

RENOVATION BASSE ENERGIE CHAUFFAGE

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
I INTRODUCTION	3
I.1 Rénovation & système de chauffage	3
I.2 Impact de l'option basse énergie	3
I.3 Elaboration d'un système rénové	4
II ANALYSE DU PROJET DE RÉNOVATION.....	6
III ANALYSE DE LA DEMANDE DE CHAUFFAGE.....	6
III.1 Scénarios étudiés	6
III.2 Changement de puissance totale	7
III.3 Energie	9
III.4 Pertes dues à la ventilation	10
III.5 Pertes par les parois.....	11
III.6 Gains gratuits.....	12
III.7 Baisse de température et puissance de relance.....	13
III.8 Puissance pour l'eau chaude sanitaire.....	18
III.9 Puissance de chauffage par le système de ventilation volontaire	19
III.10 Température intérieure.....	22
III.11 Pratique : détermination de la puissance.....	23
IV AVANT-PROJET DE SYSTÈME.....	25
IV.1 Systèmes envisageables.....	25
IV.2 Energie	28
IV.3 Système de production.....	30
IV.4 Amenée d'air et évacuation des fumées	54

IV.5 Ventilation du local où est installé un appareil à combustion.....	62
IV.6 Stockage de chaleur	67
IV.7 Système de distribution	67
IV.8 Systèmes d'émission	71
IV.9 Régulation.....	74
V RÉFÉRENCES	81

DRAFET

I INTRODUCTION

I.1 Rénovation & système de chauffage

Lors de toute rénovation de logement, il est pertinent d'envisager de modifier ou de remplacer une partie voire l'entièreté du système de chauffage. L'objectif sous-jacent est à la fois de diminuer la consommation d'énergie, le coût global du chauffage, l'impact sur l'environnement, tout en augmentant le confort des utilisateurs.

Afin de prendre les décisions les plus adéquates, les différents acteurs concernés (installateur, maître d'œuvre, bureau d'étude,...) devraient soumettre au maître d'ouvrage une ou des solutions évaluées le plus précisément possible au regard des objectifs cités. Tous les paramètres doivent être pris en compte pour effectuer l'estimation : le type de bâtiment, son occupation, l'amélioration de ses performances énergétiques après rénovation, les techniques disponibles, leur coût, etc.

En rénovation, nous devons souligner trois points essentiels dont les experts doivent tenir compte pour optimiser la prise de décision.

Premièrement, il est souvent possible de **recupérer une partie du système existant**. Cette récupération permettra d'économiser du matériel, et dès lors d'exiger moins de ressources (énergie, matières premières). Mais encore faut-il que les éléments réutilisés ne diminuent par l'efficacité globale du système de chauffage, menant à un bilan globalement négatif sur le moyen et le long terme.

Deuxièmement, on rencontre plus fréquemment en rénovation des **obstacles ou des impossibilités physiques à l'installation de certains systèmes**. C'est souvent le manque de place ou l'exigence de travaux lourds qui limiteront de la sorte les choix. L'absence d'accès à certains vecteurs énergétiques (par exemple, au gaz naturel, absent dans certaines zones du territoire) est aussi un paramètre à considérer.

Troisièmement, il faut tenir compte de la **nouvelle situation après rénovation**, qui peut fortement changer les paramètres des systèmes. C'est particulièrement remarquable en rénovation basse énergie en ce qui concerne la puissance de chauffage, dont le niveau devient nettement plus bas qu'antérieurement. D'autres paramètres, comme l'extension du bâtiment, peuvent également modifier la conception du système de chauffage.

I.2 Impact de l'option basse énergie

Le document présent se penche sur les systèmes de chauffage s'intégrant dans des rénovations de logements dites à (très) basse énergie.

En rénovation (très) basse énergie, il est rationnel de miser en premier sur l'amélioration de l'enveloppe afin de diminuer la consommation d'énergie, étant donné les gains potentiels considérables sur le long terme qui peuvent ainsi être réalisés. Il ne serait d'ailleurs pas possible d'atteindre de si bas niveaux de consommation en ne misant que sur l'amélioration des systèmes. Mais a contrario, cela ne doit masquer le fait que des systèmes peu performants peuvent mener à des consommations plus élevées que prévues, même après avoir investi dans l'isolation de l'enveloppe.

La rénovation basse énergie au niveau de l'enveloppe aura un impact significatif sur la rénovation ou le remplacement du système de chauffage.

D'une part, le système sera choisi en cohérence avec la philosophie du projet de rénovation (très) basse énergie; on recherchera nécessairement un système performant, diminuant globalement et sur le long terme son impact sur l'environnement. On envisagera par exemple l'utilisation même de sources d'énergie plus respectueuses de l'environnement.

D'autre part, la rénovation (très) basse énergie conduit à un changement fondamental de la demande de chauffage, tant en énergie consommée annuellement qu'en puissance de fonctionnement. Outre un redimensionnement adéquat, ces modifications peuvent aussi mener à un choix d'un nouveau système de chauffage en phase avec les faibles puissances exigées.

I.3 Elaboration d'un système rénové

L'élaboration d'un système rénové est fondamentalement un processus complexe dès lors que le professionnel ne veut pas simplement utiliser des solutions techniques formatées, mais bien des solutions optimales adaptées à la rénovation basse énergie.

L'élaboration se fera sur base de facteurs rationnels, comme la présence de composants récupérables, les techniques et matériaux disponibles, le coût et l'impact sur l'environnement. Le degré de maîtrise des techniques envisageables doit être pris en compte : il ne suffit donc pas simplement de sortir des solutions de catalogues, mais d'être sûr que tous les acteurs (concepteurs, installateurs et utilisateurs) pourront les maîtriser.

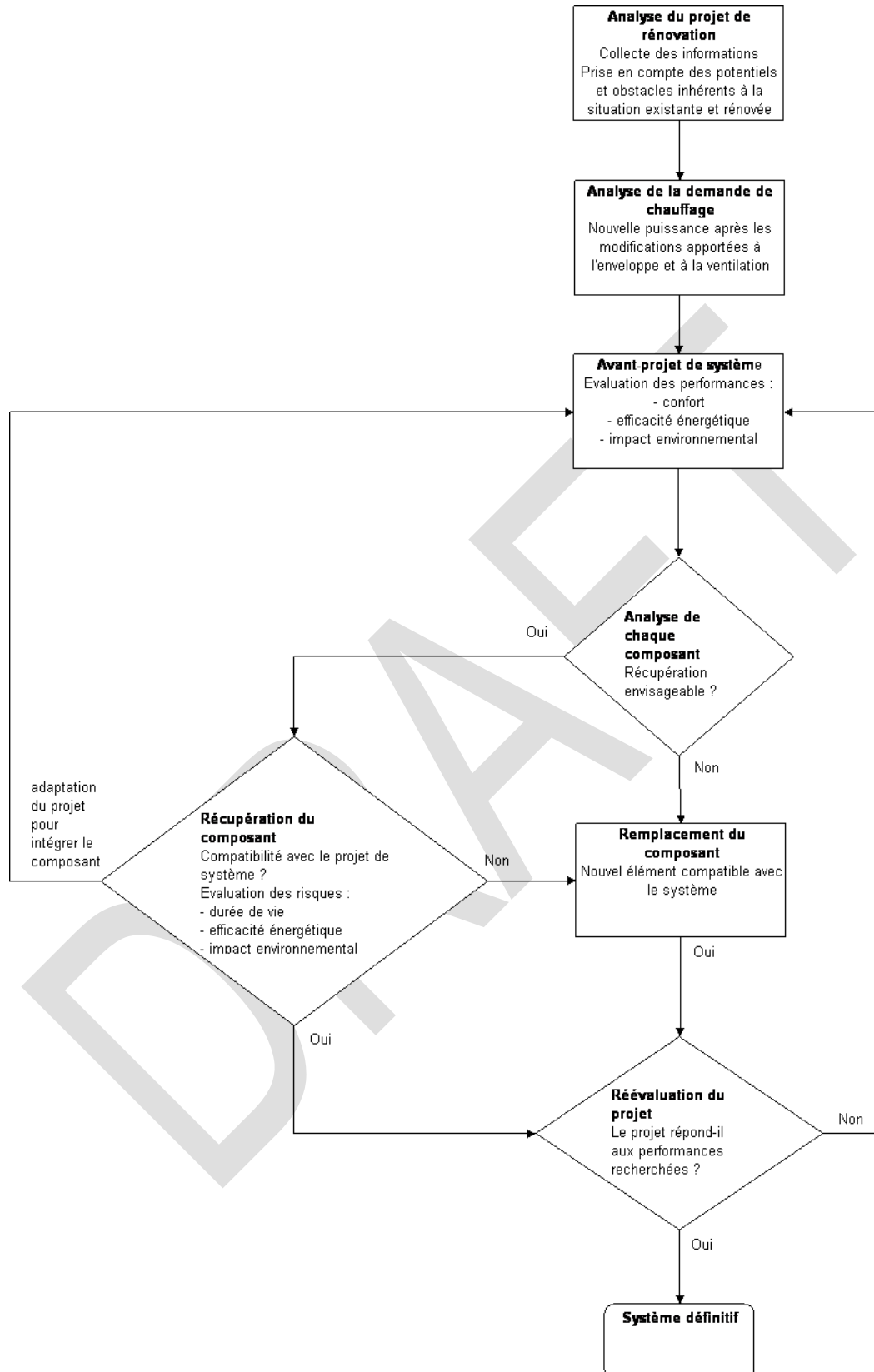
Une analyse de coût complète n'est pas non plus aisée, certains paramètres n'étant pas toujours connus a priori avec précision :

- la durabilité et l'efficacité de certains composants récupérés;
- le coût réel de certains travaux de rénovation envisagés;
- le prix de l'énergie dans le futur.

Des facteurs subjectifs peuvent influencer les choix. Citons par exemple le désir d'un maître d'ouvrage d'essayer des techniques innovantes positivement perçues, ou bien son refus d'utiliser des combustibles gazeux par crainte d'explosion.

La décision finale tiendra compte de tous ces facteurs, parfois contradictoires. Le processus se fera dans un mouvement de va-et-vient entre des propositions de solutions, leur évaluation et leur rejet ou acceptation.

Le schéma ci-dessous marque les étapes essentielles dans ce processus de décision.



La structure de ce document se référera aux étapes d'analyse :

1. analyse du projet de rénovation;
2. analyse de la demande (puissance de chauffage);
3. détermination d'un avant-projet de système, avec analyse de ses composants.

II ANALYSE DU PROJET DE RÉNOVATION

Il est indispensable que le concepteur de l'installation de chauffage prenne connaissance de projet de rénovation dans son ensemble. Cela passe par plusieurs étapes :

- identification des éléments existants;
- espaces disponibles pour l'installation de chauffage;
- objectifs du projet au niveau du confort et des économies d'énergie;
- "insertion" du chauffage dans le projet de rénovation par l'auteur de projet (si celui-ci est différent du concepteur de l'installation).

Il faut être attentif que certaines décisions architecturales en cours de l'avant-projet de la rénovation peuvent avoir des conséquences non négligeables sur le système de chauffage. Citons quelques situations à prévoir dès l'avant-projet :

- certaines énergies exigent des espaces de stockage;
- certaines pompes à chaleur demandent une source froide avec travaux conséquents (sol, eaux souterraines);
- l'installation de chauffage par le sol peut être choisie pour des raisons architecturales (libération d'espace dans les pièces).

Il faut donc une bonne connaissance de l'auteur de projet des exigences techniques des installations de chauffage. S'il est fait appel à une aide extérieure (bureau d'étude, installateur,...) pour la conception de cette installation, il faut idéalement qu'elle intervienne dès l'avant-projet.

III ANALYSE DE LA DEMANDE DE CHAUFFAGE

Une installation de chauffage ne peut se concevoir correctement que si on connaît précisément les puissances nécessaires pour garantir le confort en période de chauffe. Un sous-dimensionnement sera source d'inconfort par sensation de froid, et un surdimensionnement amènera des pertes d'énergie par un fonctionnement non optimal du système.

La connaissance des puissances permettra de déterminer les dimensions exactes des composants du système. Cela peut d'ailleurs orienter les choix techniques. Il se peut que certaines options apparaissent comme réalisables dès lors qu'on atteint des puissances suffisamment basses. C'est par exemple le cas d'un chauffage par l'installation de ventilation.

La détermination des puissances est donc une étape primordiale qui ne peut être réalisée à la légère. Sans cela, il n'y a jamais d'installation de chauffage optimale.

III.1 Scénarios étudiés

Afin de révéler les changements de puissance en rénovation basse énergie, nous prendrons un bâtiment de géométrie et volumétrie données dont on fait varier les caractéristiques énergétiques (isolation, étanchéité à l'air, systèmes de chauffage et de ventilation, etc.).

Nous proposons 5 variations identifiées de la manière suivante :

1. habitation de niveau d'isolation K150 de base non rénovée;
2. rénovation de niveau K75;
3. rénovation "basse énergie";
4. rénovation "très basse énergie";
5. rénovation dite "passive".

Les paramètres principaux permettant d'évaluer les besoins d'énergie de chauffage sont présentés dans le tableau ci-dessous :

		Passive	Très basse énergie	Basse énergie	K75	K150
estimation surface plancher	m ²	150	150	150	150	150
surface de déperdition	m ²	300	300	300	300	300
coefficient moyen de transmission thermique	W/m ² .K	0,19	0,29	0,49	0,81	1,63
K estimé		18	27	45	75	150
n50		0,6	1	1	5	7
rendement de récupération de chaleur	%	90%	90%	90%	x	x
demande de puissance à -8°C	kW	1,4	2,3	4	10	17
demande de chauffage par surface de plancher	kWh/m ²	14	30	60	165	296

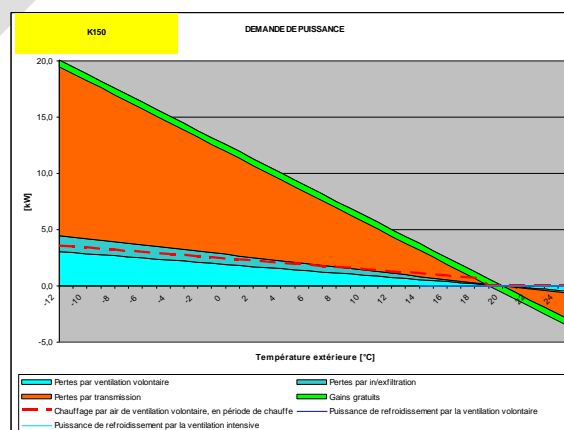
Tableau 1 : hypothèses de travail pour plusieurs rénovations

III.2 Changement de puissance totale

Les opérations de rénovation (très) basse énergie de l'enveloppe vont mener à un changement radical des puissances demandées pour le chauffage.

Nous nous focaliserons sur la puissance totale nécessaire au bâtiment, ce qui est le paramètre essentiel pour le dimensionnement d'un système centralisé. N'oublions pas que la puissance totale est le résultat de la somme des puissances demandées dans les différentes pièces, dont la connaissance est également essentielle pour le dimensionnement des systèmes d'émission ou des systèmes décentralisés.

En reprenant les différents scénarios décrits en III.1, nous obtenons les graphiques suivants, indiquant les différentes puissances nécessaires selon la température extérieure, en supposant un régime stable pour chaque point de fonctionnement.



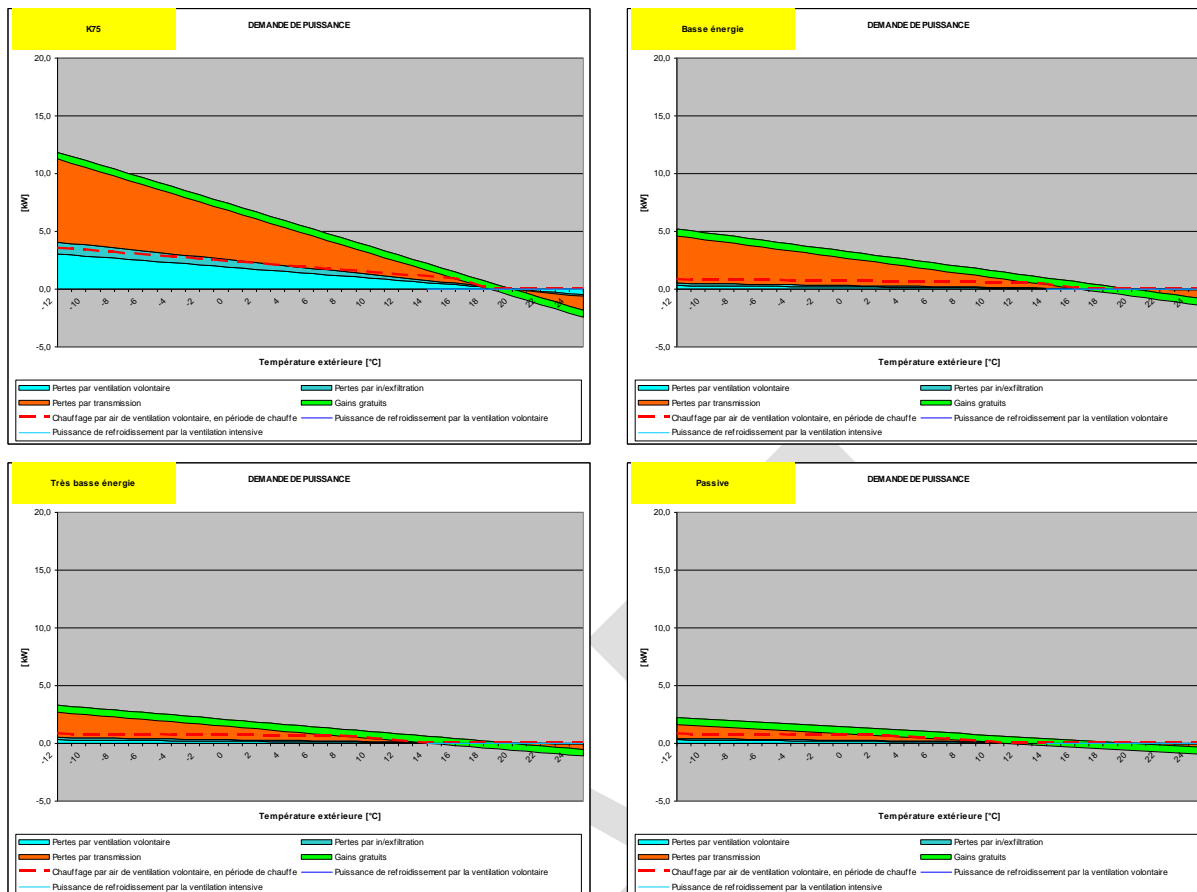


Figure 1 : variation de puissance de chauffage demandée pour plusieurs scénarios

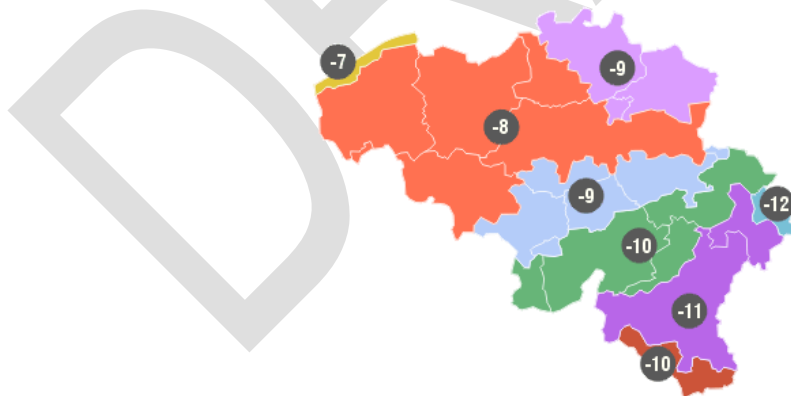


Figure 2 : selon NBN B 62-003, source Energie+

Pour dimensionner un système de chauffage, il faut considérer la ligne supérieure, pour des températures extérieures variant de -7 à -12°C, selon la situation géographique (voir NBN B 62-003). Dans la suite du document, nous prendrons conventionnellement -8°C dans nos exemples de puissances de dimensionnement.

Il est intéressant de noter les ordres de grandeur : on passe de : de +/- 20 kW à 5 kW pour la maison basse énergie. La maison passive de noter exemple approche une puissance de +/- 2 kW. Et ce, pour des conditions extrêmes très rarement rencontrées. Pour rappel :

- 20 kW est la puissance d'une "petite" chaudière murale;
- 2 kW est la puissance d'un radiateur électrique de salle de bains.

III.3 Energie

Il est possible d'intégrer sur une année les puissances selon les conditions météorologiques (année "type" à Uccle). On obtient une estimation de la demande d'énergie, pour des conditions intérieures fixées (hypothèse : 20°C).

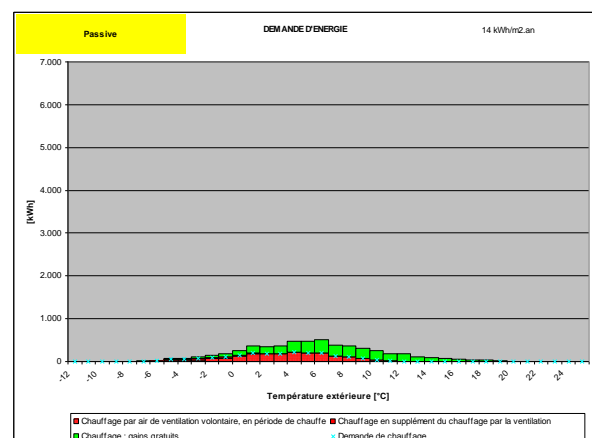
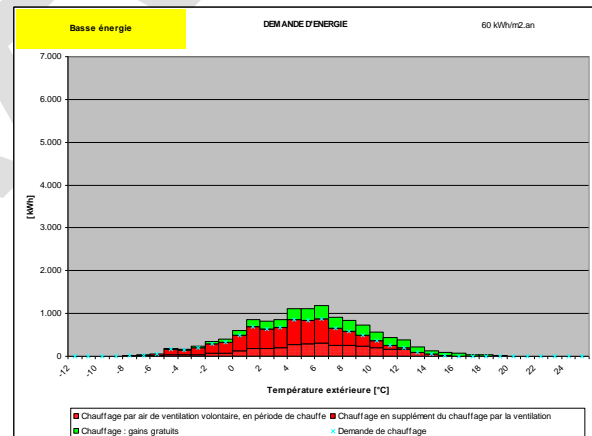
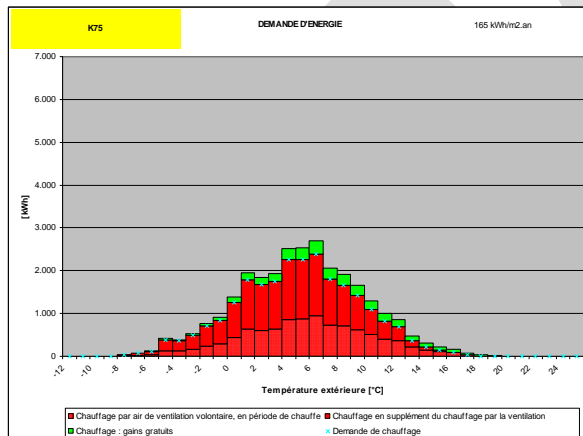
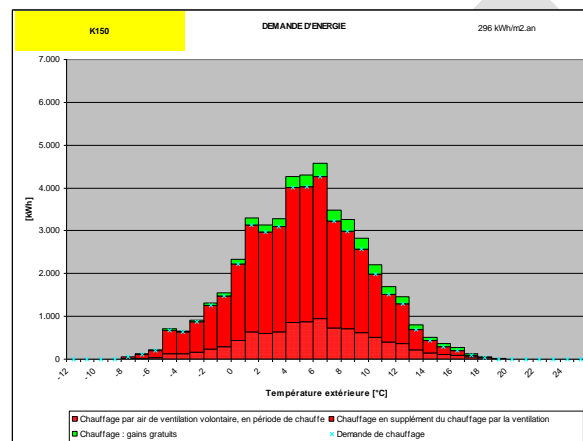


Figure 3 : variation de la demande d'énergie annuelle pour plusieurs scénarios

La demande de chaleur (en tenant compte de l'avantage apporté par les gains gratuits) est réduite de 85% en maison basse énergie, et de 95% en maison passive. Cela souligne l'efficacité du traitement de l'enveloppe et de la maîtrise des pertes par ventilation.

III.4 Pertes dues à la ventilation

L'échange d'air dans un bâtiment peut être divisé en deux catégories :

- **la ventilation volontaire**, c'est-à-dire une circulation d'air délibérément obtenue afin d'assurer des conditions d'hygiène et de confort dans le bâtiment; elle est réalisée par des systèmes naturels ou mécaniques qui assurent à la fois les débits et un sens de circulation bien défini;
- **la circulation d'air par in/exfiltration**, passant par des inétanchéités de l'enveloppe; il s'agit d'une circulation parasite qui n'est pas contrôlée au niveau débit et direction des flux; ceux-ci variant selon les conditions de pression du moment (vent, système de ventilation).

III.4.1 Ventilation volontaire

En rénovation, il n'est pas rare que le bâtiment initial n'ait pas de réel système de ventilation. Dans nos exemples, nous supposons tout de même qu'un système de ventilation est installé à la base, par exemple un système A ou C. La puissance de perte par ventilation volontaire est alors de l'ordre de 3 kW à -8°C dans l'habitation de base. On suppose un renouvellement de l'air du bâtiment de 0,75 par heure.

Pour faire baisser ces pertes, tout en gardant les volumes de renouvellement en air frais pour les habitants, on peut :

- adapter les débits selon l'occupation;
- installer un système de double flux avec récupérateur de chaleur;
- ajouter éventuellement un puits canadien au niveau de l'entrée d'air.

Nous observons dans les graphiques ci-dessous l'apport du double flux avec récupérateur de chaleur performant, la puissance baissant en dessous des 0,5 kW.

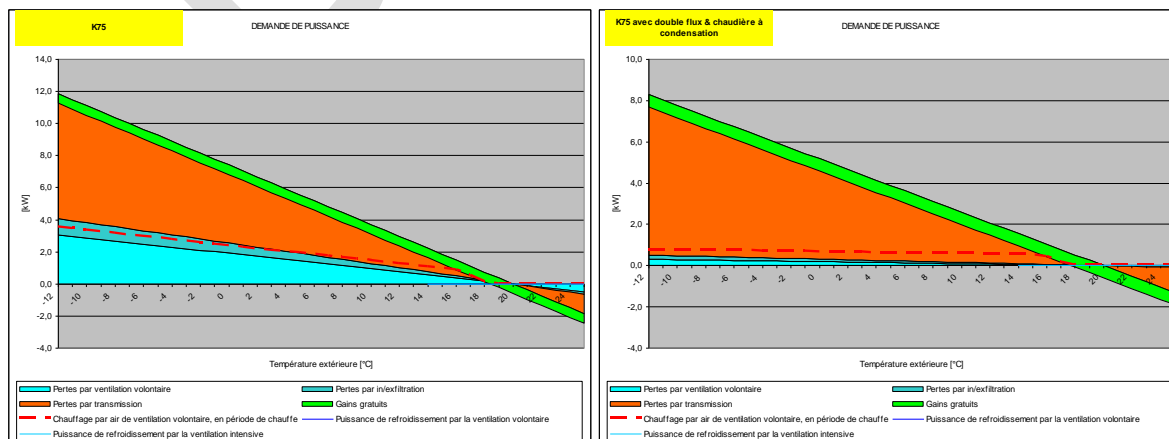


Figure 4 : évolution de la puissance exigée par ventilation volontaire

III.4.2 Pertes par in/exfiltration

Les pertes par ventilation non volontaire peuvent être importantes dans une maison à rénover. Plus de 1 kW à -8°C dans la maison K150 où l'on suppose un $n_{50} = 7$. Cela peut être encore jugé comme "faible" en proportion des pertes par transmission, mais il faut tenir compte que, selon les conditions de pression, cette puissance peut fortement augmenter. Une fausse solution serait d'apporter peu de soin au problème, en considérant qu'il s'agirait d'un complément de ventilation hygiénique. C'est un mauvais raisonnement vu que la ventilation par in/exfiltration est incontrôlée par définition et ne suit donc pas nécessairement le sens et les débits d'évacuation de l'air vicié attendus. De l'air vicié peut ainsi traverser plusieurs pièces avant d'être évacué.

Dès lors qu'on aborde la maison basse énergie, toute puissance de pertes est à minimiser et il est plus que jamais nécessaire d'étancher le logement à l'air.

Dans le cas des maisons passives, une exigence claire est posée en matière d'étanchéité : $n_{50} = 0,6$. Si une maison de conception passive dépasse cette valeur, elle ne sera d'ailleurs pas déclarée passive non seulement à cause de sa valeur n_{50} mais aussi parce que la demande de chauffage estimée dépassera rapidement le critère des 15 kWh/m^2 . Dans notre exemple, un $n_{50} = 5$ induit une demande de chauffage de 28 kWh/m^2 .

