile d'utilisation, assez peu coûteuse et qui fait appel à des équipements relativement simples. La cryoablation est utilisée comme traitement clinique. Sa capacité à guérir par exemple le cancer de l'œsophage a été démontrée avec un taux de réussite de 70% chez les patients atteints ⁽⁴⁴⁾. Quant aux cancers de la peau, le taux de guérison atteint 99% ⁽⁴⁴⁾.

La supraconductivité – un phénomène rendu possible par les technologies cryogéniques – est au cœur des scanners à imagerie par résonance magnétique (IRM), permettant de fournir aux médecins une vision sans précédent des structures internes du corps humain. La plupart des machines IRM utilisent des aimants supraconducteurs pour maintenir des champs magnétiques puissants et stables. L'imagerie à résonance magnétique a un large éventail d'applications dans le diagnostic médical et on estime qu'il y a plus de 25.000 scanners en service dans le monde ⁽⁶⁾.

Enfin, les bénéfices pour la santé du conditionnement d'air sont également démontrés en période de chaleur : le nombre de décès durant les périodes de chaleur a chuté de 80% aux États-Unis depuis les années 1950 ⁽⁴⁵⁾.

2.4. Le froid dans l'industrie

Le froid est indispensable à l'industrie agro-alimentaire (voir § 2.1.), l'industrie chimique, la plasturgie, le bâtiment... D'autres industries de pointe comme le traitement électronique des données ou les biotechnologies seraient inopérantes sans le froid.

Le conditionnement d'air est important non seulement pour la santé et l'efficacité humaines, mais a aussi un rôle majeur dans le domaine industriel, en particulier dans les nouveaux secteurs de haute technologie, à commencer par les technologies de l'information. Les centres de données sont responsables d'environ 1,3% de la consommation mondiale d'électricité et 50% de cette consommation est utilisée pour refroidir les équipements correspondants ⁽⁴⁶⁾.

De nouveaux secteurs liés à l'énergie se développent rapidement, en particulier la liquéfaction des gaz. Le commerce mondial de gaz naturel liquéfié (GNL) a plus que triplé depuis 1997, atteignant 241,1 millions de tonnes en 2014, c'est-à-dire 10% de la consommation de gaz mondiale ⁽⁴⁷⁾. Au Japon – le plus gros importateur mondial de GNL – la presque totalité des besoins de gaz est assurée par les importations de GNL à l'exception d'une très faible part de production intérieure ⁽⁴⁸⁾.

Le Grand collisionneur de hadrons (LHC) – le plus grand et le plus puissant accélérateur de particules du monde – utilise un anneau de 27 kilomètres d'aimants supraconducteurs maintenus à -271,3°C grâce à de l'hélium superfluide pour donner accès aux hautes énergies nécessaires pour tester les théories fondamentales de la physique des particules. La découverte du boson de Higgs en juillet 2012 est le premier résultat majeur de la recherche associée au LHC ⁽⁴⁹⁾.



Les cryo-aimants du LHC © CERN

Le Réacteur Thermonucléaire Expérimental International (ITER), actuellement en construction, est un système de confinement magnétique du plasma de grande dimension visant à démontrer la faisabilité de la fusion thermonucléaire pour la production d'électricité. Cette machine utilise de très gros aimants supraconducteurs refroidis à la température de l'hélium liquide et des cryopompes refroidies à l'azote liquide ⁽⁵⁰⁾.

2.5. Les pompes à chaleur

Les pompes à chaleur sont des systèmes qui utilisent le cycle frigorifique à la fois pour chauffer et refroidir. Elles ont un rôle unique dans le système énergétique du futur. Aucune autre technologie ne peut fournir simultanément des économies d'énergie primaire, des bénéfices économiques pour les utilisateurs et une réduction de l'impact climatique.

En mode chauffage, elles sont très efficaces sur le plan énergétique puisque pour chaque kW électrique consommé, environ 4 kW d'énergie thermique est produit. Cela correspond à un rendement thermique de 300%, à comparer à 70-80% pour les chaudières traditionnelles au gaz ou au fioul ⁽⁵¹⁾.

Les pompes à chaleur actuellement installées permettent de réduire d'environ 1% les émissions mondiales de CO₂ qui s'élèvent à plus de 32 milliards de tonnes ^{(8) (52) (53)}. Cependant, selon l'AIE, les pompes à chaleur pourraient réduire de 50% les émissions de CO₂ du secteur du bâtiment et de 5% celles du secteur industriel. Cela signifie que près de 8% des émissions mondiales pourraient être évitées grâce aux pompes à chaleur ⁽⁸⁾.

