



# **Manuel d'utilisation pour l'évaluation de l'efficacité énergétique des installations de production de froid directes et des pompes à chaleur réversibles au Luxembourg**

*Administration de l'environnement*

*Unité Surveillance et Évaluation de l'Environnement*

*1 Avenue du Rock'n'Roll, L-4361 Esch-sur-Alzette*

[airbruit@aev.etat.lu](mailto:airbruit@aev.etat.lu)

40 56 56 1

## **Mentions légales**

Le formulaire présenté ici s'appuie sur l'outil du projet de recherche « KaP – Kälteanlagen in der Praxis » (installations de froid en pratique) mené par le Centre de recherche sur l'énergie de Basse-Saxe, le Centre Steinbeis d'innovation en technologie énergétique et la société BROCHIER Consulting + Innovation GmbH.

Janvier 2017

## **Sommaire**

1	Motivation et contraintes .....	2
1.1	Base juridique .....	3
1.1.1	Installations concernées.....	3
1.1.2	Intervalles de temps .....	4
1.1.3	Contenu de l'inspection .....	4
1.1.4	Personnel technique autorisé.....	5
1.2	Outil KaP .....	5
1.3	Formulaires disponibles.....	5
1.3.1	Installations directes.....	6
1.3.2	Installations indirectes .....	6
1.3.3	Installations thermiques.....	6
2	Explication du formulaire pour installations directes .....	7
2.1	Données générales .....	7
2.2	Efficacité énergétique.....	9
2.3	Dimensionnement .....	10
2.4	Compresseur / unités centrales de refroidissement .....	11
2.5	Distribution / apport de froid .....	14
2.6	Données relatives au bâtiment.....	15
2.7	Recommandations .....	16
2.8	Évaluation générale .....	17
3	Littérature.....	18

## **1 Motivation et contraintes**

« Le Conseil européen a souligné en mars 2007 la nécessité d'accroître l'efficacité énergétique dans l'Union afin d'atteindre l'objectif visant à réduire de 20 % la consommation énergétique de l'Union d'ici à 2020, et a appelé à la mise en œuvre complète et rapide des priorités établies dans la communication de la Commission intitulée "Plan d'action pour l'efficacité énergétique : réaliser le potentiel". Ce plan d'action identifie les principales sources d'économies d'énergie potentielles rentables dans le secteur du bâtiment. » (source : [EPR10])

Dans le cadre de ce plan d'action, un point important est d'améliorer l'efficacité énergétique des installations techniques existantes :

« Un entretien et une inspection réguliers des systèmes de chauffage et de climatisation par du personnel qualifié permettent de faire en sorte que le réglage de ces appareils reste conforme aux spécifications prévues, ce qui garantit une performance optimale sur le plan de l'environnement, de la sécurité et de l'énergie. Il convient de procéder régulièrement à une évaluation indépendante de l'ensemble du système de chauffage et de climatisation au cours de son cycle de vie, en particulier avant son remplacement ou sa modernisation. Afin de réduire au minimum la charge administrative pesant sur les propriétaires et les locataires de bâtiments, les États membres devraient s'efforcer de combiner, dans la mesure du possible, les inspections et la certification. » (source : [EPR10])

Les formulaires détaillés dans le présent manuel sont la mise en œuvre au niveau national de cette directive européenne et ont été élaborés par l'Administration de l'environnement dans l'intention d'améliorer l'efficacité énergétique des installations de production de froid existants tout en limitant au minimum la charge administrative pour les propriétaires. Compte tenu de la difficulté de trouver une méthode uniformisée pour mesurer l'efficacité énergétique des installations de production de froid existants en raison des fortes influences thermodynamiques liées aux températures de fonctionnement et températures extérieures ainsi que du dimensionnement individualisé de chaque installation, les formulaires ont vocation à guider le personnel technique lors de l'évaluation individuelle des installations.

L'utilisation de ces formulaires n'a pas de caractère obligatoire et il est donc également permis de recourir à d'autres méthodes d'évaluation énergétique comme l'utilisation de l'outil KaP (cf. 1.2) ou à faire appel à une entreprise habilitée à mener une inspection individuelle.

