



# **Prescriptions et recommandations à mettre en œuvre lors d'une rénovation énergétique**

**Auteur : Karim Ismail (CELEN)**

**Date : 26/08/2021**

## **A. Contexte**

La performance énergétique du parc immobilier est un élément qu'il est primordial d'améliorer pour mitiger le changement climatique. Le présent document contient entre autres diverses prescriptions et recommandations à implémenter dans un projet de rénovation énergétique. L'accent est mis sur la priorisation des travaux ; il fournit dès lors une chronologie dans laquelle il est préférable que les travaux ayant un impact énergétique soient réalisés.

Il n'existe pas de feuille de route unique applicable à tous les bâtiments ; une feuille de route détaillée et de qualité se dresse au cas par cas. L'idée de ce document est d'indiquer l'importance d'une vue d'ensemble, d'attirer l'attention sur certains aspects à garder en mémoire lors d'une rénovation. Il fournit à cet effet quelques prescriptions techniques à respecter lors d'un phasage des travaux, en vue d'éviter des effets de verrouillage (communément appelé 'lock-in' en anglais), c'est-à-dire un cas de figure dans lequel une intervention rendrait difficile, voire impossible, une intervention ultérieure.

Le document est écrit dans l'ordre habituel des priorités. Par exemple, la rénovation de l'enveloppe thermique apparaît en amont de la rénovation de la production de chaleur. En s'inscrivant dans une perspective à long terme, l'objectif premier est de favoriser la sobriété énergétique, ou autrement dit d'encourager les travaux sur l'enveloppe thermique. Ceci dit, étant donné les interactions entre les différents éléments et la priorisation (voire l'urgence) des travaux dépendants du bâtiment, une meilleure option, si envisageable, reste l'établissement d'une feuille de route (c'est-à-dire un plan global du projet de rénovation) suite à un audit énergétique.

Certaines propositions techniques apparaissent. Mais il appartient bien entendu à un bureau d'études d'effectuer les analyses en cas d'installations/travaux/raccordements complexes, ce qui survient régulièrement dans les bâtiments tertiaires.

De plus, il est nécessaire de veiller à une bonne communication entre les différents concepteurs. À défaut, une conscientisation concernant l'impact des travaux sur les travaux déjà effectués et surtout sur les travaux à venir est essentielle. Une fois conscientisés, les concepteurs seront amenés à proposer des solutions pour fluidifier les futurs travaux ; les détails techniques doivent être planifiés avant la mise en œuvre.

## **B. Développement d'un outil d'évaluation :**

### ***OCRE (Outil de Chronologie pour une Rénovation Énergétique)***

#### **B.1. Objectifs**



Outre les conseils donnés dans ce document, un outil annexe a été développé, avec comme double ambition de (i) servir de guide et de priorisation des travaux pour les gestionnaires de programme lors d'une rénovation énergétique, (ii) servir d'outil d'évaluation de projets pour l'octroi de subventions, avec comme mêmes priorités la chronologie des travaux et leur impact sur la diminution des émissions de gaz à effet de serre.

L'outil proposé vise à évaluer rapidement la pertinence d'investissements et de leur conformité chronologique en cas de phasage des travaux, en vue d'atteindre la neutralité énergétique, voire la neutralité carbone. Il ne se substitue aucunement à la certification PEB (qui évalue annuellement la performance énergétique sur base des consommations de l'année qui précède le moment de la certification), ni à la PEB travaux (qui vise les nouvelles constructions et les constructions assimilées à du neuf, ainsi que les rénovations lourdes soumises à permis, et qui de plus nécessite d'avoir à disposition les plans et les inventaires techniques). En visant de guider des travaux de moins grande ampleur (à l'heure actuelle), l'outil proposé est donc complémentaire dans la stratégie globale de rénovation énergétique des bâtiments. Néanmoins, certaines mesures absentes de la PEB travaux se trouvent dans l'outil, renforçant encore sa complémentarité.

L'outil étant développé dans un esprit de généralité, il est certain que la chronologie et les mesures proposées, parfois rendues obligatoires dans celui-ci, ne pourront être appliquées dans tous les bâtiments. Il n'est que normal que les demandeurs aient la possibilité de déroger aux dites mesures obligatoires. Un rapport justificatif, preuves à l'appui, sera alors exigé.

## B.2. Fonctionnement de l'outil

L'outil a été développé dans Excel, sous forme d'un tableau. Différentes mesures sont proposées (33 au total, numérotées de M0 à M35), et chaque mesure a sa propre ligne dans le tableau. Les mesures sont elles-mêmes regroupées par catégories, relatives à différents aspects de la consommation énergétique (l'enveloppe thermique par exemple). Différentes colonnes sont également présentes, chacune remplissant un rôle différent.

