

Economiser sur les groupes de froid

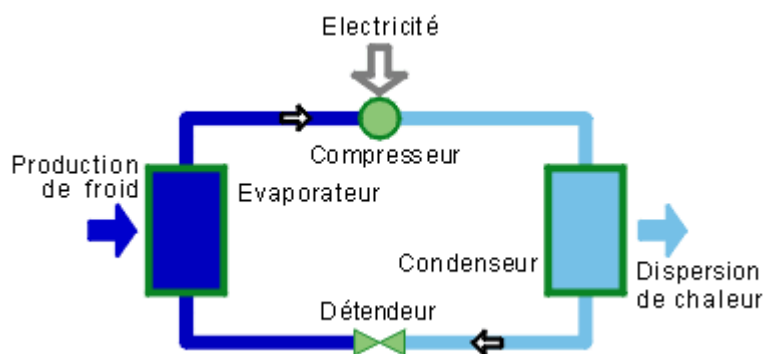
Mise à jour le 24/07/2009

La conservation de denrées alimentaires requiert une production de froid importante et constante, ce qui demande une grande quantité d'énergie. En effet, la production de froid représente 15 % de la consommation électrique mondiale ! Un gisement important d'économies d'énergie existe dans ce secteur : maîtriser ses consommations, les utiliser au mieux ou produire de façon renouvelable sont donc des enjeux importants pour réduire sa facture électrique.

1. Présentation

Il existe 3 grands procédés permettant de produire du froid :

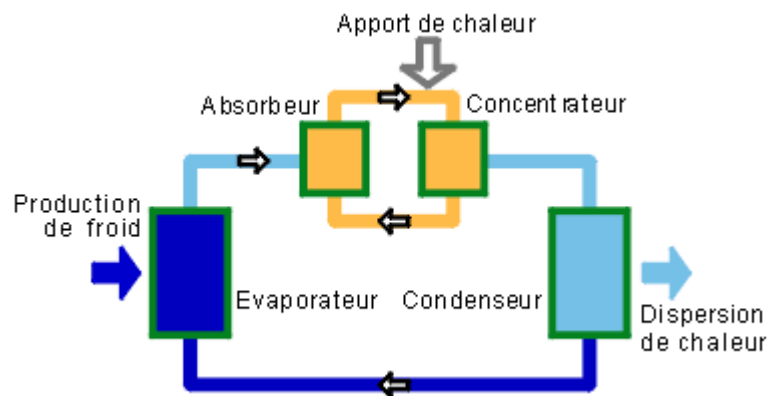
- le **free-cooling** permet principalement de pré-refroidir des produits chauds. Il s'agit de faire passer le produit à refroidir dans un échangeur où il cède sa chaleur soit à l'air ambiant, soit à un liquide plus froid (eau ou fluide du process à réchauffer). Ce système consomme très peu d'énergie et devrait être utilisé chaque fois que possible.
- Le **système à compression mécanique** est le principe le plus couramment rencontré (90% des installations frigorifiques), c'est celui des réfrigérateurs domestiques classiques. Il produit du froid grâce à un fluide frigorigène qui refroidit le milieu en s'évaporant et relargue de la chaleur vers le milieu extérieur en se condensant. Ce système fonctionne à partir d'énergie mécanique fournie par un système électrique.



Source : Energie Wallonie

Schéma de fonctionnement d'un système de réfrigération à compression mécanique

- Le **système à absorption** fonctionne selon le même principe mais utilise de l'énergie thermique et des fluides frigorigènes qui ne sont pas des gaz à effet de serre. Son rendement est plus faible mais la source d'énergie peut provenir d'une production de chaleur « perdue » lors d'autres procédés, d'une énergie peu chère (gaz naturel) ou bien d'énergies renouvelables (soleil, biomasse).



Source : Energie Wallonie

Schéma de fonctionnement d'un système à absorption

2. Optimiser son groupe de froid

Les consommations électriques moyennes des entrepôts frigorifiques actuels sont d'environ 30 à 50 kWh/m³/an, dépendant des caractéristiques du bâtiment, de l'activité, de la température des produits, de la température extérieure, de la vitesse de rotation, de la taille des chambre. Il existe dans un premier temps de nombreuses mesures qui permettent de réduire les consommations d'une installation existante.

