

PRODUCTION EFFICIENTE DE FROID

L'ESSENTIEL SUR LA PRODUCTION DE FROID SELON SIA 382/1



POUR GARANTIR UNE AMBIANCE AGRÉABLE DANS LES PIÈCES OÙ LOCAUX MÊME EN ÉTÉ TOUT EN RÉDUISANT AU MINIMUM LE BESOIN EN ÉNERGIE, IL EST IMPÉRATIF DE DISPOSER DE LA BONNE COMBINAISON ENTRE DES STRUCTURES ADÉQUATES, DES CHARGES THERMIQUES MINIMISÉES ET UNE UTILISATION INTELLIGENTE DU FREECOOLING. SI LES CHARGES THERMIQUES SONT TROP IMPORTANTES, L'INSTALLATION FRIGORIFIQUE DOIT ÊTRE PLANIFIÉE, INSTALLÉE ET EXPLOITÉE DE MANIÈRE OPTIMALE.

Le calcul du besoin en puissance frigorifique s'effectue selon la norme SIA 382/2 et le cahier technique SIA 2044. Il en ressort que la climatisation doit être considérée comme un système global comprenant aussi bien la pièce refroidie que la distribution, l'accumulation et la production de froid climatique, ainsi que le refroidissement (tour de refroidissement ou aérorefroidisseur) ou une éventuelle utilisation de la chaleur rejetée. Cette fiche d'information contient les principales données relatives à la production de froid, conformément à la norme SIA 382/1.

Important: Ce guide succinct ne remplace pas la norme SIA 382/1. Les exigences de cette norme s'appliquent à la planification d'une production de froid.

Norme SIA 382/1

La norme SIA 382/1 est en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2014 et s'applique à toutes les installations de ventilation et de climatisation dans les bâtiments. Les contenus essentiels relatifs à la production de froid figurent dans la section 5.6 du même nom ainsi que dans l'annexe C. Au centre se trouvent les limites des températures minimales de l'eau glacée, les exigences en matière d'efficacité des installations frigorifiques ainsi que les conditions dans lesquelles ces prescriptions sont valables. Pour les machines frigorifiques refroidies par air d'une puissance d'utilisation inférieure à 12 kW, la norme SIA 382/1 ne prévoit aucune prescription.



suisse énergie

Notre engagement : notre futur.

