

Formation

Comprendre et améliorer le fonctionnement d'une installation de chauffage

22/09/2023



Pierre DEMESMAECKER

pdm@icedd.be



ICEDD





S'ouvrir



Mettre l'humain
au centre



Innovover

Bureau indépendant d'**études** et de **conseils** qui accompagne les entreprises et pouvoirs publics dans leur **transition** vers un monde plus durable.



ICEDD
INSTITUT DE CONSEIL ET D'ÉTUDES
EN DÉVELOPPEMENT DURABLE

33 Employés

15 Formations différentes

Thématiques



Déchets et
ressources naturelles



Climat et transition
énergétique



Mobilité
et territoire



Bâtiment et
industrie durable

Diagnostic &
Evaluation



Accompagnement à la
transition



Études
prospectives



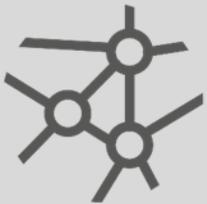
Formation &
participation



Métiers



ICEDD
INSTITUT DE CONSEIL ET D'ÉTUDES
EN DÉVELOPPEMENT DURABLE



Diagnostic & Evaluation

- Audits énergétiques
- Audit de flexibilité et de gestion de charges
- Expertise en cogénération
- Accompagnement ISO 50.001
- Mapping CO₂ et analyse ACV
- Traitement statistique de données et conception d'enquêtes
- Évaluation des politiques publiques
- Système d'information géographique



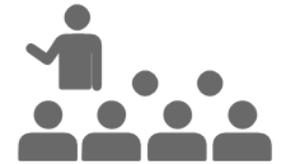
Services

Études prospectives

- Construction de scénarios
- Quantification des scénarios



- Étude de faisabilité technique
- Développement de solutions & accompagnement
- Développement d'outils et de référentiels
- Avis technique et réglementaire
- Étude de mobilité et de stationnement
- Planification territoriale



Accompagnement à la transition

Formation & participation



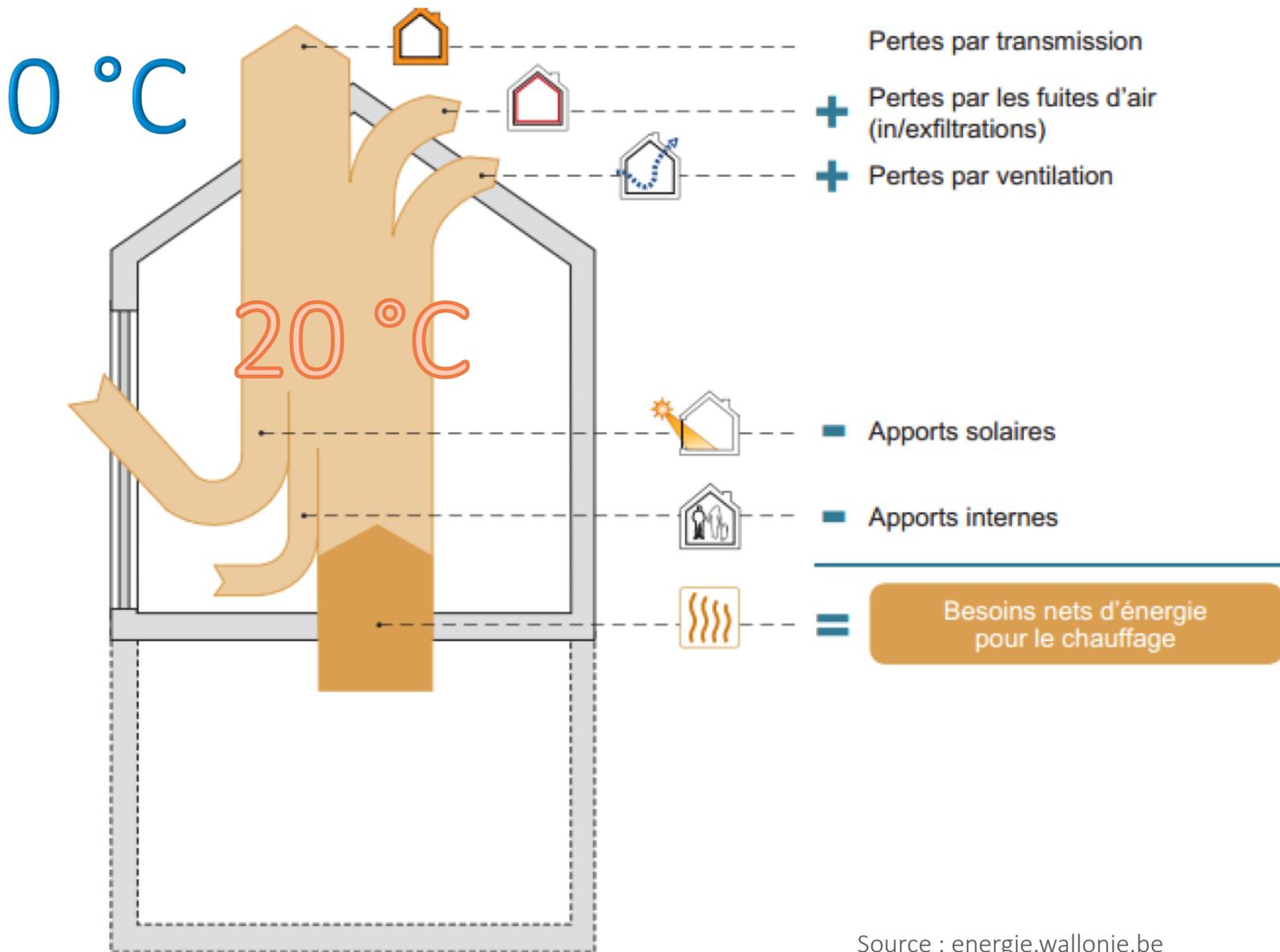
- ⬢ Intro : Pourquoi chauffer ? Quid à moyen terme?
- ⬢ Notions de base
- ⬢ Production de chaleur : les chaudières
- ⬢ Quelques aspects réglementaires
- ⬢ La distribution de chaleur
- ⬢ L'émission de chaleur
- ⬢ La régulation
- ⬢ Les auxiliaires
- ⬢ Rénover sa chaufferie par une chaudière à condensation
- ⬢ Diagnostiquer et améliorer une chaufferie existante
- ⬢ Conclusions



ICEDD



Introduction : pourquoi une installation de chauffage ?



Pour pouvoir rester à l'intérieur moins habillé qu'à l'extérieur, il faut une température supérieure à la température extérieure...