## 1.1 Base juridique

Conformément au règlement grand-ducal du 26 décembre 2012 (cf. [SCL12]), les systèmes de climatisation fixes ayant une puissance nominale effective supérieure à 12 kW doivent être régulièrement contrôlés pour en vérifier le rendement. Ce règlement fait référence à la directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil du 19 mai 2010 (cf. [EPR10]) sur la performance énergétique des bâtiments et modifie le règlement grand-ducal du 2 septembre 2011 (cf. [SCL11]).

La législation luxembourgeoise (règlement du 22 juin 2016, art. 6) définit les installations concernées, les intervalles de temps entre inspections, leur contenu ainsi que le personnel technique autorisé à réaliser les inspections. Le règlement grand-ducal du 22 juin 2016 partie b (cf. [SCL16]) abroge le règlement du 26 décembre 2012.

### 1.1.1 Installations concernées

Les installations concernées sont les systèmes de climatisation et pompes à chaleur réversibles (c.-à-d. dotées d'une fonction refroidissement et chauffage) dont la puissance frigorifique utile **dépasse 12 kW**.

Selon la directive européenne, un système de climatisation est «une combinaison des composantes nécessaires pour assurer une forme de traitement de l'air intérieur par laquelle la température est contrôlée ou peut être abaissée».

Par ailleurs, l'inspection régulière concerne uniquement les installations ayant une fonction de refroidissement actif de l'air ambiant, p. ex. au moyen d'une machine frigorifique mécanique ou thermique. Ainsi, ne sont pas concernées notamment :

- Les installations frigorifiques industrielles qui ne traitent pas l'air ambiant (production de froid industriel p. ex.)
- Les installations frigorifiques commerciales qui ne traitent pas l'air ambiant (entrepôts frigorifiques ou chambres de congélation p. ex.)
- Les installations passives (refroidissement adiabatique, roues dessiccantes p. ex.)

Tous les composants accessibles des systèmes de climatisation concernés sont à contrôler.

### 1.1.2 Intervalles de temps

L'inspection doit avoir lieu tous les **cinq ans**. Si un système électronique de surveillance et contrôle est présent, une inspection doit avoir lieu tous les **huit ans**.

Pour les installations mises en service avant le 22 juin 2016, la première inspection doit avoir lieu avant le **31 décembre 2017** au plus tard.

Pour les installations qui sont nouvellement mises en service ou les installations existantes qui subissent une transformation importante au moment de ou après l'entrée en vigueur du présent règlement, la première inspection doit avoir lieu au plus tard cinq ans après la mise en service ou la remise en service après transformation importante. Lorsqu'un système électronique de surveillance et de contrôle est en place, le délai pour la première inspection est porté à huit ans.

Un rapport doit être remis à l'exploitant au plus tard **15 jours** après réalisation de l'inspection.

Le résultat de l'évaluation générale ainsi que l'évaluation du dimensionnement de toutes les inspections réalisées doivent être transmis à l'Administration de l'environnement au plus tard le **31 mars** de chaque année. Le rapport doit être envoyé par voie électronique à l'Administration de l'environnement à l'adresse [airbruit@aev.etat.lu](mailto:airbruit@aev.etat.lu). À cette fin, il convient d'utiliser le formulaire du test d'étanchéité accessible à l'adresse suivante :

[www.environnement.public.lu/air\\_bruit/dossiers/f-gaz/controle\\_d\\_etancheite/Formulaire\\_Controles-etancheite.xlsx](http://www.environnement.public.lu/air_bruit/dossiers/f-gaz/controle_d_etancheite/Formulaire_Controles-etancheite.xlsx)

### 1.1.3 Contenu de l'inspection

Dans le cadre de l'inspection régulière des installations concernées, les points suivants doivent être évalués :

- Le rendement de l'installation (**efficacité**)
- Le **dimensionnement** de l'installation par rapport aux exigences en matière de refroidissement du bâtiment.

Si l'installation n'a pas été modifiée, il n'est pas nécessaire de répéter l'évaluation du dimensionnement lors des inspections suivantes.

## Évaluation des installations de froid directes

Outre ces deux évaluations, le rapport à produire doit inclure des **recommandations** et des **mesures d'amélioration** en vue de réduire le besoin en énergie des systèmes de climatisation.

Les formulaires mis à disposition par l'Administration de l'environnement ont pour but de guider le personnel technique dans l'évaluation de ces points.

D'autres méthodes d'évaluation peuvent être employées cependant (outil KaP p. ex., cf. 1.2)

### **1.1.4 Personnel technique autorisé**

L'inspection doit être réalisée, soit par une personne physique indépendante certifiée par la chambre des métiers, soit par le personnel d'une personne morale certifié par la chambre des métiers.