DE LA PIÈCE OU DES LOCAUX À LA PRODUCTION

14 points essentiels

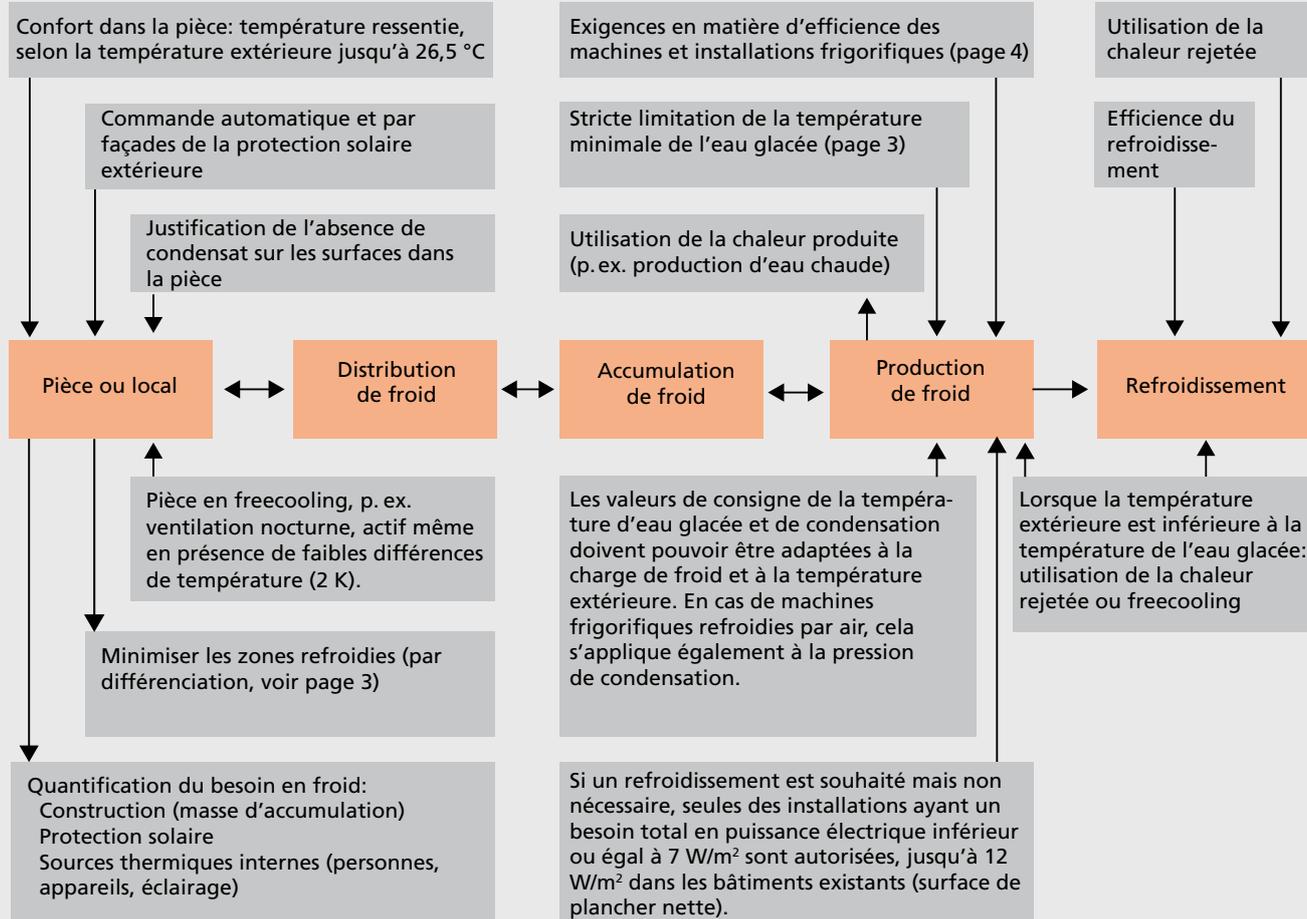


Illustration 2

PIÈCE OU LOCAL

- La norme SIA 382/1 fournit des bases de décision pour la climatisation: pour les pièces ayant des intrants thermiques importants rapportés à une journée, un refroidissement est «nécessaire». Si les intrants thermiques sont moyens ou faibles, un refroidissement peut être «souhaitable» ou «non nécessaire». Dans les deux cas, seules des installations ayant un faible besoin de puissance sont autorisées.
- Les facteurs essentiels qui influent sur le besoin en froid sont la protection solaire, la capacité d'accumulation du bâtiment ainsi que les charges thermiques internes (appareils etc.).
- Dans la mesure du possible, il convient de prévoir des systèmes de protection solaire montés à l'extérieur, ayant une faible valeur g.
- Les pièces peuvent également être refroidies directement freecooling (p. ex. par refroidissement nocturne).

DISTRIBUTION DE FROID

- Pour la distribution de la puissance frigorifique, on peut utiliser l'approvisionnement en air entrant d'une installation de ventilation, mais uniquement, pour des raisons hygiéniques, jusqu'à un certain

débit volumique d'air extérieur. Si cela ne suffit pas, il convient d'utiliser un système de distribution d'eau.

- Les systèmes de distribution d'eau et les gaines de distribution d'air fourni doivent être isolées de manière à être étanches à la diffusion de vapeur (eau de condensation, accumulation de chaleur; en présence de canalisations à conduction d'air, seules des isolations extérieures sont admissibles).