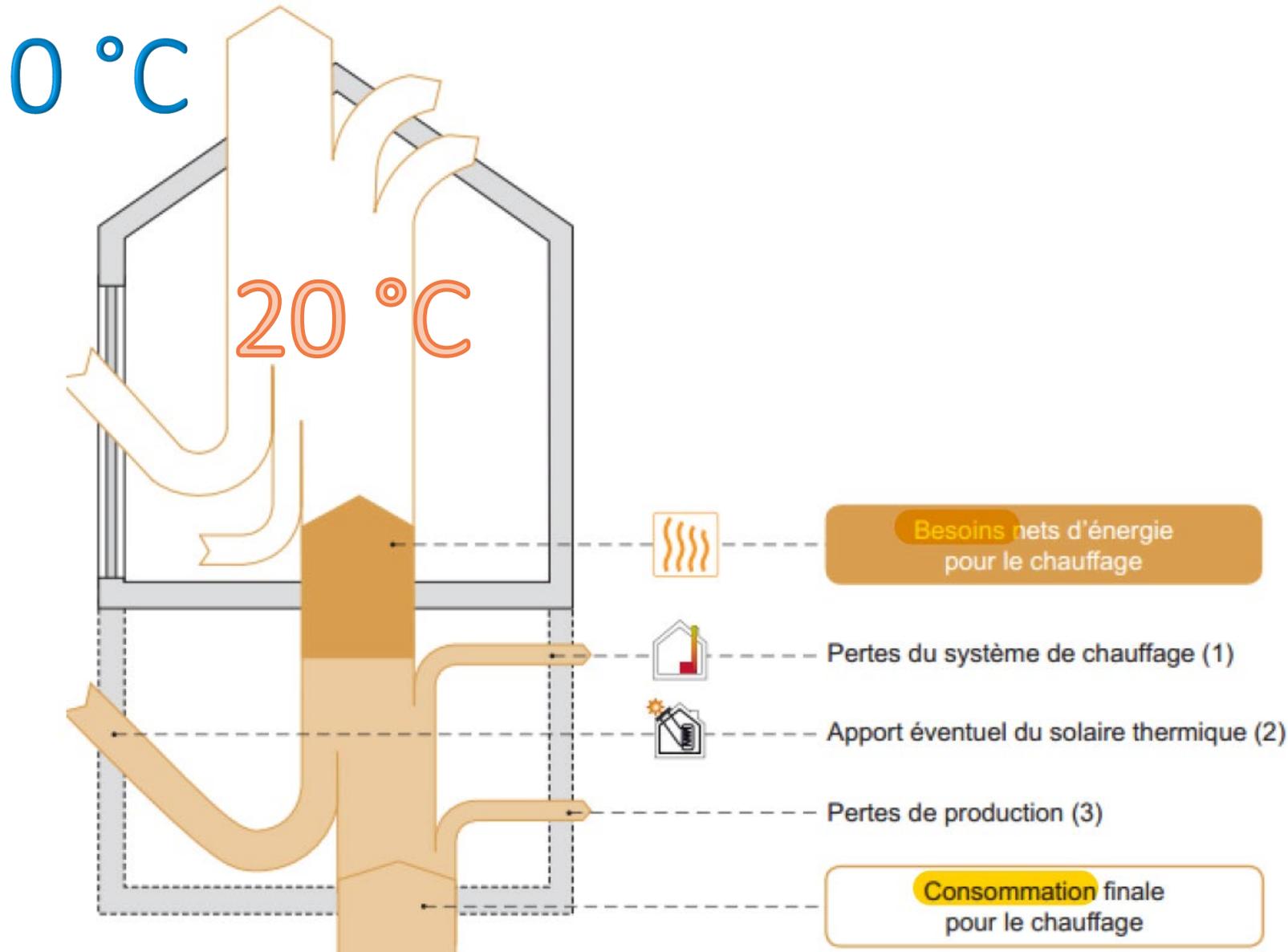
➔ Température de confort

Dépend de :

- ⬢ L'activité physique
- ⬢ Habillement



Introduction : pourquoi une installation de chauffage ?



L'énergie que les apports solaires et internes ne peuvent fournir doit être compensée par une source de chaleur...

Mon installation de chauffage!



Enjeux et vision énergétique

Plan énergie climat 2030

The right energy for your Region

Version définitive – Octobre 2019

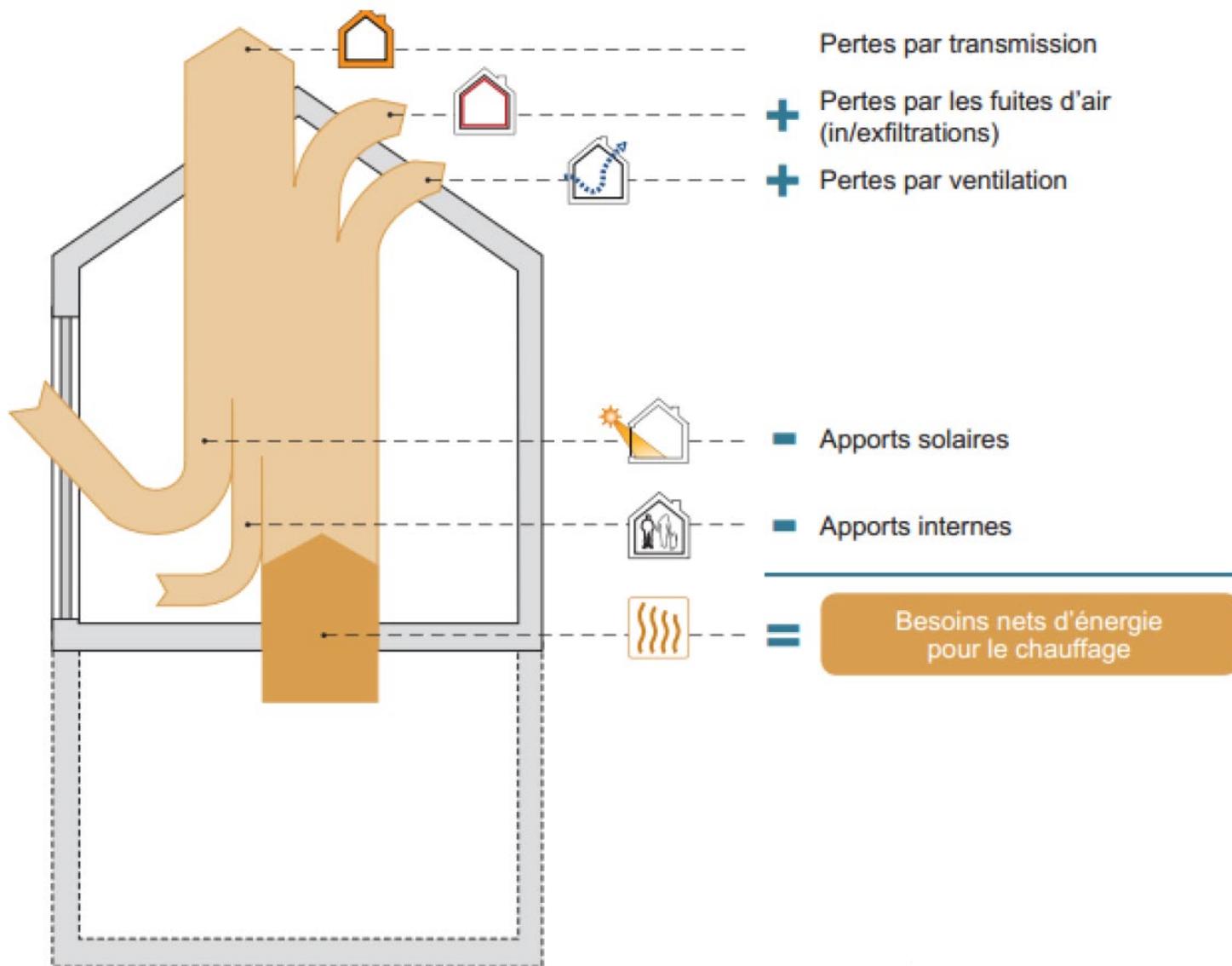
- ❖ Pour 2050, la Région s'engage à approcher l'objectif européen de neutralité carbone.
 - ❖ Inscrire dans la législation l'interdiction de l'installation d'appareils de chauffage et/ou de production d'eau chaude sanitaire fonctionnant au mazout dès 2025
 - ❖ amorcer la sortie progressive du gaz naturel à partir de 2030
- ➔ Nos chaudières et systèmes de chauffage actuels doivent être optimisés pour consommer moins!!! Mais ils ne seront plus nos systèmes de chauffage de demain...



