



Réseau Energie et Bâtiments

Guide pour la sélection des unités de toit

NOVEMBRE 2020



Résumé du guide

Remplacement des unités de toit - les questions à se poser pour maximiser son investissement

Les unités de toit sont largement utilisées dans de nombreux bâtiments et les propriétaires sont parfois démunis quand vient le temps de les faire installer ou de les remplacer. Par ailleurs, comme pour tout remplacement en urgence lors d'un bris, la disponibilité des équipements limite le choix des options possibles. Il est ainsi toujours conseillé de planifier le remplacement des unités de toits le plus d'avance possible.

Les propriétaires soucieux de faire des choix éclairés lors du remplacement de leurs unités de toit, que ce soit pour améliorer la performance énergétique ou pour assurer une meilleure qualité d'air intérieur, devraient se poser les questions suivantes.

I. Quels sont mes besoins et mes contraintes?

Lors du remplacement d'une unité au toit, il importe de vérifier s'il y a lieu de revoir la capacité de l'unité au toit avant de procéder à son remplacement. Ainsi, tout changement dans l'utilisation des locaux (vocation, zonage, etc.) desservis ou dans les requis de confort et/ou de qualité de l'environnement intérieur est susceptible de modifier le choix de l'unité de toit afin de le rendre optimale pour l'application.

Même s'il n'y a pas eu de changement, rien n'indique que l'unité existante était correctement dimensionnée pour l'application. Dans le doute, il est souhaitable de faire effectuer un calcul de charge par un professionnel afin de déterminer les besoins actuels de climatisation, de chauffage, d'humidification et d'apport d'air extérieur et ainsi éviter le sous-dimensionnement ou le surdimensionnement de l'unité.

Évidemment, plusieurs contraintes peuvent influencer vos critères de sélection. Que ce soit la disponibilité du gaz naturel, la capacité de l'alimentation électrique, celle de la toiture à supporter l'unité de toit ou d'autres considérations telles que l'adaptation de la margelle de toit, le besoin de supports parasismiques ou encore la réglementation municipale.

II. Quelles sont les gammes d'équipement?

Avec le temps, les manufacturiers ont développé toute une gamme d'options permettant de mieux servir différentes applications et de s'adapter à différents budgets.

a) Produits standards

Les produits dits standards sont plus simple, avec des niveaux d'isolation minimum ($\frac{1}{2}$). On les retrouve le plus souvent dans les capacité de 3 à 10 tonnes.



b) Produits intermédiaires

Pour des capacités variant entre 7,5 et 25 tonnes, les manufacturiers offrent habituellement des fonctionnalités et options additionnelles, allant d'une meilleure isolation à la modulation du refroidissement, du chauffage et du débit d'air.

c) Produits supérieurs

Depuis quelques années, les manufacturiers ont commencé à intégrer de plus en plus de fonctions d'efficacité énergétique dans les produits disponibles commercialement sans être considérés des unités sur mesure. Ces produits se démarquent par des fonctionnalités telles que:

- Des niveaux d'efficacité très élevés à l'aide de compresseurs variables;
- Des entraînements à fréquence variable sur les ventilateurs d'alimentation et d'évacuation;
- Des options de récupération d'énergie;
- Plusieurs options de filtration;
- Niveau de construction permettant une meilleure valeur R d'isolation thermique;
- Niveaux sonores plus faibles;
- Des options de contrôle et de régulation beaucoup plus avancées;
- Des options permettant un niveau de confort plus avancé.

III. Quelles sont les options à considérer?

Plusieurs choix sont à la portée du propriétaire pour améliorer la performance énergétique de son unité de toiture. Pour un produit plus durable, les caractéristiques suivantes devraient être considérées:

- isolation de 1" minimum
- économiseur avec une plage d'opération de 0 à 100%
- ventilateur à entraînement direct
- ventilateur à débit variable
- modulation du refroidissement par contournement des gaz chauds ou par compresseur variable
- modulation du chauffage électrique par SCR
- modulation du chauffage au gaz de 10:1 minimum
- thermopompe aérothermique



Dans tous les cas, le choix d'équipement de contrôle de qualité ainsi que des stratégies de contrôle appropriés permettra d'optimiser la performance énergétique de l'unité. Voici quelques exemples à envisager:

- Contrôle des horaires d'opération;
- Contrôle de la ventilation à la demande pour l'apport d'air extérieur (détecteur de présence, horaire d'occupation, sonde de CO₂);
- Ajustement de la température et/ou de la pression d'alimentation selon les besoins;
- Minimiser les combats thermique.

IV. Comment maximiser mon investissement?

a) Coût total de propriété (sur le cycle de vie)

Lors de l'achat ou du remplacement d'une unité de toiture, un propriétaire pourrait être tenté de considérer uniquement le coût d'achat et d'installation. Pourtant, le meilleur investissement tiendra compte du coût total de propriété ou du coût sur le cycle de vie de l'unité : c'est à dire du coût d'achat et d'installation, mais aussi du coût d'opération et de maintenance. Investir un peu plus aujourd'hui, pour réduire sa facture énergétique durant les vingt prochaines années? Pour faire un choix éclairé, il est recommandé d'évaluer vos options sur la base de coût total de propriété.

b) Mise en service

La seule façon d'assurer la performance d'une installation, conforme aux exigences en matière de fonctionnalité, d'efficacité, de sécurité et de satisfaction des occupants, est d'appliquer les principes de mise en service, communément appelée commissioning. Au-delà de la simple mise en marche, la mise en service repose entre autre sur la réalisation d'essais fonctionnels afin de valider les performances attendues de l'équipement, et déceler des défaillances le cas échéant.

c) Entretien et exploitation

Afin d'éviter un risque accru en santé et sécurité, des coûts d'entretien plus élevés et des temps d'arrêt imprévus, il est conseillé d'établir un programme d'entretien préventif pour les unités de toit, basé sur les références suivantes :

- Les recommandations du manufacturier;
- ASHRAE Standard 180-2012: Standard Practice for Inspection and Maintenance of Commercial Building HVAC Systems, Table 5-22: Rooftop Units.



De plus, les unités de toit devraient être assujetties à des vérifications régulières pour valider leurs paramètres d'opération et, aux besoins, les ajuster, tels que les horaires de fonctionnement, la calibration des sondes, le bon fonctionnement de l'économiseur et la charge de réfrigérant.

Évidemment, chaque question apporte son lot de facteurs à considérer. Pour plus de détails, le Guide pour la sélection des unités de toit, publié par le Réseau énergie et bâtiments, pourrait vous être utile dans votre démarche de remplacement d'unités de toit. Ce guide se veut un outil d'accompagnement pour les propriétaires et gestionnaires de bâtiments afin de prendre des décisions informées et ainsi améliorer la performance énergétique tout en maintenant une qualité d'air élevée dans leurs bâtiments.



Table des matières

Mise en garde	1
INTRODUCTION.....	2
1 L'efficacité énergétique.....	4
1.1 Les composantes principales	4
1.2 Guide pour la sélection des unités de toit	5
1.3 L'efficacité énergétique des équipements	7
1.4 Les mesures d'efficacité énergétique.....	8
2 Investissement.....	10
2.1 Le coût total propriété.....	10
2.2 Rénover ou remplacer les unités?.....	12
3 Les différentes applications	20
3.1 Immeubles de bureaux	20
3.2 Commerces de détail.....	20
3.3 Écoles/Lieux de formation (densité élevée de personnes)	20
4 Évaluations des besoins et contraintes du site	21
4.1 Climatisation requise	21
4.2 Chauffage requis	22
4.3 Humidification requise	22
4.4 Air neuf requis	22
4.5 Confort.....	23
4.6 Zonage	24
4.7 Disponibilité de la source d'énergie, Gaz et électricité.....	25
4.8 Alimentation électrique disponible	27
4.9 Poids maximum permis	27
5 Les gammes d'équipements et les options disponibles	28
5.1 Les gammes d'équipements disponibles	28
5.2 Ventilation	29



5.3	Chauffage et modulation	32
5.4	Climatisation	33
5.5	Construction	34
5.6	Raccordement électrique	35
5.7	Raccordement au gaz naturel	36
5.8	Contrôles et communication	36
5.9	Entretien	37
5.10	Les réfrigérants.....	38
5.11	Options Thermopompe / Pompe à chaleur	38
5.12	Options de récupération	39
6	Les contrôles	42
6.1	Stratégies de contrôle	42
7	Autres considérations	46
7.1	Entraînement d'eau et de neige	46
7.2	Margelles (Bases) de toit.....	46
7.3	Parasismique.....	47
7.4	Humidification	48
7.5	Détection de fumée et alarme incendie.....	48
7.6	Drainage de la condensation.....	48
7.7	Considération règlementaires municipales	48
7.8	Attention à la contamination des prises d'air des unités	49
8	Maximiser votre investissement.....	50
8.1	La mise en service (Commissioning)	50
8.2	L'entretien et l'exploitation	51
8.3	Approches complémentaires.....	52
Annexe 1 Arbres de décision pour un remplacement planifié ou un remplacement en urgence		1
Annexe 2 Grille de sélection d'options		1



Mise en garde

Le Réseau énergie et bâtiments, ses employés, représentants et collaborateurs à ce guide n'assument aucune responsabilité à l'égard du texte qui suit ; ce texte devra être appliqué avec discernement, en tenant compte des installations en place, et des normes et règlements en vigueur.

Droits d'auteur

Nul ne peut reproduire ce document, d'aucune façon que ce soit, sans avoir reçu au préalable l'autorisation écrite du Réseau énergie et bâtiments.

Réseau énergie et bâtiments (REB) a obtenu de l'AQME tous les droits sur les différents guides produits par l'AQME.

Dépôt légal

1^{re} édition - 2^e trimestre 2018
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada

ISBN : 978-2-923772-15-8

Note

Dans le présent guide, le masculin est utilisé sans aucune discrimination, uniquement dans le but d'alléger le texte.

1^{re} édition – Juin 2018

2^e édition – Juin 2019

3^e édition – Novembre 2020



INTRODUCTION

Pourquoi ce guide?

Le Réseau énergie et bâtiments par l'intermédiaire de son comité bâtiment a réalisé que les unités de toit sont largement utilisées dans de nombreux bâtiments et que les propriétaires sont souvent démunis quand vient le temps de faire installer ou de remplacer leurs unités de toit. Parfois les remplacements en urgence lors d'un bris font en sorte que les unités choisies ne sont pas nécessairement les plus performantes.

Secteurs visés

Le guide est principalement élaboré pour les unités de toit dites "conventionnelles" avec chauffage au gaz ou à l'électricité avec un pourcentage d'air extérieur normal que l'on retrouve dans beaucoup de bâtiments commerciaux, bureaux, centres d'achats, écoles et multilogements. Les unités de type industrielles pour applications spéciales (avec un grand pourcentage d'air extérieur ou opérations à basse température, etc.) ne font pas partie de la portée du présent guide.

Public cible

Le public cible pour ce guide est en premier lieu les propriétaires de bâtiments commerciaux. Ce guide se veut être un outil simple qui fait ressortir les différentes questions qu'un propriétaire peut et devrait se poser avant de choisir une unité de toit. Le guide ne se veut pas être un guide de conception, bien que les concepteurs pourront l'utiliser aussi dans leurs démarches de conception.

Objectifs

L'objectif premier est d'outiller le propriétaire afin qu'il puisse faire des choix éclairés et ainsi améliorer la performance énergétique des bâtiments tout en maintenant une qualité d'air élevée dans ses bâtiments. Une attention particulière est portée sur les impacts des décisions sur la consommation énergétique résultante sur les bâtiments.

Réseau énergie et bâtiments

OBNL indépendant et privé, le Réseau Énergie et Bâtiments (REB) a pour mission de mettre en commun l'expérience des membres afin de maximiser et maintenir la performance énergétique des bâtiments. De plus, il vise à être un partenaire fiable et crédible en utilisation rationnelle des énergies et en réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il souhaite rassembler toutes les personnes associées directement ou indirectement au bâtiment et à l'énergie. Il veut optimiser l'utilisation des énergies dans une perspective de transition énergétique, de résilience climatique, d'impact social et environnemental, tant à l'échelle d'un bâtiment que de celle de la communauté.



Collaborateurs à la rédaction du guide

La version initiale de ce guide a été réalisée grâce à la collaboration active des membres du Comité bâtiment.

Benoit Allaire	ALLB inc.
Roland Charneux	Pageau Morel et associés inc.
Marc-Antoine Chenail	Bouthillette Parizeau
Daniel Choinière	Retraité actif
Jérôme Conraud	Université McGill
Marc Francoeur	Énergir
Julien Harvey	Brookfield/BGIS
Guy Labelle	Régulvar
Francis Lacharité	Enviroair
Daniel Lafleur	Groupe Petra
Philippe Lavallée	UQÀM
Éric Michaud	Enviroair
Pierre Tellier	Hydro-Québec
Dominic Turgeon	NRCAN
Aurélië Verstraete	Engie

Lois et règlements applicables

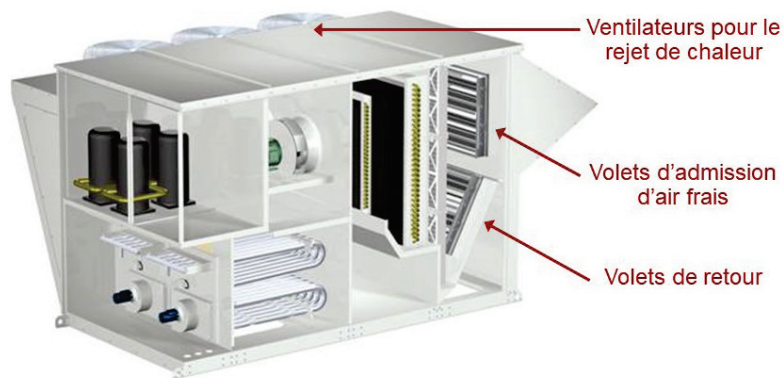
Plusieurs lois et règlements s'appliquent, entre autres le Code de construction, le Code de sécurité, le code de l'électricité (C22.10), le code d'installation du gaz naturel et du propane (B149.1) et les règlements municipaux.

1 L'efficacité énergétique

1.1 Les composantes principales

Une unité de toiture permet de filtrer, de climatiser et/ou de chauffer l'air alimenté aux espaces. L'unité de toiture est installée directement à l'extérieur, elle est reliée au bâtiment par la gaine de retour et la gaine d'alimentation en air. L'air de retour (provenant du bâtiment) est mélangé à l'air frais (provenant de l'extérieur) au sein de l'unité. Cet air de mélange est ensuite traité, c'est à dire chauffé durant l'hiver ou climatisé durant l'été, puis alimenté aux espaces.

Les composantes suivantes permettent les échanges entre le bâtiment, l'unité de toit et l'extérieur :



À l'intérieur du caisson de l'unité de toiture se retrouvent les composantes suivantes :





1.2 Guide pour la sélection des unités de toit

Lors de l'achat ou du remplacement d'une unité de toiture, un propriétaire pourrait être tenté de considérer uniquement le coût d'achat et d'installation.

Pourtant, le meilleur investissement tiendra compte du coût sur le cycle de vie de l'unité : c'est à dire du coût d'achat et d'installation, mais aussi du coût d'opération et de maintenance.

Investir un peu plus aujourd'hui, pour réduire sa facture énergétique durant les quinze prochaines années? Plusieurs choix sont à la portée du propriétaire pour améliorer la performance énergétique de son unité de toiture.

Tout d'abord, quels sont les **postes de consommation** énergétique d'une unité de toiture?

Toiture

L'énergie nécessaire pour extraire l'air des espaces intérieurs (air de retour) et alimenter l'air vers les espaces intérieurs (air d'alimentation).