2.6. Sports et loisirs

Les patinoires (environ 13.500 dans le monde ⁽¹⁰⁾), les pistes artificielles de ski, de bobsleigh, de luge et de skeleton, ainsi que les canons à neige – qui font appel aux technologies du froid – sont de plus en plus populaires.

Ainsi, la station de ski de Dubaï possède 21 ensembles de canons à neige qui produisent 30 tonnes de neige fraîche chaque jour ⁽⁵⁴⁾.

Références

- (1) UNEP, 2010 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee. http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/RTOC/RTOC-Assessment-report-2010.pdf [page consultée le 19 mars 2015]
- (2) ADEME, AFCE, UNICLIMA, EReIE, Cemafrroid, MINES ParisTech Armines. Alternatives aux HFC à fort GWP dans les applications de réfrigération et de climatisation, Novembre 2013. http://www.cemafrroid.fr/doc_telechargement/Rapport_alternative_HFC_FR.pdf [page consultée le 15 octobre 2015]
- (3) IIF, 21e Note d'Information sur les technologies du froid. « Le transport frigorifique routier durable », Décembre 2011. http://www.iifir.org/userfiles/file/publications/notes/NoteTech_21_FR.pdf + estimations IIF [page consultée le 20 mai 2015]
- (4) IIF, Refrigeration drives sustainable development, 2007. http://www.iifir.org/medias/medias.aspx?INSTANCE=exploitation&PORTAL_ID=portal_model_instance_News_dossiers_thematiques.xml&SYNCMENU=DOSSIER_THEMATIQUE&SETLANGUAGE=FR + estimations IIF
- (5) IPCC/TEAP Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System. Chapitre 6, Mobile Air Conditioning. <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc06.pdf> + estimations IIF [page consultée le 10 avril 2015]
- (6) Magnetic Resonance: A peer-reviewed critical introduction, 8e édition, Janvier 2015. <http://www.magnetic-resonance.org/ch/21-01.html> [page consultée le 10 avril 2015]
- (7) GIIGNL, The LNG Industry, 2014. http://www.giignl.org/sites/default/files/PUBLIC_AREA/Publications/giignl_2015_annual_report.pdf [page consultée le 21 octobre 2015]
- (8) IEA HPP, Heat pumps can cut global CO₂ emissions by nearly 8%. www.heatpumpcentre.org + estimations IIF [page consultée le 13 avril 2015]
- (9) Halozan H, Rieberer R. Systèmes efficaces du point de vue énergétique pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments, Bulletin de l'IIF 2004-6. http://www.iifir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=exploitation&OUTPUT=PORTAL&DOCID=I_IFD_REFDOC_2005-0975&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR + estimations IIF [page consultée le 20 mai 2015]
- (10) IIHF, Survey of players, 2014. <http://www.iihf.com/de/iihf-home/the-iihf/survey-of-players/> [page consultée le 13 avril 2015]
- (11) GCCA, 2014 IARW Global Cold Storage Capacity Report. <http://www.gcca.org/resources/publications/white-papers-reports/global-cold-storage-capacity/> [page consultée le 16 avril 2015]
- (12) SelectUSA, The Automotive Industry in the United States. <http://selectusa.commerce.gov/industry-snapshots/automotive-industry-united-states> [page consultée le 12 mai 2015]
- (13) Australian Government, Department of Environment, Cold hard facts 2: A study of the refrigeration and air conditioning industry in Australia, 2013. www.environment.gov.au/atmosphere/ozone/publications/cold-hard-facts-2.html [page consultée le 15 avril 2015]
- (14) United States Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, Occupational Outlook Handbook, 2014-15 Edition, Heating, Air Conditioning, and Refrigeration Mechanics and Installers. <http://www.bls.gov/ooh/installation-maintenance-and-repair/heating-air-conditioning-and-refrigeration-mechanics-and-installers.htm> [page consultée le 23 avril 2015]
- (15) Carbon Trust, The Emerging Cold Economy, Février 2015. <http://www.carbontrust.com/media/619349/the-emerging-cold-economy.pdf> [page consultée le 19 mars 2015]
- (16) IEA, Electricity/Heat in World in 2009. <http://www.iea.org/statistics/topics/Electricity/> [page consultée le 19 mars 2015]