Enjeux et vision énergétique



RENOLUTION a pour ambition de diminuer significativement les émissions de CO2 et donc les BESOINS de chaleur des bâtiments existants





Enjeux et vision énergétique

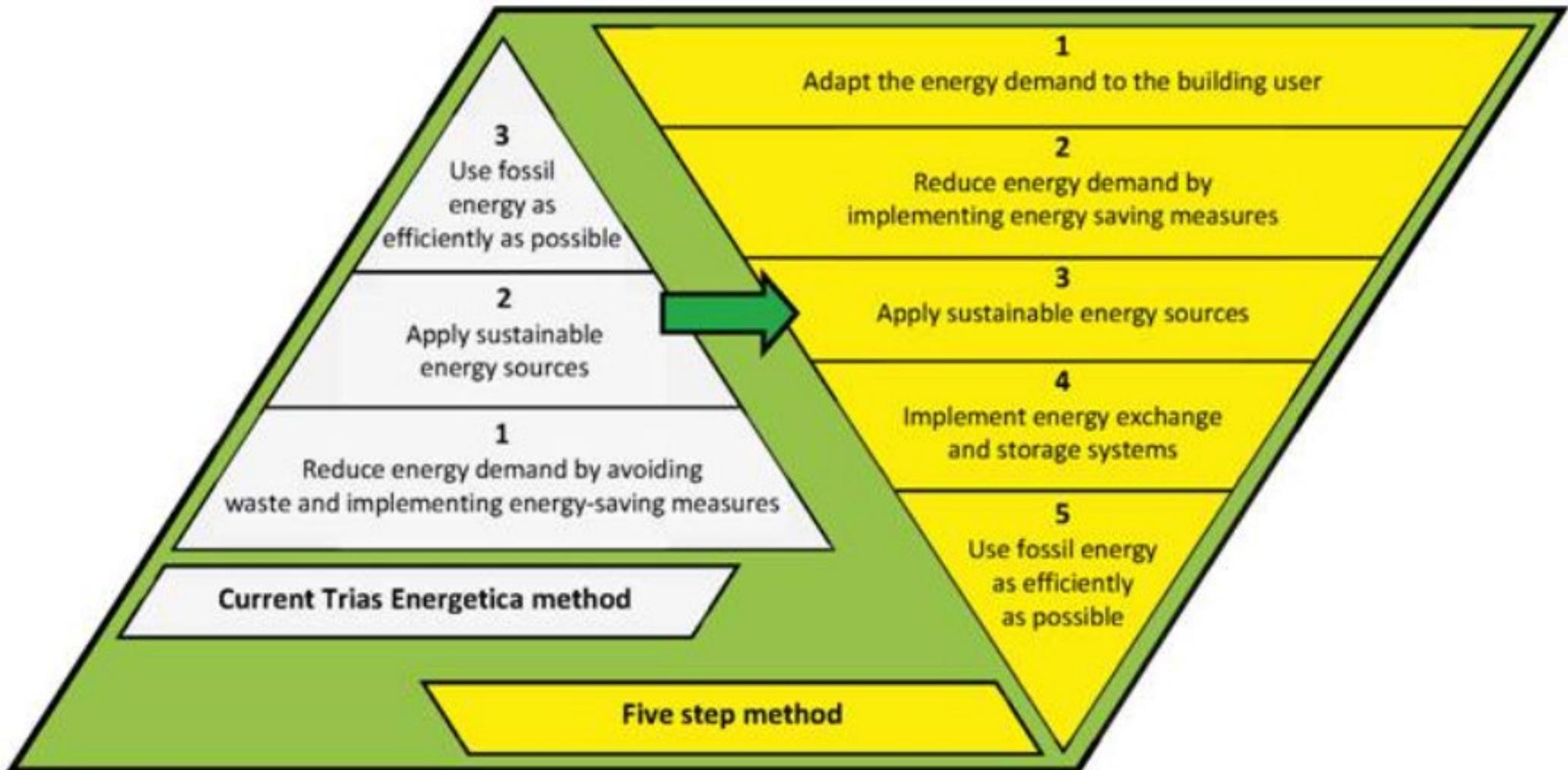


| | Mal Isolée | Passive |
|---------------------------|------------|----------|
| Puissance chauffage | 20 kW | 2593 |
| Déperditions | 57 000 kWh | 8100 kWh |
| Gains | 6000 kWh | 6400 kWh |
| Besoins pour le chauffage | 51 000 kWh | 2300 kWh |
| Budget chauffage (gaz) | 3800 € | 170 € |



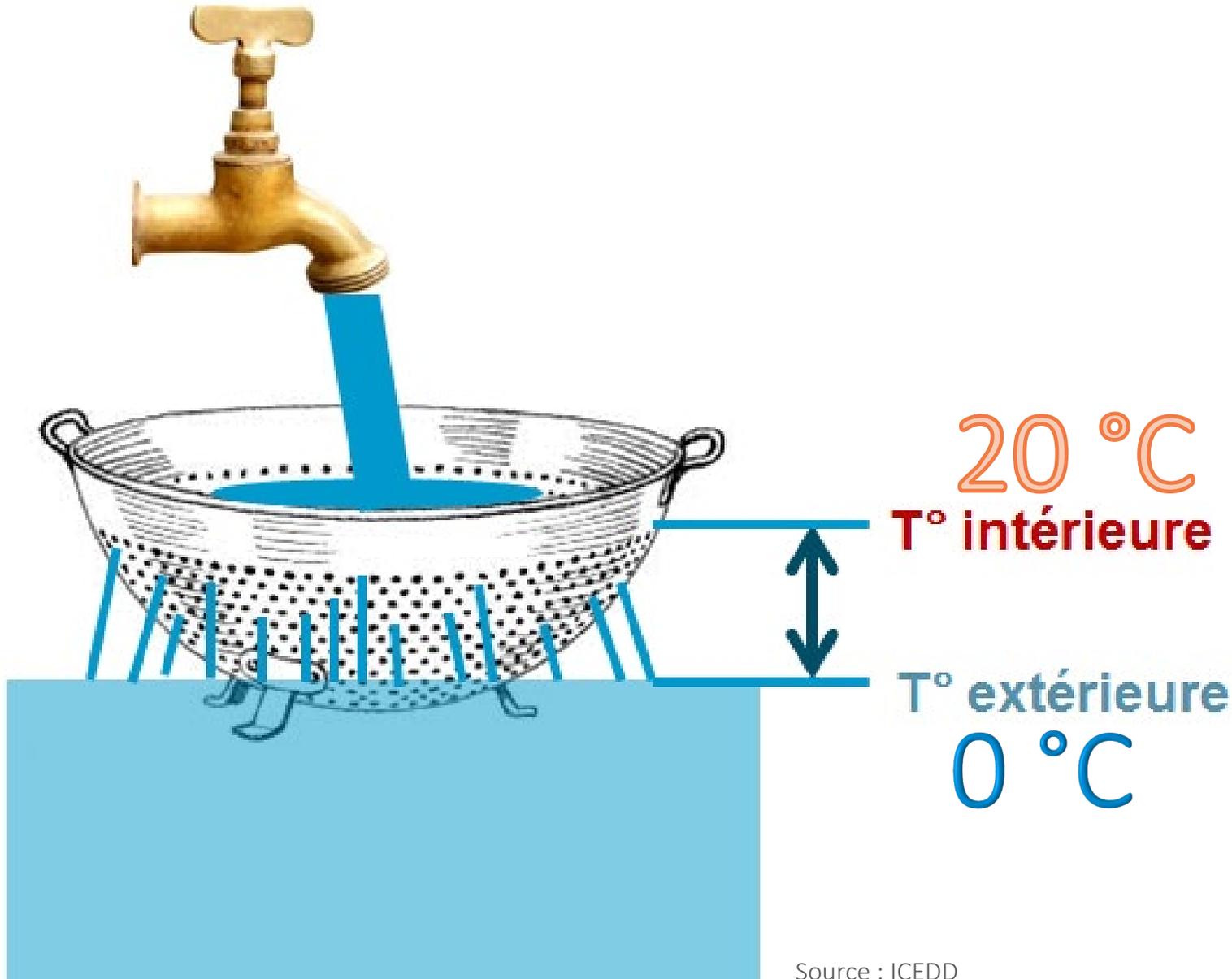
Enjeux et vision énergétique

❖ Pourquoi une formation chauffage ?





Introduction : pourquoi une installation de chauffage ?