2.1. Isolation

Les chambres froides sont généralement conçues avec une charpente métallique recouverte de panneaux d'isolant préfabriqué et d'un pare-vapeur. À l'extérieur, le bâtiment est souvent protégé par un revêtement anti-incendie en béton. Aujourd'hui afin de réduire les consommations d'énergie, on tend de plus en plus à augmenter l'épaisseur de la couche d'isolant. On préconise actuellement une épaisseur de paroi de 7 à 10 cm de polyuréthane (isolant le plus couramment utilisé) pour les chambres de réfrigération.

Quelques conseils :

- Pour empêcher une pénétration excessive de la chaleur due à l'ensoleillement, on conseille l'installation d'une deuxième toiture pare-soleil comportant un vide ventilé.
- L'isolation de la dalle est d'autant plus recommandée que la chambre est utilisée souvent, elle permet ainsi d'augmenter l'inertie thermique du local.
- Attention aux ouvertures trop fréquentes. Elles représentent un apport de chaleur important, tout comme l'éclairage. Il est important de sensibiliser le personnel à ce sujet.
- Dans une chambre froide, de nombreux phénomènes contribuent à la dégradation des isolants (humidité, condensation, percements...). On table sur un accroissement de 20 à 30 % tous les 10 ans de la valeur de transmission thermique de la paroi. Pour compenser cet effet, le plus simple est d'augmenter l'épaisseur de l'isolant pour que l'isolation reste suffisante.

2.2. Maintenance et entretien

Une bonne maintenance permet un bon fonctionnement du matériel, une bonne qualité de froid et une consommation d'énergie minimale.

- Vérifiez tous les 3 à 5 ans la parfaite isolation du local en faisant appel à un thermicien.
- L'étanchéité du local est à contrôler chaque année en vérifiant visuellement les joints, percements éventuels, etc. Refaites les joints si nécessaires.
- Les condenseurs doivent être nettoyés tous les 2-3 mois environ au compresseur à air ou avec une brosse souple. La fréquence reste à adapter à la poussière ambiante.
- L'évaporateur et les échangeurs du circuit frigoporteur doivent être dégivrés régulièrement.

2.3. Diagnostic énergétique

Un diagnostic énergétique de l'installation frigorifique peut être réalisé par un professionnel. Il met en évidence les gisements d'économies liés à la production et à l'utilisation du froid, et d'envisager ensuite les actions à mettre en œuvre en fonction de leur coût et de leur rentabilité. Dans la plupart des cas, il montre qu'il est possible de réaliser entre 5 et 20% d'économies sur vos consommations d'énergie.

Des méthodologies de diagnostic ont notamment été développées par l'ATEE (Association Technique Energie Environnement) pour l'ADEME et EDF. L'application de ces principes permet de garantir le sérieux de l'évaluateur.

Le coût d'un diagnostic varie entre 2000 et 5000€ et peut être subventionné. Il est intéressant dans le cas de grosses installations très consommatrices en énergie ou possédant un fort potentiel d'économies.

3. Renouvellement du matériel

La plupart des groupes de froid utilisés jusqu'à aujourd'hui sont des systèmes à compression. La consommation d'électricité pour la production de froid dépend pour une grande part du compresseur mais aussi des auxiliaires : pompes, ventilateurs...