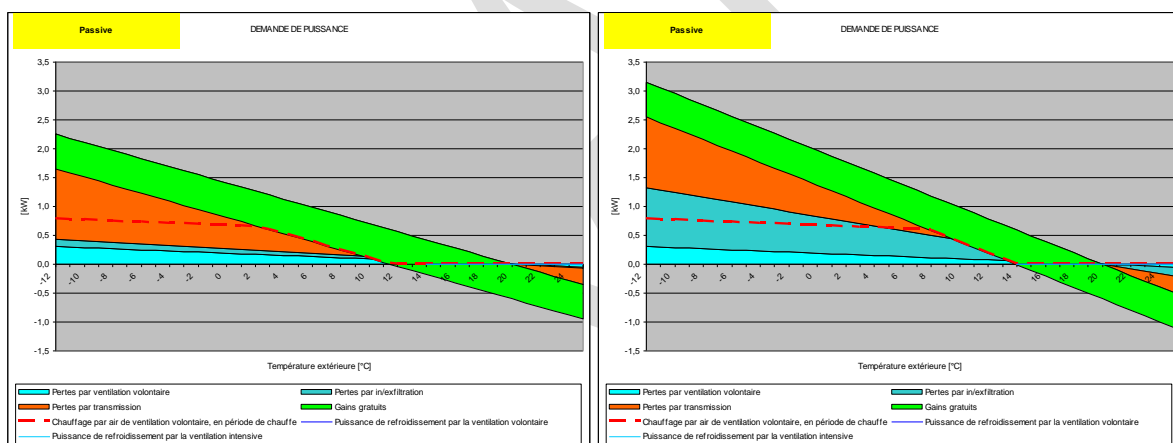


Figure 5 : variation de puissance pour une rénovation dite "passive", si $n_{50} = 0,6$ et $n_{50} = 5$ (non conforme)

III.5 Pertes par les parois

Notre analyse soulève évidemment l'énorme potentiel d'économie offert par l'isolation de l'enveloppe.

De la maison K150 à la maison basse énergie, on passe de 14 kW à 4 kW de pertes globales par ces parois. En maison passive, ces pertes descendent en dessous de 2,5 kW;

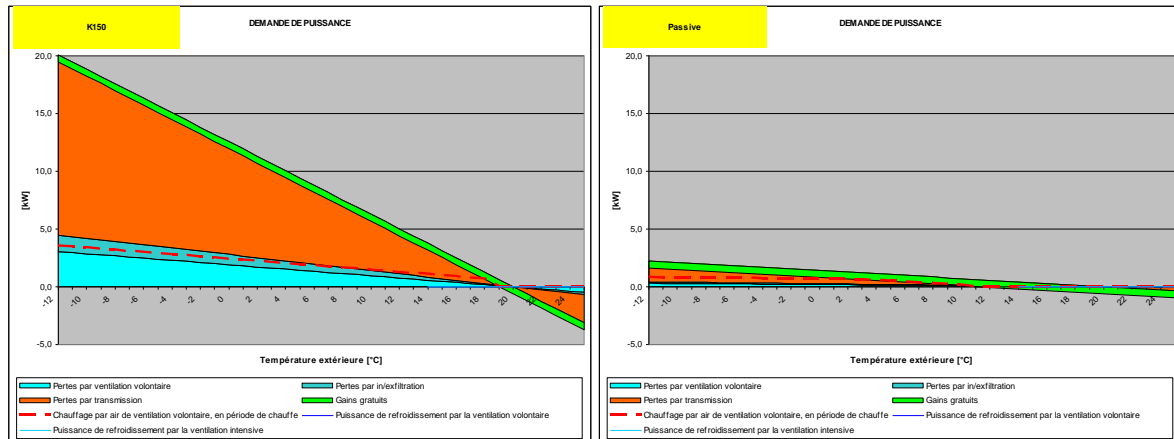


Figure 6 : influence de l'isolation sur la puissance de chauffage

III.6 Gains gratuits

Les gains gratuits sont de deux natures :

- les gains internes (occupants, électroménager,...);
- les gains solaires.

Notons d'abord que le terme de gains "gratuits" est partiellement trompeur : la consommation d'électricité liée à l'électroménager est bien payante et a son impact sur l'environnement. Il n'est absolument pas raisonnable de laisser l'éclairage allumé pour bénéficier d'une forme de chauffage, s'agissant là d'une forme d'énergie très chère.

Dans les graphiques de puissance et de consommation, les gains gratuits sont supposés constants selon la température extérieure et le type d'habitation : 400 W de production interne et 200 W de chaleur solaire.

En pratique, ils peuvent varier selon l'occupation, la période de l'année, l'heure et les conditions météorologiques. Notons que la capacité de valoriser les gains gratuits dépend de l'inertie du bâtiment, qui permettra de stocker et redistribuer l'énergie captée sur une période de temps donnée.

Les gains gratuits présentent un avantage en période de chauffe, mais augmentent le risque de surchauffe. Dans l'exemple de la maison passive, on peut totalement se passer de chauffage dès 12°C à l'extérieur, mais la surchauffe pourrait aussi se manifester pour des températures extérieures en dessous de 20 °C si on ne lutte pas contre celle-ci.

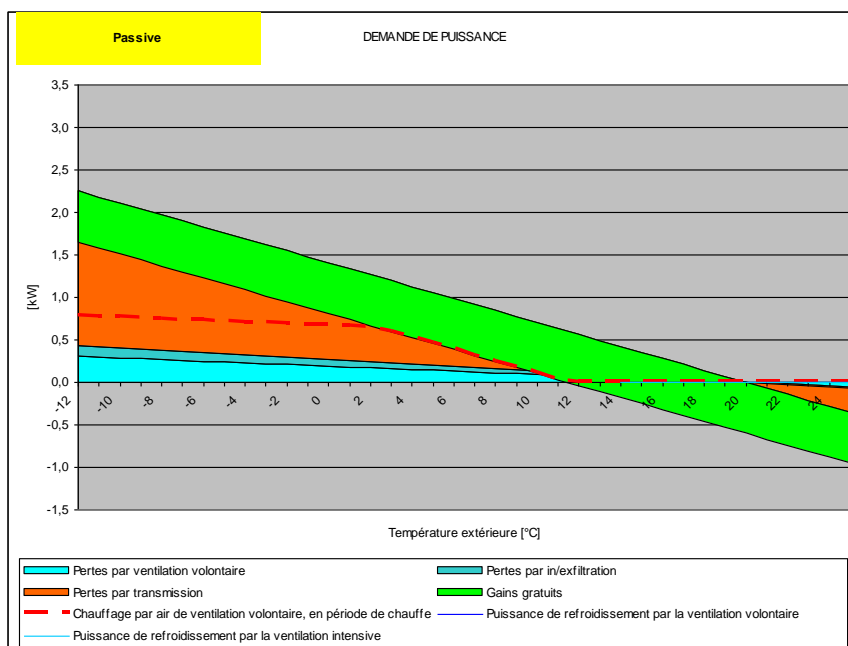


Figure 7 : demande de puissance en rénovation passive

III.6.1 Comment maîtriser les gains gratuits ?

Les gains internes liés à l'électroménager devraient être les plus bas possibles. Mieux vaut en effet minimiser un apport incontrôlé qui consomme de l'électricité exigeant à la source beaucoup d'énergie primaire. A titre d'exemple, une télévision Plasma à 500 W ne doit pas être vue comme une opportunité, mais bien comme un objet énergivore qui occasionnera des problèmes de surchauffe en saison chaude; le gain de chaleur en saison de chauffe n'étant qu'une légère compensation.

Les gains internes liés à l'occupation humaine ne peuvent être a priori évités ou "maîtrisés" : c'est une donnée de base.

Les gains solaires peuvent être réduits en utilisant des solutions de protections solaires devant les fenêtres ou en plaçant du vitrage à bas facteur solaire (mais dans ce dernier cas, c'est un rejet permanent de la chaleur, aussi perdue en saison de chauffe). La valorisation des gains solaires dépend aussi, comme dit plus haut, de l'inertie du bâtiment.

En absence de gains solaires, il faudra bien sûr que le système de chauffage prenne le relai.

III.7 Baisse de température et puissance de relance

III.7.1 Coupure de chauffage et baisse de température

Pour des raisons d'économie de chauffage, il est conseillé en saison de chauffe de diminuer la température intérieure de consigne lorsque cela est possible (la nuit, ou pendant un période d'absence). En effet, lorsque la température intérieure baisse, les déperditions par transmission et par ventilation en font de même. Il peut aussi s'agir d'une demande de confort, les occupants désirant une température plus basse dans les chambres, la nuit.

Il faut remarquer que les bâtiments se refroidiront à des vitesses très différentes selon leur isolation et leur inertie. Dans nos exemples, nous supposons que les bâtiments sont "mi-lourd", au sens décrit dans le règlement de la performance énergétique et du climat intérieur des bâtiments (PEB)¹. Nous ajoutons la situation d'une maison passive d'inertie de type "léger".

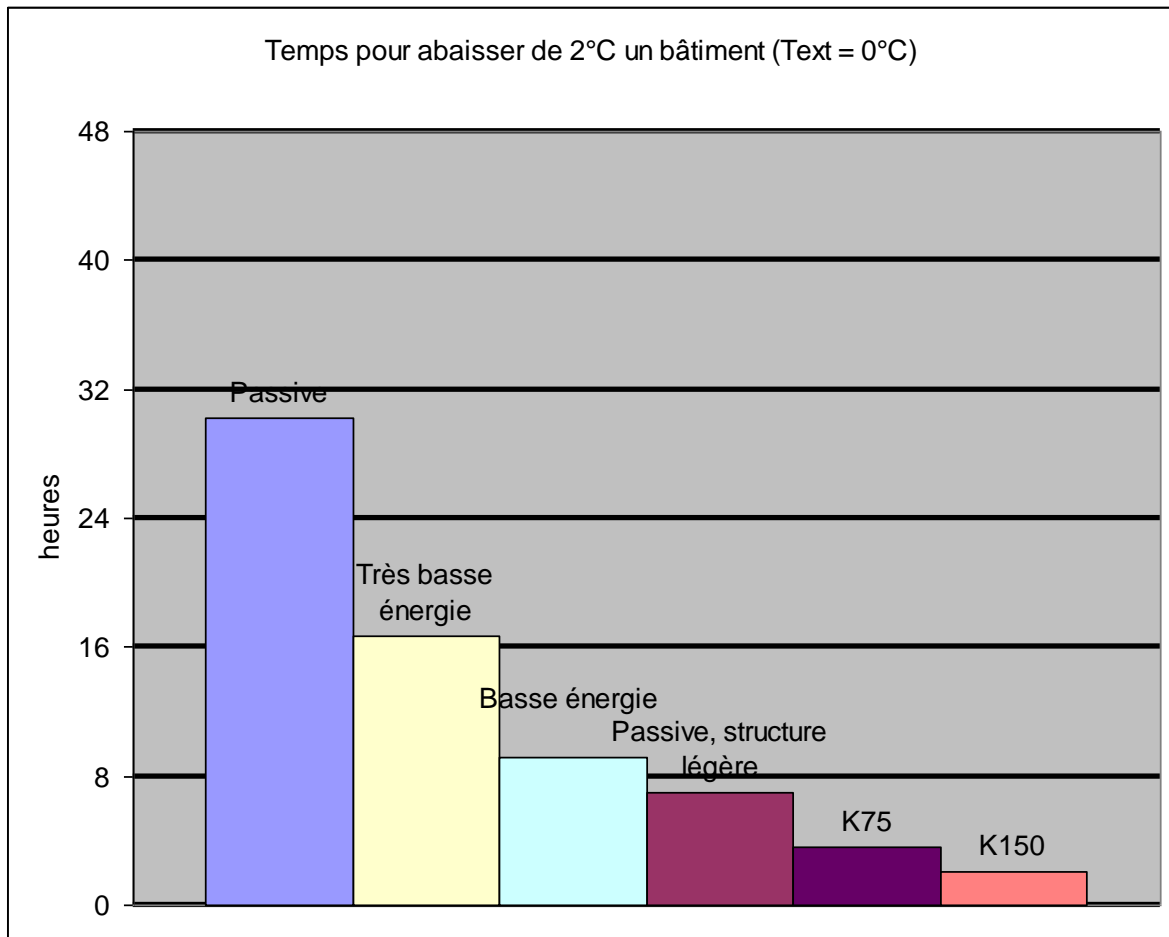


Figure 8 : temps pour abaisser de 2°C un bâtiment, la température extérieure étant fixée à 0°C

Pour une température extérieure de 0°C, le temps pour abaisser de 2°C l'ensemble du bâtiment une fois le chauffage coupé varie de 2 heures à plus d'une journée. L'inertie de bâtiment joue un rôle majeur : il faut plus d'un jour de coupure de chauffage pour que la maison passive "mi-lourd" perde 2 °C, alors qu'en structure légère, ce sera en moins de 8 heures. Il est bien sûr possible d'accélérer le refroidissement en by-passant le récupérateur de chaleur (s'il est présent) et en surventilant le bâtiment. Mais ce n'est bien sûr pas cohérent si l'objectif de la coupure de chauffage est la recherche d'économie d'énergie en période de chauffe.

III.7.2 Relance

¹ 21 décembre 2007 - Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant des exigences en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments.

Après un ralenti nocturne ou une période d'inoccupation, il faudra réchauffer l'air et la masse du bâtiment. Cela peut exiger des puissances importantes si l'on veut un réchauffement suffisamment rapide.

A Relance pour une différence de température fixée

Si on doit remonter de 2°C la température intérieure pendant 2 heures de relance, la puissance supplémentaire exigée dans un bâtiment exemplatif d'inertie "mi-lourd" est d'environ 12 kW, et ce indépendamment de l'isolation du bâtiment. Cette puissance s'ajoute à la puissance de chauffage, dépendante elle de la température extérieure et du niveau d'isolation.

Les puissances de relance peuvent donc être déterminantes dans le dimensionnement du système de chauffage. Dans des maisons (très) basses énergie, si l'on se base sur l'hypothèse précédente (2°C à remonter en 2 heures), le surdimensionnement s'exprime en multiples de la demande de chauffage en état stationnaire.

Appliquer un tel surdimensionnement a des conséquences négatives sur le rendement saisonnier de la chaudière, et donc sur la consommation. De plus, une chaudière plus puissance coûte normalement plus cher à l'investissement.

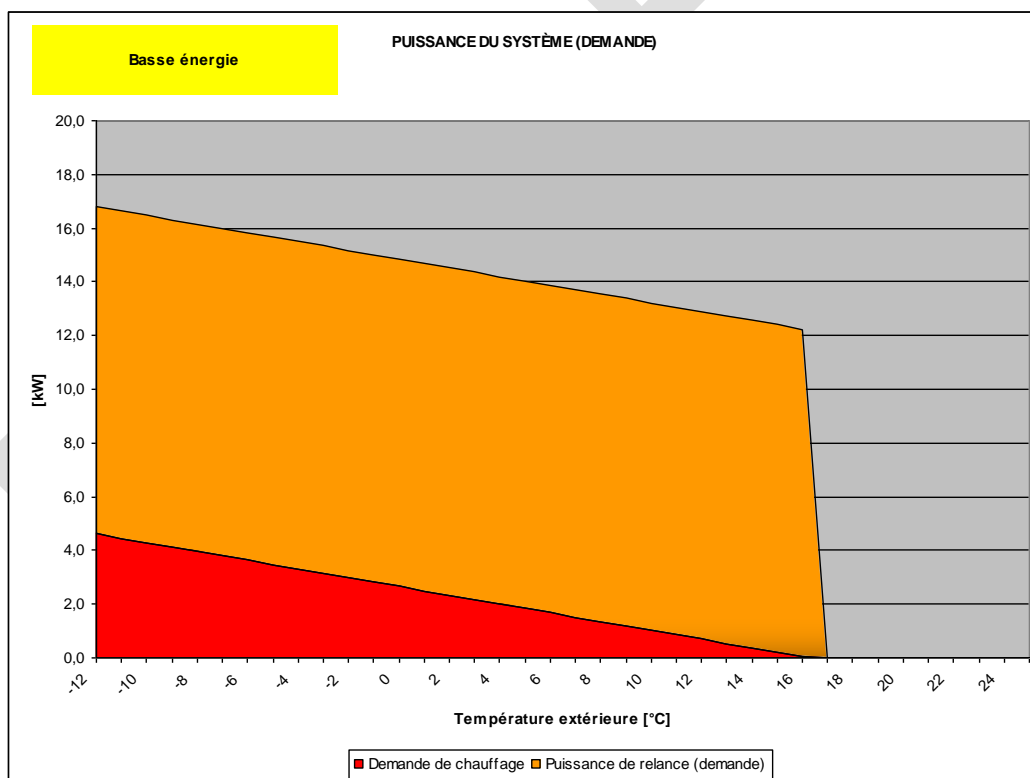


Figure 9 : puissance totale d'une rénovation basse énergie en tenant compte de la relance (bâtiment mi-lourd)

Il est possible de diminuer significativement cette demande de puissance de relance :

1. en partant d'une température moins basse, c'est-à-dire en ne permettant pas au bâtiment de se refroidir en dessous d'une température donnée;
2. en admettant un temps de relance plus long ou en faisant redémarrer le chauffage plus tôt;
3. en modifiant l'inertie du bâtiment.

A.1 Température moins basse

Même si la chaudière n'est pas surdimensionnée, il est toujours possible de faire baisser la température intérieure si la température extérieure est supérieure à -8 °C, puisqu'on dispose alors d'une puissance de réserve. Le graphique ci-dessous fournit quelle baisse de température on peut admettre si l'on veut limiter, par après, la durée de relance à maximum 2 heures.

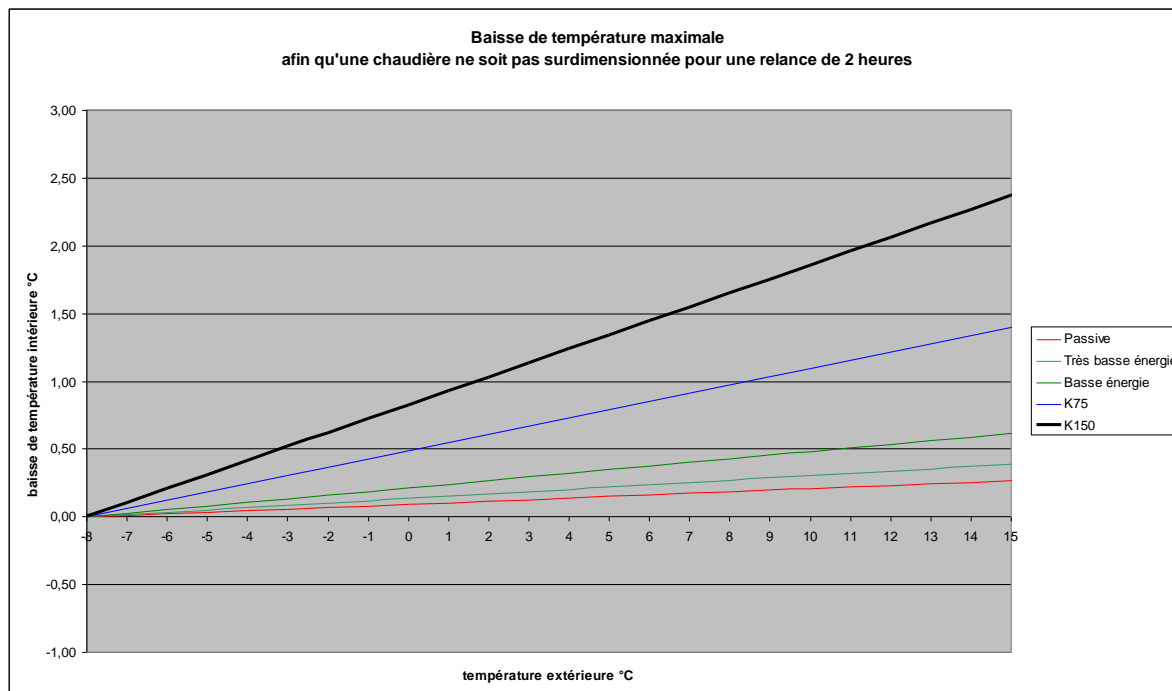


Figure 10 : baisse de température maximale admise afin qu'une chaudière ne soit pas surdimensionnée (la relance dure maximum 2 heures)

A.2 Temps de relance plus long

Admettre un temps de relance plus long dépend des exigences de confort des occupants et des circonstances qui mènent à la relance. Il est aussi possible de commencer la relance plus tôt.

Si le refroidissement est exceptionnel, par exemple après une période de vacances, les occupants peuvent éventuellement accepter d'attendre plusieurs heures avant d'obtenir la température voulue.

A.3 Diminuer l'inertie du bâtiment

Modifier l'inertie du bâtiment exige de revoir ses choix constructifs. En rénovation, il faut adapter complètement la pose de l'isolation (on aura par exemple recours à l'isolation vers l'intérieur : ce qui n'est pas le choix technique optimum).

Voici une comparaison des puissances exigées pour l'exemple de logement passif, selon deux profils d'inertie thermique.

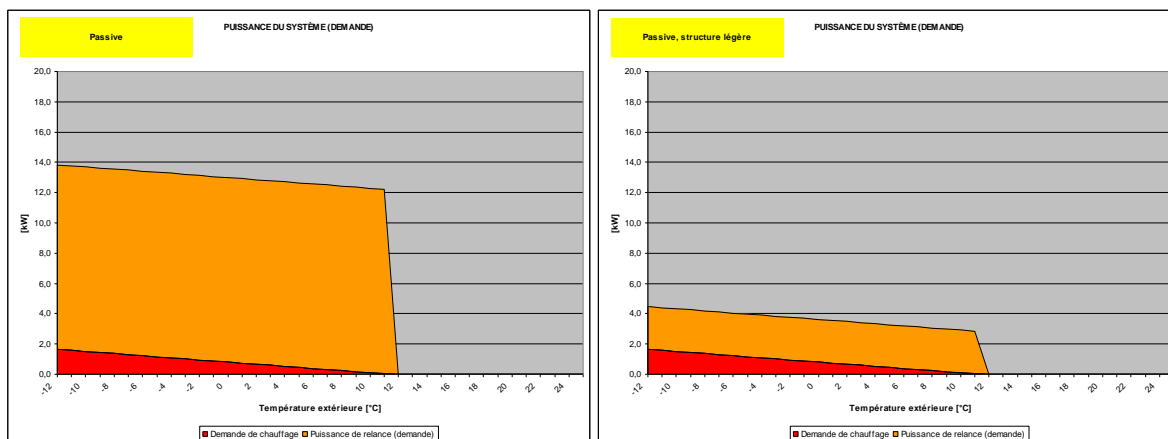


Figure 11 : influence de l'inertie thermique du bâtiment sur la puissance de relance : bâtiment mi-lourd et léger

Notons qu'il reste un surdimensionnement relatif important, multiple de la puissance de chauffage, même en bâtiment léger.

L'inertie thermique a une importance significative sur la puissance de relance, mais elle n'est généralement pas choisie pour répondre à ce problème. En effet, la lutte contre la surchauffe peut être jugée nettement plus importante, et dans ce cas, on pourrait opter pour une stratégie inverse : augmenter l'inertie. De même, le choix de l'isolation par l'intérieur est plutôt dicté par des contraintes architecturales et urbanistiques, et non pensée initialement pour diminuer la puissance de relance, ce qui n'est qu'un effet secondaire.

C'est en fait surtout dans le cas particulier de logements occupés occasionnellement (seconde résidence) qu'on pourrait spécifiquement miser sur la baisse d'inertie thermique afin de diminuer l'énergie de relance.

B Ralenti nocturne

Il ne faut pas déduire des considérations précédentes qu'il n'y a pas moyen d'effectuer du ralenti nocturne dans un logement basse énergie. Même si le chauffage n'est pas surdimensionné pour une relance, nous pouvons couper celui-ci pendant un nombre d'heures significatif dès lors que la température sera supérieure à la température de dimensionnement (entre -8 et -12 °C); il y a en effet alors une réserve de puissance. Si on considère que la relance en matinée doit se faire en une durée maximale de deux heures, le graphique ci-dessous donne le temps de coupure maximum "autorisé" selon le type d'exemple d'habitation étudié et la température extérieure.

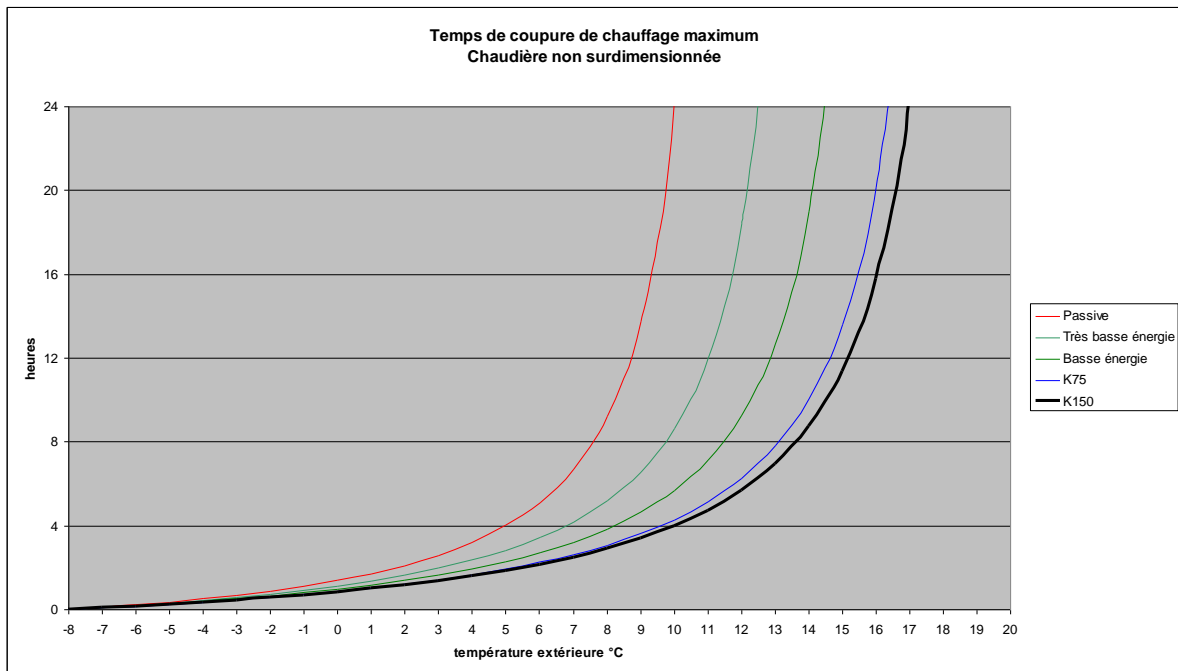


Figure 12 : temps de coupure de chauffage maximum admissible pour une chaudière non surdimensionnée

On remarque que les logements les plus isolés autorisent un temps de coupure plus long, pour des mêmes conditions de température extérieure. Ceci peut sembler en contradiction avec la graphique en III.7.2A.1. Dans ce graphique, on montre qu'on peut descendre à des températures plus basses dans les logements moins isolés, pour un même temps de relance. Mais dans ce scénario, le temps de coupure de chauffage qui mène à la baisse de température est aussi nettement plus court pour les logements moins bien isolés (voir graphique III.7.1).

III.8 Puissance pour l'eau chaude sanitaire

La question du dimensionnement du système d'eau chaude sanitaire et de son impact sur le système de chauffage est détaillée dans la NIT 235 sur la chaudière à condensation [9] .

En résumé, nous signalons qu'il est fréquent que la chaudière de système central serve aussi à la production d'eau chaude sanitaire. Cette production peut se faire en instantané ou via un stockage ("boiler" d'eau chaude sanitaire).

Les puissances nécessaires dépendent fortement du nombre et de l'équipement des points d'eau chaude à desservir.

En production instantanée, il faudra au minimum 20 à 25 kW pour assurer du confort à un point d'eau chaude de salle de bains.

Dès lors qu'il faudra alimenter plusieurs douches et/ou baignoires, le système avec stockage s'impose. Grâce à ce stockage, la puissance nécessaire peut baisser puisqu'il y a un décalage temporel entre l'offre et de la demande. Pour se fixer un ordre de grandeur, certaines familles vivent sans problème avec des puissances de 2 à 3 kW, ce qui est le maximum disponible en boiler électrique. Mais la multiplication de systèmes luxueux de douches ou baignoires avec multi-jets et autres consommateurs d'eau chaude peuvent faire monter très fortement la puissance nécessaire, dépassant les 30 à 40 kW.

III.9 Puissance de chauffage par le système de ventilation volontaire

Alors que la ventilation volontaire a été pendant longtemps un parent pauvre de la construction, elle est maintenant de plus en plus soigneusement étudiée. A côté des impositions réglementaires, il y a une prise de conscience par une partie des acteurs qu'une ventilation convenable assure des conditions de confort et d'hygiène minimales.

Dans un bâtiment rénové "très basse énergie", la maîtrise de la circulation permet aussi d'économiser de l'énergie de chauffage en minimisant les fuites d'air par in/exfiltration et en récupérant une partie du flux de chaleur de l'air de ventilation sortant par préchauffage de l'air entrant. Cela nécessite une installation double-flux avec échangeur de chaleur. Il est aussi possible d'envisager une autre forme de préchauffage (ou refroidissement, selon la saison) de l'air : le puits canadien, utilisant l'inertie du sol.

Dès lors qu'on installe un système de ventilation double-flux, on peut se poser la question si l'on ne dispose pas là d'un moyen commode de distribuer de la chaleur dans l'habitation. L'idée sous-jacente est de récupérer un investissement en conduits de ventilation comme système de distribution de chauffage, et donc d'épargner l'installation d'un autre système de distribution/émission.

Il est en soi toujours possible d'installer un chauffage par air dans toute habitation si l'on dispose de l'espace nécessaire pour les canalisations qui apporteront la puissance demandée. En effet, la chaleur spécifique de l'air étant nettement plus faible que celle de l'eau, et la température de l'air chaud injecté étant limitée pour des raisons de confort, on ne peut atteindre de fortes puissances que moyennant des débits élevés, qui eux-mêmes imposent des sections importantes afin de limiter l'énergie nécessaire au transport de l'air et ne pas créer de bruit parasite.