## **1.2 Outil KaP**

Le formulaire présenté ici s'appuie sur l'outil du projet de recherche « KaP – Kälteanlagen in der Praxis » (installations frigorifiques en pratique) mené par le Centre de recherche sur l'énergie de Basse-Saxe, le Centre Steinbeis d'innovation en technologie énergétique, du bâtiment et solaire et la société BROCHIER Consulting + Innovation GmbH. Ce projet a été subventionné par le Ministère fédéral allemand de l'économie et de l'énergie (BMWi) (subvention n° 03ET1066A).

L'outil KaP peut être utilisé en complément des formulaires décrits dans le présent manuel.

L'outil est gratuit et disponible sur le site Internet suivant :

<http://www.stz-egs.de/innovationsverbund-mnf-netzwerke/kap-werkzeuge/>

Pour les inspections régulières sur des installations complexes, il est conseillé d'utiliser l'outil KaP car il offre un niveau de détail supérieur à celui des formulaires.

## **1.3 Formulaires disponibles**

Un formulaire est mis à disposition par l'Administration de l'environnement pour chacune des trois catégories d'installations suivantes.

### **1.3.1 Installations directes**

Sont appelées installations directes les installations de froid mécaniques qui ne possèdent pas de circuits secondaires pour la distribution du froid et le refroidissement. Sur ces installations, le fluide frigorigène s'évapore dans le groupe frigorifique par rapport à l'air ambiant et est condensé dans l'aéroréfrigérant avec l'air extérieur.

Ces installations comprennent not. :

- Les climatiseurs split
- Les climatiseurs multi-split
- Les climatiseurs compacts

### **1.3.2 Installations indirectes**

Sont appelées installations indirectes les installations de froid mécaniques qui possèdent des circuits secondaires pour la distribution du froid et/ou le refroidissement. En règle générale, le froid est distribué via un circuit d'eau froide sur ces installations.

### **1.3.3 Installations thermiques**

Sont appelées installations thermiques les installations de froid dans lesquelles la chaleur est utilisée en tant qu'énergie motrice et non l'énergie électrique/mécanique. L'énergie thermique peut être fournie aussi bien par un brûleur que par de la chaleur de récupération ou encore de la chaleur solaire. Les installations thermiques comprennent :

- Les installations d'adsorption (zéolite-eau p. ex.)
- Les installations d'absorption (LiBr-eau p. ex.)

Les inspections détaillées ici ne concernent que les installations fermées. Les installations ouvertes (roues dessiccantes p. ex.) ne sont pas couvertes.



## 2 Explication du formulaire pour installations directes

Les différents facteurs relatifs aux installations directes à prendre en compte sont détaillés dans ce qui suit.

Vu que les systèmes de climatisation sont très divers, une méthode d'évaluation unique est difficilement applicable. Pour cette raison, aucun système à points n'a été associé aux différents facteurs à prendre en compte. Ces derniers ont seulement vocation à guider le technicien lors de l'évaluation énergétique des installations de froid. En règle générale, pour chaque facteur les choix sont donnés dans l'ordre du plus favorable au moins favorable d'un point de vue de l'efficacité énergétique. Selon l'installation à inspecter et les caractéristiques du bâtiment, certains facteurs peuvent être plus ou moins pertinents.

**Il appartient au technicien de se faire lui-même une idée générale de l'installation en se fiant à son expérience et aux caractéristiques rencontrées sur site afin d'en faire une évaluation générale (bien, moyen, mauvais).**

Pour l'évaluation de l'efficacité énergétique des installations complexes, il est conseillé d'utiliser en complément l'outil KaP car il offre un niveau de détail supérieur à celui des formulaires.

