

Diagnostic approfondi de type I

Diagnostic approfondi des systèmes de chauffage

de type I (Chaudière de Puissance ≤ 100 kW)

SPW | Éditions

OUTILS PÉDAGOGIQUES

Énergie



Mai 2016



CONTENU

Ce syllabus présente les dispositions réglementaires relatives au diagnostic approfondi des systèmes de chauffage de type I telles que prévues par l'arrêté du Gouvernement wallon du 29 janvier 2009 applicables aux systèmes de chauffage central pour le bâtiment pendant leur exploitation modifié en dernier par l'Arrêté du Gouvernement wallon du 15 mai 2014.

PUBLIC-CIBLE

Les professionnels du chauffage qui désirent obtenir le certificat d'aptitude en diagnostic approfondi de type I en vue de devenir « technicien agréé en diagnostic approfondi de type I ».

SOURCES

L'élaboration de ce document est basée sur le manuel « Opleiding docenten verplichte eenmalige verwarmingsaudit voor kleine installaties ($\leq 100\text{kW}$) » rédigé pour le compte de la « Vlaamse Energie Agentschap (VEA) » ainsi que sur le manuel « Le diagnostic des systèmes de chauffage de type 1 » publié par Bruxelles Environnement – IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement).

Table des matières

CHAPITRE 1 : INTÉRÊTS DU DIAGNOSTIC APPROFONDI DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE	5
1. DIMINUTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET RÉDUCTION DES COUTS	5
2. ÉMISSIONS MOINS POLLUANTES ET SÉCURITE ACCRUE	5
CHAPITRE 2 : CONTEXTE GÉNÉRAL	7
1. OBJECTIFS DE CE MANUEL	7
2. BREFS RAPPELS RÈGLEMENTAIRES	7
CHAPITRE 3 : EXPOSÉ GÉNÉRAL DE LA MÉTHODE	9
1. CONTRAINTES DE LA MÉTHODE	9
2. SYMBOLES DES GRANDEURS PHYSIQUES INTERVENANTS DANS LA MÉTHODE DE DIAGNOSTIC DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE DE TYPE I	10
3. LES ÉTAPES D'UN DIAGNOSTIC APPROFONDI DE TYPE I	11
CHAPITRE 4 : RÉALISATION DU DIAGNOSTIC APPROFONDI DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE DE TYPE I	12
1. MARCHE À SUIVRE POUR RÉALISER LE DIAGNOSTIC APPROFONDI DES SYSTÈMES DE TYPE I	12
2. DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE PERTE À L'ARRÊT « a » [%] D'UNE CHAUDIÈRE	13
2.1. LES CARACTÉRISTIQUES INFLUENCANT LES PERTES À L'ARRÊT	13
2.2. MÉTHODE D'ATTRIBUTION DU COEFFICIENT DE PERTE À L'ARRÊT « a »	14
3. DÉTERMINATION DU FACTEUR DE CHARGE « b » [%] D'UNE CHAUDIÈRE	21
3.1. DÉFINITION DU FACTEUR DE CHARGE	21
3.3. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE D'UNE CHAUDIÈRE IN SITU	25
4. INFLUENCE DU MODE DE RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DE CHAUDIÈRE REFLÉTÉ PAR LE FACTEUR DE CHARGE CORRIGÉ « b_{cor} » [%]	28
4.1. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU SUR LES PERTES DE CHALEUR	28
4.2. MODES DE RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DE LA CHAUDIÈRE	29
5. INFLUENCE DU RENDEMENT DE COMBUSTION « η_{ro} » [-]	31
5.1. DE QUOI DÉPEND LE RENDEMENT DE COMBUSTION ?	31
5.2. MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU RENDEMENT DE COMBUSTION « η_{ro} »	31
6. RECOMMANDATIONS ET MESURES D'AMÉLIORATION	32
6.1. LISTE GUIDE DES RECOMMANDATIONS POUR LE SYSTÈME DE CHAUFFAGE CENTRAL	32
6.2. LE RENDEMENT DE PRODUCTION APRÈS RÉNOVATION ET POTENTIEL D'ÉCONOMIE	34
6.3. EXERCICES DE DÉTERMINATION D'UN NOUVEAU RENDEMENT DE PRODUCTION	34
6.4. MÉTHODE DE DÉTERMINATION DE L'ÉCONOMIE FINANCIÈRE ANNUELLE ESTIMÉE	35
CHAPITRE 5 : LA RÈGLE DE CALCUL COMME INSTRUMENT DE CALCUL	37
1. PORTÉE DE LA RÈGLE DE CALCUL	37

2.	HYPOTHÈSES INCLUSES DANS LA RÈGLE DE CALCUL.....	37
3.	PRÉSENTATION DE LA RÈGLE DE CALCUL.....	37
4.	HYPOTHÈSES DES RENDEMENTS DES NOUVELLES CHAUDIÈRES	38
5.	UTILISATION DE LA RÈGLE DE CALCUL	39
6.	EXEMPLE D'UTILISATION DE LA RÈGLE DE CALCUL.....	40
7.	TÂCHES DU TECHNICIEN AGRÉÉ EN DIAGNOSTIC APPROFONDI ET RAPPORT DE DIAGNOSTIC APPROFONDI.....	41
	7.1. LES TÂCHES DU TECHNICIEN AGRÉÉ EN DIAGNOSTIC APPROFONDI	41
	7.2. RÉDACTION DU RAPPORT DE DIAGNOSTIC APPROFONDI	42
8.	SÉRIE D'EXEMPLES COMPLETS DE DIAGNOSTIC APPROFONDI.....	47
	8.1. EXERCICE 1.....	47
	8.2. EXERCICE 2.....	47
	8.3. EXERCICE 3.....	48
	8.4. EXERCICE 4.....	49
	8.5. EXERCICE 5.....	50
	8.6. EXERCICE 6.....	50
	8.7. EXERCICE 7.....	51
	8.8. EXERCICE 8.....	52
	8.9. EXERCICE 9.....	53
	CHAPITRE 6 : QUESTIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LA CERTIFICATION PEB.....	54
	1. OBJECTIF POURSUIVI	54
	2. LISTE DES QUESTIONS	54
	ANNEXE 1 : LES LABELS DE CHAUDIÈRES.....	55
	ANNEXE 2 : SCHÉMAS DES DIFFÉRENTS TYPES DE CHAUDIÈRES AU GAZ NATUREL	58
	ANNEXE 3 : DES EXPLICATIONS SUR LES RENDEMENTS.....	64
	1. LE RENDEMENT DE COMBUSTION INSTANTANÉ DE LA CHAUDIÈRE	64
	2. ASPECTS THÉORIQUES DU RENDEMENT DE LA CHAUDIÈRE À PLEINE CHARGE	66
	2.1. RENDEMENT UTILE OU THERMIQUE À PLEINE CHARGE (PUISSANCE NOMINALE).....	66
	2.2. PERTE PAR RAYONNEMENT ET PAR CONVECTION	67
	2.3. RENDEMENT À CHARGE PARTIELLE.....	67
	3. ASPECTS THÉORIQUES DU RENDEMENT DE LA CHAUDIÈRE À CHARGE PARTIELLE.....	68
	3.1. DÉTERMINATION DU RENDEMENT ANNUEL DE PRODUCTION.....	68
	3.2. SIGNIFICATION PHYSIQUE DES PERTES À L'ARRÊT.....	69
	3.3. LE RENDEMENT DE PRODUCTION DE LA CHAUDIÈRE.....	70

ANNEXE 4 : LES ÉMISSIONS DES CHAUDIÈRES	71
1. OXYDES D'AZOTE : NOX.....	71
2. MONOXYDE DE CARBONE : CO	71
ANNEXE 5 : LES CHAUDIÈRES À CONDENSATION.....	72
1. RENDEMENT D'UNE CHAUDIÈRE À CONDENSATION.....	72
2. FACTEURS INFLUENCANT LE RENDEMENT D'UNE CHAUDIÈRE À CONDENSATION.....	72
3. CONCEPT D'UNE CHAUDIÈRE À CONDENSATION	73
4. COMMENT VALORISER LA CHAUDIÈRE À CONDENSATION AU MOYEN DE L'INSTALLATION	73
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	74

CHAPITRE 1 :

INTÉRÊTS DU DIAGNOSTIC APPROFONDI DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE

En quoi le diagnostic approfondi des systèmes de chauffage est-il important ?

Le diagnostic approfondi est l'outil par excellence pour convaincre l'utilisateur qu'il est possible d'améliorer son installation de chauffage sur le plan énergétique. On parle ici d'augmenter l'efficacité énergétique du système de chauffage, c'est-à-dire de diminuer la quantité d'énergie consommée pour les mêmes services thermiques rendus. Ceci peut s'exprimer également par le terme usuel de rendement.

1. DIMINUTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET RÉDUCTION DES COÛTS



Figure 1. : Exemple de vieille installation
Consommation : 44850 kWh



Figure 2. : Exemple de nouvelle chaudière
Consommation : 34950 kWh

Facture d'énergie : 1350 € (TVA incl.)

→ Diminution de la consommation : 9900 kWh ou 22 %

→ Economie de frais d'énergie : 380 €/an

2. ÉMISSIONS MOINS POLLUANTES ET SÉCURITÉ ACCRUE

L'évolution de la technologie met actuellement à disposition sur le marché des systèmes de chauffage de plus en plus performants. Cela se traduit non seulement par une amélioration du rendement énergétique, ayant pour conséquence une diminution de la consommation et des émissions de CO₂, mais aussi par une réduction des émissions de polluants atmosphériques.

Les systèmes de chauffage sont en effet une des principales sources de gaz à effet de serre et d'autres polluants qui ont une influence importante sur la qualité de l'air. Afin de protéger la santé humaine et l'environnement dans son ensemble, il est particulièrement important de lutter contre les émissions de polluants à la source. Les gaz à effet de serre participent au réchauffement climatique, tandis que les autres polluants, nombreux, ont des effets divers. Parmi ces derniers, on peut citer notamment : les oxydes d'azote, les particules de suie, les composés organiques volatils, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les dioxines et furanes et le monoxyde de carbone. La liste n'est pas complète et certains polluants sont en outre des précurseurs de nouvelles molécules.

Par conséquent, il est important de réglementer les systèmes de chauffage de manière à ce qu'une bonne combustion avec des systèmes performants permette de limiter les émissions atmosphériques.



Figure 3. : Exemple de vieille chaudière
Emission de CO₂: 13.500 kg/an



Figure 4. : Exemple de chaudière moderne
Emission de CO₂: 9.500 kg/an
→ réduction d'émission de 30 % !



Figure 5. : Vieille chaudière → NO_x = 7 kg/an



Figure 6. : Nouvelle chaudière → NO_x = 1,5 kg/an
→ réduction d'émission de 80%.

Ce diagnostic approfondi du système de chauffage n'est pas à minimiser ni à mettre en concurrence avec :

- les recommandations portant sur le bâti, comme, par exemple, le renforcement de l'isolation thermique, un meilleur contrôle de la ventilation, etc. ;
- les recommandations portant sur les comportements des utilisateurs du bâtiment.

Les recommandations émises au terme du diagnostic approfondi sont complémentaires à ces autres recommandations.

Les améliorations possibles de l'installation entraînent plusieurs effets bénéfiques, à savoir :

- Réduire la dépense financière de l'utilisateur : Parvenir à diminuer sa consommation d'énergie, c'est bien sûr diminuer sa facture d'énergie et donc ses dépenses. En résulteront autant d'euros engrangés à investir dans d'autres mesures d'Utilisation Rationnelle de l'Energie (URE) ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) : Les émissions de ces GES en relation avec l'activité humaine est une des causes aujourd'hui avérée intervenant dans le processus de changement climatique à l'échelle de la planète. Ce changement a une influence préjudiciable sur l'environnement naturel, la santé des populations et sur notre économie ;
- Limiter le recours aux combustibles fossiles : De nombreuses incertitudes planent quant à la disponibilité de ces ressources (rythme de déclin des gisements de pétrole et de gaz en fonction de leur maturité, évolution de la demande mondiale de produits pétroliers et gaziers, contexte politique vis-à-vis des pays producteurs, ...) et de cette disponibilité dépendra le prix.

CHAPITRE 2 : CONTEXTE GÉNÉRAL

1. OBJECTIFS DE CE MANUEL

Les objectifs de ce manuel sont :

- expliquer l'intérêt d'une mission de diagnostic approfondi ;
- préciser l'étendue des systèmes de chauffage examinés ;
- préciser la méthode suivie ;
- expliquer comment préparer efficacement une visite de diagnostic approfondi ;
- expliquer comment utiliser l'outil « règle de calcul ».

NB : Ce manuel ne constitue pas uniquement un mode d'emploi de la règle de calcul.

2. BREFS RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

L'arrêté du Gouvernement wallon du 29 janvier 2009 tendant à prévenir la pollution atmosphérique provoquée par les installations de chauffage central destinées au chauffage de bâtiment ou à la production d'eau chaude sanitaire et à réduire leur consommation énergétique et ses modifications déterminent les obligations en matière de chauffage des propriétaires, des locataires ainsi que des professionnels habilités à intervenir sur ces systèmes de chauffage.

- Obligations du propriétaire de l'installation de chauffage central :

Afin de s'assurer du bon état de fonctionnement de l'installation de chauffage central, le propriétaire de celle-ci fait réaliser un diagnostic approfondi du système de chauffage central dans le cadre de l'inspection périodique du système de chauffage central.

Ce diagnostic approfondi est obligatoire lorsque la puissance nominale installée est supérieure à 20 kW. De plus, celui-ci ne doit pas être répété dès lorsqu'aucune modification n'a été apportée entre-temps au système de chauffage ou en ce qui concerne les exigences en matière de chauffage du bâtiment (suite à des travaux d'isolation de l'enveloppe ou dans le cas de la construction d'une extension chauffée avec l'installation de chauffage existante, par exemple).

Lorsqu'une telle modification a été apportée, le diagnostic approfondi est réalisé au plus tôt 2 ans après la modification, lors du premier acte de contrôle périodique qui suit cette période de 2 ans.

Le diagnostic approfondi relatif aux installations de chauffage central d'une puissance nominale utile supérieure à 20 kW et inférieure ou égale à 100kW, équipées d'un seul générateur de chaleur et alimentées en combustibles liquides ou gazeux est appelé diagnostic approfondi de type I.

Le diagnostic relatif à toutes les autres installations de chauffage central de plus de 20 kW est appelé diagnostic approfondi de type II.

Le technicien effectuant le diagnostic approfondi doit disposer d'un agrément en tant que technicien agréé en diagnostic approfondi :

- de type I pour les installations de chauffage central alimentées en combustibles liquides ou gazeux équipées d'un seul générateur de chaleur, dont la puissance nominale utile est supérieure à 20 kW et inférieure ou égale à 100 kW ;
- de type II dans les autres cas, tant que la puissance nominale utile est supérieure à 20 kW.

- Conditions d'agrément des techniciens agréés en diagnostic approfondi de type I :

Pour être agréé en tant que technicien en diagnostic approfondi de type I, toute personne doit répondre aux conditions suivantes :

1° : disposer d'un certificat d'aptitude valable en combustibles liquides ou en combustibles gazeux ;

2° : disposer d'un certificat d'aptitude valable en diagnostic approfondi de type I ;

3° : disposer du matériel dûment entretenu nécessaire aux contrôles relatifs au bon état de fonctionnement des installations ;

4° : exercer en qualité d'indépendant ou de salarié au sein d'une entreprise enregistrée auprès de la Banque carrefour des Entreprises ;

5° : lorsqu'il a une responsabilité dans la gestion de l'entreprise, exercer au sein d'une entreprise qui est en ordre d'accès à la profession, lorsque celui-ci est requis.

Si le demandeur est agréé en tant que technicien en combustibles liquides ou en combustibles gazeux, il ne doit plus démontrer que le respect de la condition visée au 2° lors de sa demande d'agrément auprès de l'AWAC (l'Agence wallonne pour l'Air et le Climat).

La procédure d'octroi d'agrément est détaillée sur le site internet de l'AWAC.

Type de professionnels habilités pour l'inspection périodique des systèmes de chauffage par actes et par type de système de chauffage		
Acte réglementaire	Système de chauffage	
	Type I	Type II
Contrôle périodique	Techniciens agréés en combustibles liquides ou gazeux (L, G1, G2)	
Diagnostic approfondi	Techniciens agréés en diagnostic approfondi de type I	Technicien agréé en diagnostic approfondi de type II

Dans ce syllabus, il est toujours sous-entendu que le terme technicien agréé en diagnostic approfondi est automatiquement de type I.

CHAPITRE 3 : EXPOSÉ GÉNÉRAL DE LA MÉTHODE

1. CONTRAINTES DE LA MÉTHODE

L'utilisateur et/ou le propriétaire d'une installation de chauffage central a, en général, relativement peu d'informations concernant le rendement global de son installation. En effet, le rendement d'un appareil de chauffage n'est pas uniquement dépendant de ses caractéristiques, mais aussi de la conception et de l'exécution de l'installation. L'unique information disponible est en général la facture d'énergie mais elle n'est pas toujours facile à interpréter.

Pour le gaz naturel, la consommation est facilement lisible sur la facture finale, mais cette consommation ne doit pas toujours être considérée dans sa totalité. En effet, si la production d'ECS est prise en charge par un appareil différent de la chaudière, il faut déduire la consommation liée à cette production. Les consommations des cuisinières ou d'autres appareils à gaz de ce type ne sont pas à prendre en considération.

Pour le fuel, la seule solution consiste à sommer les litres de fuel livrés sur les bordereaux de livraisons.

Pour le propane, deux possibilités existent :

- la livraison en vrac : il faut calculer la somme de toutes les livraisons en litres ;
- la livraison en bonbonnes de gaz : il faut multiplier la somme de toutes les bonbonnes avec le poids du gaz par bonbonne.

Un utilisateur peut donc difficilement estimer sa propre consommation et encore moins définir ce qui pourrait être amélioré ou quelles sont les économies possibles. Cette démarche nécessite un technicien en chauffage ou un expert en énergie.

La méthode à suivre doit permettre de réaliser le diagnostic approfondi :

- avec une collecte de données simples ;
- avec un outil de calcul simple ;
- dans un laps de temps limité.

Elle doit aussi permettre de fournir au propriétaire, des informations et des conseils clairs sur :

- l'efficacité énergétique de sa chaudière existante et son contrôle ;
- les possibilités d'amélioration de sa situation et les effets financiers de ceux-ci.

2. SYMBÔLES DES GRANDEURS PHYSIQUES INTERVENANTS DANS LA MÉTHODE DE DIAGNOSTIC DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE DE TYPE I

<u>Propriétés du gaz :</u>	
Gaz H _i	Consommation de gaz naturel en m ³ /an sur base du H _i (PCI)
Gaz H _s	Consommation de gaz naturel en m ³ /an sur base du H _s (PCS)
Gaz H _s	Consommation de gaz naturel en kWh/an, sur base du H _s (voir facture fournisseur)
G25	Gaz pauvre de Slochteren
G20	Gaz riche, Ekofisk, Algérien
Gaz naturel L	Gaz pauvre G25
Gaz naturel H	Gaz riche G20
m ³ (n)	1 m ³ de gaz à 101.325 Pa et à 0 °C

<u>Rendements :</u>	
η_{ro}	Rendement de combustion en % (« ro » = rookgasrendement)
$\eta_{p,init}$	Rendement annuel de production de la chaudière existante en %
$\eta_{p,nouveau}$	Rendement annuel de production de l'installation rénovée en %
<u>Déperditions :</u>	
a	Facteur de correction du coefficient de pertes à l'arrêt en %
D _{CS}	Pertes de chaleur sensible en %
α	Pertes à l'arrêt de l'appareil en %
<u>Fumées :</u>	
O ₂	Taux d'oxygène en % volume
CO ₂	Taux de dioxyde de carbone en % volume
CO	Taux de monoxyde de carbone en ppm non dilué ou en mg/kWh
NO _x	Taux d'oxyde d'azote en mg/kWh
k	Constante de Siegert
<u>Températures :</u>	
T _g	Température des fumées en °C
T _{ac}	Température de l'air comburant en °C
T _{ch}	Température de l'eau de chaudière en °C
T _e	Température moyenne de l'eau de chaudière en °C
T _{amb}	Température ambiante en °C
Θ	Différence T _w – T _{amb} en °C
θ_n	Valeur nominale de θ , ou pour l'air à 20°C = 50 °C
Δ	Différence entre la température de flamme et T _w – T _{amb} en °C
Δ_n	Valeur nominale de Δ , ou $\Delta_n = 950$ °C
<u>Puissance :</u>	
Q _n	Débit calorifique en kW (charge thermique de la chaudière)
P _n	Puissance nominale utile en kW (puissance de la chaudière)
H _i	Pouvoir calorifique inférieur du combustible en MJ/m ³ (n)
H _s	Pouvoir calorifique supérieur du combustible en MJ/m ³ (n)
b	Facteur de charge de la chaudière = nombre d'heures de fonctionnement par rapport au nombre d'heures de la saison de chauffe
b_{min}	Valeur minimale du facteur de charge b de la chaudière = 5 %

Remarque :

Ces symboles sont ceux utilisés sur la règle à calcul. Certains sont en néerlandais. Ils ne sont pas traduits dans ce syllabus pour rester cohérent.

3. LES ÉTAPES D'UN DIAGNOSTIC APPROFONDI DE TYPE I

La méthode du diagnostic approfondi comprend les étapes suivantes :

- 1) détermination du rendement moyen de production de chaleur actuel, c'est-à-dire de l'unique chaudière existante en service ;
- 2) détermination du rendement moyen d'une chaudière moderne performante ;
- 3) détermination de la différence de consommation d'énergie et de combustible entre la situation existante et la nouvelle situation projetée, c'est-à-dire celle correspondant au renouvellement de la chaudière ;
- 4) détermination du gain financier pour l'utilisateur du chauffage consécutive à la diminution de la consommation de combustible ;
- 5) identification d'améliorations possibles sur l'installation de chauffage autres que le renouvellement de la chaudière ;
- 6) répondre aux 7 questions à destination du certificateur PEB ;
- 7) rédaction d'un rapport de diagnostic approfondi à l'usage du demandeur ;
- 8) remise du rapport signé au demandeur ;
- 9) expliquer sommairement et oralement les conclusions de ce rapport au demandeur ;
- 10) répondre aux questions du demandeur.

CHAPITRE 4 :

RÉALISATION DU DIAGNOSTIC APPROFONDI DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE DE TYPE I

1. MARCHE À SUIVRE POUR RÉALISER LE DIAGNOSTIC APPROFONDI DES SYSTÈMES DE TYPE I

Étapes à réaliser séquentiellement :

- étape 1 : consommation annuelle de combustible, en kWh ;
- étape 2 : puissance de la chaudière en kW ;
- étape 3 : facteur de charge « b » ;
- étape 4 : facteur de coefficient de perte à l'arrêt « a » [%] ;
- étape 5 : sélection du mode de régulation de la température de la chaudière ;
- étape 6 : facteur de charge « b_{cor} » ;
- étape 7 : rendement de combustion « η_{ro} » ;
- étape 8 : rendement annuel de production « η_p » ;
- étape 9 : choix de la nouvelle chaudière de remplacement ;
- étape 10 : accroissement du rendement annuel de production « $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ » [%] ;
- étape 11 : montant dépensé suivant la facture d'énergie annuelle [€] ;
- étape 12 : montant de l'économie annuelle estimée en €.