Mais dans une maison (très) basse énergie, les puissances étant réduites, un débit de l'ordre de celui exigé par la ventilation hygiénique peut déjà répondre à une part importante des besoins de chauffage. Nous prenons dans les exemples qui suivent un renouvellement d'air dans le bâtiment de 0,75 par heure.

Si l'on se limite à porter l'air entrant à une température de 5°C supérieure à la température ambiante, la puissance disponible dans une maison très basse énergie est donnée par le trait pointillé rouge sur le graphique suivant :

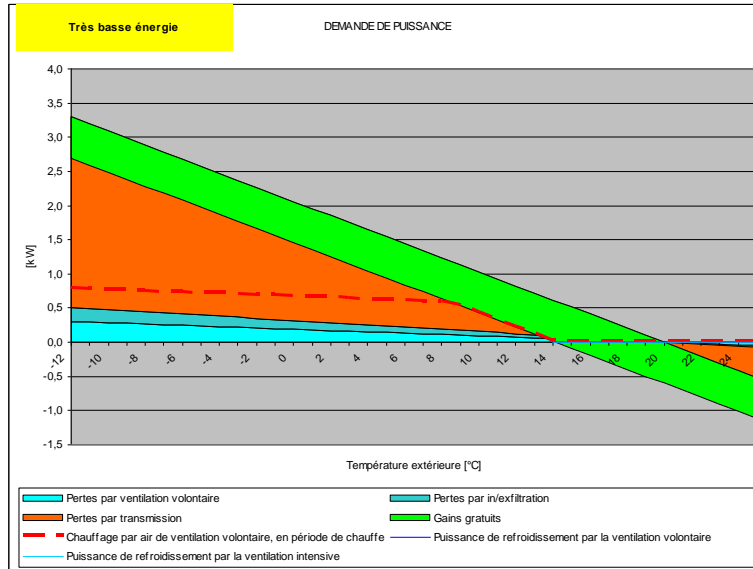


Figure 13 : demande de puissance pour une rénovation très basse énergie

La puissance est en apparence faible. Mais comme une part importante du temps de fonctionnement du chauffage se fera pour des températures au-dessus de 0°C, la proportion de couverture de la demande annuelle par le chauffage par ventilation est déjà significative : 60% de la demande. C'est ce qui est visible sur le graphique ci-dessous (barres en rouge et blanc)

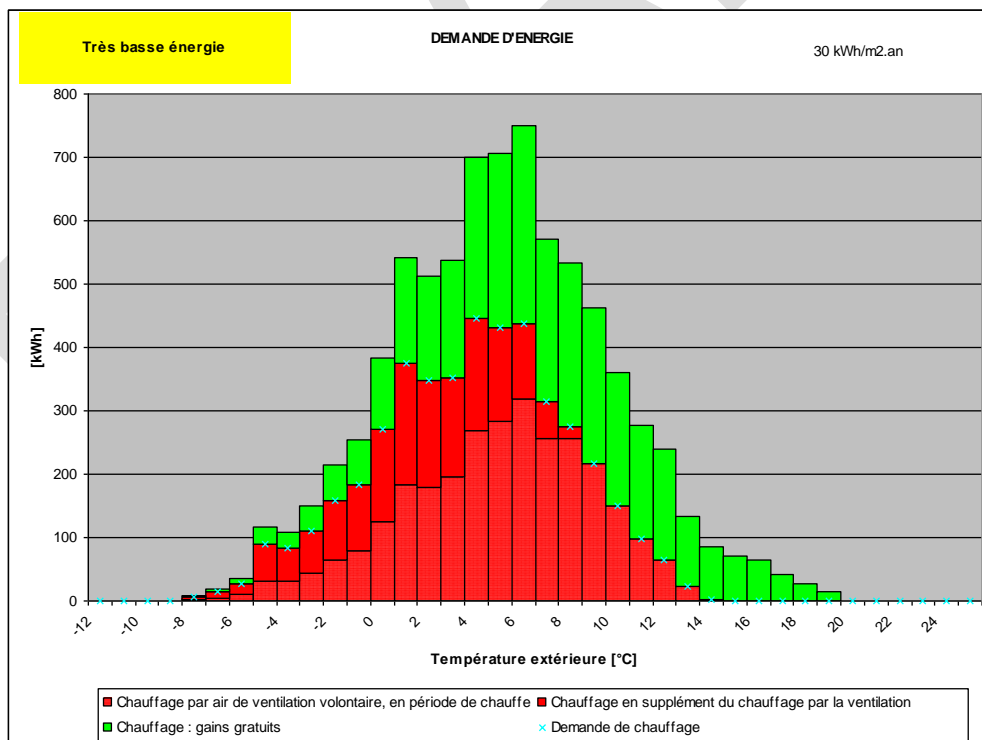


Figure 14 : demande d'énergie pour une rénovation très basse énergie

Un appoint sous forme de chauffage décentralisé pourrait alors répondre au supplément de demande à laquelle le chauffage par air ne peut satisfaire. La puissance de cet appoint n'est pas élevée : de l'ordre de 2 kW.

Comment obtenir plus de puissance d'un chauffage par air ? On pourrait augmenter le débit, mais cela mènera à redimensionner les canalisations (et à changer de ventilateur, qui consommera dès lors plus d'énergie). On peut plus aisément jouer sur la température, en s'assurant que cela ne perturbera pas le confort des occupants (le type et la position des bouches de pulsion seront déterminants). Dans ce cas, en considérant une limite de 20°C de différence température, il est possible de couvrir 100% du chauffage en maison passive et très basse énergie.

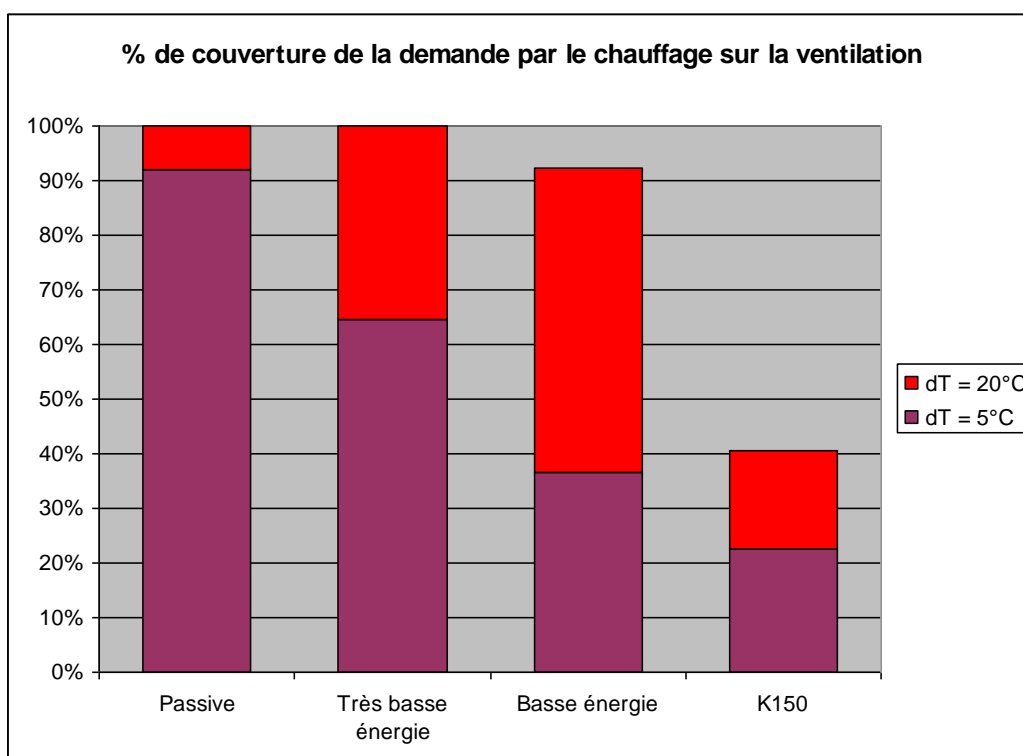


Figure 15 : possibilité de chauffer un bâtiment par la ventilation, selon le degré de rénovation énergétique

En maison passive, une différence de température de 13 à 15 °C suffit pour obtenir la couverture à 100%.

Ce paragraphe ne fait que dégager un potentiel exploitable. Une analyse complète doit se faire au cas par cas, en répondant aux questions suivantes :

- faut-il atteindre 100% de chauffage par air ou se limiter à un chauffage partiel ?
- quel sera l'appoint en cas de chauffage partiel par air ?
- quel sera l'investissement pour transformer le système de ventilation en système de chauffage ?
- quelle sera la température limite de fonctionnement ?
- quelle seront la source d'énergie et le système de production pour le chauffage par air ?
- quel sera le rendement du système ?

Si plusieurs avantages ressortent, comme l'assurance de ne pas incommoder les occupants par de l'air entrant trop frais ou l'absence d'un autre système de distribution de chaleur, il faut aussi souligner qu'un système de ventilation n'est pas conçu initialement pour le chauffage, et doit être adapté. Sa distribution d'air (pulsion) est limitée à certaines pièces (pièces dites "sèches"), alors qu'un chauffage central demande généralement une injection de chaleur

dans la majorité des pièces (dans la salle de bains, par exemple). La régulation pièce par pièce du chauffage par air est aussi importante.

L'utilisation du système de ventilation comme système de chauffage limite aussi le potentiel de régulation de la ventilation afin d'économiser l'énergie consommée par les ventilateurs. Si la puissance de chauffage doit être maximale, la ventilation sera aussi réglée à son maximum, même si cela n'est pas nécessaire à ce moment-là.

III.10 Température intérieure

Tous les calculs précédents, pour les différents exemples étudiés, ont été réalisés en supposant que la température intérieure désirée était fixée à 20°C. Il faut considérer cette température comme étant une moyenne dans le temps et l'espace de la maison. Dans le calcul du niveau E, la température intérieure moyenne est fixée à 18°C. *En maison passive, le PHPP prend une valeur de 20°C comme référence.*

Mais en pratique, il se peut que les utilisateurs désirent une température différente. Ainsi, si la température intérieure est fixée à 22°C, la demande de puissance augmente de l'ordre de 10%. La consommation varie proportionnellement d'autant plus fortement que le bâtiment est isolé.

Graphiques : A gauche, calculs à 20°C. A droite, à 22°C température intérieure.

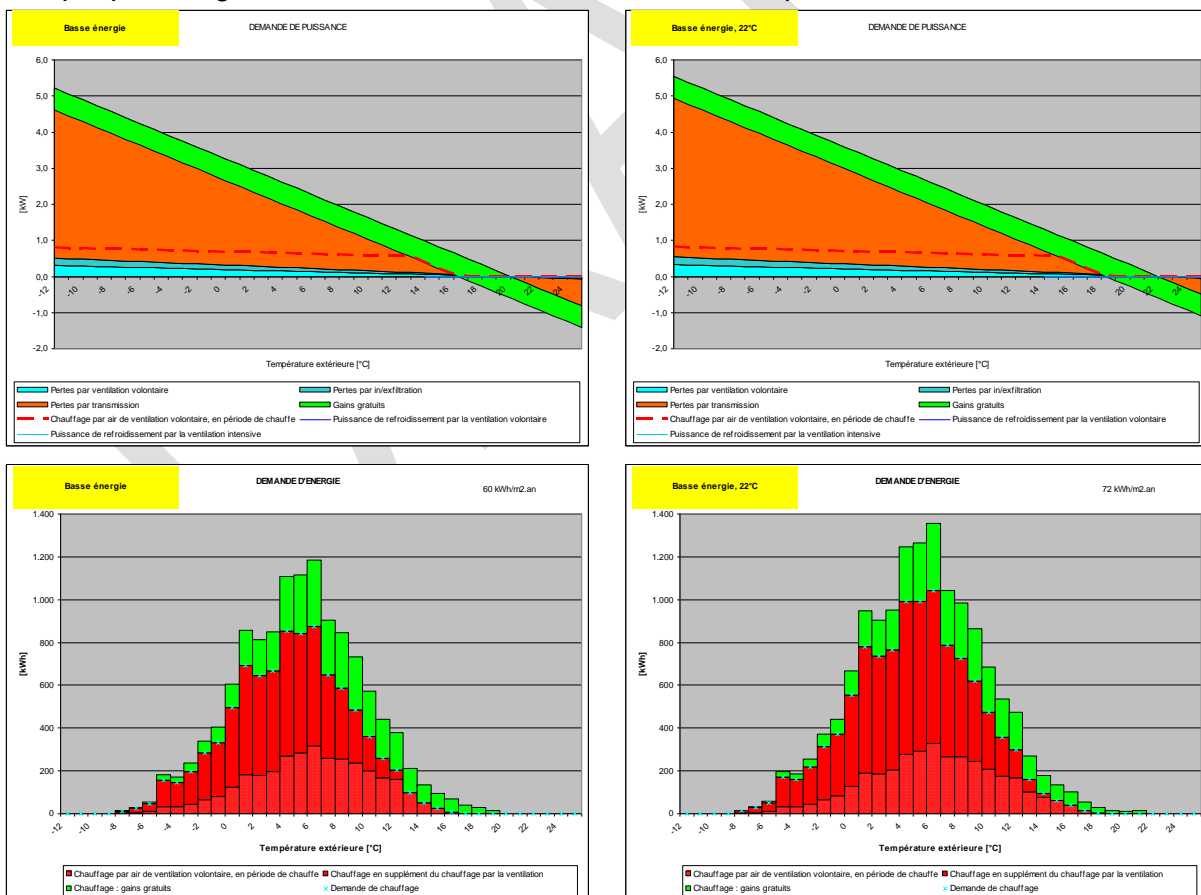


Figure 16 : Influence de la température intérieure sur les puissances et la consommation d'énergie d'un bâtiment rénové "basse énergie"

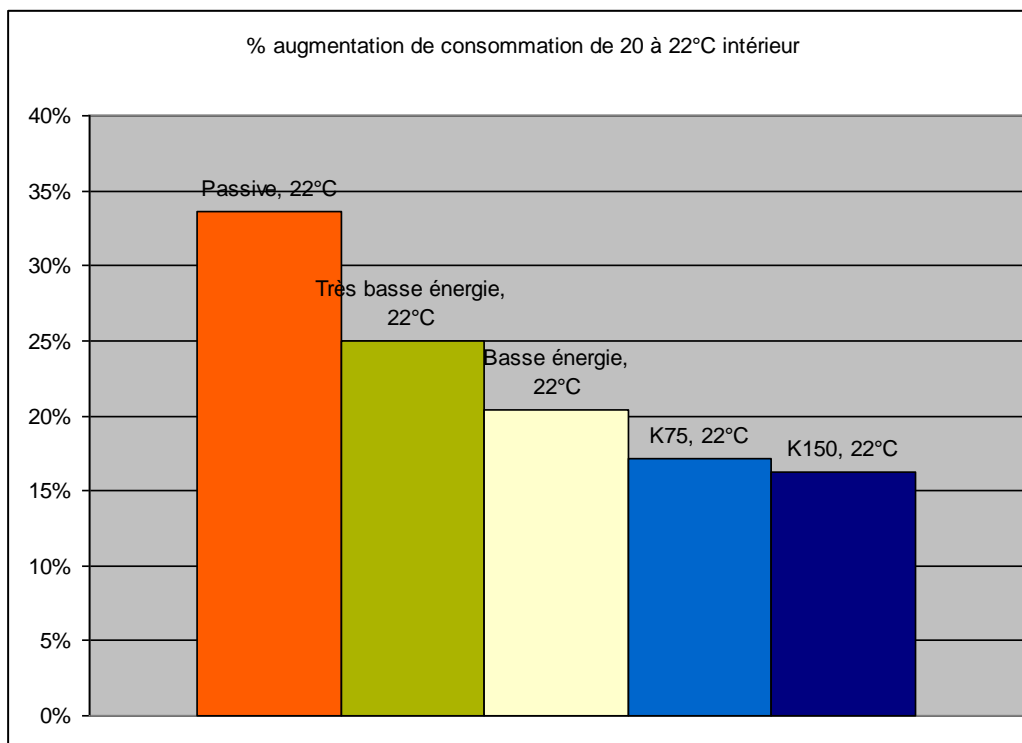


Figure 17 : proportion de consommation supplémentaire en cas d'augmentation de la température de consigne

Il faut noter qu'à 22°C, un bâtiment passif dépasse les 15 kWh/m², qui deviennent dans notre exemple 19 kWh/m². Cela ne signifie pas en soi que ce bâtiment n'est plus labellisable "passif", mais que la définition du passif, comme toute autre définition d'un niveau de performances en énergie, se base sur une estimation des consommations : elle comporte des hypothèses qui ne seront pas nécessairement suivies en situation réelle. Des variations de consommation peuvent d'ailleurs aussi aller en sens inverse, si l'on a des exigences de températures plus faibles. Soulignons dès lors ici que la simple déclaration des consommations d'une habitation par ses occupants ne permet pas de juger avec précision des performances de celle-ci.

Notons enfin que le confort intérieur dépendra de la température de l'air ambiant et de celle des parois. Dans un bâtiment dont les parois sont isolées, celles-ci seront plus chaudes et le confort augmentera : on pourra diminuer la température de l'air ambiant tout en conservant une sensation de confort. De cela résultera un gain sur la consommation.

III.11 Pratique : détermination de la puissance

Les calculs de puissance de chauffage sont censés être matière connue des professionnels. Nous profitons pour rappeler ici les règles en vigueur, et donner une méthode d'estimation rapide basée sur le niveau K.

III.11.1 Détermination de la puissance de la chaudière par calcul des déperditions calorifiques du bâtiment existant

Selon les règles de bonne pratique, la manière la plus correcte de déterminer la puissance de la chaudière consiste à réaliser un calcul des déperditions calorifiques du bâtiment

existant (local par local) selon les méthodes de calcul normalisées de la norme NBN B 62-003 (en révision) et NBN EN 12831.

III.11.2 Estimation de la puissance de la chaudière par un calcul approximatif

On peut se baser sur les données utilisées pour la détermination du niveau d'isolation du bâtiment (niveau K calculé selon la norme NBN B 62-301), pour autant qu'elles soient disponibles. Pour connaître la puissance de chaudière, il suffit d'effectuer un calcul approximatif des déperditions calorifiques du bâtiment dans son ensemble (Φ en W) à l'aide de la formule suivante :

$$\Phi = ((U_{m,T} \cdot A_T) + (0,34 \cdot r \cdot V)) \cdot (20 - \theta_{eb}) \quad (W)$$

où :

- $U_{m,T}^2$ (W/m²K) : le coefficient moyen de transmission thermique du bâtiment selon NBN B 62-301;
- A_T (m²) : la surface totale de déperditions des parois extérieures de l'enveloppe du bâtiment;
- r : taux de renouvellement d'air par ventilation volontaire en #/h;
- V (m³) : le volume protégé du bâtiment;
- θ_{eb} (°C) : la température extérieure de base de la région où est situé le bâtiment (p. ex. - 10 °C).

Il faut noter que les pertes par in/exfiltration ne sont pas prises en compte. On pourrait les considérer en première approximation en ajoutant au taux de renouvellement d'air r la valeur $n_{50}/20$, en supposant la valeur n_{50} connue.

² $U_{m,T}$: appelé aussi k_s (voir NBN B 62-301 :1989)

IV AVANT-PROJET DE SYSTÈME

Il existe actuellement de très nombreuses solutions techniques pour chauffer une habitation. En rénovation, il n'est pas toujours possible, du moins sans lourds travaux, d'installer tout système. Nous aborderons les récupérations et remplacements envisageables dans ce contexte.

Les différentes solutions techniques résultent d'une combinaison d'éléments. Nous citerons les principaux pour le chauffage domestique.

Il n'est pas abordé ici certaines techniques comme la cogénération. Il n'est également pas fait de distinction entre les systèmes collectifs et individuels. Il est clair que ces systèmes seront différents au niveau de leur dimensionnement et de leur régulation, mais les principes sous-jacents restent les mêmes.

IV.1 Systèmes envisageables

Après avoir analysé le projet de rénovation et la demande de chauffage, le concepteur de l'installation devra choisir une solution répondant à la demande et tenant compte de la rénovation.

Le concepteur formera un système en sélectionnant des composants, récupérés ou neufs. Le choix des composants peut s'effectuer selon plusieurs critères que nous abordons dans les chapitres qui suivent.

Une fois un premier avant-projet établi, il évaluera les performances globales du système global. Si elles sont jugées non optimales, le concepteur adaptera certains choix de composants et réévaluera les performances.

En matière de systèmes de chauffage, il existe une large gamme de solutions. Nous proposons de les aborder sous forme d'un schéma qui recense les principaux composants disponibles. Tous les composants d'une catégorie ne sont pas interchangeables avec ceux d'une autre : ainsi, seule l'électricité alimentera une pompe à chaleur³ ou bien les cheminées/ventouses ne seront bien sûr indispensables que pour les systèmes à combustion. Il existe donc des liens préférentiels ou obligés entre certains éléments, ce que le schéma représente par des traits de jonction.

IV.1.1 Points d'attention en rénovation

Des icônes indiquent sur certaines jonctions des points particuliers auxquels le concepteur doit porter son attention.

récupérable en rénovation

Certains éléments (exemple : radiateurs existants) jugés en bon état peuvent être récurés dans le cadre d'une rénovation. Une évaluation de leur impact sur l'environnement, de leurs

³ du moins dans les applications domestiques classiques

performances énergétiques et de confort doit alors encore être effectuée avant de décider de leur intégration dans le système final.

<> besoin d'espace

Certains éléments (exemple : la citerne de combustible) exigent de l'espace. Ceci peut mener à un surcoût, ou encore à une réelle impossibilité d'emploi de l'élément. Ainsi, une citerne à propane ne pouvant être posée qu'en extérieur à une distance de sécurité de l'habitation, un logement sans jardin se voit exclu de l'utilisation de cette énergie.

! lourds travaux

Certains éléments mènent à effectuer de lourds travaux. Les travaux sont jugés lourds sur base d'un ou de plusieurs de ces aspects :

- les matériaux à mobiliser;
- le temps nécessaire pour effectuer les travaux;
- l'impact sur les éléments annexes (démolitions, terrassements, percements ...).

C'est par exemple le cas si l'on envisage l'exploitation du sol comme source de chaleur pour une pompe à chaleur.

X pas toujours physiquement présent

Certains éléments ne sont pas disponibles pour le projet étudié. L'exemple plus classique est le réseau de gaz naturel.

√ toujours disponible

A contrario, certains éléments et techniques sont quasi toujours disponibles. En matière d'énergie, c'est le cas de l'électricité.

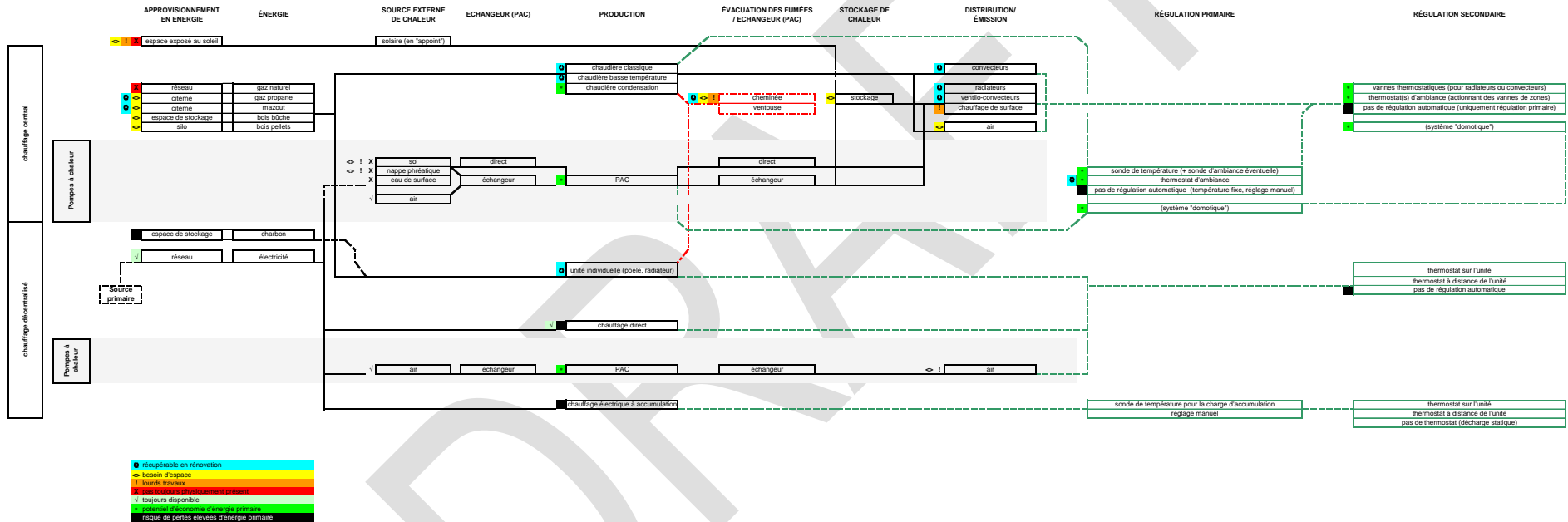
* potentiel d'économie d'énergie primaire

Certains éléments vont particulièrement favoriser l'économie d'énergie primaire, en comparaison d'autres techniques disponibles.

■ risque de pertes élevées d'énergie
primaire

Certains éléments impliquent une consommation nettement plus importante d'énergie primaire que d'autres. Ils sont signalés par un carré noir.

IV.1.2 Schéma des systèmes



IV.2 Energie

IV.2.1 Offre

Plusieurs énergies peuvent alimenter un système de chauffage :

- gaz naturel;
- mazout;
- gaz propane;
- bois;
- charbon;
- électricité.

Ces énergies sont plus ou moins transformées avant d'arriver vers l'utilisateur. Elles peuvent néanmoins être considérées comme des sources d'énergie primaire, excepté l'électricité. L'électricité est un vecteur énergétique qui dépend d'autres sources primaires, qui en Belgique se répartissent selon le graphique suivant :

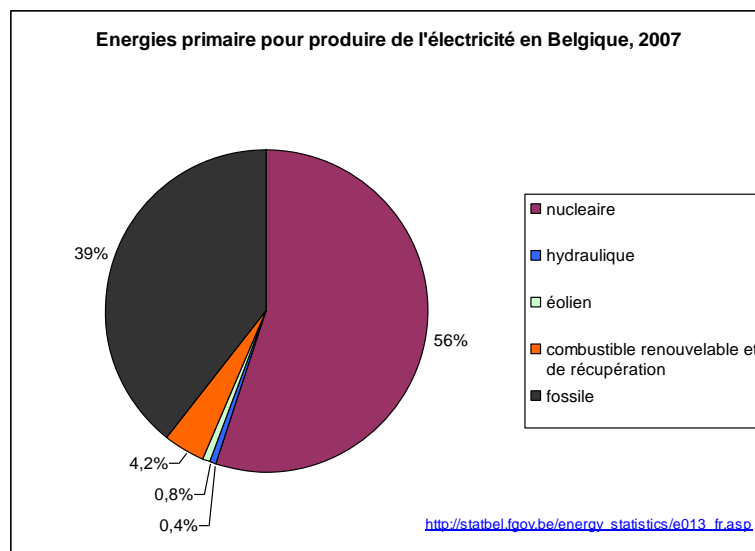


Figure 18 : répartition des énergies primaires nécessaires à la production d'électricité

Il faut en moyenne 2,5 unités d'énergie primaire pour obtenir 1 unité d'électricité.

A propos des autres énergies, nous pouvons encore noter que :

- le bois peut se décliner en pellets ou en bûches.
- certaines énergies exigent un stockage, d'autres sont distribuées en réseau. Il faut donc évaluer s'il est possible d'installer le volume de stockage nécessaire (ou si le réseau d'énergie est disponible).

A côté des énergies délivrées par un réseau commercial, il existe deux sources qualifiées de "libres d'exploitation" :

- le soleil;
- la chaleur de l'environnement, puisée par une pompe à chaleur (cette chaleur provient elle-même principalement de l'énergie solaire, à laquelle s'ajoute une petite part d'émission du noyau de la terre même).

Pour la source de chaleur (en termes techniques : "source froide"), le choix existe entre le sol, la nappe phréatique (pas toujours disponible), l'eau de surface (pas toujours disponible) ou l'air.