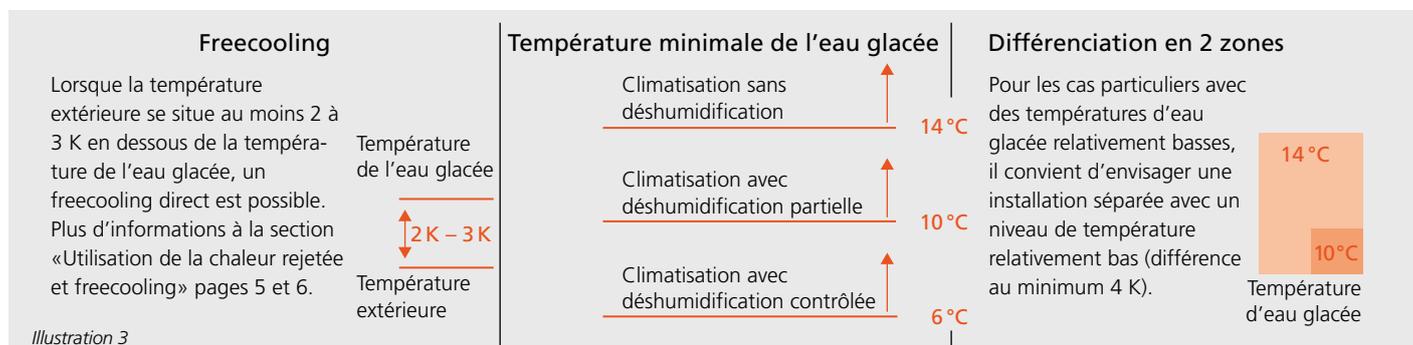
ACCUMULATION DE FROID

- Les accumulateurs de froid constituent un complément très intéressant d'une production de froid. Ils empêchent la machine frigorifique de s'enclencher et déclencher sans cesse.
- En association avec une production de froid, de grands accumulateurs de froid peuvent être intéressants pour utiliser l'électricité d'une installation photovoltaïque et augmenter ainsi la part de consommation propre.

PRODUCTION DE FROID

Les températures du côté froid de la machine frigorifique doivent être les plus élevées possibles, celles du côté de la chaleur rejetée

NOTIONS IMPORTANTES RELATIVES À LA PRODUCTION DE FROID



les plus basses possibles. La norme SIA 382/1 limite les températures minimales de l'eau glacée

- 14 °C pour les installations sans déshumidification
- 10 °C pour les installations avec déshumidification partielle
- 6 °C pour les installations avec déshumidification contrôlée (voir également le graphique ci-dessus).

En cas de refroidissement via le registre dans le plancher, un plafond refroidissant ou des systèmes d'éléments de construction thermoactifs (TABS), la température de l'eau glacée peut être supérieure ou égale à 16 °C. Les températures de surface situées sous le point de rosée entraînent la formation d'eau de condensation.

Production de froid refroidie à l'eau

La production de froid refroidie à l'eau doit obligatoirement atteindre les performances EER, EER+ et ESEER listées dans le tableau page 4. Les fabricants sont tenus de les documenter dans des conditions définies. En outre, les performances du fonctionnement en charge partielle (lorsque les températures de refroidissement sont abaissées) doivent être supérieures à celles de la pleine charge.

Production de froid refroidie à l'air

Les machines frigorifiques refroidies à l'air possèdent un circuit intermédiaire côté froid (évaporateur), à partir duquel l'évaporateur prélève de la chaleur et induit ainsi un effet de refroidissement dans le circuit intermédiaire. Côté chaud (condenseur), le groupe d'eau glacée ne possède aucun circuit intermédiaire. Les installations frigorifiques refroidies à l'air sont soumises aux coefficients d'efficacité EER et ESEER, conformément au tableau page 4, pour l'ensemble de l'installation frigorifique – appelée groupe d'eau glacée. Celui-ci comprend

- le condenseur direct avec les ventilateurs côté dissipation,
- la commande,
- les pompes et
- éventuellement un accumulateur de froid.

A propos des notions importantes

COP (coefficient de performance): c'est le rapport entre la puissance thermique produite et la puissance absorbée du générateur sans aucun élément périphérique comme p. ex. pompes, ventilateurs etc.

EER, Energy Efficiency Ratio: coefficient d'efficacité frigorifique à pleine charge de la machine frigorifique en mode de refroidissement (graphique 4).

EER+: coefficient d'efficacité frigorifique à pleine charge de la machine frigorifique, y compris le besoin en puissance pour le refroidissement. Les pompes et les ventilateurs du circuit de refroidissement font partie du refroidissement et sont pris en compte dans les valeurs EER+ (vérifier les documents du fabricant); voir le graphique page 4.