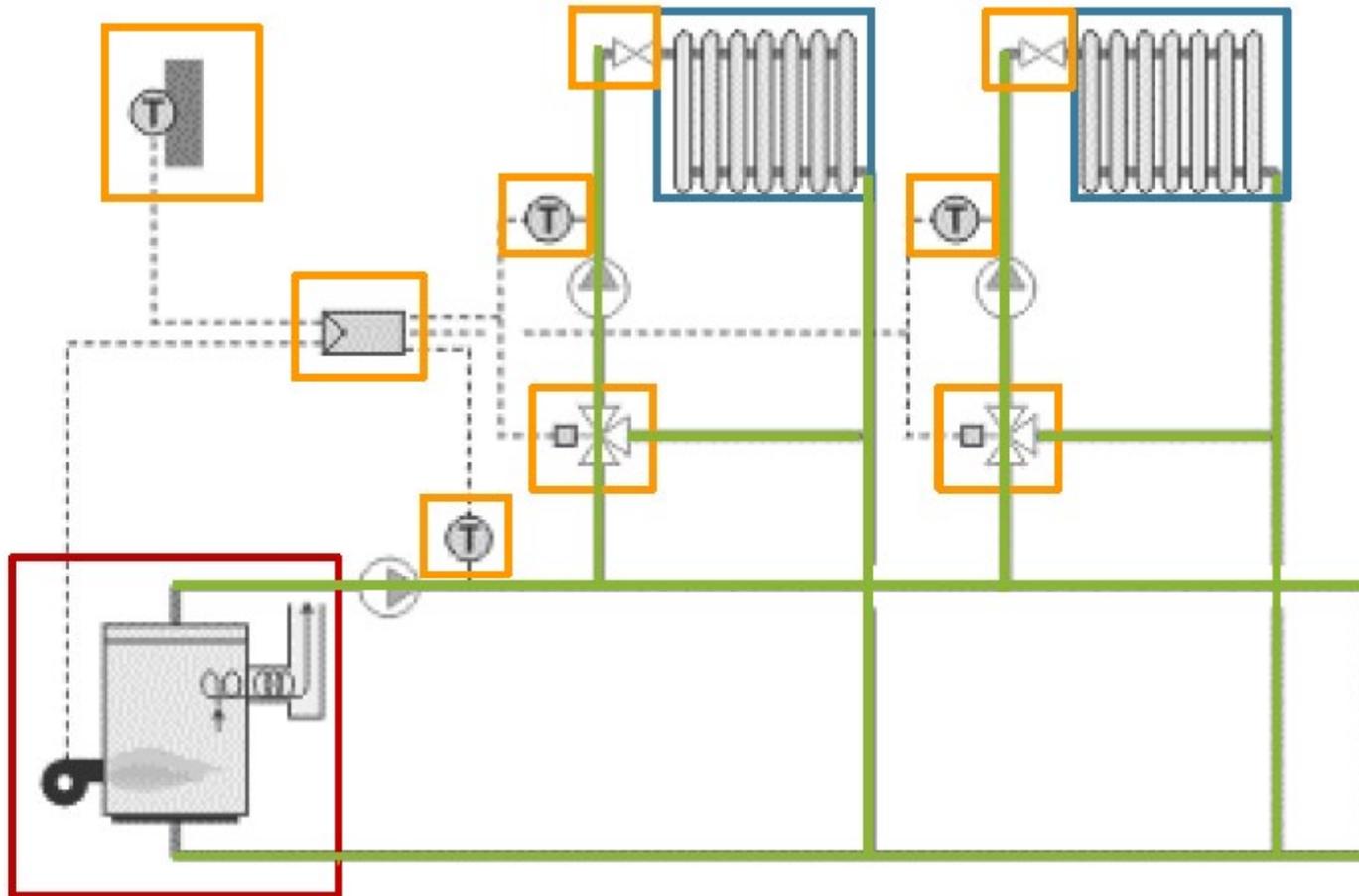
Source : ICEDD

- ❖ Il faut maintenir un débit pour maintenir le niveau d'eau désiré
- ❖ Il faut maintenir une puissance de chauffage pour maintenir une température désirée
- ❖ La puissance nécessaire est variable en fonction de la différence entre la température intérieure et extérieure



Introduction : pourquoi une installation de chauffage ?

$$\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{production}} \times \eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{émission}} \times \eta_{\text{régulation}}$$



- Le rendement global d'une installation de chauffage tient compte du rendement de chaque élément
- Si 1 élément est faible, l'ensemble sera pénalisé...



Objectif de la formation

- ❖ Comprendre le principe de fonctionnement d'une installation de chauffage central existante avec chaudière alimentant un réseau d'eau chaude
- ❖ Afin de pouvoir
 - identifier les améliorations possibles
 - Avoir un regard critique sur sa rénovation
- ❖ Ne seront pas abordés :
 - Les moyens de production basés sur les énergies renouvelables (biomasse, pompes à chaleur, ...)
 - Les particularités des bâtiments à haute performances énergétiques (passifs & assimilés)



- ⬢ Intro : Pourquoi chauffer ? Quid à moyen terme?
- ⬢ Notions de base
- ⬢ Production de chaleur : les chaudières
- ⬢ Quelques aspects réglementaires
- ⬢ La distribution de chaleur
- ⬢ L'émission de chaleur
- ⬢ La régulation
- ⬢ Les auxiliaires
- ⬢ Rénover sa chaufferie par une chaudière à condensation
- ⬢ Diagnostiquer et améliorer une chaufferie existante
- ⬢ Conclusions



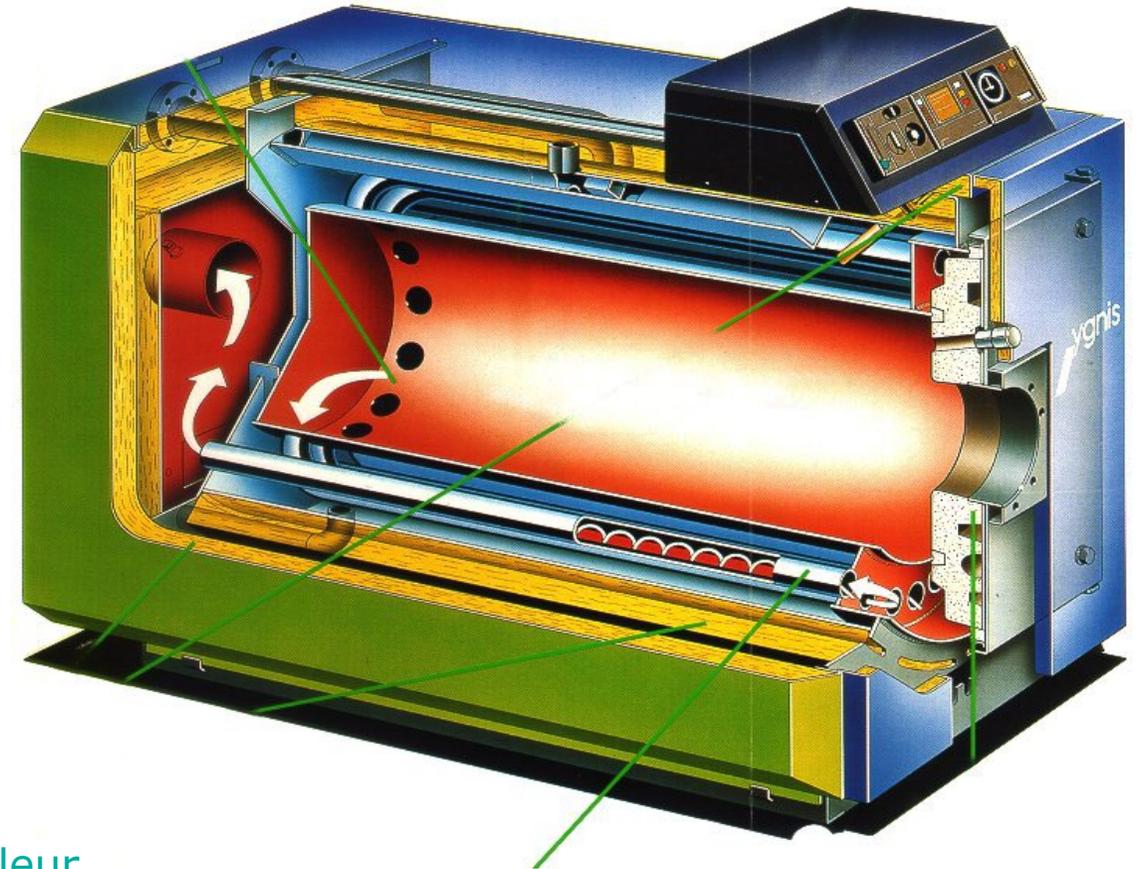
ICEDD



Notions de base : la chaudière

Chaudière :

échangeur de chaleur
parcouru par de l'eau et
équipé d'un **foyer** où a lieu la
combustion d'un combustible
(gaz, mazout, bois, etc)



Principe général :

- la flamme brûle dans un foyer
 - tout autour de ce foyer, de l'eau capte la chaleur
 - ensuite, les fumées passent dans des tubes (toujours entourés d'eau)
 - puis ressortent à l'arrière.
- ➔ l'eau sort plus chaude qu'elle n'est rentrée!