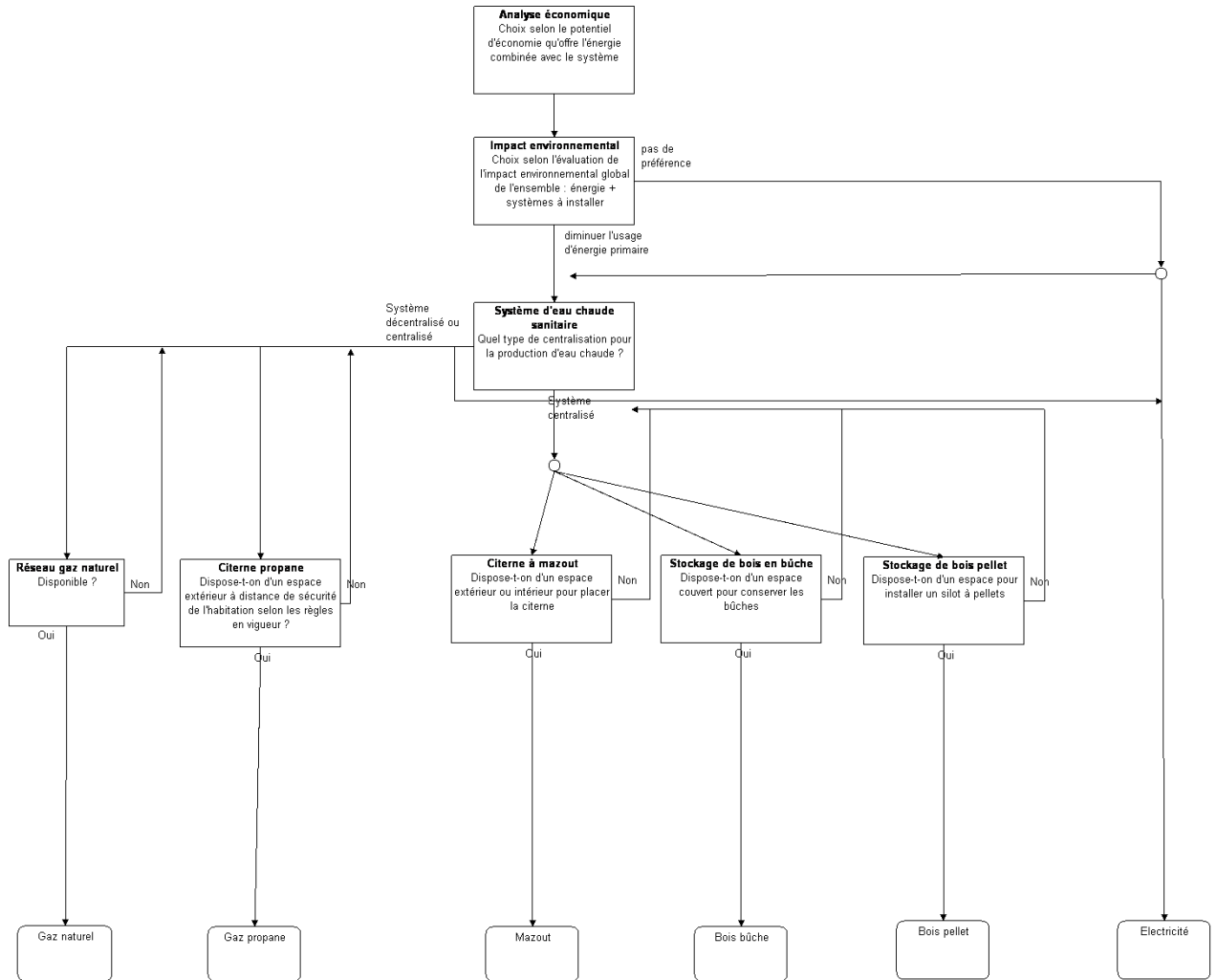
IV.2.2 Choix

Le choix d'une ou de plusieurs énergie dépendra des facteurs suivants :

- disponibilité de l'énergie;
- coût d'accès;
- coût des installations exploitant l'énergie;
- coût à l'utilisation;
- compatibilité avec les systèmes de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de cuisine envisagés;
- impact potentiel sur l'environnement, en tenant compte de l'ensemble énergie-système

En rénovation, l'accès préexistant à une énergie peut influencer le choix final vu l'investissement moindre à devoir consentir pour l'utiliser. C'est par exemple le cas si une citerne au propane en ordre est déjà installée.

Le schéma ci-dessous reprend les étapes principales menant au choix d'une énergie.



IV.3 Système de production

La rénovation est l'occasion de remplacer le système de production vétuste par un nouveau plus performant. La question se pose néanmoins de la possibilité de conserver le système existant.

IV.3.1 Production centralisée/décentralisée

On doit distinguer d'abord deux catégories de systèmes de production, les systèmes de chauffage centralisés et décentralisés.

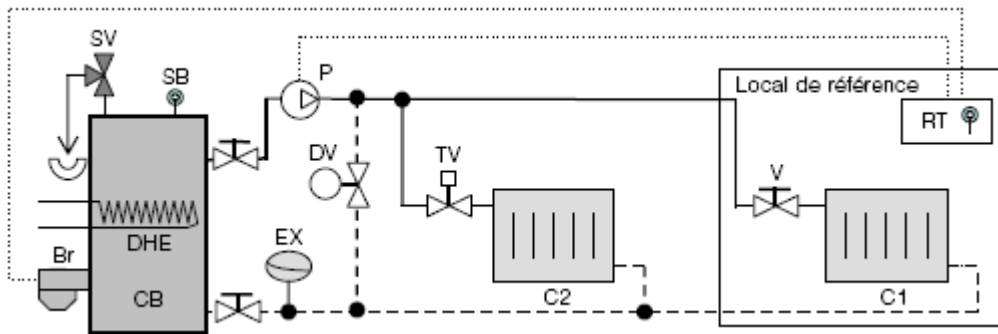


Figure 19 : exemples de chauffages centralisés



Figure 20 : exemples de chauffages décentralisés

Les systèmes décentralisés produisent et émettent de la chaleur directement dans le local à chauffer. Une régulation locale est généralement liée à l'appareil. Les systèmes sont du type poêle ou convecteur. Les systèmes d'air-conditionné individuels ainsi que les chauffages électriques (direct ou à accumulation) appartiennent aussi à cette catégorie.

Les systèmes centralisés découplent le lieu d'émission et de production. Pour ce faire, il faut un réseau de distribution et une régulation qui ajuste la production de chaleur et son émission. Il s'agit de systèmes basés sur une chaudière ou une pompe à chaleur centrales.

A Que choisir ?

La tendance est au remplacement systématique du chauffage décentralisé par du chauffage central. Avant d'effectuer cette opération, il est intéressant d'évaluer objectivement les avantages et inconvénients de chaque solution :

	CENTRALISÉ	DÉCENTRALISÉ
approvisionnement en énergie	un seul lieu	à chaque appareil
évacuation des produits de combustion (en dehors de l'électricité)	une évacuation unique	une évacuation par appareil de chauffage
pertes de production	une partie est récupérée si l'appareil est dans la zone chauffée	récupération d'une partie des pertes dans le local
technologie de la condensation	développée	pas développée
pertes de distribution	risque potentiel de fortes pertes	pas de pertes de distribution

La tendance des dernières décennies a été de remplacer ces systèmes par du chauffage central. Il est en effet jugé par les utilisateurs comme plus confortable, en permettant de

chauffer toutes les pièces sans avoir la contrainte de l'apport d'air comburant et de l'évacuation des gaz de combustion dans chaque pièce. Mais cela se fit souvent au détriment de l'économie d'énergie, les occupants ayant tendance à chauffer plus longtemps et à plus hautes températures un nombre plus important de pièces.

A côté de cela, en supprimant l'apport d'air comburant nécessaire au fonctionnement des systèmes décentralisés, on a également supprimé une forme de ventilation, avec pour conséquence, des problèmes de qualité de l'air et d'humidité. Il est fréquemment dit que le chauffage central créé des problèmes d'humidité bien que ce soit plus précisément l'obturation de cheminées et d'amenées d'air des anciens systèmes décentralisés qui en est la cause.

Depuis quelques années, la conception de bâtiment "très basse énergie" ou passif a ranimé un certain intérêt pour les systèmes décentralisés. D'un part, ils peuvent utiliser une énergie du type bois qui se veut en accord avec une philosophie d'un moindre impact sur l'environnement (dès lors que la source du bois est correctement exploitée). D'autre part, les puissances demandées dans les maisons basse énergie sont si faible qu'un seul système peut servir pour l'ensemble du bâtiment. Une ventilation mécanique double flux peut alors devenir une forme de système de distribution amenant la chaleur vers les autres pièces.

IV.3.2 Chaudière existante

Le rendement d'une chaudière existante peut varier fortement selon :

- ses performances à l'origine;
- son âge;
- son entretien.

Si l'on veut évaluer les performances de la chaudière existante, il est possible de déterminer le rendement de combustion par une mesure des fumées (formule de Siegert).

Mais le rendement de production même, qui comptabilise aussi les pertes par les parois de la chaudière, est quasi impossible à déterminer par un test in situ. Un examen visuel de la chaudière (isolation des parois, état de la chambre combustion, ...) devra donc aussi jouer pour estimer si une chaudière doit être remplacée ou pas.

Pour illustrer notre raisonnement, nous prendrons ici des valeurs exemplatives, en sachant que de grands écarts de valeur peuvent être rencontrés sur le terrain.

Supposons que l'on ait une chaudière existante de 30 kW dont la courbe charge/rendement sur PCS soit la suivante:

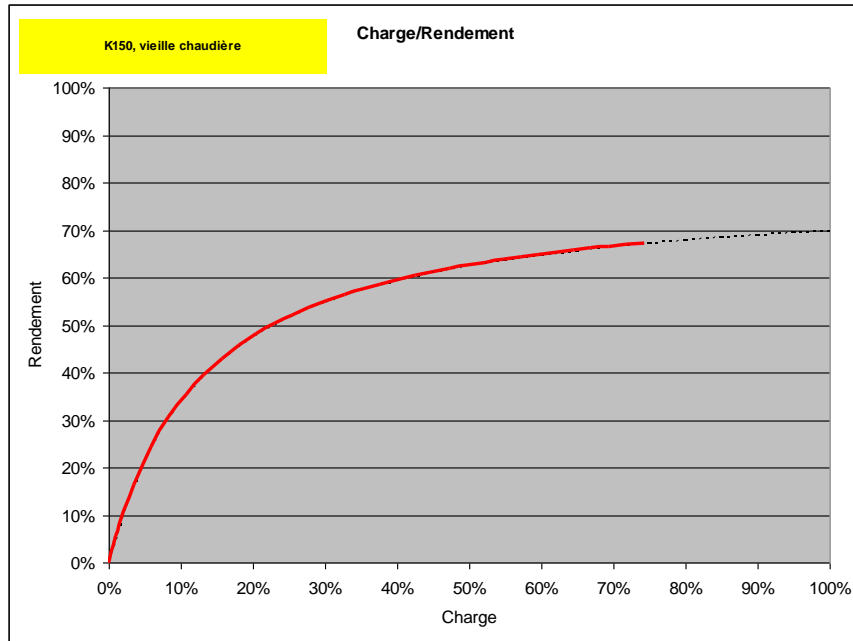
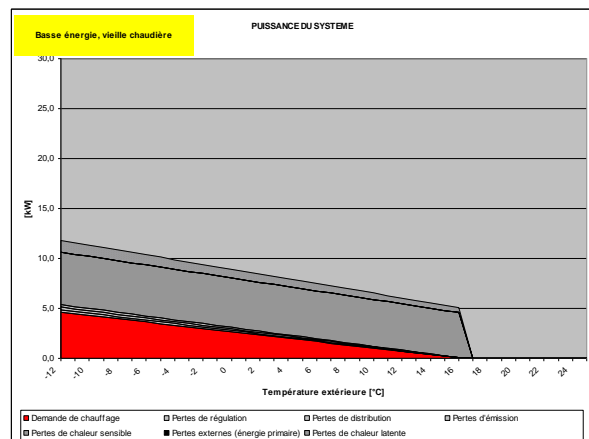
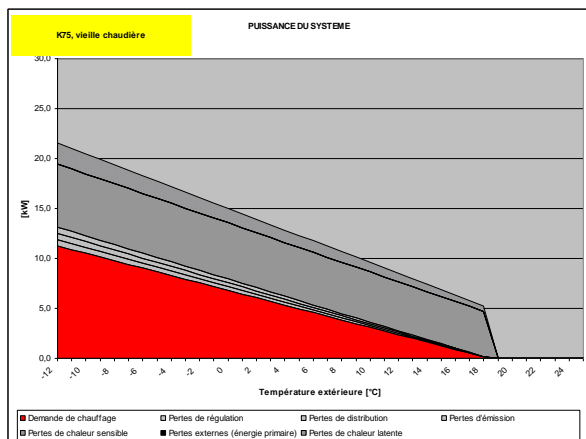
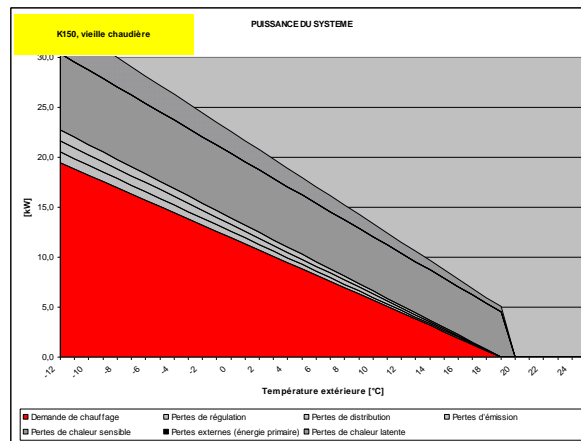


Figure 21 : exemple de courbe charge/rendement d'une ancienne chaudière

Supposons que l'on conserve cette chaudière dans les différents scénarios de rénovation étudiés. Dans ce cas, nous observons les graphiques de puissance suivants.



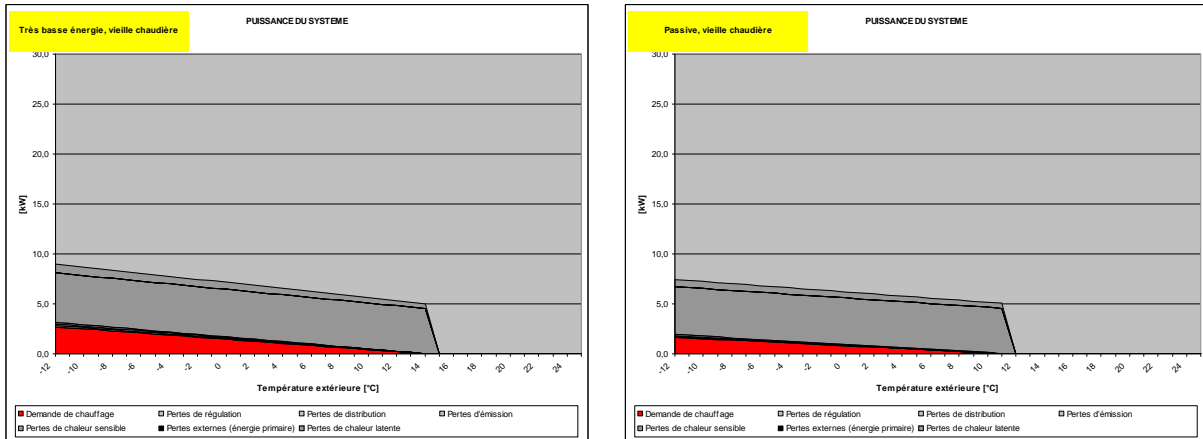
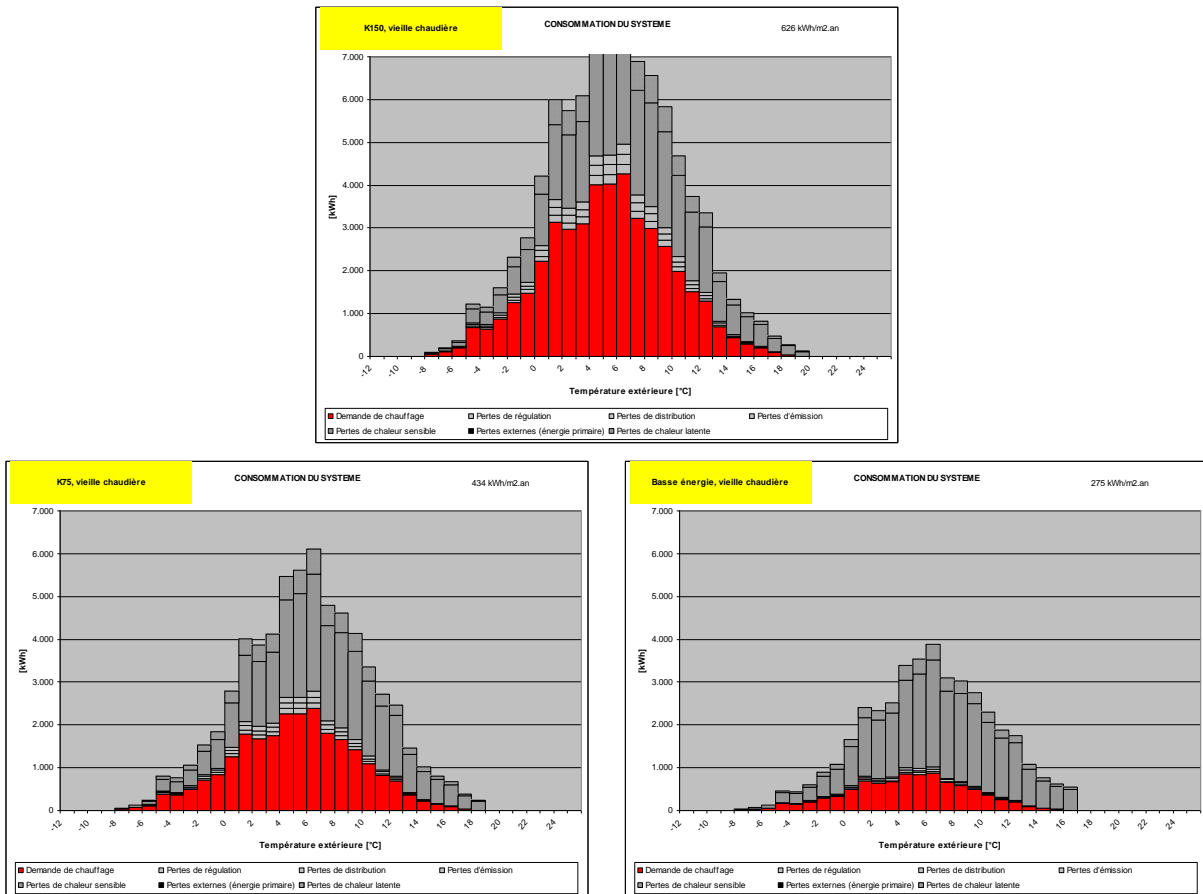


Figure 22 : évolution de la puissance (y compris pertes) pour un bâtiment rénové conservant une ancienne chaudière

Les consommations d'énergie évoluent :



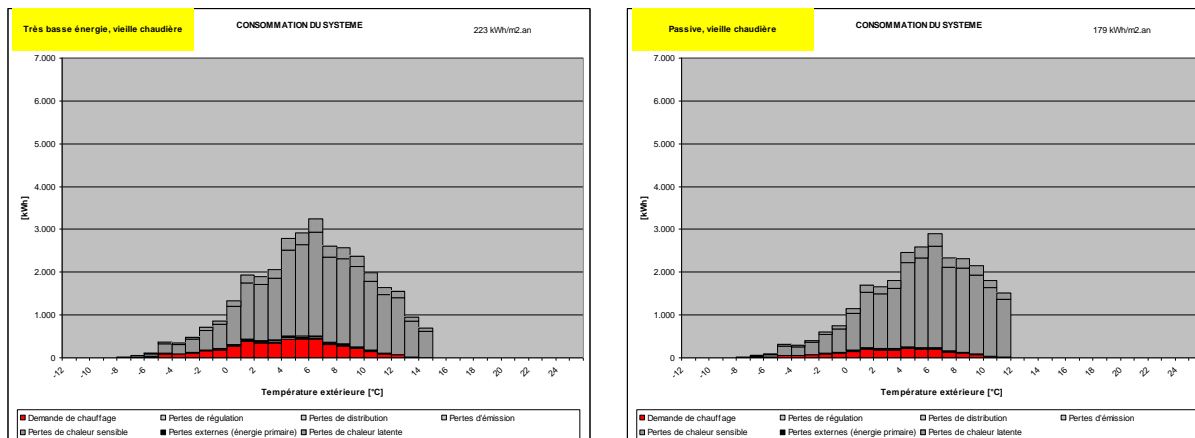


Figure 23 : évolution de la consommation (y compris pertes) pour un bâtiment rénové conservant une ancienne chaudière

Certains graphiques appartiennent à une forme d'exercice théorique : il est peu probable et raisonnable d'imaginer réutiliser une chaudière existante dans une rénovation très basse énergie ou passive. Mais on révèle ici l'importance relative de plus en plus élevée des pertes dues à la chaudière par rapport à la demande. Le surdimensionnement pèse donc de plus en plus lourd, s'ajoutant aux performances déjà moins bonnes au départ de la chaudière existante, en comparaison de celles d'une chaudière récente (basse température ou condensation). Le rendement de production moyen sur une année chute de 55% dans la maison K150 non rénovée à 20% dans la maison basse énergie et 10% dans la maison passive. Autrement dit, 90% du combustible est alors brûlé, en moyenne, à perte. Nous pourrions discuter de la part de pertes récupérables si la chaudière se trouve dans le volume chauffé, mais comme nous l'avons dit, il s'agit ici d'exemples révélant avant tout les problèmes extrêmes.

Nous observons aussi le surdimensionnement dans le graphique charge/rendement, la courbe rouge montrant la plage de fonctionnement de la chaudière pendant l'année entière dans une maison basse énergie.

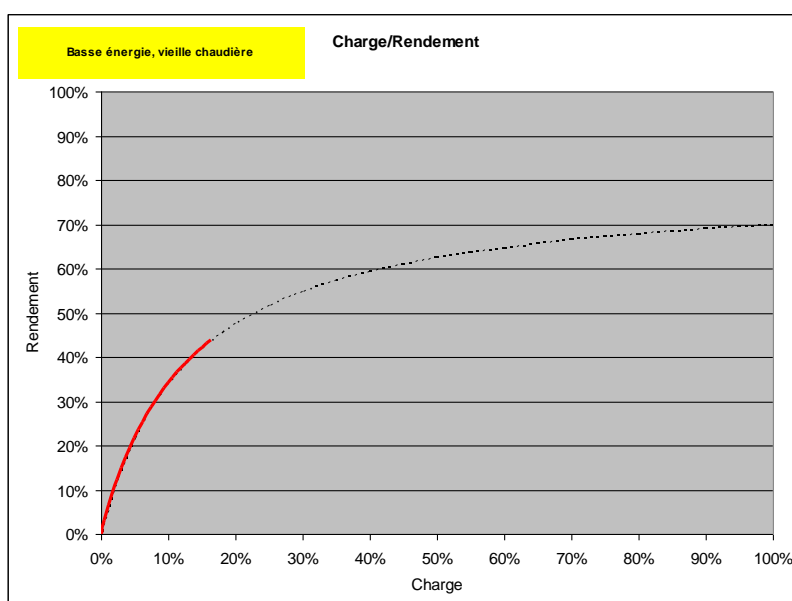


Figure 24 : régime de fonctionnement annuel d'une ancienne chaudière dans une rénovation basse énergie

On peut comparer la rénovation basse énergie avec la chaudière existante et une nouvelle chaudière à condensation correctement dimensionnée selon la demande :

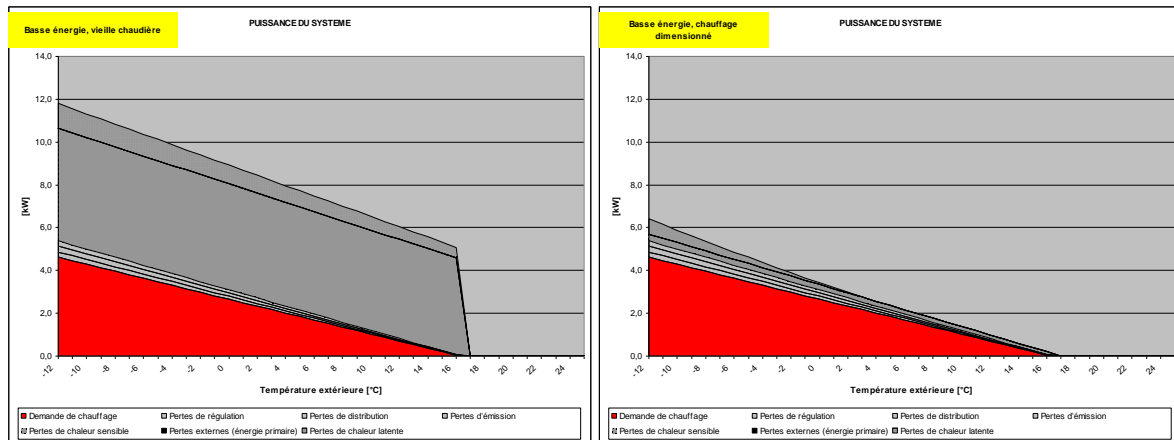


Figure 25 : comparaison entre une ancienne chaudière et une chaudière à condensation adaptée dans une rénovation basse énergie

Les pertes passent de 28.000 kWh à 1000 kWh par an grâce aux meilleures performances et au dimensionnement correct du nouveau système.

En conclusion, il faut être extrêmement prudent si l'on envisage d'utiliser une ancienne chaudière dans un logement rénové en basse énergie. Les gains sur le prix d'un nouveau système peuvent très bien être perdus lors de l'exploitation du système, par une consommation excessive.

IV.3.3 Nouvelle chaudière

Nous prendrons ici comme exemple la maison rénovée "basse énergie".

Nous considérons trois types de systèmes de production de chaleur, définis par leur courbe charge/rendement (de bas en haut) :

- chaudière à condensation;
- chaudière basse température;
- chaudière existante.

Ces courbes sont supposées constantes, indépendamment de la puissance nominale de la chaudière.

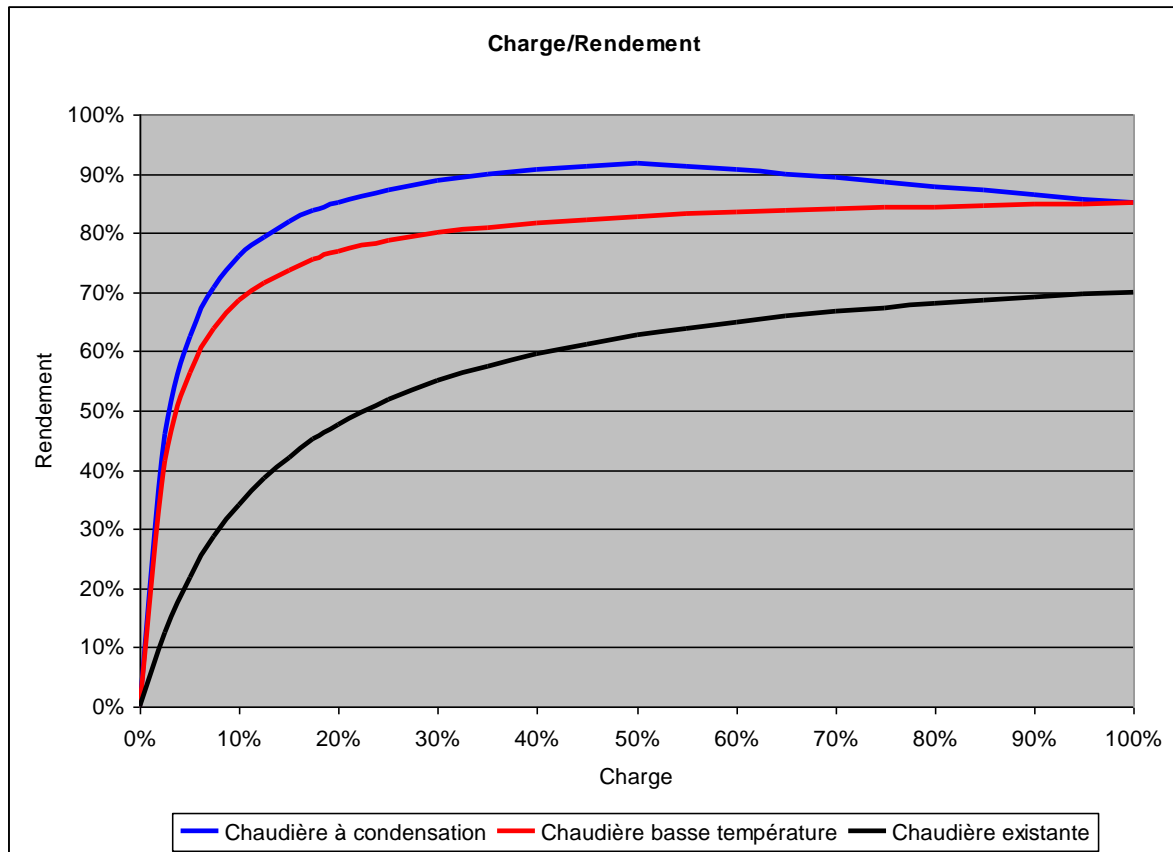


Figure 26 : exemple de courbes charge/rendement de 3 chaudières : à condensation, basse température et existante (ancienne chaudière)

Ces courbes sont données à titre illustratif et ne doivent pas être considérées comme des références absolues. Notons ainsi que nous supposons que le fonctionnement du système est tel qu'il n'y a pas de condensation à charge maximale pour la chaudière à condensation. Techniquement, elle pourrait avoir lieu si les systèmes de distribution et d'émission permettent de délivrer la puissance nominale à basse température.

En tenant compte des courbes ci-dessus, nous obtenons les consommations suivantes pour les différents systèmes (en faisant varier la puissance nominale de la chaudière installée).