- La *colonne E* est relative à la chronologie. Pour chaque mesure, celle-ci explicite les travaux antérieurs qu'il est nécessaire d'avoir effectués avant ladite mesure, ainsi que les éléments qu'il est important de considérer pour ne pas entraver (voire faciliter) l'implémentation d'une mesure à venir. La présence d'interactions éventuelles entre les différentes mesures est de plus indiquée en orange dans cette même colonne.

- La *colonne G* indique l'objectif visé par la mesure, qui peut s'exprimer de manière qualitative ou par le biais d'un seuil chiffré.

- La *colonne I* fournit pour chaque mesure un indicateur de priorité ; plus l'indicateur est bas, plus la mesure est prioritaire. Les priorités réelles peuvent bien entendu varier d'un bâtiment à un autre. L'idée générale pour l'établissement de l'échelle de priorité est pour rappel de favoriser la sobriété - c'est pourquoi l'isolation et l'étanchéité des parois apparaissent comme très prioritaires - si bien que les mesures pour lesquelles l'indicateur de priorité est égal à 1 seront exigées dans tous projets.

- La *colonne K* fournit pour chaque mesure un indicateur d'impact en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>. L'échelle de l'indicateur se base sur des calculs estimatifs. Ces calculs approximatifs et leurs hypothèses peuvent être consultés dans le document intitulé 'Origine\_échelle\_impact'.



Les colonnes suivantes servent à l'évaluation de la pertinence des investissements en vue d'apporter une aide à la décision pour l'octroi de subventions.

- Les **colonnes de M à P** sont les colonnes que le demandeur d'une subvention se doit de compléter à l'aide des menus déroulants présents dans les cellules. Pour chaque mesure, il est exigé au demandeur d'indiquer si la mesure est non réalisée et non prévue (**colonne M**), si la mesure a été réalisée avant le 01/01/2019 (**colonne N**), si la mesure a été réalisée après le 01/01/2019 (**colonne O**), ou bien si la mesure en question est prévue dans le projet qui fait l'objet de la demande de subvention (**colonne P**).

En vue de respecter la chronologie des travaux, les mesures associées à un indicateur de priorité 1 doivent être remplies avant de passer aux mesures avec un indicateur de priorité 2, et ainsi de suite jusqu'à l'indicateur de priorité 7. Il est probable que la chronologie ne puisse pas être respectée pour l'ensemble des mesures dans tous les projets. Il est alors possible et demandé de le justifier ; la pénalité quant au manquement au respect de la chronologie n'est dès lors pas appliquée.

- La **colonne R** contient, pour chaque mesure, l'indice qui prend en compte la priorité de la mesure et de son impact sur la consommation énergétique (par le biais du produit de l'indicateur d'impact et de l'inverse de l'indicateur de priorité). Plus l'indice de la **colonne R** est élevé, plus la mesure est jugée importante dans l'outil. La **colonne S** fournit l'indice final obtenu pour chaque mesure, qui dépend de la mise en place de la mesure et des points associés à chaque mesure.

Les indices finaux obtenus pour chaque mesure, et l'éventuelle pénalité imposée en cas de non-respect de la chronologie des travaux au sens de l'outil (la pénalité est de 13 points et s'applique en cas de non-respect de la mesure M0), sont additionnés pour définir un nombre de points. Ce nombre de points (somme de la **colonne T**, dans la cellule T61) constitue un premier critère d'autant plus élevé que le nombre de mesures est grand (pour favoriser le cumul des mesures). Ce nombre de points est ensuite divisé par le nombre de mesures entreprises (cellule P59) pour disposer d'un indice fournissant l'impact moyen des mesures (en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> et en termes de priorité). En vue de ne reporter qu'un unique indice tout en favorisant les combinaisons de mesures les plus impactantes, le nombre de points, l'indice d'impact et le pourcentage de réduction en énergie primaire sont multipliés. C'est ce dernier produit ('Indice final à reporter sur la plateforme') qui constitue le critère principal pour l'octroi des subventions (cellule T64).

## **C. Les prescriptions**

La suite du document comprend les prescriptions évoquées au point A pour les différentes catégories relatives aux consommations énergétiques. Celles-ci ont été divisées comme suit : la comptabilité énergétique, l'enveloppe thermique, la ventilation, le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, et la production de froid. La subdivision est semblable à celle utilisée dans l'outil d'évaluation.

### **C.1. Comptabilité énergétique (mesures M1 et M2 de l'outil)**

Pour être en mesure de mesurer et de vérifier les consommations, une comptabilité énergétique (normalisée) est un outil indispensable (*mesure M1*). Cet outil permet de suivre les consommations (l'évolution mensuelle, détecter les fuites et consommations inhabituelles/anormales,...) et d'aider à l'interprétation.