Refroidissement et rejet de chaleur

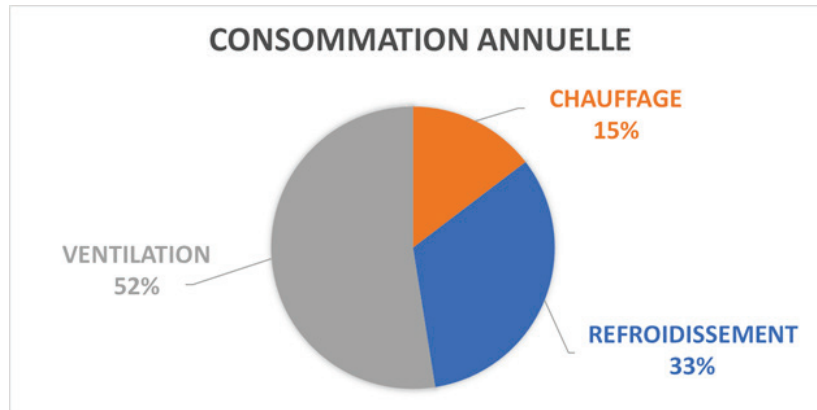
L'énergie nécessaire pour refroidir l'air alimenté aux espaces intérieurs (en été principalement), et rejeter la chaleur à l'extérieur.

Chauffage

L'énergie nécessaire pour chauffer l'air alimenté aux espaces intérieurs l'hiver, en particulier l'air venant de l'extérieur (air frais).

Les coûts énergétiques (électricité/gaz naturel) dépendent de la consommation d'énergie (en kWh), mais aussi de la puissance électrique maximale appelée durant le mois (kW).

Le graphique ci-dessous montre la répartition de la **consommation** énergétique annuelle d'une unité desservant un immeuble de bureaux à Montréal.

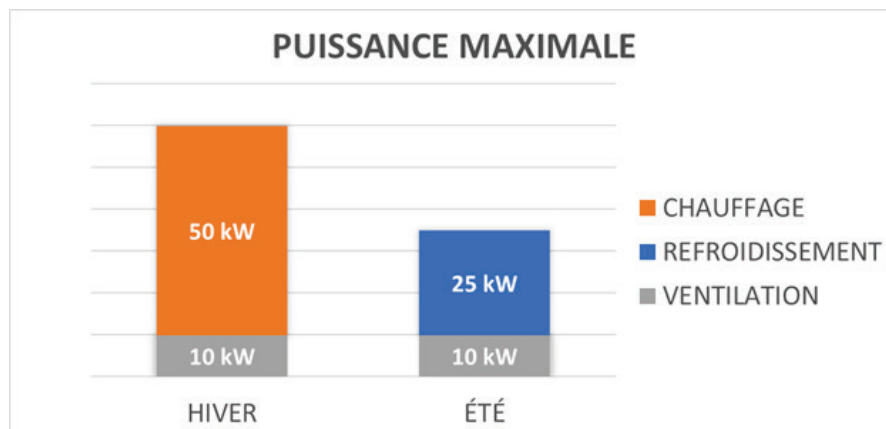


Hypothèses

Unité 25 tonnes (EER 12) ; ventilateur de 15 HP; serpentin de chauffage électrique 50 kW; débit constant 10 000 cfm; minimum 15 % d'air frais; température alimentation constante (13 °C); opération de 70 h/sem.

La ventilation est dans cet exemple le poste de consommation le plus élevé (directement lié aux heures de fonctionnement par année). Tandis que le chauffage et la climatisation sont sollicités uniquement à certaines périodes de l'année (hiver ou été). Cette répartition pourra fortement varier selon le climat, la vocation de l'unité (multizone, zone intérieure ou périmétrique), et son mode d'opération.

Le graphique suivant montre la répartition de la **puissance** électrique maximale de l'unité (kW) selon la saison.



En termes de puissance, le chauffage dans cet exemple possède la plus grande capacité.



Sa puissance a été déterminée pour répondre aux besoins de chauffage de l'air frais lors des journées les plus froides de l'hiver. Lorsque du chauffage électrique est en place, une attention particulière doit être portée sur le contrôle de la pointe électrique de l'immeuble.

1.3 L'efficacité énergétique des équipements

L'efficacité d'une unité de toit est habituellement définie selon sa performance de refroidissement et de chauffage. Voici quelques termes et leur définition que les manufacturiers indiquent dans leurs littératures :

Efficacité de refroidissement

EER (Energy Efficiency Ratio) : ce terme indique le ratio entre la quantité de froid générée (en BTU) et l'énergie fournie (en kWh) pour le faire, et ce, pour des conditions définies. Plus la valeur est élevée, plus l'unité de toit est performante en mode climatisation. La valeur varie donc selon les conditions climatiques. Cette valeur est intéressante s'il est requis de connaître la performance de l'unité pour cette condition particulière. Si une valeur moyenne est nécessaire, il est alors recommandé d'utiliser la valeur SEER.

SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) : ce terme représente l'efficacité saisonnière en mode refroidissement d'une unité de toit. C'est en fait l'EER pour diverses conditions d'utilisation sur une année de l'appareil de refroidissement. Le SEER est le terme utilisé par les manufacturiers d'unité de toit de capacité égale et de moins de 65 000 BTU/h ou 5,4 tonnes de refroidissement pour définir la performance de leur appareil. Plus la valeur est élevée, plus l'appareil est performant.

IEER (Integrated Energy Efficiency Ratio) : ce terme représente l'efficacité à charge partielle en mode refroidissement d'une unité de toit. Il est utilisé pour les unités de toit de plus de 65 000 BTU/h ou 5,4 tonnes de refroidissement. Plus la valeur est élevée, plus l'appareil est performant.

Efficacité de chauffage

Steady State Efficiency ou Efficacité thermique : c'est le ratio entre la quantité de chaleur produite et l'énergie fournie en mode chauffage de l'appareil pour des conditions définies. Cette valeur varie aussi selon les conditions d'utilisation de l'unité de toit.

AFUE (Annual Fuel Utilization Efficiency) : ce terme indique le rendement annuel en mode chauffage d'une unité de toit fonctionnant au gaz naturel ou propane. Seuls les appareils ayant une capacité moindre que 300 000 BTU/h en mode chauffage ont une valeur AFUE indiquée.

COP (Coefficient Of Performance) : coefficient utilisé pour indiquer la performance d'un appareil de type pompe à chaleur selon des conditions spécifiques. L'HSPF remplace le COP afin de tenir compte la période et les conditions d'opération de l'appareil sur une année.

HSPF (Heating and Seasonal Performance Factor) : c'est le coefficient de performance de la saison de chauffage qui indique l'efficacité d'une thermopompe sur une année. Plus la valeur est élevée, plus l'appareil est performant.



Normes et outils

La norme ASHRAE 90.1 et le Code national de l'Énergie pour les Bâtiments (CNÉB 2011) sont des références pour les concepteurs et constructeurs de nouveaux bâtiments : ils définissent les exigences minimales à atteindre en termes de performance énergétique au Canada, notamment pour le choix des équipements CVCA. Ils n'ont pas force de loi au Québec.

Au Québec, ces exigences minimales sont plutôt définies dans le "Règlement sur l'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments".

Source : « [Guide de conception d'un bâtiment performant](#) », Gouvernement du Québec (2016).

Les unités de toiture sont assujetties au « Règlement sur l'efficacité énergétique du Canada ». En particulier, des performances minimales de refroidissement (EER) sont exigées. Ce sont aux manufacturiers de répondre aux normes d'efficacité énergétique.

Le Canada a des objectifs ambitieux en matière de chauffage pour le futur : exiger une efficacité de chauffage supérieure à 100 % d'ici 2035. Autrement dit, la technologie de thermopompage deviendra la norme.

Source : « [Stratégies de transformation du marché pour l'équipement consommateur d'énergie dans le secteur du bâtiment](#) » - Conférence des ministres de l'Énergie et des Mines, août 2017.

Ressources Naturelles Canada offre un [outil de recherche](#) et de comparaison permettant de trouver les modèles d'unités de toiture les plus éconergétiques sur le marché.

La certification Energy Star est un gage de haute efficacité, et propose également un [outil de recherche](#).

1.4 Les mesures d'efficacité énergétique

Comment réduire la consommation liée à la ventilation?

En premier lieu, il s'agit de bien définir les besoins pour ne pas avoir une unité surdimensionnée par rapport aux besoins réels (voir section *Évaluation des besoins*).

Une unité de toiture sera dimensionnée pour répondre aux besoins lors des journées les plus critiques (journée la plus froide de l'hiver, ou la plus chaude de l'été). Or, la majeure partie de l'année, l'unité opérera à charge partielle. Opter pour un ventilateur à débit variable avec **variateur de fréquence** permettra d'ajuster la vitesse du ventilateur selon les besoins, et ainsi réduire sa consommation énergétique. Par contre, attention au givre à bas débit. Un compresseur digital variable ou une dérivation de gaz chaud ainsi que des modifications à la distribution d'air pourraient toutefois être requises (voir section *Les gammes d'équipements*).

Comment réduire la consommation liée au chauffage?

Puisque l'unité se situe au toit, la qualité de sa construction devient primordiale afin de limiter les pertes de chaleur en hiver : isolation des parois, étanchéité des volets (voir section *Les gammes d'équipements*).



Lorsque possible, un certain zonage du bâtiment sera réalisé pour que l'unité puisse desservir des zones avec des besoins relativement similaires, par exemple des zones intérieures climatisées à l'année (voir section *Évaluation des besoins*).

Des options sont maintenant facilement accessibles pour améliorer la performance en chauffage, tels que les thermopompes ou encore la récupération de chaleur (voir section *Les gammes d'équipements*).

Comment réduire la consommation liée au refroidissement?

En premier lieu, la capacité de l'unité à opérer en mode de refroidissement gratuit permettra d'éviter l'utilisation du refroidissement mécanique l'hiver et en mi-saison (voir section *Les contrôles*).

Le choix d'une unité de toiture performante en refroidissement (EER, IEER élevés) est également primordial.

D'autres options sont disponibles, tels que les compresseurs à vitesse variable (voir section *Les gammes d'équipements*).

Comment réduire la consommation liée à l'opération?

Une fois les équipements les plus performants choisis, la consommation de l'unité sera fortement liée à son opération : choisir la bonne stratégie de contrôle permettra d'atteindre une excellente performance énergétique.

Il est important de noter que l'opération d'une unité de toiture aura un impact sur les autres systèmes et donc sur la consommation énergétique globale du bâtiment : plinthes électriques au périmètre, réchauffe terminale, humidification, infiltrations d'air, etc.

De multiples options et stratégies de contrôle existent, celles-ci sont présentées à la section *Les contrôles*. Citons par exemple : le recul nocturne, le mode « optimum start » ou encore la ventilation à la demande pour l'apport d'air frais.

2 Investissement

2.1 Le coût total propriété

Le coût total de propriété (CTP) est un outil d'analyse qui permet de comparer plusieurs options. Le CTP est la somme des coûts et/ou économies générés par un projet ou un équipement sur la durée de vie dudit équipement. Il existe deux méthodes pour calculer le CTP : la méthode par formule (plus simple à utiliser) et la méthode des flux monétaires (plus complexe, mais plus précise). Le calcul du CTP se fait sur une période temps qui correspond à la durée de vie attendue du type d'équipement ou de projet. Pour des unités de toit, il est recommandé de faire l'étude sur 15 ans.

Les éléments suivants sont à prendre en considération :

Coût de début et fin de projet

Ces coûts ne se matérialisent qu'une seule fois au cours de la période d'étude.

Coûts initiaux : incluant le coût d'acquisition et d'installation de l'équipement, et si applicable, les honoraires professionnels de conception du projet, les frais de gestion pour la construction, les coûts de permis de construction, le financement du projet, etc. Idéalement, les coûts initiaux doivent aussi inclure la valeur résiduelle de l'équipement qui est remplacé par le nouvel équipement si l'ancien équipement n'a pas encore été amorti.

Coûts finaux : incluant le coût de démantèlement et de disposition de l'équipement à la fin de sa vie utile.

Valeur résiduelle : si applicable à la fin de la période d'étude.

Coûts opérations et de maintenance

Ces coûts sont récurrents et annuels.

Coûts de réparation et d'entretien : incluant l'entretien planifié ainsi que les réparations à la suite de pannes/fautes.

Coût d'énergie : incluant les annuels d'énergie pour opérer l'équipement. Pour le Québec, ces coûts incluent aussi le coût d'émission de carbone (contribution au Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission du Québec).

Autres coûts récurrents : tels que la consommation d'eau pour humidification dans les municipalités où applicables, la location d'équipement, les coûts de licences annuelles pour les logiciels si applicables, etc.



Coûts de recapitalisation (possiblement plusieurs fois sur la période d'étude)

Ces coûts peuvent se matérialiser plusieurs fois sur la période d'étude.

Si la durée de vie de l'équipement ou de certaines composantes de l'équipement est moindre que la période d'étude, il faut inclure le coût de remplacement de ces composantes dans le calcul du CTP.

Unité A

▪ Coût initial :	10 000 \$
▪ Coûts O&M annuels :	500 \$ * 15 ans
▪ Coûts énergie annuels :	1 000 \$ * 15 ans
▪ Valeur résiduelle après 15 ans :	0 \$
▪ Coût de disposition :	1 000 \$

Unité B

▪ Coût initial :	15 000 \$
▪ Coûts O&M annuels :	500 \$ * 15 ans
▪ Coûts énergie annuels :	500 \$ * 15 ans
▪ Valeur résiduelle après 15 ans :	0 \$
▪ Coût de disposition :	1 000 \$

Le CTP sur 15 ans de l'Unité A est 33 500 \$ et celui de l'Unité B est 31 000 \$. L'Unité B serait donc un choix plus judicieux basé sur l'analyse du coût total de propriété.

Note 1 :

Plusieurs outils existent pour calculer le coût total de propriété (Total Cost of Ownership en anglais). Ces outils utilisent souvent le terme d'analyse de cycle de vie (Life Cycle Analysis ou Life Cycle Cost Analysis en anglais).

Note 2 :

Pour une étude plus approfondie, on peut utiliser le taux d'inflation pour calculer les futurs coûts d'énergie et de maintenance ainsi que le taux d'actualisation pour calculer la valeur actualisée nette des différents coûts et/ou économies.



2.2 Rénover ou remplacer les unités?

Choix

- La valorisation d'un choix par la validation des faits dans un but de maintien d'actif correspond à du développement durable, d'une connaissance apparente et d'une conscience environnementale.

Comparaison dans un même état d'âge un remplacement

- Déterminer avec les efforts qui seront exécutés si l'actif dans un monde absolu serait fonctionnel, et performant selon lequel il a été conçu et s'il répond au besoin du moment;
- L'ajout ou une modification à une installation peut combler la différence anticipée;
- Déterminer les impacts directs et collatéraux les conséquences positives et négatives d'un remplacement d'actif sur l'environnement, l'énergie, l'entretien, l'installation, le transport et la fabrication.

Analyse sans condition des faits

- Évaluer l'actif existant dans un monde absolu;
- La durée de vie apparente;
- Les entretiens;
- Les investissements et dépenses directs et collatérales;
- La consommation d'énergie;
- Évaluer le nouvel actif dans un monde futur;
- La durée de vie potentielle.

Évaluation de l'audit

- Performance;
- Comparer et évaluer les données du manufacturier avec le résultat des lectures prélevées;
- Comparer et évaluer le résultat des lectures avec les conditions de départ;
- Comparer et évaluer le résultat des lectures avec les conditions existantes;
- L'utilisation de tableau de mise en fonction (marche) du manufacturier ou dédié couvre les données de lecture et d'observation de l'actif.



Évaluation de l'audit (objectivement)

- Condition des composantes mineures et majeures;
- Vérifier et évaluer techniquement chacune des composantes;
- Pour mettre en condition ou remplacer;
- Estimer les montants réels des efforts à appliquer;
- Estimer apparent la durée de vie de chacun des composants;
- Établir objectivement par rapport aux faits une appréciation de l'état des composants dans un but de maintien d'actif, de développement durable et d'écologie;
- Condition structurale;
- Vérifier et évaluer la condition de chacun des supports des composants mineur et majeur;
- Vérifier et évaluer la condition de chacune des surfaces intérieures;
- Établir objectivement par rapport aux faits une appréciation de l'état des structures dans un but de maintien d'actif, de développement durable et d'écologie;
- Condition de l'enveloppe;
- Vérifier et évaluer la condition des joints d'assemblage;
- Vérifier et évaluer la condition des surfaces;
- Vérifier et évaluer la condition du protecteur de surfaces.