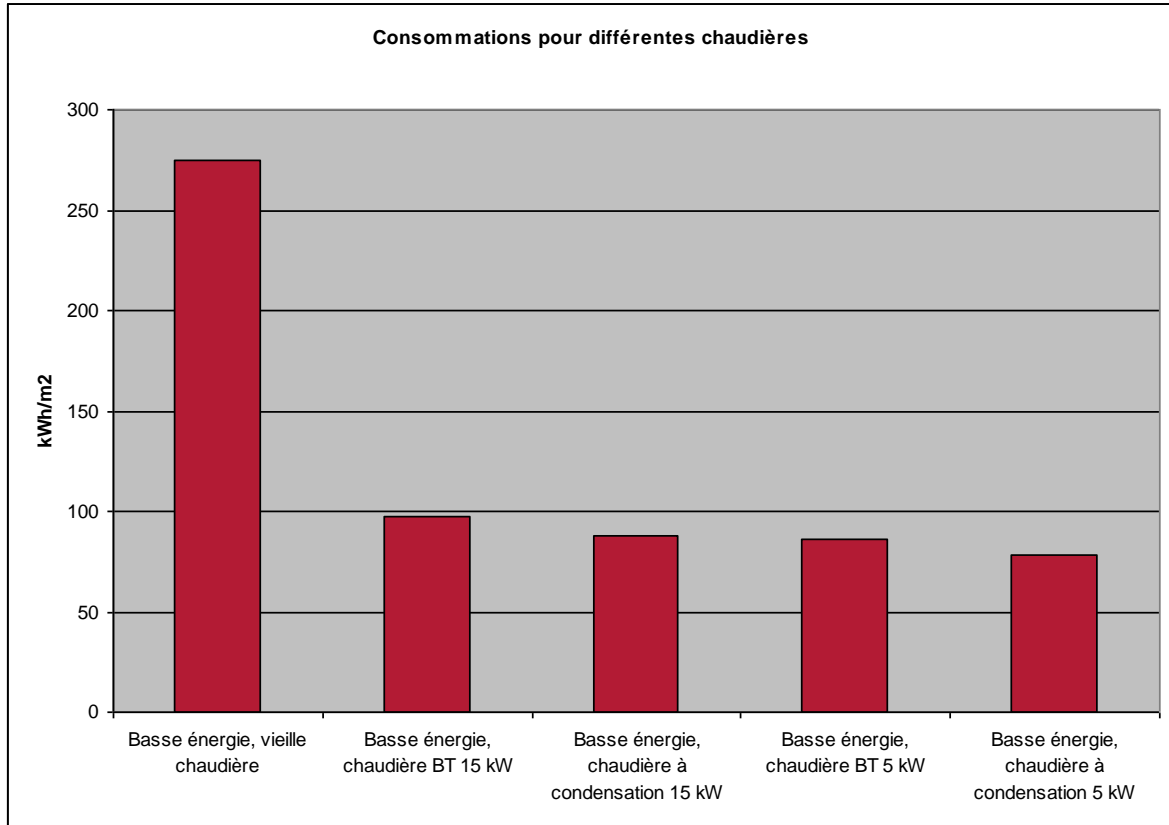


Figure 27 : consommation pour différentes chaudières dans une rénovation basse énergie

Nous remarquons d'abord, comme nous l'avons vu en IV.3.2, qu'il y a ici intérêt à remplacer la chaudière existante, étant donné ses performances nettement moins bonnes.

L'impact d'un surdimensionnement est perceptible avec les nouvelles chaudières. Dans la maison basse énergie, 5 kW suffisent. En passant d'une chaudière de 15 kW (ce qui est déjà une puissance faible vis-à-vis des puissances commercialisées actuellement) à 5 kW, nous obtenons une économie d'énergie de 10 à 15%.

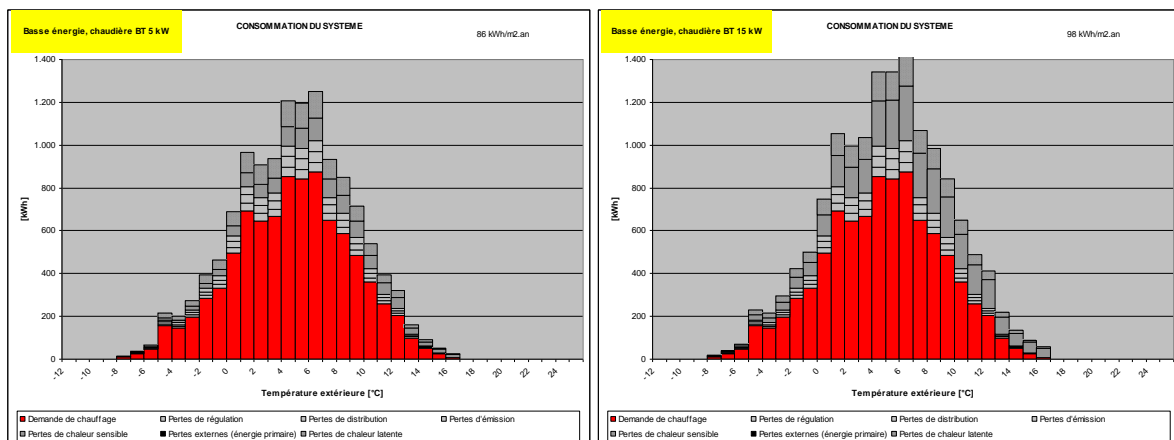


Figure 28 : effet du dimensionnement sur la consommation d'énergie d'une chaudière à condensation

On peut rétorquer que des chaudières de 5 kW ne sont pas disponibles sur le marché. Mais il faut remarquer qu'une chaudière de puissance nominale plus élevée modulant sa puissance peut se rapprocher au niveau des performances de cette chaudière "théorique" de "5 kW".

IV.3.4 Chauffage électrique

En rénovation, du chauffage électrique est parfois envisagé pour les raisons suivantes :

- frais d'installation réduits;
- exigences de place faibles;
- énergie disponible aisément.

Mais l'impact environnemental et économique sur le long terme n'est pas négligeable, étant donné l'énergie primaire consommée par ce chauffage.

Ainsi, dans l'exemple de maison K75, installer du chauffage électrique amène à consommer 60% d'énergie primaire en plus

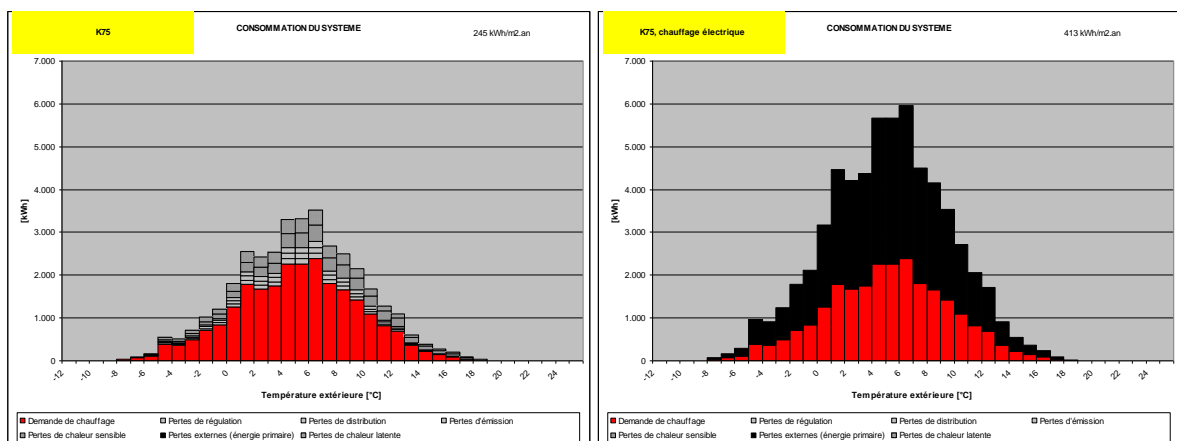


Figure 29 : consommation en bâtiment K75 avec une chaudière à condensation et avec du chauffage électrique

Le meilleur rendement sur l'électricité du chauffage électrique par rapport à une chaudière ne compense pas du tout les pertes à la centrale de production d'électricité.

Même dans un bâtiment très basse énergie, l'électricité n'a pas l'avantage sur un système de chauffage central, même s'il est surdimensionné (15 kW)

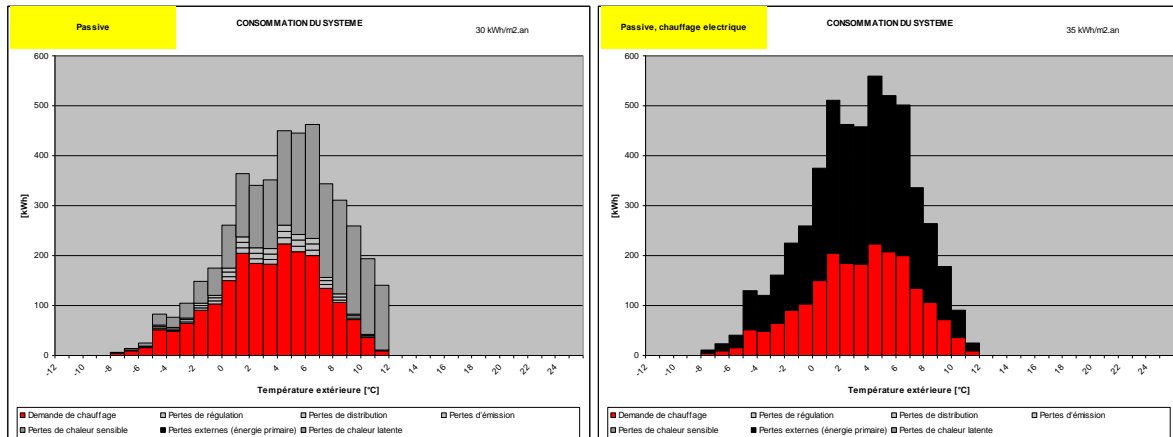


Figure 30 : consommation en passif avec une chaudière à condensation et avec du chauffage électrique

En conclusion, l'usage du chauffage électrique est à considérer avec une extrême prudence étant donné sa forte consommation en énergie primaire.

En rénovation, même dans le cas où l'on pourrait réutiliser du chauffage électrique existant, il est important de faire le bilan global énergétique. Le changement de système restera préférable sur le long terme. Pour ceux qui désirent utiliser l'électricité comme énergie de chauffage, nous conseillons d'étudier la solution de la pompe à chaleur.

A noter que les nouveaux règlements en matière de performance énergétique des bâtiments comptabilisent l'énergie primaire consommée, et donc freinent fortement l'usage du chauffage électrique.

IV.3.5 Pompes à chaleur

A Principe

Une pompe à chaleur (PAC) puise de la chaleur d'une source de chaleur ("source froide"), qui peut être de l'eau, du sol ou de l'air, et l'apporte au système de distribution de chauffage du bâtiment. La majorité des pompes à chaleur utilisent de l'électricité pour réaliser cette opération.

Une pompe à chaleur peut ainsi, par exemple, puiser de chaleur du sol et distribuer 4 kWh dans le bâtiment, alors qu'elle n'aura utilisé qu'un seul kWh d'électricité. Ce "rendement" remarquable est dénommé Coefficient of Performances (COP), et vaut dans notre exemple 4.

Nous parlerons ici exclusivement des pompes à chaleur utilisées pour le chauffage des habitations, et non pour le refroidissement.

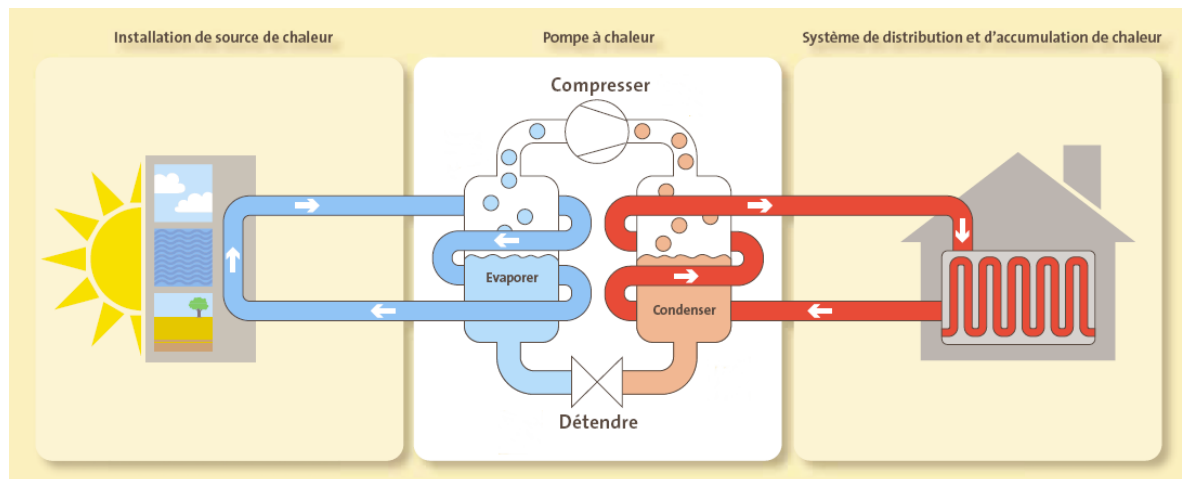


Figure 31 : principe d'une pompe à chaleur (source Dimplex)

B Configurations

Il y existe de nombreuses configurations possibles pour se chauffer avec une pompe à chaleur, selon la source froide et la manière de distribuer la chaleur dans le bâtiment. Des éléments comme une piscine ou un appoint solaire peuvent s'ajouter et modifier les performances et la disposition du système.

Nous ne citerons ici que les systèmes les plus courants, envisageables en rénovation.

B.1 La source de chaleur

La PAC a besoin de puiser de la chaleur dans l'environnement extérieur. La source de chaleur⁴ idéale doit :

- avoir la température la plus élevée possible (en hiver);
- échanger facilement la chaleur;
- être inépuisable;
- facilement accessible à moindre frais;
- ne pas être sensible à la pollution par puisage.

Mis à part éventuellement la grande rivière ou le fleuve qui coule à proximité de l'habitation, il n'y a pas de source répondant à l'entièreté de ces critères.

IV.3.5.B.1.1.1 Eau du sol

L'eau des nappes phréatiques est à température constante (+/- 10°C) et constitue un volume gigantesque qui est thermiquement quasi inépuisable.

Il existe des systèmes qui vont chercher l'eau (via un ou des puits), en puiser l'énergie et la réinjecter dans le sol. A noter qu'un fluide comme l'eau échange très bien sa chaleur.

⁴ Techniquement, on appelle cette source de chaleur la "source froide". De même, la zone où l'on amène la chaleur (la maison) est appelée "source chaude".

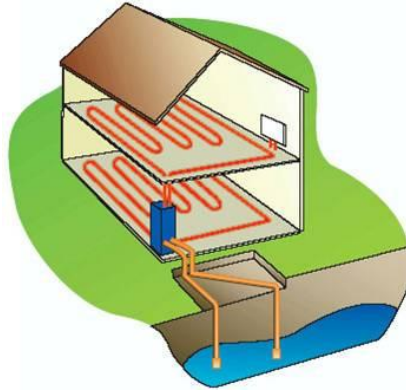


Figure 32 : PAC sur la nappe phréatique

Mais la nappe phréatique n'est pas toujours disponible à profondeur raisonnable. Les forages sont coûteux et il faut des autorisations pour exploiter cette eau qui peut servir comme eau potable à la collectivité.

Les pompes utilisées pour faire circuler l'eau sont puissantes (de 300 à 1000 W), ce qui pèse dans le rendement global du système.

IV.3.5.B.1.1.2 Sol (puisage vertical)

Le sol reste à température relativement constante dès lors qu'on descend en profondeur.

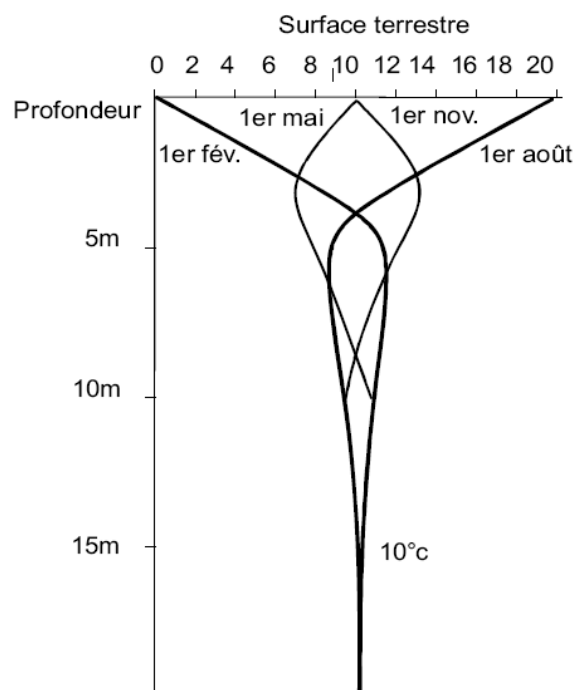


Figure 33 : évolution de la température du sol selon la profondeur (source Dimplex)

Comme pour l'eau de nappe, on peut faire des forages verticaux qui vont chercher cette chaleur.

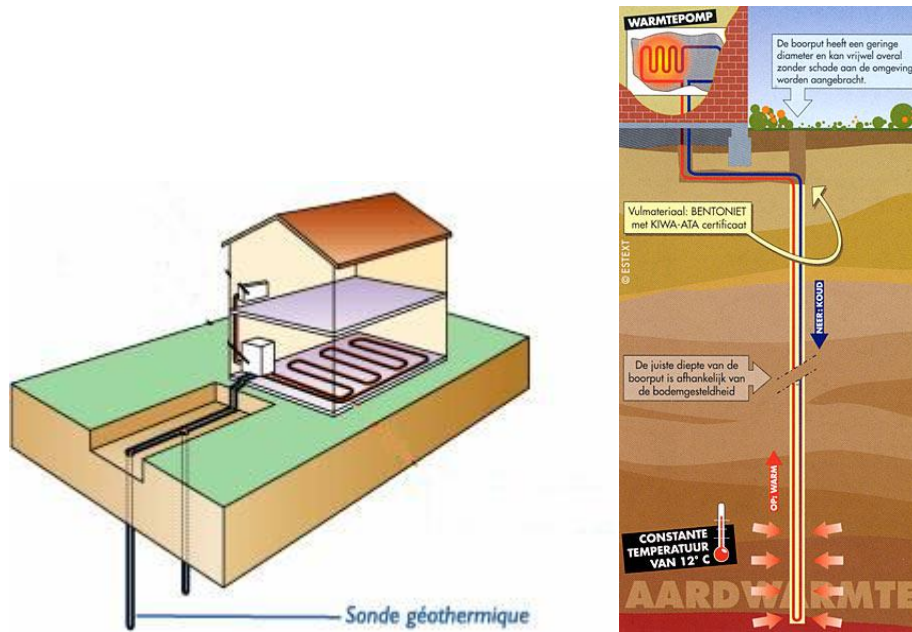


Figure 34 : captage de chaleur par forage vertical

Il faut donc aussi réaliser des travaux importants.

L'échange de chaleur sera plus ou moins bon selon la nature du sol (plus il est humide et moins il est sableux, mieux l'échange s'effectuera).

Il faut environ 150 à 200 mètres de tube pour chauffer une maison moyenne.

IV.3.5.B.1.1.3 Sol (puisage horizontal)

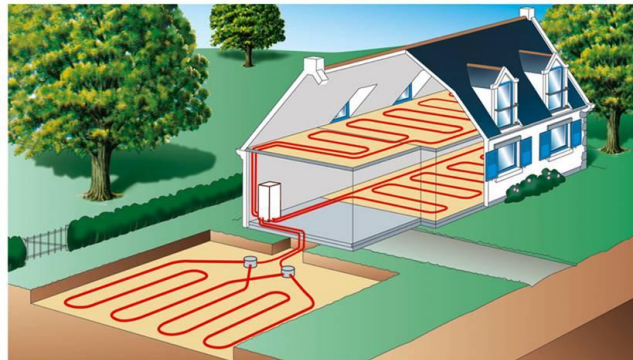


Figure 35 : captage de chaleur dans le sol (configuration horizontale)



Figure 36 : captage de chaleur dans le sol (configuration horizontale)

A côté des forages verticaux, on peut placer des tuyaux dans le sol (entre 50 et 80 cm de profondeur).

Les variations de températures selon les saisons sont plus fortes que pour les systèmes précédents, et il existe un risque d'épuisement de la source si le système est mal dimensionné. La PAC a d'ailleurs un impact clair sur la température du sol, ce qui diminuera les performances du système.

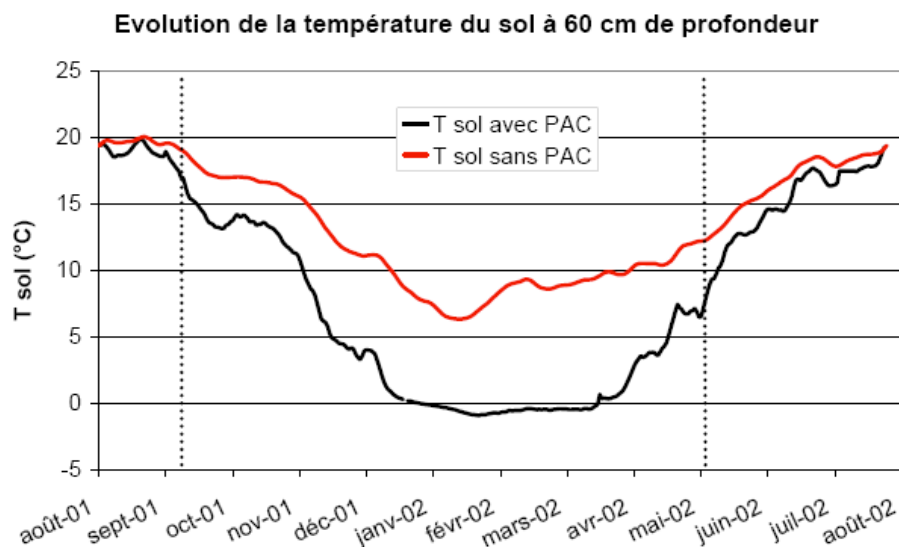


Figure 37 : mesure in situ de l'évolution de la température du sol à 60 cm (source : construire avec l'énergie)

Il faut compter 200 à 500 mètres de surface pour une maison moyenne (selon le type de sol). Le système est évidemment réservé aux logements disposant d'un terrain suffisamment grand.

IV.3.5.B.1.1.4 Air

Il est aussi possible de simplement puiser la chaleur de l'air extérieur.



Figure 38 : PAC sur l'air

En certains points, c'est la source idéale : inépuisable, disponible partout à moindre frais et dont les dispositifs d'extraction prennent relativement peu de place.

Mais l'air comme source de chaleur rencontre 3 problèmes :

1. l'échange de chaleur est moins bon qu'avec l'eau;
2. il présente des variations de température élevées (l'air est justement le plus froid quand on a besoin d'une source la plus chaude possible);
3. à certains moments, il y aura formation de givre sur l'échangeur, ce qui nécessite de faire dégeler cette glace en consommant de l'énergie (3 à 5% de la consommation annuelle d'un PAC).

B.2 PAC centralisée/décentralisée

Les PAC peuvent être du type centralisé : un seul appareil fournit à un fluide de la chaleur distribuée à travers le bâtiment. Il est généralement placé dans un local intérieur mais certaines pompes à chaleur puisant la chaleur de l'air peuvent être placées directement à l'extérieur.



Figure 39 : PAC placée en intérieur



Figure 40 : PAC sur l'air placée en extérieur

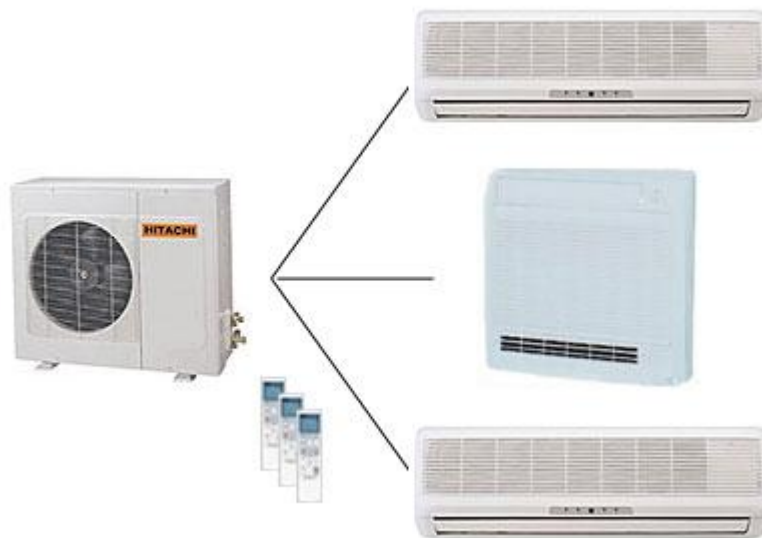


Figure 41 : PAC air/air (système réversible)

Des PAC décentralisées peuvent être envisagées. Il s'agit généralement de petites unités de climatisation ayant l'air comme source de chaleur.

B.3 Puissance de chauffage

La technologie des PAC permet de fournir une large gamme de puissances. Mais devoir installer une puissance élevée est coûteux :

- le prix de la PAC monte rapidement au-dessus de puissances de 10 kW;
- il faut non seulement dimensionner en conséquence le circuit de distribution de chaleur, mais aussi le dispositif de prélèvement de chaleur au niveau de la source froide.

B.4 La distribution de chaleur

Le système de distribution pour une PAC doit fonctionner à la température la plus basse possible, pour que la PAC ait les meilleures performances possibles. Citons les solutions envisageables.

IV.3.5.B.4.1.1 Chauffage par le sol

C'est le système allant de paire avec la PAC. En limitant la température nécessaire à maximum 45°C, il permet d'obtenir les meilleurs "rendements". En variante équivalente au chauffage par le sol, on peut aussi installer du chauffage par les murs ou éventuellement par le plafond.

Si le chauffage par le sol est adapté à la PAC, il nécessite toutefois de lourds travaux, ce qui peut en limiter l'installation en rénovation



Figure 42 : la pose des tuyaux du chauffage par le sol, avant de couler la chape

IV.3.5.B.4.1.2 Air

Il est possible de distribuer la chaleur par un réseau d'air chaud. Mais dès que les puissances à fournir s'élèvent, il faut une infrastructure de canalisations volumineuses et des ventilateurs puissants. Les performances de la PAC sont moins bonnes avec ce type de distribution, l'échange de chaleur étant à la base moins bon avec l'air.

IV.3.5.B.4.1.3 Ventilo-convecteurs



Figure 43 : ventilo-convecteur

Pour faire fonctionner un système de distribution basé sur l'eau à basse température, on couple un convecteur (alimenté en eau chaude) avec un ventilateur qui force la circulation d'air.

Une variante de ce système est l'unité fixe d'une climatisation.



Figure 44 : unité intérieure de système de climatisation

IV.3.5.B.4.1.4 Radiateurs

Il est techniquement possible d'utiliser des radiateurs classiques avec une PAC. Certaines pompes à chaleur peuvent distribuer de l'eau jusqu'à 60 à 65°C. Il faudra que les radiateurs soient dimensionnés pour répondre à la demande à ces températures, et il est fortement conseillé de rester à des basses températures (max 55°C) sous peine d'avoir de très mauvais COP.

En rénovation, les radiateurs existants pourraient être utilisés, en complément d'un autre mode de distribution (par air, par exemple).

B.5 COP saisonnier du système

Le COP varie au cours d'une année selon la température des sources chaudes et froides et de la puissance à fournir.

Il faut également tenir compte de la consommation des auxiliaires électriques. La PAC a besoin d'une pompe pour faire circuler un fluide dans le circuit d'extraction de la source (les

tuyaux dans le sol ou éventuellement l'air extérieur). Dans le cas d'un système avec utilisation de l'eau de nappe, cette consommation peut vraiment être significative vu qu'il faut puiser et réinjecter de l'eau en profondeur.

Au final, on a les ordres de grandeur de COP annuel suivant (aussi dénommé SPF = seasonal performance factor) selon la source de chaleur :

	air	sol (horizontal)	sol (vertical)	eau de nappe
SPF	2,7	3,2	3,6	3 à 3,8

Source : IDEG - ODE

C PAC en rénovation basse énergie

C.1 Puissance & PAC

De manière plus marquée qu'en système avec chaudière, il est intéressant en PAC d'essayer de limiter la puissance à fournir.

Les nouvelles puissances de chauffage nécessaires dans un bâtiment rénové à un niveau "basse-énergie" permettent d'envisager l'installation d'une pompe à chaleur centrale vu la demande faible, largement en dessous de 10 kW.

Afin d'encore limiter la puissance de la PAC à installer, on peut aussi envisager une PAC comme composant d'un système bivalent, c'est-à-dire où un second système (chaudière, poêle, ...) apporte une puissance supplémentaire quand la PAC ne peut plus fonctionner seule, du moins avec un COP avantageux.

