

# Manuel des mesures concernant l'optimisation de systèmes frigorifiques

Grâce à des instructions compréhensibles, des conseils judicieux et des informations utiles, vous apprendrez comment mettre en œuvre les principales mesures du contrôle en 5 phases et vous saurez tout sur leur coût et leur rentabilité. Un support judicieux pour décider rapidement des optimisations les mieux adaptées à votre entreprise et repérer les situations où recourir à un spécialiste du froid/frigoriste en vue d'une collaboration compétente.



Le manuel contient des informations sur les thèmes suivants

|   |       |
|---|-------|
| <b>Informations relatives aux investissements et économies</b>            | 2     |
| <b>Mesure 1:</b><br>Nettoyage des échangeurs de chaleur                   | 3–6   |
| <b>Mesure 2:</b><br>Optimisation de la valorisation de la chaleur rejetée | 7     |
| <b>Mesure 3:</b><br>Optimisation du dégivrage électrique                  | 8–9   |
| <b>Mesure 4:</b><br>Optimisation de la régulation des postes froids       | 10    |
| <b>Mesure 5:</b><br>Optimisation de la commande des ventilateurs          | 11    |
| <b>Mesure 6:</b><br>Régulation du froid de confort (Froid climatique)     | 12–13 |
| <b>Mesure 7:</b><br>Réglage correct du détendeur                          | 14    |
| <b>Information:</b><br>Échangeurs de chaleur et écarts de température     | 15    |

# Ce que ça coûte?

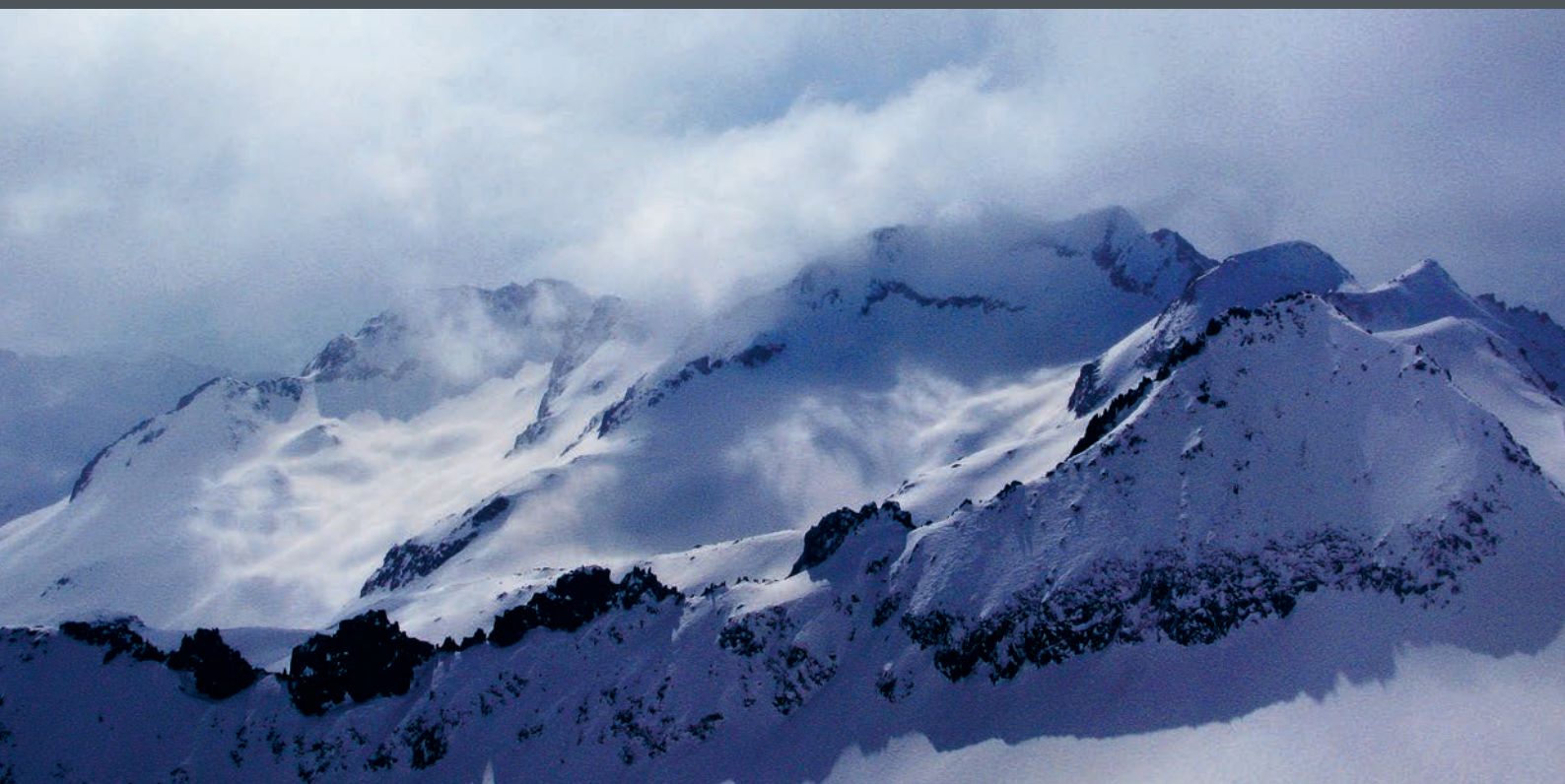
## Ce que ça rapporte?

---

Concernant l'application des mesures d'optimisation, la première question que se pose tout exploitant est celle-ci: quel en est le coût et combien puis-je économiser? Pour que le responsable Froid que vous êtes puisse avoir une première idée des frais d'investissement, des économies possibles et de la durée d'amortissement, des experts chevronnés ont évalué les données ci-dessous pour trois tailles d'installation distinctes:

|                      |   |                         |
|----------------------|---|-------------------------|
| petite installation  | = | 10 kW <sub>froid</sub>  |
| installation moyenne | = | 100 kW <sub>froid</sub> |
| grande installation  | = | 200 kW <sub>froid</sub> |

**À noter SVP:** Ces informations font apparaître une tendance. En fonction de la situation, vous pouvez réaliser dans votre entreprise plus ou moins d'économies, et la mise en œuvre peut être de même diversement avantageuse. En conséquence, ces indications ne se substituent aucunement aux conseils individuels.