Marche à suivre pour la collecte des données :

Chercher l'année de fabrication de la chaudière sur sa plaque signalétique.

Regarder si la chaudière possède un label.

Pour les chaudières au mazout, y a-t-il un clapet d'air sur le brûleur ou un clapet de fumée ?

Pour les chaudières au gaz, s'agit-il d'une chaudière atmosphérique ouverte sans ventilateur ?

► **utiliser le tableau de droite pour déterminer le facteur de pertes à l'arrêt « a » [%].**

Chercher la consommation annuelle d'énergie à l'aide d'une facture.

La chaudière assure-t-elle la production d'eau chaude sanitaire ?

Aligner la consommation annuelle avec la flèche correspondante.

Chercher la puissance de la chaudière [kW] sur la plaque signalétique.

► **lire le facteur de charge annuel « b » [%] correspondant à la puissance.**

Quel est le mode de régulation du brûleur de la chaudière ?

Aligner la valeur du facteur « b » avec la flèche correspondante.

► **lire le facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%] dans cette fenêtre.**

Mesurer le rendement de combustion « η_{ro} » [%].

Aligner la valeur de « η_{ro} » avec la valeur du facteur « b ».

► **lire le rendement annuel de production « $\eta_{p,init}$ » [%] correspondant à « b_{cor} ».**

Déterminer quelle amélioration vous souhaitez réaliser sur l'installation.

Déterminer le nouveau rendement de production « $\eta_{p,nouveau}$ » [%] comme ci-dessus.

Calculer l'accroissement de rendement « $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ » [%].

Aligner la valeur de l'accroissement de rendement avec la flèche.

Quel est le montant de la facture de combustible [€] ?

► **lire l'estimation de l'économie annuelle [€].**

1 kcal/h = 1,163 W

PCS du propane : 7,28 kWh/l ou 13,84 kWh/kg ou 26,2 kWh/m³(n)

Figure 7. : Résumé de la marche à suivre

2. DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE PERTE À L'ARRÊT « a » [%] D'UNE CHAUDIÈRE

2.1. LES CARACTÉRISTIQUES INFLUENCANT LES PERTES À L'ARRÊT

Les caractéristiques principales de la chaudière et du brûleur déterminent les pertes de chaleur de la chaudière, exprimées par « a », c'est-à-dire le coefficient de perte à l'arrêt.

Le coefficient de pertes à l'arrêt « a » indique la quantité de chaleur perdue lorsque la chaudière est maintenue à température (par exemple, 70°C). Plus ce coefficient est grand, plus grandes sont les pertes et moins bon est le rendement.

Ces pertes de chaleur proviennent de :

- pertes à travers les parois de la chaudière ;
- pertes par balayage (convection) du foyer de la chaudière à l'arrêt.

Les influences les plus importantes sont :

L'année de fabrication de la chaudière :

Les chaudières anciennes, moins bien isolées que les chaudières modernes, se caractérisent par un coefficient de pertes à l'arrêt plus grand. Certaines valeurs de ce coefficient sont indiquées ci-dessous, pour diverses années de fabrication. Une analyse plus détaillée du type d'isolant recouvrant la chaudière et son mode de placement permettrait, bien entendu, d'établir des valeurs plus précises. Cela ne s'avère cependant pas nécessaire dans le cadre de notre approche simplifiée.

Clapets automatiques sur le brûleur ou dans les conduits de fumées :

Ces clapets empêcheront une perte par convection en se fermant à l'arrêt et en empêchant ainsi le transit d'air dans la chaudière (voir ci-dessous)

Le type de chaudière :

Par exemple, certaines chaudières atmosphériques sont constructivement très ouvertes et ont des pertes par tirage plus grandes que des chaudières modernes bien isolées et dont le brûleur est équipé d'un clapet de fermeture sur l'arrivée d'air (voir ci-dessous).



Figure 8. : Exemple extrême d'une vieille chaudière non isolée



Figure 9. : Exemple d'une chaudière moderne avec des parties chaudes isolées



Figure 10. : Exemple de chaudière atmosphérique raccordée en C13

2.2. MÉTHODE D'ATTRIBUTION DU COEFFICIENT DE PERTE À L'ARRÊT « a »

L'approche consiste soit :

- à identifier l'année de fabrication de la chaudière ;
- à déterminer le label de la chaudière ;
- à déterminer le type de chaudière et de brûleur et en déduire le facteur de correction du coefficient de perte à l'arrêt.

Pour appliquer cette formule à la règle de calcul, et compte tenu d'une série de mesures effectuées sur des installations dont les chaudières étaient représentatives du marché belge, on a pris les paramètres du tableau suivant et qui apparaissent aussi au verso de la règle de calcul.

→ lire le facteur de correction du coefficient de pertes à l'arrêt « a » [%] sur la règle de calcul.

Evaluation du facteur de pertes à l'arrêt des chaudières au mazout « a » [%]		
Année de fabrication	Sans clapet sur le brûleur ou de fumée	Avec clapet sur le brûleur ou de fumée
≤ 1969	3,3	3,1
1970 – 1979	2,3	2,1
1980 – 1989	1,5	1,3
> 1990 ou OPTIMAZ	1,1	0,9
Evaluation du facteur de pertes à l'arrêt des chaudières au gaz « a » [%]		
Année de fabrication	Chaudière atmosphérique ouverte	Chaudière fermée ou avec brûleur à air pulsé
≤ 1969	3,8	3
1970 – 1979	2,8	2
1980 – 1989	2,2	1,4
> 1990 ou HR ou HR+	1,5	0,7

2.2.1. Identifier l'année de fabrication de la chaudière d'après la plaque signalétique

Des plaques signalétiques « standard » existent depuis quelques années. Il se peut que cette plaque manque sur des chaudières à brûleur UNIT ou sur d'anciennes chaudières. D'autre part, il arrive que la plaque soit posée sous le manteau de la chaudière et qu'elle n'apparaisse donc que si le manteau est enlevé.

→ **NOTER L'ANNÉE DE FABRICATION DE LA CHAUDIÈRE**

Ci-dessous, quelques exemples de plaques signalétiques de chaudières :

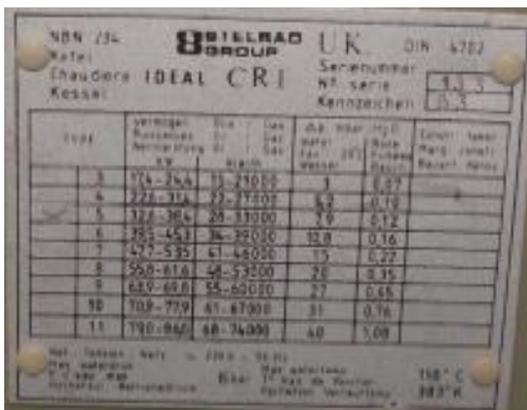


Figure 11. : Plaque signalétique chaudière fuel



Figure 12. : Exemple plaque signalétique



Figure 13. : Plaque signalétique chaudière fuel



Figure 14. : Plaque signalétique chaudière gaz



Figure 15. : Plaque signalétique chaudière gaz



Figure 16. : Plaque signalétique chaudière atmosphérique

2.2.2. Procédure en cas d'absence de la plaque signalétique

Si la plaque signalétique n'est pas présente, on considère que la chaudière appartient à la plus vieille des catégories, c'est-à-dire d'une année de fabrication datant d'avant 1970.

S'il n'y a pas de plaque signalétique, mais un label OPTIMAZ, AGB, ARGB-HR, HR+ ou HR-TOP ou CE, l'année de fabrication peut en être déduite (voir tableau ci-dessous).

→ **REGARDER SI UN LABEL EST PRESENT**

Un label est un accord volontaire entre les secteurs d'énergie et les fabricants.

Le label prouve que l'appareil est conforme à certaines exigences de rendement, de sécurité et de garantie commerciale.

Un label de qualité est une marque obligatoire apportée suivant les règles de contrôle officiels (par exemple, marquage CE).

Exemple :

Les labels Optimaz et Optimaz Elite répondent aux exigences de la dernière norme sur le rendement (AR de 1997) et sur les émissions non désirées (AR de 2004).

De plus, ce label exige que le fabricant ait un service après-vente et garantisse la livraison des pièces de rechanges durant 10 ans après la fin de la production.

Comment des labels aident-ils à déterminer l'année de fabrication de la chaudière ou la catégorie d'année de fabrication ?

Evaluation de l'année de fabrication de la chaudière si un label est présent	
Label / marque de qualité	Catégorie d'année de fabrication (si pas de plaque signalétique)
AGB	1970 – 1980
HR	≥ 1990
HR+ et HR-TOP	≥ 1990
OPTIMAZ (les 3 versions)	≥ 1990

Dans l'annexe 1, sont repris des informations supplémentaires concernant des labels ou des marques de qualité.

2.2.3. Identification des types de chaudières fonctionnant au fioul

Parmi les chaudières au fioul, on distingue les chaudières :

- « Avec clapet sur le brûleur ou de fumée » ;
- « Sans clapet sur le brûleur ou de fumée ».

Seuls les clapets automatiques sont pris en considération.



Figure 17. : Brûleur avec clapet d'économie mécanique automatique



Figure 18. : Brûleur avec clapet d'économie hydraulique automatique



Figure 19. : Clapet électrique automatique dans les conduits de fumées



Figure 20. : Brûleur avec clapet d'économie mécanique

2.2.4. Identification des types de chaudières fonctionnant au gaz

De manière générale, on distingue différentes catégories de chaudières gaz :

- Chaudières équipées d'un brûleur pulsé :
 - à une ou plusieurs allures ou modulant ;
- Chaudières Unit sans pré-mélange total (atmosphériques) :
 - à une ou plusieurs allures ou modulant ;
- Chaudières Unit avec pré-mélange total :
 - à une allure ou modulant ;

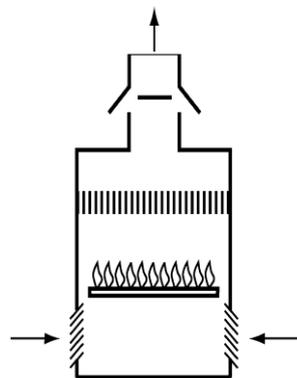
Ces chaudières peuvent être à condensation ou non.

Pour rappel, selon les normes de ventilation :

- Les chaudières installées en type Bxx sont considérées ouvertes (sur le local d'installation) ;
- Les chaudières installées en type Cxx sont considérées fermées (par rapport au bâtiment dans lequel elles sont installées).

Cependant, en ce qui concerne le facteur de correction du coefficient de pertes à l'arrêt « a », la méthode du diagnostic approfondi de type I demande de trier les chaudières gaz de la façon suivante :

- Les « **Chaudières atmosphériques ouvertes** » de type B1x avec coupe-tirage anti-refouleur (CTAR). Il s'agit des B11, B12, B13 et B14 ;
- Les autres chaudières, dites « **Chaudières fermées ou avec brûleur à air pulsé** » :
 - soit celles avec conduit d'amenée d'air étanche (venant de l'extérieur) de type C ;
 - soit celles avec petit ventilateur intégré pour une circulation d'air forcée ;
 - soit celles avec brûleur à air pulsé (monté sur la chaudière).



Type B₁₁

Figure 21. : Schéma de construction de chaudière atmosphérique gaz



Figure 22. : Chaudière avec coupe-tirage anti-refouleur



Figure 23. : Brûleur d'une chaudière atmosphérique gaz de type B11



Figure 24. : Chaudière atmosphérique de type B11 avec évacuation des fumées en cheminée



Figure 25. : Evacuation des fumées (raccordement cheminée non-conforme)



Figure 26. : Chaudière atmosphérique murale au gaz type B11 (raccordement cheminée non-conforme)



Figure 27. : Chaudière de type C1* avec arrivée d'air fermée



Figure 28. : Chaudière au gaz à arrivée d'air étanche (type C)



Figure 29. : Chaudière murale au gaz (type C)



Figure 30. : Appareil fermé (type C)



Figure 31. : Chaudière au gaz avec brûleur prémix

2.2.5. Exercices d'attribution du coefficient de pertes à l'arrêt « a » d'une chaudière

- 1) chaudière atmosphérique au gaz, pas de ventilateur, pas de plaque signalétique, label AGB présent ;
- 2) chaudière gaz, type C sur la plaque signalétique, année de fabrication 1989 ;
- 3) chaudière fuel, clapet automatique fumées présent, pas de plaque signalétique ;
- 4) chaudière fuel, incertain si clapet de fumées/brûleur présent, année de fabrication 1990.

Un tableau d'évaluation du « facteur de pertes à l'arrêt des chaudières » se trouve au dos de la règle de calcul :

Evaluation du facteur de pertes à l'arrêt des chaudières au mazout « a » [%]		
Année de fabrication	Sans clapet sur le brûleur ou de fumée	Avec clapet sur le brûleur ou de fumée
≤ 1969	3,3	3,1
1970 – 1979	2,3	2,1
1980 – 1989	1,5	1,3
> 1990 ou OPTIMAZ	1,1	0,9
Evaluation du facteur de pertes à l'arrêt des chaudières au gaz « a » [%]		
Année de fabrication	Chaudière atmosphérique ouverte	Chaudière fermée ou avec brûleur à air pulsé
≤ 1969	3,8	3
1970 – 1979	2,8	2
1980 – 1989	2,2	1,4
> 1990 ou HR ou HR+	1,5	0,7

Réponses :

1) pour une chaudière atmosphérique sans aucune caractéristique mais avec un label AGB, on choisit dans le tableau pour chaudières gaz un appareil datant d'après 1970.

- la valeur « a » = 2,8.

2) pour une chaudière gaz (de type C) datant de 1989, on choisit également dans le tableau des chaudières gaz, la valeur « a » pour une année de construction comprise entre 1980 et 1990.

- la valeur « a » = 1,4.

3) pour une chaudière fioul, sans aucune caractéristique, mais équipée d'un clapet d'air économiseur automatique, on choisit dans le tableau des chaudières fuel le facteur de correction du coefficient de pertes à l'arrêt « a » pour un appareil construit avant 1970 avec clapet sur le brûleur.

- la valeur « a » = 3,1.

4) pour une chaudière fioul datant de 1990, dont la présence d'un clapet économiseur sur le brûleur ou dans le conduit de fumée ne peut être prouvée, on choisit l'option « sans clapet ».

- la valeur « a » = 1,1.

2.2.6. RECAPITULATIF

Chercher l'année de fabrication de la chaudière sur la plaque signalétique.

Regarder si un label est présent.

Dans le cas de chaudières fuel : y a-t-il un clapet sur le brûleur ou dans le conduit de fumées ?

Dans le cas de chaudières gaz : est-ce une chaudière ouverte atmosphérique sans ventilateur ?

Utiliser le tableau de la règle de calcul pour déterminer la valeur du paramètre « a » [%].

3. DÉTERMINATION DU FACTEUR DE CHARGE « b » [%] D'UNE CHAUDIÈRE

3.1. DÉFINITION DU FACTEUR DE CHARGE

Le facteur de charge annuel « b » d'une chaudière indique :

- Combien de temps le brûleur fonctionne effectivement pendant la saison de chauffe : plus longtemps le brûleur fonctionne, plus grand est le facteur de charge annuel « b » ;
- Le surdimensionnement de la puissance de la chaudière ou du brûleur : plus la chaudière ou le brûleur est surdimensionné, plus petit est le facteur de charge annuel « b ».

Si le facteur de charge annuel « b » indique les heures de fonctionnement, le reste du temps la chaudière est à l'arrêt, durée pendant laquelle la chaudière subit des pertes (voir facteur de pertes à l'arrêt « a »). Il est donc important de limiter le nombre d'heures à l'arrêt et de privilégier un grand nombre d'heures de fonctionnement de la chaudière afin de favoriser un facteur de charge annuel élevé. L'optimum est un facteur de charge annuel « b » au-delà de 20%.

Exemple :

- Installation de l'année 2006 ;
- Heures de fonctionnement : 799 heures ;
- Facteur de charge moyen = 9,1 %.

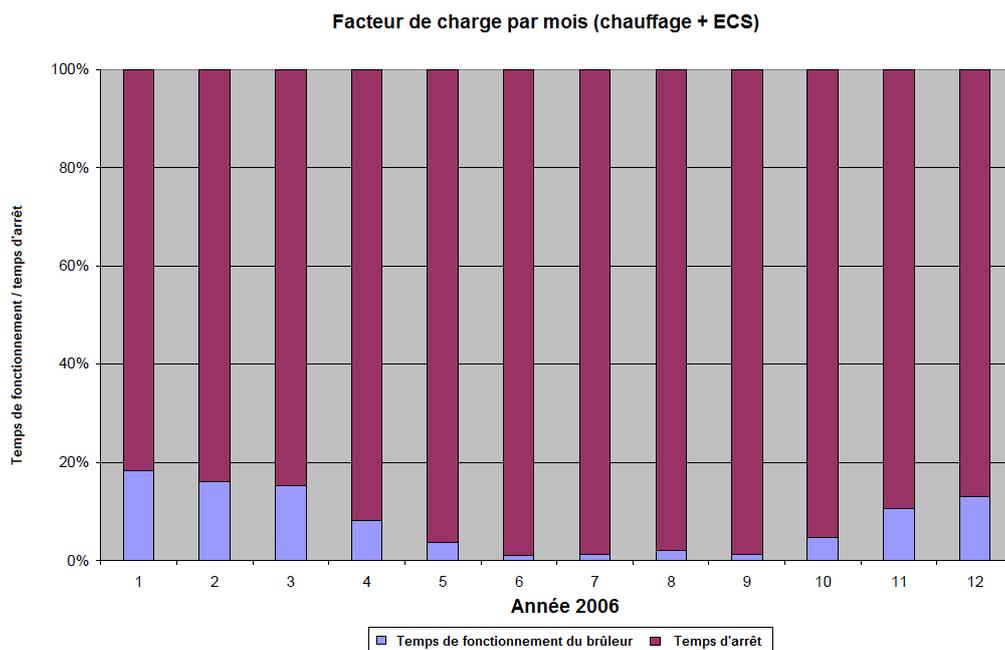


Figure 32. : Evolution mensuelle de la charge d'une chaudière

Le facteur de charge annuel « **b** » dépend de :

- **la puissance installée chaudière/brûleur** : plus la puissance est grande, moins le brûleur doit fonctionner pour la même production de chaleur et, donc, le facteur de charge est plus petit ;
- **la consommation d'énergie de la maison** : plus la consommation d'énergie est grande, plus le brûleur doit fonctionner longtemps et, donc, le facteur de charge est plus grand ;
- **la saison de chauffe** : garder la chaudière allumée même pendant très peu d'heures de fonctionnement pour la production d'eau chaude en été fait baisser le facteur annuel moyen de charge.

Le facteur de charge annuel « **b** » est déterminé avec la règle de calcul en déplaçant correctement :

- la consommation annuelle d'énergie ;
- la puissance de la chaudière.

→ il convient de lire ainsi le facteur de charge « **b** », **en tenant compte des traits de rappel** verticaux « sans production d'ECS » et « avec production d'ECS ».

Si l'on trouve « **b** » en dessous de 5% avec l'aide de la règle de calcul, on utilise la valeur minimale « **b_{min}** » = 5 % ; un facteur de charge en dessous de 5% peut se rencontrer dans le cas d'appartements.

Exemples :

Chaudière 1 :

Chaudière allumée été et hiver ou 8.760 heures/an (pour assurer la production d'ECS).
Puissance chaudière gaz : 30 kW
Consommation d'énergie : 40.000 kWh PCS de gaz/an
Facteur de charge lu sur la règle de calcul = 13,70 %
Nombre d'heures brûleur par an = 1.200 h
Nombre d'heures à l'arrêt par an = 7.560 h

Chaudière 2 :

Chaudière allumée été et hiver ou 8.760 heures/an (pour assurer la production d'ECS).
Puissance chaudière gaz : 60 kW
Consommation d'énergie : 40.000 kWh PCS de gaz/an
Facteur de charge lu sur la règle de calcul = 6,85 %
Nombre d'heures brûleur par an = 600 h
Nombre d'heures à l'arrêt par an = 8.160 h

Chaudière 3 :

Chaudière allumée été et hiver ou 8.760 heures/an (pour assurer la production d'ECS).
Puissance chaudière 28 kW
Consommation d'énergie : 10.000 kWh PCS de gaz/an
Facteur de charge lu sur la règle de calcul = 3,67 %
Nombre d'heures brûleur par an = 321 h
Nombre d'heures à l'arrêt par an = 8.439 h
Cette valeur de « **b** » est très basse et apparaît généralement dans des immeubles à appartements.
Pour la suite du calcul, il conviendra de prendre « **b_{min}** » = 5 % comme valeur du facteur de charge.

3.2. DÉTERMINATION DE LA CONSOMMATION ANNUELLE D'ÉNERGIE

3.2.1 Information préalable

Il est important que le client mette les factures d'énergie à disposition du technicien en diagnostic approfondi avant l'établissement du diagnostic.

3.2.2. Le combustible est du gaz naturel

A l'aide de la facture, la consommation en kWh peut être retrouvée :

- noter la consommation de gaz en kWh pour une période de 12 mois consécutifs, sommer éventuellement plusieurs factures, s'il y a plusieurs fournisseurs ;
- si l'ECS est produite par un appareil à gaz séparé de la chaudière (un chauffe-eau ou un boiler avec son propre brûleur), on déduit de cette consommation « brute » une estimation de la consommation liée à la production d'ECS, en fonction du nombre d'utilisateurs (voir le tableau ci-dessous).
Exemple : une consommation annuelle de gaz de 20.000 kWh et la chaudière ne produit pas de l'eau chaude sanitaire pour 2 personnes → 20.000 – 2.500 kWh/an = 17.500 kWh/an ;
- les consommations des cuisinières ou d'autres appareils à gaz de ce type ne sont pas à déduire.

Evaluation de la consommation propre à l'ECS (produite avec un appareil à gaz séparé)	
Nombre d'habitants	Consommation d'ECS par appartement, (kWh/an)
< 3 habitants	2.500
3 – 4 habitants	4.200
> 4 habitants	5.500

3.2.3. Le combustible est du fioul

Une consommation moyenne peut être obtenue à partir de la consommation des 3 dernières années.

Exemple : données de factures

- livraison le 20.01.2003 : 2.500 l ;
- livraison le 15.06.2004 : 3.500 l ;
- livraison le 30.02.2005 : 2.000 l ;
- livraison le 01.12.2005 : 2.200 l ;
- nombre de mois arrondi entre 20.01.2003 et 01.12.2005 = 34.

Moyenne annuelle = $[(3500 + 2000 + 2200)/34] \times 12 = 2718 \text{ l}$

3.2.4. Le combustible est du propane

Comme pour le fioul, une consommation moyenne peut être obtenue à partir de la consommation des 3 dernières années.

- si l'ECS est produite indépendamment de la chaudière (par exemple, via un chauffe-eau indépendant ou un boiler avec son propre brûleur) : on déduit de cette consommation « brute » une estimation de la consommation liée à la production d'ECS, en fonction du nombre d'utilisateurs (voir le tableau ci-dessous).
Exemple : pour une famille de 2 personnes, on déduit 345 litres ;
- pour une consommation annuelle de gaz de 2.750 l/an → 2.750 l – 345 l/an = 2.405 l/an ;
- si l'on connaît la consommation en litre/an, déterminer la consommation en kWh/an en multipliant la consommation par 7,28 kWh/litre propane.
Exemple : 2.405 l/an x 7,28 kWh/l = ~17.510 kWh/an.