Audit de condition

- Comparaison dans un même état d'âge un remplacement;
- Condition, performance, entretien, tolérance;
- Analyse sans condition des faits;
- Performance;
- Condition des composantes;
- Majeures;
- Mineures;
- Condition structurale;
- Condition de l'enveloppe.



PHASE 2

Introduction à un choix

- Appareil neuf fragile, intolérant :
 - ✓ Besoin de plus d'attention;
 - ✓ Durée de vie courte;
 - ✓ Performance éphémère.
- Appareil vieux solide, tolérant, amorti :
 - ✓ Preuve d'une grande durée de vie;
 - ✓ Améliorer = extension de durée de vie;
 - ✓ Performance connue.

Les impacts directs d'un Remplacement

- Inspection et étude des faits;
- Consultation et validation de l'installation;
- Fabrication et achat de l'appareil et composants secondaires;
- Disposition du vieil appareil et composants secondaires;
- Amélioration indirecte (tant qu'à faire aménagement, etc.);
- Ajustement et validation de l'installation;
- Nouvelle culture d'entretiens;
- Augmentation des frais d'exploitation.

Les impacts directs d'une Réhabilitation

- Inspection et étude des faits;
- Nettoyage complet de l'appareil;
- Remplacement de composants en fin de vie utile (si requis);
- Amélioration technologique (si requis);
- Remplacement du réfrigérant (si requis);
- Ajustement et validation des réparations;
- Nouvelle culture d'entretiens;
- Réduction frais d'exploitation.

Les impacts monétaires Réhabilitation

- Appareil amorti (payé);
- Honoraire d'entreprises de services;
- Hygiène & salubrité (équipement & distribution);
- Composantes majeures & disposition (si requis);
- Mise à niveau (si requis);
- Subventions pour des mesures d'efficacité énergétique;
- Optimisation des performances;
- Pertes d'argent minimum dues aux profits des intervenants.

Les impacts monétaires Remplacement

- Honoraires d'entreprises de services;
- Honoraires professionnels;
- Subventions pour des mesures d'efficacité énergétique;
- Achat, installation & disposition de l'appareil et accessoires;
- Hygiène & salubrité (distribution);
- Réaménagement (si requis);
- Mise en marche, balancement et ajustements;
- Pertes d'argent maximum dues aux profits des intervenants.

Documentations de faits

- Rapport d'état visuel technique;
- Rapport de lecture d'opération;
- Évaluation de performance et comparaison :
 - ✓ Actuel & origine.
- Tableur des évidences :
 - ✓ Condition;
 - ✓ Performance & fonctionnement.
- Estimé des interventions :
 - ✓ Mise à niveau;
 - ✓ Amélioration.



Intérêts

Est-il vraiment nécessaire dans un intérêt économique global de faire des changements d'importances qui au bout du compte nous seul allons en payer le prix ou bien de faire avec et s'investir au maximum pour maintenir ce que l'on possède déjà dans la vie.

Conclusion

Il est important d'analyser toutes les possibilités, car le choix sera vécu par les occupants pour toute la durée de vie de l'équipement. La qualité des installations sera en doute s'il n'y a pas de surveillance et d'exigences, les économies d'énergie seront éphémères s'il n'y a pas de changement de paradigme dans les opérations et les entretiens.

Depuis quelques années les équipements ont une construction axée sur les performances et non sur la longévité et un manque d'attention réduira fortement la durée de vie potentielle.

Le coût total différentiel incluant les subventions entre le remplacement et la mise à niveau doit tenir compte aussi des effets indirects sur toute la période de durée de vie de l'appareil.

Il est très difficile de faire un cas de figure, car chaque équipement étant même jumeau ne représente pas les mêmes faits. Le choix de l'équipement initialement a été fait selon l'environnement qu'il dessert, donc l'analyse doit se faire de même.

Le choix final devra être validé par de la documentation de faits pour que les actions ne puissent-être contestées dans le futur.



ÉVALUATION DE L'APPAREIL SUR UNE BASE DE 7 ANS

20%	ENVELOPPE	4%	ENVELOPPE		
25%	STRUCTURE INTERNE	8%	STRUCTURE INTERNE	1	CONDAMNER
30%	COMPOSANTES MAÎTRESSES	30%	COMPOSANTES MAÎTRESSES	2	MET EN DANGER
5%	COMPOSANTES SECONDAIRES	17%	COMPOSANTES SECONDAIRES	3	POINT DE NON RETOUR
1%	COMPOSANTES MINEURES	20%	COMPOSANTES MINEURES	4	INTERVENTION IMMÉDIATE
				5	INTERVENTION COURT TERME
				6	MINIABLE
				7	BASSE
				8	MOYENNE
				9	Haute
				10	EXCELLENTE

© ALLBINC-2019, Tous droits réservés.

81% CONDITION

ENVELOPPE	
8	-PEINTURE
5	-PAROIS, JOINTS
9	-BASE / STRUCTURE
9	-PORTE D'ACCÈS
5	-VIS ET ÉTANCHÉITÉ
STRUCTURE INTERNE	
10	-PLANCHER / BASE
10	-MONTANT / STRUCTURE
10	-PAROIS INTERNE
10	-PLAFOND
5	-ISOLATION
COMPOSANTES MAÎTRESSES	
8	-SERPENTIN(S) INTÉRIEUR
9	-COMPRESSEUR(S)
9	-VENTILATEUR D'ALIMENTATION / RETOUR
8	-ÉCHANGEUR DE CHALEUR (GAZ)
5	-SERPENTIN DU CONDENSEUR
COMPOSANTES SECONDAIRES	
9	-TUYAUTERIE DE RÉFRIGÉRATION & COMP
9	-VENTILATEUR(S) CONDENSEUR
7	-SERPENTIN ÉLECTRIQUE
9	-COMPOSANTES DE CONTRÔLES
9	-PANNE DE CONDENSATION
COMPOSANTES MINEURES	
7	-VOLETS MOTORISÉS
5	-CÂBLAGES ÉLECTRIQUES & CONTRÔLES
10	-COMPOSANTES ÉLECTRIQUES
10	-MOTEUR(S)

78% PERFORMANCE & FONCTIONNEMENT

ENVELOPPE	
10	-PEINTURE
5	-PAROIS, JOINTS
10	-BASE / STRUCTURE
9	-PORTE D'ACCÈS
7	-VIS ET ÉTANCHÉITÉ
STRUCTURE INTERNE	
10	-PLANCHER / BASE
10	-MONTANT / STRUCTURE
10	-PAROIS INTERNE
10	-PLAFOND
5	-ISOLATION
COMPOSANTES MAÎTRESSES	
7	-SERPENTIN(S) INTÉRIEUR
8	-COMPRESSEUR(S)
10	-VENTILATEUR D'ALIMENTATION / RETOUR
8	-ÉCHANGEUR DE CHALEUR (GAZ)
7	-SERPENTIN DU CONDENSEUR
COMPOSANTES SECONDAIRES	
10	-TUYAUTERIE DE RÉFRIGÉRATION & COMPOSANTE
10	-VENTILATEUR(S) CONDENSEUR
8	-SERPENTIN ÉLECTRIQUE
7	-COMPOSANTES DE CONTRÔLES
9	-PANNE DE CONDENSATION
COMPOSANTES MINEURES	
8	-VOLETS MOTORISÉS
10	-CÂBLAGES ÉLECTRIQUES & CONTRÔLES
10	-COMPOSANTES ÉLECTRIQUES
10	-MOTEUR(S)

© ALLBINC-2019, Tous droits réservés.

NOM :	AC-81
TYPE :	
MARQUE :	UIOP
MODÈLE :	8876
SÉRIE :	
VERSION :	
ANNÉE INSTALLATION :	1996
SOURCE ÉNERGIE #1 :	
ALIMENTATION :	
SOURCE ÉNERGIE #2 :	
ALIMENTATION :	
SOURCE ÉNERGIE #3 :	
ALIMENTATION :	

ANNÉE INSTALLATION : 1996	ANNÉE DE CALCUL : 2018
DURÉE DE VIE THÉORIQUE : 25	DURÉE DE VIE RÉSIDUELLE THÉORIQUE : 3
DURÉE DE VIE POTENTIELLE CONDITION PHYSIQUE : 6,125	DURÉE DE VIE RÉSIDUELLE PERFORMANCE & FONCTIONNEMENT : 9,1875



ÉVALUATION DE L'APPAREIL SUR UNE BASE DE 7 ANS

18% ENVELOPPE	4% ENVELOPPE	1 COINÇAMINER	6 MINIMALE
26% STRUCTURE INTERNE	6% STRUCTURE INTERNE	2 MET EN BANGER	7 BASSE
20% COMPOSANTES MAÎTRESSES	30% COMPOSANTES MAÎTRESSES	3 POINT DE NON RETOUR	8 MOYENNE
17% COMPOSANTES SECONDAIRES	17% COMPOSANTES SECONDAIRES	4 INTERVENTION IMMÉDIATE	9 HAUTE
2% COMPOSANTES MINEURES	20% COMPOSANTES MINEURES	5 INTERVENTION COURT TERME	10 EXCELLENTE

81% CONDITION

5	-PEINTURE
6	-PAROIS, JOINTS
9	-BASE / STRUCTURE
9	-PORTE D'ACCÈS
5	-VIS ET ÉTANCHÉITÉ

STRUCTURE INTERNE

10	-PLANCHER / BASE
10	-MONTANT / STRUCTURE
10	-PAROIS INTERNE
10	-PLAFOND
6	-ISOLATION

COMPOSANTES MAÎTRESSES

8	-SERPENTIN(S) INTÉRIEUR
9	-COMPRESSEUR(S)
9	-VENTILATEUR D'ALIMENTATION / RETOUR
8	-ÉCHANGEUR DE CHALEUR (GAZ)
5	-SERPENTIN DU CONDENSEUR

COMPOSANTES SECONDAIRES

9	-TUYAUTERIE DE RÉFRIGÉRATION & COMP
9	-VENTILATEUR(S) CONDENSEUR
7	-SERPENTIN ÉLECTRIQUE
9	-COMPOSANTES DE CONTRÔLES
9	-PANNE DE CONDENSATION

COMPOSANTES MINEURES

7	-VOLETS MOTORISÉS
5	-CÂBLAGES ÉLECTRIQUES & CONTRÔLES
10	-COMPOSANTES ÉLECTRIQUES
10	-MOTEUR(S)

78% PERFORMANCE & FONCTIONNEMENT

10	-PEINTURE
5	-PAROIS, JOINTS
10	-BASE / STRUCTURE
9	-PORTE D'ACCÈS
7	-VIS ET ÉTANCHÉITÉ

STRUCTURE INTERNE

10	-PLANCHER / BASE
10	-MONTANT / STRUCTURE
10	-PAROIS INTERNE
10	-PLAFOND
6	-ISOLATION

COMPOSANTES MAÎTRESSES

7	-SERPENTIN(S) INTÉRIEUR
8	-COMPRESSEUR(S)
10	-VENTILATEUR D'ALIMENTATION / RETOUR
8	-ÉCHANGEUR DE CHALEUR (GAZ)
7	-SERPENTIN DU CONDENSEUR

COMPOSANTES SECONDAIRES

10	-TUYAUTERIE DE RÉFRIGÉRATION & COMPOSANTE
10	-VENTILATEUR(S) CONDENSEUR
8	-SERPENTIN ÉLECTRIQUE
7	-COMPOSANTES DE CONTRÔLES
9	-PANNE DE CONDENSATION

COMPOSANTES MINEURES

6	-VOLETS MOTORISÉS
10	-CÂBLAGES ÉLECTRIQUES & CONTRÔLES
10	-COMPOSANTES ÉLECTRIQUES
10	-MOTEUR(S)

CALLBINC-2010, Tous droits réservés.

NOM :	AC-41	
TYPE :		
MARQUE :	UIOP	
MODÈLE :	9876	
SÉRIE :		
VERSION :		
ANNÉE INSTALLATION :	1996	
SOURCE ÉNERGIE #1 :		
ALIMENTATION :		
SOURCE ÉNERGIE #2 :		
ALIMENTATION :		
SOURCE ÉNERGIE #3 :		
ALIMENTATION :		

ANNÉE INSTALLATION :	1996	ANNÉE DE CALCUL :	2018
DURÉE DE VIE THÉORIQUE :	25	DURÉE DE VIE RÉSIDUELLE THÉORIQUE :	3

DURÉE DE VIE POTENTIELLE CONDITION PHYSIQUE :	6,125	DURÉE DE VIE RÉSIDUELLE PERFORMANCE & FONCTIONNEMENT :	9,1875
---	-------	--	--------



Client :

(0125)_ ID :	Tj Ext. :	*
(AV 102)_ TAG / No :	Tj Int. :	*
Localisation :	% Hr. :	*

Environnement 1 @ 5 1 = Excellent, 5 = Très Mauvais

Cabinet / Peinture	*	Condition /	*	/	Condition
Base / Suspension	*	Condition /	*	/	Condition
Joints / Raccords	*	Condition /	*	/	Condition
Portes d'accès / Ouvertures	*	Condition /	*	/	Condition
Capotin / Persienne / Grillage	*	Condition /	*	/	Condition
PROPRETÉ, DU LIEU	*	Condition	*		

Transporteur (Air/Eau)

Courroie(s)	*	Tension/Fendue			
Poulies	*	Condition			
Roulements (bearing)	*	Condition	*		Lubrification
Roue / Hélice / Impeller	*	Condition	*		Condition
Ressorts (Air/Sol)	*	Condition	*		Condition
Joints Flexible	*	Condition	*		Condition

Moteur 1

LECTURE	L1	L2	L3		
---------	----	----	----	--	--

Moteur 2

LECTURE	L1	L2	L3		
---------	----	----	----	--	--

Volets / Valves

Volet (s) Manuel / Motorisé	*				Lubrification
Valve (s) Manuel / Motorisé	*				Lubrification

Serpentin (S)

Refroidissement DX	*	Condition	*		Delta Tj
Condenseur	*	Condition	*		Delta Tj
Chauffage (EAU)	*	Condition	*		Delta Tj
Température Réseau	*	Tj IN	*		Tj OUT
Refroidissement (EAU)	*	Condition	*		Delta Tj
Température Réseau No1	*	Tj IN	*		Tj OUT
Temp. Réseau No2 (changeur)	*	Tj IN	*		Tj OUT

Chauffage

Électrique	*	Condition	*		Delta Tj
LECTURE	L1	L2	L3		Ampérage
Gaz	*	Condition	*		Delta Tj
LECTURE		Pression PSI	*		Pression W/C
Air pour la combustion	*	Condition			
Power Exhaust	*	Condition			

Commande électrique

Disjoncteur	*	Condition	*		Bornier (s)
Contacteur	*	Condition	*		Bornier (s)
LECTURE	L1	L2	L3		Ampérage
Surcharge (overload) moteur	*	Ajustement	*		Bornier (s)
Fusible (s)	*	Condition	*		Bornier (s)
Borniers électriques	*	Condition			

Contrôles

Thermostat	*	Condition	*		Ajustement
Contrôleur (s)	*	Condition	*		Ajustement
Sonde de température (s)	*	Condition	*		Ajustement

Réfrigération

LECTURE					
Compresseur #1	L1	L2	L3		Ampérage
Pression	psic	psuc			PSI
Température d'opération	psic	psuc			Température
Compresseur #2	L1	L2	L3		Ampérage
Pression	psic	psuc			PSI
Température d'opération	psic	psuc			Température

Commentaires / Recommendations :

1	*	*	*	*	*	*	*
---	---	---	---	---	---	---	---

Date: _____

Signature: _____

**Démonstrateur tableau de lecture
Mise en marche / entretien**

ACCEPTIONS LES AMÉLIORATIONS

TABLEAU DE LECTURE GÉNÉRAL

TELEGRAPAL-10030

(c)ALLBinc_2018, Tous droits réservés

3 Les différentes applications

Tout bâtiment ayant besoin d'un niveau de confort parce que des personnes y travaillent ou ayant besoin de conditions climatiques adaptées une activité particulière, se doit d'avoir un système de climatisation. Lorsqu'il est question de grands édifices à bureaux, on parle souvent de système central, mais dans plusieurs autres applications, les propriétaires et professionnels peuvent aller de l'avant avec des appareils monobloc en toiture de type « Rooftop ». Ceci est sans compter que plusieurs de ce type d'appareils sont déjà installés et se prêtent bien à un remplacement.