Pour une comptabilité énergétique fine et utile, des compteurs de passage sont nécessaires pour chaque bâtiment - il s'agit d'ailleurs maintenant d'une exigence régionale (*mesure M2*) - pour chaque type de vecteur énergétique, voire, mieux encore, pour chaque type d'utilisation (différencier eau chaude sanitaire et chauffage, séparer les consommations d'un hall de sport par rapport au reste du bâtiment, etc).

## C.2. Enveloppe thermique

L'isolation et l'étanchéité à l'air sont gérés de manière simultanée pour garantir une bonne enveloppe thermique. La continuité de l'isolation et la continuité de l'étanchéité sont primordiales. Le volume isolé doit correspondre autant que faire se peut au volume étanche.

Un travail planifié et soigné des détails de construction doit être effectué pour garantir une bonne continuité. Dans les bâtiments bien isolés, des ponts thermiques augmentent significativement les déperditions (et les risques de condensation).

### 2.1. Généralités

- Prévoir le type d'isolant en fonction de la situation. Plusieurs matériaux d'isolation peuvent être utilisés à différents endroits d'une même paroi. Cela dépend de la résistance à l'humidité (le choix pourrait se porter sur du polystyrène extrudé XPS plus résistant à l'humidité sur des murs en contact avec la terre), du comportement au feu (de la laine de roche pourrait être utilisée à proximité des cheminées pour limiter les fumées toxiques), de l'imperméabilité à l'eau (du verre cellulaire pourrait être utilisé dans le toit d'une piscine), de la tenue mécanique, du budget, de l'impact écologique (des isolants écologiques existent et l'outil TOTEM - acronyme de Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials - permet de quantifier l'analyse du cycle de vie), de l'acoustique,.... De plus, la conductivité thermique impacte grandement l'épaisseur pour un même niveau d'isolation. Un conseil supplémentaire est d'éviter les produits minces réfléchissants.

- L'impact environnemental des matériaux pour l'isolation est loin d'être négligeable. Outre les mesures d'isolation dans l'outil de cotation, des points sont octroyés pour la prise en compte de l'ACV des matériaux employés. L'ordre de grandeur de l'impact carbone a été calculé sur base de l'outil TOTEM (pour l'octroi des points). Ceci dit, les mesures concernant l'ACV dans l'outil de cotation visent la prise en compte effective de l'ACV dans une étude TOTEM complète sur le bâtiment en question.

- ⚠ Avant l'étape d'isolation, il est nécessaire de s'assurer de régler tous les éventuels soucis d'humidité ; ceux-ci empireraient après isolation.

- Une règle générale pour éviter des soucis de condensation interne, est de passer progressivement de la couche la moins respirante à la plus respirante en allant de l'intérieur vers l'extérieur. Par exemple, pour un toit : intérieur - pare-vapeur – isolant – sous-toiture – couverture (ardoises, tuiles,...) – extérieur. Le plafonnage côté intérieur n'est généralement pas suffisamment étanche à l'air.

- ⚠ La plus grande étanchéité suite aux travaux sur l'enveloppe aura un impact sur la qualité d'air intérieur (et empirera les éventuels problèmes présents qui y sont liés). Des travaux sur l'enveloppe impliquent inévitablement la prévision d'un système de ventilation, soit en même temps que les travaux sur l'enveloppe (cas de figure à favoriser dû aux percements nécessaires des parois pour la ventilation), soit peu après si cette dernière possibilité n'est pas envisageable.



## 2.2. Toitures (*mesure M3*)

- En isolant la toiture, penser aux installations futures éventuelles : soigner les percements de l'étanchéité en prévoyant un gainage étanche pour le passage des câbles et tuyaux en cas d'installations de panneaux solaires (thermiques et/ou photovoltaïques).

### 2.2.1. Toitures inclinées

2.2.1.1. Combles non-occupés : la technique recommandée est l'isolation du plancher des combles (nombreux avantages).

- Points d'attention pour la continuité de l'étanchéité à l'air : trappes de grenier, spots encastrés, jonction entre les murs (éviter les fissures en mettant un joint souple ou, mieux, du plafonnage).

- Éviter les lames d'air sous l'isolant. Si l'éviter est impossible, il est primordial que l'air extérieur ne puisse pas y arriver (au risque de nuire grandement à l'efficacité de l'isolation).

- En cas de plancher en (vieux) béton, poser l'isolant par-dessus (la dilatation et la rétraction du béton avec les variations de températures feraient, sinon, apparaître des fissures).

2.2.1.2. Combles occupés (Isolation des versants de toit)

- Dans le cadre de rénovation de la couverture de la toiture, une isolation par l'extérieur (sarking) est préférable.

- La sous-toiture idéale est capillaire et a un  $S_d$  [m] le plus faible possible.

- ⚠ Lors de l'isolation de la toiture, penser au futur raccord du mur avec la façade pour garantir une continuité de l'isolation et une continuité de l'étanchéité à l'air (en connaissant idéalement la technique d'isolation des murs qui sera appliquée). Le raccordement avec le mur pignon est le plus sensible, car les fuites d'air y sont potentiellement importantes. Voir la NIT 255 du CSTC.