Evaluation de la consommation propre à l'ECS (produite avec un appareil au gaz propane séparé)	
Nombre d'habitants	Consommation d'ECS par appartement, (kWh/an)
< 3 habitants	345 litres/an ou 2.500 kWh/an
3 – 4 habitants	580 litres/an ou 4.200 kWh/an
> 4 habitants	755 litres/an ou 5.500 kWh/an

3.2.5. Traitement en l'absence de données de consommation

Que faire s'il n'y a pas de données de factures ou de livraisons ?

S'il n'y a pas de factures de la consommation d'énergie ou si celles-ci ne contiennent pas assez d'informations pour déterminer la consommation d'énergie, on convient de prendre un facteur de charge « **b** » égal à 10%.

3.2.6. Exercices de détermination de la consommation annuelle d'énergie

Exercice 1 : déterminer la consommation annuelle d'énergie d'une chaudière gaz avec les données suivantes :

- consommation du 20/06/2006 au 20/12/2006 : 15.000 kWh ;
- consommation du 20/12/2006 au 20/03/2007 : 7.000 kWh ;
- consommation du 20/03/2007 au 20/06/2007 : 3.000 kWh ;
- il y a un boiler pour l'eau chaude sanitaire raccordé à la chaudière.

Exercice 2 : déterminer la consommation annuelle d'énergie d'une chaudière gaz propane avec les données suivantes :

1. Données de facturation :
 - livraison le 10.02.2004 : 1.750 l ;
 - livraison le 15.10.2004 : 1.500 l ;
 - livraison le 30.08.2005 : 1.400 l ;
 - livraison le 15.12.2005 : 1.550 l ;
 - livraison le 01.03.2006 : 1.450 l ;
 - livraison le 01.09.2006 : 800 l ;
 - livraison le 08.02.2007 : 2.000 l.
2. La famille compte 4 personnes et le boiler n'est pas lié à la chaudière.
3. Nombre de mois (arrondi) entre les 2 dates suivantes, 10.02.2004 et 08.02.2007 = 36 mois.

Réponse 1 : Consommation totale : $15.000 + 7.000 + 3.000 = 25.000$ kWh

Réponse 2 : Moyenne annuelle = $[(1500 + 1400 + 1550 + 1450 + 800 + 2000) \times 12/36] - 580 = 2320$ litre/an

La consommation en kWh devient : 2.320 (l) \times $7,28$ (kWh/l) = 16.890 kWh

3.2.7. RECAPITULATIF

Rechercher la consommation annuelle d'énergie dans les factures d'énergie.

La chaudière produit-elle l'ECS ?

3.3. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE D'UNE CHAUDIÈRE IN SITU

NB : pour standardiser la procédure, il faut utiliser sur la règle de calcul la puissance nominale utile (P_n) en régime 80/60 ou la puissance utile (P_u) s'il est possible de la déterminer, exprimée en kW (kilowatts).

3.3.1. Détermination de la puissance des chaudières au gaz

La puissance de la chaudière se trouve sur la plaque signalétique.

Vieilles chaudières :

Pour les vieilles chaudières, la puissance est exprimée en kcal/h. La conversion de kcal/h vers kW se fait au moyen de la formule suivante :

$$Q_n [W] = Q_n [kcal/h] \times 1,163 \left[\frac{Wh}{kcal} \right]$$

Exemple : 25.000 kcal/h = 25.000 x 1,163 = 29.075 W ou 29,1 kW

Chaudières gaz modernes :

Généralement, on distingue :

- **la charge nominale de la chaudière (Q_n)** : c'est la puissance brute maximale fournie par le brûleur à la chaudière. La plage de fonctionnement peut être mentionnée. Egalement appelée « débit calorifique ».
- **la puissance nominale utile (P_n)** : c'est la puissance utile délivrée par la chaudière au circuit de chauffage. Elle est plus petite que la charge nominale de la chaudière.
- On passe de l'une à l'autre à l'aide des formules : $P_n = Q_n \times 0,9 [kW]$ ou $P_u = Q_b \times 0,9 [kW]$
La valeur est parfois mentionnée en puissance calorifique inférieure (H_i) ou supérieure (H_s). Dans le cadre de cette méthode de calcul, c'est la **valeur inférieure qui est utilisée**.

Dans certains cas, la **puissance pour la production d'eau chaude sanitaire** est également mentionnée. On n'en tient pas compte dans l'évaluation.

3.3.2. Détermination de la puissance des chaudières au fioul

Méthode prioritaire :

Pour les chaudières fonctionnant au fioul, le technicien en diagnostic approfondi détermine la charge du brûleur (Q_b) par la lecture du débit du gicleur et la mesure de la pression de la pompe. La puissance de charge peut en être déterminée au moyen de la formule suivante :

$$Q_b = F \times Q1 \times \sqrt{P2/P1} \times PCI_{combustible}$$

Où :

Q_b = la charge du brûleur, (en kW) ;

F → brûleur avec préchauffage, $F = 0,9$;
→ brûleur sans préchauffage, $F = 1$;

$Q1$ = le débit du gicleur (1 US gallons /h = 3,78 litres/h) ;

$P1$ = la pression de référence pour la pompe, (7 bar) ;

$P2$ = la pression mesurée de la pompe, (en bar) ;

$PCI_{combustible}$ = le pouvoir calorifique inférieur qui vaut 10 kWh/litre pour le mazout.

Ces données se trouvent aussi sur l'attestation de contrôle périodique.

Cette charge calorifique doit être convertie en puissance utile : $P_u = Q_b \times 0,9$ [kW]

NB : Dans les exercices ci-dessous, on parle de puissance installée, de puissance utilisée, de puissance utile ou d'output.

Il s'agit de la P_u . Elle est toujours inférieure à la P_n qui, elle, exprime le maximum que la chaudière peut fournir.

Exemple 1 :

Un brûleur sans préchauffage, avec un gicleur de 1 gallon/h et une pression de pompe de 14 bar a une puissance de charge de :

$$Q_b = 1 \times 3,78 \times \sqrt{14/7} \times 10 = 1 \times 3,78 \times 1,4142 \times 10 = 53,0 \text{ kW}$$
$$P_u = Q_b \times 0,9 = 53 \times 0,9 = 47,7 \text{ kW}$$

Exemple 2 :

Un brûleur avec préchauffage, avec un gicleur de 1 gallon/h et une pression de pompe de 14 bar a une puissance de charge de :

$$Q_b = 0,9 \times 3,78 \times \sqrt{14/7} \times 10 = 0,9 \times 3,78 \times 1,4142 \times 10 = 47,7 \text{ kW}$$
$$P_u = Q_b \times 0,9 = 47,7 \times 0,9 = 42,9 \text{ kW}$$

Méthode d'ultime recours :

Si les données de pression de pompe et de débit mentionnées ci-dessus ne sont pas disponibles, la puissance est lue sur la plaque signalétique.

La puissance mentionnée sur la plaque signalétique est l'output (donc la puissance utile nominale). Il y a toutefois un intervalle indiqué dans lequel le technicien peut régler la puissance dépendant du besoin de l'installation.

Le technicien en diagnostic approfondi prendra donc, dans ce cas, la moyenne des 2 valeurs.

3.3.3. Exercice de détermination de la puissance de la chaudière

Exemple 1 :

Sur la plaque signalétique (avec puissance en kcal/h), on déduit la puissance en kW.

→ Puissance en kW = 35.000 kcal/h x 1,163 = 40.705 W ou 40,7 kW

Dans ce cas, une seule puissance est mentionnée sur la plaque signalétique.

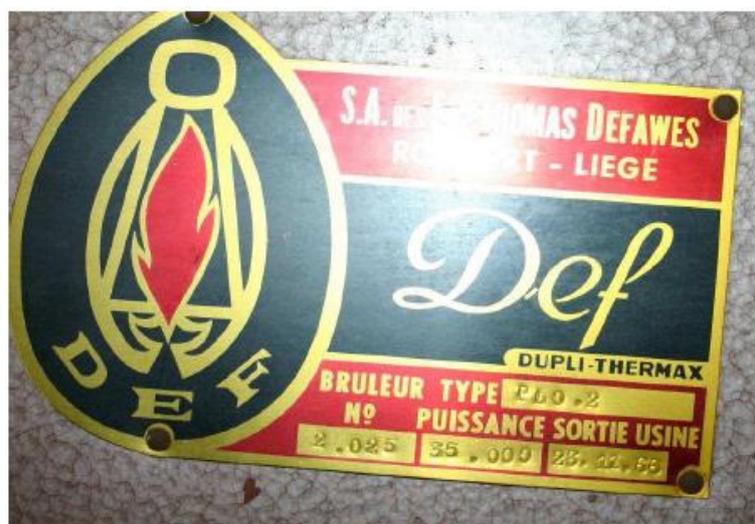


Figure 33. : Exemple de plaque signalétique

Exemple 2 :

Dans le cas d'une chaudière au fioul, avec un intervalle de puissances mentionné sur la plaque signalétique, il convient de prendre la valeur moyenne de cet intervalle pour déterminer la puissance de la chaudière.

→ Puissance en kW = (46 + 55) / 2 = 50,5 kW

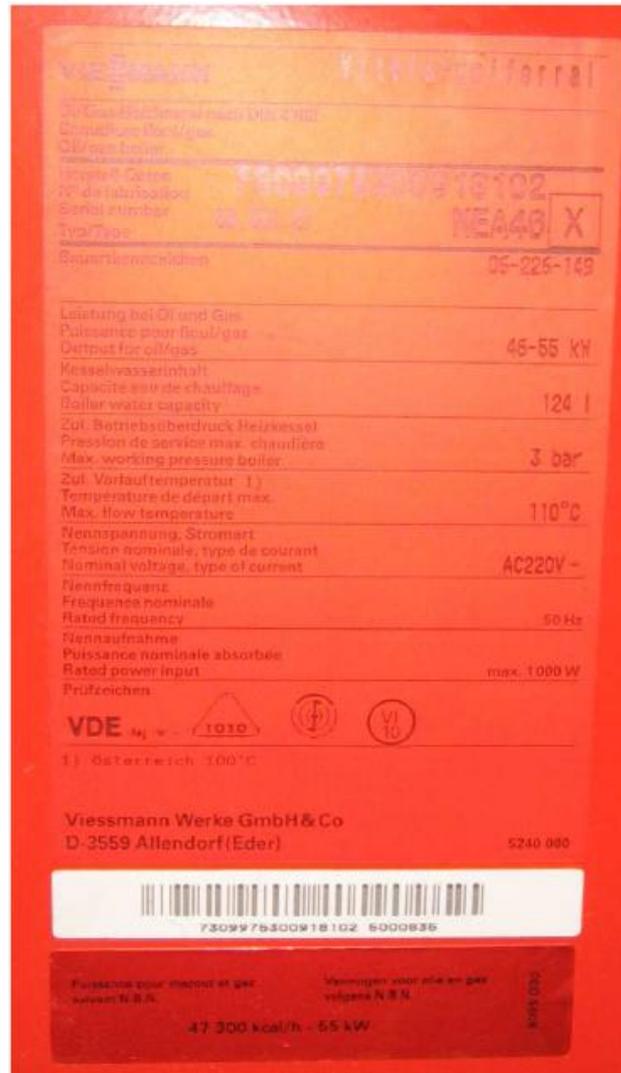


Figure 34. : Exemple de plaque signalétique

3.3.4. Exercices de détermination du facteur de charge annuel « b »

Exercice 1 :

Puissance installée = 40 kW ;
Consommation annuelle d'énergie (fioul) : 2.000 l.

Exercice 2 :

Puissance installée = 20 kW ;
Consommation annuelle d'énergie (gaz) : 20.000 kWh.

Exercice 3 :

Puissance installée = 80 kW ;
Consommation annuelle d'énergie (gaz propane) : 12.500 l.

Réponse 1 :

- avec production d'ECS : facteur de charge « **b** » = 5,7 % ;
- sans production d'ECS : facteur de charge « **b** » = 7,5 %.

Réponse 2 :

- avec production d'ECS : facteur de charge « **b** » = 10,3 % ;
- sans production d'ECS : facteur de charge « **b** » = 13,6 %.

Réponse 3 :

- détermination de la consommation en kWh/an : $12500 \times 7,28 = 91.000$ kWh/an ;
- avec production d'ECS : facteur de charge « **b** » = 13 % ;
- sans production d'ECS : facteur de charge « **b** » = 15,5 %.

4. INFLUENCE DU MODE DE RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DE CHAUDIÈRE REFLÉTÉ PAR LE FACTEUR DE CHARGE CORRIGÉ « **b_{cor}** » [%]

4.1. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU SUR LES PERTES DE CHALEUR

Une chaudière « ancienne » n'autorise pas une diminution trop importante de la température de l'eau pour 2 raisons essentielles :

- elle doit assurer la production d'ECS ;
- l'échangeur de chaleur est plus sensible à la corrosion à basse température et aux chocs thermiques.

La plupart des chaudières modernes permet une fluctuation de la température de l'eau en fonction de la demande en chaleur (température d'eau plus basse en automne et au printemps qu'en hiver). Il n'y a pas de limite basse de température de retour.

Attention : il s'agit de la température de la chaudière et non de la température dans les tuyaux qui peut parfois être plus basse (par l'utilisation de vannes 3 ou 4 voies).

Il est évident qu'une chaudière à température constante (par exemple, 70°C) sera plus sujette aux pertes qu'une chaudière dont la température de l'eau est adaptée à la demande en chaleur, suivant la saison. Plus la température moyenne de l'eau est élevée, plus les pertes seront grandes.

Exemple :

Une vieille chaudière mal isolée qui est maintenue à une température constante de 70°C grâce à un thermostat de chaudière (aquastat) perd 10.000 kWh par an.

Par contre, si cette chaudière est réglée par un thermostat d'ambiance, la température moyenne de l'eau de la chaudière diminue jusqu'à environ 45°C et les pertes baissent jusqu'à 9.000 kWh/an, ce qui représente une diminution de 10%.

D'où proviennent ces chiffres ?

Supposons une consommation annuelle de 25.000 kWh PCS de gaz pour une vieille chaudière de 30 kW datant de 1968. L'attestation de contrôle renseigne un rendement de combustion « η_{ro} » = 79 %.

A l'arrière de la règle de calcul, nous lisons le facteur de correction du coefficient de pertes à l'arrêt « **a** » = 3,8%.

Le facteur de charge de cette installation, sans production d'ECS = 11,4 %.

Le facteur de charge corrigé « **b_{cor}** » pour une chaudière qui fonctionne à haute température = 8,6 %.

Le rendement de production donne alors « η_p » = 59,6% (~ 60 %).

Avec ces mêmes données, pour une chaudière réglée par un thermostat d'ambiance, nous lisons : « **b_{cor}** » = 9,1%.

Le rendement de production « η_p » = 64 %.

Les pertes de chaleur, dans le cas de la chaudière maintenue à température constante :
 $25.000 \text{ kWh} \times 40\% = 10.000 \text{ kWh}$.

Par contre, les pertes de la chaudière réglée par un thermostat d'ambiance :
 $25.000 \text{ kWh} \times 36\% = 9.000 \text{ kWh}$.

L'économie d'énergie s'élève à 4% ou à 1.000 kWh par année.

→ il convient de lire sur la règle de calcul le facteur de charge corrigé « b_{cor} » qui correspond au coefficient de pertes à l'arrêt « a ».

NB : la valeur du rendement de combustion « η_{ro} » = 79 % est en dessous des valeurs minimales à respecter dans le cadre de la réception et du contrôle périodique.

4.2. MODES DE RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DE LA CHAUDIÈRE

Nous distinguons les régulations suivantes :

1. La chaudière est maintenue à température par un thermostat de chaudière. La température moyenne est de 65°C (par exemple). La chaudière est maintenue à température constante, si le brûleur est piloté en direct par le thermostat de chaudière.

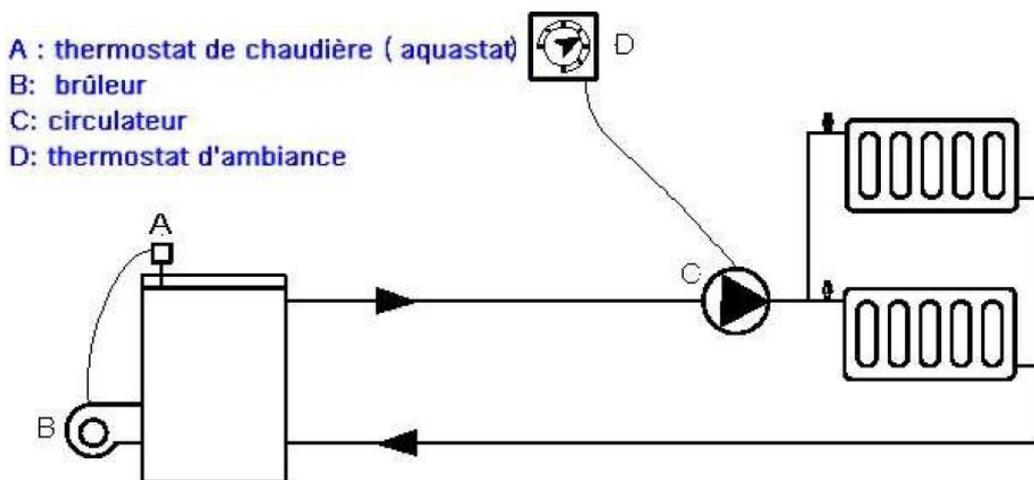


Figure 35. : Thermostat d'ambiance pilotant le circulateur

2. Le brûleur de la chaudière est réglé par le thermostat d'ambiance. La température moyenne de l'eau est de 45°C (par exemple). Le thermostat de chaudière fonctionne comme limite maximum de la température de l'eau de la chaudière.

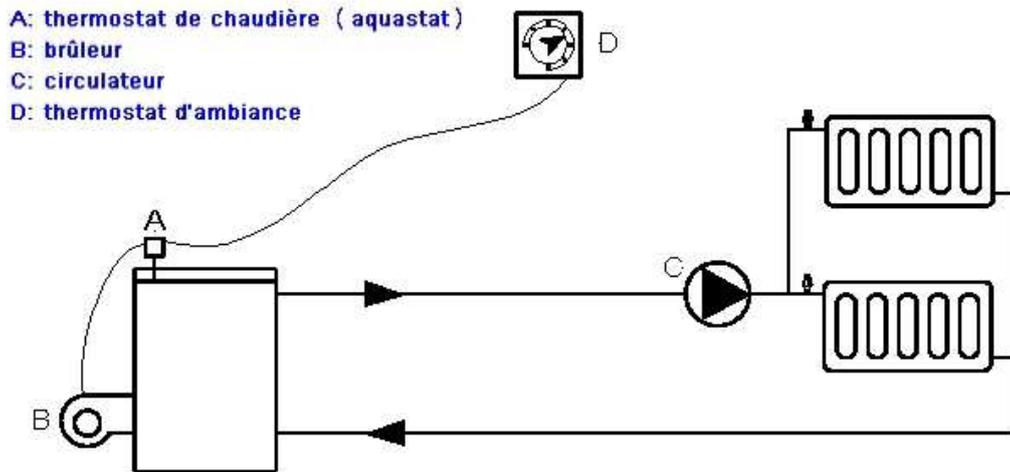


Figure 36. : Thermostat d'ambiance pilotant le brûleur

3. Le brûleur de la chaudière est réglé en direct, par la régulation avec sonde extérieure (35°C). La température de départ est comparée à la température de l'eau souhaitée, déterminée par la courbe de chauffe.

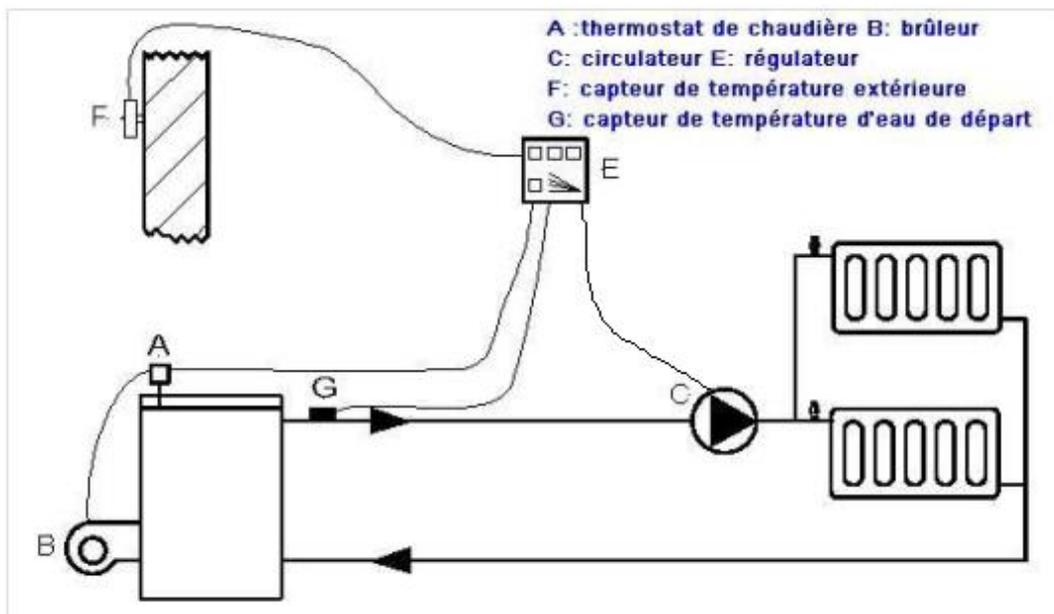


Figure 37. : Régulateur climatique pilotant le brûleur

4.3. EXERCICES DE DÉTERMINATION DU FACTEUR DE CHARGE CORRIGÉ « b_{cor} »

Exercice 1 : le thermostat d'ambiance commande le brûleur mais est mis à 30°C, il y a des vannes thermostatiques, le thermostat de chaudière est réglé à 70°C.

Déterminer le facteur de charge corrigé « b_{cor} » si « a » = 3,8% et « b » = 10%.

Exercice 2 : l'installation est équipée d'une sonde extérieure.

Déterminer le facteur de charge corrigé « b_{cor} » si « a » = 1,5% et « b » = 20%.

Réponse 1 : le facteur de charge « b_{cor} » = 7%.

Réponse 2 : le facteur de charge « b_{cor} » = 19,3%.

5. INFLUENCE DU RENDEMENT DE COMBUSTION « η_{ro} » [-]

5.1. DE QUOI DÉPEND LE RENDEMENT DE COMBUSTION ?

Le rendement de combustion dépend :

- **de la température des fumées** : plus les fumées sont chaudes, plus la température est haute et moins bon est le rendement de combustion. Un échange de chaleur diminué, par un échangeur de chaleur encrassé, va mener à une température des fumées plus haute ;
- **le pourcentage de CO₂ dans les fumées** : un excès d'air engendre dans les fumées une teneur plus basse en CO₂ et plus d'air comburant à chauffer. Cette situation mène à une diminution du rendement de combustion.

Le rendement de combustion est une mesure des pertes de chaleur évacuées dans les fumées chaudes pendant le fonctionnement du brûleur.