3.1. Matériel

Changer tout simplement un vieil équipement pour un équipement récent permet des économies conséquentes car un ancien appareil d'il y a 20 ans peut consommer jusqu'à 6 fois plus qu'un appareil neuf. Il existe de nombreuses innovations, plus ou moins courantes, qui permettent aux systèmes de froid d'être plus performants et économes :

- Dans une machine frigorifique à compression, le transfert de fluide est à débit variable alors que le moteur tourne à vitesse constante, il y a donc un grand gaspillage d'énergie. Un variateur électronique de vitesse (VEV) permet d'ajuster la vitesse de rotation du moteur au débit souhaité et donc d'économiser de l'énergie. Cette installation reste assez difficile à adapter sur des moteurs très anciens, mais il peut être utile de se renseigner. Par contre, lors d'un changement ou d'un achat, exigez que le moteur du groupe froid possède un VEV intégré. Cet équipement permet entre 10% et 50% d'économie sur la consommation électrique du groupe froid. Jusqu'à 10kW de puissance froid, le surcoût pour ce VEV est d'environ 100€, l'investissement est donc rapidement amorti.
- Les instruments de contrôle-commande et de régulation permettent, d'une part de détecter les anomalies mais également d'ajuster au mieux la production de froid aux besoins. Par exemple, dans le cas où plusieurs groupe froids servent à refroidir une chambre, la régulation permet de les coordonner pour les faire travailler à un régime optimal et donc de réaliser des économies.
- Préférez des installations avec des fluides frigorigènes à effet de serre modéré tel que l'ammoniac, le CO₂, l'eau ou le bromure de lithium plutôt que des fluides types CFC, HFC, HCFC.

3.2. Dimensionnement

Lors d'un changement de matériel, évaluez au plus juste la puissance nécessaire des compresseurs. Inutile d'avoir une puissance trop élevée. Veillez à bien dimensionner les diamètres des canalisations et les surfaces d'échange des échangeurs thermiques.

Dans le cas d'une grande structure, optez pour un système adaptable car en-dessous d'une certaine fraction de charge, les performances se détériorent.

Préférez l'installation de plusieurs machines à puissance réduite qui permettront de les engager en fonction des besoins et de réduire les temps de marche à charge partielle (régulation en cascade).

3.3. Emplacement

Lors d'une nouvelle installation ou s'il est nécessaire de modifier l'emplacement existant, il est pertinent de chercher à placer les équipements dans des conditions optimales de fonctionnement. Le meilleur rendement d'un groupe froid est obtenu pour une température d'environ 10- 12°C.

Si le groupe est placé à l'intérieur, il convient d'apporter une isolation et une ventilation suffisante du local. Si c'est possible, placer le groupe près d'une entrée d'air basse avec des sorties d'air hautes, ce qui permet de le faire fonctionner à température ambiante et d'évacuer la chaleur générée par son fonctionnement.

La meilleure solution reste de placer le groupe à l'extérieur, à l'abri du soleil et des intempéries (donc de préférence au nord).

3.4. Choix de l'installateur

Le label Qualiclimafroid est délivré aux installateurs remplissant ces trois critères :

- respecter les contraintes liées à l'hygiène, la sécurité et l'environnement ;
- être couvert par un contrat d'assurance responsabilité civile et décennale ;
- être habilité par autorisation préfectorale à manipuler les fluides frigorigènes.

Ces qualifications sont conformes aux normes NF-EN 45012.



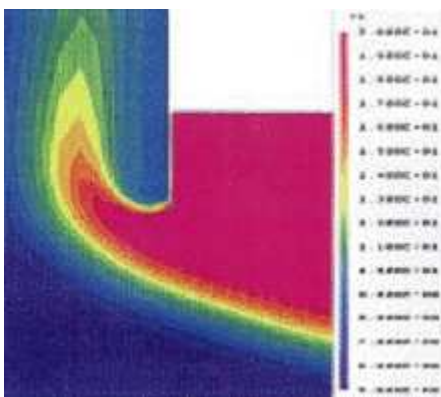
Pour plus d'informations : www.qualiclimafroid.com

4. Systèmes innovants

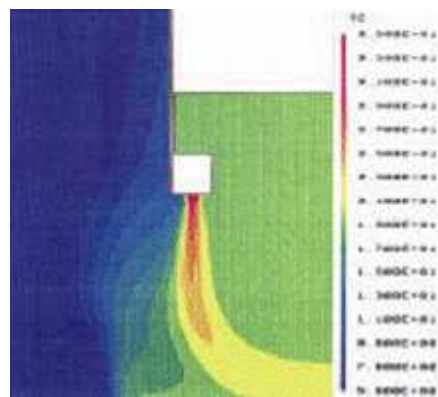
Depuis le 1^{er} janvier 2002, les CFC sont interdits. Les installations qui en utilisent doivent donc être remplacées ou modifiées dès qu'un appoint en fluide sera nécessaire. Pour les HCFC, leur production et l'interdiction de leur utilisation est programmée pour 2015. Les installations doivent se mettre aux normes au fur et à mesure, alors pourquoi ne pas en profiter pour repenser le système de froid et opter pour un système innovant?