### 2.2.2. Toitures plates

- Poser l'isolation sur la structure portante (toiture chaude) est la technique recommandée.

## 2.3. Fenêtres, châssis, et protections solaires

### 2.3.1. Remplacement du vitrage

- Choisir un vitrage performant : nouveau double-vitrage, triple-vitrage (uniquement si les châssis sont rigides et capables de supporter la lourde structure).

- ⚠ Garder en tête les problèmes de surchauffe. Installer des protections solaires (screens, marquises, stores,...), privilégier par exemple aussi une casquette sur la façade Sud ou Sud-Ouest, opter potentiellement pour des vitrages sélectifs 70-40 à l'Ouest et à l'Est. Placer éventuellement des films absorbants (attention à la dilatation dû à la chaleur qui pourrait mener à un bris de vitre) ou réfléchissants (à mettre uniquement dans les endroits peu utilisés car ils rendent l'intérieur peu lumineux). Choisir des vitrages avec grilles ou bien une motorisation des ouvertures pour permettre le free-cooling,...

### 2.3.2. Remplacement du châssis



- Choisir un châssis récent et performant (par exemple en aluminium-PUR-bois, liège, aluminium-bois) et s'assurer d'un resserrage étanche à l'air et isolé thermiquement.
- Positionner les châssis pour faciliter l'isolation future de la façade (en les positionnant davantage vers l'extérieur du mur).

*Les remplacements des châssis et vitrages constituent ensemble la mesure M4 de l'outil.*

#### **2.4. Murs (mesure M5)**

- *Un remplissage de la coulisse* (en contrôlant la continuité) n'est qu'une première étape car les épaisseurs de coulisse ne permettent pas d'atteindre de hauts niveaux d'isolation.  $\triangle$  Dans le cas où seule l'isolation par remplissage de coulisse (sans isolation supplémentaire par l'extérieur) est envisagée, la technique ne peut être employée si le parement n'est pas respirant (par exemple dans le cas d'un mur peint ou émaillé).

- La technique recommandée, quand elle est possible, est *l'isolation par l'extérieur* (isolant et enduit) pour ses nombreux avantages.

- Pour une *isolation par l'intérieur* (technique à étudier de manière détaillée avant la mise en œuvre), plusieurs conditions doivent être respectées. Les points d'attention sont les suivants.

- Lors de la fixation d'une plaque isolante, enlever entièrement l'enduit intérieur en place (pour limiter les risques de moisissures) et faire attention aux fissures, prises, et autres percements de la couche d'étanchéité.
- S'assurer que le mur extérieur supportera les températures extrêmes (gel) et les écarts de températures qui augmenteront après isolation.
- L'isolation par l'intérieur entrave le séchage. Si le mur n'est pas sec, il faut le protéger des sources d'humidification (surtout à l'ouest où les pluies sont plus abondantes). L'hydrofugation des murs est vivement recommandée (après avoir rejointoyé pour assurer une continuité de la surface).
- Traiter tous les problèmes d'humidité ascensionnelle et privilégier un isolant résistant à l'humidité en cas de présence de sels hygroscopiques (tel que du PS extrudé).
- Éviter tout pont thermique en concevant tous les détails de continuité de l'étanchéité à l'air (posée du côté intérieur) avant la mise en œuvre (penser par exemple aux retours de baie aux portes perpendiculaires au mur extérieur) ; penser à tous les raccords.
- Installer les gaines autant que possible au sein du volume protégé/étanche.
- Penser à la ventilation pour garantir un intérieur suffisamment sec.

- Au cas où des travaux sont prévus pour l'étanchéité des murs enterrés, penser à isoler les murs des caves et/ou vides ventilés en prolongeant, si possible, l'isolation des façades par l'extérieur sous le niveau de la dalle du niveau inférieur du volume chauffé afin de couper le pont thermique en pied de mur.

#### **2.5. Dalles de sol (mesure M6)**

- Dans le cas d'une *structure lourde*, il est recommandé d'isoler par le bas (c'est-à-dire procéder à une isolation du plafond des caves et des vides ventilés). Porter une attention particulière aux câbles et tuyaux.



- Dans le cas d'une *structure en bois*, l'isolation entre la structure est généralement choisie. Porter une attention particulière à la continuité de l'étanchéité à l'air.

### C.3. Ventilation (mesures M8 à M10)

L'isolation, l'étanchéité et la ventilation sont intimement liées. Une bonne isolation va de pair avec une bonne étanchéité à l'air, qui entrave donc (de manière voulue) la circulation d'air. Pour rappel, des modifications à l'enveloppe entraînent l'obligation de prévoir un système de ventilation.