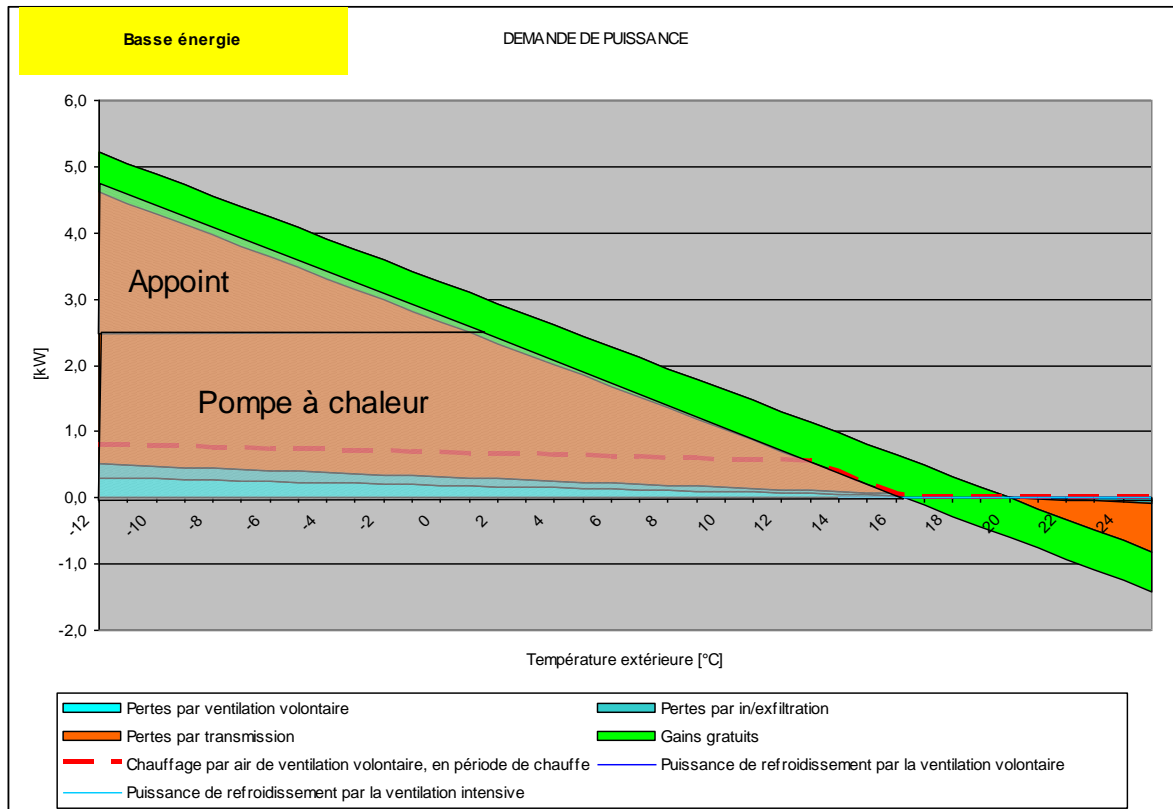


Figure 45 : demande de puissance répartie entre la pompe à chaleur et un appoint (système bivalent)

Même si les puissances sont faibles, l'obstacle majeur en rénovation reste les travaux et l'espace nécessaires à l'installation des systèmes de captation de chaleur (source froide) et de distribution à basse température (source chaude).

Plusieurs scénarios permettent de limiter ces inconvénients. Il faut toutefois souligner qu'ils ne sont pas nécessairement optimaux d'un point de vue des performances globales. Le principe de base est d'essayer de remplacer le système central classique (chaudière) par une pompe à chaleur en récupérant si possible le système de distribution existant et en minimisant les travaux d'exploitation d'une source froide.

C.2 Source froide : puisage de chaleur

En ce qui concerne la source froide, on peut envisager en rénovation un système de PAC puisant sa chaleur de l'air extérieur, vu les faibles travaux nécessaires. Deux configurations sont possibles :

1. une unité comportant l'évaporateur est placée à l'extérieur (avec éventuellement les autres composants de la PAC : compresseur, condenseur et détendeur);



Figure 46 : PAC sur l'air

2. l'air est amené et évacué via des canalisations vers la PAC, placée dans un local.



Figure 47 : PAC sur l'air : l'air extérieur est amené à l'évaporateur via des canalisations

La première solution est recommandée pour obtenir les meilleures performances, mais de nombreuses situations (bâtiment en zone urbaine, absence de jardin, PAC à placer à l'étage, etc) limitent la possibilité d'installer un évaporateur à l'extérieur. Dès lors, la seconde solution est séduisante, puisque dans ce cas l'évaporateur se place dans un local. Mais il faut noter que les dimensions des tuyaux d'amenée et d'évacuation sont conséquentes : de l'ordre de 50 cm de diamètre.

C.3 Source chaude : système de distribution

La règle de base en PAC est la suivante : il faut distribuer la chaleur à la température la plus basse possible afin d'augmenter le COP.

IV.3.5.C.3.1 PAC avec distribution sur un réseau existant (hydraulique)

Etant donné les nouvelles performances de l'enveloppe d'une rénovation basse-énergie, le réseau de radiateurs existant pourrait fournir une puissance suffisante à (très) basse température d'entrée d'eau (maximum 55°C).

Il existe bien des pompes à chaleurs fournissant de l'eau à 60...65°C. Mais le COP chute (ordre de grandeur : 2,5). Il est donc essentiel de garder une température de départ basse, même si la PAC permet occasionnellement de travailler à plus haute température.

Il faut d'emblée signaler que des calculs précis de puissance (NBN B 62003) doivent être effectués pour juger de la pertinence d'une telle solution. Même si le système est dimensionné pour fournir la puissance nécessaire, il faut rester très prudent quant aux performances globales (SPF) dès lors que la PAC doit fournir de la chaleur à plus haute température.

IV.3.5.C.3.2 PAC avec distribution via l'air de ventilation

Comme abordé en III.9, l'air de ventilation peut servir dans certaines constructions basse énergie de réseau de distribution de chaleur sans nécessiter de surdimensionnement. On peut envisager d'installer une PAC utilisant ce réseau pour la distribution de chaleur.

Il faut vérifier si la régulation pièce par pièce sera satisfaisante, et éventuellement adapter l'installation de ventilation.

IV.3.5.C.3.3 PAC avec distribution sur un réseau existant et via l'air de ventilation

Il est possible de rassembler les deux solutions précédentes. On distribue la puissance de chauffage exigée entre les deux réseaux : système hydraulique existant et ventilation. Il est dès lors possible de travailler à plus basse température sur les réseaux.

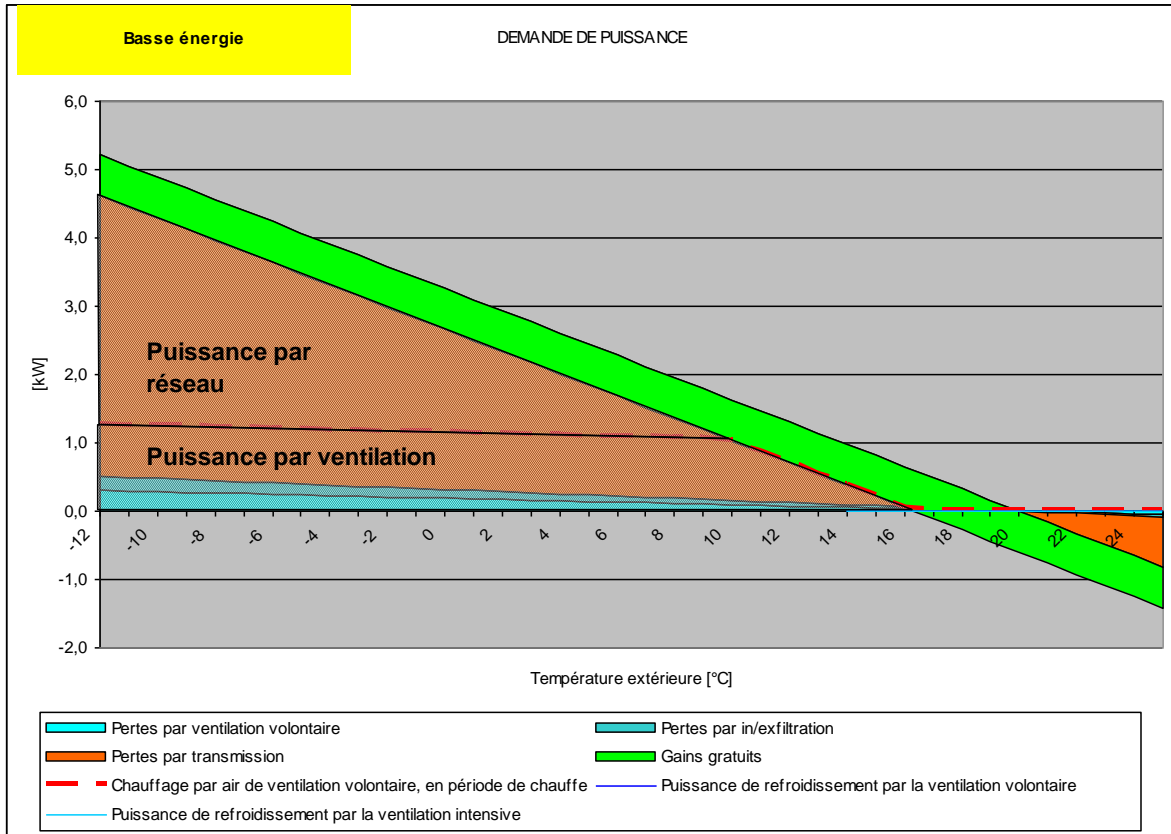


Figure 48 : distribution mixte par air de ventilation et par radiateurs

Pour les faibles puissances (< 5...8kW), il existe des PAC comportant à la fois un groupe de ventilation double-flux avec échangeur de chaleur et un réservoir tampon destiné au chauffage et à l'eau chaude sanitaire.

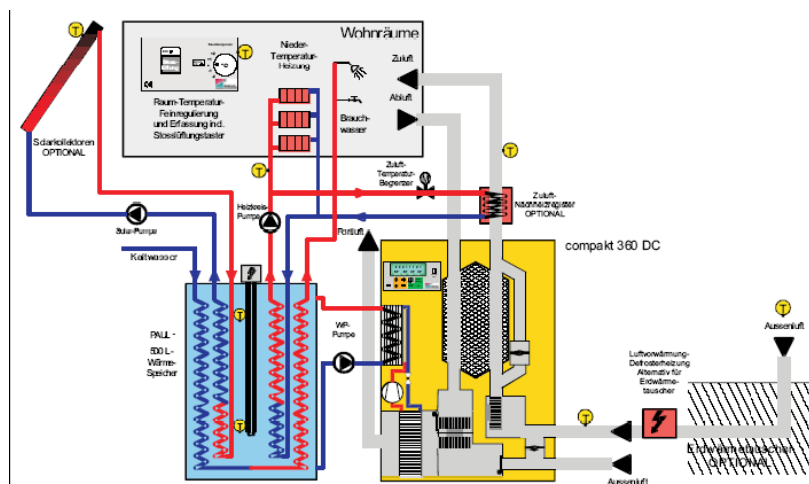


Figure 49 : exemple de système intégré comportant une PAC et un double-flux pour la ventilation

IV.4 Amenée d'air et évacuation des fumées

La possibilité d'amener de l'air comburant et d'évacuer des fumées peut être déterminante dans le choix d'un système, particulièrement en rénovation. En effet, un système à combustion nécessite de prendre de l'air comburant et d'évacuer les gaz de combustion, ce qui se traduit en un besoin d'espace et d'accès spécifique vers l'extérieur.

Deux possibilités techniques différentes existent :

- les appareils (à circuit de combustion) étanche;
- les appareils (à circuit de combustion) non étanche.

IV.4.1 Risque d'intoxication au CO

Un problème dans l'amenée d'air comburant et/ou dans l'évacuation des gaz de combustion peut mener à une production de CO mortel. Il est donc essentiel que les règles en la matière soient respectées.

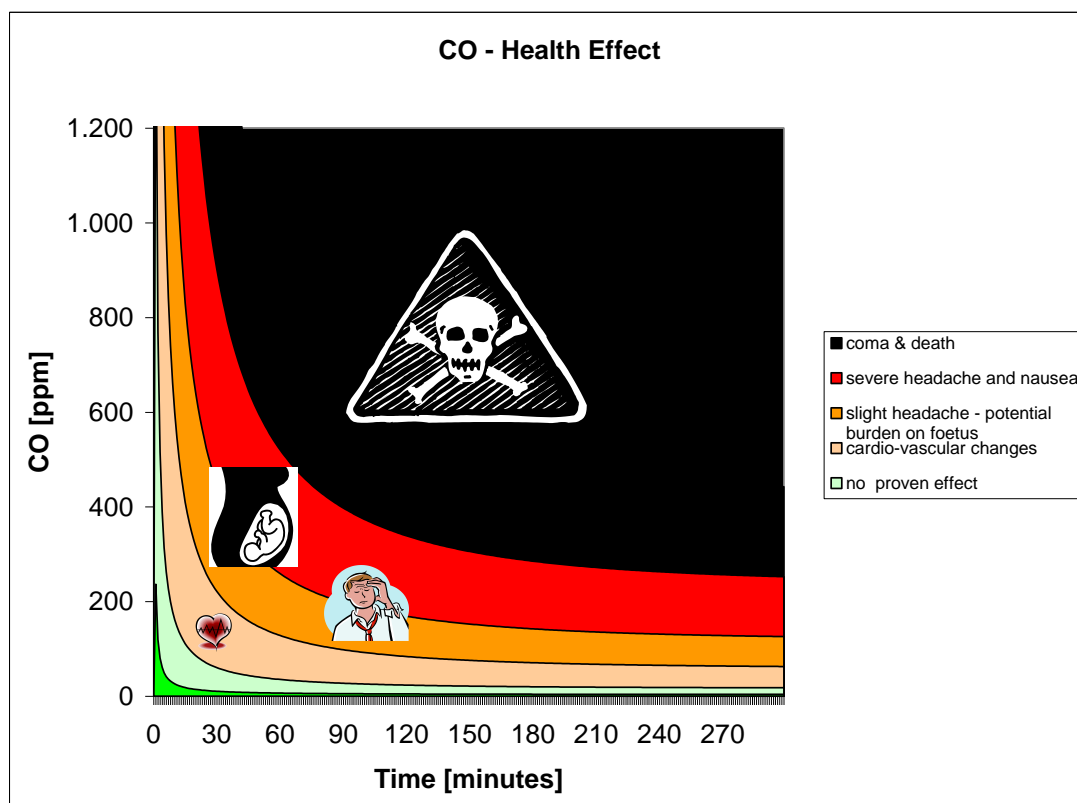


Figure 50 : effet du CO selon le temps d'exposition et la concentration (source T-A)

Nous pouvons faire référence aux documents suivants sur la prévention de l'intoxication au CO (accessibles sur le web) :

Error! Reference source not found. <http://www.poissoncentre.be/images/pdfs/brochure-co-fr.pdf>

Error! Reference source not found. <http://www.brafco.be/CO/PreventionCO2007dec.pdf>

IV.4.2 Type d'appareils à combustion

A.1 Appareil étanche

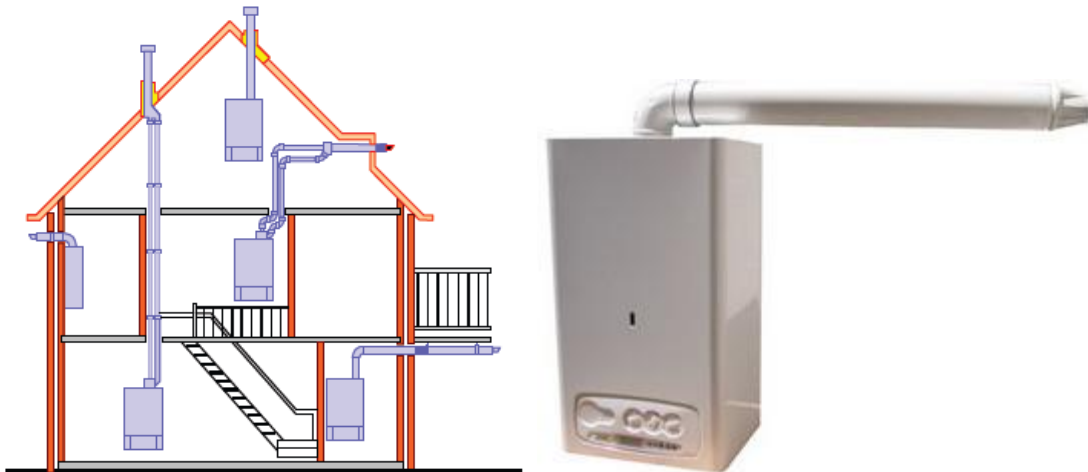


Figure 51 : chaudières étanches et évacuations

L'appareil étanche prend l'air de la combustion à l'extérieur via un tuyau et rejette les fumées par un autre, sans contact avec l'air intérieur de l'habitation. Le type le plus connu d'appareil étanche est la chaudière dite "à ventouse", avec un tuyau passant horizontalement à travers une façade. Mais il existe de nombreuses variantes, avec conduit(s) vertical(aux), etc.

A.2 Appareil non étanche

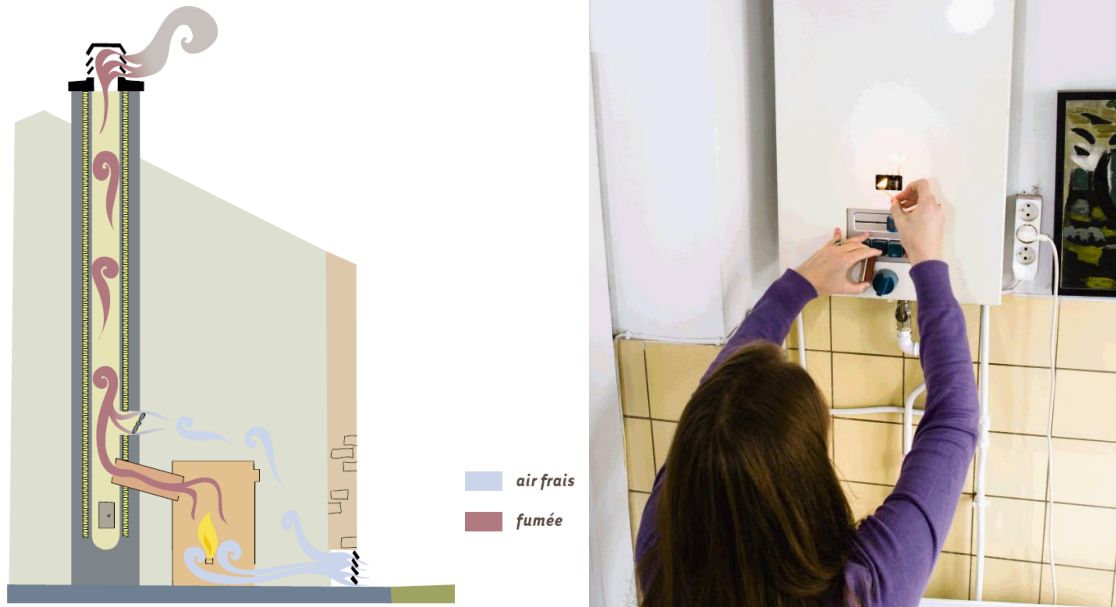


Figure 52 : appareils à circuit de combustion ouvert

L'appareil étanche puise l'air dans la pièce où il se trouve. Il faudra donc prévoir une ouverture (ou des ouvertures) amenant cet air de l'extérieur. Avant de commencer toute autre réflexion, il faut d'abord voir s'il est encore autorisé de placer un appareil non étanche dans le local en question.

En effet, le tableau 2 montre qu'il n'est plus jamais question de placer un tel appareil dans une chambre à coucher. Et c'est seulement en cas de remplacement qu'on peut encore envisager un appareil dans une salle de bains ou un WC. Enfin, les chaudières de plus de 30 kW (de plus en plus rares dans une habitation moyenne) ne peuvent plus être placées que dans un local séparé des espaces d'habitation.

Il faut souligner qu'il est conseillé, pour des raisons de sécurité, d'efficacité et de non perturbation de la ventilation de l'habitation, de privilégier avant tout la pose de systèmes étanches.

Où puis-je placer un appareil à combustion non étanche ?

Pièce concernée :	CHAUDIÈRE OU APPAREIL MIXTE <= 30 kW		CHAUDIÈRE OU APPAREIL MIXTE > 30...70 kW		APPAREIL GAZ AUTRE QUE CHAUDIÈRE (CHAUFFE-BAIN, CONVECTEUR, ETC.)		PETIT CHAUFFE-EAU SANS CHEMINÉE (TYPE A)
	CONSTRUCTION NEUVE ou RÉNOVATION AVEC PERMIS ET ADAPTATION DU CONDUIT D'EVACUATION	AUTRES SITUATIONS	CONSTRUCTION NEUVE ou RÉNOVATION AVEC PERMIS ET ADAPTATION DU CONDUIT D'EVACUATION	AUTRES SITUATIONS	CONSTRUCTION NEUVE	AUTRES SITUATIONS	TOUTES LES SITUATIONS
chambre à coucher	non (1) et (2)	non (1)	non (1) et (3)	non (1)	non (1)	non (1)	oui
salle de bains ou de douche	non (1) et (2)	non, sauf si remplacement (1)	non (1) et (3)	non, sauf si remplacement (1)	non (1)	non, sauf si remplacement (1)	oui
WC	non (1) et (2)	non, sauf si remplacement (1)	non (1) et (3)	non, sauf si remplacement (1)	non (1)	non, sauf si remplacement (1)	oui
cuisine	oui	oui	non (3)	oui	oui	oui	oui
séjour, living, bureau	oui	oui	non (3)	oui	oui	oui	oui
autre espace d'habitation	oui	oui	non (3)	oui	oui	oui	oui
chaufferie avec fonction complémentaire	oui	oui	oui, mais pas recommandé (3)	oui	oui	oui	oui
chaufferie sans fonction complémentaire	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

Basé sur les normes gaz naturel et chaudières.

Normes

- (1) NBN D 51-003:2004 § 6.1
- (2) NBN B 61-002:2006 § 4.1.1.2
- (3) NBN B 61-002:2006 § 4.1.2.2.1.

Tableau 2 : où peut-on installer un appareil à circuit de combustion ouvert

IV.4.3 Amenée d'air comburant

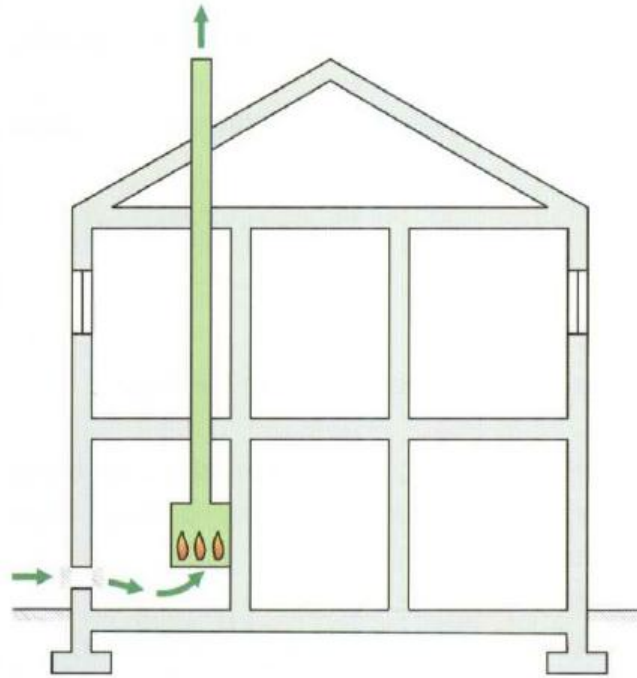


Figure 53 : amenée d'air comburant directement de l'extérieur

S'il existe des appareils non étanches, il faut absolument prévoir une amenée d'air suffisante. Anciennement, il s'agissait généralement de grilles de transfert. Vous aviez une grille dans une porte ou même, si la pièce était assez grande, les normes autorisaient de pouvoir s'en passer. C'est du passé si vous changez votre installation.

En effet, les normes récentes (NBN D 51-003:2004 et NBN B 61-002:2006) décrivent que la grille de transfert n'est plus autorisée que pour des situations existantes où l'on remplace des appareils (≤ 30 kW), autres que des chaudières. Si le transfert est permis, il ne peut y avoir au maximum que deux grilles de transfert avant d'atteindre la grille donnant sur l'air extérieur. La règle de l'art dit qu'il faut placer une amenée d'air venant directement de l'extérieur : grille non obturable dans un mur extérieur ou conduite menant à l'extérieur.

La section des grilles ou des conduites se calcule selon des formules qu'on ne peut trouver dans le tableau 3.

Comment amener l'air comburant à un appareil à combustion non étanche ?

Sources : NBN D 51-003:2004 § 5.2.1 (gaz naturel)

NBN B 61-002:2006 § 6 : règles supplémentaires pour les chaudières de chauffage central, en cas de construction neuve ou de rénovation avec permis et adaptation du conduit d'évacuation

	CONDUIT D'AMENÉE D'AIR EXTÉRIEUR	ORIFICE D'AMENÉE D'AIR EXTÉRIEUR	ORIFICE D'AMENÉE D'AIR AVEC OUVERTURE(S) DE TRANSFERT
Situations permises	toutes	toutes	si appareil autre que chaudière et si appareil \leq 30 kW et si remplacement d'un appareil non étanche
Position de l'arrivée d'air dans le local	en bas	en bas ou en haut (saut type A : toujours en bas)	en bas ou en haut (saut type A : toujours en bas)
Position de la prise d'air extérieur	même zone de pression que la cheminée dans pan de façade adjacent au pan de toiture de la cheminée		
Autres spécifications	conduit vertical ou horizontal vertical : air amené du côté inférieur du bâtiment et pans adjacent pour la cheminée et la prise d'air conduit étanche (classe N1) conduit avec parois lisses		maximum deux ouvertures de transfert
Section	calcul avec perte de charge < 3Pa	minimum 50 cm ² minimum 150 cm ² si c'est une fente sous la porte, avec min 2,5 cm de hauteur minimum 150 cm ² si salle de bain, de douche ou wc (à condition que ces pièces soient permises) minimum 150 cm ² si c'est un petit chauffe-eau sans cheminée (type A) type A : 13 cm ² /kW type B1* : 6 cm ² /kW type B2* et mazout : 3 cm ² /kW	minimum 50 cm ² minimum 150 cm ² si c'est une fente sous la porte, avec min 2,5 cm de hauteur minimum 150 cm ² si salle de bain, de douche ou wc (à condition que ces pièces soient permises) minimum 150 cm ² si c'est un petit chauffe-eau sans cheminée (type A) type A, 1 o.t. : 18 cm ² /kW type A, 2 o.t. : 23 cm ² /kW type B1*, 1 o.t. : 8 cm ² /kW type B2*, 1 o.t. : 4 cm ² /kW type B1*, 2 o.t. : 10 cm ² /kW type B2*, 2 o.t. : 5 cm ² /kW

Tableau 3 : dimensionnement des amenées d'air comburant

Les calculs montrent que pour des appareils couramment rencontrés dans les habitations, la section sera de +/- 150 cm². Si l'on est en présence de grilles de transfert, la section de chaque ouverture pourrait passer à plus de 200 cm².

IV.4.4 Tirage naturel

Il existe fréquemment dans les bâtiments à rénover une ou des cheminées qui ont servi pour un ancien chauffage central ou un ou plusieurs chauffages décentralisés (poêles, convecteurs).

L'évacuation des gaz de combustion est un élément essentiel du système de production de chaleur par combustion, et un mauvais fonctionnement peut mener à plusieurs problèmes :

- humidité : une cheminée mal adaptée utilisée avec une chaudière récente peut subir de graves problèmes d'humidité par condensation des fumées;
- sécurité : en cas de dysfonctionnement grave, les gaz de combustion peuvent refouler, avec production de CO extrêmement toxique;
- diminution de performances : en cas de tirage inadapté, la combustion sera moins optimale;
- confort : une cheminée mal conçue peut rejeter des fumées trop près d'habitations et indisposer;
- coupures : la chaudière peut se couper fréquemment (mise en sécurité parce qu'il y a un mauvais tirage : il faut alors réagir en cherchant la cause fondamentale de cette mise en sécurité et y remédier).

Dans une cheminée, le 'moteur' est naturel : ce sont les fumées chaudes qui créent une dépression, appelant l'air nécessaire à la chaudière. L'air doit aisément arriver, ce qui exige des ouvertures d'amenée d'air correctement dimensionnées.

Il faut une série de conditions de base pour que le processus fonctionne :

- les fumées doivent être assez chaudes, et surtout ne pas trop se refroidir dans la cheminée pour que le système reste efficace (nécessité d'isoler le conduit de cheminée);
- les ouvertures d'alimentation d'air comburant doivent être correctement dimensionnées pour amener l'air;
- la hauteur, la section, la forme et la nature des parois de la cheminée doivent être correctement choisies pour optimiser le tirage
- la sortie de la cheminée doit permettre la dilution des fumées sans incommoder le voisinage.

Il faut bien savoir que les nouvelles chaudières (à condensation ou pas) rejettent des gaz de combustion à température nettement plus basse que les anciennes chaudières. Il ne suffit donc pas de brancher une nouvelle chaudière sur une cheminée ayant servi précédemment sans réanalyser la situation.

Avant de réutiliser une cheminée, il faut impérativement vérifier son état afin de s'assurer qu'elle pourra fournir le tirage nécessaire pour la chaudière et qu'elle pourra "maîtriser" la condensation. La première chose à faire est d'identifier tout désordre structurel (fissures, briques déplacées). Il faut aussi la nettoyer (ramonage).

Faut-il toujours la tuber ? La section des anciennes cheminées, et d'ailleurs même de certaines récentes, est souvent bien trop grande par rapport à la section recommandée pour assurer un tirage correct. Le boisseau 20 x 20 mis en standard dans de nombreuses habitations ne convient pas du tout aux nouvelles chaudières. Le tubage permet de réduire le

diamètre, tout en augmentant l'isolation du conduit. Le tubage est inévitable en cas de cheminée traditionnelle en maçonnerie ou en boisseaux si l'on installe une chaudière à condensation.

A titre d'exemple, voici un graphique extrait de la NIT 235, chapitre 9 [9].