ESEER, European Seasonal Energy Efficiency Ratio: coefficient de performance saisonnier annuel de la machine frigorifique en mode de charge partielle. Pondération: 3 à 100 % de charge, 33 à 75 % de charge, 41 à 50 % de charge et 23 à 25 % de charge (pour un refroidissement correspondant).

Les catégories Eurovent classent les appareils de climatisation et autres services énergétiques dans des classes de performance énergétique de A++ à G selon le critère de l'EER, seules les classes jusqu'à D étant autorisées en Suisse pour les machines frigorifiques refroidies à l'eau, et les classes jusqu'à B pour celles refroidies à l'air.

COP, Coefficient of Performance: coefficient de performance en mode de chauffage. Le COP équivaut à l'EER, mais est utilisé pour les pompes à chaleur et comprend la puissance d'entraînement de la machine. Le COP est donc théoriquement supérieur de 1 à la valeur EER.

Valeurs cibles et valeurs limites: les valeurs limites doivent être respectées. La norme SIA 382/1 indique également des valeurs cibles qui font office de valeurs indicatives pour de bonnes installations. Pour planifier de très bonnes productions de froid sur le plan énergétique, il convient de s'orienter vers les valeurs cibles SIA 382/1.

Remarques relatives au tableau «Exigences énergétiques»

- Les puissances des productions de froid sont associées aux valeurs limites; les valeurs entre ces valeurs de puissance doivent faire l'objet d'une interpolation linéaire.
- Ces exigences s'appliquent à des conditions définies selon la norme SN EN 14511 (indications standardisées à pleine charge du fabricant): aucun encrassement des appareils; température de l'eau glacée 12 °C/7 °C; température du fluide de refroidissement pour les machines frigorifiques refroidies à l'eau 30 °C/35 °C; température de l'air extérieur (sec) pour les machines frigorifiques refroidies à l'air 35 °C (ne correspond en général pas aux conditions d'exploitation effectives).

- L'EER et l'ESEER doivent être tous deux respectés.
- Les valeurs limites de l'EER et de l'ESEER s'appliquent à une température de 32 °C et à une humidité relative de 40 % de l'air extérieur. La température de refroidissement effective de l'installation doit être déterminée sur la base des conditions en présence sur le site d'exploitation.
- Charge partielle: à 50 % de la puissance frigorifique de l'installation de froid, il convient d'abaisser la température du fluide de refroidissement à 22 °C à l'entrée du condenseur. On utilisera comme valeurs indicatives des conditions extérieures, pour le refroidissement évaporatif, 24 °C et 50 % d'humidité relative ainsi que pour l'aéroréfrigérant sec, 18 °C.