4.1. Les rideaux de froid

À l'instar des souffleries à l'entrée des supermarchés, un ventilateur souffle de l'air à l'entrée de la chambre froide lorsque la porte s'ouvre. Ainsi, l'air froid ne peut s'échapper et l'air chaud ne peut rentrer. Ces installations sont particulièrement utiles pour des chambres froides où le passage est fréquent et où la dimension de la porte est importante. En effet, il permet de 70 à 90 % d'économies sur les déperditions liées à l'ouverture de la porte. Le coût d'investissement varie de 2000€ à 7000 €. Il est recommandé de mesurer les pertes énergétiques de son installation afin d'évaluer le retour sur investissement possible (généralement inférieur à 10 voire 5 ans).



Pertes d'énergie sans rideau d'air : l'air chaud rentre par le haut de l'ouverture et l'air froid sort par le bas



Pertes d'énergie avec rideau d'air : l'air froid ne sort plus et l'air venant de l'extérieur est moins chaud

4.2. Les groupes à absorption

Ce principe de réfrigération est connu depuis le XIX^{ème} siècle. C'est grâce à cela que l'on fabrique du froid dans les réfrigérateurs de bateaux, de caravane... Ces machines utilisent de l'énergie thermique pour fabriquer du froid. La chaleur peut être produite grâce à la combustion de gaz, de fioul, de biomasse ou toute autre source de chaleur suffisante.

Il existe actuellement des groupes à absorption à simple, à double et à triple effet :

- en moyenne, les groupes à simple effet nécessitent une température initiale de 70 à 90°C et ont un COP de 0,7 (COP = puissance de froid de l'unité / chaleur consommée par l'unité) ;
- les groupes à double effet se caractérisent par une température initiale de 140°C et un COP de 1,2 ;
- les groupes à triple effet, au point techniquement mais qui ne sont pas commercialisés du fait du coût d'investissement élevé qu'ils mobiliseraient, se caractérisent par une température de 180°C et un COP de 1,5.

Les puissances des machines à absorption vont maintenant de quelques kW à plusieurs milliers de kW. L'offre dans les petites puissances (5 à 10 kW) est en train de se développer.



Refroidisseur à absorption ROBUR

Avantages :

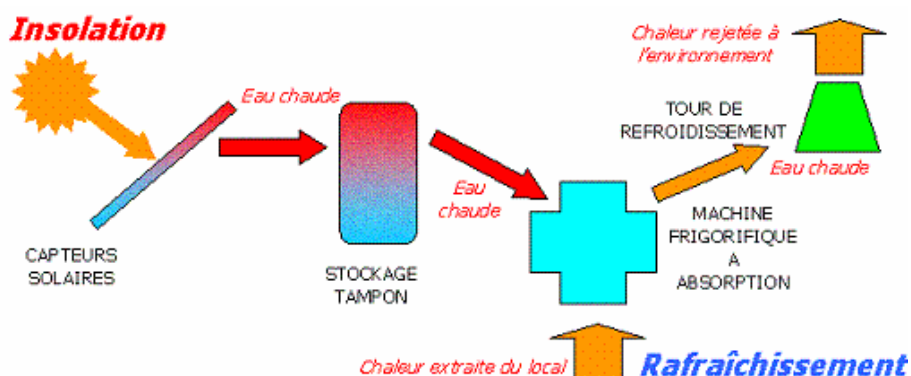
- pas de fluide frigoroporteur nocif pour l'environnement ;
- pas de compression mécanique et peu de pièces en mouvement donc limitation du bruit et des vibrations et maintenance simplifiée ;
- coût énergétique de fonctionnement intéressant par rapport à l'électricité ;
- fiabilité et durée de vie : les machines à absorption ont une durée de vie estimée de 25 à 30 ans, ce qui est largement supérieur à la durée de vie des machines à compression mécanique.