Le passage à la VMC double-flux avec récupération de chaleur est souvent la meilleure option, en particulier dans les classes et salles de réunion, pour parvenir à un renouvellement d'air suffisant, pour éviter les soucis de condensation et pour respirer un air sain (mesure M9). Plus qu'au niveau purement sanitaire, un air sain a un impact important sur la performance et sur le bien-être des occupants. L'intérêt de disposer d'un système de ventilation n'est donc pas de diminuer les consommations énergétiques. Une ventilation correcte est néanmoins primordiale, dans une approche de rénovation globale.

- Anticiper (et tenter de minimiser) tous les percements de l'enveloppe pour la ventilation (ou autre). Si un percement est tout de même nécessaire, prévoir des fourreaux lors de la rénovation (ou autre système permettant de garder la continuité de l'étanchéité).

- Choisir un critère pour piloter la ventilation (une concentration maximale en CO<sub>2</sub>, un taux de renouvellement fixe donné par des normes).

- Concevoir l'installation intelligemment en prévoyant certains problèmes potentiels. Ceux-ci peuvent être d'ordre thermique (comme un problème de surchauffe en été qui pourrait être réglé en prévoyant un by-pass à l'échangeur et en veillant à ce que les débits soient adaptés pour évacuer la chaleur), acoustique (par exemple, éviter les installations bruyantes à proximité des lieux à occupation humaine), ou d'humidité (une ventilation trop intensive pourrait rendre l'air trop sec). Faire appel à un bureau d'études spécialisé garantirait un choix réfléchi des technologies employées, se situant entre l'extrême du 'tout centralisé' et du 'tout décentralisé'. Un bureau d'études apporterait qui plus est son aide pour la configuration des circuits aérauliques. En effet, dans une approche globale de rénovation, la place que prennent les gaines et les installations doit être minutieusement étudiée pour ne pas entraver les activités ayant lieu dans les locaux.

- Pour éviter des consommations énergétiques trop importantes :

- Limiter le débit nominal aux besoins (la ventilation est souvent trop intensive dans les bâtiments récents).
- Ventiler uniquement en présence de personnes. La détection peut se faire à l'aide d'un détecteur de présence, une sonde CO<sub>2</sub>, une horloge, ou un autre système de gestion (avec, de plus, un éventuel ventilateur à vitesse variable). Couper la ventilation la nuit et les weekends est un minimum.
- Récupérer la chaleur.
- Concevoir des réseaux sans fuite, avec des conduits larges et rigides pour limiter les pertes de charge à maximum 1 Pa/m et une vitesse de maximum 7m/s.

- Prévoir une maintenance régulière (filtres, humidificateurs,...).

- Considérer l'emplacement de la prise d'air (idéalement 2m plus bas que les rejets, et en façade) et des rejets (sur une autre paroi que la prise d'air, par exemple sur les toits).

## C.4. Chauffage

### 4.1. Remplacement de la chaudière

⚠ Une installation de chauffage rénovée performante nécessite une étude de l'ensemble de l'installation et bien d'autres travaux/actions que le simple remplacement de la chaudière (voir conseils en 4.2.).

- Le mazout est un combustible condamné à disparaître, au même titre que le gaz naturel, à terme. Ceci dit, dans les cas où le système de production de chaleur est très peu performant et où les installations sont vieillissantes, il est potentiellement plus intéressant de le remplacer avant même de procéder à la rénovation de l'enveloppe (cas de figure à limiter, sur base de calculs de consommations). Il peut alors être judicieux de rénover la chaufferie à budget raisonnable et d'investir dans l'enveloppe (la réduction des besoins est une priorité). Des solutions de chaufferies temporaires peuvent également se révéler intéressantes dans ce cas de figure, dans l'attente de l'isolation de l'enveloppe.

- ⚠ Que l'enveloppe ait été améliorée (cas a priori le plus général) ou non, le dimensionnement se (re)calcule et doit toujours se baser sur les besoins en chaleur. En effet, le surdimensionnement important est un problème récurrent. Le dimensionnement se base sur :

- un métré complet de l'enveloppe thermique. Il s'agit donc de connaître les coefficients de transmission thermique U de toutes les parois (a priori inférieures à  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  pour les plus mauvaises parois opaques après isolation), ainsi que leurs surfaces. Les exigences PEB en région wallonne peuvent être consultées ici : <https://energie.wallonie.be/fr/exigences-peb-electromobilite.html?IDC=9136>.
- la température intérieure souhaitée.
- L'étanchéité à l'air et les débits de ventilation (voir point 3).
- la température extérieure. Pour le dimensionnement, la température la plus froide est prise ; celle-ci varie de région en région.

#### 4.1.1. Remplacement par des sources d'énergie renouvelables (mesure M11)

- ⚠ La première étape **doit être** la réduction des besoins en chaleur et de prévoir un dispositif de ventilation approprié. Après une isolation de qualité, les besoins en chaleur sont parfois dérisoires. Dans de tels cas, il faut plutôt éviter les installations puissantes et opter pour des systèmes réactifs pour lesquels une régulation locale est facile à mettre en œuvre (par exemple, si les apports solaires suffisent sur certaines façades,...).