Illustration 4

Limite du système EER+ pour les machines frigorifiques refroidies à l'eau

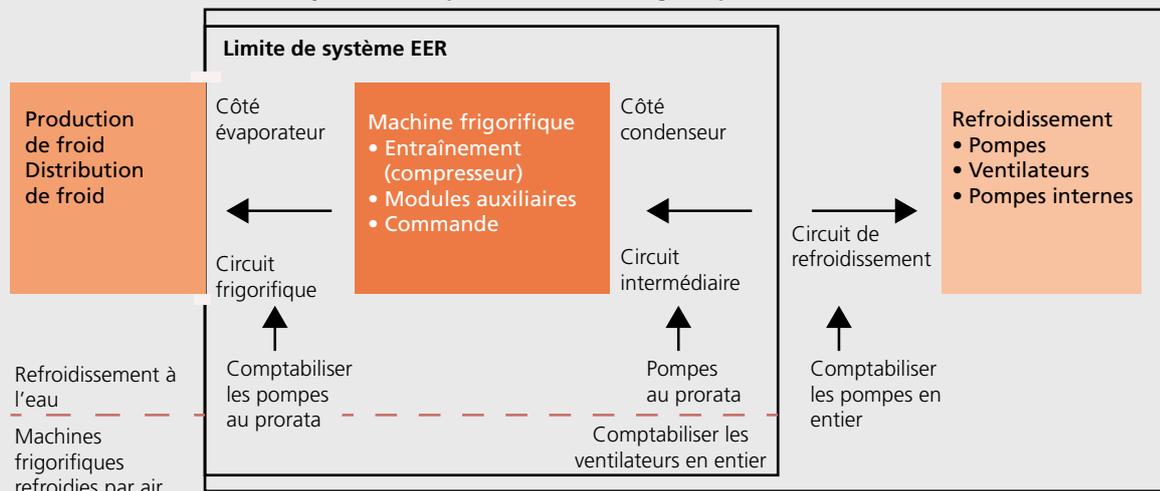


Illustration 4: Limites du système pour le calcul de valeurs EER ou de valeurs EER+ selon la norme SIA 382/1: le besoin en électricité des pompes dans le circuit d'eau glacée et intermédiaire est proportionnel, celui des ventilateurs dans le circuit intermédiaire ainsi que des pompes dans le circuit de refroidissement est à prendre en compte en entier pour respecter les exigences énergétiques. La part du besoin en électricité des pompes et ventilateurs doit être quantifiée (approx.) proportionnellement à la perte de charge des sections concernées (évaporateur et condenseur).

Exigences énergétiques pour les productions de froid dans des conditions standard					
Puissance frigorifique de la production de froid de la machine frigorifique	≤ 12 kW	100 kW	300 kW	600 kW	≥ 1 000 kW
Machines frigorifiques refroidies par eau					
Valeur limite EER (pleine charge)	3,85	4,25	4,65	5,05	5,50
Valeur limite ESEER (pleine charge et charge partielle)	4,30	4,80	5,50	6,10	6,70
Classe Eurovent selon EN 14511, au minimum	D	C	B	A	A+
Installations frigorifiques refroidies par eau, y c. refroidissement (pompes et ventilateurs)					
Valeur limite EER+ à pleine charge	3,10	3,20	3,30	3,50	3,70
Valeur limite EER+ à 50 % de charge	4,40	4,70	5,30	5,80	6,00
Machines frigorifiques refroidies par air					
Puissance de la production de froid	12 kW	100 kW	300 kW	600 kW	≥ 1 000 kW
Valeur limite EER (pleine charge)	2,90	3,10	3,20	3,40	3,50
Valeur limite ESEER (pleine charge et charge partielle)	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60
Classe Eurovent selon EN 14511, au moins	B	A	A+	A++	A++

UTILISATION DE LA CHALEUR REJETÉE ET FREECOOLING

Pour augmenter l'efficacité du refroidissement des pièces, trois groupes de mesures sont possibles (illustrations 5 et 6).

- Dès qu'il y a un besoin en chaleur dans le bâtiment, l'utilisation de la chaleur rejetée par l'exploitation de la machine frigorifique doit être préférée au freecooling indirect (utilisation des rejets thermiques), car la chaleur présente dans le bâtiment peut être utilisée.