# Mesure 1: Nettoyage de l'échangeur de chaleur

Les refroidisseurs d'air et condenseurs à l'ailettes se salissent au fil du temps. Il se forme sur l'échangeur de chaleur une pellicule sale qui ne cesse de s'étendre. Cette saleté dégradant la bonne transmission de chaleur, la situation entraîne une augmentation de la consommation énergétique et des coûts d'exploitation. Des bactéries et spores peuvent par ailleurs s'agréger sur la pellicule sale et causer de sérieux problèmes d'hygiène, tout spécialement dans le secteur des denrées alimentaires. En conséquence, il est bon de prêter particulièrement attention au nettoyage de l'échangeur de chaleur.

## A quelle fréquence faut-il nettoyer l'échangeur de chaleur?

On recommande de nettoyer régulièrement tous les échangeurs de chaleur. L'intervalle de nettoyage dépend largement des influences sur site. Ainsi, les évaporateurs de la zone de livraison des camions sont exposés à une salissure plus forte à cause des gaz d'échappement des véhicules et de la poussière de bois des palettes. La poussière de farine, la terre adhérent aux salades, les vapeurs grasses, bouloches dans le cas des blanchisseries ou plumes dans celui des abattoirs, peuvent également souiller les refroidisseurs. En revanche, l'ambiance régnant dans un entrepôt de fromages induit une fréquence de salissure plutôt faible.

### Valeurs indicatives concernant les intervalles de nettoyage

|   | minimum            |
|---|--------------------|
| – Sites avec un grand nombre de matières étrangères           | 1 x par an         |
| – Zone de denrées alimentaires exposée à la saleté            | 1 x par an         |
| – Zone de denrées alimentaires modérément exposée à la saleté | tous les deux ans  |
| – Zone de denrées alimentaires faiblement exposée à la saleté | tous les trois ans |

## Vue d'ensemble des diverses possibilités de nettoyage pour une sélection d'échangeurs de chaleur

| Échangeur de chaleur                        | Méthode de nettoyage |                |                                |                        |  |                      |
|---|----------------------|----------------|--------------------------------|------------------------|--|----------------------|
|   | Surface              | Vapeur         | Nettoyeur haute pression (eau) | Eau (tuyau d'arrosage) | Air comprimé                             | Brosse et Aspirateur |
| <b>1. Refroidisseur d'air (évaporateur)</b> |                      |                |                                |                        |  |                      |
| > à lames                                   | Humide               | oui            | oui                            | jusqu'à 30 cm          | non                                      | non                  |
| > lisse (mobilier réfrigérant)              | Humide               | sous condition | non                            | oui                    | non                                      | non                  |
| <b>2. Condenseur</b>                        |                      |                |                                |                        |  |                      |
| > à l'intérieur                             | Sèche                | oui            | sous condition                 | oui                    | oui, jusqu'à 30 cm (nuage de poussière!) | oui, jusqu'à 10 cm   |
| > à l'extérieur                             | Sèche                | oui            | oui                            | jusqu'à 30 cm          | oui                                      | oui, jusqu'à 10 cm   |

## Quelles sont les méthodes de nettoyage éprouvées?

**Vapeur à haute pression.** L'échangeur de chaleur (y compris thermique) est nettoyé à la vapeur chaude d'une température de 90°C environ. L'opération élimine largement les bactéries. Il faut veiller à ne pas exposer trop longtemps l'évaporateur aux fortes températures car cette exposition peut nuire au fluide frigorigène.<sup>1</sup>

Seuls des spécialistes expérimentés peuvent nettoyer des systèmes au CO2 par la méthode de la vapeur haute pression.

**Nettoyeur à haute pression (Kärcher).** On peut réaliser l'opération avec un nettoyeur à eau sous haute pression. Il est important de toujours diffuser l'eau perpendiculairement sur l'évaporateur pour éviter de déformer les ailettes.<sup>1</sup>

**Air comprimé.** Le nettoyage par air comprimé convient partout où la saleté n'adhère pas. Il est essentiel que l'air soit toujours soufflé directement sur l'évaporateur pour éviter de déformer les ailettes. Attention: à l'intérieur, l'air comprimé souffle de l'air sec dans la pièce, ce qui constitue un problème notamment pour les denrées alimentaires.<sup>1</sup>

**Eau du réseau.** Le nettoyage à l'eau du réseau (tuyau d'arrosage) fonctionne pour des évaporateurs humides d'une profondeur de 30 cm maximum.

**Pinceau et aspirateur.** Concernant les condenseurs d'une profondeur inférieure à 30 cm, le nettoyage (dépoussiérage) peut être effectué avec un pinceau et un aspirateur. Cette méthode ne s'applique pas aux refroidisseurs présentant une surface humide.

<sup>1</sup> Pour toutes les méthodes de nettoyage à haute pression, prière de suivre impérativement les consignes du constructeur. En effet, elles renseignent généralement sur la pression maximale, la distance minimale à respecter (ex. 200 mm) et l'orientation durant le travail (ex. verticalement par rapport au registre de gaines, variation  $\pm 5^\circ$  maximum).



Photo: Refroidisseur d'air souillé, les lamelles se ferment lentement.

## Comment nettoyer un évaporateur

L'air humide condense dans l'évaporateur froid (refroidisseur d'air) qui reste toujours un peu humide. Il en résulte que des particules sales de l'air y restent collées. Pour le nettoyage, veuillez procéder comme suit:

1. Dégivrer l'évaporateur
2. Couper l'alimentation électrique de l'évaporateur (mettre hors tension), arrêter le ventilateur et débrancher l'électrovanne pour empêcher le gel du refroidisseur pendant l'opération (l'installation frigorifique restante peut continuer à fonctionner)
3. Démonter le ventilateur, enlever le bac de récupération
4. Envelopper l'évaporateur de film plastique pour protéger le milieu contre les salissures
5. Nettoyer les ailettes sur les deux faces (nettoyage à contre-courant)
6. Utiliser un nettoyant doux qui doit être dégraissant et biodégradable. Il doit être compatible aussi bien avec les denrées alimentaires qu'avec le cuivre et l'aluminium.
7. Nettoyer le bac de récupération et le siphon, puis remonter le tout
8. Nettoyer les pales et grilles du ventilateur, puis remonter le tout
9. Brancher l'électrovanne et réenclencher l'évaporateur



Le meilleur moment pour nettoyer les condenseurs est la période suivant la pollinisation (juin).