Notions de base : la combustion

Nos combustibles (fuel, gaz, bois,...) sont constitués de Carbone et d'Hydrogène.



Par la combustion,

le Carbone formera du **CO₂**

l'Hydrogène formera ... de l'**eau** !

Cette eau est à l'état de vapeur, donc elle ne se voit pas...

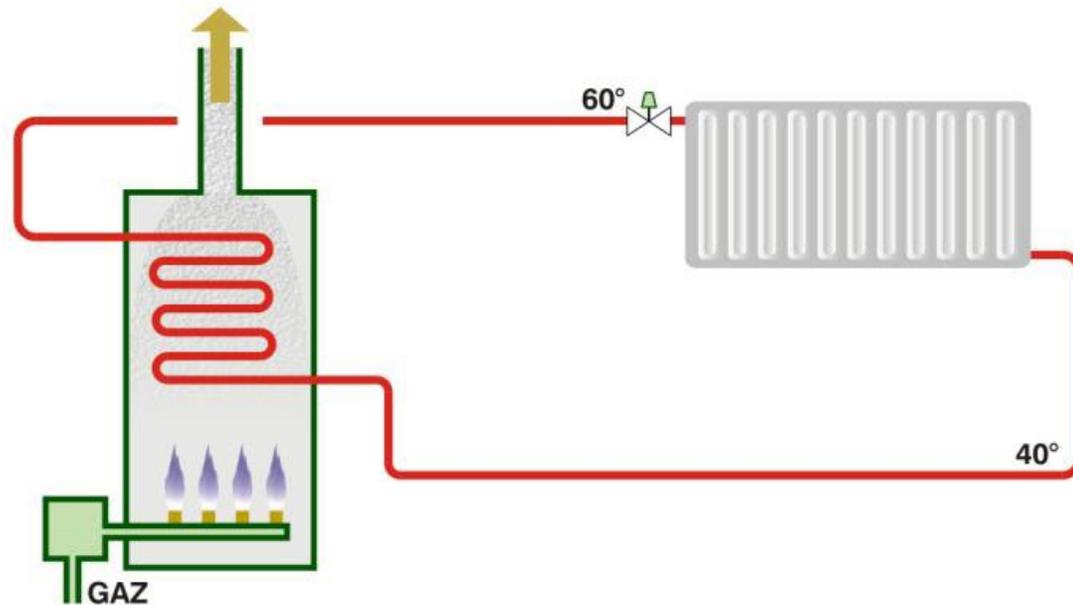
... sauf lorsqu'elle condense et forme de la fumée blanche en sortie de cheminée !





Notions de base : quid de la vapeur d'eau

Pour les « anciennes » chaudières :



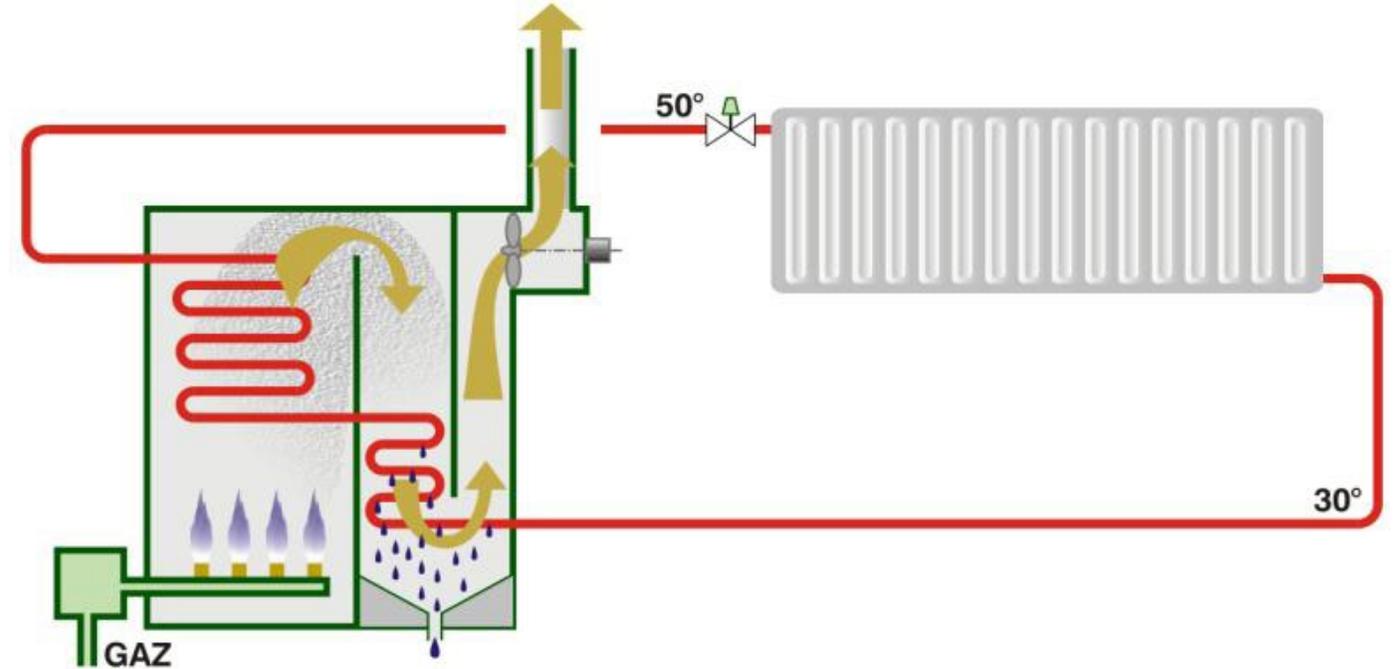
Si l'**eau** en contact avec le foyer est **froide**, les vapeurs d'eau dans les fumées **condensent** dans la chaudière...

Si la chaudière n'a pas été conçue pour résister à ces condensats, il y aura **corrosion** et destruction de la chaudière...



Notions de base : quid de la vapeur d'eau

Pour les chaudières à condensation :



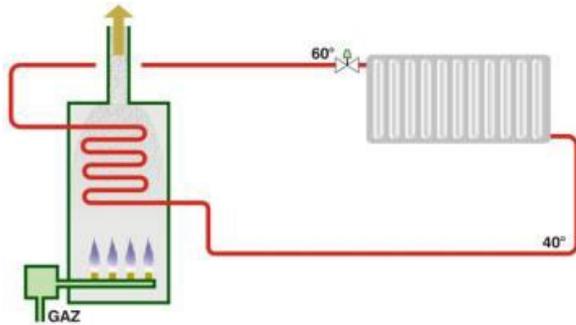
La chaudière recherche la condensation :

- ⬢ Les vapeurs condensent volontairement
 - ⬢ Les fumées sortent plus froides
- ➔ le rendement est plus élevé !



Notions de base : pouvoir calorifique

Avant :



Lorsqu'on brûle 1 m³ de gaz, on récupère ~10 kWh dans l'eau de chauffage.