FREECOOLING DIRECT DANS LA PIÈCE

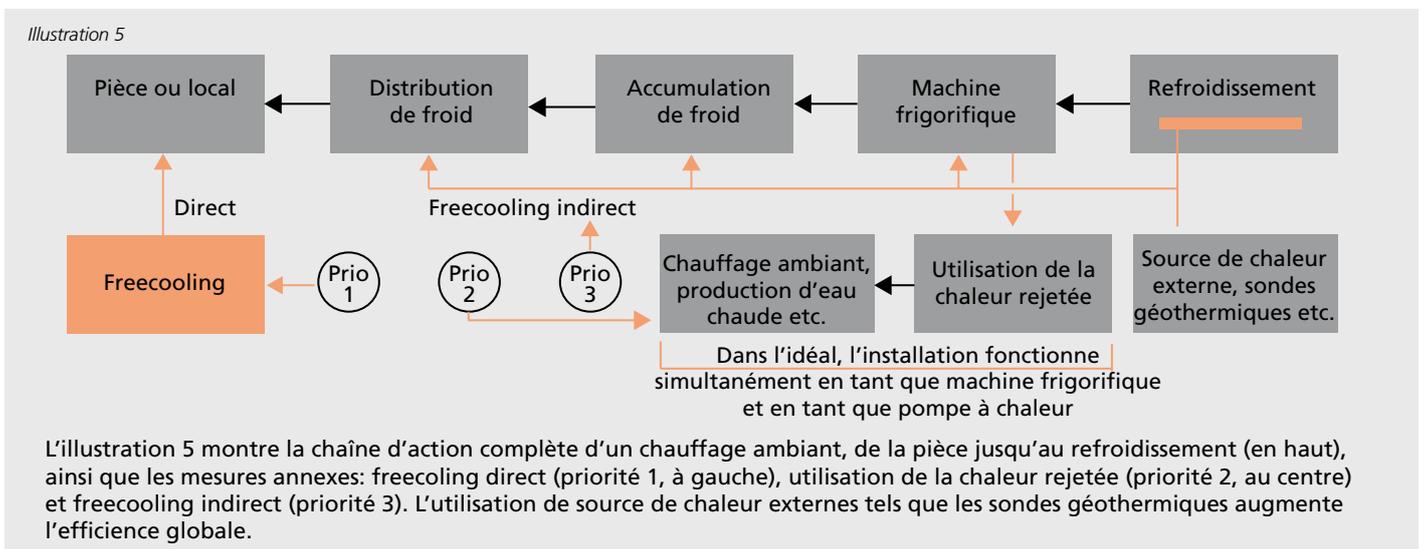
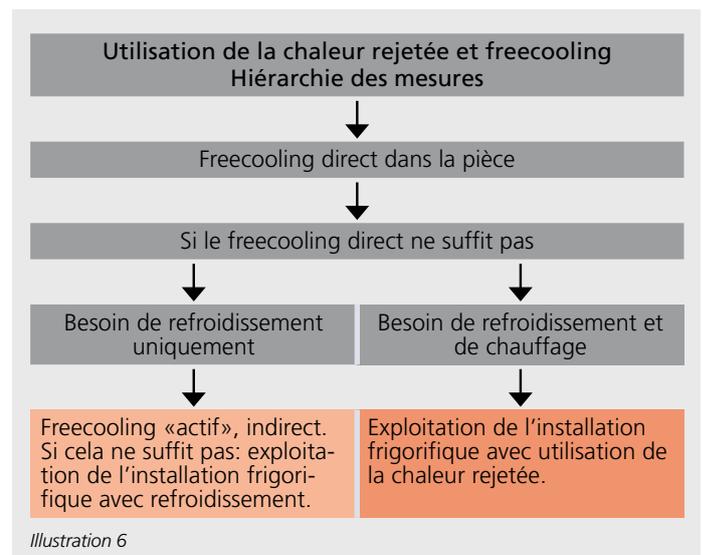
- Une pièce peut être refroidie directement grâce à l'air extérieur plus froid. Ainsi, la température de l'air ambiant baisse, tout comme la masse d'accumulation activable dans les planchers, les plafonds et les murs.
- Cette variante de freecooling peut être mise en œuvre même en présence d'une très faible différence de température entre l'air extérieur et l'air de la pièce (en général de 2 à 3 K).
- Le flux d'air total, de l'entrée d'air jusqu'à la sortie d'air, doit être garanti.
- Une forme d'application simple et très performante est le refroidissement nocturne des pièces (taux de renouvellement de l'air supérieur à 3).

FREECOOLING INDIRECT

- En mode de freecooling, le froid parvient dans la machine frigorifique, dans l'accumulateur de froid ou dans la distribution de froid via le refroidisseur ou via une source de chaleur externe. Le compresseur de la machine frigorifique est utilisé partiellement ou pas du tout. Seuls les pompes et ventilateurs sont exploités.
- Cette variante de freecooling utilise des installations déjà existantes de la production de froid, et de la distribution de froid pour fournir indirectement des contributions au refroidissement (illustration 5).
- Très souvent un échangeur est intégré dans l'unité de refroidissement d'une installation frigorifique pour le freecooling.

Cet échangeur permet un fonctionnement parallèle dans lequel sont actives à la fois la machine frigorifique, y compris son refroidissement, et l'installation de freecooling. Si la température extérieure est suffisamment basse, le freecooling peut couvrir la totalité du besoin en froid; la machine frigorifique est alors hors service.

- Pour les constructions raccordées à un réseau d'énergie, son utilisation en tant que source de chaleur est particulièrement intéressante.
- La limite pour une exploitation rentable du freecooling indirect se situe à des différences de température de 7 K entre l'air extérieur et la valeur de consigne de l'eau glacée.
- Un échangeur à eau intégré dans le système de refroidissement permet parfois de couvrir la totalité du besoin en froid, par exemple en hiver. Dans l'entre-saison, les productions de froid et l'installation de freecooling couvrent le besoin en froid conjointement ou en alternance. En été, c'est surtout la machine frigorifique qui prend en charge cette tâche (illustration 6).