### 2.1 Données générales

Les facteurs d'ordre général à prendre en compte sont les suivants :

- **Planification et construction de l'installation** : « Lorsque des installations existantes sont agrandies ou transformées, il n'est pas rare que les plans ne soient pas mis à jour ou que la régulation de l'installation ne soit pas adaptée. Le nombre de transformations augmente la complexité de ces installations et les rend plus difficilement gérable. »<sup>1</sup> De ce fait la meilleure option est une installation qui a été planifiée et exécutée en une seule fois. Une installation souvent agrandie comporte le risque de ne pas répondre d'une manière optimale aux besoins du bâtiment. Aussi, le dimensionnement de l'installation par rapport au bâtiment peut évoluer suite à des agrandissements.
- **Documentation et fiches d'entretien** : une documentation complète de l'installation (fiches techniques, schéma de principe, notice d'utilisation,

<sup>1</sup> Source : projet de recherche « KaP – Kälteanlagen in der Praxis »

## Évaluation des installations de froid directes

protocole de réception, fiches d'entretien p. ex.) permet d'apprécier au mieux l'installation et ses spécificités. « Une documentation bien tenue et exhaustive permet de détecter plus facilement un dysfonctionnement technique de l'installation et offre une base stable pour prendre de futures mesures d'optimisation et apporter des changements. ... Les contrats et plans d'entretien existants constituent l'un des éléments de documentation les plus importants. Ces documents contiennent des informations sur les fuites, les éventuels dysfonctionnements, le montage des pièces de rechange, les pertes / le remplissage du fluide frigorigène, etc. ». **Error! Bookmark not defined.**

- **Intervalle d'entretien** : l'intervalle d'entretien doit être évalué de façon individuelle pour chaque installation. En règle générale, les installations (climatiseurs split notamment) qui fonctionnent correctement doivent faire l'objet d'un entretien annuel ;  
l'intervalle doit être plus court pour les installations plus complexes à usage intensif. Les intervalles supérieurs à deux ans indiquent un entretien insuffisant qui peut avoir pour conséquence des pertes d'efficacité.
- **Vulnérabilité du système** : « Une installation qui fonctionne bien économise des coûts d'exploitation et des efforts. La fiabilité d'une installation est plus ou moins importante selon l'utilisation qui est faite de l'objet. Les pannes peuvent avoir les causes les plus diverses et résulter notamment de paramètres totalement erronés (givrage permanent de l'évaporateur p. ex.). »<sup>2</sup> Des incidents fréquents traduisent un défaut de fonctionnement et des pertes d'efficacité potentielles.
- **Personne responsable** : « Tout système d'installation technique devrait disposer d'un interlocuteur capable, d'une part, de s'occuper lui-même de son exploitation et, d'autre part, occupant une position hiérarchique pour discuter des changements à apporter au système et les exécuter ou les faire exécuter. Si cet interlocuteur possède les connaissances techniques adéquates sur l'installation, il est plus simple d'identifier des mesures d'optimisation et erreurs potentielles et plus facile d'obtenir des informations sur le système d'installation », **Error! Bookmark not defined.** Est considéré comme responsable possédant les connaissances techniques requises le personnel formé capable de procéder à tous les réglages utiles (régulation, température p. ex.) sur l'installation ainsi que d'identifier et d'interpréter les erreurs. Est considéré comme responsable ne possédant pas les connaissances techniques requises le personnel

<sup>2</sup> Source : projet de recherche « KaP – Kälteanlagen in der Praxis »

## Évaluation des installations de froid directes

---

chargé de l'installation seulement capable de procéder à des réglages basiques (mise en marche et arrêt p. ex.). Si aucun responsable n'est désigné ou si la responsabilité n'est pas clairement définie, il convient d'inciter l'utilisateur ou le propriétaire à définir un responsable de l'installation. La responsabilité peut être confiée à une personne interne ou externe (via le contrat d'entretien p. ex.).

- **Collecte des données** : Pour l'efficacité énergétique, les données de fonctionnement de l'installation (par exemple, les températures, l'alimentation) font souvent référence aux données d'exploitation. «La collecte et le stockage de données à des intervalles plus courts fournissent des informations sur différents potentiels d'optimisation possibles (par exemple, la consommation de nuit, la réduction des courants de démarrage, la cohérence des charges, etc.) Grâce à la maintenance des données historiques, les événements passés peuvent être utilisés pour valider certaines mesures. Les valeurs d'heure ou les valeurs avec une résolution plus élevée (par exemple via le système de contrôle du bâtiment ou à partir d'un système de surveillance) permettent une analyse détaillée du système et de ses composants et sont donc également être évaluée. Les valeurs mensuelles et les valeurs annuelles (par exemple des calorimètres) permettent l'énergie finale utilisée et souvent le calcul d'une efficacité annuelle et doivent donc être classées comme moyen. Si aucune donnée n'est disponible ou n'est pas utilisée, cela est considéré comme mauvais.