→ Au plus les pertes de chaleur par la cheminée sont élevées, au plus le rendement de combustion est bas.

Exemple 1 : Si la température nette des fumées = 300°C et la teneur en CO₂ = 12% pour du fioul, alors les pertes sont de 14,25% et le rendement de combustion est de 85,75%.

Exemple 2 : Si la température nette des fumées = 170°C et la teneur en CO₂ = 12% pour du fioul, alors les pertes sont de 8,08% et le rendement de combustion est de 92,92%.

5.2. MÉTHODE DE DÉTERMINATION DU RENDEMENT DE COMBUSTION « η_{ro} »

Trois situations sont possibles :

1. Situation normale.

Le diagnostic approfondi se fait à la suite du contrôle périodique.

→ utiliser la valeur mentionnée sur l'attestation de contrôle ;

2. Le diagnostic approfondi s'effectue à un autre moment que le contrôle périodique.

En Région wallonne, ceci est une situation qui ne devrait pas arriver en pratique.

Si l'intervalle de temps entre le dernier contrôle périodique et le diagnostic approfondi est supérieur à 1 mois, alors la détermination du rendement de combustion doit être réalisée par le technicien agréé en diagnostic approfondi lors de sa visite.

Si l'intervalle de temps entre le dernier contrôle périodique et le diagnostic approfondi est d'un mois au plus, alors les informations contenues dans la dernière attestation de contrôle périodique peuvent être reprises par le technicien agréé en diagnostic approfondi.

3. Dans le cas où la chaudière serait concernée par la dispense d'orifices de mesure, le rendement de combustion ne peut être déterminé in situ.

Dans ce cas, le diagnostic approfondi se limitera au calcul du facteur de charge et aux recommandations autres que celles pouvant être fournies sur base du calcul complet.

Un rapport de diagnostic approfondi devra tout de même être délivré. Sur la page 1, la valeur du rendement de production sera notée « ---- » et la case correspondante sera cochée « L'installation est concernée par l'exemption d'orifices de mesures : ».

6. RECOMMANDATIONS ET MESURES D'AMÉLIORATION

6.1. LISTE GUIDE DES RECOMMANDATIONS POUR LE SYSTÈME DE CHAUFFAGE CENTRAL

C'est la tâche du technicien agréé en diagnostic approfondi d'utiliser ses compétences pour proposer des solutions adéquates compatibles avec le lieu, en tenant compte des moyens de l'utilisateur.

On rencontrera ci-dessous, une liste de recommandations qui peuvent s'avérer pertinentes quand les circonstances de la seconde colonne sont rencontrées.

Recommandations principales pour le système de chauffage central + potentiel d'économie de chauffage (en se basant sur le calcul du nouveau rendement de production)			
N°	Recommandations :	→ dans les circonstances suivantes :	Impact de la recommandation sur l'évaluation du nouveau rendement de production à calculer
1	Réaliser un réglage et entretien de la chaudière et du brûleur	<ul style="list-style-type: none"> - dans le cas de chauffage central au mazout ou au gaz, si l'attestation de contrôle ne satisfait pas aux conditions réglementaires (obligatoires) ; - pas de remplacement du brûleur ou de la chaudière. 	<ul style="list-style-type: none"> - principalement sur le rendement de combustion « η_{ro} » ligne 8 ; - peut-être sur le facteur de charge pour une chaudière à air pulsé.
2	Remplacer le brûleur	<ul style="list-style-type: none"> - si l'âge du brûleur est > 15 ans ; - si chauffage central au mazout ou au gaz avec brûleur pulsé ; - pas de remplacement de la chaudière. 	<ul style="list-style-type: none"> - nouvelle valeur du facteur de pertes à l'arrêt « a » - verso règle (l'âge de la chaudière restant identique) ; - utiliser « a » modifié en ligne 9 ; - éventuellement, sur une nouvelle puissance de la chaudière (ligne 3) ; - sur le rendement de combustion « η_{ro} » ligne 8 réévalué à 90 %.
3	Remplacer la chaudière existante	<ul style="list-style-type: none"> - chauffage central avec un rendement de production « $\eta_{p,init}$ » < à 70 % ou si l'âge de la chaudière est > à 20 ans. 	<ul style="list-style-type: none"> - nouvelle valeur du rendement de production voir tableau p34.
4	Placer un clapet d'air sur le brûleur ou sur l'évacuation des fumées	<ul style="list-style-type: none"> - chaudière au mazout ou au gaz avec brûleur ventilateur ; - avec brûleur sans clapet d'air ; - sans clapet pour l'évacuation des fumées ; - pas de remplacement de la chaudière ou du brûleur. 	<ul style="list-style-type: none"> - nouvelle valeur du facteur de pertes à l'arrêt « a » - verso règle (l'âge de la chaudière restant identique) ; - utiliser « a » modifié en ligne 7.
5	Placer une régulation par thermostat d'ambiance	<ul style="list-style-type: none"> - pas de remplacement de la chaudière ou du brûleur ; - chaudière de chauffage central non à condensation et à température d'eau constante. Attention : ceci est uniquement possible lorsque la chaudière est à l'épreuve d'un fonctionnement à basse température. 	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser la fenêtre brûleur commandé par « thermostat d'ambiance » sur la règle lors de la lecture du facteur de charge corrigé (ligne 6) ; - les valeurs de « a » et « b » restent inchangées (lignes 5 et 7).
6	Placer une régulation par sonde extérieure	<ul style="list-style-type: none"> - pas de remplacement de la chaudière ou du brûleur ; - chaudière de chauffage central qui est actuellement réglée à température constante ou via un thermostat d'ambiance. Attention : ceci est uniquement possible lorsque la chaudière est à l'épreuve d'un fonctionnement à basse température. Autrement, il faut ajouter une vanne 3 ou 4 voies réglée. 	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser la fenêtre brûleur commandé par « sonde extérieure » sur la règle lors de la lecture du facteur de charge corrigé (ligne 6) ; - les valeurs de « a » et « b » restent inchangées (lignes 5 et 7).

Recommandations complémentaires pour le système de chauffage central

- Abaissement manuel de la température de la chaudière (aquastat) selon les saisons ;
- Si cela s'avère nécessaire, corriger la courbe de chauffe active dans un régulateur climatique, t° eau = fonction (t° extérieure) ;
- Placer du calorifugeage sur les conduites (d'eau et d'air) non isolées dans les espaces non chauffés ;
- Si la technologie le permet, remplacer les pompes de circulation fonctionnant de manière continue par un dispositif à fonctionnement intermittent ou à vitesse variable ;
- Pour toute pompe de circulation, s'assurer que le sélecteur n'est pas en position III ou, pour une chaudière murale, s'assurer que la régulation permet « l'auto-sélection de vitesse », le cas échéant ;
- Instaurer un ralenti d'absence et nocturne : diminuer les consignes de température (1°C = réduction de 5 à 8 % de la consommation actuelle, selon l'inertie thermique et pendant la durée des périodes de ralenti) ;
- Placer une vanne 3 voies mélangeuse (si possible motorisée et commandée par la régulation) si la chaudière en est dépourvue et maintenue à température constante ;
- En présence de radiateurs adossés à un mur non isolé, placer une feuille réfléchissante (potentiel d'économie d'énergie = 0,5 à 2 % d'économie dépendant de la surface des radiateurs concernés) ;
- En présence de radiateurs adossés à un vitrage, remplacer celui-ci par une allège opaque thermiquement isolée (potentiel d'économie d'énergie = 3 à 9 % de la consommation d'énergie du chauffage du local concerné) ;
- Remplacer les robinets manuels des radiateurs par des robinets thermostatiques, compte tenu de la présence éventuelle d'un thermostat d'ambiance (économie de 3 à 4 %) ;
-

Recommandations relatives à la sécurité pour le système de chauffage central <small>(ces recommandations n'ont pas d'impact quantifiable sur le nouveau rendement de production à calculer. Par contre, ces recommandations sont à renseigner en vue d'une meilleure sécurité pour les occupants du bâtiment où se trouve la chaudière)</small>	→ dans les circonstances suivantes :
<input type="checkbox"/> Réaliser des ouvertures d'amenée et d'évacuation d'air dans le local de chauffe si celles-ci sont absentes ou jugées insuffisantes. Dimensions à atteindre en aménée d'air : en évacuation d'air :	Quand il n'y a pas de sections d'amenées et d'évacuations d'air suffisantes dans le local de chauffe.
<input type="checkbox"/> Placer un conduit en inox dans la cheminée et un régulateur de tirage.	Quand il y a des traces de condensation dans les fumées (hors de la chaudière).
<input type="checkbox"/> Rehausser le débouché de la cheminée.	Quand la hauteur de la cheminée dépassant du toit est < 0,5 m.
<input type="checkbox"/> Placer un coupe-tirage anti-refouleur statique sur le débouché de cheminée.	Quand la hauteur de la cheminée dépassant du toit est comprise entre 0,5 m et 1 m.
<input type="checkbox"/>	

6.2. LE RENDEMENT DE PRODUCTION APRÈS RÉNOVATION ET POTENTIEL D'ÉCONOMIE

Définir le nouveau rendement de production en fonction des solutions choisies et calculer l'augmentation de rendement « $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ » = [%]

6.3. EXERCICES DE DÉTERMINATION D'UN NOUVEAU RENDEMENT DE PRODUCTION

Exercice n°1 :

Le rendement de production d'une installation existante, avec radiateurs, est de 65,8%.
On propose de remplacer la chaudière par une chaudière à condensation au gaz avec régulation en fonction de la température extérieure. Déterminer l'augmentation de rendement.

Exercice n°2 :

Une installation existante a un rendement de combustion de 87,8% et un rendement de production de 80,5%.

On propose de fixer l'apport d'air dans la chaufferie, de régler l'étanchéité de la cheminée et d'effectuer un entretien et réglage du brûleur/de la chaudière. Le nouveau rendement de combustion est de 90%.
Déterminer l'augmentation de rendement.

Exercice n°3 :

Le rendement de combustion d'une installation de 21 ans est de 82% avec un rendement de production de 76%. En remplaçant le brûleur au mazout, le nouveau rendement de combustion a augmenté jusqu'à 90%.
Par conséquent, le nouveau rendement de production « $\eta_{p,nouveau}$ » est égal à 85%.

Exercice n°4 :

Une installation existante, qui fonctionne à température constante (70°C), est adaptée et munie d'un thermostat d'ambiance avec horloge hebdomadaire. Le rendement de production initial est égal à 73%.
Après placement du thermostat d'ambiance à horloge, le nouveau rendement de production est égal à 77%.

Réponse 1 :

Pour un appareil à condensation au gaz, nous lisons dans le tableau que le « $\eta_{p,nouveau}$ » est égal à 102%.
L'augmentation de rendement de production vaut donc $102 - 65,8 = 36,2\%$.

Réponse 2 :

Fixer l'apport d'air dans la chaufferie et étanchéfier la cheminée sont des travaux qui n'ont pas directement une influence sur le rendement.

Le nouveau rendement de production, sans modification des paramètres « **a** », « **b** » et « **b_{cor}** » est égal à « $\eta_{p,nouveau}$ » = 83%.

On trouve cette valeur en alignant une valeur « **b** » choisie arbitrairement (disons 15 %) avec un rendement de combustion de 87,8% à la ligne 9 de la règle de calcul. Ensuite, on peut regarder les lignes 10 et 11 et déterminer la valeur « **b_{cor}** » correspondante en vis-à-vis de 80,5% (soit, dans ce cas-ci, 13,7%).

Enfin, on peut utiliser ces valeurs « **b** » et « **b_{cor}** » pour déterminer le « $\eta_{p,nouveau}$ » à partir du nouveau rendement de combustion de 90%.

L'augmentation de rendement de production vaut ainsi $83 - 80,5 = 2,5\%$.

Réponse 3 :

L'augmentation de rendement de production est de $85 - 76 = 9\%$.

Réponse 4 :

L'augmentation de rendement de production est de $77 - 73 = 4\%$.

6.4.1 Méthode

L'économie annuelle estimée est dépendante à la fois :

- de l'augmentation de rendement ;
- de la consommation d'énergie ;
- du prix actuel du combustible.

L'économie annuelle estimée en EUR est égal à la différence en rendement multiplié par la consommation d'énergie en EUR.

**Lire sur la règle de calcul (ligne 14) l'économie annuelle estimée en EUR [€].
Si on se trouve hors de la règle, on calcule soi-même l'économie**

NB : la réalisation de cette économie dépend également fortement du comportement de l'utilisateur.

6.4.2 Considérations sur les prix des combustibles

Pour cela, le technicien en diagnostic approfondi doit d'abord déterminer le montant des dépenses en se basant sur le prix courant des combustibles.

Comme les prix fluctuent fortement, il est recommandé de déterminer l'économie estimée en utilisant les derniers prix officiels.

En janvier 2013, le prix du mazout était de 0,8832 EUR/litre.

Le prix moyen du gaz naturel était de 0,0625 EUR/kWh.

Le prix moyen du gaz propane, à l'achat en vrac, était de 0,6872 EUR/litre ou de 0,0944 EUR/kWh.

Le technicien en diagnostic approfondi agréé déterminera lui-même la facture énergétique annuelle en multipliant la consommation annuelle d'énergie par le prix en vigueur du combustible.

A cet effet, il peut consulter, en autres, les organismes suivants :

Cedicol / Informazout : <http://www.informazout.be>

Le gouvernement fédéral: <http://economie.fgov.be>

6.4.3 Exemples :

Exercice n°1 :

Lors du remplacement d'une ancienne chaudière par un modèle à gaz à condensation, l'économie calculée à l'aide de la règle de calcul a été estimée à 32,2 %.

Avant le remplacement de l'appareil, la consommation d'énergie de cette installation était de 26.534 kWh par an.

Exercice n°2 :

Quelle est l'économie annuelle estimée procurée par l'entretien de l'installation ? (se baser sur les résultats de l'Exercice n°2 de la série précédente et sur une consommation annuelle de 2.900 litres de mazout).

Exercice n°3 :

Quelle est l'économie annuelle estimée si l'on remplace le brûleur au mazout ? (se baser sur les résultats de l'Exercice n°3 de la série précédente et sur une consommation annuelle de 2.414 litres de mazout).

Réponse n°1 :

La facture énergétique annuelle s'élevait donc à $26.534 \times 0,0625 \text{ EUR/kWh} = 1.658,375 \text{ EUR}$.

On détermine l'économie annuelle estimée en faisant glisser le curseur jusqu'à ce que la valeur de la hausse du rendement coïncide avec la flèche index et, ensuite, on lit en regard la valeur de la consommation annuelle d'énergie.

Dans cet exemple, l'économie annuelle estimée est d'environ 535 EUR.

Réponse n°2 :

La consommation de cette installation de chauffage est de 2.900 litres de mazout par an, la facture énergétique annuelle s'élève à $2.900 \times 0,8832 \text{ EUR/litre de mazout}$, soit 2.561,28 EUR.

L'économie d'énergie estimée est de 3,5 % (cf. Résultat de l'Exercice 2 de la série précédente).
Placer la valeur de la hausse du rendement (3,5 %) sous la flèche de référence et lire ensuite l'économie d'énergie estimée qui figure en regard de la valeur de 2.560 EUR.

Comme la valeur indiquée sort de l'échelle, le technicien agréé en diagnostic approfondi effectuera lui-même le calcul, à savoir : $2.561,28 \text{ EUR} \times 3,5 \%$ ou $2.561,28 \times 0,035 = 89,64 \text{ EUR}$.

On sait donc que l'entretien de cette installation au mazout peut rapporter une baisse de la consommation annuelle équivalant à environ 90 EUR.

Réponse n°3 :

La consommation annuelle de cette installation est de 2.414 litres, soit une facture énergétique de $2.414 \text{ litres} \times 0,8832 \text{ EUR /litre} = 2.132,04 \text{ EUR}$.

Le remplacement du brûleur a augmenté le rendement de 9 % (cf. Résultat de l'Exercice 3 de la série précédente).
Placez la valeur de la hausse du rendement (9 %) sous la flèche de référence et lisez ensuite l'économie d'énergie estimée qui figure en regard de la valeur de 2.132 EUR.

Elle est égale à environ 192 EUR par an.

CHAPITRE 5 :

LA RÈGLE DE CALCUL COMME INSTRUMENT DE CALCUL

1. PORTÉE DE LA RÈGLE DE CALCUL

La règle de calcul permet par glissement de la feuille interne d'obtenir la valeur des grandeurs suivantes :

1. facteur de charge « **b** » (grandeur intermédiaire) ;
2. facteur de charge « **b_{cor}** » (grandeur intermédiaire) ;
3. rendement moyen de production « **η_p** » (en %), (grandeur finale) ;
4. montant de l'économie annuelle estimée (en €/an), (grandeur finale).

2. HYPOTHÈSES INCLUSES DANS LA RÈGLE DE CALCUL

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%] :

Un tableau d'évaluation du « facteur de pertes à l'arrêt des chaudières » se trouve au dos de la règle de calcul. Voir également le tableau p15 ou p21.

Utilisation de la chaudière (h/an) :

<input type="radio"/> avec ECS	= 8.760 h/an
<input type="radio"/> sans ECS	= 6.600 h/an

Régulation de l'installation :

<input type="radio"/> température constante ~ 65°C
<input type="radio"/> avec thermostat d'ambiance, température moyenne de l'eau : 45°C
<input type="radio"/> avec régulation par sonde extérieure, température moyenne de l'eau : 35°C

3. PRÉSENTATION DE LA RÈGLE DE CALCUL

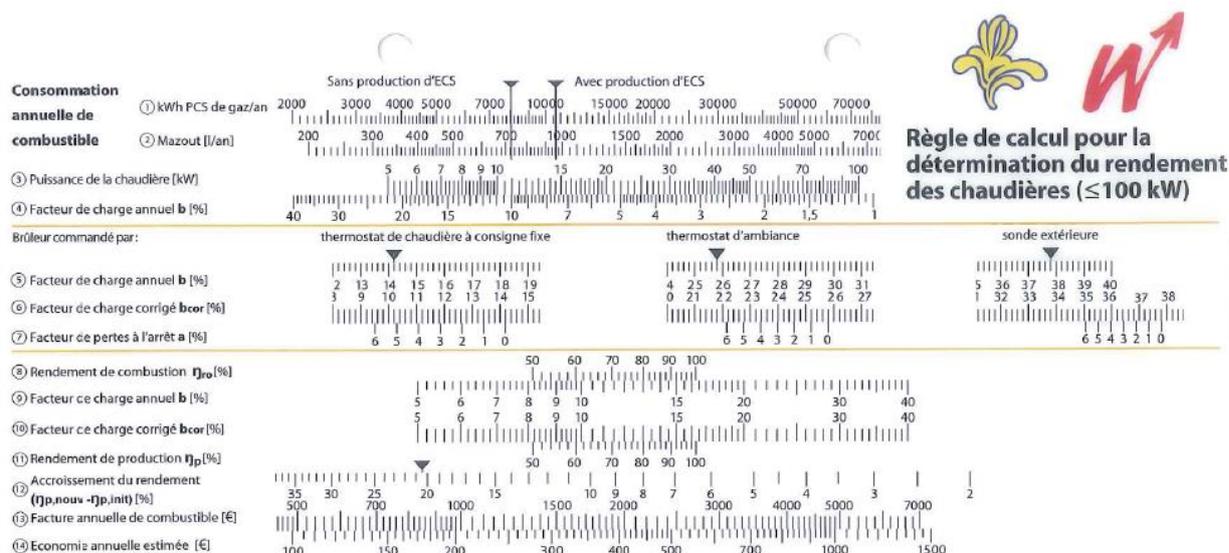


Figure 38. : Règle de calcul (recto) - Vue du recto

**Marche à suivre pour la collecte des données :**

Chercher l'année de fabrication de la chaudière sur sa plaque signalétique.
Regarder si la chaudière possède un label.
Pour les chaudières au mazout : y a-t-il un clapet d'air sur le brûleur ou un clapet de fumée ? Pour les chaudières au gaz : s'agit-il d'une chaudière atmosphérique ouverte sans ventilateur ?

→ **Utiliser le tableau de droite pour déterminer le facteur de pertes à l'arrêt a [%]**

Chercher la consommation annuelle d'énergie à l'aide d'une facture.

La chaudière assure-t-elle la production d'eau chaude sanitaire ?

Aligner la consommation annuelle avec la flèche correspondante.

Chercher la puissance de la chaudière [kW] sur sa plaque signalétique.

→ **Lire le facteur de charge annuel b [%] correspondant à la puissance.**

Quel est le mode de régulation du brûleur de la chaudière ?

Aligner la valeur du facteur b avec la flèche dans la fenêtre correspondante.

→ **Lire le facteur de charge corrigé b_{cor} [%] dans cette fenêtre.**

Mesurer le rendement de combustion η_{ro} [%].

Aligner la valeur de η_{ro} avec la valeur du facteur b.

→ **Lire le rendement annuel de production $\eta_{p,init}$ [%] correspondant à b_{cor}.**

Déterminer quelle amélioration vous souhaitez réaliser sur l'installation.

Déterminer le nouveau rendement de production $\eta_{p,neuw}$ [%] comme ci-dessus.

Calculer l'accroissement de rendement $\eta_{p,neuw} - \eta_{p,init}$ [%].

Aligner la valeur de l'accroissement de rendement avec la flèche.

Quel est le montant de la facture de combustible [€] ?

→ **Lire l'estimation de l'économie annuelle [€].**

1 kcal/h = 1,163 W PCS du propane : 7,28 kWh/l ou 13,84 kWh/kg

Evaluation du facteur de pertes à l'arrêt des chaudières au mazout a [%]

Année de fabrication	Sans clapet sur le brûleur ou de fumée	Avec clapet sur le brûleur ou de fumée
≤ 1969	3,3	3,1
1970 - 1979	2,3	2,1
1980 - 1989	1,5	1,3
> 1990 ou OPTIMAZ	1,1	0,9

Evaluation du facteur de pertes à l'arrêt des chaudières au gaz a [%]

Année de fabrication	Chaudière atmosphérique ouverte	Chaudière fermée ou avec brûleur à air pulsé
≤ 1969	3,8	3
1970 - 1979	2,8	2
1980 - 1989	2,2	1,4
> 1990 ou HR of HR+	1,5	0,7

Plus d'informations sur les primes pour les investissements économiseurs d'énergie :

Région de Bruxelles-Capitale : <http://www.bruxellesenvironnement.be>

Région wallonne : <http://energie.wallonie.be>

Figure 39. : Règle de calcul (verso) - Vue du Verso

4. HYPOTHÈSES DES RENDEMENTS DES NOUVELLES CHAUDIÈRES

Rendement de production des nouvelles chaudières « η_p » (%)		
	« η_p » pour une nouvelle chaudière non à condensation au gaz	« η_p » pour une nouvelle chaudière non à condensation au mazout
Nouvelle chaudière non à condensation à basse température	95	95
Mode de régulation de la chaudière à condensation	« η_p » pour une nouvelle chaudière à condensation au gaz	« η_p » pour une nouvelle chaudière à condensation au mazout
Thermostat de chaudière durant le jour, thermostat d'ambiance durant la nuit, pilotant le brûleur	97	97
Thermostat d'ambiance commandant le brûleur	99	98
Température glissante (sonde extérieure) commandant le brûleur sans chauffage au sol	102	99
Température glissante (sonde extérieure) commandant le brûleur avec chauffage au sol	105	100

5. UTILISATION DE LA RÈGLE DE CALCUL

Étapes à réaliser séquentiellement :

- étape 1 : consommation annuelle de combustible, en kWh ;
- étape 2 : puissance de la chaudière en kW ;
- étape 3 : facteur de charge « b » ;
- étape 4 : facteur de coefficient de perte à l'arrêt « a » [%] ;
- étape 5 : sélection du mode de régulation de la température de la chaudière ;
- étape 6 : facteur de charge « b_{cor} » ;
- étape 7 : rendement de combustion « η_{ro} » ;
- étape 8 : rendement annuel de production « η_p » ;
- étape 9 : choix de la nouvelle chaudière de remplacement ;
- étape 10 : accroissement de rendement « $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ » [%] ;
- étape 11 : montant dépensé suivant la facture d'énergie annuelle [€] ;
- étape 12 : montant de l'économie annuelle estimée en €.