UTILISATION DE LA CHALEUR REJETÉE

- Lorsque le freecooling direct ne fournit que des contributions de refroidissement insuffisantes et qu'il existe en outre un besoin en chaleur, l'utilisation de la machine frigorifique est pertinente. On obtient ainsi côté condenseur de la production de froid une offre de chaleur parfaitement appropriée à être utilisée par exemple pour le chauffage de l'eau ou le chauffage ambiant.
- «La meilleure utilisation de l'énergie électrique apportée est obtenue lorsque l'installation est utilisée simultanément en tant que machine frigorifique et en tant que pompe à chaleur. (...) La chaleur générée lors de la production de froid doit être utilisée, dans la mesure où cela est possible techniquement et en termes d'exploitation, et dans la mesure où cela est économiquement viable. Cela s'applique en particulier aux installations frigorifiques fonctionnant tout au long de l'année»; Norme SIA 382/1, chiffre 5.6.1.2.
- La plupart des lois cantonales sur l'énergie préconisent l'utilisation de la chaleur rejetée dans la mesure où elle est «possible techniquement et en termes d'exploitation, et dans la mesure où cela est économiquement viable».
- De basses températures de refroidissement sont souvent en conflit avec les conditions ambiantes extérieures. Cela s'applique également à l'utilisation de la chaleur rejetée à des fins de production d'eau chaude et de chauffage (requis jusqu'à 60 °C). Un désurchauffeur, qui prélève de la chaleur au fluide frigorifique jusqu'à la condensation, permet de mettre à disposition des températures nettement plus élevées.

Refroidissement à l'énergie solaire

La production de froid est basée sur un circuit frigorifique qui nécessite un entraînement. Dans le cas des machines frigorifiques dotées de compresseurs, la force motrice provient d'un moteur électrique. Le besoin en énergie peut être couvert par une installation photovoltaïque. Néanmoins, on peut également produire du froid à l'aide de la chaleur solaire, à condition de disposer de machines frigorifiques fonctionnant selon les principes de l'absorption ou de l'adsorption. Dans ces deux types de machines, la production de froid est associée à une installation de capteurs solaires ou à un processus industriel (chaleur rejetée). Pour l'électricité solaire comme pour la chaleur solaire, les rendements arrivent en même temps que les charges de refroidissement.

Pour le freecooling ou l'utilisation de la chaleur rejetée, il convient d'utiliser le plus possible l'infrastructure existante: fenêtres et passages d'air extérieur, canaux et puits, échangeurs de chaleur et conduites d'eau glacée etc.

EFFICIENCE DU REFROIDISSEMENT

- L'efficacité du refroidissement peut être évaluée à l'aide du facteur de gain électrothermique du système. Ce facteur représente le rapport entre la puissance de refroidissement et le besoin en puissance des composants concernés (pompes ou ventilateurs; voir le tableau ci-dessous).

Efficiéce pour le refroidissement et l'acheminement de l'eau glacée – Valeurs indicatives conformément à la norme SIA 382/1 (à pleine charge)

	Ventilateurs de refroidissement	Pompes de refroidissement	Pompes d'eau glacée
Facteur de gain électrothermique	supérieur à 28	supérieur à 85	supérieur à 65
Part de la puissance électrique des composants sur la puissance de refroidissement	maximum 3,6 %	maximum 1,2 %	maximum 1,5 %

Réduction des charges thermiques

Les charges thermiques externes et internes font augmenter le besoin en froid. Une bonne protection solaire, une masse d'accumulation importante dans la structure du bâtiment, des appareils et lampes efficaces, permettent de réduire considérablement les charges de froid. L'évacuation de chaleur directement à la source est particulièrement efficace. En présence de températures élevées de l'air extérieur, la réduction du débit d'air extérieur non refroidi dans la ventilation s'avère très favorable. Cette intervention devrait s'effectuer automatiquement par la commande de l'installation de ventilation.