(SOURCE : BOMA)

3.1 Immeubles de bureaux

La majorité des équipements de ce type se retrouvent dans les édifices à bureaux de petite et moyenne envergure. Sans avancer de critère spécifique, on parle ici d'applications 1 ou 2 étages par exemple des condominiums commerciaux avec un nombre réduit de zones et une occupation seulement durant les heures de travail.

3.2 Commerces de détail

Commerce de détail ouvert

Fait référence à des configurations où il n'y a pas d'espace commun à l'intérieur, et les magasins s'il y en a plusieurs ne sont pas reliés. Une seule zone sur un étage ou deux sont bien adaptés à une unité monobloc. Si l'espace demande des besoins de réfrigération ou chauffage particuliers pour les produits et services, ceux-ci devraient être traités de manière distincte. Dans ce type d'application, une seule unité en toiture par commerce est habituellement utilisée.

3.3 Écoles/Lieux de formation (densité élevée de personnes)

Dans des environnements de formation à haute densité de personnes ou des établissements scolaires qui requièrent de la climatisation, une unité en toiture peut s'avérer une des options pour adresser une ou des zones spécifiques ainsi que pour l'apport de chauffage.



4 Évaluations des besoins et contraintes du site

Attention au change pour change car les conditions de charges internes du bâtiment ont pu changer au cours des années.

4.1 Climatisation requise

Les unités de climatisation au toit sont, à la base, des systèmes permettant de fournir de l'air climatisé à la zone alimentée. Il est donc entendu que les secteurs desservis par ces unités requièrent de la climatisation. De manière générale, les fabricants classent les unités de toiture en fonction de leur capacité de refroidissement, en tonnes (une tonne de refroidissement correspond à une puissance de refroidissement de 12 000 Btu/h ou 3,5 kW). Le standard de l'industrie est de considérer un débit d'alimentation nominal correspondant à 400 pieds cubes d'air à la minute (pcm) par tonne de refroidissement, ce qui convient généralement pour le ratio de charge sensible (la chaleur « sèche » provenant notamment des occupants, des ordinateurs, de l'éclairage, etc.) et de charge latente (la chaleur « humide » provenant des occupants, de sources d'humidité, etc.) de bâtiments commerciaux standards. Une unité de 5 tonnes aura donc un débit d'alimentation nominal de 2 000 pcm. Il est important de noter que le débit réel de votre système pourra être différent de ce standard si le ratio sensible/latent est atypique ou selon la conception de votre réseau de distribution d'air.

Lors du remplacement d'une unité au toit, il importe de se poser les questions suivantes afin de vérifier s'il y a lieu de revoir la capacité de climatisation de l'unité au toit avant de procéder à son remplacement :

- Est-ce que la fonction des locaux desservis a changé? Par exemple, est-ce qu'un secteur de bureaux a été converti en salle de conférence ou en cafétéria?
- Est-ce que la densité d'occupation a changé? Par exemple, est-ce que des bureaux fermés ont été démolis pour aménager des bureaux en aire ouverte?
- Est-ce que le dégagement de chaleur des appareils (ordinateurs, appareils électroniques, serveurs, etc.) a changé?
- Est-ce que l'éclairage a été remplacé par de l'éclairage efficace? Par exemple, est-ce qu'un remplacement de luminaires fluorescents par des luminaires aux DEL a été effectué?
- Est-ce que de l'inconfort était vécu avec l'unité existante?

Tout changement aux paramètres ci-dessus est susceptible de modifier le choix de l'unité au toit qui sera optimale pour l'application. Même s'il n'y a pas eu de changement, rien n'indique que l'unité existante était correctement dimensionnée pour l'application. Ainsi, il est toujours souhaitable de faire effectuer un calcul de charge par un professionnel, afin d'éviter le sous-dimensionnement ou le surdimensionnement de l'unité.

4.2 Chauffage requis

Comme mentionné ci-dessus, les unités de climatisation au toit fournissent forcément de la climatisation. Toutefois, ce ne sont pas toutes ces unités qui fournissent du chauffage. En effet, la présence d'un système de chauffage au sein de l'unité dépend de la configuration et du rôle du système dans le bâtiment.

Il est possible que l'unité en toiture ne soit pas munie d'un brûleur au gaz naturel ou d'un serpentin électrique si l'une ou plusieurs des conditions ci-dessous prévalent :

- Lorsque la zone alimentée est munie d'appareils de chauffage périmétrique, comme des plinthes ou des convecteurs;
- Lorsqu'il y a de la réchauffe terminale dans les locaux alimentés (serpentins électriques ou à l'eau chaude dans la gaine d'alimentation);
- Lorsque le taux d'air frais admis par l'unité de climatisation en toiture est très faible. Lorsque c'est le cas, la température du mélange d'air neuf et d'air de retour est suffisamment élevée pour être alimentée dans le bâtiment sans être chauffée.

À l'inverse, on retrouve fréquemment un système de chauffage au sein de l'unité lorsque l'une ou plusieurs des conditions ci-dessous prévalent :

- Lorsque l'unité alimente une seule zone et prend en charge le chauffage périmétrique de cette zone;
- Lorsque l'unité de climatisation en toiture admet un taux d'air frais suffisamment important pour que le mélange d'air neuf et d'air de retour doive être chauffé avant d'être alimenté dans le bâtiment.

La capacité de chauffage sera déterminée en fonction du débit d'air d'alimentation de l'unité, de la température minimum de mélange (elle-même dépendante du taux d'air neuf lorsque la température extérieure est à sa condition de design d'hiver) et de la température d'alimentation requise pour l'application.

4.3 Humidification requise

Dans la majorité des applications, de l'humidification sera requise, mais n'est jamais installée dans les unités de toit, mais dans les gaines d'alimentation à l'intérieur des bâtiments. La localisation de cet humidificateur peut rendre son entretien complexe.

4.4 Air neuf requis

L'air neuf qui est admis par l'unité de climatisation en toiture sert principalement à deux usages :

- Compenser l'air évacué par les ventilateurs d'évacuation, tels que les évacuateurs de toilettes, les hottes de cuisine, les conciergeries, etc. On cherche ainsi à éviter de mettre le bâtiment en pression négative par rapport à l'extérieur, ce qui favoriserait l'infiltration d'air par les murs extérieurs, ce qui peut causer de l'inconfort et endommager l'enveloppe du bâtiment.

- Fournir l'air neuf requis pour maintenir la qualité de l'air intérieur en fonction de l'occupation du bâtiment.

Les exigences en matière de qualité d'air sont énoncées dans la norme ASHRAE 62.1. Les exigences de cette norme font partie des exigences du Code de Construction du Québec et doivent donc être respectées pour qu'un bâtiment soit conforme.

Il faut savoir que le taux d'air neuf minimum qu'on pourra admettre dans le bâtiment sera au minimum égal au débit qu'on doit évacuer par les différents ventilateurs d'évacuation. Il faut aussi effectuer un calcul selon les valeurs des tableaux inclus dans la norme ASHRAE 62.1. Le débit calculé tient ainsi compte du nombre d'occupants dans la zone, ainsi que de sa superficie. Par exemple, un local servant de bureau devra être alimenté en air neuf à raison de 5 pcm par occupant et 0,06 pcm par pied carré. Le débit d'air neuf alimenté par l'unité de climatisation sera la plus grande des valeurs entre le calcul ASHRAE et le débit d'air évacué à compenser.

Il est également possible de moduler le taux d'air neuf en fonction de l'occupation du bâtiment, par l'installation de sondes de dioxyde de carbone (CO₂), par exemple. Ces sondes pourront permettre de réduire le débit d'air frais qui est admis pour les occupants. Toutefois, si le débit d'air neuf est dicté par le débit d'air évacué à compenser, ces sondes ne seront d'aucune utilité, car on ne pourra pas diminuer le débit d'air frais. Il faut donc réaliser les calculs avant d'implanter ce type de dispositif, sans quoi l'investissement n'aura aucune rentabilité.

4.5 Confort

La notion de confort est importante, particulièrement en fonction de la vocation des locaux alimentés par l'unité au toit. On doit se poser les questions suivantes :

- Est-ce l'unité de climatisation qui assure le contrôle complet de la température ambiante de la zone alimentée? Est-ce que d'autres dispositifs y contribuent également, tels que des unités terminales avec des serpentins de réchauffe, des plinthes ou des convecteurs?
- Comment est contrôlée la température dans les locaux? Est-ce que tous les systèmes agissent indépendamment ou en séquence? Est-ce qu'il y a un contrôle de température par pièce ou est-ce qu'il n'y a qu'un seul thermostat pour toute la zone?
- Quelle est la vocation de la zone desservie par l'unité de climatisation? Est-ce que des fluctuations de température sont acceptables ou est-ce que cela mettra en péril le confort des occupants? Par exemple, un bureau où tous les travailleurs sont assis en permanence devra avoir des conditions plus stables qu'un espace d'entreposage généralement inoccupé.

Les réponses à ces questions devront faire partie de la réflexion avec le concepteur et le fournisseur de l'unité, afin de faire les meilleurs choix possibles.



4.6 Zonage

L'unité de climatisation peut alimenter un ou plusieurs locaux. Si elle n'alimente qu'un local, on parlera d'une application monozone. Pour ce type d'application, l'unité sera souvent la seule source de climatisation et de chauffage pour la zone.

Lorsque l'unité alimente plusieurs locaux, il existe plusieurs configurations possibles pour maintenir les conditions dans tous les locaux :

- L'unité alimente plusieurs locaux, mais il n'y a aucun contrôle terminal du débit ou de la température de l'air alimenté. Généralement, l'unité sera alors contrôlée par un seul thermostat localisé dans l'un des locaux alimentés. Ce type de système ne permet pas de contrôler les conditions dans tous les locaux et donne le moins bon niveau de confort.
- L'unité alimente plusieurs locaux et il y a des unités terminales qui permettent de moduler le débit alimenté dans les locaux. Ces unités terminales peuvent être de différents types et être ou non munies de serpentins de réchauffe électriques ou à l'eau chaude. La présence d'unités terminales peut indiquer que l'unité de climatisation fonctionne à débit variable, mais ce n'est pas toujours le cas. Certaines unités ne font que rediriger l'air alimenté vers le retour d'air pour le retourner à l'unité de climatisation sans qu'il soit alimenté dans la zone (« bypass »). Cette application s'assortit de thermostats dans tous les locaux et permet de maintenir un bon niveau de confort. Selon le type d'unités terminales, la performance énergétique peut être bonne ou mauvaise.
- Dans certains cas, il n'y aura pas d'unité terminale, mais seulement des serpentins de réchauffe. Dans ce cas, l'unité de climatisation fonctionne à débit constant et le serpentin de réchauffe module pour éviter de surclimatiser le local. Cette configuration permet beaucoup de climatisation et de chauffage simultané et est peu efficace.

Le type de zonage qui prévaut dans votre bâtiment influencera grandement les options de l'unité de climatisation qui sera sélectionnée et il est important d'en discuter avec le concepteur et le fournisseur.

4.7 Disponibilité de la source d'énergie, Gaz et électricité

4.7.1 *Gaz naturel*

Que ce soit pour un remplacement, pour un ajout à un bâtiment existant ou pour une nouvelle installation, le choix du gaz naturel est une option à votre projet. Dans chacun des cas, il y a des points à considérer et la première étape est de communiquer avec Énergir. Cela vous permettra de :

- Mieux connaître les aides financières offertes par Énergir;
- Mieux coordonner les travaux de raccordement au réseau gazier;
- Bénéficier du chauffage de construction au prix le plus compétitif sur le marché;
- Connaître rapidement tous les aspects techniques ou économiques du gaz naturel;
- Vérifier la proximité du réseau gazier.

Les informations suivantes sont nécessaires afin de bien cibler vos besoins:

- Adresse du bâtiment, nom du propriétaire et son numéro de téléphone;
- Pression de gaz (kPa) requise par les appareils;
- Appareils installés et consommation totale (BTU/h ou m³ /h);
- Localisation ou positionnement souhaité pour le branchement d'immeuble;
- Date de mise en service du gaz naturel.

.1 Branchement de votre bâtiment au réseau gazier

Avez-vous accès au gaz naturel

Votre entreprise doit être située à proximité du réseau gazier souterrain pour pouvoir s'y connecter. Autrement, elle doit répondre à certains critères bien définis si le branchement nécessite une extension du réseau. Communiquez avec l'équipe bleue d'Énergir pour confirmer si le service est disponible à votre adresse.

Rencontre avec un Partenaire certifié en gaz naturel d'Énergir

Une fois la disponibilité du service confirmée, un entrepreneur plombier, partenaire certifié par Énergir, prendra contact avec vous pour fixer un rendez-vous. Au cours de cette rencontre, sans frais ni engagement, nous pourrions comprendre vos besoins, identifier la solution optimale et vous remettre une proposition



Branchement de l'édifice au réseau gazier

Les travaux de branchement sont réalisés par un entrepreneur général en construction mandaté et supervisé par Énergir. Lorsque les conditions du terrain le permettent, l'utilisation d'une torpille est privilégiée afin de limiter les travaux d'excavation. Une fois le branchement complété, le compteur est installé à l'intérieur d'une zone préférentielle située entre un et trois mètres de l'un des coins avant de l'immeuble. À partir du moment où vous signez votre contrat, il faut prévoir environ 6 semaines pour le raccordement de votre entreprise au réseau gazier.

Si votre volume annuel de consommation est supérieur à 10 950 m³ et que votre branchement respecte les standards, celui-ci sera totalement gratuit. Pour une consommation inférieure, le raccordement au réseau gazier pourrait engendrer des frais de 300 \$. Ceux-ci peuvent être payés en un seul versement ou être répartis sur votre facture de gaz naturel en 24 montants égaux sans intérêts.

Installation des appareils

Une fois le bâtiment connecté au réseau d'Énergir, le partenaire certifié procédera à l'installation de la tuyauterie de gaz naturel et de vos nouveaux appareils. Il vous expliquera également le fonctionnement de chacun. Par la suite, un technicien d'Énergir procédera à l'ouverture du compteur et s'assurera que les nouvelles installations sont sécuritaires.

- .2 Ajouter ou remplacer des appareils

Contacteur Énergir

Pour assurer le succès de votre prochain investissement ou achat d'appareil, contactez l'équipe bleue. Selon vos besoins, nous pourrions vous diriger vers un entrepreneur en chauffage, partenaire certifié par Énergir, qui sera en mesure d'effectuer les travaux d'installation de vos appareils.

Rencontre avec un Partenaire certifié en gaz naturel d'Énergir

Une fois la disponibilité du service confirmée, un entrepreneur plombier, partenaire certifié par Énergir, prendra contact avec vous pour fixer un rendez-vous. Au cours de cette rencontre, sans frais ni engagement, nous pourrions comprendre vos besoins, identifier la solution optimale et vous remettre une proposition

Installation des appareils

Lorsque vous aurez accepté la proposition, le partenaire certifié procédera à l'installation de vos nouveaux appareils et vous expliquera le fonctionnement de chacun. Par la suite, un technicien d'Énergir s'assurera que les nouvelles installations sont sécuritaires. Dès lors, vous commencez à rentabiliser votre décision.