Marche à suivre pour la collecte des données :

Chercher l'année de fabrication de la chaudière sur sa plaque signalétique.

Regarder si la chaudière possède un label.

Pour les chaudières au mazout, y a-t-il un clapet d'air sur le brûleur ou un clapet de fumée ?

Pour les chaudières au gaz, s'agit-il d'une chaudière atmosphérique ouverte sans ventilateur ?

► **utiliser le tableau de droite pour déterminer le facteur de pertes à l'arrêt « a » [%].**

Chercher la consommation annuelle d'énergie à l'aide d'une facture.

La chaudière assure-t-elle la production d'eau chaude sanitaire ?

Aligner la consommation annuelle avec la flèche correspondante.

Chercher la puissance de la chaudière [kW] sur la plaque signalétique.

► **lire le facteur de charge annuel « b » [%] correspondant à la puissance.**

Quel est le mode de régulation du brûleur de la chaudière ?

Aligner la valeur du facteur « b » avec la flèche correspondante.

► **lire le facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%] dans cette fenêtre.**

Mesurer le rendement de combustion « η_{ro} » [%].

Aligner la valeur de « η_{ro} » avec la valeur du facteur « b ».

► **lire le rendement annuel de production « $\eta_{p,init}$ » [%] correspondant à « b_{cor} ».**

Déterminer quelle amélioration vous souhaitez réaliser sur l'installation.

Déterminer le nouveau rendement de production « $\eta_{p,nouveau}$ » [%] comme ci-dessus.

Calculer l'accroissement de rendement « $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ » [%].

Aligner la valeur de l'accroissement de rendement avec la flèche.

Quel est le montant de la facture de combustible [€] ?

► **lire l'estimation de l'économie annuelle [€].**

1 kcal/h = 1,163 W

PCS du propane : 7,28 kWh/l ou 13,84 kWh/kg

Figure 40. : Résumé de la marche à suivre

6. EXEMPLE D'UTILISATION DE LA RÈGLE DE CALCUL

- Une chaudière gaz atmosphérique de 30 kW de 1975 comprenant la préparation d'ECS dont la consommation annuelle s'élève à 40.000 kWh PCS/an, régulée par thermostat fixe (aquastat).
- Rendement de combustion mesuré in situ « η_{ro} » = 82 %
- Facture gaz: 2.456 €/an

Etape 1 : consommation annuelle de combustible ; C = 40.000 kWh.

Etape 2 : puissance de la chaudière ; P = 30 kW.

Etape 3 : facteur de charge « **b** » : lire sur la ligne n°4 de la règle de calcul selon la figure suivante :

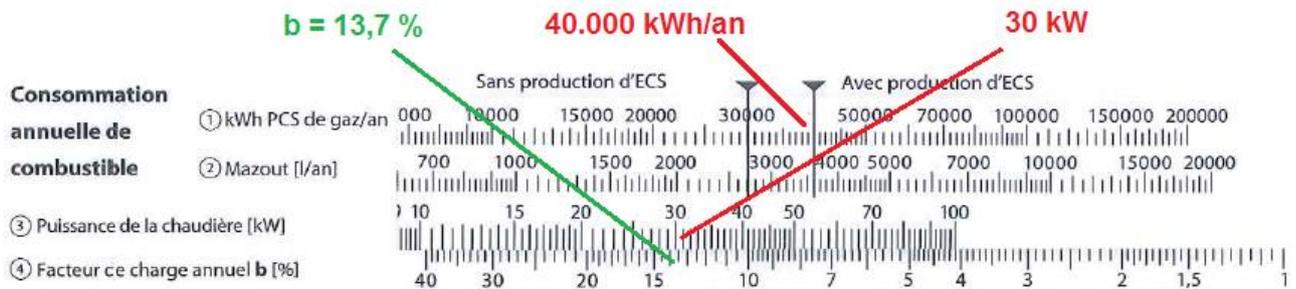


Figure 41. : Etapes 1, 2 et 3

Etape 4 : facteur de coefficient de perte à l'arrêt « **a** » : lire sur le verso de la règle de calcul selon la figure suivante :

Evaluation du facteur de pertes à l'arrêt des chaudières au gaz **a** [%]

Année de fabrication	Chaudière atmosphérique ouverte	Chaudière fermée ou avec brûleur à air pulsé
≤ 1969	3,8	3
1970 - 1979	2,8	2
1980 - 1989	2,2	1,4
> 1990 ou HR of HR+	1,5	0,7

Figure 42. : Etape 4

Etape 5 : sélection du mode de régulation en température de la chaudière : ici, on a un thermostat de chaudière à consigne fixe.

Etape 6 : facteur de charge « **b_{cor}** » : lire sur la ligne n°6 de la règle de calcul selon la figure suivante :

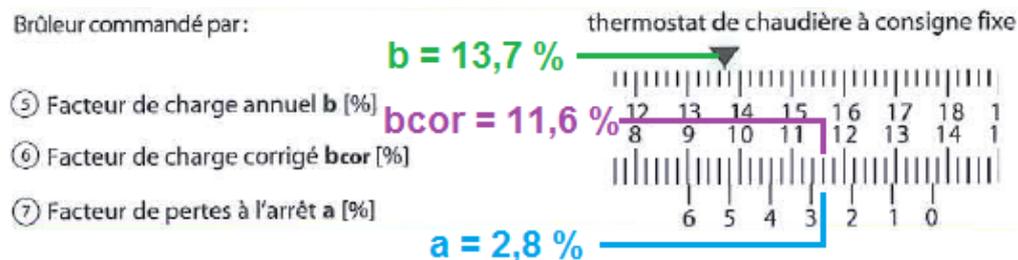


Figure 43. : Etapes 5 et 6

Etape 7 : rendement de combustion : il a été mesuré « η_{ro} » = 82 %.

Etape 8 : rendement moyen de production « η_p ».

Réaliser l'alignement de « η_{ro} » avec « b », lire « η_p » sur la ligne n°11 de la règle de calcul, en face de « b_{cor} » (alignement avec « b » selon la figure suivante).

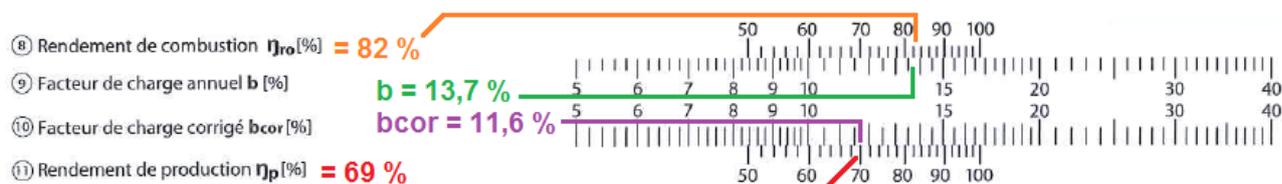


Figure 44. : Etapes 7 et 8

Etape 9 : choix de la nouvelle chaudière de remplacement.

Nouvelle chaudière au gaz non à condensation à basse température → rendement = 95 %.

Etape 10 : accroissement de rendement « $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ » [%]

« $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ » = 95 – 69 = 26 %

Etape 11 : on connaît le montant dépensé suivant la facture d'énergie annuelle [€] : Coût = 2.456 €

Etape 12 : montant de l'économie annuelle estimée en € : 640 € à lire sur la ligne n°14 de la règle de calcul selon la figure suivante :

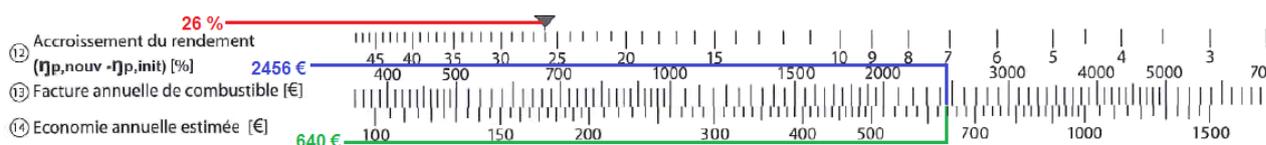


Figure 45. : Etapes 10, 11 et 12

7. TÂCHES DU TECHNICIEN AGRÉÉ EN DIAGNOSTIC APPROFONDI ET RAPPORT DE DIAGNOSTIC APPROFONDI

7.1. LES TÂCHES DU TECHNICIEN AGRÉÉ EN DIAGNOSTIC APPROFONDI

Donner d'autres informations sur l'impact financier des mesures.

Guidance pour le particulier situé en Région wallonne :

⇒ orienter le particulier vers le site du portail de l'énergie en Wallonie de la DGO4 ;

L'avis est donné sous la forme d'un document compréhensible.

Il est important de le parcourir en personne avec l'utilisateur et d'y ajouter d'éventuelles remarques. On peut également y aborder les mesures relatives au comportement de l'utilisateur ou à d'autres parties de l'installation, notamment :

- le réglage des heures de confort et des heures creuses ;
- le réglage des températures et des courbes de chauffe par circuit de chauffage ;
- la programmation de la production d'eau chaude sanitaire ;
- le contrôle de la soupape de sûreté du ballon d'ECS ;
- la pression dans l'installation ;
- la propreté du local de chauffe ;
- la nécessité ou non d'aérer le local de chauffe ;
- les produits présents autour de la chaudière ;

- l'état général de l'installation ;
- ...

En effet, une installation ne se limite pas qu'à sa chaudière. Pour en savoir davantage à ce sujet, reportez-vous à l'annexe 3 sur le rendement d'une installation de chauffage.

7.2. RÉDACTION DU RAPPORT DE DIAGNOSTIC APPROFONDI

Le technicien agréé en diagnostic approfondi rédige le rapport de diagnostic approfondi sur le modèle mis à disposition par la région.

Ce document écrit comprend plusieurs parties :

- les données administratives ;
- une caractérisation de l'installation existante basée sur les observations in situ ;
- les résultats des calculs selon la règle de calcul ;
- des propositions d'améliorations principales et complémentaires ;
- les économies d'énergie découlant des propositions d'améliorations principales ;
- considération sur les économies financières ;
- les données techniques ayant servi aux calculs ;
- les réponses aux questions supplémentaires destinées au passage ultérieur d'un certificateur PEB.

Voici un exemplaire du modèle type de rapport de diagnostic approfondi mis à disposition par l'administration :

RAPPORT DE DIAGNOSTIC APPROFONDI DE TYPE I	
Date d'exécution : _____	N° rapport⁽¹⁾ : _____
Technicien agréé en Diagnostic Approfondi de type I : Nom et prénom : _____ N° d'agrément : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nom entreprise : _____ N° Entreprise (BCE) : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Tél : _____ Fax ou courriel : _____	Propriétaire de l'installation de chauffage : Nom et prénom : _____ Entreprise (si pertinent) : _____ Rue & N° : _____ Code postal & localité : _____ Tél : _____ Fax ou courriel : _____
Localisation de l'installation de chauffage : _____ <input type="checkbox"/> adresse identique à celle du propriétaire	
Combustibles (si multi-combustible, mentionner les différents combustibles)	
Liquide <input type="checkbox"/> Gasoil <input type="checkbox"/> Autre : _____ Gazeux <input type="checkbox"/> Gaz nat. <input type="checkbox"/> Propane <input type="checkbox"/> Autre : _____	
Générateur de chaleur	
Marque : _____ Modèle : _____ Année de fabrication ⁽²⁾ : _____ N° série : _____	Label (AGB, HR, HR+, HR-TOP, Optimaz et Optimaz Elite) : _____ Raccordement : B <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> , C <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Générateur à condensation : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Puissance nominale utile : _____ <input type="checkbox"/> kW <input type="checkbox"/> kcal/h
Pertes à l'arrêt	
Si Mazout : clapet d'air ou de fumée ? <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Si Gaz : chaudière ouverte ? <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	Production de chaleur pour :
	<input type="checkbox"/> Chauffage <input type="checkbox"/> ECS <input type="checkbox"/> Chauffage + ECS
Type de régulation	
<input type="checkbox"/> Thermostat de chaudière à consigne fixe (aquastat) <input type="checkbox"/> Thermostat d'ambiance (commandant le brûleur) <input type="checkbox"/> Sonde de température extérieure (climatique commandant le brûleur)	Consommation annuelle
	<input type="checkbox"/> Mazout : _____ l/an <input type="checkbox"/> Gaz naturel : _____ kWh/an <input type="checkbox"/> Propane/ butane : _____ kWh/an
Rendement annuel de production du système de chauffage existant	
.....%	
	
L'installation est concernée par l'exemption d'orifices de mesures : <input type="checkbox"/>	
Recommandations principales pour le système de chauffage central + potentiel d'économie de chauffage (en se basant sur le calcul du nouveau rendement annuel production)	
<input type="checkbox"/> Remplacer le brûleur <input type="checkbox"/> Remplacer la chaudière <input type="checkbox"/> Placer un clapet d'air sur le brûleur/fumée <input type="checkbox"/> Placer une régulation par thermostat d'ambiance <input type="checkbox"/> Placer une régulation par sonde extérieure	Economie financière estimée : _____ €/an _____ €/an _____ €/an _____ €/an _____ €/an

Recommandations complémentaires pour le système de chauffage central

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Abaissement manuel de la température de la chaudière (aquastat) selon les saisons ;<input type="checkbox"/> Si cela s'avère nécessaire, corriger la courbe de chauffe active dans un régulateur climatique, t° eau = fonction (t° extérieure) ;<input type="checkbox"/> Placer du calorifugeage sur les conduites (d'eau et d'air) non isolées dans les espaces non chauffés ;<input type="checkbox"/> Si la technologie le permet, remplacer les pompes de circulation fonctionnant de manière continue par un dispositif à fonctionnement intermittent ou à vitesse variable ;<input type="checkbox"/> Pour toute pompe de circulation, s'assurer que le sélecteur de vitesse n'est pas en position maximum ou, pour une chaudière murale, s'assurer que la régulation permet « l'auto-sélection de vitesse », le cas échéant ;<input type="checkbox"/> Instaurer un ralenti d'absence et nocturne : diminuer les consignes de t° (1°C = réduction de 5 à 8 % de la consommation actuelle, selon l'inertie thermique et pendant les durées des périodes de ralenti) ; | <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Placer une vanne 3 voies mélangeuse (si possible motorisée et commandée par la régulation) si la chaudière en est dépourvue et maintenue à température constante ;<input type="checkbox"/> En présence de radiateurs adossés à un vitrage, remplacer celui-ci par une allège opaque thermiquement isolée (potentiel d'économie d'énergie = 3 à 9 % de la consommation d'énergie du chauffage du local concerné) ;<input type="checkbox"/> En présence de radiateurs adossés à un mur non isolé, placer une feuille réfléchissante (potentiel d'économie d'énergie = 0,5 à 2 % d'économie dépendant de la surface des radiateurs concernés) ;<input type="checkbox"/> Remplacer les robinets manuels des radiateurs par des robinets thermostatiques, compte tenu de la présence éventuelle d'un thermostat d'ambiance (économie de 3 à 4 %) ;<input type="checkbox"/> _____<input type="checkbox"/> _____ |
|---|---|

Recommandations relatives à la sécurité pour le système de chauffage central

- Réaliser des ouvertures d'amenée et d'évacuation d'air dans le local de chauffe si celles-ci sont absentes ou jugées insuffisantes. Dimensions à atteindre en aménage d'air : _____ ;
en évacuation d'air : _____ ;
- Rehausser le débouché de la cheminée ;
- Placer un conduit en inox dans la cheminée et un régulateur de tirage ;
- Placer un chapeau sur le débouché de cheminée ;
- _____

Informations complémentaires remises au propriétaire

Liste des documents transmis : _____

Remarques : _____

Dans le cas d'un logement, vous pouvez compléter votre diagnostic en faisant réaliser un **audit énergétique** par un **auditeur agréé**. Avec cet audit objectif, vous recevrez une analyse complète de la **qualité énergétique globale** de votre habitation ainsi que des propositions de travaux de rénovation sous forme de deux scénarios chiffrés afin de diminuer vos consommations d'énergie tout en améliorant votre confort et la qualité de l'air intérieur de votre logement.

Toutes les informations ainsi que la liste des auditeurs agréés peuvent être trouvées sur le site internet du Département de l'Energie (DGO4) à l'adresse suivante :

<http://energie.wallonie.be> dans la rubrique « Particuliers → Construire et Rénover → Rénover → lien vers la page Audit »

Rapport de Diagnostic Approfondi établi par :

Nom : _____

(signature du Technicien agréé en Diagnostic Approfondi de type I)

Ce rapport doit être remis au propriétaire et une copie doit être conservée par la personne ayant effectué le diagnostic approfondi.

(1) Numéro interne à l'entreprise du technicien en diagnostic approfondi de type I.

(2) L'année de fabrication est déterminée par l'information mentionnée sur la plaque signalétique de la chaudière. Lorsqu'il n'y a pas de plaque signalétique ou lorsque celle-ci est illisible, l'année de fabrication est définie par déduction des informations sur la facture relative à son installation, sur le rapport de réception, sur la documentation technique du générateur de chaleur ou d'après le code inséré dans le numéro de série.

Annexe I au rapport de diagnostic approfondi de type I

Données de consommations d'énergie

Période : _____

Mazout : _____ l/période Du _____ au _____

Gaz naturel : _____ m³/période Du _____ au _____

_____ kWh/période

Conversion
G20 : 11,6416 kWh PCS / m³ G25 : 10,1361 kWh PCS / m³ Après déduction ECS (**): _____ kWh/période

Propane/Butane : _____ kg ou l* /période Du _____ au _____

_____ kWh/période

Conversion propane : 7,28 kWh PCS / l ou 13,84 kWh PCS / kg Après déduction ECS (**): _____ kWh/période

* Biffer la mention inutile

(**) Diminution de la consommation d'énergie liée à la production d'ECS par un appareil séparé (au gaz), en fonction du nombre d'habitants :

Nombre d'occupants présents durant la période :

- < 3 personnes (2.500 kWh/an. Pour le propane : 345 l/an ou 180 kg/an)
- 3 ou 4 personnes (4.200 kWh/an. Pour le propane : 580 l/an ou 305 kg/an)
- > 4 personnes (5.500 kWh/an. Pour le propane : 755 l/an ou 400 kg/an)

Facture d'Energie : _____ €/période. Période du _____ au _____

Données relatives à la règle de calcul pour la détermination du rendement des chaudières

A compléter :

Paramètres	N° de ligne sur la règle	Données
Consommation annuelle de combustible (en kWh PCS de gaz/an ou mazout en l/an)	1 – 2	
Puissance de la chaudière (kW) 1 [kcal/h] = 1 [kW] * 1,163 / 1000	3	
Facteur de charge annuel b (%)	4 + (5 + 9)	
Facteur de pertes à l'arrêt a (%)	7 + verso	
Sélection du mode de régulation : soit thermostat de chaudière à consigne fixe, soit thermostat d'ambiance, soit sonde extérieure.		
Facteur de charge corrigé b_{cor} (%)	6 (+ 10)	
Surdimensionnement constaté		
Rendement de combustion η_{ro} (%) (voir attestation de contrôle ou à mesurer lors du diagnostic approfondi. Agrafier, dans ce cas, le ticket des mesures)	8	
Rendement annuel de production η_p (%)	11	
Nouveau facteur de pertes à l'arrêt a (%)	7 + verso	
Nouveau facteur de charge corrigé b_{cor} (%)	6 (+ 10)	
Nouveau rendement de combustion η_{ro} (%)	8	
Nouveau rendement annuel de production $\eta_{p,nouveau}$ (%)	11	
Accroissement de rendement ($\eta_{p,nouveau} - \eta_p$) (%)	12	
Facture annuelle de combustible (€/an)	13	
Economie annuelle estimée	14	

Annexe II au rapport de diagnostic approfondi de type I	
Questions complémentaires pour la certification PEB	
1. Pouvez-vous constater la présence d'un régulateur qui définit la température d'eau de la chaudière en fonction d'une sonde extérieure ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
2. Pouvez-vous constater dans le système de chauffage, la présence soit d'une vanne 3 voies, soit d'une sonde extérieure ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
3. Pouvez-vous constater la présence d'une pompe à chaleur ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si Oui: Quel en est le vecteur énergétique ? <input type="checkbox"/> Gaz <input type="checkbox"/> Electrique Quel en est le type ? <input type="checkbox"/> Eau souterraine - Eau, <input type="checkbox"/> Sol - Eau, <input type="checkbox"/> Air extérieur - Eau, <input type="checkbox"/> Air extérieur - Air, <input type="checkbox"/> Autre: Est-elle également utilisée pour la production d'ECS ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
4. Les tuyauteries de chauffage présentes dans le local de chauffe sont-elles toutes isolées ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si Non: Y a-t-il plus de 50 mètres courants de conduites non isolées ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
5. Pouvez-vous constater en chaufferie la présence d'une cuve de stockage de l'eau de chauffage non reliée à une pompe à chaleur ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
6. Pouvez-vous constater en chaufferie la présence d'une cuve de stockage d'ECS ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si Oui: Est-elle thermiquement bien isolée ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Quel est le volume de la (somme des) cuve(s) ? litres	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
7. Pouvez-vous constater la présence d'une boucle de circulation d'ECS ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si Oui: est-elle isolée thermiquement sur toute sa longueur visible ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

Annexe III au rapport de diagnostic approfondi de type I		
Rendement annuel de production des nouvelles chaudières (%)		
	η_p pour une nouvelle chaudière non à condensation au gaz	η_p pour une nouvelle chaudière non à condensation au mazout
Nouvelle chaudière non à condensation à basse température	95	95
Mode de régulation de la chaudière à condensation	η_p pour une nouvelle chaudière à condensation au gaz	η_p pour une nouvelle chaudière à condensation au mazout
Thermostat de chaudière durant le jour, thermostat d'ambiance durant la nuit, pilotant le brûleur	97	97
Thermostat d'ambiance commandant le brûleur	99	98
Température glissante (sonde extérieure) commandant le brûleur sans chauffage au sol	102	99
Température glissante (sonde extérieure) commandant le brûleur avec chauffage au sol	105	100

8. SÉRIE D'EXEMPLES COMPLETS DE DIAGNOSTIC APPROFONDI

8.1. EXERCICE 1

Chaudière atmosphérique au gaz de type IS3D 4.2, datant de 1979, sans label.

Consommation : 3.650 m³/an (G25).

Brûleur piloté par une régulation climatique.

Puissance : 22,09 kW.

Production d'ECS par boiler couplé à la chaudière.