## Comment nettoyer un condenseur extérieur

Les condenseurs placés à l'extérieur se salissent à cause des particules en suspension dans l'air (ex. poussières, pollens, feuilles ou gaz d'échappement). Pour le nettoyage, veuillez procéder comme suit:

1. Arrêter condenseur et ventilateur, et couper l'alimentation électrique
2. Démontez le ventilateur
3. Nettoyer les deux faces des ailettes à la vapeur, à l'air comprimé ou avec un nettoyeur haute pression («nettoyage à contre-courant»)
4. Utiliser un nettoyeur doux dégraissant et biodégradable. Il doit être compatible aussi bien avec les denrées alimentaires qu'avec le cuivre et l'aluminium.
5. Nettoyer la carrosserie et les grilles
6. Remettre en service le condenseur et le ventilateur

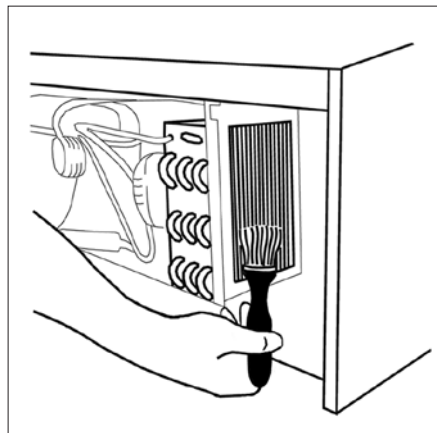


Schéma: Nettoyage du condenseur au pinceau, avec un aspirateur.

✓ Des sociétés spécialisées proposent un service de nettoyage/dégivrage pour le mobilier frigorifique. D'autres interviennent tout particulièrement dans le domaine du nettoyage professionnel de condenseurs, évaporateurs et aérorefroidisseurs.

## Déformation des ailettes – que faire?

Si les ailettes de l'échangeur de chaleur sont déformées, celui-ci n'est plus traversé par le flux d'air dans sa totalité. Son «rendement» baisse et l'efficacité énergétique en pâtit. Les déformations proviennent de dommages mécaniques (ex. pulvérisation oblique des ailettes avec le nettoyeur haute pression). Si plus d'un quart d'entre elles sont déformées, il est conseillé de les redresser/réorienter pour améliorer l'efficacité de l'échangeur de chaleur et de l'installation frigorifique.

Des ailettes déformées peuvent être redressées avec les dénommés «peignes à ailettes». Si vous possédez cet ustensile ou si les ailettes sont excessivement déformées, elles peuvent être redressées manuellement. Procédez au redressement ailette après ailette à l'aide d'une pince et d'un tournevis. Notez toutefois que ce travail prend du temps.

⚠ Important: Confier le nettoyage des tours de refroidissement à un spécialiste!

Nettoyer des tours de refroidissement est un travail complexe qui nécessite certaines connaissances sur la qualité de l'eau (dureté, dosage, inoculation). Des essais autonomes infructueux peuvent revenir chers. En effet, détériorer la tour suite à une manipulation erronée peut coûter jusqu'à 100'000 Fr. Voilà pourquoi on doit faire nettoyer la tour de refroidissement régulièrement par un spécialiste.

## 1.5 Condenseur de meubles frigorifiques

Le condenseur est souillé par l'air intérieur pollué, la graisse et les poussières qui se trouvent dans l'échangeur de chaleur. En général, les salissures déposées sur le condenseur du mobilier frigorifique sont sèches. Pour le nettoyage, veuillez procéder comme suit:

1. Vider l'appareil
2. Débrancher l'appareil. Unité centrale: couper l'interrupteur principal
3. Démonter la grille ou le couvercle
4. Nettoyer le condenseur à sec:
  - à l'aide d'un pinceau, retirer la poussière des ailettes de refroidissement et aspirer avec un aspirateur
  - le cas échéant, souffler le refroidisseur à l'air comprimé (attention: cela peut provoquer un nuage de poussière!)
5. Nettoyer le logement intérieur de la carrosserie et la grille, remonter la grille
6. Mettre l'appareil en service
7. Remettre les produits dans l'appareil.

## Nettoyage de l'évaporateur sur des meubles frigorifiques

L'évaporateur (refroidisseur) est sali par la poussière, l'écoulement de denrées, la graisse, des étiquettes ou des supports de prix tombés à l'intérieur. Pour le nettoyage, veuillez procéder comme suit:

1. Vider le meuble frigorifique
2. Débrancher le meuble. Unité centrale: couper l'interrupteur principal
3. Démonter les tôles du fond / grilles pour accéder au logement de l'évaporateur
4. Nettoyer l'évaporateur à l'eau, avec une éponge. Retirez les supports de prix et étiquettes collés à l'évaporateur
5. Rincer à l'eau chaude la goulotte de récupération de l'eau de givrage et le système d'écoulement (si existant)
6. Nettoyer le logement intérieur de la carrosserie et la grille, puis remonter les tôles du fond
7. Mettre le meuble frigorifique en service
8. Remettre les produits dans le meuble.

Tous les deux ans, il faut également démonter la paroi arrière et nettoyer le canal de guidage d'air.

---

## Ce que ça coûte – ce que ça rapporte?

| Taille de l'installation          | Petite | Moyenne | Grande |
|-----------------------------------|--------|---------|--------|
| Nettoyage par refroidisseur [CHF] | 800    | 2'400   | 3'800  |
| Nombre de refroidisseurs [unité]  | 2      | 12      | 20     |
| Économie d'énergie [CHF/an]       | 200    | 1'500   | 2'200  |
| Durée d'amortissement [années]    | 4      | < 2     | < 2    |

---

## Mesure 2: Optimisation de la valorisation de chaleur évacuée

Si la chaleur évacuée par l'installation frigorifique est valorisée, ce peut être une précieuse contribution à la réduction des coûts d'énergie pour le chauffage du bâtiment, l'eau chaude ou les processus industriels. Pour que cela soit rentable, le système frigorifique et le récepteur de chaleur à évacuer doivent être exploités à l'unisson. Cela n'est pas fréquent dans la pratique car la chaleur extraite ne fait pas l'objet d'une valorisation optimale, voire entraîne des frais indésirables.

### Fonctionnement à des températures aussi basses que possible

Plus la température de la chaleur évacuée peut être basse, plus le rendement de l'installation est élevé. Vérifier les températures nécessaires pour les récepteurs de chaleur évacuée et baisser les températures à un minimum.

Avancez alors avec précaution jusqu'au point optimum: baissez la température de condensation de 1 °C, attendez quelques jours et observez alors les applications et locaux exposés. Recommencez jusqu'à ce que vous receviez des réclamations ou que vous ne puissiez plus maintenir les températures pour les applications et locaux exposés.

Augmentez la température de condensation de 1 °C (retour d'un pas).