4.8 Alimentation électrique disponible

On devra généralement choisir la tension de l'alimentation électrique de la nouvelle unité (208 V, 240 V, 600 V, etc.) en fonction de la tension alimentant l'unité qu'on remplace. Toutefois, si la distribution électrique est à proximité (par exemple, une salle électrique), il pourrait être envisageable de choisir une autre tension, mais ce choix ne peut pas être fait à la légère et devra être validé par un professionnel en fonction de la capacité électrique disponible dans le bâtiment et de la structure de la distribution électrique. Dans tous les cas, il est possible que l'unité de remplacement ait des besoins électriques différents de l'unité qu'elle remplace. Une validation est donc souhaitable, afin d'éviter des coûts inattendus.

Selon le même principe, il faut porter une attention particulière à la source d'énergie pour le chauffage, si l'unité en est munie. En effet, si le chauffage de l'unité existante est au gaz naturel, le choix d'une nouvelle unité avec du chauffage électrique aura un impact très important sur les conducteurs électriques et l'appareillage de distribution desservant l'unité et sur l'ensemble de la distribution électrique du bâtiment. À l'inverse, si le chauffage de l'unité existante est électrique, le choix d'une nouvelle unité avec du chauffage au gaz naturel devra obligatoirement être assorti d'une nouvelle alimentation en gaz naturel. De manière générale, on voudra maintenir la même source d'énergie pour le chauffage de l'unité de remplacement. Si on souhaite effectuer une conversion vers une autre source d'énergie, on fera appel à des professionnels, afin de déterminer l'étendue des travaux requis et les coûts associés.

4.9 Poids maximum permis

Le poids de l'unité de climatisation en toiture est supporté par la structure du toit du bâtiment. La structure a donc été dimensionnée par l'ingénieur pour tenir compte de ce poids. D'autres paramètres entrent également dans le calcul de l'ingénieur en structure, notamment la surcharge de neige susceptible de se produire contre les parois de l'unité.

Il faut donc s'assurer de connaître le poids et les dimensions de l'unité existante et de comparer ces paramètres avec ceux de l'unité de remplacement. Si des différences notables existent, il faudra faire appel à un ingénieur en structure, pour confirmer que la structure du bâtiment sera en mesure de supporter le poids de la nouvelle unité, ainsi que les surcharges de neige associées.

Annexe 1 | Arbre décisionnel pour remplacement en urgence ou remplacement planifié

5 Les gammes d'équipements et les options disponibles

5.1 Les gammes d'équipements disponibles

L'unité de toiture communément appelée *Rooftop* est un appareil monobloc servant à filtrer, climatiser et chauffer l'air extérieur qu'il distribue aux espaces occupés.

Même si ces appareils de type commercial sont assez économiques à l'achat en version de base, les manufacturiers ont développé, avec le temps, toute une gamme d'options pour les rendre mieux adaptés et intéressants pour une grande variété d'applications.

Nous allons commencer par tenter de segmenter les équipements en trois catégories avec un sommaire de leurs particularités respectives. Par la suite, nous allons détailler chacune des options pour assurer une meilleure compréhension.

5.1.1 Produits standards

Les produits dits standards disponibles sur le marché se retrouvent le plus souvent dans les capacités de 3 à 10 tonnes (1 tonne = 12 000 BTU_h de réfrigération). Leur construction sera plus simple, en acier galvanisé avec des niveaux d'isolation minimum (1/2").

Ils incluent les fonctions principales suivantes :

- Économiseur d'air à l'entrée selon l'orientation souhaitée;
- Section de filtres d'épaisseur maximum de 2";
- Chauffage électrique ou au gaz;
- Modulation du refroidissement par stages de compresseurs (1 ou 2, possiblement 3 pour 10 tonnes);
- Options électriques : sectionneur, prise d'entretien.

5.1.2 Produits intermédiaires

Sans statuer sur des valeurs définitives, on peut considérer que dans les capacités allant de 7,5 T à 25 T, la plupart des manufacturiers vont offrir des fonctionnalités et options additionnelles de par les plus grandes dimensions des unités et la nécessité d'avoir plus de modulation.

Les équipements vont inclure de la modulation sur le refroidissement et le chauffage, des caractéristiques permettant un meilleur balancement de l'air tel que des entraînements à fréquence variable sur le ventilateur. Au niveau de la construction, on notera une meilleure isolation et des matériaux plus durables sur certaines composantes tel que les serpentins et les échangeurs du brûleur au gaz. La modulation standard est généralement à 2 stages de 40% et 70%.

5.1.3 **Produits supérieurs**

Depuis quelques années, les manufacturiers ont commencé à intégrer de plus en plus de fonctions d'efficacité énergétique dans les produits disponibles commercialement sans être considérés des unités sur mesure. Les produits dits supérieurs se démarquent donc dans les fonctionnalités suivantes :

- Des niveaux d'efficacité très élevés à l'aide de compresseurs variables;
- Des entraînements à fréquence variable sur les ventilateurs d'alimentation et d'évacuation;
- Des options de récupération d'énergie par exemple avec roues thermiques;
- Plusieurs options de filtration;
- Niveau de construction permettant une meilleure valeur R d'isolation thermique;
- Niveaux sonores plus faibles;
- Des options de contrôle et de régulation beaucoup plus avancées;
- Des options permettant un niveau de confort plus avancé.

Dans cette catégorie d'équipements, les fonctionnalités accrues seront offertes sur toute la plage des capacités. Il est donc fort probable de retrouver des unités sur le marché de même capacité, mais avec d'importants écarts sur les budgets selon le segment.

Conséquemment, pour la suite, il est important de mieux comprendre chacune des fonctionnalités et options

5.2 **Ventilation**

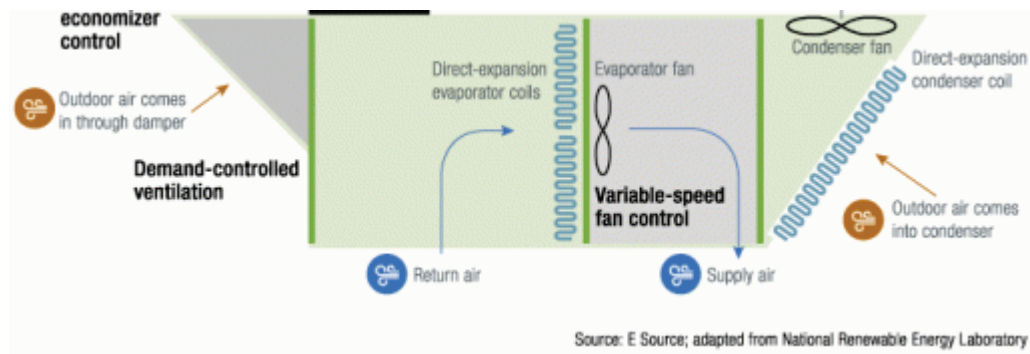
5.2.1 **Apport d'air neuf**

En étant muni d'une entrée d'air extérieur, l'unité en toiture sert aussi à apporter la quantité d'air neuf nécessaire à une bonne ventilation et/ou à faire de la dilution diminuant le pourcentage de contaminants se trouvant dans l'air à traiter.

L'entrée d'air est normalement dimensionnée pour être capable de livrer au besoin un pourcentage du débit en air extérieur (mode économiseur) pouvant aller jusqu'à 100 %.

Économiseur (0-100 %)

Le fonctionnement de l'économiseur fait partie intégrante du refroidissement de l'appareil et doit permettre de maintenir la température de l'air de décharge. Un contrôleur différentiel est habituellement fourni pour déterminer lorsque l'air extérieur est adéquat au fonctionnement en refroidissement gratuit. (Requis du Règlement sur l'Économie d'énergie dans les nouveaux Bâtiments – voir en référence.)



Plusieurs types de configuration sont possibles pour permettre les unités de s'adapter à chaque installation. Celles-ci comprennent différentes composantes décrites brièvement :

Entrée d'air

Un capotin d'air extérieur est installé en usine ou sur site. Plusieurs configurations sont disponibles si l'entrée d'air doit être combinée avec de l'évacuation.

Volets

L'unité peut inclure des volets d'air extérieur et de retour (si applicable). Un volet d'évacuation dit barométrique peut aussi être fourni derrière l'unité. Si les conditions sont favorables, les volets d'air extérieur devront moduler en réponse au système de contrôle de la température de l'unité. Tous les volets doivent être doublés de joints sur les zones de contact pour garantir l'étanchéité et peuvent être ajustables :

- Manuels : Le contrôle des volets est effectué par un actuateur de type modulant avec retour à ressort, installé en usine ou sur le site;
- Motorisés : Le contrôle des volets est effectué par un actuateur motorisé installé en usine.

Puisque le retour d'air du bâtiment est mélangé à l'air neuf, une section de mélange est intégrale à l'unité. Des volets permettant d'isoler les différentes sections sont prévus en conséquence avec un contrôle adapté.

5.2.2 Filtrations de l'air

Les filtres et les préfiltres suppriment les poussières et certains micro-organismes présents dans l'air avant que celui-ci soit distribué aux espaces desservis. Les filtres jouent donc plusieurs rôles dans le maintien de la qualité de l'air intérieur d'un édifice. Il existe plusieurs sortes de filtres qui possèdent des caractéristiques différentes selon les applications. Il est important de s'assurer que vous avez des filtres qui soient appropriés à votre édifice et à votre système CVC. Pour plus de détails, vous pouvez consulter le guide sur la qualité de l'air et le confort intérieur ou un spécialiste.

Nous pouvons énumérer ci-dessous la plupart des options disponibles :

- **Grillage de métal** - Le capotin d'air extérieur inclut généralement un écran (ou grillage) anti-oiseaux, éliminateur de gouttelettes pour évacuer l'eau et/ou la neige entrant par le courant d'air.
- **Filtration**
 - Type de Filtres : Jetables, lavables, à cartouche, plissés, à poche, électrostatiques.
 - Épaisseur des Filtres : 1", 2", 4" (maximum disponible)
 - Efficacité des Filtres : MERV 7, 8, 11, 13, 14. Le niveau MERV 7 est vraiment le minimum pour ce genre d'application. Pour les filtres MERV-13 et plus, il est recommandé d'installer un pré-filtre en amont afin de prolonger la durée de vie des filtres.
 - UV (ultraviolet) : Des lampes sont utilisées pour augmenter la qualité d'air en éliminant certaines catégories de bactéries et virus par radiation.

5.2.3 Type de ventilateur

Les ventilateurs sont utilisés pour déplacer l'air à travers le condenseur, l'évaporateur de l'unité et vers l'alimentation du bâtiment. Bien que la demande de puissance instantanée des ventilateurs représente une fraction de celle des compresseurs, les ventilateurs représentent environ 45 % de la consommation d'énergie annuelle, de par le nombre élevé d'heures de fonctionnement. La plupart des fabricants offrent également des unités avec des moteurs de ventilateurs à haut rendement qui augmentent l'EER. Le choix des options liées aux ventilateurs devrait donc être basé principalement sur la plage d'application et la performance énergétique.

La plupart des équipements sont offerts avec des configurations de ventilateurs avec des pales courbées vers l'avant (*Forward curved*) puisque l'application de ces ventilateurs se limite à des pertes de pressions statiques limitées (courtes distances de conduits, filtres standards, etc..) Les autres types de ventilateurs se verront dans des applications plus spécifiques (schéma de ventilation plus complexe avec des débits plus élevés) :

- Pales aérodynamiques *AirFoil*(AF);
- Pales inclinées vers l'arrière (*Backward Inclined*).

Ventilateur de retour et/ou évacuation

Un ventilateur de retour permet un bon balancement du système de ventilation et augmente le niveau de confort. En effet, il permet de bien contrôler le rapport entre l'air extérieur et l'air intérieur tout en maintenant un niveau de pression adéquat pour le bâtiment. En mode économiseur, un apport supplémentaire d'air extérieur vers l'intérieur fait grimper la pression interne (phénomène de la porte difficile à ouvrir ou demeurant ouverte selon l'installation). Les systèmes standards n'ont pas de ventilateur de retour, tout au plus on leur installe un petit ventilateur d'évacuation qui équilibre la pression de la zone concernée lorsque l'appareil est en mode économiseur. Ce peut être une bonne solution si des problèmes récurrents d'équilibre de pression dans le bâtiment existant sont rencontrés.

5.2.4 Type d'entraînement

- Entraînement par courroies;
- Entraînement direct;
- Opération en mode de volume variable :
 - ✓ Avec ajout de VFD (entraînement variable);
 - ✓ Avec utilisation de moteur ECM.

Entraînement par courroies ou direct

La plupart des ventilateurs des unités de toitures sont offerts de base avec des entraînements par courroies. Néanmoins avec l'avènement des entraînements à fréquences variable (EFV ou VFD) et les moteurs ECM (Moteurs à commutation électronique). Ceux-ci sont maintenant offerts avec des entraînements directs en option, tout particulièrement pour les unités à Volume Variable.

5.2.5 Opération à volume variable

- Avec ajout de VFD (entraînement variable) sur l'alimentation;
- Avec utilisation de moteur ECM sur l'alimentation.
- L'option-multi vitesses est de plus en plus répandue (par exemple 5 vitesses)

5.3 Chauffage et modulation

- Type de chauffage
 - ✓ Brûleurs au gaz;
 - ✓ Électrique;
 - ✓ Fluide : eau glycolée (en raison du danger de gel);
 - ✓ Thermopompe.



Brûleur au Gaz naturel

L'unité peut inclure une section de chauffage au gaz naturel. La conception de la fournaise doit être un module de chauffage au gaz naturel installé en usine en aval du ventilateur d'alimentation. Chaque module devrait avoir au minimum deux stages de contrôle de chauffage. Certaines options permettent d'avoir un contrôleur et une valve de contrôle capable d'une opération avec modulation de 10:1.

Les tubes de l'échangeur de chaleur doivent être construits en acier inoxydable.

Les brûleurs au gaz tout comme les serpentins électriques, peuvent être équipés :

- De stages de chauffage ou encore;
- De contrôle modulant variant la capacité selon la demande.

Électrique

Le chauffage électrique est fait avec l'utilisation d'un serpentin électrique dont la capacité peut varier grâce à :

- Des stages de chauffage;
- Un contrôle de type SCR (faisant varier la capacité proportionnellement à la demande);
- Une combinaison des deux.

Fluide

Dans cette option, des serpentins à l'eau glycolée sont installés dans l'unité et alimentés à partir d'une source de chauffage existante dans le bâtiment.

Note : La géothermie a des avantages d'efficacité autant en climatisation qu'en chauffage. Cette option est possible, mais devrait être traitée indépendamment, car un système de géothermie demande une étude et de la préparation.

Thermopompe

Cette section est détaillée en 5.11

5.4 Climatisation

- Capacité (Tonnes de réfrigération 12 000 BTU/h) 3, 4, 5, 6.5, 7.5, 8.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 et 25
- Nombre de stages requis :
 - ✓ 2, 3, 4 et variable.

- Type de compresseur :
 - ✓ La plupart des compresseurs sont maintenant de type à volutes (Scroll) et les options à vitesse variables sont habituellement disponibles. (de type inverter ou digital)
- Condenseur :
 - ✓ Presque tous les appareils de moins de 20 tonnes ont des condenseurs refroidis à l'air, qui sont environ 20 % moins efficaces que les condenseurs évaporatifs utilisés dans les grandes unités. L'efficacité des condenseurs refroidis à l'air peut être améliorée en incorporant des « microcanaux » et autres technologies (eau, évaporatif) d'échange de chaleur pour augmenter le taux d'évacuation de la chaleur, mais à un coût supplémentaire. Valider avec la Municipalité si les systèmes évaporatifs sont acceptés. Il est à noter que les microcanaux sont difficilement réparables.
 - ✓ Plusieurs condenseurs sont à micro-canaux et difficilement réparables. Ce type de condenseurs est plus difficile à nettoyer et plus fragile que les condenseurs conventionnels. Par contre habituellement ils permettent d'augmenter la capacité et la performance des unités de toit.
- Autres options de réfrigération
 - ✓ Dérivation des gaz chauds : Cette option permet d'augmenter le niveau de modulation entre les stages et notamment l'opération à faible charge de refroidissement; Il est toutefois à noter que ceci se fait au détriment de la performance énergétique.
 - ✓ Réchauffement par les gaz chauds : Cette option permet d'utiliser une portion des gaz chauds du compresseur dans le but d'offrir un meilleur contrôle de l'humidité (si requis).