### 2.2 Efficacité énergétique

Le classement de l'efficacité énergétique dans le présent formulaire repose sur les certifications Eurovent. Le ratio EER (« Energy Efficient Ratio », auparavant appelé COP – « Coefficient of Performance » ou indice de performance dans les conditions de fonctionnement fixées par Eurovent) et/ou le ratio ESEER (« European Seasonal Efficiency Ratio », auparavant appelé indice de rendement annualisé) peut être indiqué.

Sur les installations certifiées, ces ratios doivent être déterminés soit à l'aide des indications fournies par le fabricant, soit sur le site Internet d'Eurovent ([www.eurovent.eu](http://www.eurovent.eu)).

## 2.3 Dimensionnement

L'évaluation du dimensionnement s'effectue en comparant les puissances des producteurs de froid (puissance installée) aux puissances des consommateurs de froid.

Si l'installation n'a pas été modifiée depuis l'inspection précédente, il n'est pas nécessaire de répéter l'évaluation du dimensionnement (cf. également 1.1.3). S'il s'agit d'une première inspection, une évaluation du dimensionnement doit avoir lieu.

Cette évaluation se base généralement sur la documentation technique : schéma de câblage du système, documents de dimensionnement du bureau technique, etc. S'ils ne sont pas disponibles, l'évaluation doit se faire par estimation. Si celle-ci a lieu par estimation, recommandez au propriétaire/exploitant de compléter les documents de l'installation (cf. 2.7).

La puissance de froid (a) installée correspond, sur les installations directes, à la somme de la puissance thermique de l'ensemble des machines frigorifiques du circuit concerné.

La puissance redondante (b) correspond, sur les installations directes, à la somme de la puissance thermique de l'ensemble des machines frigorifiques qui ne sont pas utilisées en temps normal dans le circuit concerné. En règle générale, ces installations se contentent de prendre le relais en cas de panne d'autres installations ou de travaux d'entretien. Si la régulation du système global prévoit que toutes les machines frigorifiques fonctionnent alternativement ou simultanément à charge partielle, alors la puissance redondante correspond à la puissance thermique qui ne serait pas nécessaire pour le fonctionnement régulier de l'installation dans le cas du dimensionnement.

La puissance de l'ensemble des consommateurs (c) correspond, sur les installations directes, à la somme de la puissance thermique de l'ensemble des appareils servant à fournir du froid (convecteurs, cassettes p. ex.) du circuit concerné.

L'indice d'évaluation (x), le rapport entre la somme des consommateurs et la somme des producteurs nécessaires au minimum, est déterminé à partir des trois grandeurs précédentes selon la formule :

$$x = \frac{c + d}{a - b}$$

## Évaluation des installations de froid directes

et consigné en pour cent dans le champ correspondant. Les trois classements indiqués de la valeur  $x$  permettent une évaluation individuelle du dimensionnement.

Les valeurs supérieures à 100 % révèlent un sous-dimensionnement de l'installation frigorifique par rapport à l'apport de froid, tandis que les valeurs inférieures à 100 % révèlent un sur-dimensionnement.

Indiquez en outre si vous avez classé les puissances de redondance et de réserve de l'installation comme adaptées ou non.

### 2.4 Compresseur / unités centrales de refroidissement

Le formulaire s'applique aux installations comptant jusqu'à cinq machines frigorifiques, lesquelles peuvent être affectées aux champs prévus à cet effet. Il peut s'agir p. ex. du numéro de série ou d'une désignation issue du schéma d'installation. Il convient de veiller à ce que la désignation/affectation ne soit pas ambiguë.

Pour les facteurs suivants, cinq champs sont prévus à chaque fois pour les unités préalablement affectées. Un exemple d'affectation pour l'unité 1 est donné à Fig. 2-1: Exemple d'affectation des facteurs.