Rendement de combustion mesuré : 84%.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'une nouvelle chaudière gaz à condensation et régulation par sonde extérieure et remplacement des radiateurs par du chauffage sol.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Gaz naturel
Marque et type de chaudière	IS 3 D 4.2 Atmosphérique
Puissance [kW]	22,09
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	3.650
Consommation annuelle [kWh]	3.650 x 10,1361 = 37.000
Année de construction de la chaudière	1979
Type label (éventuel) de la chaudière	aucun
Régulation de la chaudière	Sonde extérieure qui pilote le brûleur
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Via chaudière
Nombre d'occupants du logement	Non renseigné (et pas nécessaire car production d'ECS par la chaudière)
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	84

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	2,8
Facteur de charge « b » [%]	17,2
Facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%]	15,9
Rendement de combustion « η_{ro} » [%]	84
Rendement de production « $\eta_{p,init}$ » [%]	78
Rendement de production « $\eta_{p,nouveau}$ » [%]	105
Accroissement de rendement [%] (« $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ »)	105 - 78 = 27
Facture annuelle combustible en EUR [€]	37.000 x 0,0625 = 2.312,50
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	625

8.2. EXERCICE 2

Chaudière au mazout maintenue à température constante, datant de 1974.

Puissance : 50.000 kcal/h.

Production d'ECS par boiler placé au-dessus de la chaudière.

Pas de clapet économiseur sur le brûleur.

Consommation : 5.059 l/an.

Installation avec radiateurs.

Pas de label.

Rendement de combustion : 87,5%.

Nombre d'utilisateurs : 4.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'une nouvelle chaudière à condensation et régulation par sonde extérieure.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Mazout
Marque et type de chaudière	Pas de clapet sur le brûleur
Puissance [kW]	50.000 x 1,163 = 58,15 kW
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	5.059
Année de construction de la chaudière	1974
Type label (éventuel) de la chaudière	Aucun
Régulation de la chaudière	Thermostat de chaudière fixe
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Via chaudière
Nombre d'occupants du logement	4
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	87,5

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	2,3
Facteur de charge « b » [%]	10
Facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%]	8,2
Rendement de combustion « η_{ro} » [%]	87,5
Rendement de production « $\eta_{p,init}$ » [%]	71,5
Rendement de production « $\eta_{p,nouveau}$ » [%]	99
Accroissement de rendement [%] (« $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ »)	99 - 71,5 = 27,5
Facture annuelle combustible en EUR [€]	5.059 x 0,8832 = 4.468,11
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	1230

8.3. EXERCICE 3

Chaudière à gaz atmosphérique De Dietrich DTG 120, avec production d'ECS.

Puissance : 42 kW.

Brûleur piloté par une régulation climatique.

Année de construction : 1993.

Consommation : 9.866 m³/an (G25).

Installation avec radiateurs.

Label HR +.

Rendement de combustion : 92%.

Nombre d'utilisateurs : 4.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'une nouvelle chaudière à condensation et régulation par sonde extérieure.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Gaz naturel
Marque et type de chaudière	Atmosphérique
Puissance [kW]	42
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	9.866
Consommation annuelle [kWh]	9.866 x 10,1361 = 100.000
Année de construction de la chaudière	1993
Type label (éventuel) de la chaudière	HR+
Régulation de la chaudière	Sonde extérieure pilotant le brûleur
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Via chaudière
Nombre d'occupants du logement	4
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	92

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	1,5
Facteur de charge « b » [%]	24,5
Facteur de charge corrigé « b _{cor} » [%]	23,8
Rendement de combustion « η _{ro} » [%]	92
Rendement de production « η _{p, init} » [%]	89
Rendement de production « η _{p, nouveau} » [%]	102
Accroissement de rendement [%] (« η _{p, nouveau} - η _{p, init} »)	102 - 89 = 13
Facture annuelle combustible en EUR [€]	100.000 x 0,0625 = 6.250
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	813

8.4. EXERCICE 4

Chaudière à mazout 36 kW de marque Chappé avec un boiler ECS.

Année de construction: 1977.

Consommation : 2.906 l/an.

Brûleur avec clapet économiseur.

Rendement de combustion mesuré : 89%.

Installation avec convecteurs.

Thermostat avec programmateur à horloge.

Circulateur défectueux.

Nombre d'utilisateurs : 3.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'un nouveau brûleur et régulation par sonde extérieure.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Mazout
Marque et type de chaudière	Avec clapet de brûleur
Puissance [kW]	36
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	2.906
Année de construction de la chaudière	1977
Type label (éventuel) de la chaudière	Aucun
Régulation de la chaudière	Thermostat de chaudière fixe
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Via chaudière
Nombre d'occupants du logement	3
Rendement de combustion : « η _{ro} » [%]	89

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	2,1
Facteur de charge « b » [%]	9,2
Facteur de charge corrigé « b _{cor} » [%]	7,6
Rendement de combustion « η _{ro} » [%]	89
Rendement de production « η _{p, init} » [%]	74
Nouveau « b _{cor} » [%]	8,2
Nouveau « η _{ro} » [%]	90
Rendement de production « η _{p, nouveau} » [%]	80
Accroissement de rendement [%] (« η _{p, nouveau} - η _{p, init} »)	80 - 74 = 6
Facture annuelle combustible en EUR [€]	2906 x 0,8832 = 2.566,58
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	154

8.5. EXERCICE 5

Chaudière à mazout.
Année de construction : 1966.
Puissance : 28.000 kcal/h.
Pas de production d'ECS.
Brûleur datant de 1990 sans clapet économiseur.
Installation avec radiateurs.
Rendement de combustion : 85,5%.
Thermostat d'ambiance.
Consommation: 3.500 l/an.
Nombre d'utilisateurs : 4.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'une nouvelle chaudière à basse température.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Mazout
Marque et type de chaudière	Sans clapet de brûleur
Puissance [kW]	$28.000 \times 1,163 = 32,6$ kW
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	3.500
Année de construction de la chaudière	1966
Type label (éventuel) de la chaudière	Aucun
Régulation de la chaudière	Thermostat d'ambiance
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Pas d'ECS
Nombre d'occupants du logement	4
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	85,5

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	3,3
Facteur de charge « b » [%]	16,2
Facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%]	14,2
Rendement de combustion « η_{ro} » [%]	85,5
Rendement de production « $\eta_{p, init}$ » [%]	75
Rendement de production « $\eta_{p, nouveau}$ » [%]	95
Accroissement de rendement [%] (« $\eta_{p, nouveau} - \eta_{p, init}$ »)	$95 - 75 = 20$
Facture annuelle combustible en EUR [€]	$3.500 \times 0,8832 = 3.091,20$
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	620

8.6. EXERCICE 6

Chaudière atmosphérique au gaz G20 maintenue en température.
Année de construction : 1983.
Puissance : 44,5 kW.
Consommation : 3.797 m³/an.
Nombre d'utilisateurs : 3.
Pas de label.
Chaudière avec boiler ECS.
Rendement de combustion : 86,3%.
Installation avec radiateurs.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'une nouvelle chaudière à condensation et régulation par sonde extérieure.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Gaz naturel
Marque et type de chaudière	Atmosphérique
Puissance [kW]	44,5
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	3.797
Consommation annuelle [kWh]	3.797 x 11,6416 = 44.200
Année de construction de la chaudière	1983
Type label (éventuel) de la chaudière	Aucun
Régulation de la chaudière	Thermostat de chaudière fixe
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Via chaudière
Nombre d'occupants du logement	3
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	86,3

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	2,2
Facteur de charge « b » [%]	10,2
Facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%]	8,6
Rendement de combustion « η_{ro} » [%]	86,3
Rendement de production « $\eta_{p, init}$ » [%]	73,5
Rendement de production « $\eta_{p, nouveau}$ » [%]	102
Accroissement de rendement [%] (« $\eta_{p, nouveau} - \eta_{p, init}$ »)	102 – 73,5 = 28,5
Facture annuelle combustible en EUR [€]	44.200 x 0,0625 = 2.762,5
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	787

8.7. EXERCICE 7

Chaudière atmosphérique au gaz de marque Ideal IS 3A maintenue en température.

Puissance : 37 kW.

Année de construction : 1975.

Consommation : 4.550 l/an (propane).

Nombre d'utilisateurs : 2.

Pas de label.

Production d'ECS par boiler séparé.

Installation avec radiateurs.

Rendement de combustion : 85%.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'une nouvelle chaudière à condensation et régulation par sonde extérieure.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Propane
Marque et type de chaudière	Atmosphérique
Puissance [kW]	37
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	4.550
Consommation annuelle [kWh]	4.550 x 7,28 = 33.124
Consommation annuelle suite au décompte ECS [kWh]	33.124 – 2.500 = 30.624
Année de construction de la chaudière	1975
Type label (éventuel) de la chaudière	Aucun
Régulation de la chaudière	Thermostat de chaudière fixe
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Indépendant
Nombre d'occupants du logement	2
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	85

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	2,8
Facteur de charge « b » [%]	11,5
Facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%]	9,4
Rendement de combustion « η_{ro} » [%]	85
Rendement de production « η_{p,init} » [%]	70
Rendement de production « η_{p,nouveau} » [%]	102
Accroissement de rendement [%] (« η_{p,nouveau} - η_{p,init} »)	102 - 70 = 32
Facture annuelle combustible en EUR [€]	30.624 x 0,0944 = 2.890,90
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	925

8.8. EXERCICE 8

Chaudière à mazout Buderus avec brûleur Ecoflam.
 Puissance : 27 kW + boiler d'ECS.
 Année de construction : 1976.
 Consommation : 2.650 l/an.
 Radiateurs.
 Nombre d'utilisateurs : 3.
 Brûleur sans clapet économiseur.
 Rendement de combustion mesuré : 86%.
 Régulation: thermostat d'ambiance sur le circulateur.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'un clapet sur évacuation des fumées.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Mazout
Marque et type de chaudière	Buderus / brûleur Ecoflam sans clapet de brûleur
Puissance [kW]	27
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	2.650
Année de construction de la chaudière	1976
Type label (éventuel) de la chaudière	Aucun
Régulation de la chaudière	Thermostat d'ambiance sur circulateur
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Via chaudière
Nombre d'occupants du logement	3
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	86

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	2,3
Facteur de charge « b » [%]	11,2
Facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%]	9,8
Rendement de combustion « η_{ro} » [%]	86
Rendement de production « η_{p,init} » [%]	75,5
Nouveau facteur « a » [%]	2,1
Nouveau facteur « b_{cor} » [%]	9,9
Rendement de production « η_{p,nouveau} » [%]	76,2
Accroissement de rendement [%] (« η_{p,nouveau} - η_{p,init} »)	76,2 - 75,5 = 0,7
Facture annuelle combustible en EUR [€]	2.650 x 0,8832 = 2.340,48
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	17 => Pas significatif

8.9. EXERCICE 9

Chaudière au mazout et brûleur Elco maintenue en température.

Puissance : 52,3 kW.

Année de construction : 1990.

Consommation : 8.537 l/an.

Radiateurs.

Nombre d'utilisateurs : 3.

Brûleur avec clapet économiseur.

ECS via boiler électrique.

Rendement de combustion mesuré : 88%.

Recommandations du technicien agréé en diagnostic approfondi : placement d'une régulation en fonction de la température d'air extérieure.

Tableau des données :

Combustible utilisé	Mazout
Marque et type de chaudière	Elco / brûleur Elco avec clapet de brûleur
Puissance [kW]	52,3
Consommation annuelle [m ³] ou [litre]	8.537
Année de construction de la chaudière	1990
Type label (éventuel) de la chaudière	Aucun
Régulation de la chaudière	Thermostat de chaudière fixe
Préparation de l'ECS: indépendant, ou via cette chaudière	Pas ECS
Nombre d'occupants du logement	3
Rendement de combustion : « η_{ro} » [%]	88

Résultats des calculs :

Facteur de pertes à l'arrêt « a » [%]	0,9
Facteur de charge « b » [%]	24,5
Facteur de charge corrigé « b_{cor} » [%]	23,8
Rendement de combustion « η_{ro} » [%]	88
Rendement de production « $\eta_{p,init}$ » [%]	86
Nouveau « b_{cor} » [%]	24,1
Rendement de production « $\eta_{p,nouveau}$ » [%]	87
Accroissement de rendement [%] (« $\eta_{p,nouveau} - \eta_{p,init}$ »)	87 - 86 = 1
Facture annuelle combustible en EUR [€]	8.537 x 0,8832 = 7.539,87
Consommation [kWh] x prix du combustible [€/kWh]	
Estimation de l'économie financière en EUR [€]	75

CHAPITRE 6 :

QUESTIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LA CERTIFICATION PEB

1. OBJECTIF POURSUIVI

Il est demandé au technicien en diagnostic approfondi de relever in situ une série de données techniques caractérisant les installations thermiques, au bénéfice d'un certificateur.

Ces données n'interviennent *en aucune manière* sur la performance énergétique évaluée dans la présente méthode de diagnostic approfondi.

Ces questions se trouvent à la fin du rapport de diagnostic approfondi, à l'annexe II.

NB : Répondre à ces questions fait partie intégrante de la procédure de diagnostic approfondi de type I.

2. LISTE DES QUESTIONS

- 1) Pouvez-vous constater la présence d'un régulateur qui définit la température d'eau de la chaudière en fonction d'une sonde extérieure ? OUI NON
- 2) Pouvez-vous constater dans le système de chauffage, la présence soit d'une vanne 3 voies, soit d'une sonde extérieure ? OUI NON
- 3) Pouvez-vous constater la présence d'une pompe à chaleur ? OUI NON
 - Si oui, Quel en est le vecteur ? Gaz Electrique
 - Quel en est le type ? Eau souterraine – Eau,
 Sol – Eau,
 Air extérieur – Eau,
 Air extérieur – Air,
 Autre :
 - Est-elle également utilisée pour la production d'ECS ? OUI NON
- 4) Les tuyauteries de chauffage présentes dans le local de chauffe sont-elles toutes isolées ? OUI NON
 - Si Non, Y a-t-il plus de 50 mètres courants de conduites non isolées ? OUI NON
- 5) Pouvez-vous constater en chaufferie la présence d'une cuve de stockage de l'eau de chauffage non reliée à une pompe à chaleur ? OUI NON
- 6) Pouvez-vous constater en chaufferie la présence d'une cuve de stockage d'ECS ? OUI NON
 - Si oui, Est-elle thermiquement bien isolée ? OUI NON
 - Quel est le volume de la (somme des) cuve(s) ? litres
- 7) Pouvez-vous constater la présence d'une boucle de circulation d'ECS ? OUI NON
 - Si oui, Est-elle isolée thermiquement sur toute sa longueur visible ? OUI NON

ANNEXE 1 : LES LABELS DE CHAUDIÈRES

Depuis quand trouve-t-on des labels de qualité sur les chaudières ?

S'il y en a un, il nous donne des informations sur la période de production au cas où la plaque signalétique serait illisible ou absente.

Le premier label qui a été apposé sur les appareils à gaz est le label AGB (BGV en néerlandais). Il apportait la preuve que l'appareil satisfaisait aux exigences de l'Association Royale des Gaziers de Belgique.

1. LABEL AGB : 1970

Les exigences portaient sur le rendement qui devait être de 80 % minimum.

Comme ces exigences sont assez limitées, ce label n'est pas considéré comme soumis à de véritables exigences énergétiques. Il n'intervient donc pas dans la détermination du facteur de correction du coefficient de perte à l'arrêt, mais il peut éventuellement servir à déterminer l'année de construction : on prend 1970 comme année de construction s'il n'y a pas de plaque signalétique, mais que ce label est bien présent.



2. LABEL HR (HAUT RENDEMENT) : 1983

Le label en vigueur depuis 1983 pose les mêmes exigences que l'AR du 11 mars 1988.

Le rendement thermique minimal d'une chaudière de puissance inférieure à 30 kW était fixé à 86 %.

Les appareils HR satisfont au contrôle selon la méthode I2.

Ce type de label atteste que les appareils peuvent fonctionner avec les deux types de gaz sans nécessité d'adaptation.

Si ce label est présent, on peut considérer que le facteur de correction du coefficient de perte à l'arrêt est approximativement égal à celui d'une chaudière dont la construction remonte au plus tard à 1990.



3. LABEL HR+ : 1996

Suite à l'adaptation de l'AR de 1988, on a également adapté le label aux exigences actualisées. Le rendement thermique a été augmenté de 1,5 % pour une puissance égale à 30 kW. La présence de ce label signifie dès lors que l'on prend le facteur de correction du coefficient de perte à l'arrêt applicable à une chaudière dont l'année de construction remonte à 1990 au plus tard.



4. LABEL HR-TOP : 1996

Dédié spécifiquement aux appareils à condensation, le label HR-TOP fait clairement la distinction entre les modèles HR+ et les modèles HR-TOP. Il existe ainsi une liste des appareils à condensation dont les exigences de rendement sont beaucoup plus sévères que dans le cas des versions HR+. Le rendement thermique minimal à pleine charge selon les normes EN est de 92,5 % et celui à charge partielle, à une température de retour de 30 °C, est de 98,3 % au minimum.



5. MARQUAGE CE : 1997

Ce marquage obligatoire a fait son apparition après la publication de l'AR de 1997 sur les appareils de chauffage. La marque CE est la preuve que l'appareil est conforme aux exigences européennes. Question rendement, il peut être mis plus ou moins sur le même pied que les labels HR+ ou OPTIMAZ.



6. LABEL OPTIMAZ : 1995

Le label Optimaz donne à l'utilisateur la preuve que l'appareil satisfait aux exigences de rendement de l'AR de 1988 et range donc la chaudière dans la catégorie d'année de construction qui débute en 1990.



7. LABEL OPTIMAZ (APRES 2005)

Le nouveau label Optimaz apporte à l'utilisateur la preuve que l'appareil remplit les dernières exigences concernant les émissions de gaz polluants et les exigences de rendement selon l'AR de 1997. Question rendement, par souci de simplification, aucune distinction n'est faite entre la version OPTIMAZ d'avant 2005 et celle d'après 2005.



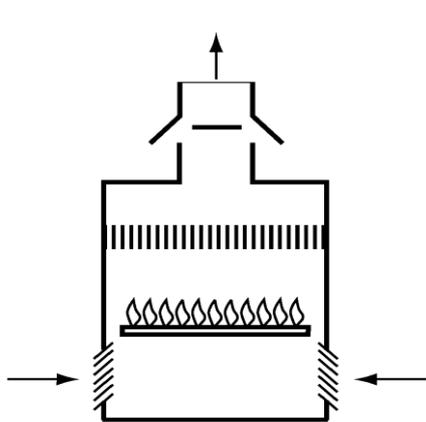
8. LABEL OPTIMAZ ELITE 2005

Le label Optimaz Elite s'applique spécifiquement aux appareils à condensation.

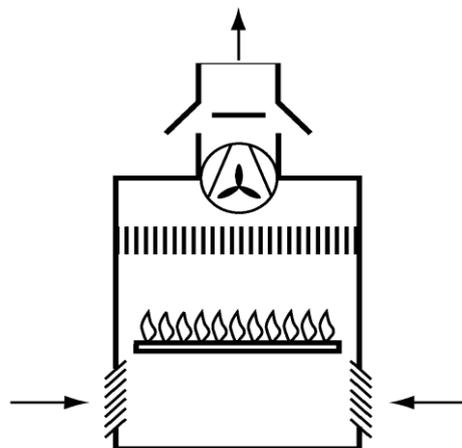


ANNEXE 2 : SCHÉMAS DES DIFFÉRENTS TYPES DE CHAUDIÈRES AU GAZ NATUREL

Type d'appareils autorisés sur le marché belge (extrait de la NBN CR 1749).

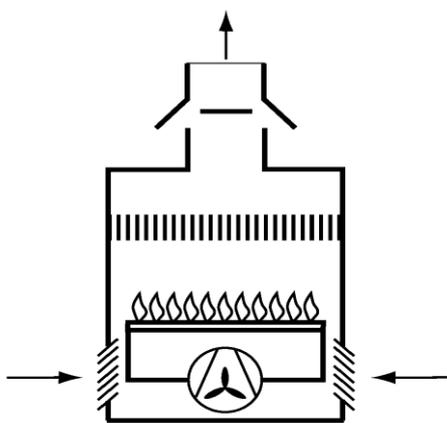


Type B₁₁

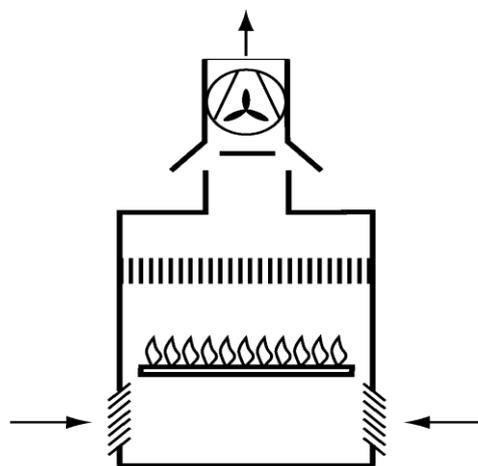


Type B₁₂

<p>Type B₁₁</p> <p>Appareil à brûleur atmosphérique équipé d'un coupe-tirage, raccordé à une cheminée fonctionnant en tirage naturel.</p>	<p>Type B₁₂</p> <p>Appareil à brûleur atmosphérique équipé d'un coupe-tirage, raccordé à une cheminée avec ventilateur en aval de la chambre de combustion.</p>
--	--

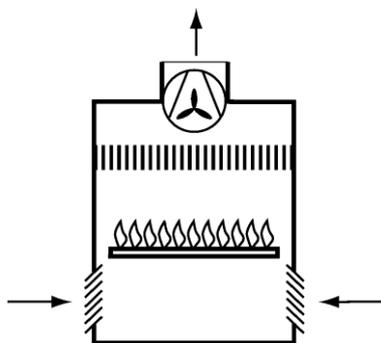


Type B₁₃

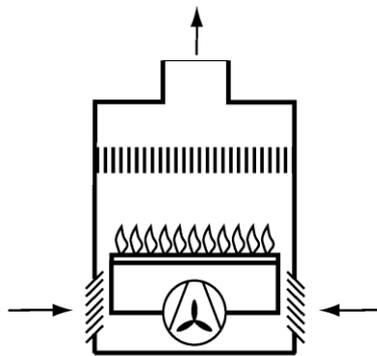


Type B₁₄

<p>Type B₁₃</p> <p>Appareil à brûleur atmosphérique équipé d'un coupe-tirage, raccordé à une cheminée et avec ventilateur en amont de la chambre de combustion.</p>	<p>Type B₁₄</p> <p>Appareil à brûleur atmosphérique équipé d'un ventilateur, faisant partie de l'appareil et placé après le coupe-tirage.</p>
--	--



Type B₂₂



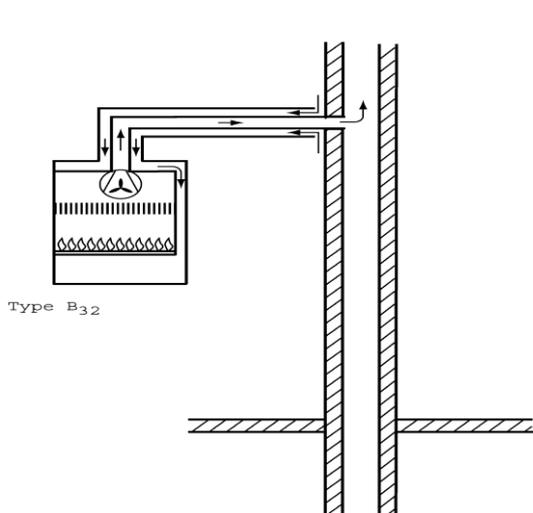
Type B₂₃

Type B₂₂

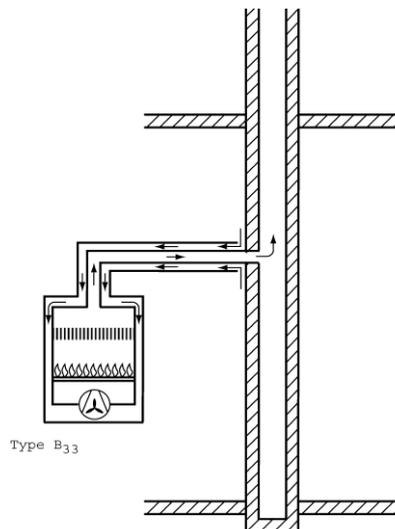
Appareil sans coupe-tirage, équipé d'un ventilateur en aval de la chambre de combustion.