### Périodes sans besoin de chaleur évacuée: pas de fonctionnement à une température de condensation supérieure

Assurez-vous que la température de condensation n'est augmentée qu'artificiellement si la chaleur évacuée peut être valorisée aussi à 100%. Dans les périodes où cette chaleur n'est pas valorisée mais extraite vers l'extérieur, l'installation frigorifique ne doit pas fonctionner à une température de condensation plus élevée que nécessaire.

### Astuce supplémentaire


#### Étudiez l'installation d'un système de valorisation de la chaleur à évacuer

Si vous ne valorisez pas la chaleur évacuée de votre installation frigorifique, cela peut valoir la peine d'envisager la pose d'un tel système de valorisation. Condition de base:

l'existence d'un besoin de chaleur à proximité immédiate de l'installation - que ce soit pour le chauffage, la production d'eau chaude ou le préchauffage (ex. boucheries, cuisines industrielles), pour le chauffage de rampes, la chaleur industrielle (blanchisseries) ou d'autres applications.

Si vous avez besoin de chaleur, procédez comme suit:

1. Examinez les sources de chaleur à disposition dans l'entreprise (installation frigorifique, installation à air comprimé, chaleur industrielle en provenance de fours, procédés de fusion etc.).
2. Déterminez quelles sources de chaleur fournissent la chaleur évacuée au moment où vous pouvez la valoriser et lesquelles répondent le mieux aux exigences de température requises par ces sources.
3. Pour cette variante, faites calculer les coûts d'installation et la rentabilité (coût/bénéfice) de la valorisation de la chaleur évacuée.

 Si l'installation frigorifique doit être exploitée à une température de condensation plus élevée pour valoriser la chaleur évacuée, il en résulte une consommation d'énergie supplémentaire de 2,5% par degré d'élévation de la température. Par conséquent, la chaleur évacuée n'est aucunement gratuite. On voit apparaître des coûts énergétiques supplémentaires pour l'exploitation, outre l'amortissement des investissements.

## Mesure 3: Optimisation du dégivrage électrique

Si l'installation frigorifique givre trop souvent, on consomme de l'électricité inutilement. Si l'installation givre trop rarement, l'évaporateur (refroidisseur) se couvre de glace, le transfert de chaleur se dégrade et le système devient inefficace. C'est en paramétrant correctement l'opération de dégivrage ou en posant après-coup un dispositif de dégivrage à la demande qu'on baissera en plus jusqu'à 50% la consommation énergétique nécessaire au dégivrage.

Règle générale: l'installation frigorifique ne doit pas dégivrer plus de deux fois par jour. Il peut arriver néanmoins que certains espaces avec une hygrométrie élevée (ex. quai de déchargement en été) aient besoin d'être dégivrés plus souvent.

✓ Le thermostat de dégivrage ne déclenche pas le dégivrage mais mesure la température pendant l'opération, et signale le moment où l'évaporateur est dégivré.

### La sonde de dégivrage est-elle bien placée?

En cas de glace autour de la sonde, alors qu'elle est installée dans une zone sans givre, la sonde est mal placée. Elle signale trop tôt la fin de dégivrage de l'évaporateur. C'est la raison pour laquelle la sonde doit être disposée dans un endroit givré (en général dans la zone d'injection) et déplacée au besoin. C'est le seul moyen d'assurer que l'évaporateur est « totalement dégivré » après l'opération et qu'il fonctionne à nouveau de manière efficace.



Photo: Évaporateur givré. L'air ne traverse plus qu'une partie de la surface.

### Dégivrage de locaux par air de circulation à plus de 4°C

Pour des températures ambiantes supérieures à 4°C, aucun dégivrage électrique ne s'impose puisque le dégivrage peut se faire par circulation d'air. Déconnectez les cordons chauffants de manière à ce que seul le ventilateur fonctionne pendant le dégivrage, et que l'évaporateur soit dégivré par l'air ambiant.

### Examiner les alternatives lors du remplacement

Lors du remplacement du dispositif de dégivrage, examinez des solutions alternatives telles que l'usage du glycol chaud de la récupération de chaleur évacuée ou le dégivrage par gaz chauds.



## Réglage adéquat du thermostat de dégivrage

Le but est de détecter la température de dégivrage minimale à laquelle toute glace aura disparu de l'évaporateur, une fois le dégivrage terminé. La meilleure méthode est la suivante:

1. Engager l'opération de dégivrage sur l'évaporateur gelé.  
Dès que toute la glace a fondu, mesurer la température au niveau des ailettes.
2. Instaurer la température mesurée en tant que nouvelle température de dégivrage sur le thermostat. Si celle-ci n'est pas atteinte dans le délai prescrit (ex. 45 minutes), le dégivrage prend fin.
3. Saisir le temps d'égouttage (ex. 5 minutes).
4. Fixer le temps de givrage de telle sorte que le ventilateur s'enclenche à nouveau à  $-2^{\circ}\text{C}$  de température à la surface de l'évaporateur (sinon, l'eau non égouttée – encore entre les ailettes – sera pulvérisée dans la chambre)
5. Le refroidissement s'enclenche à nouveau.

---

## Astuce en matière d'investissement

### Doit-on remplacer la commande de dégivrage?

Certains systèmes plus anciens dégivrent l'évaporateur au bout d'une période bien définie, qu'il existe ou non un besoin effectif. Si votre commande de dégivrage doit être changée, songez à faire installer une commande de dégivrage à la demande.

#### **Variante A: Cumul du temps de marche de l'évaporateur**

La commande ajoute le temps de marche de l'évaporateur et n'engage le dégivrage qu'au bout d'un certain temps.

#### **Variante B: Dégivrage à la demande**

La commande mesure et analyse les pressions du système ainsi que les températures. Les valeurs mesurées permettent de déterminer si l'évaporateur est pris par la glace et peut ainsi lancer un dégivrage.

| Taille de l'installation        | Petite | Moyenne | Grande |
|---------------------------------|--------|---------|--------|
| Investissement en sus A/B [CHF] | 2'000  | 10'000  | 15'000 |
| Économie d'énergie [CHF/an]     | 500    | 3'000   | 4'800  |
| Durée d'amortissement [années]  | 4      | 3.5     | 3      |

## Mesure 4: Optimisation de la régulation des postes froids

Le compresseur s'enclenche-t-il et se déclenche-t-il plus de 6 fois par heure? Du fait d'un enclenchement/déclenchement durable, différents postes froids provoquent l'arrêt / la marche indésirables du compresseur? Ce fonctionnement cadencé réduit-il la longévité du compresseur et l'efficacité énergétique de l'installation?