5.5 Construction

Les unités sont spécifiquement conçues pour des applications extérieures au toit et incluent un cabinet étanche. L'étanchéité de ces appareils est un élément important compte tenu de l'application, il est important de regarder si une fuite potentielle pourrait être dommageable pour le bâtiment. (Faire le lien aussi avec le Guide de l'énergie et la nécessité ou non d'isoler l'équipement).

Ce type d'équipement est assemblé en usine et livré en une seule section. Par conséquent, les cabinets sont applicables pour une gamme de capacité en général. Par exemple, un cabinet de même dimension sera utilisé pour des capacités de 3 à 5 T. Les panneaux du cabinet sont en acier galvanisé, de construction simple, avec une finition de peinture en poudre cuite. Le fini du panneau doit résister à un essai d'usure au jet de sel d'une durée minimale de 750-1000 heures, selon la norme ASTM B117.

L'isolation varie selon la gamme de produits, mais minimalement sera d'une épaisseur de 1/2". L'isolation peut être collée aux panneaux ainsi qu'attachée mécaniquement. Dans les gammes supérieures de produits, la construction est à « double parois » avec de l'isolation en mousse.

La base de l'unité est en acier galvanisé et de conception plein périmètre. Le bâti du châssis est muni de fentes pour les fourches d'élévation et de trous intégrés pour la manipulation et l'installation. La base de l'unité est construite en acier galvanisé et surplombe le rebord de la base de toit pour favoriser l'écoulement positif de l'eau.

Des portes de service seront fournies sur la section de filtration et la section électrique du panneau de commande.

Les options décrites ci- bas peuvent ne pas être offertes par tous les manufacturiers d'où l'importance de bien connaître ses besoins et de bien coordonner avec les professionnels.

Caractéristiques mécaniques

- Isolation
 - ✓ Épaisseur minimale de 1/2" en fibre de verre avec une surface en aluminium. L'isolation devra être collée aux panneaux ainsi qu'attachée mécaniquement;
 - ✓ Parois de 1" ou 2" avec isolant avec facteur « R » élevé aidant à conserver la chaleur ou le froid à l'intérieur de l'appareil et la condensation par temps humide.
 - ✓ Paroi intérieure possible pour les unités de 15 Tonnes et plus.
- Peinture
 - ✓ Standard : Le fini du panneau doit résister à un essai d'usure au jet de sel d'une durée minimale de 1 000 heures, selon la norme ASTM B117;
 - ✓ Protection contre la corrosion particulière à considérer extérieure;
 - ✓ Protection contre la corrosion intérieure : peinture, galvanisé, acier inoxydable.

5.6 Raccordement électrique

Une bonne évaluation de l'entrée électrique disponible est essentielle pour éviter des travaux électriques non prévus lors de l'installation.

Alimentation électrique

Même si des versions monophasées sont disponibles dans les plus petites capacités soit de 2 à 5 T, la plupart des équipements installés au Québec seront en triphasé soit en 230 V et le plus souvent en 575 V pour permettre une consommation de courant plus faible.

- 208-230 V/ 1 Ph./60;
- 208-230 V/3Ph./60;
- 460V/3Ph./60;
- 575V/3Ph./60.



Point de raccordement simple/multiple

Pour la plupart des unités commercialement disponibles, il est possible d'avoir un raccordement en seul point pour l'alimentation électrique. Néanmoins dans certains cas, des raccordements multiples sont nécessaires et doivent être pris en considération au niveau des frais d'installation.

Sectionneur avec ou sans fusible

Un sectionneur principal sans fusibles peut-être fourni et monté à l'intérieur du panneau de contrôle et opéré par une poignée manuelle externe. Même s'il s'agit d'une option, elle est fortement suggérée pour aider à la sécurité lors des entretiens ou en cas de défaillance. Une attention doit être portée au choix d'un mécanisme adapté à l'exposition aux intempéries et à l'usure.

Type de câblage de commande à basse tension

Les unités viennent avec un panneau de contrôle câblé en usine et le tout devrait être certifié aux normes UL applicables à la réglementation canadienne (CSA et ULC). Des raccordements seront nécessaires pour l'alimentation électrique (haut voltage) et le contrôle (bas voltage).

Protections moteurs

Contacteurs et protection thermique de surcharge.

5.7 Raccordement au gaz naturel

- Pression d'alimentation : entre 5 po ce et 13,5 po ce (gaz naturel);
- Installation : des exigences concernant la tuyauterie de gaz naturel, les dégagements de l'appareil, plus particulièrement la localisation de l'évent des régulateurs ou de la soupape de décharge ainsi l'évacuation des produits de combustion sont à considérer.

5.8 Contrôles et communication

Cette partie est probablement l'une des composantes qui a le plus évolué dans la dernière décennie. La plupart des unités viennent avec un contrôleur numérique programmable (DDC) qui offre des réglages flexibles pouvant être adaptés à l'application. Le DDC devrait inclure au minimum une interface d'utilisateur avec carte d'entrées/sorties nécessaire pour faire l'interface avec le bâtiment.

Plusieurs options s'offrent à l'utilisateur pour opérer l'unité en fonction de l'application

- Contrôle direct par sonde (Digital Ready) :
 - ✓ Température, pression statique, enthalpie, autres- installées en usine par le manufacturier.
- Contrôle par microprocesseur intégré VC, VAV et Multi-vitesses.



- Contrôle de CO₂ :
 - ✓ Les nouveaux appareils permettent d'accepter les intrants provenant des capteurs d'occupation du dioxyde de carbone. Ceux-ci peuvent être utilisés pour mettre en œuvre une ventilation à la demande - une stratégie d'économie d'énergie qui ajuste la ventilation du bâtiment lorsque l'occupation change. À noter que dans ce type de contrôle, la calibration régulière est requise.
- Contrôle par Immotique (protocole de communication) :
 - ✓ Tous les protocoles de communication sont maintenant intégrés dans les contrôleurs de ces appareils et la compatibilité avec tout système centralisé est pratiquement assurée (BACnet MSTP, LONWORKS, Ethernet IP, etc.). Ces options ont cependant un impact sur le coût de l'appareil et doivent être évaluées correctement.
- Communication à distance (sans fil - *Wi Fi*, Ethernet, IP, etc.) :
 - ✓ Des options avancées de connectivité sont offertes par certains fabricants pour permettre l'accès à distance aux points de consigne des appareils ou même d'être alerté en cas de défaillance. Cette connexion est intrinsèque à l'appareil par le système de contrôle et des logiciels fournis par le fabricant. Il est suggéré de bien se renseigner avant d'investir dans ce genre d'options pour s'assurer d'un retour sur investissement adéquat. En outre, l'utilisation de thermostats intelligents peut aussi permettre de contrôler les points de consigne à distance. Ces options sont décrites dans la section 7.

Options d'économie d'énergie :

- Mesure et logs de consommation :
 - ✓ Possibilité de faire des économies d'énergie ou encore de suivre l'évolution opérationnelle des systèmes avec des « logs » ou encore du contrôle à distance.
- Planification :
 - ✓ Un exemple courant est un planificateur de sept jours qui fait fonctionner l'unité de manière cohérente en fonction des attentes d'occupation et des marges de température de nuit.

5.9 Entretien

Détection de défaillances/sécurité

Plusieurs options sont offertes, mais quelques-unes sont essentielles :

- Détection incendie;
- Détection fumée.



Plusieurs fonctions d'entretien sont offertes de base sur la plupart et sont essentielles pour l'opération et l'entretien de l'unité :

- Drainage de condensé;
- Portes d'accès.

D'autres options sont offertes et peuvent s'avérer très utiles pour l'entretien à un coût raisonnable :

- Prise d'alimentation électrique;
- Éclairage d'intérieur pour l'entretien;
- Chauffage de cabinet.

Au cours des dernières années, l'accent dans le développement de ces appareils a été mis sur la nécessité de détecter et de diagnostiquer les défaillances (FDD). Parmi les premiers efforts de commercialisation d'équipements, les systèmes offerts incluent actuellement des alertes de détection d'anomalie et d'échec d'économiseur. À l'avenir plusieurs d'autres caractéristiques FDD seront permises, notamment l'encrassement du condenseur et de l'évaporateur, des niveaux de réfrigérants trop élevés ou trop bas, des restrictions de liquide, des fuites de compresseur et la présence de gaz incondensables.

5.10 Les réfrigérants

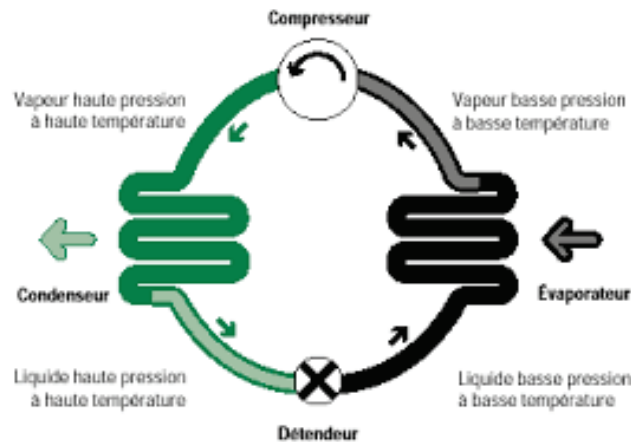
Le réfrigérant utilisé est presque toujours R-410a, mais certains appareils opèrent encore au R-22 qui n'est plus produit ou au 407 pour encore une période limitée.

5.11 Options Thermopompe / Pompe à chaleur

Depuis quelques années, le mode thermopompe est de plus en plus répandu pour les applications de type Rooftop. Puisque le marché de ces produits est très important aux États-Unis dans des zones tempérées, plusieurs manufacturiers offrent cette option de façon standard.

Étant donné notre climat plus froid, certaines considérations particulières doivent être prises en compte dans le choix de cette option. Néanmoins, elle peut définitivement permettre de réduire la facture énergétique dans la bonne application si elle est bien utilisée.

En mode thermopompe, le cycle de refroidissement est inversé. Le serpentin condenseur évapore un réfrigérant à basse température. Lorsque le liquide s'évapore, il absorbe la chaleur de l'air extérieur. Une fois le gaz comprimé dans le compresseur du condenseur, il passe dans le serpentin évaporateur et se condense, libérant de la chaleur disponible pour le chauffage. Les changements de pression provoqués par le compresseur et le détendeur permettent au gaz de s'évaporer à basse température à l'extérieur et de se condenser par la suite à une température plus élevée.



Source : www.ecohabitation.com

Lorsque cette option est offerte, les différents serpentins et la tuyauterie frigorifique doivent être conçus pour un fonctionnement thermopompe : le système de réfrigération doit avoir un cycle de dégivrage ainsi que des protections contre adaptées pour le froid (drainage, accumulation de neige et glace, protections contre le gel). L'unité doit permettre un chauffage hybride simultané de la thermopompe avec la source auxiliaire de chauffage. En effet, lorsque l'opération de la thermopompe ne peut pas maintenir la température de consigne d'alimentation d'air par temps très froid ou lors de dégivrage, le chauffage auxiliaire doit tempérer le débit d'air.

Souvent ces unités devront avoir une base plus haute afin de l'accumulation de glace, avoir des protections contre le vent (Wind baffles). L'opération en mode on-off peut aussi causer de l'inconfort surtout en mi-saison lorsque la charge de chauffage est faible.

5.12 Options de récupération

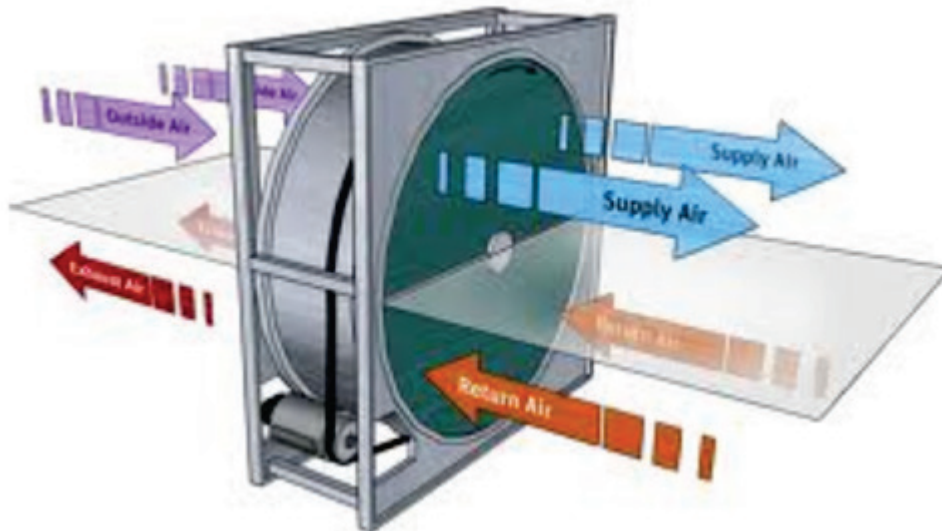
Nous avons abordé dans la section 2.3, comment comparer l'efficacité. AHRI (*Air Conditioning, Heating & Refrigeration Institute*) est la principale norme de mise à l'essai des équipements et permettant de définir le EER/IEER selon un standard comparable. Par ailleurs, les exigences du programme Energy Star en matière de CVCA commercial léger ont été établies en 2002. Récemment, de nouvelles décisions ont été proposées, devant entrer en vigueur en deux étapes. La première phase augmente l'efficacité IEER de 10 % en 2018 (conformément à la norme ASHRAE 90.1-2013), et la seconde améliore de 25 à 30 % l'IEER pour les unités fabriquées en janvier 2023.

Ces différentes initiatives vont probablement conduire à des niveaux d'efficacité plus élevés. Pour atteindre des rendements plus élevés, plus d'unités seront équipées de compresseurs à vitesse variable et étagées pour une meilleure performance de fonctionnement à charge partielle. Nous avons déjà abordé l'utilisation des thermopompes dans la section précédente (6.11) pour augmenter la performance énergétique. Plusieurs autres options intégrées seront bientôt commercialement disponibles dans la gamme d'équipements concernée: récupération sur le circuit de réfrigération, caloduc, solaire, etc.

Néanmoins, dans le cadre du guide, nous nous attarderons uniquement sur les dispositifs de récupération d'énergie sur l'air évacué, déjà offerts comme option par plusieurs manufacturiers :

Roue enthalpique

L'unité de toiture est fournie avec une section contenant un échangeur de chaleur de type roue thermique. La roue, le moteur et la courroie sont contenus dans un cadre étanche. Cette roue tourne et récupère l'énergie de l'air évacué en préchauffant et humidifiant ou déshumidifiant (selon les conditions) l'air neuf, réduisant ainsi la charge de l'unité.

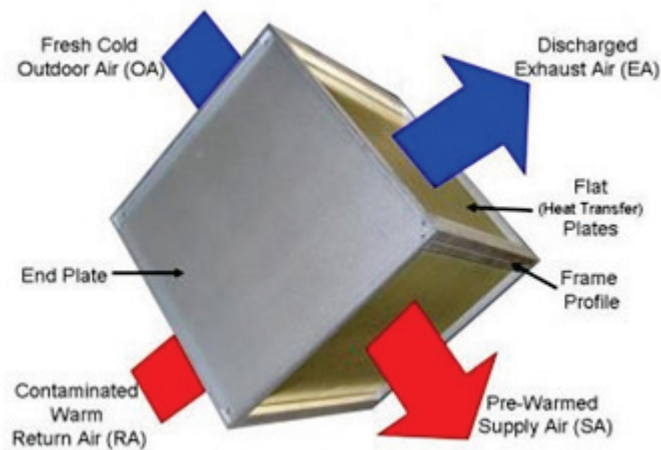


Lors de l'utilisation de ces options, il faut s'assurer que le contrôle de givre est bien intégré par l'une ou l'autre des solutions suivantes :

- Serpentin de préchauffage;
- Évitement (*Bypass*);
- Contrôle de la vitesse ou arrêt-départ de la roue.