**Machine(s) de froid**  
*Dénomination de la machine (p.ex numéro de série)*

1					
2					
3					
4					
5					
<b>Âge</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
0-5 Années					
6-15 Années					
plus que 15 ans					




Fig. 2-2: Exemple d'affectation des facteurs

Pour chaque machine de froid, les facteurs à prendre en compte sont les suivants :

- **Âge** : « Même lorsque les intervalles de maintenance et d'entretien sont respectés, des signes de vieillissement tels que l'usure et l'abrasion au sein de l'installation vont mener à un fonctionnement non optimal. Dans certaines circonstances, investir dans de nouvelles installations frigorifiques peut être rentable »<sup>3</sup>. D'autant plus que les installations

<sup>3</sup> Source : projet de recherche « KaP – Kälteanlagen in der Praxis »

## Évaluation des installations de froid directes

---

récentes affichent souvent de meilleures performances d'efficacité que les anciennes. Compte tenu de l'augmentation des coûts d'énergie, la modernisation de machines frigorifiques peut vite être rentabilisée. Attirez l'attention de l'utilisateur / du propriétaire de l'installation sur cette possibilité si le groupe frigorifique est âgé (p. ex. dans le champ réservé aux explications et mesures individuelles, vgl. 2.7)

- **Nombre de départs par 1000 heures de fonctionnement** : « Un bon indicateur de la fréquence des cycles d'une installation est le nombre de départs par heures de fonctionnement, qui fait apparaître directement l'intervalle de marche/arrêt. Des cycles trop fréquents ont un effet négatif sur la durée de vie de la machine frigorifique. Les grosses installations frigorifiques peuvent produire des pointes de consommation de courant significatives ; plus celles-ci sont fréquentes, plus le réseau électrique est sollicité. Ce facteur doit donc être pris en compte, en particulier pour les installations de grande taille ou les installations qui représentent une part significative de la consommation totale d'énergie de l'immeuble »<sup>4</sup>. De fait, un nombre de départs < 50 par 1000 heures de fonctionnement est considéré comme bien, entre 50 et 500 comme moyen et > 500 comme mauvais.
- **Observations négatives** : les observations négatives révèlent de possibles problèmes sur l'installation en matière d'efficacité énergétique et de dimensionnement :
  - Échangeurs thermiques encrassés : l'encrassement des refroidisseurs peut faire augmenter la température de condensation ou les pertes de pression, diminuant ainsi l'efficacité du composant et de l'installation. Le composant doit dans tous les cas être examiné et nettoyé.
  - Le compresseur est nerveux : un compresseur nerveux peut indiquer des paliers endommagés ou des composants abîmés, ce qui réduit l'efficacité de l'installation. Le composant doit dans tous les cas être examiné et, le cas échéant, entretenu ou remplacé.
  - Le compresseur est nerveux : un compresseur nerveux peut indiquer des paliers endommagés ou des composants abîmés, ce qui réduit l'efficacité de l'installation. Le composant doit dans

---

<sup>4</sup> Source : projet de recherche « KaP – Kälteanlagen in der Praxis »

## Évaluation des installations de froid directes

---

tous les cas être examiné et, le cas échéant, entretenu ou remplacé.

- Les composants de l'installation sont rouillés / sales : la corrosion et la saleté peuvent indiquer des fuites ou un mauvais entretien. Les composants concernés doivent dans tous les cas être minutieusement examinés et, le cas échéant, entretenus ou remplacés.
- Emplacement inadapté : l'emplacement inadapté du condenseur fait monter la température de condensation et amoindrit l'efficacité de l'installation. Citons p. ex. parmi les endroits inadaptés : près d'une source de rejet thermique ou exposition plein soleil.
- **Observations positives** : les observations positives concernent les technologies qui génèrent des gains d'efficacité considérables sur l'année.
  - Détendeur électronique: un détendeur électronique permet de réguler le débit massique du fluide frigorigène afin de maintenir la surchauffe constante sur toute la plage de la régulation de puissance du compresseur et ainsi accroître l'efficacité de l'installation en conditions réelles d'utilisation.
  - Compresseur régulé, p. ex. variateur de vitesse : afin d'éviter des cycles marche/arrêt fréquents pour l'installation de froid, la puissance est adaptée aux conditions de base. Ainsi, il est possible d'augmenter l'efficacité de l'installation en conditions d'utilisation réelles. La méthode la plus courante consiste à réguler la puissance du compresseur à l'aide d'un variateur de vitesse.
  - les ventilateurs régulés (p. ex. à l'aide de moteurs EC) des aérorefroidisseurs diminuent la consommation électrique et augmentent l'efficacité énergétique
- **Système de détection des fuites avec dispositif d'alerte** : « La présence d'un système de détection des fuites assure l'étanchéité permanente de l'installation. Ce qui renforce énormément la sécurité et l'écologie de l'installation ».<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Source : projet de recherche « KaP – Kälteanlagen in der Praxis »