### Prévoir un dispositif de verrouillage

Vérifiez sur la commande si votre installation fonctionne en cadence (elle s'arrête et repart plus de 6 fois par heure). Tant qu'il n'y a pas de charge minimale, certains postes froids de moindre importance ne devraient pas avoir la possibilité de libérer l'ensemble du système frigorifique.

En transformant la commande dans l'armoire électrique, vous pouvez réguler la puissance pour que le compresseur ne se mette en service qu'en cas de charge idéale.

| Taille de l'installation       | Petite | Moyenne | Grande |
|--------------------------------|--------|---------|--------|
| Postes froids [unité]          | 2      | 5       | **     |
| Investissement [CHF]           | 800    | 1'200   | **     |
| Économie d'énergie [CHF/an]    | 150    | 950     | **     |
| Durée d'amortissement [années] | 5      | 1.5     | **     |



Dans les installations régulées par un convertisseur de fréquence, la régulation des postes froids n'est plus une urgence puisque l'installation s'adapte automatiquement aux besoins.

### Pose d'une régulation de fréquence d'enclenchement

Si le changement de la régulation est à l'ordre du jour, songez du même coup à installer une régulation pour la fréquence d'enclenchement. C'est en effet l'assurance que le compresseur ne pourra pas s'enclencher plus de 6 fois par heure. Cette régulation permet aussi de ménager le compresseur, de minimiser les onéreuses pointes de tension et d'accroître le rendement.

| Taille de l'installation               | Petite | Moyenne | Grande |
|--|--------|---------|--------|
| Postes froids [unité]                  | 2      | 5       | **     |
| Investissement par postes froids [CHF] | 800    | 1'200   | **     |
| Économie d'énergie [CHF/an]            | 150    | 950     | **     |
| Durée d'amortissement [années]         | 5      | 1.5     | **     |

### Astuce en matière d'investissement

#### Remplacement du compresseur: opter pour un modèle avec variateur de fréquence

Si le remplacement du compresseur est à l'ordre du jour, optez pour un compresseur équipé d'un variateur de fréquence intégré (VF). S'il est vrai dans la pratique que ce matériel coûte plus cher à l'achat qu'un compresseur traditionnel, c'est pourtant grâce au variateur de fréquence que la puissance du compresseur s'adapte au besoin du moment, prévient des basses températures d'évaporation et accroît le rendement de l'installation jusqu'à 15%.

Dans les installations à plusieurs compresseurs (à partir de 40 kW), un seul compresseur doit être muni d'un VF.

| Taille de l'installation       | Petite | Moyenne | Grande |
|--------------------------------|--------|---------|--------|
| Coûts en sus [CHF]             | 2'000  | 3'500   | 3'500  |
| Économie d'énergie [CHF/an]    | 500    | 4'000   | 5'300  |
| Durée d'amortissement [années] | 4      | 1       | < 1    |

#### Bénéfice complémentaire

Le fonctionnement avec un VF de jusqu'à 60 Hz permet de choisir un compresseur plus petit.

\*\* Mesure peu rationnelle dans les installations d'envergure

## Mesure 5: Optimisation de la commande des ventilateurs

Les ventilateurs de l'aérorefroidisseur consomment 8 à 15% (dans le cas extrêmes 30%) de l'électricité utilisée par toute l'installation frigorifique. De faibles températures de condensation et du caloporteur sont en même temps une base propice à une exploitation énergétique efficace. En effet, on économise 2,5% d'énergie par réduction de 1 °C de la température de condensation ou du caloporteur.

### Optimiser le point d'enclenchement des ventilateurs du condenseur

Vérifiez l'ordre d'enclenchement des ventilateurs du condenseur. Le ventilateur côté raccordement (ventilateur 1: pour l'entrée et la sortie du fluide frigorigène, respectivement de l'aérorefroidisseur) doit être enclenché en premier et déclenché en dernier. Le dernier ventilateur (n) est enclenché en dernier et déclenché en premier. C'est à partir des heures d'exploitation des ventilateurs que l'on voit si ceux-ci sont régulés comme il se doit.



### Cibler de faibles températures de condensation et du caloporteur

Veillez à ce que chaque condenseur et chaque aérorefroidisseur aspirent de l'air frais. L'idéal est que le bloc échangeur de chaleur se trouve un mètre au-dessus du sol. Par ailleurs, il ne faut pas aspirer l'air ayant déjà été réchauffé par un autre bloc échangeur de chaleur (court-circuit). Si c'est le cas, songez à installer un cloisonnement avec des tôles ou à déplacer l'échangeur de chaleur.

---

### Astuce en matière d'investissement

#### Songez aux ventilateurs à commande électronique (CE)

Les ventilateurs CE (équipés d'un moteur à commande électronique) ont fait leurs preuves sur le terrain. Ils se distinguent par leur traitement énergétique rentable et leur remarquable régularité. Grâce au système électronique à commande intégrée, les moteurs CE peuvent adapter graduellement leur vitesse de rotation aux exigences de puissance. Dans la zone de charge partielle, ils fonctionnent également avec des rendements élevés. C'est la raison pour laquelle ils consomment nettement moins d'énergie que les entraînements à courant alternatif (CA) pour un débit d'air identique.

Lors du remplacement d'un ancien ventilateur, demandez systématiquement la variante équipée d'un moteur CE.

---

## Mesure 6: Régulation du froid de confort

Bien des spécialistes divers et variés sont impliqués dans les projets relatifs au froid de confort. Architecture, chauffage, ventilation/aération, éclairage, ombrage et régulation (MCR – mesure/commande/réglage) ont une influence décisive sur le besoin de froid et le dimensionnement de l'installation frigorifique. Dans le cadre d'interactions de disciplines aussi nombreuses, il y a de fortes probabilités que toutes les interfaces ne trouvent pas de solutions optimales. Ou que les paramétrages n'aient pas été suivis lors des modifications du projet. Il est donc toujours bon d'inclure la régulation du froid de confort lors de l'optimisation de l'installation frigorifique.

### Contrôle de la consigne de libération du froid de confort

Si la consigne de libération du froid de confort est réglée à un niveau trop bas, l'installation frigorifique se met en service même si ce n'est pas nécessaire. Puisqu'il n'existe aucune «consigne de libération correcte» pour une installation, avancez prudemment jusqu'au point optimum. Procédez comme suit:

1. Pendant la saison la plus chaude (été), relevez la consigne de libération de 0.5 °C.
2. Attendez quelques jours (de chaleur) et observez les locaux exposés (salles informatiques, bureaux exposés au sud) en faisant attention aux éventuelles réclamations des employés.
3. Renouvelez l'opération jusqu'à ce que vous receviez des réclamations ou qu'il devienne impossible de maintenir les températures dans les lieux exposés.
4. Arrivé à ce point, baissez la consigne de libération de 0.5°C (retour d'un pas).