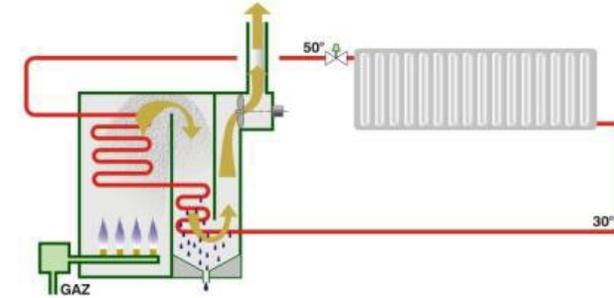
C'est le PCI, Pouvoir Calorifique Inférieur, du gaz

Le rendement d'une chaudière, c'est la quantité de chaleur produite par rapport à la quantité d'énergie brûlée.

La quantité d'énergie brûlée s'exprime en kWh PCI ou en kWh PCS.

➔ le rendement peut donc s'exprimer de 2 façons! η_i et η_s

Aujourd'hui :



Lorsqu'on brûle 1 m³ de gaz, on récupère ~11 kWh dans l'eau de chauffage.

C'est le PCS, Pouvoir Calorifique Supérieur, du gaz

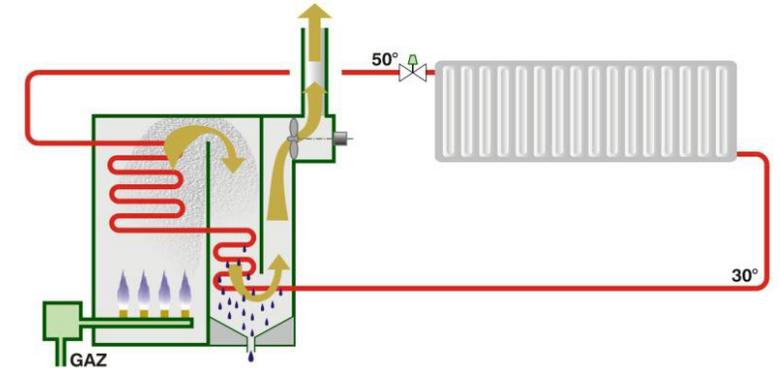


Notions de base : pouvoir calorifique

Extrait d'un catalogue de fabricant de chaudière

Caractéristiques techniques

| | | | |
|---|----|-------|-------|
| Puissance nominale | | | |
| pour une température d'eau primaire de 80/60 °C | kW | 285 | 370 |
| pour une température d'eau primaire de 70/50 °C | kW | 295 | 383 |
| pour une température d'eau primaire de 40/30 °C | kW | 314 | 408 |
| Rendement à charge nominale | | | |
| pour une température d'eau primaire de 80/60 °C | % | 96,8 | 96,8 |
| pour une température d'eau primaire de 70/50 °C | % | 100,2 | 100,2 |
| pour une température d'eau primaire de 40/30 °C | % | 106 | 106 |
| Presses d'entretien à charge nominale | | | |



La chaudière à condensation n'aura un bon rendement que l'eau de retour est froide !



- ⬢ Intro : Pourquoi chauffer ? Quid à moyen terme?
- ⬢ Notions de base
- ⬢ Production de chaleur : les **chaudières**
- ⬢ Quelques aspects **réglementaires**
- ⬢ La **distribution** de chaleur
- ⬢ **L'émission** de chaleur
- ⬢ La **régulation**
- ⬢ Les **auxiliaires**
- ⬢ **Rénover** sa chaufferie par une chaudière à condensation
- ⬢ Diagnostiquer et **améliorer** une chaufferie existante
- ⬢ Conclusions

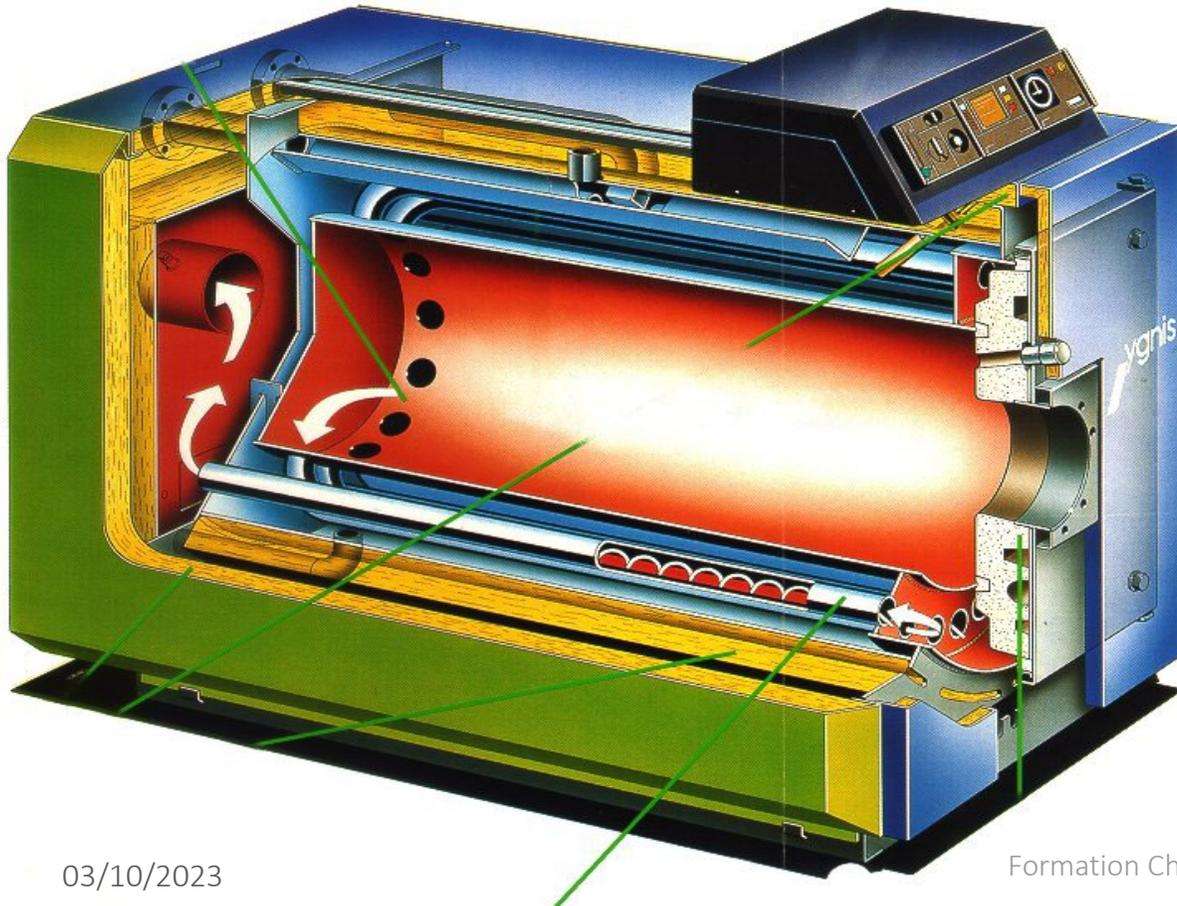


ICEDD



Production : la chaudière

- ❖ Chaudière = échangeur de chaleur
- ❖ Brûleur = élément qui génère une flamme dans la chaudière





Production : les chaudières à brûleur pulsé

- Chaudières dites à foyer pressurisé (déplacement des fumées grâce à la pression du ventilateur)

Brûleur indépendant de la chaudière

$\eta_{i \text{ combustion courants}} = 91 \dots 95\%$

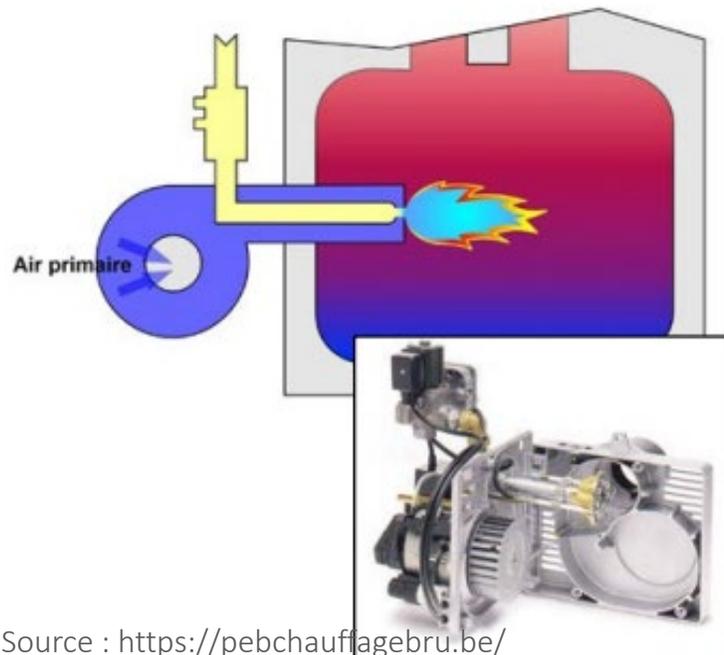
Toutes les chaudières mazout

Chaudières gaz :

- *grosse puissance*
- *ancienne génération*



Source : ICEDD



Source : <https://pebchauffagebru.be/>



Source : ICEDD



Production : allures du brûleur

- ⬢ L'allure, c'est la puissance (taille) de la flamme
- ⬢ Quel est l'intérêt d'avoir plusieurs allures ?