- (17) IPCC, Appendix III: Definition of SRES World Region. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=149> [page consultée le 19 mars 2015]
- (18) FAO, Statistical Yearbook 2013, Partie 3. <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e03.pdf> [page consultée le 12 mai 2015]
- (19) FAO, Global Food Losses and Food Waste, 2011. <http://www.fao.org/ag/ags/ags-division/publications/publication/en/c/74045/> [page consultée le 12 mai 2015]
- (20) IIF, 5e Note d'Information sur le froid et l'alimentation. « Le rôle du froid dans l'alimentation mondiale », Juin 2009. http://www.iifir.org/userfiles/file/publications/notes/NoteFood_05_FR.pdf + estimations IIF [page consultée le 20 mai 2015]
- (21) Country: India's cold chain industry, US Commercial Service, Department of Commerce. Renie Subin, Août 2011. http://www.academia.edu/5952490/Indias_Cold_Chain_Industry [page consultée le 12 mai 2015]
- (22) United Nations, World Economic and Social Survey 2013: Sustainable Development Challenges, United Nations publication. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2843WESS2013.pdf> [page consultée le 12 mai 2015]
- (23) Schönenberger J. *et al.* Experience with ejectors implemented in a R744 booster system operating in a supermarket, 11th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Refrigerants, Hangzhou, China, 2014. http://www.iifir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=exploitation&OUTPUT=PORTAL&DOCID=IFD_REFDOC_0012281&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR [page consultée le 20 mai 2015]
- (24) Energy Star, Facility Type: Supermarkets and Grocery Stores, Janvier 2008. http://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EPA_BUM_CH11_Supermarkets.pdf [page consultée le 13 mai 2015]
- (25) Mrzyglod M. *et al.* Aspects of Household Cooling Technology, 15th International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, Juillet 2014. http://www.iifir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=exploitation&OUTPUT=PORTAL&DOCID=IFD_REFDOC_0013513&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR [page consultée le 20 mai 2015]
- (26) Youbi-Idrissi M. Les applications du froid dans les IAA. http://www.iifir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=EXPLOITATION&OUTPUT=PORTAL&DOCID=IFD_REFDOC_0012572&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR + estimations IIF [page consultée le 20 mai 2015]
- (27) University of Birmingham, The prospects for liquid air cold chains in India, Décembre 2014. <http://www.birmingham.ac.uk/Documents/news/The-prospects-for-liquid-air-cold-chains-in-India.pdf> [page consultée le 20 mars 2015]
- (28) Fikiin KA. (2008). Emerging and Novel Freezing Processes – Chapitre 5, In Frozen Food Science and Technology, Ed.: J.A. Evans, Blackwell Publishing (Oxford), 355 p.
- (29) News de l'IIF « Figuring out frozen food growth rates in Europe. » http://www.iifir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=EXPLOITATION&OUTPUT=PORTAL&DOCID=IFD_REFDOC_0006712&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR [page consultée le 12 mai 2015]
- (30) Interpack 2009, Burning Love for Frozen Food. Handbook of Frozen Food Processing and Packaging, Ed: Da-Wen Sun, Taylor & Francis Group, 2006

(31) Transparency Market Research, Frozen Food Market (Vegetables & Fruits, Potatoes, Ready-to-eat Meals, Meat, Fish/Seafood and Soups)- Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013-2019, Septembre 2013. <http://www.prnewswire.com/news-releases/global-frozen-food-market-is-expected-to-reach-usd-29375-billion-by-2019-transparency-market-research-223101201.html> [page consultée le 20 mars 2015]

(32) Berkeley National Laboratory, Seppänen O, Fisk WJ, Lei QH. Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment. <https://indoor.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-60946.pdf> [page consultée le 26 mars 2015]

(33) Kosonen R, Tan F. Energy and Buildings 36 (2004) 981-986, The effect of perceived indoor air quality on productivity loss. http://www.halton.com/dh/BQA6fsW31kborn6yUg-dKBNvx0mHXmaclst5mkKo0WKyJcN3DhBnxJenwibP7_zBqeKH8Hd-kCSP2Sc73yYqms06shclXBaZGm2gBXYEujHGJKfb0cn2rgrnW_HOPrnUJxYaSZY3NwDpKJSNYSR_-1aj2mCwJtux2dti88CE/The_effect_of_perceived_indoor_air_quality_on_productivity_loss.pdf [page consultée le 26 mars 2015]

(34) Sykes A. One Poll survey, Mars 2014. <http://www.coolingpost.com/uk-news/hours-lost-from-poor-work-temperatures/> [page consultée le 14 avril 2015]