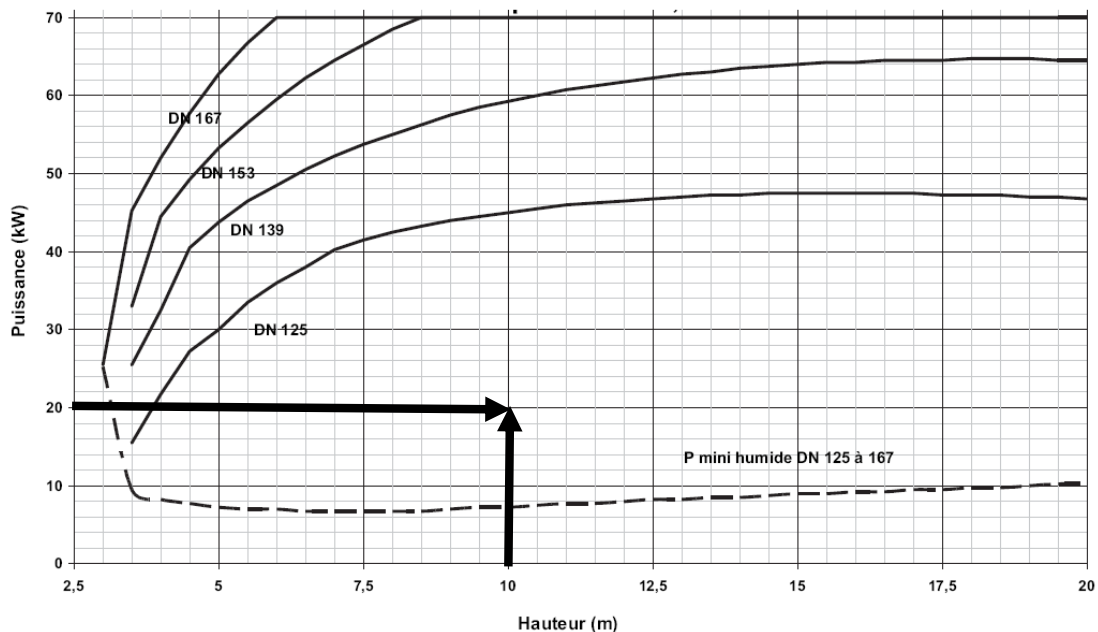


Figure 54 : Exemple d'utilisation d'un abaque de dimensionnement de cheminée.

- les courbes en trait plein indiquent le diamètre maximal de cheminée sur lequel peut être raccordée une chaudière d'une puissance déterminée, en fonction de la hauteur de la cheminée. La figure 53 montre que p.ex. pour une puissance de chaudière de 20 kW et pour une hauteur de cheminée de 10 m, il faut un conduit DN 125.
- les courbes en pointillés («P mini humide») indiquent la puissance minimale qui peut être raccordée à la gamme de diamètres mentionnée. Une puissance inférieure ne permettra pas un tirage suffisant. Ainsi, la figure indique que, pour tous les diamètres spécifiés (DN 125 à DN 167) et une hauteur de cheminée de 10 m, p. ex., il faut une puissance minimale de 8 kW pour que la cheminée ait un tirage suffisant.

L'exigence de puissance minimale peut être en contradiction avec la puissance demandée en rénovation basse énergie. En soi, le système à tirage naturel n'est donc pas le plus adapté.

IV.4.5 Evacuation forcée

Nous avons vu que les exigences pour obtenir une cheminée efficace sont nombreuses : section, hauteur de tirage, isolation, arrivée d'air comburant, puissance minimale.

Tant en rénovation qu'en nouvelle construction, on envisage de plus en plus fréquemment la pose d'un système à tirage forcé dont l'évacuation des gaz de combustion ne fonctionne plus du tout selon le principe de la cheminée. Dans ce cas, c'est un ventilateur qui assure la circulation des gaz (air comburant et gaz de combustion). Ces systèmes sont généralement liés à un appareil de production étanche (type C), c'est-à-dire qui ne tire pas l'air comburant

de la pièce où il est situé, mais d'un conduit débouchant sur l'extérieur. On parle aussi de circuit fermé. Il faut noter que certaines configurations (type B)⁵ avec tirage forcé ne sont pas nécessairement du type étanche. C'est ainsi le cas si l'appareil prend de l'air dans la pièce tout en rejetant les fumées par un conduit étanche.

Les avantages du système à tirage forcé sont nombreux :

- le conduit d'évacuation peut être très court (plus d'exigences de hauteur de tirage);
- le conduit peut avoir un tracé non vertical (sortie horizontale, coudes à 90° - mais attentions aux pertes de charge qui limitent le nombre de ces géométries);
- le coût total est généralement plus faible qu'en cas de construction ou rénovation d'une cheminée;
- la prévention de problèmes d'intoxication est fortement augmentée.

Si le système est de plus étanche (type C), on a :

- une sécurité quasi totale contre les intoxications au CO;
- pas d'exigences d'alimentation en air comburant dans l'habitation;
- pas d'interactions avec la ventilation intérieure;
- le rendement de l'appareil est plus élevé qu'en système non étanche
- pas de perturbation de l'étanchéité du bâtiment.

Apparaissent quelques défauts :

- les longueurs permises des conduits d'évacuation sont limitées (8... 12 mètres, généralement), ce qui peut être problématique si l'on veut passer d'un cave à la toiture;
- la ventilation forcée consomme de l'énergie;
- le terminal de sortie des fumées posé ailleurs que sur le toit peut engendrer des perturbations (gènes visuelles et olfactives, humidification de murs);
- l'appareil étanche est plus cher à l'achat.

Il faut donc respecter certaines règles de l'art de pose des conduits d'évacuation pour éviter des problèmes. La NIT 235 du CSTC [9] , chapitre 9, donne plus d'informations à ce sujet.

Le conduit d'évacuation des fumées étanche n'en reste pas moins une solution résolvant de nombreux problèmes, tant en rénovation qu'en construction neuve.

IV.5 Ventilation du local où est installé un appareil à combustion

⁵ On a tendance à amalgamer les terminologies "système étanche/tirage forcé " puisqu'il s'agit fréquemment du même ensemble. Mais il faut se rappeler que tout tirage forcé des fumées dans un conduit sous pression n'implique pas nécessairement un circuit fermé.

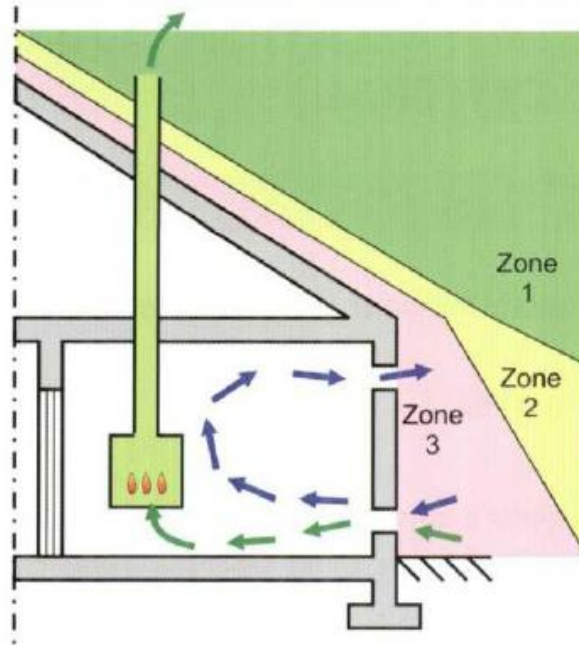


Figure 55 : amenée d'air et ventilation du local (source : ARGB)

Les normes concernant les appareils à combustion prévoient et décrivent la ventilation de l'espace où se trouve l'appareil :

- NBN D 51-003
- NBN B 61-002

Le but premier est d'évacuer la chaleur dégagée. Pour une chaudière non étanche, il est aussi utile d'évacuer les éventuelles odeurs et polluants qui peuvent être produits (même si la cheminée est censée quasi tout évacuer, il se peut qu'une petite quantité de produits de combustion se retrouve dans la pièce).

Il ne faut pas confondre cette ventilation de base avec l'amenée d'air comburant. En effet, pour l'amenée d'air comburant, l'air vient de l'extérieur, est "brûlé" dans l'appareil à combustion et est évacué par le cheminée. Pour la ventilation de base, l'air vient aussi de l'extérieur, mais est évacué par une sortie spécifique, généralement indépendante de la cheminée⁶.

Nous sommes donc bien en présence de règles concernant la ventilation de base, qui se superpose éventuellement avec celles de la NBN D 50-001. La NBN D 50-001 renvoie en effet aux normes en vigueur si l'on a une chaufferie spécifique, mais dans la situation où l'appareil à combustion est dans un autre local concerné par la NBN D 50-001, deux règles sont simultanément énoncées. La logique veut que l'on prenne alors la règle offrant le plus fort débit de ventilation.

Pour plus détails, nous pouvons faire référence aux normes même. L'ARGB a édité un dossier technique sur la NBN B 61-002 **Error! Reference source not found..**

IV.5.1 Appareil étanche

⁶ Dans certains cas, il est admis que l'amenée d'air comburant et la cheminée puissent servir aussi comme élément de la ventilation de base.

Il n'y a pas de ventilation spécifique à prévoir selon les normes NBN D 51-003 et NBN B 61-002, sauf s'il s'agit d'une chaudière placée dans un tout petit espace. Dans ce cas, pour éviter la surchauffe, il faut prévoir une arrivée et une évacuation d'air dans l'armoire (50 cm² au minimum par orifice, avec 1cm²/kW).

Pour les chaudières domestiques courantes, le cas se présente si on place la chaudière dans une armoire ou tout espace de moins d'un mètre cube de volume⁷.

IV.5.2 Appareil non étanche

Cela concerne tous les locaux avec un appareil non étanche, sauf ceux avec une cuisinière. La NBN D 51-003 ne prévoit rien pour les cuisinières.

L'arrivée et l'évacuation de l'air peuvent se faire de manière naturelle ou mécanique. Souvent ce choix dépendra du type de ventilation de base global.

Voyons les différentes possibilités.

A Arrivée d'air naturelle

Dans ce cas, l'ouverture prévue pour l'air comburant est considérée comme suffisante pour la ventilation du local.

Il faut noter ici que la norme de ventilation de base hygiénique NBN D 50-001 n'admet stricto sensu pas ces grilles d'amenée d'air comme faisant partie du système de ventilation. Elles ne sont en effet pas, par définition, réglables (manuellement ou automatiquement) de manière continue ou via au moins trois positions intermédiaires entre la position fermée et la position complètement ouverte.

B Evacuation d'air naturelle

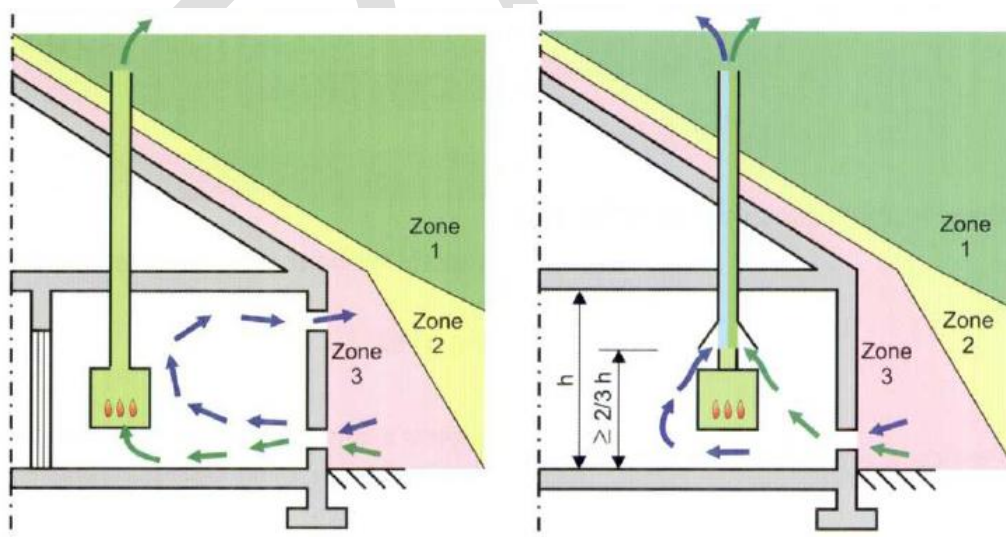


Figure 56 : deux solutions pour l'évacuation d'air : par une ouverture séparée ou par le coupe-tirage

Cette évacuation doit amener directement l'air vers l'extérieur, soit via une grille dans un mur extérieur, soit via un conduit vertical menant à l'extérieur. La bouche est placée au plus haut du local. Si on a un appareil avec coupe-tirage, il est autorisé que ce coupe-tirage serve d'évacuation naturelle moyennant quelques conditions (entre autres être en haut du local).

⁷ Il faut ventiler si le rapport puissance chaudière sur volume du local est : $P(\text{kW})/V(\text{m}^3) > 35$

C Arrivée d'air mécanique et/ou évacuation mécanique

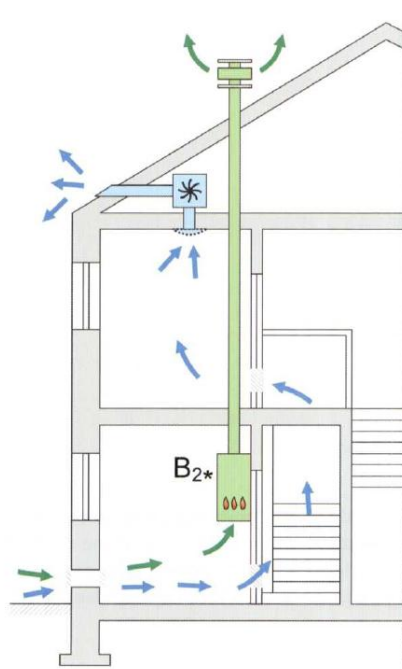


Figure 57 : appareil de combustion ouvert et extraction d'air mécanique

On peut utiliser un système de ventilation avec moteur qui doit alors garantir 7 l/s (25 m³/h) de débit. Mais la ventilation mécanique n'est autorisée que pour certains appareils à combustion.

Comment ventiler le local où se trouve un appareil à combustion ?

Sources : NBN D 51-003:2004 § 5.2.2 (gaz naturel)

NBN B 61-002:2006 § 5 : règles supplémentaires pour les chaudières de chauffage central, en cas de construction neuve ou de rénov

Règle générale	Il faut une arrivée d'air et une évacuation d'air dans le local.		
Appareils non concernés	appareils de cuisine		
Débit de ventilation (généralité)	0,2 l/s par kW de puissance de la chaudière minimum 7 l/s		
Arrivée d'air libre (naturelle)	= l'orifice d'amenée d'air comburant		
Évacuation d'air libre (naturelle)	<p>orifice en contact avec l'extérieur dans la partie la plus élevée possible de l'espace d'installation minimum 50 cm²</p> <p>1/3 de la section d'amenée d'air libre</p> <p>débouchés dans pans des adjacents pour la cheminée et la prise d'air</p>	<p>position la plus élevée possible contact direct avec l'extérieur 3 possibilités : conduit vertical conduit le plus vertical et rectiligne possible</p> <p>calcul avec perte de charge < 3Pa</p> <p>débouché du conduit en dehors zone de surpression statique minimum 50 cm²</p> <p>1/3 de la section d'amenée d'air libre position de l'extraction : min 1,80 m du sol</p> <p>position sortie extérieure : plus bas que la cheminée conduit sans déviation pas utilisé pour ventiler d'autres espaces débouchés dans pans des adjacents pour la cheminée et la prise d'air</p>	<p>via coupe-tirage de l'appareil type B1*BS</p> <p>seuls des appareils de même type alimentés au gaz naturel sont raccordés au conduit</p> <p>bord inférieur du coupe-tirage : min 2/3 de hauteur du local débouchés dans pans des adjacents pour la cheminée et la prise d'air</p>
Arrivée d'air mécanique	débit minimum : 7 l/s		
	si évacuation naturelle : seulement chaudière B2 admise (= sans coupe-tirage)		
	si évacuation mécanique, voir règles pour l'évacuation mécanique		
Évacuation d'air mécanique	débit minimum : 7 l/s		
	seulement si les appareils sont :		
	B14BS, B22P et B23P ou avec évacuation mécanique des fumées pour chaudières : B2, B11BS + ventilateur ou B11CS + VMC		
Interaction avec les hottes de cuisine, sèche linge, etc.	seulement si les appareils sont :		
	B14BS, B22P et B23P ou avec évacuation mécanique des fumées		
	en plus, il faut une amenée d'air extérieur de 160 cm ² par 100 m ³ /h d'extraction d'air autorisée seulement pour chaudière <= 30 kW pour chaudières : B2, B11BS + ventilateur ou B11CS + VMC les 160 cm ² par 100 m ³ /h sont clairement en plus du dispositif d'amenée d'air comburant		

Tableau 4 : résumé de règles pour la ventilation des locaux avec appareil à combustion

IV.5.3 Amenée d'air et ventilation en rénovation



Rénovation

La norme NBN D 51-003 fait partie des règles de l'art et est donc applicable en toute circonstance (mais pour l'arrivée d'air comburant, on tolère les grilles de transfert en cas de remplacement d'un appareil non étanche autre qu'une chaudière de puissance <= 30 kW : voir tableau 1).

La norme NBN B 61-002 citée est d'application en rénovation dès lors qu'on a des bâtiments rénovés pour lesquels un permis de bâtir a dû être demandé (rénovation qui implique une adaptation approfondie du conduit d'évacuation).

Il faut souligner que tout professionnel concerné par une installation à combustion doit systématiquement vérifier l'amenée d'air comburant, tant en rénovation qu'en situation existante non rénovée. Il y va de la santé, voire de la vie, des occupants.

En ce qui concerne la ventilation du local avec appareil à combustion (circuit ouvert), deux cas se présentent.

A Local de chauffe séparé

Le local peut être indépendant des locaux ventilés par le système de ventilation hygiénique. C'est une configuration qui permet de respecter les différentes normes sans interaction. On peut ainsi utiliser des systèmes différents : par exemple utiliser une ventilation naturelle pour le local de chauffe et une mécanique pour le reste de l'habitation. Attention, dans ce cas, la porte du local de chauffe devra bien être étanche vis-à-vis des autres pièces:

B Local non séparé

Si le local n'est pas indépendant (par exemple si c'est une cuisine ou une salle de bains - si c'est encore permis), il faudra concilier à la fois les exigences de ventilation liée aux appareils de combustion et celles pour l'hygiène (NBN D 50-001), en choisissant le débit le plus important. Attention, en cas de ventilation de base mécanique (alimentation et/ou extraction) et selon le type d'appareil à combustion, il se peut qu'il ne soit pas permis d'utiliser un tel système de ventilation (voir tableau 2). Il faudra soit changer de système de ventilation, soit faire en sorte que le local soit séparé physiquement des autres (porte bien étanche) et ait son propre système de ventilation.

C Appareil étanche, d'abord

En cas de rénovation, nous ne pouvons que conseiller d'envisager d'abord l'utilisation de systèmes étanches, dont l'amenée d'air se fait par une canalisation propre à l'appareil, généralement concentrique à l'évacuation des gaz de combustion. Plusieurs avantages peuvent être cités :

- augmentation de la sécurité, le risque d'intoxication au CO devenant négligeable;
- le rendement de l'appareil est augmenté;
- pas de dimensionnement et d'installation de grilles et conduits pour l'amenée d'air;
- pas d'interférence avec le système de ventilation;
- pas de perturbation de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe.

IV.6 Stockage de chaleur

Certains systèmes peuvent utiliser un stockage de chaleur dans un ou des réservoirs. Il s'agit d'un tampon qui découple le moment de production et celui de distribution de la chaleur. Cela peut être nécessaire lorsque l'offre de la chaleur n'est pas simultanée à la demande. C'est le cas avec des systèmes de chauffage solaire. Le tampon peut aussi répondre à une demande de puissance temporairement plus élevée à laquelle le système ne peut pas répondre. C'est envisageable avec des pompes à chaleur pour lesquelles on augmente ainsi le rendement, tout en envisageant le fonctionnement à des heures tarifaires d'électricité plus avantageux.

En rénovation, le stockage de chaleur exige de l'espace qui n'est pas nécessairement toujours disponible.

IV.7 Système de distribution

Nous supposons ici que le réseau de distribution est hydraulique.

IV.7.1 Air ou eau

Pour les systèmes centralisés, le fluide de distribution le plus fréquemment utilisé est l'eau. Plusieurs raisons poussent à utiliser l'eau :

- la forte quantité de chaleur transportée par unité de volume;
- le très bon échange de chaleur;

- le faible encombrement des conduits de distribution;
- le choix d'émetteurs (radiateurs, chauffage par le sol, ventilo-convecteurs);
- la facilité de régulation par fermeture de vannes.

L'air ne comporte pas ces avantages : il est plus rarement utilisé étant donné l'espace et les débits importants nécessaires, et ce d'autant plus en rénovation. Mais dans des habitations basse énergie, où à la fois les puissances nécessaires sont nettement plus faibles et une installation de ventilation double-flux est installée d'office, on peut envisager d'adapter cette dernière pour qu'elle serve aussi au transport de chaleur. L'économie d'investissement vient de l'absence de système de chauffage hydraulique. Mais il faut tenir compte d'un surcoût lié à l'adaptation du système de ventilation: si on veut fournir toutes les pièces en chauffage, il faut ajouter des bouches de pulsions et éventuellement redimensionner les tuyaux de transport d'air et les ventilateurs. Le rendement des systèmes de production peut aussi être affecté.

IV.7.2 Peut-on récupérer le réseau hydraulique ?

Si on désire récupérer le réseau hydraulique existant, on se doit de se poser les questions suivantes :

- quel circulateur faut-il pour le système ?
- comment équilibrer le système (surtout si de nouveaux éléments ont été ajoutés) ?
- le réseau n'exigera-t-il pas trop d'énergie (réseau complexe, avec des pertes de charges élevées et plusieurs pompes) ?
- faut-il nettoyer le circuit (nettoyage sous pression ou chimique) ?
- quel traitement de l'eau faut-il envisager ?

L'installation existante peut être d'origine mal dimensionnée ou équilibrée. En outre, des modifications ont pu être effectuées au fil des ans (ajout de circuit, passage du thermosiphon vers une circulation forcée, ...). Le circuit peut dès lors être potentiellement déficient.

Si une chaudière à condensation est installée, il faut s'assurer que l'installation existante n'a pas un circuit qui évite par conception les retours d'eau à basse température. En effet, pour préserver les anciennes chaudières, on installait un système de vanne mélangeuse (voir dessin) assurant la fois une certaine température de retour et un certain débit. Mais ce n'est plus du tout pertinent avec une chaudière à condensation (du moins celles pouvant fonctionner sans débit imposé).

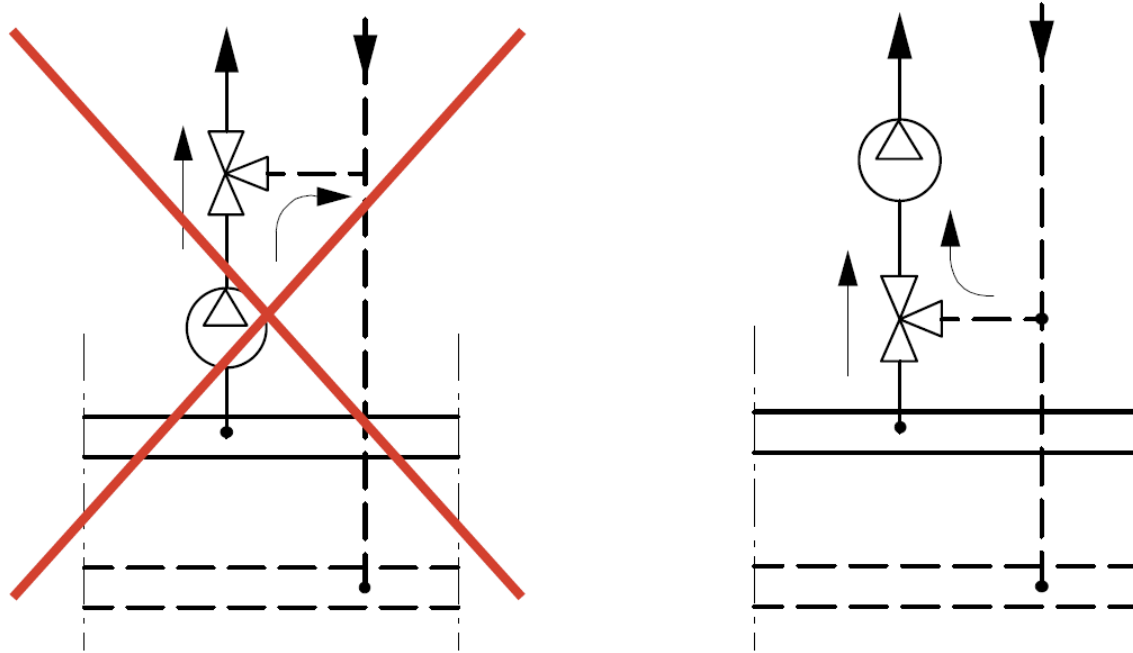


Figure 58 : à gauche, la régulation à éviter; à droite, la régulation mélangeuse

IV.7.3 Isolation du système de distribution

L'acte technique le plus facile que l'on puisse réaliser pour diminuer sa consommation d'énergie est sans nul doute l'isolation de tuyauterie d'eau chaude.

Un tuyau de chauffage de 17 mm de diamètre (3/8") et d'un mètre de longueur placé dans une cave ou un grenier non isolé (température ambiante : 10°C) laissera passer chaque année, en absence d'isolant, de l'ordre de 150 kWh d'énergie. Nous supposons que le chauffage fonctionne pendant la saison de chauffe à une température moyenne de 60°C.

Si l'on pose un isolant de 1 cm sur le tuyau, les pertes sont limitées à 75 kWh par an.

Si l'on pose un isolant de 2 cm sur le tuyau, les pertes sont limitées à 55 kWh par an.

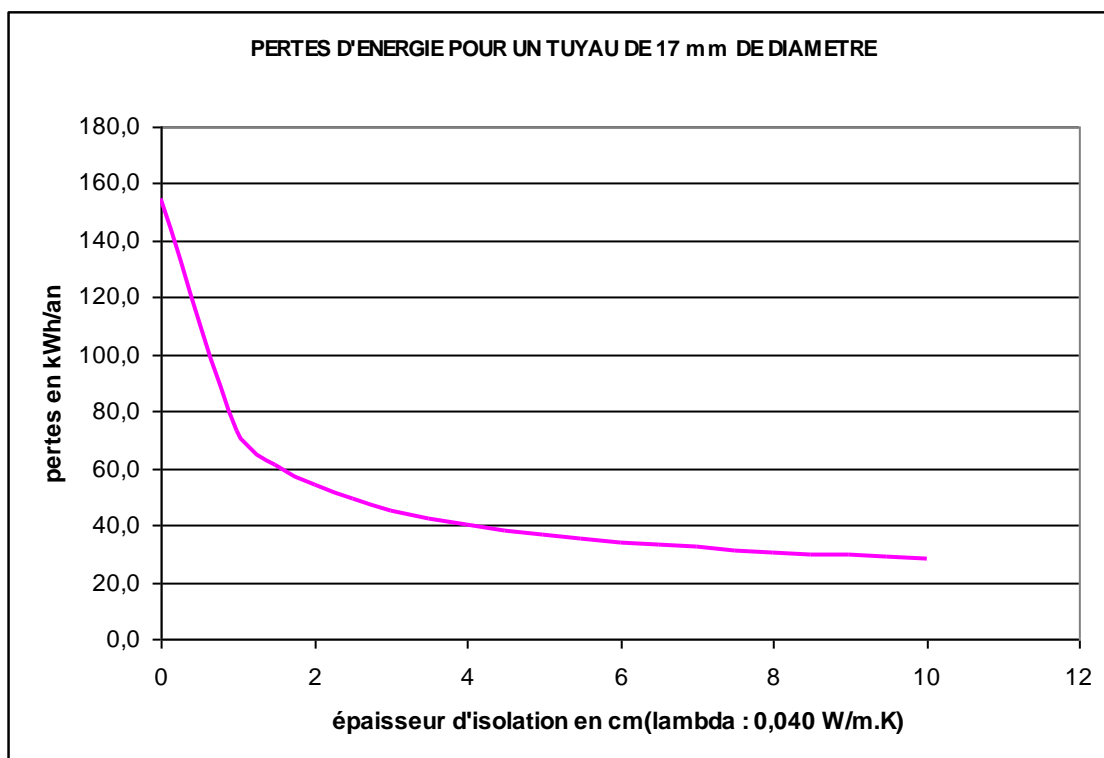


Figure 59 : exemple de pertes d'énergie annuelles par un tuyau non isolé

On atteint donc une économie de 75 à 95 kWh par an, pour ce seul mètre de tuyau.

Plus le tuyau a un grand diamètre, plus il laissera passer de l'énergie s'il n'est pas isolé. Ainsi un tuyau de 34 mm (1") de diamètre et 1 mètre de long laissera passer, dans notre exemple, 300 kWh par an, soit environ le double du tuyau de 17 mm. Il sera donc d'autant plus intéressant d'isoler les tuyaux de grand diamètre.

IV.7.4 Circuits avec isolation en amiante

Notons qu'il arrive de rencontrer sur des conduites de distribution existantes des isolations contenant de l'amiante.



Figure 60 : isolation de tuyauteries pouvant contenir de l'amiante

Il est indispensable de gérer complètement le problème en faisant pratiquer l'enlèvement par une firme spécialisée.

Pour plus d'information, vous pouvez vous référer au document [1] :

Direction Générale Environnement du Service Public Fédéral de la Santé Publique, de la Sécurité de la chaîne alimentaire et de l'Environnement, L'amiante - Polyvalence mais danger de mort,, Bruxelles, 2006.

IV.8 Systèmes d'émission

Les systèmes d'émission existants sont généralement des systèmes à eau du type radiateurs et/ou convecteurs. Plus rarement, il pourrait s'agir de chauffage par le sol d'ancienne génération. Pour limiter les travaux et le coût, il est souvent envisagé de récupérer une partie ou l'entièreté du système d'émission.