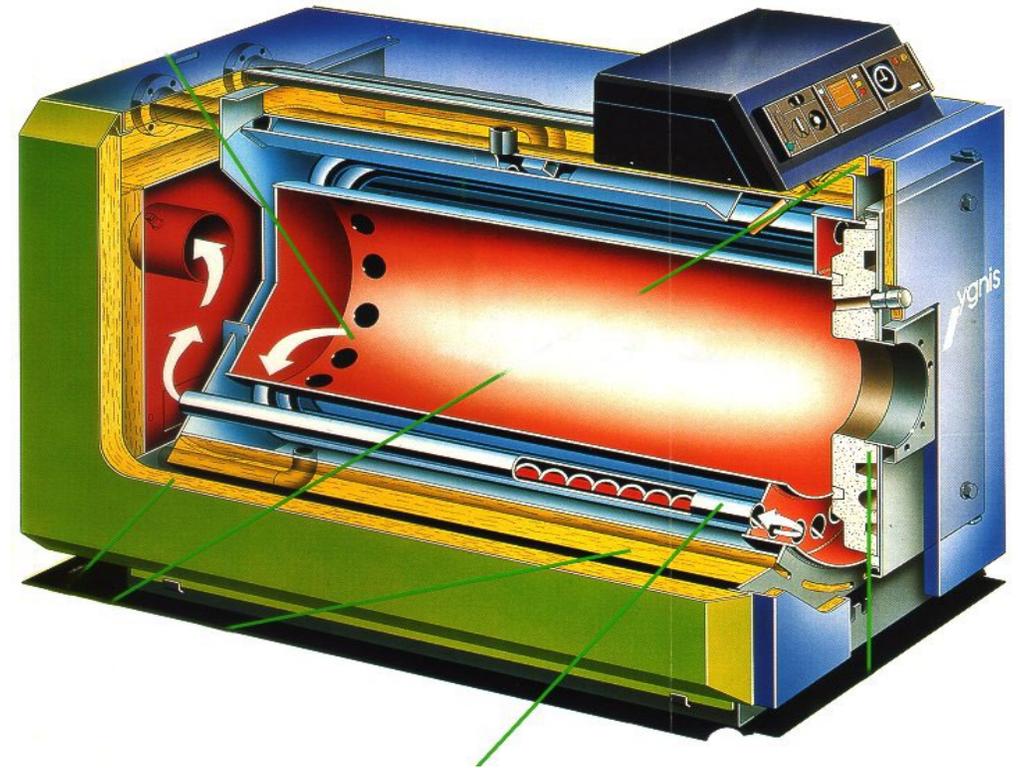
*Si on a une **petite flamme** dans un **grand échangeur**, les fumées seront plus **froides** en sortie de chaudière*

→ Meilleur rendement !

Enjeu énergétique

2 .. 3 % de rendement de combustion en plus !

≈ 2 à 3 % de consommation en moins !





Production : allures du brûleur

Plusieurs modes de fonctionnement :

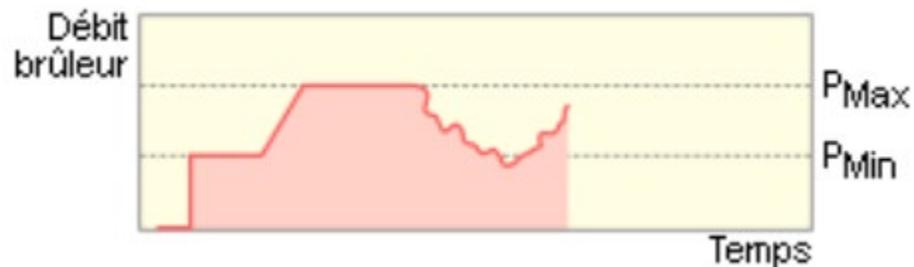
- Brûleur 1 allure (tout ou rien)



- Brûleur 2 allures (petite et grande flamme)



- Brûleur modulant (flamme variable)



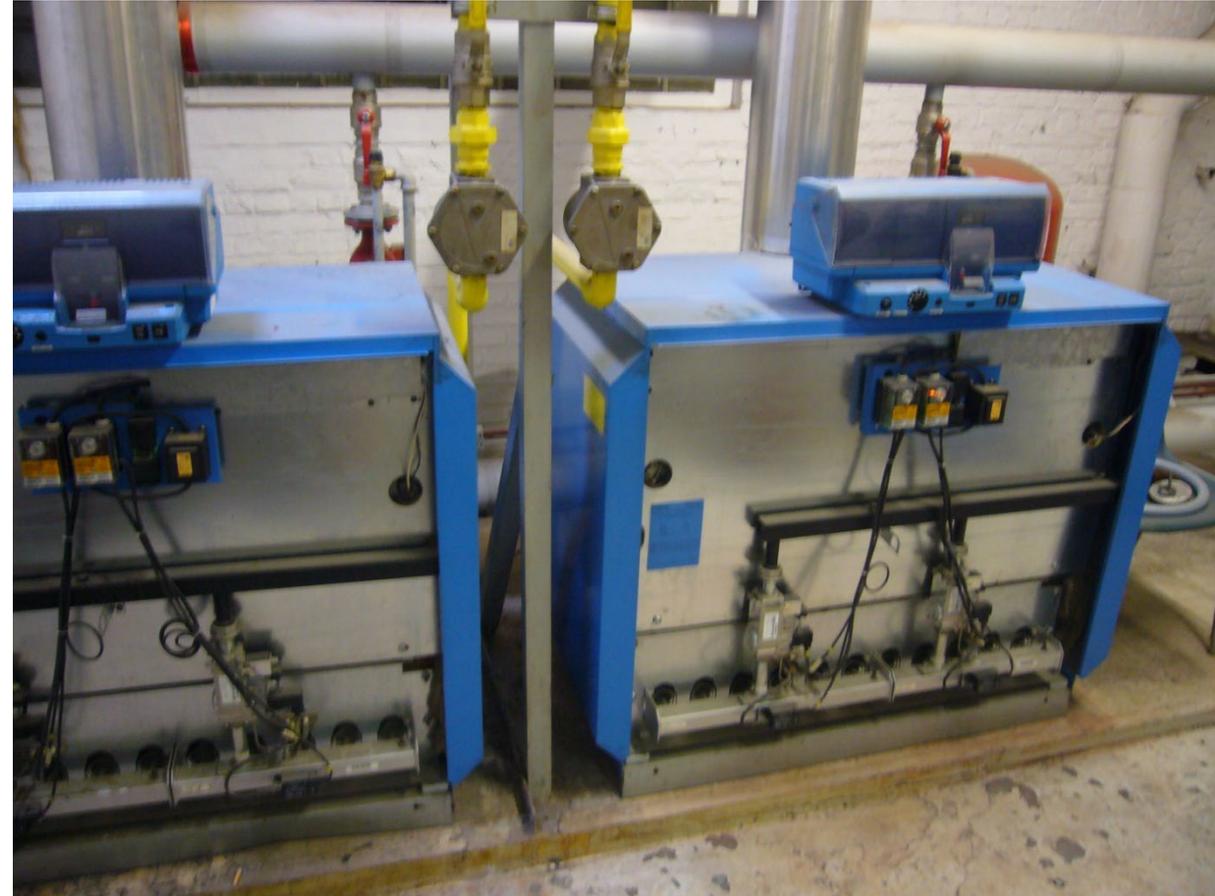
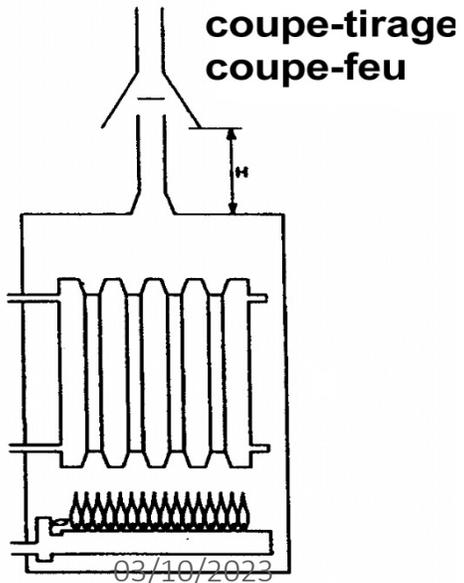