Inconvénients :

- performance de ces systèmes pas encore optimale : avec un COP de 0,7 pour les machines à simple effet, l'installation consomme plus de puissance sous forme de chaleur qu'elle n'en restitue sous forme de froid. Il est donc préférable de chercher à installer des machines à double ou triple effet ;
- coût de la machine 3 fois supérieur aux systèmes classiques. Pour une machine à absorption d'une puissance de 17,5 kWh frigorifique, le prix est d'environ 10 000 € alors que pour la même puissance le coût dans une machine classique est de 3000 à 4000 €.

4.3. Le froid solaire

La climatisation solaire utilise l'énergie (chaleur) du soleil pour refroidir l'air d'une pièce ou d'un volume donné grâce au système à absorption ou à dessiccation (moins courant) couplé à des capteurs solaires. Il existe déjà des frigos solaires, utilisés surtout dans les pays tropicaux en développement, et des installations de taille importantes permettant de climatiser des bâtiments entiers.



Source : outillsolaire.com

Avantages :

- mêmes avantages que les machines à absorption ;
- fonctionne grâce à une énergie renouvelable, l'impact sur l'environnement est donc minimal.

Inconvénients :

- intermittence de la fourniture d'énergie par le soleil. Pour la climatisation, l'origine solaire de l'énergie permet une fourniture d'air froid au moment où il fait le plus chaud. Cependant, pour la conservation d'aliments périssables, la production de froid doit être constante, la production de froid solaire ne peut assurer qu'une partie de la production de froid totale ;
- installations encore peu répandues et donc onéreuses. Le coût d'installation est de l'ordre de 2500 € à 4500 € par kW pour le seul rafraîchissement.

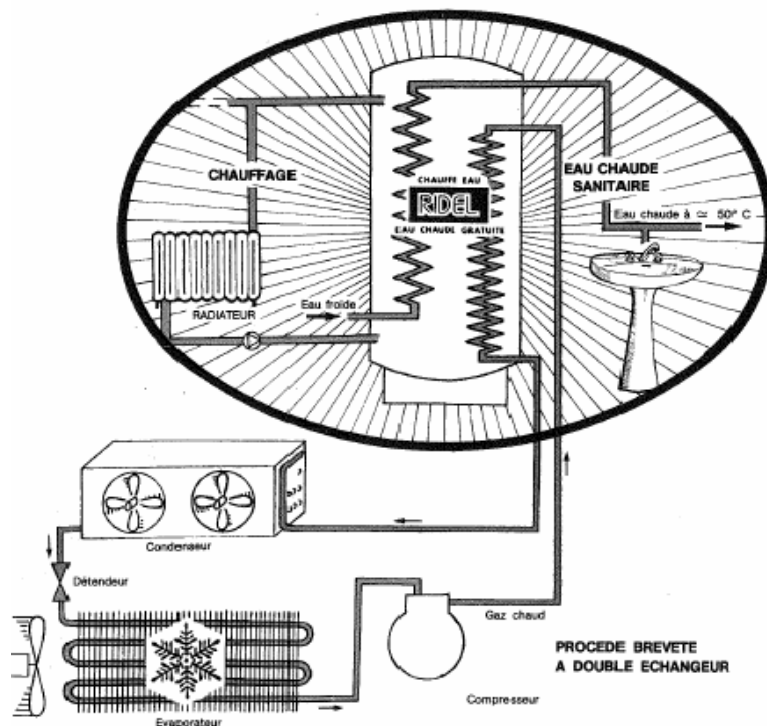
4.4. Récupération de chaleur sur les condenseurs

S'il n'est pas possible de changer l'installation du groupe froid, récupérer l'énergie qu'il génère peut réduire la facture d'électricité. En effet, s'il existe des besoins de chaleur (eau chaude ou chauffage dans un lieu contigu) et qu'ils sont d'un ordre de grandeur égal aux besoins de froid, l'énergie peut être valorisée grâce à des thermo-frigo-pompes. Une thermo-frigo-pompe est un système de production de froid à compression dont la chaleur dégagée au condenseur est également valorisée. Les économies réalisées sont d'autant plus importantes que l'ordre de grandeur des puissances thermiques à extraire/fournir à ces milieux est proche.