Noyau d'échange air/air

L'unité de toiture est fournie avec une section contenant un échangeur à plaques de métal. L'échangeur transfère l'énergie de l'air évacué par le mouvement de l'air à l'intérieur en préchauffant l'air neuf, réduisant ainsi la charge de l'unité. Celle-ci sera inférieure à une roue enthalpique, mais avec l'avantage d'un système sans pièces mobiles.



Lors de l'utilisation de ces options, il faut s'assurer que le contrôle de givre est bien intégré par l'une ou l'autre des solutions suivantes :

- Serpentin de préchauffage;
- Évitement (*Bypass*);

6 Les contrôles

6.1 Stratégies de contrôle

Horaires d'opération

Il est rentable d'arrêter les systèmes lorsqu'ils ne sont pas requis de fonctionner. L'arrêt/départ des systèmes est automatisé par les contrôles (autonome ou centralisé). Des "horaires d'opération" sont programmés par le technicien en contrôle.

Un contrôle centralisé peut faciliter l'implantation et la modification des horaires de plusieurs systèmes en un seul coup, à partir d'un ordinateur ou internet.

Un contrôle autonome rend plus compliquée la modification des horaires d'opération des systèmes, car il faut se rendre individuellement à chaque thermostat ou à l'unité au toit.

L'effort supplémentaire que demande un contrôle autonome pourrait en décourager sa mise à jour, ce qui aurait un impact négatif sur le vieillissement prématuré de l'appareil (augmenter les heures d'opération inutile) et sur le gaspillage d'énergie.

Afin de garder la gestion des horaires d'occupation simple, il faut procurer aux usagers un mécanisme permettant une dérogation temporaire de la période inoccupée. Ainsi, lors d'activités spéciales hors des heures normales d'opération, l'utilisateur peut commander le mode occupé temporaire en activant par exemple un bouton de son thermostat.

Ajustement de la pression d'alimentation

La pression d'alimentation d'air d'une unité de toit est affectée par la diversité des positions des volets de boîtes à volume variable des différentes zones du système. Plus les zones sont satisfaites entraînant leurs volets en position minimale, plus la pression d'alimentation augmente. Cela peut causer une augmentation du niveau de bruit en plus d'une dépense inutile d'énergie. La meilleure façon d'économiser l'énergie dans ce cas consiste à contrôler la vitesse du ventilateur principal avec un variateur de fréquences en fonction du signal d'un transmetteur de pression différentielle entre la gaine d'alimentation et l'environnement intérieur.

Lorsque la solution avec variateur de fréquences n'est pas choisie, il arrive qu'on opte pour un volet de dérivation ramenant l'air d'alimentation directement dans le retour pour diminuer la pression et le niveau de bruit, nous ne recommandons pas cette approche, car elle ne procure aucune économie d'énergie et peut causer des problèmes de gestion du refroidissement ou du chauffage lorsque la dérivation ramène beaucoup d'air alimenté dans le retour.

Ajustement de la température alimentation, évaluation des besoins des zones, refroidissement naturel, enthalpie comparée, pression du bâtiment

Le contrôle variable de la température d'alimentation permet de satisfaire une majorité de zones avec de l'air dont la température répond correctement aux besoins des pièces. À l'opposé, contrôler par paliers (stages) le chauffage ou le refroidissement en fonction de l'écart entre la température et le point de consigne du thermostat autonome fera cycler la température d'alimentation, parfois trop froide, trop chaude, ou trop recirculée.

Un contrôleur programmable du SGB permet de gérer la température d'alimentation en fonction par exemple : des écarts moyens de température des pièces; de la plus forte demande d'une pièce; de la position des volets des boîtes de volume variable. Certains contrôles autonomes peuvent aussi agir en ce sens, mais sans la flexibilité d'un SGB.

Le refroidissement mécanique et le chauffage non modulant affectent la température d'alimentation par paliers tandis que le mode de refroidissement naturel permet la programmation précise de la température d'alimentation en modulant les volets d'air extérieur et de retour. Le refroidissement naturel est disponible lorsque la température extérieure est inférieure à 18 Celsius, ou lorsque l'enthalpie de l'air extérieur est inférieure à celle de l'air de retour (enthalpie comparée).

Lorsque le refroidissement naturel est en fonction, une plus grande proportion d'air extérieur est admise dans le bâtiment et la pression interne peut augmenter. Parfois les portes extérieures ne se referment pas bien à cause d'une surpression. Pour compenser ce phénomène, les unités de toit peuvent être munies d'évacuateurs forcés (power exhaust) qui poussent une partie de l'air de retour vers l'extérieur afin de rétablir la pression interne du bâtiment.

La bonne gestion de la température d'alimentation permet d'économiser l'énergie en diminuant les dépassements de refroidissement et chauffage, et améliore le confort.

Ventilation à la demande pour l'apport d'air frais (détecteur de présence, horaire d'occupation, sonde de CO₂)

Afin de procurer une bonne qualité d'air intérieur, la norme ASHRAE 62 dicte les taux d'air extérieur suivants, par personne :

- 10 litres / seconde pour les bureaux;
- 8 litres / seconde pour les endroits publics;
- 15 litres / seconde pour les endroits commerciaux.

L'air extérieur est mélangé à l'air de retour pour produire un mélange convenable pour la distribution aux espaces intérieurs. L'air vicié est expulsé par les évacuateurs de toilettes et par les volets d'évacuation des unités de toit qui en sont munies. Cet apport d'air extérieur a un coût énergétique important et plusieurs techniques permettent de le gérer en fonction du nombre d'occupants présents dans l'édifice.

Les détecteurs de présence, préférablement à double technologie (infrarouge et ultrasonique), permettent de réduire le débit d'air alimenté dans les locaux inoccupés. Puisque l'air alimenté est un mélange d'air de retour et d'air extérieur alors la réduction du débit alimenté contribue à réduire la quantité d'air extérieur admise dans le bâtiment.

Les horaires d'occupation permettent d'arrêter l'unité de toit lors de périodes inoccupées et de garder le volet d'air extérieur fermé, même pendant les cycles de maintien des consignes de température en période inoccupée.

Les transmetteurs de concentration de dioxyde de carbone, CO₂, permettent de connaître l'effet de la respiration des personnes sur la qualité d'air du bâtiment, plus elles sont nombreuses et plus la concentration de CO₂ augmentera. Ces transmetteurs peuvent être de type mural ou de gaine de retour. Les contrôles autonomes de certaines unités de toit sont pourvus de bornes pour raccorder directement un transmetteur de CO₂ et ainsi peuvent gérer l'apport d'air extérieur et maintenir un taux de CO₂ acceptable. Les contrôles centralisés permettent d'intégrer plusieurs transmetteurs pour une meilleure programmation des volets d'air extérieur.

Que les transmetteurs de CO₂ soient connectés directement aux contrôles autonomes de l'unité ou qu'ils soient raccordés au SGB, ils produiront une action sur le volet d'air extérieur afin de satisfaire la condition suivante :

- Concentration en CO₂ extérieur (400) + 700 ppm < 1 100 ppm CO₂.

Lorsque le CO₂ tend vers 1 100 ppm, le volet s'ouvre, puis au fur et à mesure que l'apport d'air extérieur en fait diminuer la concentration à autour de 800 ppm, le volet retourne à sa position minimale.

Combat thermique

Si l'opération des « rooftop » n'est pas bien coordonnée, des situations de combat thermique peuvent se produire. Ce qui est négatif pour le confort des occupants, le vieillissement prématuré des appareils et surtout le gaspillage d'énergie. Les situations de combats thermiques ou le chauffage et la climatisation fonctionnent simultanément se retrouvent à deux niveaux.

- Combat thermique à l'intérieur d'un système (composante chauffage-récupération-refroidissement gratuit-refroidissement mécanique) ou entre le système central et ses équipements de distribution locaux (chauffage périphérique, en chauffe-conduit ou d'appoint, ajustement d'air neuf supérieur au minimum requis);
- Combat thermique entre divers systèmes desservant des zones adjacentes ouvertes ayant des points de consignes différents.

Des séquences de contrôles appropriées limitent les situations de combats thermiques :

- À l'intérieur de l'unité
 - ✓ Éviter le contrôle individuel des diverses composantes d'un système. Ainsi éviter un point de consigne de température pour la récupération, un pour la température de mélange et un pour l'air alimenté;
 - ✓ Ajuster adéquatement les paramètres des contrôleurs PID pour obtenir une bande morte et/ou prévoir à la séquence une commande entre-barrant le contrôle des équipements de chauffage, de refroidissement gratuit, de récupération et ceux de climatisation;
 - ✓ Éviter le cyclage fréquent des modes d'opération (chauffage-refroidissement gratuit.). Ce cyclage est souvent causé par des changements fréquents et brusques de la consigne de température d'alimentation ou par une bande morte trop faible du contrôleur de température de retour d'air (pièce).
- Entre le système central et les ses équipements de distribution locaux
 - ✓ Entrebarrer les points de consigne des pièces adjacentes contrôlant les systèmes. Éviter le contrôle manuel par l'occupant;
 - ✓ Implanter une logique d'optimisation des points de consignes de l'unité d'alimentation commune en fonction d'un ensemble représentatif des pièces. Y exclure les pièces ayant des équipements de contrôle défectueux et éviter de contrôler le système central uniquement en fonction de la pièce critique.
- Dans les espaces ouverts adjacents desservis par des systèmes séparés
 - ✓ Entrebarrer les points de consigne de température des systèmes desservant les locaux adjacents.

Un contrôle centralisé facilite la coordination du travail entre les appareils. Il permet de plus d'enregistrer les données d'opération pour vérifier le bon fonctionnement (détection et diagnostic de fautes) et les possibilités d'optimisation.

Un contrôle autonome demande plus d'efforts pour éviter ces situations. Il devrait se limiter aux situations peu complexes d'opération (une unité avec un seul contrôle de pièce)

7 Autres considérations

7.1 Entraînement d'eau et de neige

Comme évoqué dans la section 6, l'une des fonctions principales de l'unité est de faire entrer l'air extérieur. Néanmoins, il est important d'atteindre ces exigences sans se retrouver avec de l'eau à l'intérieur de l'édifice suite à de la pluie ou de la neige fondue. Cette dernière situation risque de créer un environnement favorable au développement de moisissures et aux problèmes de santé qui y sont associés. Ces problèmes d'humidité surviennent plus fréquemment avec l'utilisation de systèmes pouvant aller jusqu'à 100 % d'air extérieur.

Lorsqu'il s'agit d'entraînement de neige, les points importants à vérifier sont :

- Endroit d'installation de l'appareil;
- Orientation de l'appareil afin de ne pas mettre l'entrée d'air face aux vents dominants (parfois un peu au détriment du côté architecture);
- Vérifier si des obstacles ou des appareils complémentaires ne viennent pas interférer avec ce dernier créant des effets croisés néfastes;
- Vérifier si un bac de récupération est nécessaire dans la gaine d'entrée d'air à l'édifice afin de recueillir l'eau qui pourrait entrer ou la neige qui fond;
- Si des problèmes récurrents persistent, s'enquérir auprès des professionnels et manufacturiers : s'assurer d'une construction d'appareil adaptée avec des vitesses d'entrée d'air le plus bas possible.

Source: article publié CETAF – Climapresse 2017

7.2 Margelles (Bases) de toit

Les bases de toit sont utiles pour isoler l'appareil du toit au point de vue étanchéité, mais aussi pour créer une hauteur minimale. On veut aussi s'assurer que l'épaisseur de neige pouvant s'accumuler sur le toit ne vienne pas entraver le travail de l'entrée d'air extérieur.



Dans le cas d'un remplacement, des adaptateurs pour bases de toit (base de transition) sont parfois nécessaires pour un changement d'appareil afin d'assurer que les raccords d'alimentation et de retour d'air soient bien raccordés. Une adaptation du revêtement de toiture sera aussi parfois nécessaire pour assurer l'étanchéité dans le cas d'un remplacement.

Autres fonctions essentielles :

- Ajouter de l'amortissement pour arrêter la vibration à des endroits plus sensibles;
- Insérer de l'isolant acoustique coupant la transmission de bruit vers les pièces;
- Permet aussi d'installer l'appareil bien au niveau même si le toit est en pente.

7.3 Parasismique

La Régie du bâtiment du Québec (RBQ) porte actuellement une attention particulière à l'installation des supports parasismiques aux installations mécaniques. Le lieu de construction, le type de bâtiment et l'application déterminent les équipements jugés critiques, nécessitant l'installation de supports parasismiques. Ces supports permettent aux installations et équipements de suivre le mouvement relatif maximal de la structure lors d'un séisme, évitant ainsi qu'ils ne s'écroulent sur les occupants du bâtiment ou qu'ils endommagent d'autres systèmes.

Les exigences sont détaillées dans les normes de l'ASHRAE, les manuels de la SMACNA ainsi que les prescriptions de la partie 4 du chapitre Bâtiment du Code de construction du Québec. Elles sont applicables principalement aux bâtiments construits dans les zones à risque et visés par la partie 3 du chapitre Bâtiment de ce code.

Puisque les unités en toiture sont conçues pour des applications générales, leur construction et les composantes internes respectent ces exigences. Une attention particulière devrait être portée à l'installation de l'unité sur la margelle de toit pour éviter les mouvements en cas de séisme.



La RBQ recommande de vous adjoindre les services d'un expert ou d'une firme spécialisée dans le domaine de la protection parasismique si vous n'êtes pas certains des exigences s'appliquant à votre installation.

7.4 Humidification

Les unités de toit n'ont habituellement pas d'option pour y installer de l'humidification. Le problème de condensation sur les parois internes de l'unité et le risque de gel sont les 2 principales raisons pour lesquelles l'humidification n'y est pas intégrée. L'humidification doit donc se faire à l'intérieur du bâtiment avec un distributeur de vapeur placé dans une ou deux sections de gaines principales. Le ou les distributeurs de vapeur seront installés dans des sections de gaine étanche (habituellement en acier inoxydable) avec pentes et drains. Le générateur de vapeur sera localisé à proximité dans un local permettant son inspection et entretien proximité (par exemple, une salle mécanique, une conciergerie, etc.).

7.5 Détection de fumée et alarme incendie

S'il y a un système d'alarme incendie dans le bâtiment, il est possible que l'unité de toit doive s'arrêter en cas de détection d'incendie. Il est aussi possible qu'il soit requis d'installer des détecteurs de produits de combustion dans le réseau de gaines de retour. L'unité de toit devra alors être munie d'un contact externe permettant de l'arrêter à partir d'un signal provenant du système d'alarme incendie du bâtiment.

7.6 Drainage de la condensation

S'assurer que la condensation drainée sur le toit se dirige vers un drain et ne cause pas de surfaces d'eau stagnante près de l'unité. Si on a du chauffage au gaz à condensation, il faudra neutraliser le condensat produit par la combustion. Ces tuyauteries de drainage doivent aussi être pourvue de câbles chauffants électriques.

7.7 Considération règlementaires municipales

7.7.1 Vues

Lors de l'installation ou le remplacement d'une unité de toiture, un permis pourrait être requis par l'arrondissement ou la municipalité. L'objectif est de préserver la qualité de vie du voisinage en limitant les nuisances sonores et visuelles.

Afin de limiter la visibilité de l'équipement, ce dernier devra par exemple respecter un retrait minimal par rapport à la façade du bâtiment. Concernant le bruit, la municipalité pourrait exiger une étude acoustique permettant de qualifier la nuisance sonore du nouvel équipement. Si nécessaire, des mesures correctives telles que l'ajout d'un écran acoustique devront être mises en place.