Type B₂₃

Appareil sans coupe-tirage, équipé d'un ventilateur en amont de la chambre de combustion.



Type B₃₂



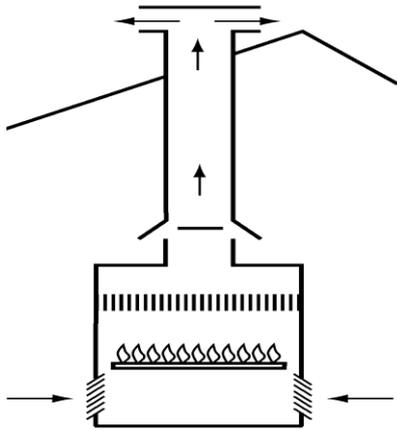
Type B₃₃

Type B₃₂

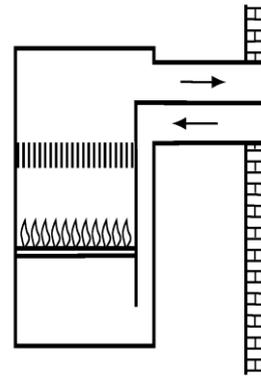
Appareil à tirage naturel équipé d'un ventilateur en aval de la chambre de combustion.

Type B₃₃

Appareil à tirage naturel équipé d'un ventilateur en amont de la chambre de combustion.



Type B₄₁



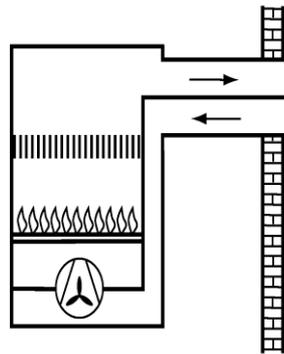
Type C₁₁

Type B₄₁

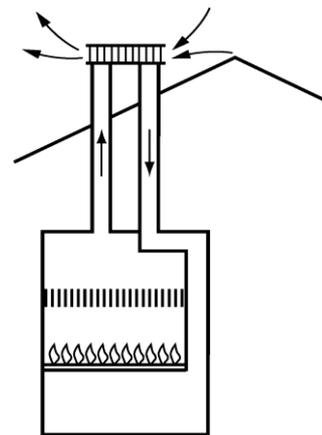
Appareil à brûleur atmosphérique équipé d'un coupe-tirage, de son propre conduit d'évacuation et de son propre terminal.

Type C₁₁

Appareil à circuit étanche raccordé à un terminal horizontal



Type C₁₃



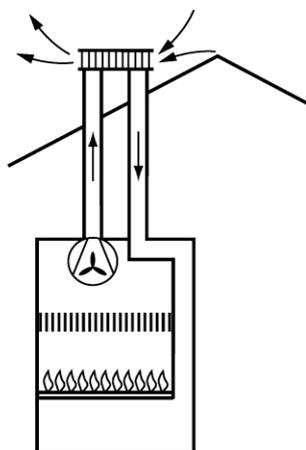
Type C₃₁

Type C₁₃

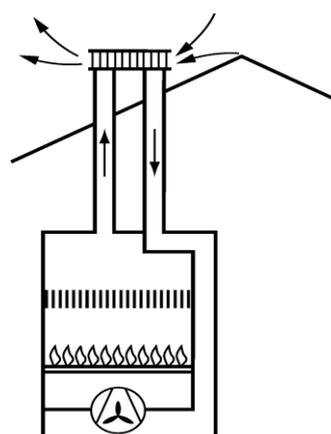
Appareil à circuit étanche, équipé d'un ventilateur et d'une évacuation horizontale raccordée à un terminal.

Type C₃₁

Appareil à circuit étanche doté de son propre système d'évacuation et de son propre terminal vertical.



Type C₃₂



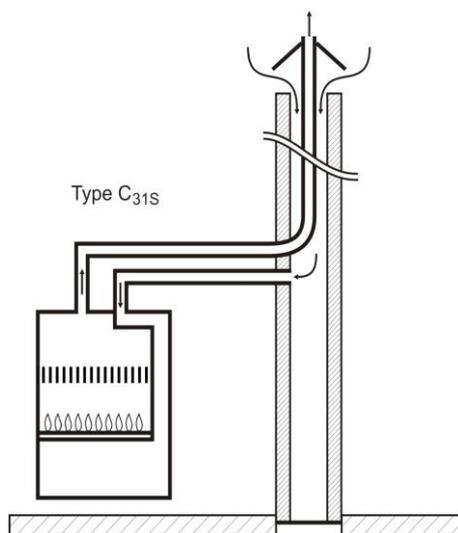
Type C₃₃

Type C₃₂

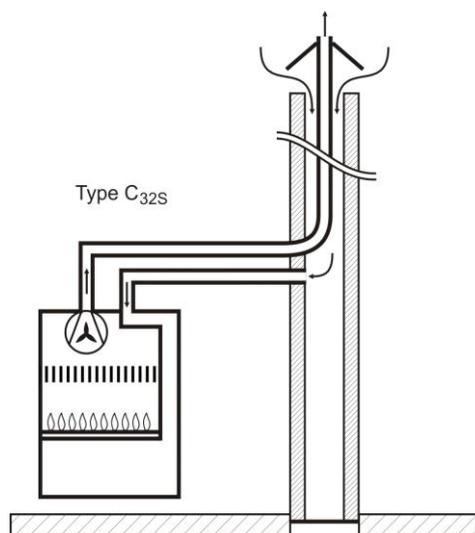
Appareil à circuit étanche, avec ventilateur en aval de la chambre de combustion doté de son propre système d'évacuation et de son propre terminal vertical.

Type C₃₃

Appareil à circuit étanche, avec ventilateur en amont de la chambre de combustion et doté de son propre système d'évacuation et de son propre terminal vertical.



Type C_{31S}



Type C_{32S}

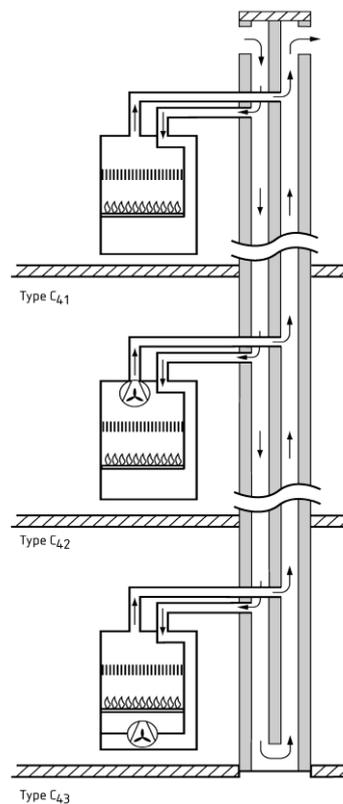
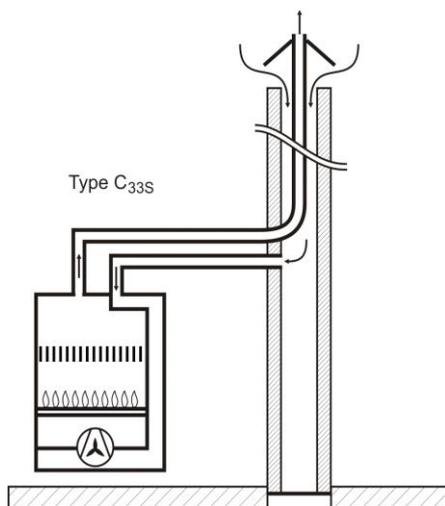
Type C_{31S} devenu type C9

Appareil à circuit étanche, doté de son propre système d'évacuation et de son propre terminal vertical. Les conduits d'évacuation sont placés dans un conduit existant qui fait partie du bâtiment.
Ce placement n'est pas autorisé pour les chaudières.

Type C_{32S} devenu type C9

Appareil à circuit étanche, avec ventilateur en aval de la chambre de combustion et doté de son propre système d'évacuation et de son propre terminal vertical. Les conduits d'évacuation sont placés dans un conduit existant qui fait partie du bâtiment.

Type C₄

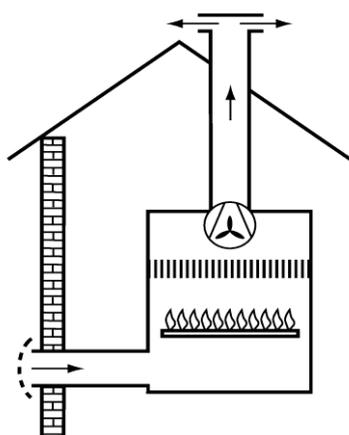


Type C_{33S} devenu type C9

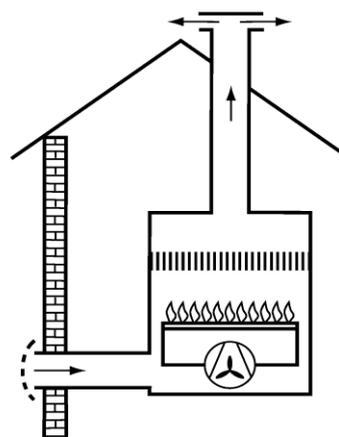
Appareil à circuit étanche avec ventilateur intégré, avec son propre système d'évacuation et son propre terminal. Les conduits d'évacuation sont placés dans un conduit existant qui fait partie du bâtiment.

Type C₄

Appareil à circuit étanche, raccordé à un système d'évacuation parallèle.



Type C₅₂



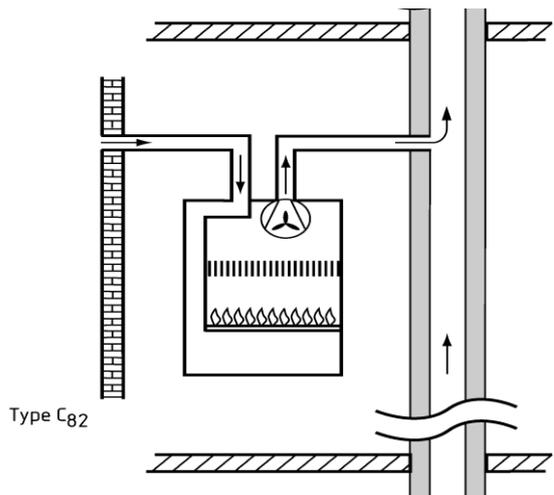
Type C₅₃

Type C₅₂

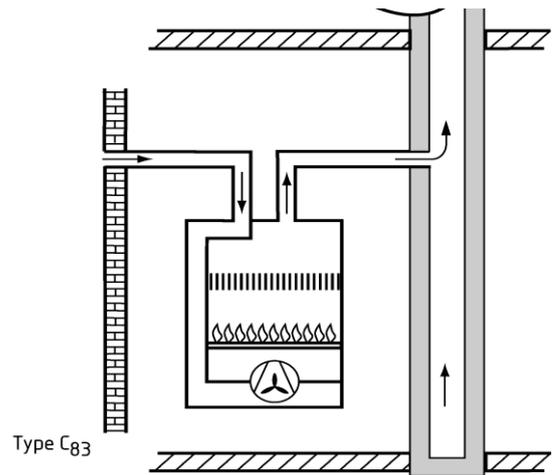
Appareil à circuit étanche, avec ventilateur intégré en aval de la chambre de combustion avec raccords dans deux zones de pression différente.

Type C₅₃

Appareil à circuit étanche, avec ventilateur intégré en amont de la chambre de combustion avec raccords dans deux zones de pression différente.



Type C₈₂



Type C₈₃

Type C₈₂

Appareil à circuit étanche, avec ventilateur en aval de la chambre de combustion, raccordée sur un conduit de fumée collectif et chaque appareil ayant son alimentation d'air individuelle.

Type C₈₃

Appareil à circuit étanche, avec ventilateur en amont de la chambre de combustion, raccordée sur un conduit de fumée collectif et chaque appareil ayant son alimentation d'air individuelle.

ANNEXE 3 : DES EXPLICATIONS SUR LES RENDEMENTS

1. LE RENDEMENT DE COMBUSTION INSTANTANÉ DE LA CHAUDIÈRE

On peut déterminer les déperditions de chaleur sensible en appliquant la formule de Siegert :

$$D_{CS} = k \cdot \frac{(T_g - T_{ac})}{\%CO_2}$$

Où :

- D_{CS} = déperdition de chaleur sensible, en % ;
- k = constante de Siegert (dépend du combustible et de la teneur en CO₂, en %) ;
- T_g = température des gaz de fumée à la sortie de la chaudière, en °C ;
- T_{ac} = température de l'air comburant à l'entrée de l'appareil, en °C ;
- $\%CO_2$ = valeur de la teneur de CO₂ dans les gaz de fumée, en % CO₂.

Exemple :

Après l'entretien d'une chaudière au mazout, on a mesuré les valeurs suivantes:

- température de l'eau dans la chaudière : $T_{ch} = 60$ °C ;
- température à la sortie de la chaudière : $T_g = 190$ °C ;
- température de l'air comburant : $T_{ac} = 15$ °C ;
- quantité de dioxyde de carbone (CO₂) = 12,0 %.

Les déperditions de chaleur sensible sont égales à :

- a) détermination de la constante de Siegert : $k = [(0,008 \cdot \%CO_2) + 0,48]$ soit = 0,576
- b) $D_{CS} = 0,576 (190 - 15)/12,0$
 $= 0,576 (175/12,0)$
 $= 0,576 \cdot 14,5833$
 $= 8,4$ %

Si nous fixons le pouvoir calorifique inférieur H_i du combustible égal à 100 %, le rendement de combustion est égal à :

$$\eta_{ro} = 100 - D_{CS} \text{ ce qui donne dans l'exemple : } 100 - 8,4 = 91,6 \%$$

Le rendement de combustion est égal à l'apport d'énergie utile diminué de la quantité de chaleur encore présent dans les gaz de fumée.

Le rendement de combustion se mesure au moyen d'un appareil électronique.

Quand on emploie un appareil de mesure électronique, η_{ro} est déterminé par la formule ci-dessous :

$$\eta_{ro} = 100 - (T_g - T_{ac}) \cdot \frac{A_2}{(21 - O_2) + B}$$

Où A_2 et B sont des facteurs spécifiques du combustible indiquées dans le tableau suivant :

Valeurs des paramètres A2 et B en fonction du combustible.		
	A2	B
Mazout	0,68	0,007
Gaz naturel	0,65	0,009
Propane	0,63	0,008

Pour les combustibles gazeux, on utilise la formule :

$$\eta_{ro} = 100 - ((39/\%CO_2) + 0,86) \cdot [(T_g - T_{ac})/100]$$

Les concentrations maximales en CO₂ en cas de combustion stœchiométrique des combustibles suivants sont égales à (exprimées en %) :

- gaz naturel L : 11,7 ;
- gaz naturel H : 11,9 ;
- mazout : 15,4 ;
- propane : 13,6.

Si le rendement de combustion est déterminé en fonction de l'excès d'air dans les gaz de fumée, c'est la formule suivante qui s'applique pour déterminer la teneur en CO₂ :

$$\%CO_2 = (21 - O_2)/21 \times \%max\ de\ CO_2\ combustible$$

En plus de celle du rendement de combustion, on a besoin des mesures suivantes pour évaluer la qualité de la combustion :

- mesure du CO (en mg/kWh) ;
- indice fumée pour les combustibles liquides.

La mesure de la teneur en CO s'effectue en ppm. Les appareils de mesure récents convertiront directement la valeur mesurée en mg/kWh.

Pour convertir les ppm en mg/kWh, on utilise les valeurs suivantes :

- Pour 0% O₂ ou des gaz de fumée non dilués : CO mg/kWh = CO non dilué en ppm x facteur de conversion en mg/kWh/ppm

Facteurs de conversion

Gaz naturel H – G20 1 ppm = 1,074 mg/kWh

Gaz naturel L – G25 1 ppm = 1,095 mg/kWh

GPL – G30 1 ppm = 1,091 mg/kWh

Mazout 1 ppm = 1,101 mg/kWh

Comment peut-on déterminer la valeur du CO en mg/kWh ?

- a) en mesurant l'oxygène résiduel dans les gaz de fumée et en calculant la valeur des niveaux d'émission pour 0% O₂, ou en mesurant le taux de CO non dilué en ppm ;
- b) conversion en mg/kWh de la valeur non diluée en ppm, par application du facteur de conversion selon le type de combustible.

Exemple :

Mesures effectuées sur une installation de 1986 avec chaudière à gaz à brûleur pulsé :

- taux de CO : 120 ppm ;
- taux d'O₂ : 4,5 % ;
- type de gaz : G25 ou gaz L.

Détermination du taux de CO pour 0 % d'O₂ ou à l'état non dilué:

$$W (g\% O_2) = [(21 - g)/(21 - \gamma) \cdot M]$$

Où :

W = valeur d'émission voulue pour un excès d'air voulu g (pour 0 % O₂) ;
 g = excès d'air voulu (dans ce cas, 0 % d'O₂) ;
 γ = excès d'air mesuré ;
 M = valeur d'émission mesurée pour l'excès d'air mesuré γ .

Résultat : $W = [(21 - 0) / (21 - 4,5) * 120]$
 $= [(21/16,5) * 120]$
 $= 1,2727 * 120$
 $= 153 \text{ ppm pour } 0\% \text{ d'O}_2$

Conversion en mg/kWh :

$W = 153 \text{ ppm} * 1,095 \text{ mg/kWh/ppm}$
 $= 167 \text{ mg/kWh}$

Pour info, dans cet exemple, la valeur maximale autorisée est de 270 mg/kWh.

Détermination du taux de CO₂ en % :

CO₂ en % = $[(21 - \% \text{ O}_2) / 21] * \% \text{ max. de CO}_2 \text{ dans le combustible}]$
 $= [(21 - 4,5) / 21] * 11,7$
 $= (16,5 / 21) * 11,7$
 $= 0,7857 * 11,7$
 $= 9,19$

2. ASPECTS THÉORIQUES DU RENDEMENT DE LA CHAUDIÈRE À PLEINE CHARGE

2.1. RENDEMENT UTILE OU THERMIQUE À PLEINE CHARGE (PUISSANCE NOMINALE)

Puissance utile P_U (ou plage de puissance) : c'est la quantité de chaleur transmise au fluide caloporteur ou à l'eau par unité de temps ou puissance réglée.

La plage de puissance est une plage définie par le fabricant, sous le nom de plage de puissance utile, dans laquelle la chaudière peut être réglée en totale conformité avec la norme s'appliquant à l'appareil conçu. Lorsque le fabricant ne reproduit que la puissance utile nominale sur la plaque signalétique, le technicien vérifiera si le débit calorifique de la chaudière n'a pas été réglé sous les 85 % de cette puissance.

Si l'on règle le débit calorifique d'une chaudière trop bas, il est possible que du calcin s'y forme (entartrage). Par ailleurs, le risque existe aussi que des phénomènes de condensation apparaissent dans des « espaces morts » du conduit d'évacuation des gaz de fumée et endommagent la chaudière prématurément.

Par prudence, la charge thermique sera limitée à 90-95% de P_n pour pallier aux modifications dues à la température de l'air ou au Wobbe du gaz.

Puissance utile nominale P_n : c'est la puissance utile nominale qui correspond au maximum de chaleur utile transmise à l'eau selon le fabricant. La chaudière peut être réglée en totale conformité avec la norme s'appliquant à l'appareil.

Débit calorifique Q_n : c'est la quantité d'énergie fournie par le combustible au brûleur par unité de temps, exprimée par rapport au pouvoir calorifique inférieur H_i (= PCI).

Concernant les valeurs calorifiques, on retrouve deux définitions, à savoir :

Pouvoir calorifique supérieur (H_s ou PCS) : c'est la quantité de chaleur libérée par la combustion stœchiométrique quand les produits de la combustion sont refroidis à 0°C à une pression atmosphérique de 1013 mbar. L'eau formée lors de la combustion se condense alors et la chaleur dite de condensation est entièrement récupérée. Soit on mesure le H_s avec une bombe calorimétrique ou calorimètre de Berthelot-Mahler, soit on le calcule en se basant sur la composition moléculaire du combustible.

Pouvoir calorifique inférieur (H_i ou PCI) : c'est la quantité de chaleur déterminée sans tenir compte de la quantité d'eau qui est évacuée sous forme de vapeur avec les produits de la combustion. Comme auparavant, les chaudières ne pouvaient qu'échanger la quantité de chaleur libérée par les combustibles à l'exclusion de la vapeur d'eau, les instances internationales ont convenu que le rendement utile serait toujours exprimé sur la base du pouvoir calorifique inférieur (H_i). Cette situation conduit à des rendements supérieurs à 100 % pour les chaudières à condensation.