## 2.5 Distribution / apport de froid

Pour chaque appareil servant à apporter le froid, les facteurs à prendre en compte sont les suivants :

- **Âge** : L'âge des unités d'apports de froids (p. ex. convecteurs, cassettes) peut affecter l'efficacité énergétique du système global. Les appareils plus récents ont généralement une meilleure efficacité quant au transfert de chaleur ou par rapport aux performances des ventilateurs. Attirez l'attention de l'utilisateur / du propriétaire de l'installation sur la rentabilité du remplacement des systèmes les plus anciens. Si les systèmes diffèrent en âge, la valeur l'âge moyen est à reprendre dans les formulaires.
- **Observations négatives** : les observations négatives révèlent de possibles problèmes sur l'installation en matière d'efficacité énergétique et de dimensionnement :
  - Echangeurs de chaleur contaminés: par la pollution des recirculateurs, par ex. La température de liquéfaction ou les pertes de pression augmentent, par quoi le composant et le système global fonctionnent moins efficacement. Le composant devrait en tout cas être testé et nettoyé.
  - Le ventilateur est nerveux: les ventilateurs nerveux indiquent un endommagement des roulements ou des dommages au composant, ce qui réduit l'efficacité de la liquéfaction et donc du système. Le composant devrait dans tous les cas être vérifié et, le cas échéant, être réparé ou remplacé.
  - Il y a des plaintes au sujet du confort thermique : ces plaintes sont parfois dues au fait qu'un composant est encrassé (formation de moisissures lors de la séparation des condensats p. ex.), mal réglé ou paramétré. Les composants concernés doivent dans tous les cas être examinés et, le cas échéant, entretenus, nettoyés ou paramétrés.
  - Emplacement inadapté : l'emplacement inadapté du condenseur fait monter la température de condensation et amoindrit l'efficacité de l'installation. Citons p. ex. parmi les endroits inadaptés : près d'une source de rejet thermique ou aspiration d'air entravée.



- **Isolation des conduites de distribution** : Une mauvaise isolation des conduites de distribution conduit à une évaporation partielle du fluide frigorigène dans les conduites et donc à une diminution de l'efficacité énergétique. L'isolation doit au moins correspondre aux règles de l'art en vigueur.

## 2.6 Données relatives au bâtiment

Les installations techniques du bâtiment, l'architecture et l'utilisateur ont une influence considérable sur l'énergie requise pour la climatisation. Cette section vise à identifier des mesures d'amélioration pour faire baisser le besoin de froid. Comme, cependant, visiter le bâtiment n'est pas toujours possible, les données doivent être considérées comme facultatives pour l'évaluation finale. Néanmoins, il est important d'attirer l'attention de l'utilisateur ou du propriétaire de l'installation sur le potentiel d'amélioration existant en termes d'efficacité énergétique.

- **Protection solaire** : un élément essentiel de la charge frigorifique des bâtiments est l'apport de chaleur par rayonnement solaire via les éléments transparents. Celui-ci peut être considérablement réduit au moyen d'une protection solaire. Les dispositifs de protection solaire extérieurs (lames extérieures, auvents, volets roulants p. ex.) et les vitrage anti-solaire ou film pare-soleil sont considérés comme les meilleures options. Les systèmes intérieurs (stores vénitiens, rideaux à bandes p. ex.) sont uniquement classés comme moyen, puisque ce que leur fonction primaire est avant de protéger les utilisateurs du rayonnement direct mais une grande partie de la chaleur pénètre toujours dans le bâtiment. Sans protection solaire, les bâtiments comportant une surface vitrée importante reçoivent un apport de chaleur solaire élevé, d'où un besoin de froid supérieur et une augmentation de la consommation d'énergie requise par la climatisation.
- **Éclairage** : outre les apports de chaleur extérieurs, les sources de chaleur intérieures influencent elles aussi le besoin de froid. À ce titre, l'éclairage présente généralement un potentiel d'économie d'énergie simple à mettre en œuvre. Les éclairages DEL économes en énergie ont de hauts rendements, si bien qu'à intensité lumineuse égale moins de chaleur est dégagée. Les lampes fluorescentes et fluocompactes (tubes néon p. ex.) ont des rendements légèrement moindres que les

## Évaluation des installations de froid directes

---

éclairages à DEL modernes, ce qui a pour conséquence des besoins en froid légèrement supérieurs.