(35) US Energy Information Administration, 2009. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=12551> [page consultée le 27 mars 2015]

(36) The Guardian Environment Network, Climate risks heat up as world switches on to air conditioning. <http://www.theguardian.com/environment/2012/jul/10/climate-heat-world-air-conditioning>

(37) Berkeley National Laboratory, McNeil MA, Letschert VE. Future Air Conditioning Energy Consumption in Developing Countries and what can be done about it: The Potential of Efficiency in the Residential Sector. <https://escholarship.org/uc/item/64f9r6wr> [page consultée le 27 mars 2015]

(38) Auffhammer M. Cooling China: The Weather Dependence of Air Conditioner Adoption, Front. Econ. China 2014, 9(1): 70–84. DOI 10.3868/s060-003-014-0005-5

(39) BSRIA, Octobre 2014. http://www.iifiir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=EXPLOITATION&OUTPUT=PORTAL&DOCID=IFD_REFDOC_0012854&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR [page consultée le 27 mars 2015]

(40) IPCC, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Summary for Policy Makers, Mars 31, 2014. https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf [page consultée le 27 mars 2015]

(41) WHO, 2008 World Cancer Report. www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2008/ [page consultée le 10 avril 2015]

(42) Boned M, Cavalier G. Evaluation of pharmacy cold chain, 2nd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, Paris, 2013. France. http://www.iifiir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=exploitation&OUTPUT=PORTAL&DOCID=IFD_REFDOC_0007191&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR [page consultée le 20 mai 2015]

(43) WHO, Poliomyelitis, Fact sheet N°114, Octobre 2014. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs114/en/> [page consultée le 10 avril 2015]

(44) Baust JG *et al.* Mechanisms of cryoablation: Clinical consequences on malignant tumors, Cryobiology, Volume 68, Février 2014

(45) Barecca AI *et al.* Adapting to Climate Change: The Remarkable Decline in the U.S. Temperature-Mortality Relationship Over the 20th Century, Social Science Research Network. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2192245 [page consultée le 10 avril 2015]

(46) Koomey JG. Worldwide electricity used in data centers, Environmental Research Letters, 2008. http://iopscience.iop.org/1748-9326/3/3/034008/pdf/1748-9326_3_3_034008.pdf [page consultée le 14 avril 2015]

(47) International Gas Union, World LNG Report- 2015 Edition. http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/IGU-World%20LNG%20Report-2015%20Edition.pdf [page consultée le 22 juin 2015]

(48) US Energy Information Administration, Japan full report, Janvier 2015. <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=ja> [page consultée le 13 avril 2015]

(49) CERN, The Large Hadron Collider. <http://home.web.cern.ch/topics/large-hadron-collider> [page consultée le 26 mai 2015]

(50) ITER: the world's largest Tokamak, <http://www.iter.org/mach> [page consultée le 1er juin 2015]

(51) European Heat Pump Association, Key facts on heat pumps. <http://www.ehpa.org/technology/key-facts-on-heat-pumps/> [page consultée le 13 mai 2015]

(52) Halozan H. Heat Pumps, Energy and Environment, Compressors 2009 Conference, 7th IIR International Conference on Compressors and Coolants, Castá Papiernicka. http://www.iifir.org/clientBookline/service/reference.asp?INSTANCE=exploitation&OUTPUT=PORTAL&DOCID=I_IFD_REFDOC_2009-2502&DOCBASE=IFD_REFDOC&SETLANGUAGE=FR [page consultée le 20 mai 2015]

(53) US Energy Information Administration, International Energy Statistics. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8> [page consultée le 22 avril 2015]

(54) GEA Refrigeration, Refrigeration technology for top snow quality. <http://www.gearefrigeration.com/en-uk/Markets/Leisure/indoor-ski/Pages/default.aspx> [page consultée le 13 avril 2015]