Rendement de la chaudière η_{ch} : puissance utile transmise au fluide caloporteur (P_u), divisée par le débit calorifique Q_n.

$$\eta_{ch} = P_u / Q_b \times 100 (\%)$$

ou

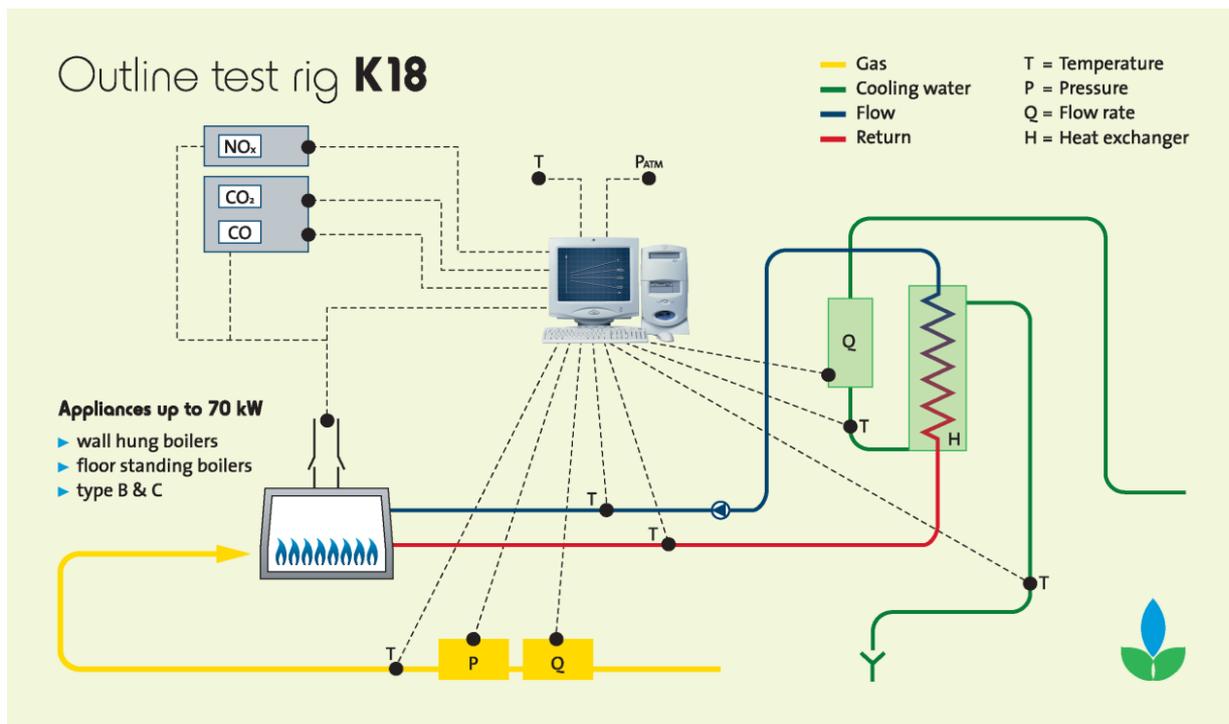
$$\eta_{ch} = P_n / Q_n \times 100 (\%)$$

2.2. PERTE PAR RAYONNEMENT ET PAR CONVECTION

Les déperditions de chaleur par rayonnement dépendent dans une mesure importante de la température de service de la chaudière et de son état de fonctionnement, c'est-à-dire « brûleur allumé ». Pendant le fonctionnement du brûleur, les surfaces de la chaudière qui ne guident pas l'eau, telles que la porte du brûleur ou la boîte de fumée, sont exposées à des gaz chauds. Il en résulte des pertes par rayonnement et par convection.

2.3. RENDEMENT À CHARGE PARTIELLE

Le rendement à charge partielle est le rapport entre la puissance utile d'une chaudière dont le fonctionnement est intermittent ou qui tourne à une puissance inférieure à sa puissance utile nominale et cette puissance utile nominale.



LEGENDE

Appliances up to 70 kW	= Appareils jusqu'à 70 kW
Wall hung boilers	= Chaudières murales
Floor standing boilers	= Chaudières au sol
Gas	= Amenée de gaz
Cooling water	= Eau de refroidissement
Flow	= Départ ou arrivée du fluide caloporteur
Return	= Retour du fluide caloporteur
Temperature	= Points de mesure des températures
Pressure	= Pression du gaz
Flow rate	= Débitmètre de l'eau
Heat exchanger	= Echangeur thermique

Figure 46. : Schéma d'un poste de mesure actuel pour appareils à gaz (info : Technigas)

3. ASPECTS THÉORIQUES DU RENDEMENT DE LA CHAUDIÈRE À CHARGE PARTIELLE

3.1. DÉTERMINATION DU RENDEMENT ANNUEL DE PRODUCTION

Le rendement annuel de production est le rapport entre la chaleur utile cédée par la chaudière au circuit d'eau/d'air et l'énergie qui a été consommée à cette fin au niveau du brûleur.

Le rendement de production des chaudières au mazout ou au gaz sans condensation se calcule selon la formule de Renaud.

$$\eta_p = \eta_k \cdot (1 + \alpha \cdot \theta / \theta_n) \cdot (\Delta / \Delta_n) \cdot [R / R + (\alpha \cdot \theta / \theta_n)]$$

Où :

- η_p = rendement de production annuel ;
- η_k = le rendement thermique de l'appareil ;
- α = les pertes par arrêt de l'appareil ;
- θ = la différence entre la température moyenne de l'eau et la température ambiante ;
- θ_n = la valeur nominale de θ ;
- Δ = la différence entre la température de la flamme et la température moyenne de l'eau en fonction de la température ambiante ;
- Δ_n = la valeur nominale de Δ ;
- R = la charge de l'appareil soit le nombre d'heures de fonctionnement du brûleur divisées par le nombre d'heures par saison de chauffe.

Dans cette formule, on tient compte :

- du type de chaudière/ du brûleur ;
- de l'isolation de la chaudière/du brûleur ;
- du rendement de combustion → dépend de l'âge et du type de chaudière ;
- des pertes à l'arrêt → dépendent de l'âge et du type de la chaudière ;
- de la température moyenne de l'eau de la chaudière pendant la saison de chauffe → dépend de la régulation de la chaudière ;
- de la température moyenne dans le local de chauffe pendant la saison de chauffe ;
- du degré de charge annuelle → dépend de la puissance nominale du brûleur et de la combinaison ou non de la préparation d'eau chaude sanitaire par la chaudière.

3.2. SIGNIFICATION PHYSIQUE DES PERTES À L'ARRÊT

La consommation d'entretien est la quantité de chaleur nécessaire pour garder la chaudière à température quand il n'y a pas de production d'eau chaude de chauffage.

Cette consommation est directement liée au facteur de correction du coefficient de perte à l'arrêt « a ».

Pour mesurer toutes les pertes de la chaudière, on la maintient à une température moyenne de 30 ± 5 K au-dessus de la température ambiante.

Pendant cet essai, on coupe la pompe de circulation qui pulse dans l'échangeur de chaleur du poste de mesure.

Toutes les conduites partant de la chaudière et y retournant sont isolées. On compte également les pertes de chaleur du poste de mesure.

La température de l'eau dans la chaudière est maintenue à un niveau constant avec une tolérance de 5 K. La température dans le local de chauffe peut augmenter de 2 K par heure au maximum.

On détermine la consommation d'entretien à l'aide de trois tests, à savoir :

- test n° 1 : sans l'alimentation électrique de la chaudière ;
- test n° 2 : en faisant tourner la chaudière pour atteindre une température ($T_e - T_a$) de 40 ± 5 K ;
- test n° 3 : en faisant tourner la chaudière pour atteindre une température ($T_e - T_a$) de 60 ± 5 K.

Où :

- T_e = la température moyenne de l'eau entre le départ et le retour ;
- T_a = la température ambiante.

3.3. LE RENDEMENT DE PRODUCTION DE LA CHAUDIÈRE

- est une mesure de l'énergie qui est utilement transmise par la chaudière à l'eau comparé à l'énergie développée par le brûleur ;
- dans ce cas, c'est un rendement moyen d'une saison de chauffe ;
- tient compte de toutes les pertes aussi bien à l'arrêt que pendant le fonctionnement du brûleur.

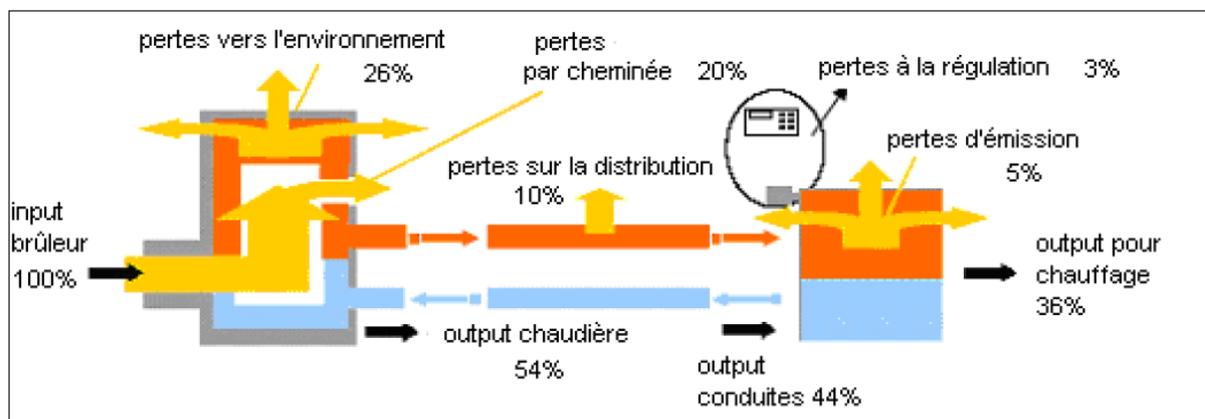


Figure 47. : Rendement de production d'une installation ancienne

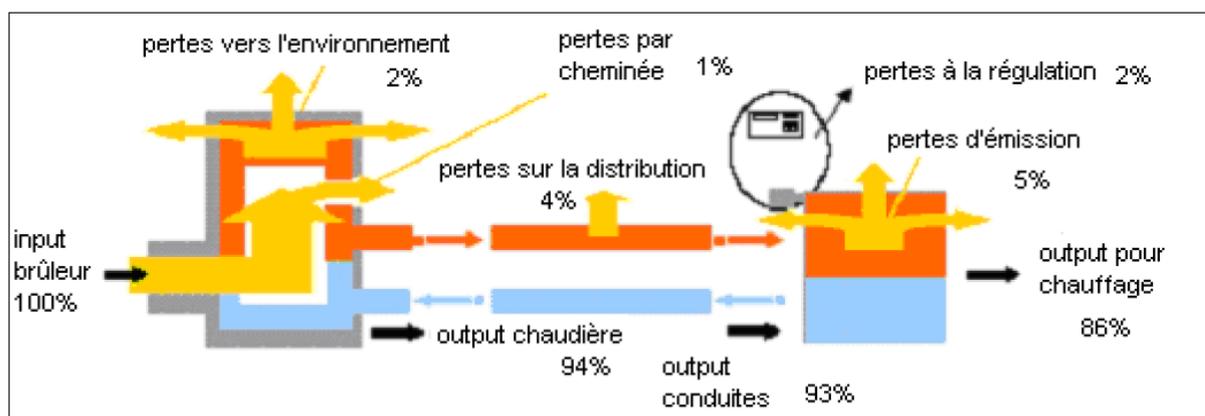


Figure 48. : Rendement de production d'une installation neuve

Quels sont les facteurs influençant le rendement moyen de production :

- **le facteur de correction du coefficient de perte à l'arrêt:** plus ce facteur est grand, plus les pertes à l'arrêt sont importantes et moins bon est le rendement de production ;
- **le facteur de charge:** plus ce facteur est grand, plus courte est la période d'arrêt et les pertes qui lui sont liées ;
- **la température moyenne de l'eau de la chaudière:** plus haute est la température, plus grandes sont les pertes de chaleur et moins bon est le rendement de production
- **le rendement de combustion: meilleur est le rendement de combustion, moindres sont les pertes par la cheminée pendant le fonctionnement et donc meilleur est le rendement de production.**

Facteurs d'influence sur le rendement de production annuel	
Facteurs d'influence	Rendement de production annuel
Le facteur de correction du coefficient de perte à l'arrêt ↑	↓
Le facteur de charge ↑	↑
La température moyenne de l'eau de chaudière ↑	↓
Le rendement de combustion ↑	↑

ANNEXE 4 : LES ÉMISSIONS DES CHAUDIÈRES

1. OXYDES D'AZOTE : NOX

Les NO_x comptent parmi les principaux polluants atmosphériques.

Cette appellation collective désigne des composés chimiques formés à partir des éléments N (azote) et O (oxygène). Ce sont des oxydes d'azote.

Les principaux oxydes d'azote sont :

- le monoxyde d'azote (NO) ;
- l'oxyde de diazote (N₂O) ou gaz hilarant ;
- le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- le trioxyde de diazote (N₂O₃) ;
- le tétraoxyde de diazote (N₂O₄) ;
- le pentaoxyde de diazote (N₂O₅) ;
- le trioxyde d'azote (NO₃).

Appellation générique : NO_x.

Le NO et le NO₂ sont des composés très importants parce que ces molécules possèdent un nombre impair d'électrons. Cela signifie qu'elles forment rapidement des composés et qu'elles font fonction de produit intermédiaire lors de la formation d'acide nitrique (HNO₃).

Le monoxyde d'azote (NO) est un gaz incolore, peu soluble dans l'eau, qui se lie dans l'air très intimement au dioxyde d'azote (NO₂), de couleur rouge-brun.

Ce gaz toxique se liquéfie très vite. Chaque processus de combustion libère 98 % de monoxyde d'azote (NO) et jusqu'à 5 % de dioxyde d'azote (NO₂).

Les molécules de NO sont des composés instables qui s'oxydent en présence d'oxygène pour donner du dioxyde d'azote (NO₂). Cette réaction débute dans la cheminée et continue dans l'atmosphère. Le NO₂ est le composé le plus nocif. Sur l'homme et l'animal, cet effet passe par la formation d'acides nitriques et s'exprime par une irritation des yeux, des voies aériennes supérieures et des poumons. En présence de la lumière du soleil (rayons UV) et d'hydrocarbures, il intervient dans la formation du smog photochimique dont le principal composant est l'ozone (O₃), un gaz agressif pour la flore.

Sous le terme d'oxydes d'azote (NO_x), on désigne un mélange de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote. Ceux-ci sont surtout émis par la circulation routière et l'industrie, le solde provenant du chauffage domestique.

Les composés NO_x apparaissent également dans la nature suite à des processus de combustion tels qu'éclairs de chaleur ou éruptions volcaniques.

2. MONOXYDE DE CARBONE : CO

D'un point de vue théorique, il existe un rapport inverse entre la formation des NO_x et du CO lors de la combustion.

Le CO est le produit d'une combustion incomplète et il se forme surtout lors d'une combustion infra-stœchiométrique. Quand la combustion est stœchiométrique (complète), les émissions de CO sont ramenées à un minimum alors que la formation des NO_x atteint un maximum du fait de la température de combustion élevée.

Au contraire des émissions de NO_x, celles de CO ont un effet moins néfaste sur l'environnement. En revanche, des concentrations trop élevées en CO peuvent donner lieu à des intoxications.

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et insipide très toxique. Il est dangereux pour l'homme à partir d'une concentration de 25 ppm dans l'air.

ANNEXE 5 : LES CHAUDIÈRES À CONDENSATION

Depuis quelque temps, la technique des chaudières à condensation enregistre des progrès rapides.

Les facteurs qui ont joué un rôle important dans cette évolution sont incontestablement le grand poids de la défense de l'environnement, la hausse accélérée des prix des combustibles et les exigences en matière de performance énergétique (PEB) pour les constructions neuves ou les grands travaux de rénovation avec autorisation urbanistique.

1. RENDEMENT D'UNE CHAUDIÈRE À CONDENSATION

Quand on abaisse suffisamment la température de la vapeur d'eau dans les produits de la combustion, cette vapeur commence à se condenser à partir d'un seuil de température déterminé (point de rosée). Cette condensation libère de la chaleur (différence entre le pouvoir calorifique supérieur et le pouvoir calorifique inférieur).

Dans les chaudières traditionnelles, cette chaleur est perdue ; dans les modèles à condensation, elle est récupérée en partie.

Lors de la combustion, la majeure partie (92 %) du contenu énergétique du combustible est transmise directement au fluide caloporteur par le biais de l'échangeur thermique ; le reste (6 à 7 % de pertes en chaleur sensible et jusqu'à 11 % de pertes en chaleur latente suivant le combustible) est évacué avec les produits de la combustion (pertes en cheminée) ou cédé à l'environnement (1 à 2 %) (pertes par rayonnement et par convection). Conformément aux normes EN et à l'AR de 1997, ces rendements sont exprimés par rapport au pouvoir calorifique inférieur du combustible (H_i).

La correction du rendement de production d'une chaudière à condensation s'obtient en diminuant les pertes en chaleur sensible dues aux produits de la combustion, en diminuant les pertes de transmission (meilleure isolation, température de service plus basse) et surtout, en récupérant sur l'échangeur de chaleur une partie de la chaleur latente d'évaporation contenue dans la vapeur d'eau évacuée. Le rendement d'une telle chaudière oscille entre 100 et 108 % (en fonction du combustible utilisé et exprimé par rapport au H_i).

2. FACTEURS INFLUENCANT LE RENDEMENT D'UNE CHAUDIÈRE À CONDENSATION

2.1. TEMPÉRATURE DES PRODUITS DE LA COMBUSTION

La condensation des produits de la combustion débute lorsque le point de rosée est atteint. Ce point de rosée est différent pour le gaz et pour le mazout (combustion sans excès d'air). Plus la température des produits de la combustion est basse, plus il y a de chaleur latente à récupérer dans la vapeur d'eau et plus le rendement de la chaudière à condensation peut être augmenté.

2.2. EXCÈS D'AIR

Une combustion complète sans formation de CO exige un excès d'air. Quantité sous la forme du coefficient d'air (ce paramètre donne le rapport entre la quantité d'air réellement utilisée et la quantité d'air théoriquement nécessaire), cet excès d'air, noté n , abaisse la température du point de rosée des produits de la combustion. Plus il est important, plus la température à partir de laquelle la condensation de ces produits peut commencer est basse et, donc, plus la température de retour de l'eau doit être basse pour que le fonctionnement de la chaudière à condensation soit optimal.

Quand l'appareil le permet, son fonctionnement à charge partielle contribuera aussi à une amélioration du rendement. Un autre avantage de ces brûleurs réside dans le niveau très bas de leurs émissions de CO et de NO_x, comme l'exige l'AR de 2004.

3. CONCEPT D'UNE CHAUDIÈRE À CONDENSATION

Pour parvenir à rendement optimal avec une chaudière à condensation, il faut remplir quelques conditions. L'une d'entre elles est la récupération optimale de la chaleur latente de vaporisation par l'échangeur thermique. Ce n'est possible que si l'échangeur est assez long pour refroidir la température des produits de combustion en dessous de leur point de rosée. En outre, l'échangeur doit être étudié pour permettre un échange maximal, sans points chauds, et une évacuation facile des condensats. Pour cela, il faut que l'évacuation des condensats et le flux des produits de la combustion se fassent dans la même direction. Une autre exigence est que l'échangeur thermique et toutes les pièces qui entrent en contact avec les condensats, soient résistants à la légère acidité de ceux-ci (pH de 3,5 à 4,5).

4. COMMENT VALORISER LA CHAUDIÈRE À CONDENSATION AU MOYEN DE L'INSTALLATION

L'eau de l'installation de chauffage doit être maintenue à une température aussi basse que possible. On y arrive déjà en grande partie en adaptant la température de l'eau de la chaudière à la température extérieure au moyen de la commande directe du brûleur (régulation en température glissante). Quand les radiateurs ont été de plus dimensionnés pour une eau à la température de 80/60 °C (pour une température extérieure de -8°C) et qu'on les a choisis dans un « grand format », ils sont de facto surdimensionnés, ce qui autorise un fonctionnement à des températures plus basses de l'eau durant la majeure partie de la saison de chauffe et, donc, l'obtention de meilleurs rendements par la chaudière. L'installation d'un chauffage par le sol (total ou partiel), s'il est correctement dimensionné, permettra d'abaisser encore un peu plus la température de retour avec, comme résultat, une amélioration globale du rendement de l'installation.

On trouvera des informations complémentaires dans la Note d'information technique « La chaudière à condensation » éditée par le CSTC.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Chapitre 1 : Intérêts du diagnostic approfondi des systèmes de chauffage

Figure 1. : Exemple de vieille installation – Consommation : 44850 kWh.....	5
Figure 2. : Exemple de nouvelle chaudière – Consommation : 34950 kWh	5
Figure 3. : Exemple de vieille chaudière – Emission de CO ₂ : 13.500 kg/an	6
Figure 4. : Exemple de chaudière moderne – Emission de CO ₂ : 9.500 kg/an	6
Figure 5. : Vieille chaudière → NO _x = 7 kg/an	6
Figure 6. : Nouvelle chaudière → NO _x = 1,5 kg/an.....	6

Chapitre 4 : Réalisation du diagnostic approfondi des systèmes de chauffage de type I

Figure 7. : Résumé de la marche à suivre	12
Figure 8. : Exemple extrême d'une vieille chaudière non isolée	13
Figure 9. : Exemple d'une chaudière moderne avec des parties chaudes isolées.....	13
Figure 10. : Plaque signalétique chaudière fuel.....	15
Figure 11. : Exemple plaque signalétique	15
Figure 12. : Plaque signalétique chaudière fuel.....	15
Figure 13. : Plaque signalétique chaudière gaz.....	15
Figure 14. : Plaque signalétique chaudière gaz.....	16
Figure 15. : Plaque signalétique chaudière atmosphérique	16
Figure 16. : Brûleur avec clapet d'économie automatique	17
Figure 17. : Brûleur avec clapet d'économie automatique	17
Figure 18. : Clapet automatique dans les conduits de fumées.....	17
Figure 19. : Brûleur avec clapet d'économie	17
Figure 20. : Schéma de construction de chaudière atmosphérique gaz.....	18
Figure 21. : Chaudière avec anti-refouleur/coupe-tirage	18
Figure 22. : Brûleur prémix d'une chaudière atmosphérique gaz de type B11	18
Figure 23. : Chaudière atmosphérique de type B11 avec évacuation des fumées.....	18
Figure 24. : Evacuation des fumées (chaudière HR+)	19
Figure 25. : Chaudière atmosphérique murale au gaz type B11	19
Figure 26. : Chaudière à condensation au gaz naturel avec arrivée d'air fermée	19
Figure 27. : Chaudière au gaz HR+ à évacuation forcée des fumées (type C)	19
Figure 28. : Chaudière murale au gaz (type C).....	19
Figure 29. : Appareil fermé (type C).....	19
Figure 30. : Chaudière au gaz avec petit ventilateur (brûleur premix).....	20
Figure 31. : Evolution mensuelle de la charge d'une chaudière	21
Figure 32. : Exemple de plaque signalétique	26
Figure 33. : Exemple de plaque signalétique	27
Figure 34. : Thermostat d'ambiance pilotant le circulateur	29
Figure 35. : Thermostat d'ambiance pilotant le brûleur.....	30
Figure 36. : Régulateur climatique pilotant le brûleur.....	30

Chapitre 5 : La règle de calcul comme instrument de calcul

Figure 37. : Règle de calcul (recto) - Vue du recto.....	37
Figure 38. : Règle de calcul (verso) - Vue du Verso.....	38
Figure 39. : Résumé de la marche à suivre	39
Figure 40. : Etapes 1, 2 et 3.....	40
Figure 41. : Etape 4	40
Figure 42. : Etapes 5 et 6.....	40
Figure 43. : Etapes 7 et 8.....	41
Figure 44. : Etapes 10, 11 et 12.....	41

Annexe 2 : Schémas des différents types de chaudières au gaz naturel

Cette annexe contient 22 schémas d'installation de chaudière au gaz.

Annexe 3 : Des explications sur les rendements

Figure 45. : Schéma d'un poste de mesure actuel pour appareils à gaz (info : Technigas)	68
Figure 46. : Rendement de production d'une installation ancienne	70
Figure 47. : Rendement de production d'une installation neuve	70

SPW | Éditions

Outils Pédagogiques

DGO4 - Département de l'Énergie et du Bâtiment Durable
Direction des Bâtiments Durables
Chaussée de Liège 140-142, 5100 Namur (Jambes)

Éditeur responsable : Annick Fourmeaux, Directrice Générale

Numéro vert de la Wallonie : 1718 (FR)
1719 (DE)

www.wallonie.be



Service public
de **Wallonie**

DIRECTION GÉNÉRALE ET OPÉRATIONNELLE
DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DU LOGEMENT, DU PATRIMOINE ET DE L'ÉNERGIE