- Ensuite, privilégier, si possible, les sources d'énergie renouvelable et les choisir sur base d'une étude.

- Pour les bâtiments ayant des besoins en chauffage importants et constants, une option est une cogénération. Idéalement, privilégier une source d'énergie renouvelable : gazéification de bois ou biogaz.

- Une possibilité est l'utilisation de pompes à chaleur (PAC) qui peuvent être combinés à une micro-cogénération (couplage à implémenter uniquement si les besoins sont importants, constants, et ne peuvent être diminués) :

- Réfléchir au choix de la source froide pour la captation de chaleur.





- Une PAC va de pair avec des émetteurs présentant de grandes surfaces (grands radiateurs, sol chauffant, grands ventilo-convecteurs,...).  $\Delta$  La grande inertie du chauffage par le sol n'est pas toujours adaptée aux bâtiments très bien isolés (une solution est le chauffage sol dynamique). De plus, une isolation importante sous le sol chauffant est nécessaire.
- Installer un éventuel système VRV (Volume de Réfrigérant Variable).
- Une PAC peut être alimentée par des panneaux solaires photovoltaïques.

#### **4.1.2. Remplacement par une chaudière gaz à haut rendement (mesure M13)**

Dans le cas où des sources d'énergie renouvelable à plus faible impact environnemental ne peuvent pas être utilisées pour combler les besoins en chaleur, une chaudière gaz à haut rendement peut également se révéler une bonne solution. Des calculs devraient idéalement guider le choix de la technologie.

- Remplacer la chaudière existante par une chaudière à condensation.
- Choisir un brûleur modulant sur une large plage de puissance.

#### **4.2. Limiter la consommation énergétique d'une installation de chauffage : distribution, émission, régulation, auxiliaires, hydraulique**

Il est impératif de prévoir une série de mesures limitant la consommation électrique et de chauffage en procédant comme suit (quick-wins) :

- Isoler toutes les conduites, les coudes et les vannes (l'épaisseur de l'isolant est donnée par les exigences de calorifugeage dans la réglementation PEB 'systèmes'), et la chaudière elle-même. (mesure M15)
- Placer si possible les conduites au sein du volume protégé.
- Dégager les émetteurs fonctionnant par radiation et convection pour ne pas freiner l'émission de chaleur : ne rien poser sur les radiateurs, ne pas mettre de tapis en cas de chauffage au sol,... (mesure M16)
- Placer des panneaux isolants (1/2 cm d'épaisseur) recouverts d'aluminium à l'arrière des radiateurs, et, dans la lignée, éviter les émetteurs face aux surfaces de déperditions telles que les fenêtres. (mesure M17)
- Prévoir une maintenance de l'installation de chauffage, en ce compris l'émission. (mesure M18)
- Une bonne *régulation* (apporter l'énergie nécessaire à l'endroit où elle est nécessaire au moment où elle est nécessaire) permet souvent de réduire significativement les consommations.
  - Piloter la chaudière en température glissante (à l'aide d'un régulateur climatique et une courbe de chauffe adaptée à l'isolation du bâtiment et aux émetteurs) pour diminuer la température de l'eau et l'ajuster selon la température extérieure (mesure M19). En cas de différents circuits pour une chaudière, les vannes 3 voies mélangeuses permettent de varier la température de l'eau par circuit. La température de l'eau dépend également du dimensionnement des émetteurs, des circulateurs et de l'hydraulique du système de chauffage.



- Installer des vannes thermostatiques correctement positionnées (pour qu'elles mesurent la température effective du local). Éventuellement, selon la situation, choisir des vannes thermostatiques programmables (de façon centralisée ou non). Des vannes thermostatiques programmables entraîneront probablement des gains énergétiques importants dans des écoles par exemple, où les classes ne sont parfois réellement utilisées qu'une modeste partie du temps. (*mesure M20*)
- Ne pas maintenir la température élevée en périodes d'inoccupation (nuits, weekends, congés,...). Un éventuel optimiseur pourrait être installé pour calculer le moment optimal d'une relance. (*mesure M21*)  $\triangle$  Ne pas descendre sous les 12°C pour éviter les soucis de condensation.
- Dans le cas où la chaudière n'est pas utilisée pour l'eau chaude sanitaire, l'éteindre hors saison de chauffe. (*mesure M22*)

- Privilégier les circulateurs à vitesse variable ( $\triangle$  en installant un tel circulateur, supprimer le bypass probablement présent), ou diminuer la vitesse de ceux déjà en place à ce qui est nécessaire. (*mesure M23*)

- Concevoir ou rénover l'hydraulique. (*mesure M14 lorsque la modification du système hydraulique est couplée au changement de la production de chaleur*)

- Mettre un circulateur à vitesse variable en amont d'une éventuelle bouteille casse-pression et piloter celui-ci pour éviter des retours chauds défavorables à la condensation.
- Éviter les collecteurs bouclés.
- Supprimer les vannes 3 voies diviseuses (et contrôler le débit avec un circulateur à vitesse variable).