Cette méthode itérative vous permettra de trouver la consigne de libération optimale.

### Contrôle du point de transition du refroidissement libre (Free-Cooling)

Déterminez le meilleur point de transition pour passer du refroidissement libre au refroidissement mécanique. Procédez comme indiqué au point 1. Relevez le point de transition petit à petit et observez les réactions.

### Éviter chauffage et refroidissement simultanés

L'idéal est un local non chauffé et refroidi simultanément, une situation qui peut être évitée grâce à un verrouillage. Celui-ci doit disposer d'une constante de temps ou hystérésis permettant de prévenir une courte commutation successive (oscillation). Le verrouillage peut être réalisé par le système de contrôle ou via une commutation de relais. En cas d'absence de verrouillage, étudiez la possibilité de le faire installer par le fournisseur spécialisé en MCR.

## Vérifiez les valeurs théoriques et la fonction de la température d'eau glacée

En cas de températures extérieures élevées, le froid de confort (plafond réfrigérant, panneau réfrigérant, refroidisseur, etc.) a besoin d'une puissance supérieure, donc de températures d'eau glacée plus basses.

Lors de températures extérieures moins élevées, on peut utiliser une température d'eau glacée supérieure. Cet ajustement de la température d'eau glacée par rapport à la température extérieure en cours est nommé «report vers la température extérieure». Ce report permet en effet d'exploiter le groupe frigorifique à une température d'eau glacée aussi haute que possible. Pour des températures d'eau glacée élevées, le groupe fonctionne plus efficacement et de manière plus économe.

Réglez la courbe de refroidissement du régulateur pour qu'elle s'adapte automatiquement aux diverses températures extérieures en hiver comme en été. Ainsi, la température de l'eau glacée fournie par le groupe frigorifique correspondra exactement à la température nécessaire au dispositif de transmission (plafond réfrigérant, panneau réfrigérant, activation de composant, etc.).



On doit éviter si possible toute divergence ultérieure de l'eau froide (ex.: de 6 °C à 8 °C), ce qui «détruit» l'énergie. Le mieux est de régler la température d'eau froide du groupe frigorifique directement à la valeur supérieure (8 °C).

---

## Refroidissement libre (Free-Cooling)

On entend par «refroidissement libre» le refroidissement sans intervention d'un groupe frigorifique.

**Systèmes indirects.** L'eau glacée est refroidie par l'air extérieur au moyen d'aéroréfrigérateurs. Par des températures extérieures basses, la température de l'eau de refroidissement transmet l'énergie frigorifique directement au circuit d'eau glacée par l'intermédiaire d'un échangeur thermique. Le groupe frigorifique à disposition n'est plus nécessaire.

**Systèmes directs.** L'air froid extérieur est introduit directement (aération/ventilation, fenêtre ouverte, etc.) dans la pièce pendant la nuit. Grâce à l'inertie du bâtiment, on peut éviter le refroidissement de jour.

---

## Mesure 7: Réglage correct du détendeur

Le détendeur est généralement monté avec des valeurs réglées d'usine et, dans la plupart des cas, inadaptées à l'installation.

Il est tout à fait vraisemblable que les valeurs de surchauffe soient réglées pour un fonctionnement sans risque, c'est-à-dire à une température de surchauffe excessive et non optimisée par rapport à l'installation. Cela vaut donc la peine de faire régler correctement la surchauffe par un spécialiste.

### Détendeur thermostatique

Régler un détendeur thermostatique (DT) prend du temps. Le frigoriste doit attendre 15 minutes après chaque modification, jusqu'à ce que le processus redevienne stable. Dans la mesure où peu d'exploitants sont disposés à rémunérer le temps passé, l'installation frigorifique est généralement paramétrée pour fonctionner en toute sécurité.

Demandez à un spécialiste de régler la surchauffe au niveau du détendeur sur 6–7 K

| Taille de l'installation                           | Petite | Moyenne | Grande |
|--|--------|---------|--------|
| Nombre de TEV (détendeurs thermostatiques) [unité] | 2      | 12      | 20     |
| Investissement [CHF]                               | 800    | 4'800   | 8'000  |
| Économie d'énergie [CHF/an]                        | 200    | 1'900   | 2'600  |
| Durée d'amortissement [années]                     | 4      | 2.5     | 3      |

### Détendeur électronique

Avec un détendeur électronique EEV, la surchauffe au niveau du régulateur peut être ajustée simplement et précisément.

Demandez à un spécialiste de régler la surchauffe au niveau du détendeur sur 4–5 K

| Taille de l'installation                      | Petite | Moyenne | Grande |
|---|--------|---------|--------|
| Nombre EEV (détendeurs électroniques) [unité] | 2      | 12      | 20     |
| Investissement [CHF]                          | 400    | 1'200   | 2'000  |
| Économie d'énergie [CHF/an]                   | 200    | 1'900   | 2'600  |
| Durée d'amortissement [années]                | 2      | < 1     | < 1    |


### Astuce en matière d'investissement

#### Remplacer un détendeur thermostatique par un détendeur électronique

Si le remplacement d'un détendeur thermostatique est à l'ordre du jour ou si la condensation a été optimisée de telle sorte que la température de condensation soit inférieure à 30°C, songez à le remplacer pour un modèle de type électronique.

| Taille de l'installation                      | Petite | Moyenne | Grande |
|---|--------|---------|--------|
| Nombre EEV (détendeurs électroniques) [unité] | 2      | 12      | 20     |
| Investissement                                | 3'000  | 14'000  | 20'000 |
| Économie d'énergie [CHF/an]                   | 400    | 3'700   | 5'300  |
| Durée d'amortissement                         | 7      | < 4     | < 4    |

Sur les sites Internet de différents fournisseurs, découvrez des calculateurs vous permettant de régler correctement votre détendeur.

 Si la condensation a été optimisée de sorte que les températures de condensation puissent être réglées entre 15 et 30 °C, le détendeur thermostatique ne peut plus remplir sa fonction de régulation. Le fait que les conduites d'injections ne givent plus de manière homogène est un indice du phénomène. Dans ce cas, le détendeur thermostatique doit être remplacé par un détendeur électronique. Seul le détendeur électronique permet d'obtenir les avantages énergétiques d'une basse température de condensation.

