

# 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 oeuvre 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

- 02 Informations relatives aux investissements et économies
- 03 Mesure 1: Nettoyage des échangeurs de chaleur
- 07 Mesure 2: Optimisation de la valorisation de la chaleur rejetée
- 08 Mesure 3: Optimisation du dégivrage électrique
- 10 Mesure 4: Optimisation de la régulation des postes froids
- 11 Mesure 5: Optimisation de la commande des ventilateurs
- 12 Mesure 6: Régulation du froid de confort (Froid climatique)
- 14 Mesure 7: Réglage correct du détendeur
- 15 Information: Échangeurs de chaleur et écarts de température

# 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 froid  
installation moyenne = 100 kW froid  
grande installation = 200 kW froid

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 oeuvre 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

- Sites avec un grand nombre de matières étrangères min. 1x par an
- Zone de denrées alimentaires exposée à la saleté min. 1x 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 Application/Type	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 CO<sup>2</sup> 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 ± 5° maximum).

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

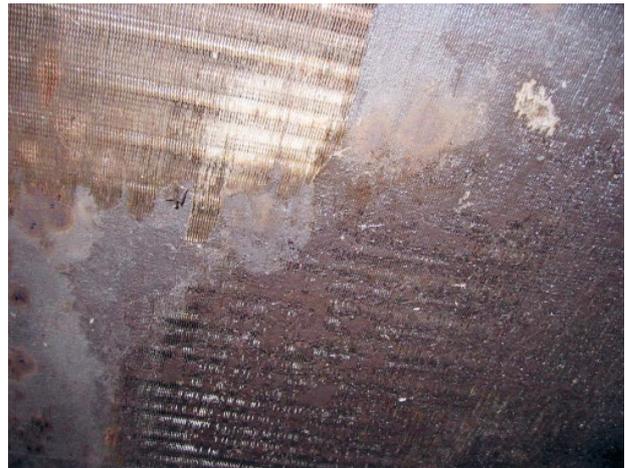


Photo: Refroidisseur d'air souillé, les lamelles se ferment lentement.

## 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. Démontez 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

### 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 nettoyant 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

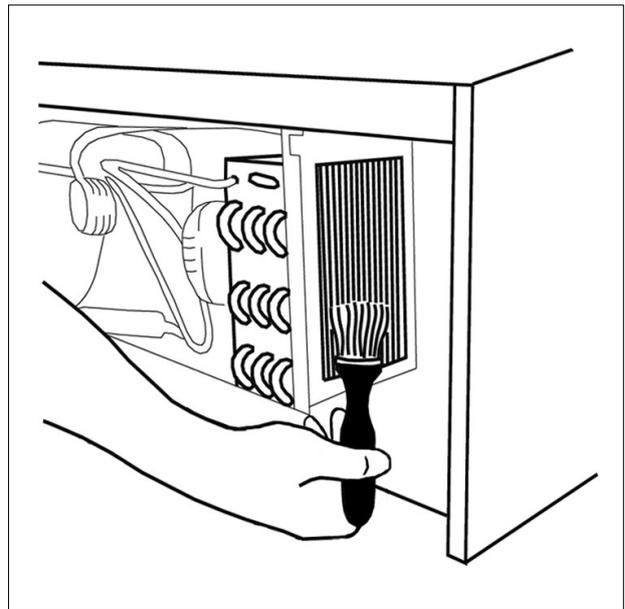


Schéma: Nettoyage du condenseur au pinceau, avec un aspirateur.

#### 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.

-  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.

#### 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.

### 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	2400	3800
Nombre de refroidisseurs (unité)	2	12	20
Économie d'énergie (CHF/an)	200	1500	2200
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.

⚠ 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.

📘 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.

# 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.

- i 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.

- i 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.