## C.5. Eau chaude sanitaire (ECS)

### 4.1. Rénovation de l'ECS (*mesures M23-M23bis*)

- Garder en tête les soucis liés aux légionnelles.

- Concevoir et dimensionner correctement le système d'ECS sur base du profil de consommation (consommation moyenne, constante ou ponctuelle,...). Pour ce faire, des études sont nécessaires.

- Une accumulation (ou semi-accumulation) est à préconiser quand les besoins sont variables (en cas d'un gros pic de demande à un moment de la journée par exemple). À l'inverse, si les profils sont constants, une production instantanée est à privilégier.
- Un système décentralisé est à privilégier quand les besoins sont modestes et les points de puisage éloignés. À l'inverse, un système centralisé est à privilégier quand les besoins sont importants et les points de puisage proches les uns des autres.

- Dans le cas d'une chaudière à condensation pour le chauffage, plusieurs solutions existent pour favoriser la condensation : (i) opter pour une chaudière à deux retours (un retour froid du circuit de chauffage et un retour chaud du circuit ECS), (ii) (sur)dimensionner les échangeurs ECS pour refroidir les retours d'eau, ou (iii) découpler entièrement la production d'ECS et chauffage. Découpler les deux systèmes est recommandé si les puissances nécessaires pour le chauffage et pour l'ECS sont très différentes.

- Privilégier, si possible, les énergies renouvelables (panneaux solaires thermiques, cogénération,...).



#### 4.2. Limiter la consommation énergétique de l'ECS (quick-wins à prévoir dans tout projet)

- Ne fournir de l'eau chaude que là où elle est utile, de l'eau froide dans les bâtiments de bureaux pour se laver les mains suffit généralement. (*mesure M24*)
- Limiter les débits en limitant les pressions, via des mitigeurs, mousseurs,.... (*mesure M25*)
- Limiter les temps et températures de puisage. (*mesure M26*)
- Isoler les conduites, pompes, vannes, échangeurs, ballons,... (*mesure M27*)
- Évaluer la pertinence de la présence éventuelle d'une boucle d'ECS

#### C.6. Éclairage

L'éclairage est un poste consommateur d'énergie qui peut être traité (presque) indépendamment des autres. Mais, il dépend de l'aménagement intérieur. Pour un projet de relighting complet (*mesure M28*), il faudrait maintenir l'aménagement intérieur constant pour une période de minimum 10 ans afin d'éviter de devoir revoir l'éclairage, ce qui engendrerait des coûts inutiles.

- L'efficacité énergétique doit être améliorée.
  - Remplacer les luminaires peu performants (les lampes performantes sont généralement, en milieu non industriel, les lampes LED et les lampes T5) par des luminaires performants (⚠ il existe des lampes LED peu performantes). Il s'agit d'un relighting.
  - Remplacer les lampes est une autre option possible (relampage ou retrofit), mais le relighting est à privilégier car le relampage peut drastiquement diminuer la durée de vie des lampes. Un relighting va également de pair avec une augmentation du confort et de la performance visuelle.
- L'éclairage doit être bien géré :
  - Profiter un maximum de la lumière naturelle (ne pas allumer une lampe en journée proche d'une fenêtre par exemple).
  - Estomper les LED à l'aide d'un variateur quand les besoins en éclairage sont plus faibles.
  - Installer éventuellement un système de gestion pour allumer les lampes dont on a besoin aux endroits où l'éclairage est utile, au moment où il est utile d'éclairer. Pour certains espaces, un détecteur de présence est approprié (⚠ ne pas utiliser de détecteur de présence dans le cas d'un ballast magnétique).
  - Maintenir les luminaires en bon état (nettoyage en cas d'encrassement,...)
- L'éclairage doit être correctement conçu et dimensionné :
  - Éviter les lampes trop puissantes et donc éblouissantes (luminances trop élevées).
  - Faire attention aux modulations temporelles ; exiger des lampes no-flicker. Veiller à assurer un éclairage de qualité en évitant les LED stroboscopiques et présentant des pics dans les fréquences ultra-violet.
  - Dans le cas de LED, pour augmenter leur durée de vie, garder en tête les soucis liés à l'échauffement. Par exemple, certaines lampes requièrent une ventilation. Leur



positionnement et leur placement (il existe par exemple des distances à respecter par rapport à une couche d'isolation entravant l'évacuation de la chaleur) impactent l'évacuation de la chaleur.