Voici les questions auxquelles il faut répondre avant de prendre une décision.

IV.8.1 Le système d'émission existant est-il dimensionné correctement pour assurer le chauffage ?

Ce n'est généralement jamais un problème, puisque la rénovation basse énergie amène des diminutions de puissance. De plus, la tendance est plutôt à avoir déjà d'origine un (fort) surdimensionnement.

Attention, il se peut qu'on doive ajouter des radiateurs dans des locaux antérieurement non occupés, où aucune ou peu de puissance était disponible.

IV.8.2 Le système existant est-il compatible avec une chaudière actuelle ?

Pour des raisons d'économie d'énergie, il est toujours conseillé de faire fonctionner le système de chauffage à basse température, dès lors que la chaudière le permet⁸ sans dommages sur le long terme. De plus, les chaudières à condensation atteignent des performances maximales à condition de fonctionner à basse ou très température (voir [9] , chapitre 5).

Les anciens systèmes étaient dimensionnés pour un régime de 90/70 °C. Or on recherche des régimes avec des retours nettement plus bas (55 à 40 °C, voire moins). Mais en diminuant la température de l'eau, on diminue également la puissance émise par le système d'émission.

En cas de radiateurs, l'abaque ci-dessous montre que passer d'un régime de 90/70 à 55/45 diminue de 60% la puissance des radiateurs⁹.

⁸ Outre les chaudières "standards", citons par exemple aussi les chaudières au bois pour lesquelles la basse température est déconseillée.

⁹ En supposant que les performances des radiateurs existant répondent aux équations sous-jacentes aux abaques. L'exposant n des équations (voir NIT 235 [9]) pourrait varier selon la surface rayonnante des radiateurs.

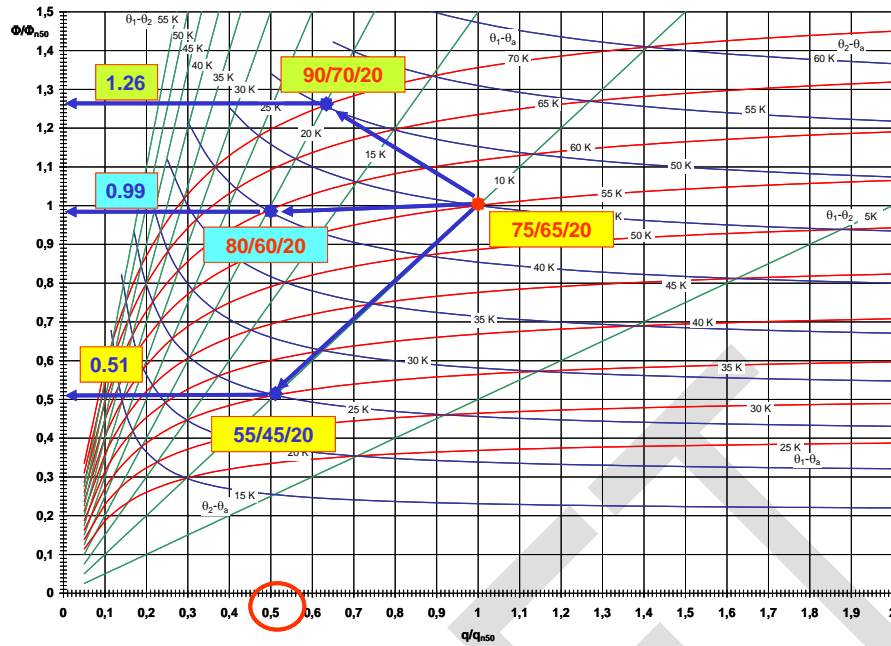


Figure 61 ; Un radiateur avec une puissance de "1" pour un régime standardisé de 75/65/20 a, pour un régime de 90/70/20 une puissance relative de 1,26 et pour un régime de 55/45/20, une puissance relative de 0,51 : de 90/70 à 55/45, la puissance diminue donc de $0,51/1,26 = 0,40$, soit 60%.

Cette baisse de 60% de puissance disponible est compensée en rénovation basse énergie par la baisse de la puissance demandée. Ainsi, entre notre exemple de maison K75 et de maison basse énergie, on a 60% de diminution. Si on part d'une maison K150, la baisse est de 80%.

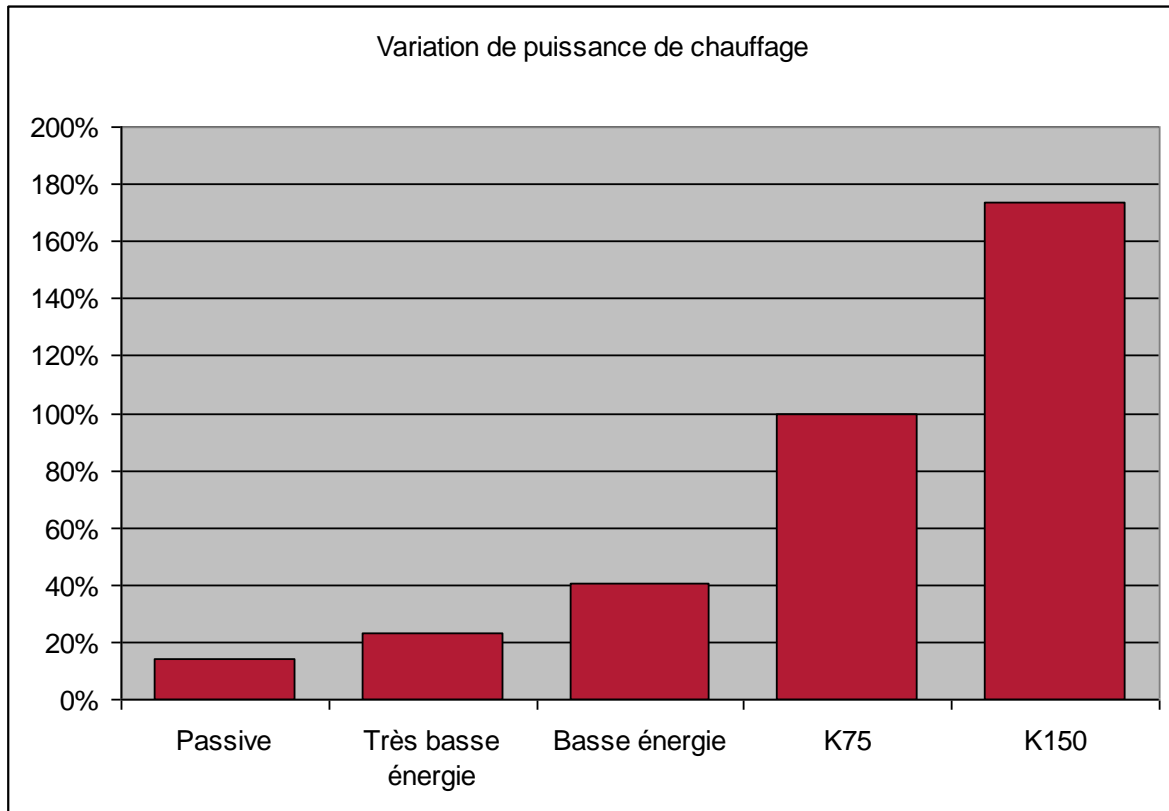


Figure 62 : variation de puissance de chauffage selon le niveau énergétique de la rénovation

Le système existant, même s'il n'était pas surdimensionné pour le logement avant rénovation, peut donc fonctionner à basse température sans être modifié, et ce grâce à la diminution drastique des pertes de chaleur du bâtiment.

Il est par contre un cas où il est difficile voire impossible de fonctionner à basse température : si des convecteurs existants sont installés. En effet, ces systèmes ne répondent pas à l'abaque précédent, et ont besoin d'une température d'entrée d'eau plus élevée pour émettre de la chaleur. Or même si seulement une partie de l'installation existante comporte des convecteurs, ceux-ci imposeront à l'ensemble de l'installation une température d'eau plus élevée. Dans ce cas, il peut être envisagé :

- de remplacer les convecteurs;
- d'ajouter dans les pièces où se trouvent les convecteurs des radiateurs;
- éventuellement, de coupler des ventilateurs aux convecteurs afin d'augmenter leur puissance d'émission à plus basse température d'eau.

IV.8.3 Récupérer du chauffage de surface

Le système de chauffage de surface (par le sol ou les murs) existe déjà depuis plusieurs décennies. Il est donc possible qu'en rénovation, une telle installation soit disponible. Si on veut récupérer le système, il faut vérifier que les tuyaux installés étaient bien étanches à l'oxygène, ce qui n'a pas toujours été le cas. Sinon, il y a un risque de corrosion interne du réseau hydraulique par apport continu d'oxygène.

L'absence de couche étanche à l'oxygène peut être identifiée :

- si aucune mention d'une telle protection n'est inscrite sur les tuyaux (normalement, même les anciens tuyaux avec couche étanche comportaient une telle inscription)
- si on a de la corrosion sur des parties métalliques de l'installation existantes
- par une mesure de la concentration en O₂ dans un échantillon des eaux existantes venant directement des tuyaux

Pour plus d'information, nous conseillons la lecture des documents suivants :

CSTC-Revue

Corrosion dans les installations de chauffage central. 1^{ère} Partie : recommandations visant à limiter la corrosion. Pages : 13-21 N° 1997/3

La corrosion à l'oxygène dans les installations de chauffage équipées de tubes en matière plastique. Un état de la situation.

Pages : 1-13 N° 1990/4.3

IV.8.4 Fuites et corrosion

Si l'on récupère une partie du système d'émission, il faut porter bien sûr toujours porter attention aux fuites qui peuvent survenir sur le réseau.

Il faut aussi éviter de laisser à l'air libre pendant un temps long des parties métalliques (radiateurs, par ex.) qui ont été habituellement en contact avec l'eau.

IV.8.5 Position de radiateurs

Si la rénovation se déroule en plusieurs phases, par exemple en cas de rénovation "légère", il est judicieux de réfléchir à l'emplacement des radiateurs lorsque les différents travaux seront effectués.

Ainsi, si l'installation de chauffage doit être rénovée, alors que certaines parois ne le seront qu'ultérieurement (par exemple façade à isoler par l'intérieur), les radiateurs devraient être disposés de préférence sur d'autres parois.

IV.9 Régulation

La régulation est essentielle afin de faire fonctionner le système de chauffage à un régime optimal, tout en apportant le confort désiré. Une régulation efficace permet de réaliser des économies substantielles sur la consommation d'énergie.

Mais plus la régulation est fine, plus elle risque aussi d'être techniquement compliquée. Une incompréhension par les utilisateurs ou même l'installateur peut mener au contraire de l'effet attendu : inconfort et surconsommation. Il est donc essentiel que la régulation soit maîtrisée et conviviale.

Il faut bien distinguer, dans un système centralisé, la régulation primaire (centrale) portant sur le système de production de la régulation secondaire (locale) pourtant, pièce par pièce, sur les systèmes d'émission.

En rénovation, il n'est pas rare qu'il n'existe pas de véritable régulation. Des potentiels d'économie d'énergie sont élevés en la matière. Voir IV.8.5.

IV.9.1 Principes et objectifs de base

Une régulation (de chauffage) performante doit offrir un **confort optimum** pour les occupants d'un bâtiment tout **en minimisant la consommation d'énergie** des installations permettant d'obtenir ce confort.

Pour atteindre ces objectifs, une régulation optimale doit pouvoir :

- tenir compte des **exigences de confort** des différents occupants;
- tenir compte de la **présence** ou non de ces occupants;
- contrôler la **puissance** de chauffage local par local
- jouer sur les paramètres du système de chauffage pour atteindre des **points de fonctionnement optimaux** au niveau énergétique

Ces différentes capacités de gestion de la régulation peuvent être atteintes par des technologies différentes, par exemple :

- exigences de confort et présence : thermostat, unité de contrôle programmable, ...
- puissance : thermostat d'ambiance, sonde d'ambiance, vannes thermostatiques, ...
- points de fonctionnement optimaux : sonde externe de température, ...

Pour des raisons de coûts et de moyens techniques disponibles, il n'est pas envisagé de toujours répondre à toutes ces exigences en toutes circonstances. Ainsi la régulation ne gèrera pas nécessairement tous les paramètres de manière automatique, certains étant laissés au soin des occupants (ex : actionner une vanne ou un thermostat). Un certain compromis est aussi admis (ex : une chaudière commandée par un seul thermostat d'ambiance n'assure que parfaitement le confort d'une pièce de référence).

La régulation est une matière complexe que nous ne traiterons pas dans tous ses détails ici. Nous allons aborder les grands principes de la régulation de chauffage central à distribution de chaleur par eau dans des logements unifamiliaux.

IV.9.2 Différentes régulations de chauffage central (distribution par eau)

Une difficulté propre à la régulation du chauffage central réside dans le fait qu'un seul système de production de chaleur central dessert plusieurs locaux ou zones, chacun pouvant avoir sa propre demande de chaleur selon l'occupation et les conditions météorologiques, les gains solaires influençant la demande.

La régulation jouera sur la chaudière même et sur le système de distribution et d'émission de la chaleur. De ce fait, on utilisera le terme de **régulation primaire** RP (= centrale) pour la partie actionnant les paramètres de la chaudière et de **régulation secondaire** RS (= décentralisée) pour la partie actionnant de organes de distribution et d'émission.

La régulation primaire assurera que la chaudière fournisse la puissance nécessaire pour que tous les locaux (ou zones) puissent être correctement chauffés. La régulation secondaire modulera cette puissance disponible selon les besoins particuliers de chaque local. Ces opérations peuvent être plus ou moins automatisées, avec une interaction plus ou moins forte entre les deux types de régulation.

Décrivons les principaux systèmes de régulation rencontrés dans des logements unifamiliaux, du plus basique au plus sophistiqué.

A Aquastat et vannes

La régulation primaire n'est assurée que par le thermostat de chaudière (aquastat). Autrement dit, la chaudière fournit de l'eau à température constante et en continu dans le circuit de distribution. La puissance potentielle pour chaque point d'émission est donc constante, et ce sont des vannes qui modulent cette puissance pour chaque local en jouant sur le débit d'eau chaude. Si ces vannes ne sont pas thermostatiques, c'est à l'utilisateur de les ouvrir ou fermer selon les conditions d'occupation et météorologiques. Des vannes thermostatiques tenteront d'obtenir une température plus ou moins constante dans le local, selon leur position de fonctionnement.

Ce système comporte de grandes faiblesses au niveau confort et économie d'énergie. Les vannes doivent jouer sur le débit pour faire varier la puissance des corps d'émission, or une relation non linéaire relie ces paramètres, avec une forte variation de puissance pour une faible variation de débit si l'on travaille à des débits faibles. De ce fait, le réglage de la puissance sera instable.

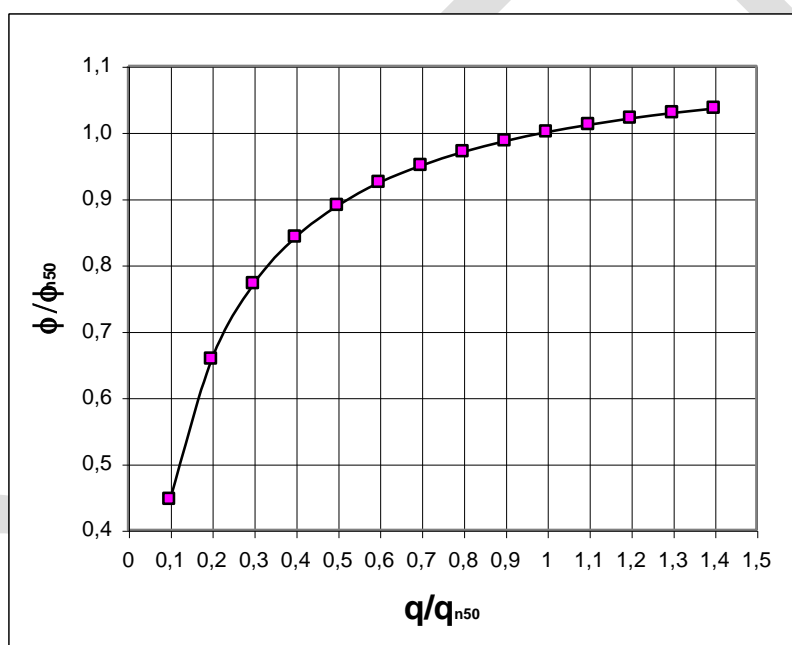


Figure 63 : Influence du débit d'eau sur l'émission calorifique d'un radiateur.

La chaudière ne travaillera quasi jamais à un point de fonctionnement optimal. Elle restera en effet constamment à température trop élevée par rapport à celle qui pourrait être optimale. L'éventuelle récupération de chaleur par condensation des fumées (si la chaudière le permet) est compromise vu une température d'eau chaude de retour trop élevée. De plus, la haute température du système augmentera les pertes de production et de distribution.

Notons que l'utilisateur averti peut faire varier le réglage de l'aquastat selon la demande de puissance (la température extérieure) et donc corriger l'absence de régulation primaire automatique. Mais il s'agit d'une tâche aléatoire et laborieuse.

Les autres systèmes vont donc essayer de corriger automatiquement les défauts de la régulation Aquastat/vannes, principalement en adaptant la puissance potentielle de la chaudière (et donc, la température de départ de l'eau de chauffage).

B Thermostat d'ambiance

Un appareil mesure la température dans un local de référence et contrôle le système central pour qu'il envoie une puissance nécessaire. Il faut distinguer plusieurs configurations :

B.1 Le thermostat d'ambiance commande une vanne du réseau de distribution

On a en fait la même configuration que précédemment, avec les mêmes désavantages de pertes d'énergie. On a simplement remplacé certaines vannes thermostatiques par une vanne centrale. Le système est à déconseiller.

B.2 Le thermostat d'ambiance commande le circulateur

Dans ce cas, le thermostat actionne la pompe ou la coupe selon la demande. La température de chaudière reste fixée par son aquastat, et de ce fait il n'y a pas d'amélioration vis à vis des pertes de production. Ce type de régulation n'est donc pas recommandé, créant de plus des trains de chaleurs sources de bruits dans les canalisations de distribution.

On peut remarquer que dans ce système, le circulateur consomme moins d'électricité puisqu'il est mis à l'arrêt. Mais il est toutefois préférable que la régulation du circulateur se fasse par un autre biais (en lien avec la marche du brûleur, par exemple).

B.3 Le thermostat d'ambiance commande le brûleur de la chaudière

C'est une configuration recommandée : dans ce cas, le thermostat commande le brûleur de la chaudière. La température moyenne de l'eau de départ de la chaudière s'adapte donc à la puissance à fournir dans le local de référence. Le système travaille donc en moyenne à une température plus basse que si l'on avait uniquement laissé l'aquastat comme seul contrôle.

Le réglage de l'aquastat reste un paramètre limitatif (température maximale de l'eau de départ) : l'utilisateur peut, selon la saison, limiter la température de départ et ainsi les écarts de température.

La majorité des thermostats d'ambiance permettent aussi d'avoir un contrôle temporel de la demande, en programmant différentes températures selon les heures.

Pour obtenir un confort et une économie d'énergie optimale, le thermostat d'ambiance ne doit pas être du type marche/arrêt mais chronoproportionnel (voir [9] , NIT 235 "chaudière à condensation", p 52)

Il faut souligner qu'il n'est plus nécessaire de placer des vannes thermostatiques dans le local où se trouve le thermostat d'ambiance. En effet, c'est le thermostat qui fait le travail dans ce local, et installer des vannes thermostatiques pourrait même fausser le travail de régulation.

Le thermostat d'ambiance est donc à la fois une régulation primaire et secondaire. Mais ce n'est une régulation secondaire que pour le local de référence. C'est d'ailleurs un des principaux défauts de cette régulation qui ne tient pas compte des demandes dans d'autres pièces. Si la demande dans les autres locaux n'est pas fortement différente de celle dans le local de référence, des vannes thermostatiques devraient correctement jouer le rôle de régulation secondaire. Mais un problème surgit pour des pièces dans une laquelle il faut une puissance plus élevée (par exemple, salle de bains) ou lorsqu'une source de chaleur

(ensoleillement ou poêle d'agrément) dans le local de référence impose à tous le logement une baisse de puissance disponible.

Des solutions toujours basées sur le thermostat d'ambiance existent pour résoudre les limites du système :

- le thermostat radiocommandé mobile, à placer dans la pièce où l'on veut momentanément plus de chaleur;
- un ensemble de thermostats d'ambiance, chacun commandant une zone définie et des vannes thermostatique radiocommandées : un boîtier central raccordé à la chaudière définit la marche du brûleur selon la demande.

C La régulation climatique

Plutôt que de déterminer indirectement la puissance nécessaire selon une mesure intérieure, on propose de la déterminer directement selon les conditions météorologiques extérieures. Une sonde extérieure mesure la température, et grâce à une relation mathématique ("courbe de chauffe") prédéfinie selon les caractéristiques du bâtiment, la température de départ de la chaudière est réglée. Ce mode de régulation primaire apporte plusieurs avantages :

- elle n'est pas dépendante d'un local et de d'éventuelles perturbations locales;
- la puissance nécessaire est directement déterminée, permettant d'atteindre un point de fonctionnement de la chaudière optimal : alors qu'avec un thermostat d'ambiance, la température de départ oscille autour d'une moyenne, on peut ici régler précisément cette température moyenne, en exploitant au mieux la modulation de la chaudière (si elle la permet);
- par son réglage fin de la température d'eau, la régulation climatique est présentée comme allant de pair avec la chaudière à condensation.

Tout comme le thermostat d'ambiance, la régulation climatique peut aussi proposer une programmation temporelle selon l'occupation et l'activité.

La régulation climatique comporte aussi quelques faiblesses :

- il faut déterminer correctement la courbe de chauffe, ce qui demande des calculs et éventuellement plusieurs adaptations après des étapes d'essai; en cas d'erreur, de l'inconfort peut surgir;
- la régulation secondaire est parfois délaissée, ce qui est aussi une source d'inconfort, ne tenant pas nécessairement suffisamment compte de spécificités dans certains locaux (gains gratuits, par exemples).

Pour résoudre ce dernier problème, il faut au minimum installer des vannes thermostatiques. Une ou des sondes de températures peuvent aussi mesurer la température à l'intérieur de certains locaux et adapter la puissance disponible en conséquence (correction momentanée de courbe de chauffe). On s'approche alors d'un système mixte "régulation climatique/thermostat d'ambiance", voire d'un système domotique

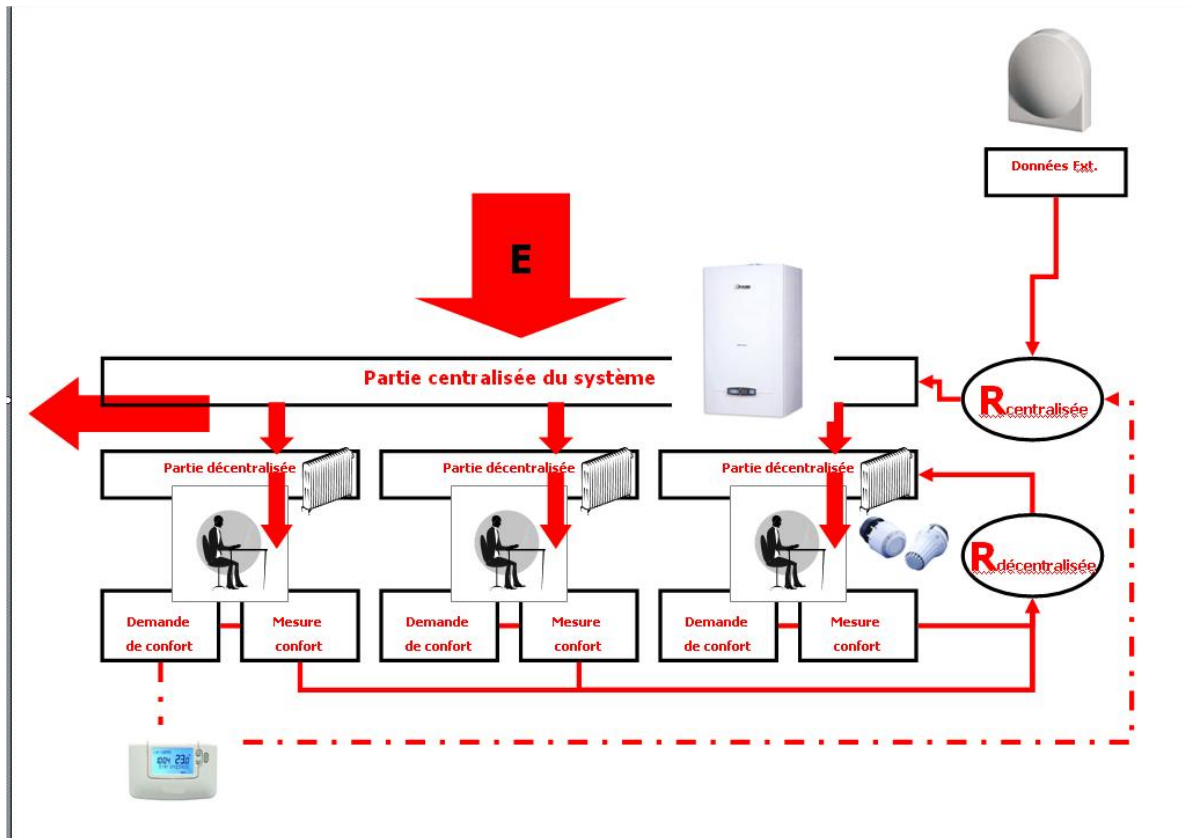


Figure 64 : schéma d'une régulation climatique avec sonde intérieure complémentaire

D Système domotique

Intégrant à la fois les principes de la régulation climatique et par thermostat, on peut rencontrer des systèmes de régulation pièce par pièce, avec commandes de température et horaire locale et centrale. Le système contrôle à la fois les paramètres de la chaudière et des circuits hydrauliques pour assurer le confort et le point de fonctionnement optimal.

L'électronique et l'informatique permettent d'imaginer actuellement tous les systèmes possibles, y compris ceux avec commande à distance par téléphone. Les limites de ses systèmes sont leur coût, l'adaptation du réseau hydraulique et la complexité de programmation. Cette complexité ne doit pas être négligée : en cas d'incompréhension par les occupants et/ou l'installateur, le système sera mal réglé et utilisé, réduisant à néant les efforts d'optimisation entrepris. A ce titre, un système "simple"¹⁰ comme le thermostat d'ambiance a le mérite d'être compris par une majorité.

IV.9.3 Amélioration de la régulation en rénovation

En rénovation, il n'est pas rare de n'avoir aucune régulation valable sur le système de chauffage existant. La chaudière existante ne permettra pas nécessairement la pose d'une régulation climatique. Nous pouvons apporter les conseils suivants.

¹⁰ Attention, tous les thermostats d'ambiance ne sont pas nécessairement facilement programmables.

A Pas de régulation primaire autre que l'aquastat

Il est conseillé de toujours installer un thermostat d'ambiance comme régulation primaire.

Il est normalement toujours possible d'en brancher un sur le brûleur de la chaudière. Les problèmes de câblage inexistants entre la chaudière et le local de référence peuvent être résolus par le biais d'un thermostat radiocommandé.

B Thermostat d'ambiance existant

Si un thermostat d'ambiance existe déjà, il est bon de vérifier qu'il commande le brûleur et non le circulateur. Si possible, il est conseillé de modifier cette configuration. Il faut aussi vérifier le thermostat est posé correctement : dans un local de référence, éloigné de sources de chaleur perturbatrices.

C Régulation secondaire

Il est toujours conseillé de placer des vannes thermostatiques dans les locaux autres que celui de référence avec thermostat d'ambiance.

V Références

- [1] Direction Générale Environnement du Service Public Fédéral de la Santé Publique, de la Sécurité de la chaîne alimentaire et de l'Environnement, L'amiante - Polyvalence mais danger de mort, , Bruxelles, , 2006
- [2] Directoraat-Generaal Leefmilieu van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Asbest - Veelzijdig maar levensgevaarlijk, , Brussel, , 2006
- [3] Bureau de normalisation, NBN B 61-002, Chaudières de chauffage central dont la puissance nominale est inférieure à 70 kW. Prescription concernant leur espace d'installation, leur amenée d'air et leur évacuation de fumée, Bruxelles, NBN, 2006
- [4] Bureau de normalisation, NBN B 62-003 (en révision), Calcul des déperditions calorifiques des bâtiments., Bruxelles, NBN, 1986
- [5] Bureau de normalisation, NBN EN 12831, Systèmes de chauffage dans les bâtiments. Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base., Bruxelles, NBN, 2003
- [6] Klepfisch G. et Guillaume M., Entretien et rénovation des chaufferies (chaudières et cheminées), , Bruxelles, CSTC-Revue, juin 86
- [7] Centre Scientifique et Technique de la Construction, Dimensionnement des installations de chauffage, , Bruxelles, Rapport CSTC n°1, 1992
- [8] Ministère de la Région wallonne, Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie, Le chauffage par foyers indépendants, , Namur, DG TRE, 2000
- [9] Centre Scientifique et Technique de la Construction, Note d'information technique n°235, La chaudière à condensation, Bruxelles, CSTC, septembre 2008
- [10] ODE Vlaanderen, Warmtepompen voor woningverwarming, , Brussel, ODE,
- [11] Dumont Eric - Frère Marc, Formation Pompes à chaleur, Mons, Construire avec l'Energie, février 2008
- [12] Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap afd. ANRE, Code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompsystemen in de woningbouw, , Brussel, ANRE, 2006
- [13] IEA, Heat Pump Centre Newsletter, Retrofit heat pumps for buildings, Sweden, HPC Volume 24 N°4/2006, 2006