Schéma de principe d'un récupérateur de chaleur



avec simple échangeur thermique



avec ballon intermédiaire

Source : RIDEL, 2009 ; Energie Wallonie

Le récupérateur de chaleur permet de récupérer une partie de la chaleur générée par le condenseur pour préchauffer l'eau. Cette récupération peut se faire via un échangeur simple entre le fluide frigorigène et une arrivée d'eau froide (schéma 1) ou par un ballon intermédiaire de stockage (schéma 2) qui permet d'éviter les risques des contaminations et d'entartrage car il fonctionne en circuit fermé. Le récupérateur peut être rajouté sur un groupe existant ou directement intégré sur le groupe de froid. Ce matériel doit être installé par un frigoriste.

Le récupérateur en lui-même coûte environ 5000 € pour des puissances frigorifiques de 1 à 10 kW, mais il est parfois nécessaire de changer le reste de l'installation de production d'eau chaude (ballon). Il est généralement conseillé de l'installer sur des groupes d'une puissance supérieure à 2kW pour que cela puisse être rentable. En général, cela peut être rentabilisée en 2 à 8 ans en fonction de vos besoins en eau chaude et de votre ancien système de chauffage.

Ce type d'équipement existe depuis 20 ans mais n'a jamais connu de développement important jusqu'à présent du fait du coût faible de l'énergie. Le contexte énergétique actuel permet de les redécouvrir.

4.5. Trigénération

Au contraire du récupérateur de chaleur qui utilise la chaleur issue de la production de froid, la trigénération permet d'utiliser de l'électricité ou de la chaleur produite pour fabriquer du froid.

Dans le cas de l'utilisation d'une source d'électricité, celle-ci sert à alimenter un système à compression classique. Dans le cas de l'utilisation de chaleur, c'est un groupe à absorption qui va être utilisé. On peut donc profiter de la chaleur provenant des combustibles fossiles ou encore des ressources renouvelables comme la biomasse (bois, biogaz, huile végétale...) ou le solaire thermique.

Là où il peut y avoir besoin à la fois de chaleur, de froid et d'électricité, la trigénération permet une solution durable et peu énergivore.

Sources :

- ADEME www.ademe.fr
- CCIP www.environnement.ccip.fr
- Energie Wallonie <http://energie.wallonie.be>
- INES www.ines-solaire.com
- Unifroid www.unifroid.ch
- Methadev www.methadev.com
- Duiven et Binard, 2002. Entreposage frigorifique : nouveaux développements. Bulletin de l'IIF-2002-2. 8p ;
- Energieplus, 1999. Trigénération : Production frigorifique par valorisation de la chaleur d'une cogénération. Publié le 15 décembre 1999.
- Energieplus, 2002. Pompes, ventilateurs - Bénéfices et coûts de la variation électronique de vitesse (VEV). Publié le 15 avril 2002
- Institut international du Froid, 2006. L'engagement du secteur du froid en faveur du développement durable et de l'atténuation des changements climatiques. Note éditoriale publiée en 2002.2p.
- RAEE, 2007. Summerheat : solutions techniques, guide des bonnes pratiques. Novembre 2007.20p.
- RAEE, 2004. La Climatisation solaire. Actes édition : Lyon. Septembre 2004. 32p.
- Règlement CE n° 2037/2000 du Parlement européen et du Conseil du 29 juin 2000 (JOCE L 244 du 29 septembre 2000) relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, modifié par les règlements CE n°2038/2000 et 2039/2000 du 28 septembre 2000

Partenaires financiers



Rhône-Alpes Région