- Réfléchir le confort visuel (ne pas mettre un bureau devant une source lumineuse ou face à une fenêtre,...).
- Garder en tête les aspects de sécurité (chimique, mécanique, électrique).

- Penser éventuellement au passage à une servicisation de l'éclairage : le Light as a Service (Laas).  
(mesure M28bis)

### C.7. Production de froid

Le refroidissement naturel (ou semi-naturel) - free-cooling, slab-cooling, intégration d'air frais extérieur dans la climatisation, free-chilling - est toujours à privilégier pour garantir une température intérieure vivable en périodes chaudes (mesure M31). Il arrive parfois que maintenir une température raisonnable est impossible, sans faire fonctionner une installation de production de froid (par exemple lorsque l'inertie thermique du bâtiment est faible ou lorsque la part de fenêtres est importante).

Si renoncer à une climatisation est irréalisable, certaines mesures permettent de limiter ses consommations :

- À l'instar de la ventilation hygiénique, il est important de réguler le débit d'air neuf pulsé en fonction des besoins.

- En présence d'une installation de climatisation, un dispositif d'humidification est régulièrement présent. Il est inutile d'humidifier l'air au-delà de 35% d'humidité relative. À l'inverse, il est inutile de déshumidifier l'air en-deçà de 70% d'humidité relative. La mesure d'humidité doit s'effectuer au sein même des pièces, et non dans les gaines de l'installation.

- De même que pour l'humidité, une plage de température doit être définie dans laquelle ni le chauffage ni la climatisation ne doivent fonctionner, entre 18°C et 26°C par exemple. Garder un unique seuil mène à des destructions d'énergie. Toujours pour éviter une destruction éventuelle d'énergie, la température de l'air hygiénique pulsé par la ventilation devrait être suffisamment basse en entre-saison, pour éviter le recours à la climatisation.

- Faciliter le travail du compresseur de la machine frigorifique (favoriser le plus haut COP) peut avoir un impact significatif et peut se faire de différentes manières.

- Plus la température de la source froide (l'évaporateur) est haute, plus le travail du compresseur est réduit. Les plafonds froids par exemple fonctionnent à température basse assez haute (15°C, voire plus haute encore en entre-saison). Le confort thermique associé aux plafonds froids est par ailleurs élevé.
- Plus la température de la source chaude (condenseur) est basse, plus le travail du compresseur est réduit. Pour ce faire, privilégions de larges surfaces d'échange de chaleur au condenseur. Une autre option est de pulvériser de l'eau pour abaisser sa température. Une action à éviter est de confiner le condenseur (cela est parfois fait pour des raisons esthétiques ou acoustiques) ou de le placer à un endroit avec d'importants apports solaires (en toiture, noire et ensoleillée par exemple).



## C.8. Conseils supplémentaires

- Bien que techniquement possible suite à une réflexion globale, l'expérience montre que la rénovation énergétique par phases ne fonctionne généralement pas sur le long terme. Au cas où le budget ne permet pas une rénovation complète, une solution à ce problème est d'opter pour un phasage par bâtiments, plutôt qu'un phasage par corps de métier relatifs aux travaux de rénovation énergétique.
- Il est possible de baisser la température intérieure, et par conséquent les consommations énergétiques parfois de manière importante, sans impacter le confort, voire en l'impactant positivement, en faisant usage de PCS (Personal Comfort Systems). Le principe des PCS est de contrôler l'environnement thermique personnel localement (à l'échelle individuelle), à l'aide de systèmes peu consommateurs d'énergie. Un exemple est un siège chauffant, spécifiquement étudié pour maximiser le confort thermique. Des mesures low-tech (bouillottes, couvertures) peuvent également prétendre aux PCS.
- La mutualisation des espaces (dans les écoles pour des activités extra-scolaires par exemple, et plus encore dans les infrastructures sportives) permettrait de valoriser davantage le potentiel du bâtiment, et indirectement limiterait le besoin de bâtiments supplémentaires, consommateurs d'énergie. L'optimisation des surfaces en général peut engendrer des gains d'énergie importants.
- Vider les frigos et chambres froides de toute nourriture lors de longues périodes d'inoccupation.
- Une possibilité est de procéder à une gestion par groupe de locaux. Cette notion va un pas plus loin que celle de volume protégé et invite à une gestion en fonction de la température intérieure recherchée. Le volume protégé est donc scindé, les espaces à occupation humaine nécessitent une plus haute température que les espaces de passage. Cela passe par exemple par une décentralisation des systèmes de ventilation par groupe de locaux (4 locaux par groupe par exemple ressort comme un bon compromis), ou simplement par des vannes programmables.

### **Sources**

Le travail du développement de l'outil et de la rédaction des prescriptions associées s'est basé sur trois sources : le site Énergie+, la formation 'Responsable Énergie' en région Wallonne donnée par l'ICEDD, et des productions du CSTC.