(Source : <http://ville.montreal.qc.ca>)



7.8 Attention à la contamination des prises d'air des unités

La prise d'air extérieur doit permettre d'aspirer de l'air extérieur de bonne qualité. Ainsi, son emplacement est primordial. Les sources de contamination sont multiples, et peuvent provenir du bâtiment lui-même ou de son voisinage. Les situations suivantes sont à éviter :

- ne pas reprendre de l'air évacué par un autre système;
- ne pas aspirer de l'air contaminé par des produits de combustion (cheminée);
- ne pas introduire de l'air avec des odeurs;
- ne pas positionner une prise d'air extérieur trop près de flaques d'eau stagnante (évent de plomberie, drain de toit);
- ne pas localiser la prise d'air extérieur à proximité d'une tour de refroidissement.
- Considérer la direction des vents dominants lors de la localisation de l'unité de toit.

Également, il faut faire attention à ce que les oiseaux ne puissent pas se poser ou construire leur nid près de la prise d'air extérieur, car leurs excréments pourraient être une source de contamination microbiologique.

(Source : Guide pratique d'entretien pour une bonne qualité de l'air et du confort intérieur)

8 Maximiser votre investissement

Tel qu'abordé précédemment, les coûts d'entretien et d'opération des unités de toit peuvent représenter une proportion considérable des coûts du cycle de vie de l'équipement. Pour maximiser l'investissement initial, il devient important non seulement de les prendre en compte dans la sélection de l'unité, mais aussi d'appliquer les bonnes pratiques dans les procédures de mise en service, d'opération et d'entretien.

8.1 La mise en service (Commissioning)

La seule façon d'assurer la performance d'une installation, conforme aux exigences en matière de fonctionnalité, d'efficacité, de sécurité et de satisfaction des occupants, est d'appliquer les principes de mise en service, communément appelée *commissioning*. Au-delà de la simple mise en marche, la mise en service repose entre autre sur la réalisation d'essais fonctionnels afin de valider les performances attendues de l'équipement, et déceler des défaillances le cas échéant.

Dans le cas de l'installation/remplacement d'une unité de toit, l'application du processus de mise en service pourrait s'avérer trop lourd pour une faible envergure du projet. Cependant, les principes suivants devraient au minimum être exigés :

- Validation des besoins;
- Validation des caractéristiques de l'unité;
- Validation de la documentation requise;
- Inspection visuelle;
- Révision des séquences d'opération;
- Validation de la calibration des sondes;
- Vérification des listes de contrôle de prédémarrage et de démarrage;
- Réalisation d'essais fonctionnels pour les différents modes d'opération.

Référence :

- Guide de Cx de NRCan;
- Guide de mise en service du gouv. du Québec :
 - ✓ <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-000495/>
- Standard CSA Z320.

8.2 L'entretien et l'exploitation

Une fois l'unité de toit installée et opérationnelle, le propriétaire/gestionnaire de l'immeuble doit mettre en place une stratégie de maintien des performances. Les sections suivantes présentent les bonnes pratiques à adopter.

L'entretien préventif

Pour maintenir les performances des unités de toit et assurer le confort thermique, l'efficacité énergétique et la qualité de l'air intérieur, une pratique d'inspection et d'entretien préventif est nécessaire. Sans cette pratique, les systèmes fonctionnent généralement en dehors de leurs paramètres de performance optimale. Recourir uniquement à une approche d'entretien réactif occasionne en général :

- Un risque accru en santé et sécurité: un bris sans avertissement pourrait créer un problème de sécurité relatif à l'équipement défectueux et/ou un enjeu de santé chez les occupants;
- Des coûts d'entretien plus élevés: les pannes imprévues peuvent augmenter les coûts de réparation (main-d'œuvre, équipement, etc.);
- Des temps d'arrêt coûteux.

Il est ainsi conseillé d'établir un programme d'entretien préventif pour les unités de toit, basé sur les références suivantes:

- Les recommandations du fabricant;
- ASHRAE Standard 180-2012: Standard Practice for Inspection and Maintenance of Commercial Building HVAC Systems, Table 5-22: Rooftop Units.

L'exploitation

De façon générale, la bonne opération des systèmes CVCA consiste à en assurer le fonctionnement optimal de façon à rencontrer les exigences actuelles des occupants. Pour ce faire, les unités de toit devraient être assujetties à des vérifications régulières pour valider leurs paramètres d'opération et, aux besoins, les ajuster.

Selon plusieurs études réalisées aux États-Unis,

- Liste d'éléments à vérifier régulièrement :
 - ✓ horaires de fonctionnement;
 - ✓ calibration des sondes;
 - ✓ fonctionnement de l'économiseur;
 - ✓ charge de réfrigérant;
 - ✓ cyclage (compresseurs, mode de fonctionnement, etc.).



8.3 Approches complémentaires

Remise au point (recommissioning)

Cette procédure d'assurance qualité permet d'identifier et d'apporter des améliorations opérationnelles aux systèmes existants, de façon à garantir le maintien (ou le dépassement) de leurs performances. La remise au point se fait en fonction des besoins actuels, permettant d'améliorer la performance, la qualité et la valeur du bâtiment sans nécessairement avoir recours à d'importants investissements.

Les bonnes pratiques recommandent d'effectuer une remise au point des systèmes CVCA à tous les 3 à 5 ans, étant donné que les paramètres affectant la bonne opération des systèmes fluctuent régulièrement dans le temps.

Références :

- Guide de RCx de NRCan :
<http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/recherche/optimisation/recommissioning/3796>

Commissioning continu

Le *commissioning* continu a lieu de manière constante en vue du maintien, de l'amélioration et de l'optimisation des performances visées par un processus de *commissioning* ou de *retrocommissioning*, permettant ainsi d'éviter la dégradation du fonctionnement des systèmes électromécaniques du bâtiment.

- Détection et diagnostic de fautes/FDD :
 - ✓ Voir le « Guide de gestion efficace des bâtiments ».

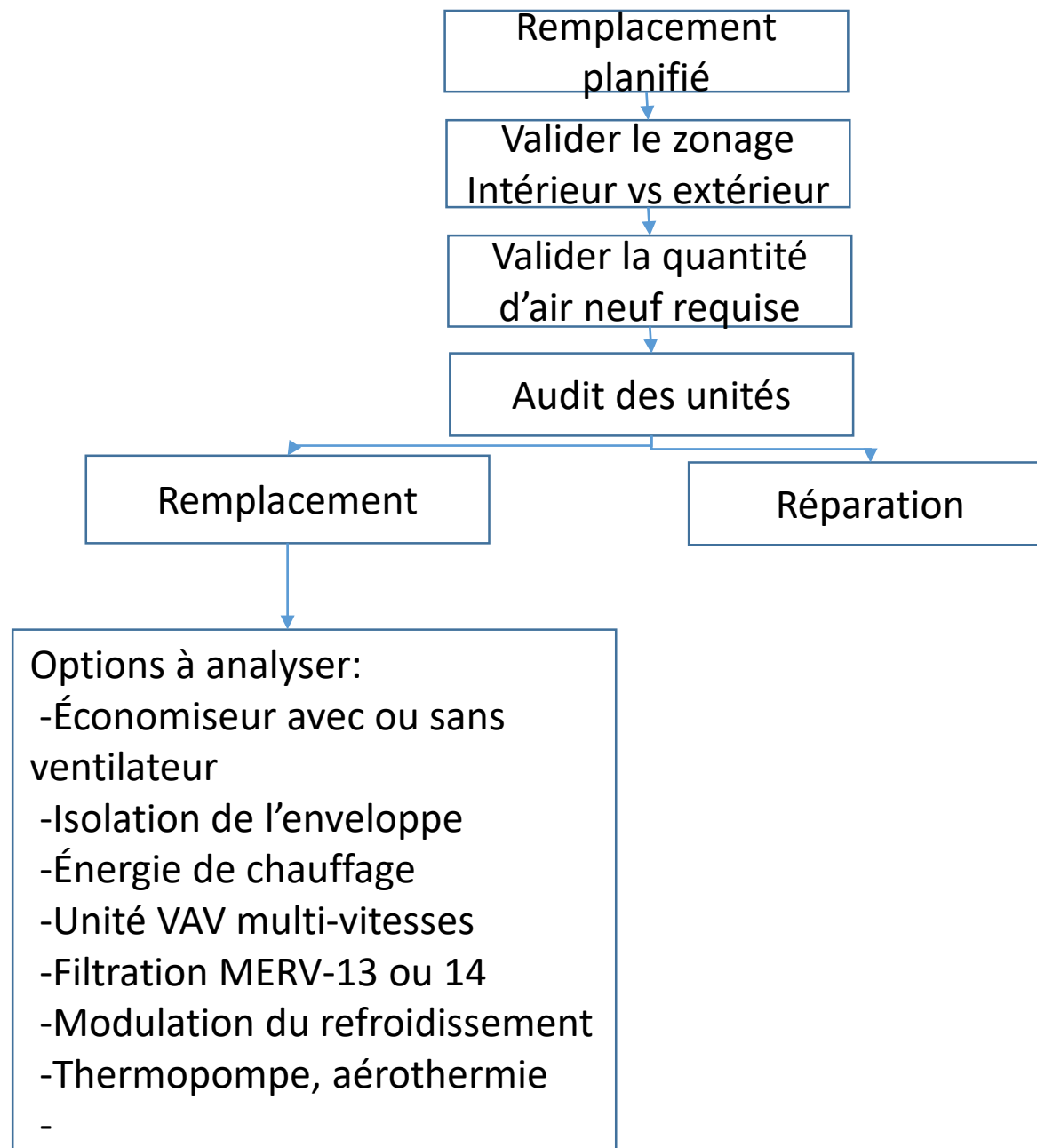
Références:

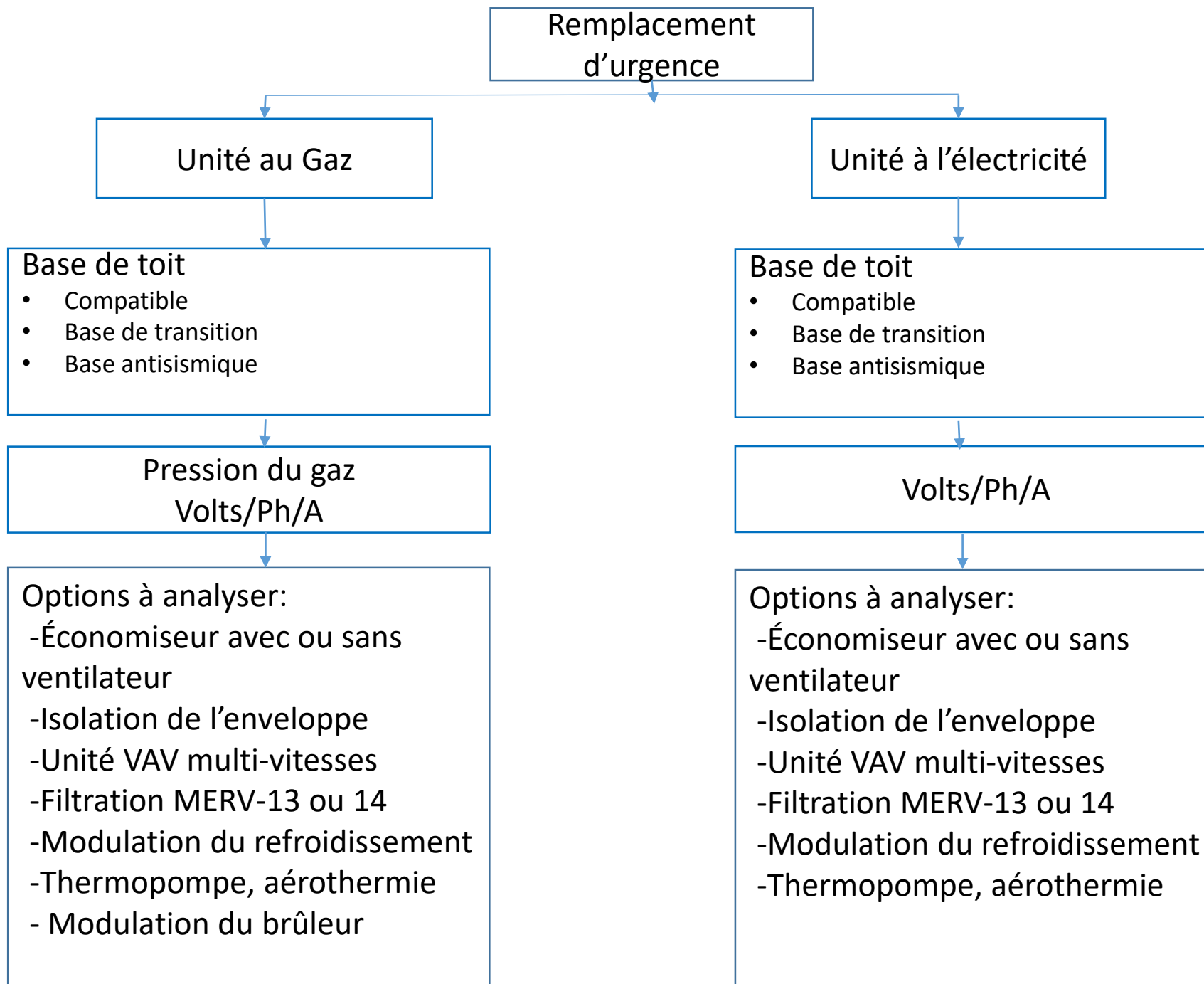
- https://newbuildings.org/wp-content/uploads/2015/11/RooftopHVAC_FaultDetectionDiagnosisMarket1.pdf
- ASHRAE Guidelines and Standards;
- Voir le « Guide de gestion efficace des bâtiments ».



ANNEXE 1

Arbres de décision pour un remplacement planifié ou un remplacement en urgence







ANNEXE 2

Grille de sélection d'options



Caractéristiques	URGENCE	Bureaux				Commerce de détail				École et lieux de formation				
		0-10 tonne		10-25 Tonne		0-10 tonne		10-25 Tonne		0-10 tonne		10-25 Tonne		
		Base	Durable	Base	Durable	Base	Durable	Base	Durable	Base	Durable	Base	Durable	
X : SUGGERÉ O: OPTION À CONSIDÉRER														
Construction														
Isolation 1/2"-3/4"	X	X				X								
Isolation 1"		O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X
Isolation 2"										O		O	O	O
Entrée d'air														
Économiseur 0-30%	X	X				X								
Économiseur 0-100% Refroidissement gratuit	O	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X
Récupération d'énergie * (Section 5.12)										O		X	X	X
Ventilateur														
Ventilateur à courroie	X	X		X		X	X	X		X	X			
Ventilateur entraînement direct	O	O	X	O	X	O	O	X		O	X	X	X	X
Ventilateur débit constant	X	X		X		X	X	X		X				
Ventilateur débit variable	O		X	O	X		O	O		O	X	X	X	X
Refroidissement														
Modulation du refroidissement par stage	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		
Modulation par contournement des gaz chaud	O		O	X			O	X	X	O	X	X		
Modulation par compresseur (ex. digital, <i>inverter</i>)					X				O		O		X	X
Chauffage														
Chauffage électrique par stage	X	X				X	X	X		X	X			
Chauffage électrique SCR			X	X	X		O		X		O	X	X	X
Chauffage au gaz modulation 2:1 ou 3:1	X	X				X	X	X		X				
Chauffage au gaz modulation 10:1 à 20:1			X	X	X		O	O	X		O	X	X	X
Filtration														
Filtre MERV8 2 pouce épaisseur	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X
Filtre merv 14 2 pouce épaisseur	X		O	O	X		O		O		X	X	X	
Filtre merv 14 4 pouce épaisseur					O									X
Autres option														
Contrôle de l'air frais par CO2					O						O		O	O
Thermopompe aérothermique			O	O					O		O		O	O
Considérations critiques														
Margelle de toit / Transition	X													
Acoustique	N/D													
Entrée électrique disponible	X													
Bâtiment existant (poids, dégagements, prises d'air, etc.)	X													