- **Techniques innovantes** : outre le fait de diminuer l'apport de chaleur ou les sources de chaleur internes, certaines réalisations techniques permettent de réduire les besoins en énergies fossiles pour le refroidissement. Les trois techniques présentées ici doivent être considérées comme positives pour l'évaluation finale :
  - Refroidissement nocturne par aération automatique des fenêtres : avec cette technique, les pièces peuvent être refroidies la nuit en faisant entrer de l'air frais froid. Le but étant d'emmagasiner le froid dans les éléments à haute inertie thermique (matériaux lourds) pour qu'en journée ce éléments peuvent absorber de la chaleur et ainsi réduire le besoin de froid.
  - Refroidissement adiabatique par système d'aération : en injectant de l'eau dans l'air, l'eau s'évapore la température de l'air diminue. Le refroidissement adiabatique peut être direct ou indirect.
  - Installation photovoltaïque : le courant produit par une installation photovoltaïque contribue indirectement à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> en augmentant la part de courant fourni par énergies renouvelables.

### 2.7 Recommandations

L'évaluation des différents composants de l'installation de froid et du bâtiment a comme vocation de guider le personnel exécutant lors de l'appréciation de la performance énergétique du système et de fournir des recommandations au propriétaire/exploitant. Une liste des mesures courantes a été élaborée pour les trois types d'installations. Celles-ci sont généralement liées aux paramètres analysés et doivent être cochées uniquement en cas d'observation négative. Cependant, comme il est difficile de suivre une méthode uniforme pour les systèmes de climatisation, des recommandations individuelles et des mesures d'amélioration peuvent également être saisies par le personnel exécutant dans les formulaires. Un champ de texte permet ainsi d'ajouter des explications détaillées sur les différentes mesures. Le personnel exécutant peut expliquer au propriétaire/exploitant de l'installation p. ex. les mesures génériques pour l'installation donnée ou expliquer les effets positifs de leur mise en œuvre.

### 2.8 Évaluation générale

L'analyse des différents paramètres de l'installation de froid et du bâtiment a comme vocation de guider le technicien dans l'évaluation énergétique et du dimensionnement de l'installation. La décision a été prise de ne pas utiliser de système à points pour l'évaluation des installations de froid. Une généralisation des critères d'évaluation s'avère en effet très compliquée puisque ces derniers sont souvent différents en fonction du type d'installation et conditions d'utilisation dans le bâtiment. Il incombe au technicien de donner une évaluation énergétique finale (bien, moyen ou mauvais) de l'installation en s'aidant des facteurs à prendre en compte et de ses propres connaissances techniques.

Pour les installations complexes, il est conseillé d'utiliser l'outil KaP qui offre un niveau de détail supérieur à celui des formulaires et permet en plus de faire une évaluation énergétique standardisée.

### 3 Littérature

- [EPR10] Parlement européen et Conseil  
Directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil du  
19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments.  
Union européenne  
Strasbourg, 2010/31/UE, 2010
- [EPR14] Parlement européen et Conseil  
Directive 2014/517/UE du Parlement européen et du Conseil du  
16 avril 2014 sur les gaz à effet de serre fluorés et abrogeant le  
règlement (CE) n° 842/2006 texte important pour l'EEE.  
Union européenne  
Strasbourg, 2014/517/UE, 2014
- [SCL10] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS  
Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la  
performance énergétique des bâtiments fonctionnels et modifiant  
1. le règlement grand-ducal modifié du 30 novembre 2007  
concernant la performance énergétique des bâtiments  
d'habitation.  
Service Central de Législation  
Luxembourg, A-N°173, 2010
- [SCL11] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS  
Règlement grand-ducal du 2 septembre 2011 relatif a) aux  
contrôles d'équipements de réfrigération, de climatisation et de  
pompes à chaleur fonctionnant aux fluides réfrigérants du type  
HFC, HCFC ou CFC b) à l'inspection des systèmes de climatisation.  
Service Central de Législation  
Luxembourg, A-N°197, 2011
- [SCL12] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS  
Règlement grand-ducal du 26 décembre 2012 modifiant le  
règlement grand-ducal du 2 septembre 2011.  
Service Central de Législation  
Luxembourg, A-N°282, 2012
- [SCL16] GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS  
Règlement grand-ducal du 22 juin 2016 relatif ... b) à l'inspection  
des systèmes de climatisation.  
Service Central de Législation  
Luxembourg, A-N°114, 2016