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

## 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)	2000	10'000	15'000
Économie d'énergie (CHF/an)	500	3000	4800
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	1200	**
Économie d'énergie (CHF/an)	150	950	**
Durée d'amortissement (années)	5	1,5	**

## 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	1200	**
Économie d'énergie (CHF/an)	150	950	**
Durée d'amortissement (années)	5	1,5	**

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

 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.

 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)	2000	3500	3500
Économie d'énergie (CHF/an)	500	4000	5300
Durée d'amortissement (années)	4	1	<1

**Bénéfice complémentaire**

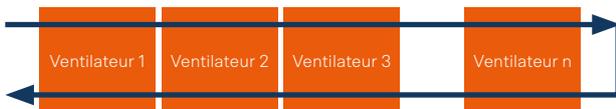
Le fonctionnement avec un VF de jusqu'à 60 Hz permet de choisir un compresseur plus petit.

# Mesure 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.

**i** 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.).

### 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.

 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).

# 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 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	1200	2000
Économie d'énergie (CHF/an)	200	1900	2600
Durée d'amortissement (années)	2	<1	<1

## 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	4800	8000
Économie d'énergie (CHF/an)	200	1900	2600
Durée d'amortissement (années)	4	2,5	3

 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 (CHF)	3000	14'000	20'000
Économie d'énergie (CHF/an)	400	3700	5300
Durée d'amortissement (années)	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	Différence de température $dt = t_{\text{air}} (\text{entrée évaporateur}) - t_o (\text{température d'évaporation})$			
	Échangeur thermique	Méthode	dt autorisé	dt à cibler
	Lames	à sec	☒ 10K <sup>1</sup>	☒ 7K <sup>2</sup>
	Lames	par immersion	☒ 8K	☒ 5K

<sup>1</sup> à détendeur thermostatique    <sup>2</sup> à détendeur électronique

1.1 Refroidisseur de liquide	Différence de température $dt = t_{\text{fluide frigoporteur}} (\text{sortie évaporateur}) - t_o (\text{température d'évaporation})$			
	Échangeur thermique	Méthode	dt autorisé	dt à cibler
	Plaques	à sec	☒ 6K	☒ 2 à 4K
	Calandre	à sec ou par immersion	☒ 5K	☒ 3K

## 2. Condenseur

2.1 Sec	Différence de température $dt = t_{\text{air}} (\text{entrée condenseur}) - t_c (\text{température de condensation})$			
	Échangeur thermique	Méthode	dt autorisé	dt à cibler
	Lames	à sec	☒ 13K	☒ 8K

2.2 Refroidi par liquide	Différence de température $dt = t_{\text{caloporteur}} (\text{sortie condenseur}) - t_c (\text{température de condensation})$			
	Échangeur thermique	Méthode	dt autorisé	dt à cibler
	Plaques	refroidi par liquide	☒ 5K	☒ 1 à 2K
	Calandre	refroidi par liquide		☒ 2K

## 3. Aérorefroidisseur

3.1 Lames	Différence de température $dt = t_{\text{air}} (\text{entrée aérorefroidisseur}) - t_{\text{caloporteur}} (\text{sortie aérorefroidisseur})$			
	Échangeur thermique	Méthode	dt autorisé	dt à cibler
	Lames	à sec	☒ 8K	☒ 6K

3.2 Aérorefroidisseur hybride	Différence de température $dt = t_{\text{caloporteur}} (\text{entrée aérorefroidisseur}) - \text{Température bulbe humide}$			
	Échangeur thermique	Méthode	dt autorisé	dt à cibler
	Hybride	à sec et humide	☒ 10K	☒ 6 à 8K

# 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).

SuisseEnergie  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Pulverstrasse 13  
CH-3063 Ittigen  
Adresse postale: CH-3003 Berne

Infoline 0848 444 444  
[infoline.suisseenergie.ch](mailto:infoline.suisseenergie.ch)

[suisseenergie.ch](http://suisseenergie.ch)  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch)  
[ch.linkedin.com/company/energieschweiz](https://ch.linkedin.com/company/energieschweiz)