# Information: Échangeurs de chaleur et la différence de température

Plus la différence de température est petit au niveau des échangeurs de chaleur (échangeurs thermiques), plus l'installation est efficace. Si la taille de l'échangeur thermique croît, la différence de température se réduit. Il n'en demeure pas moins que les flux de masse (débit d'air, fluide frigorigène, fluide frigoporteur, etc.) progressent, ce qui induit une consommation d'énergie en sus des groupes auxiliaires (ex. pompes et ventilateurs). En outre, les échangeurs de chaleur occupent plus de place et les coûts d'investissement sont réduits.

Quel est donc le meilleur rapport? Pour de faibles différences de température, parvient-on à un transfert de chaleur optimum sans que la consommation supplémentaire des groupes auxiliaires pèse trop lourdement dans la balance?

À titre indicatif, vous pouvez vous reporter aux différences de température suivantes pour des types d'échangeur de chaleur courants (source: VDMA 24247-8):

## 1. Évaporateur (refroidisseur)

| 1.1. Refroidisseur d'air     |   | <b>Différence de température <math>dt = t_{\text{air}}(\text{entrée évaporateur}) - t_{\text{o}}(\text{température d'évaporation})</math></b>                 |                       |                        |  |
|------------------------------|---|---|-----------------------|------------------------|--|
|                              | <b>Échangeur thermique</b>              | <b>Méthode</b>  | <b>dt autorisé</b>    | <b>dt à cibler</b>     |  |
|                              | Lames                                   | à sec   | $\leq 10 \text{ K}^1$ | $\leq 7 \text{ K}^2$   |  |
|                              | Lames                                   | par immersion   | $\leq 8 \text{ K}$    | $\leq 5 \text{ K}$     |  |
|                              | <sup>1</sup> à détendeur thermostatique | <sup>2</sup> à détendeur électronique   |                       |                        |  |
| 1.2 Refroidisseur de liquide |   | <b>Différence de température <math>dt = t_{\text{fluide frigoporteur}}(\text{sortie évaporateur}) - t_{\text{o}}(\text{température d'évaporation})</math></b> |                       |                        |  |
|                              | <b>Échangeur thermique</b>              | <b>Méthode</b>  | <b>dt autorisé</b>    | <b>dt à cibler</b>     |  |
|                              | Plaques                                 | à sec   | $\leq 6 \text{ K}$    | $\leq 2...4 \text{ K}$ |  |
|                              | Calandre                                | à sec ou par immersion  | $\leq 5 \text{ K}$    | $\leq 3 \text{ K}$     |  |

## 2. Condenseur

| 2.1 Sec                  |                            | <b>Différence de température <math>dt = t_{\text{air}}(\text{entrée condenseur}) - t_{\text{c}}(\text{température de condensation})</math></b>         |                     |                                   |  |
|--------------------------|----------------------------|--|---------------------|-----------------------------------|--|
|                          | <b>Échangeur thermique</b> | <b>Méthode</b>   | <b>dt autorisé</b>  | <b>dt à cibler</b>                |  |
|                          | Lames                      | à sec  | $\leq 13 \text{ K}$ | $\leq 8 \text{ K}$                |  |
| 2.2 Refroidi par liquide |                            | <b>Différence de température <math>dt = t_{\text{caloporteur}}(\text{sortie condenseur}) - t_{\text{c}}(\text{température de condensation})</math></b> |                     |                                   |  |
|                          | <b>Échangeur thermique</b> | <b>Méthode</b>   | <b>dt autorisé</b>  | <b>dt à cibler</b>                |  |
|                          | Plaques                    | refroidi par liquide   | $\leq 5 \text{ K}$  | $\leq 1 \text{ bis } 2 \text{ K}$ |  |
|                          | Calandre                   | refroidi par liquide   |                     | $\leq 2 \text{ K}$                |  |

## 3. Aérorefroidisseur

| 3.1 Lames                     |                            | <b>Différence de température <math>dt = t_{\text{air}}(\text{entrée aérorefroidisseur}) - t_{\text{caloporteur}}(\text{sortie aérorefroidisseur})</math></b> |                     |                    |  |
|-------------------------------|----------------------------|--|---------------------|--------------------|--|
|                               | <b>Échangeur thermique</b> | <b>Méthode</b>   | <b>dt autorisé</b>  | <b>dt à cibler</b> |  |
|                               | Lames                      | à sec  | $\leq 8 \text{ K}$  | $\leq 6 \text{ K}$ |  |
| 3.2 Aérorefroidisseur hybride |                            | <b>Différence de température <math>dt = t_{\text{caloporteur}}(\text{entrée aérorefroidisseur}) - \text{Température bulbe humide}</math></b>                 |                     |                    |  |
|                               | <b>Échangeur thermique</b> | <b>Méthode</b>   | <b>dt autorisé</b>  | <b>dt à cibler</b> |  |
|                               | Hybride                    | à sec et humide  | $\leq 10 \text{ K}$ | 6 bis 8 K          |  |

# Plus d'informations sur la Campagne Froid efficace sur [www.froidefficace.ch](http://www.froidefficace.ch)

Le but de la Campagne Froid efficace est de montrer aux exploitants d'installations et systèmes frigorifiques, ainsi qu'aux frigoristes, comment optimiser leurs infrastructures de froid existantes par des mesures réalisables dans la pratique, et leur indiquer aussi comment planifier durablement des installations neuves. Du même coup, nous désirons sensibiliser les monteurs et constructeurs de ces infrastructures à l'efficacité énergétique, et promouvoir leurs compétences dans ce domaine.

La campagne Froid efficace est un partenariat de l'Association suisse du froid ASF et de l'Office fédéral de l'énergie OFEN. En outre, le projet est cofinancé par les partenaires suivants:

## Sponsor or



## Sponsor argent



## Sponsor bronze



Dans le cadre de la campagne, il existe une série de documents et d'informations à l'intention des exploitants d'installations et systèmes frigorifiques. Toutes les informations sont gracieusement mises à disposition sur le site [www.froidefficace.ch](http://www.froidefficace.ch)



# «Dégivrer» et maintenir au sec les chambres froides et de congélation

De la glace se forme-t-elle sur les surfaces ou sur l'évaporateur de votre chambre de congélation? Voyez-vous une condensation excessive dans la chambre froide? Les deux cas indiquent un excès d'humidité dans la pièce nécessitant de réduire l'apport d'humidité.