Informatory Notes on Refrigeration Technologies: Archives	Notes d'information de l'IIF sur les technologies du froid : Archives
12th Note: Fluorocarbons and global warming (July 1997)	12e Note : Fluorocarbures et effet de serre (juillet 1997)
13th Note: Standards for Flammable Refrigerants (December 1997)	13e Note : Normes applicables aux frigorigènes inflammables (décembre 1997)
14th Note: Reduction of emissions of refrigerants and containment in systems (May 1999)	14e Note : Réduction des émissions de fluides frigorigènes et confinement (mai 1999)
15th Note: Carbon dioxide as a Refrigerant (February 2000)	15e Note : L'utilisation du CO ₂ comme frigorigène (février 2000)
16th Note: Refrigerated transport: progress achieved and challenges to be met (August 2003)	16e Note : Transport frigorifique : progrès et défis (août 2003)
17th Note: How to improve energy efficiency in refrigerating equipment (November 2003)	17e Note : Comment améliorer l'efficacité énergétique des équipements frigorifiques (novembre 2003)
18th Note: Evaporative Cooling and Legionella, A Risk which can be Prevented by Using Good Practices (February 2006)	18e Note : Refroidissement évaporatif et Legionella, un risque maîtrisable grâce à de bonnes pratiques (février 2006)
19th Note: Liquefied Natural Gas: Current Expansion and Perspectives (November 2006)	19e Note : Gaz Naturel Liquéfié : Expansion actuelle et défis (novembre 2006)
20th Note: Magnetic Refrigeration at Room Temperature (October 2007)	20e Note : Le froid magnétique à température ambiante (octobre 2007)
21st Note: Sustainable Refrigerated Road Transport (December 2011)	21e Note : Le transport frigorifique routier durable (décembre 2011)
22nd Note: Applications of Cryosurgery (July 2012)	22e Note : Les applications de la cryochirurgie (juillet 2012)
23rd Note: Risk Inherent in the Use of Counterfeit Refrigerants (November 2012)	23e Note : Risques liés à l'utilisation de fluides contrefaits (novembre 2012)
24th Note: Containment of Refrigerants within Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pump Systems (January 2014)	24e Note : Confinement des frigorigènes dans les systèmes de froid, de conditionnement d'air et de pompes à chaleur (janvier 2014)
25th Note: Refrigerant Charge Reduction in Refrigerating Systems (May 2014)	25e Note : Réduction de la charge en frigorigène dans les systèmes frigorifiques (mai 2014)
26th Note: Overview of Regulations Restricting HFC Use, Focus on the EU F-Gas Regulation (January 2015)	26e Note : Tour d'horizon des réglementations limitant l'utilisation des HFC. Le point sur le Règlement F-gaz de l'UE (janvier 2015)
27th Note: Evaporative Cooling (January 2015)	27e Note : Le refroidissement évaporatif (janvier 2015)
28th Note: Qualification and Certification of Refrigeration Technicians (September 2015)	28e Note : Qualification et certification des techniciens du froid (septembre 2015)

- These Information Notes can be accessed at [www.iifiir.org/Publications/Informatory Notes](http://www.iifiir.org/Publications/Informatory%20Notes). The latest Informatory Note published is available to IIR Members only.
- Ces Notes d'Informations sont accessibles sur le site [www.iifiir.org/Publications/Notes d'information](http://www.iifiir.org/Publications/Notes%20d'information). La dernière note d'information publiée est réservée aux membres de l'IIF.



Recommandations

Compte-tenu des enjeux en matière de sécurité alimentaire, de santé, d'énergie et d'environnement, il est clair que le froid est essentiel pour l'humanité et doit devenir une priorité des gouvernements dans les domaines de l'industrie, de l'enseignement et de la recherche.

Il est nécessaire de développer les formations en froid et les qualifications des personnels, mais aussi d'orienter davantage de jeunes vers ces métiers d'avenir qui offrent de très bonnes perspectives sur le long terme.

Un effort particulier doit être mené afin d'aider les pays en développement à se doter de capacités frigorifiques suffisantes pour assurer la sécurité alimentaire et la santé humaine. Des investissements en infrastructures sont nécessaires pour mettre en œuvre les équipements adaptés.

L'efficacité énergétique des systèmes frigorifiques doit être améliorée. Cela passe par des travaux de recherche et développement dans des sources d'énergie renouvelables (solaire, éolien, géothermie, biogaz, etc.) offrant des alternatives judicieuses au réseau électrique pour faire fonctionner ces systèmes. Le froid joue un rôle important dans les différentes technologies de stockage d'énergie et est en mesure d'améliorer sensiblement la durabilité des réseaux électriques.

Il faut réduire les émissions de frigorigènes à fort effet de serre qui équipent actuellement la majorité des équipements de froid y compris le conditionnement d'air par la limitation des fuites, la diminution des charges, et l'utilisation de frigorigènes, naturels ou synthétiques, à faible effet de serre.

Les activités de recherche et développement liées au froid doivent être davantage stimulées et encouragées par les autorités nationales et internationales, les organismes de financement et les industries publiques et privées afin d'améliorer la santé, le bien-être et la durabilité énergétique et environnementale dans le monde.