## Mesure

Contrôler régulièrement la formation de glace et d'eau dans les chambres froides et de congélation, en éliminer les dépôts de glace et réduire au minimum l'apport d'humidité.

## Condition

Vous disposez d'une chambre froide ou d'une chambre de congélation (construction en dur) ou d'une chambre de réfrigération ou de congélation (pièce dans la pièce).

**Pour chaque degré de température en moins dans la chambre froide ou de congélation, les coûts énergétiques augmentent de 3%!**

## Marche à suivre

### 1. Vérifier la chambre

Vérifier régulièrement qu'il n'y ait pas de formation de condensat ou de givre dans la chambre froide ou de congélation ainsi que sur l'évaporateur. Si oui, déterminer l'origine:

- La porte ferme-t-elle hermétiquement? Contrôler les joints et le mécanisme de fermeture.
- De l'humidité est-elle introduite involontairement, par exemple par des produits non emballés ou chauds?
- L'air froid peut-il circuler librement dans la pièce? (voir au verso)

### 2. Remédier aux défauts

- Remplacer les joints et les mécanismes de fermeture défectueux. Eponger la condensation et éliminer la glace par dégivrage ou avec un nettoyant pour congélateur.



- Déterminer la température de réfrigération requise pour les marchandises et adapter la température aux besoins réels.
- En cas de changement d'affectation, l'ancienne valeur recommandée (plus basse) est souvent conservée, alors que la température pourrait être augmentée pour l'utilisation actuelle.

## Coûts – investissement

- Un profil d'étanchéité pour porte coûte entre 10 et 20 francs par mètre linéaire.
- Le remplacement du mécanisme de fermeture de la porte coûte entre 200 et 500 francs. Le remplacement de la porte entière coûte environ 2000 francs.
- Investissement personnel: env. ½ journée. Si la pièce est recouverte de glace sur une grande surface et doit être dégivrée et nettoyée: jusqu'à 2 jours de travail.

### À prendre en compte

- Il existe des nettoyeurs spéciaux pour les chambres froides et de congélation. Ceux-ci sont appliqués directement sur la couche de glace, la pénètrent et la ramollissent. La glace peut ensuite être éliminée et le résidu liquide séché. Après avoir enlevé la glace, vous devez rechercher son origine (pourquoi la glace s'est-elle formée) et y remédier.
- Il y a un risque accru d'endommager les joints de portes dans les chambres froides où circulent des transpalettes ou des chariots élévateurs. Le cas échéant, les portes peuvent être protégées par des dispositifs contre les dommages.

## Explications complémentaires

### Vérifier l'emplacement du refroidisseur

Les refroidisseurs installés au-dessus de la porte de la chambre froide doivent être déplacés hors de la zone de la porte pour des raisons énergétiques; il est préférable de les placer en face de la porte. Cela permettra également d'éviter la formation de condensation à l'avenir. Il faut que les refroidisseurs des cellules de surgélation soient équipés d'un dispositif de dégivrage automatique et correctement réglé.

### Des températures adéquates

La réglementation sur les denrées alimentaires fixe des températures maximales pour le stockage et la vente de certains produits comme le lait cru, le lait pasteurisé, le fromage frais, la crème, le beurre, la viande et le poisson. A titre indicatif, il est possible de se baser sur les températures suivantes:

### Produits frais ouverts (comptoirs réfrigérés avec du personnel)

- Viande (vente): max. 5 °C
- Viande (stockage): max. 2 °C
- Poissons et fruits de mer: max. 2 °C (stockage et vente)

### Produits emballés (libre-service)

La température maximale de stockage est généralement imprimée par le fabricant sur l'emballage du produit.

### Produits surgelés

Max. -18 °C (stockage et vente)

### Éteindre les chambres froides et les cellules de surgélation inutilisées

Les chambres froides qui ne sont pas utilisées peuvent être éteintes. Cela vaut également pour les cellules de surgélation (système «pièce dans la pièce»), qui peuvent alors également être dégivrées facilement.

### Augmenter la température des locaux de congélation inutilisés

Ne jamais éteindre complètement les locaux de congélation (construction en dur) qui ne sont pas utilisés. Augmentez plutôt la température du local de congélation de -18 °C à -5 °C. Vous économiserez ainsi environ 35% d'électricité. A noter: Si la production du froid est complètement désactivée, l'eau gelée dans l'enveloppe du local peut fondre et s'accumuler sur le sol. Cette eau gèle à nouveau dès la remise en route, d'où le risque d'un soulèvement de la dalle et d'une détérioration de la statique.

### Formation des collaborateurs

Les collaborateurs doivent tenir compte des points suivants:

- Ne pas laisser les portes ouvertes trop longtemps
- Éteindre systématiquement la lumière
- Respecter la hauteur de stockage
- Ne pas charger de produits chauds
- Ne pas maintenir manuellement ouverts les systèmes de fermeture automatique des portes (p. ex. avec une cale).
- Signaler les défauts (formation de glace, eau de condensation, joints défectueux, etc.).

(Voir aussi «7 astuces pour économiser l'énergie pour les collaborateurs»)

# Explications complémentaires

## Assurer la circulation de l'air

Organisez l'empilement des marchandises dans la chambre froide de manière à ce que l'air froid puisse circuler librement. Veillez à ce que les marchandises stockées dans les coins et au niveau supérieur soient également suffisamment refroidies. Il est donc important de respecter la hauteur de stockage maximale de la chambre froide. Ne jamais obstruer la sortie d'air de l'évaporateur/du refroidisseur d'air.

## Éclairage dans les chambres froides et de congélation

Équipez les chambres froides et de congélation d'un éclairage LED et de détecteurs de mouvement. L'éclairage LED a un rayonnement de chaleur beaucoup plus faible et ne réchauffe donc pas inutilement la chambre froide. Les détecteurs de mouvement permettent de s'assurer que la lumière n'est allumée que lorsque quelqu'un se trouve dans la chambre froide et que personne n'oublie d'éteindre la lumière. Il est également possible de coupler la lumière avec l'ouverture de la porte. Pour les chambres froides, il faut vérifier que les lampes LED et les détecteurs de mouvement utilisés soient adaptés aux basses températures.

## Informations complémentaires

- [Chambres froides et de congélation, 7 astuces pour économiser l'énergie pour les collaborateurs](#)
- [Manuel des mesures concernant l'optimisation de systèmes frigorifiques](#) (avec instructions pour le nettoyage des échangeurs de chaleur)
- [Ordonnance sur les denrées alimentaires \(817.02\)](#)