Production : les chaudières atmosphériques

- Chaudières généralement ouvertes sur l'ambiance

Le gaz est pulsé via une rampe de gaz et alimente une « grille »

Le gaz se mélange à l'air ambiant par effet venturi

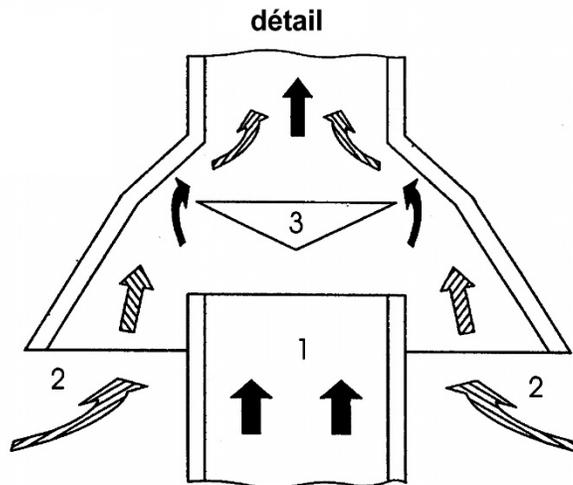




Production : les chaudières atmosphériques



Coupe-tirage

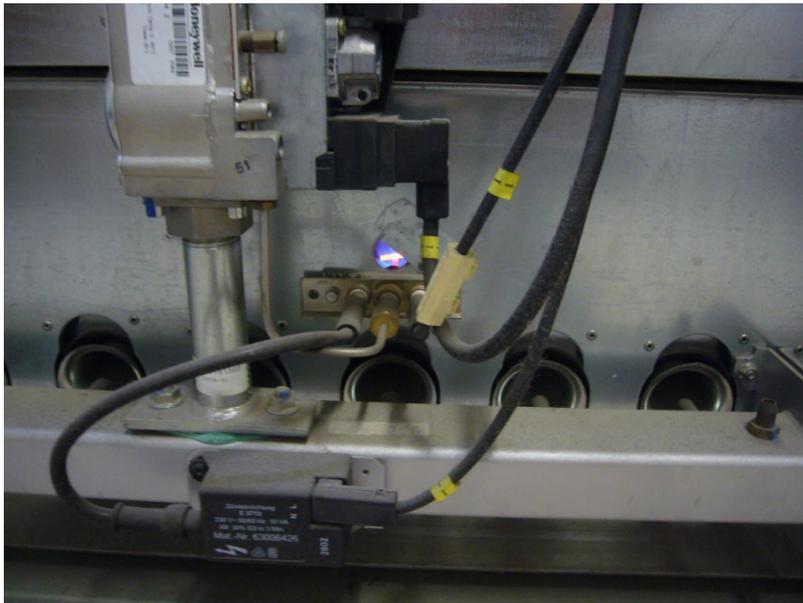




Production : les chaudières atmosphériques

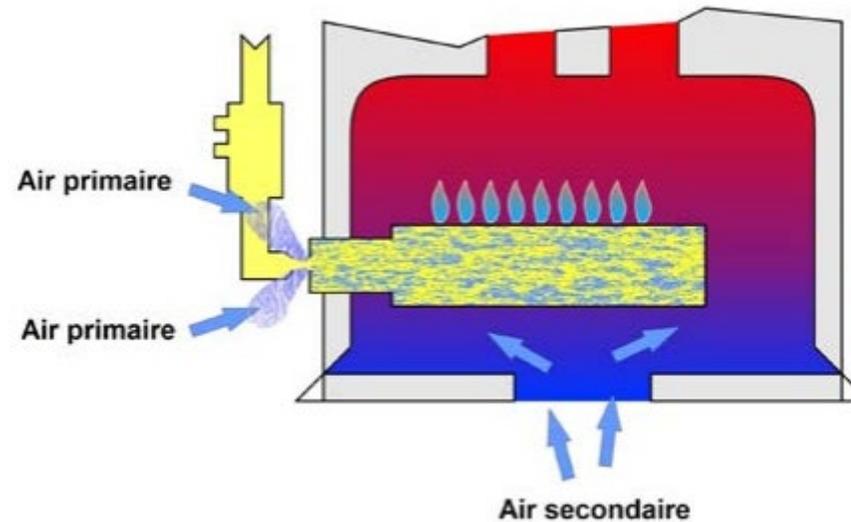
Technologie constructive simple

- ❖ La combustion se fait à la pression atmosphérique
- ❖ Brûleur = rampe gaz intégrée dans la chaudière

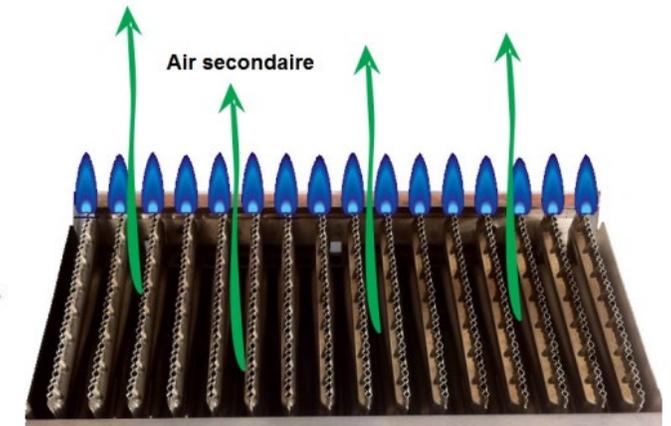
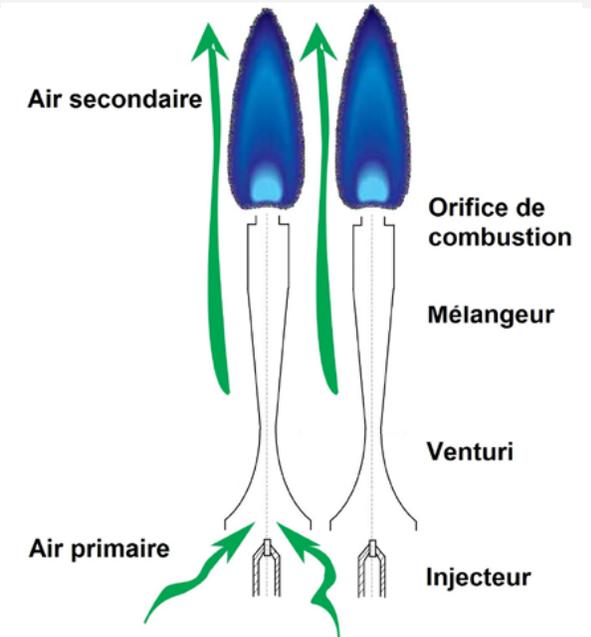


Source : ICEDD

03/10/2023



Formation Chauffage



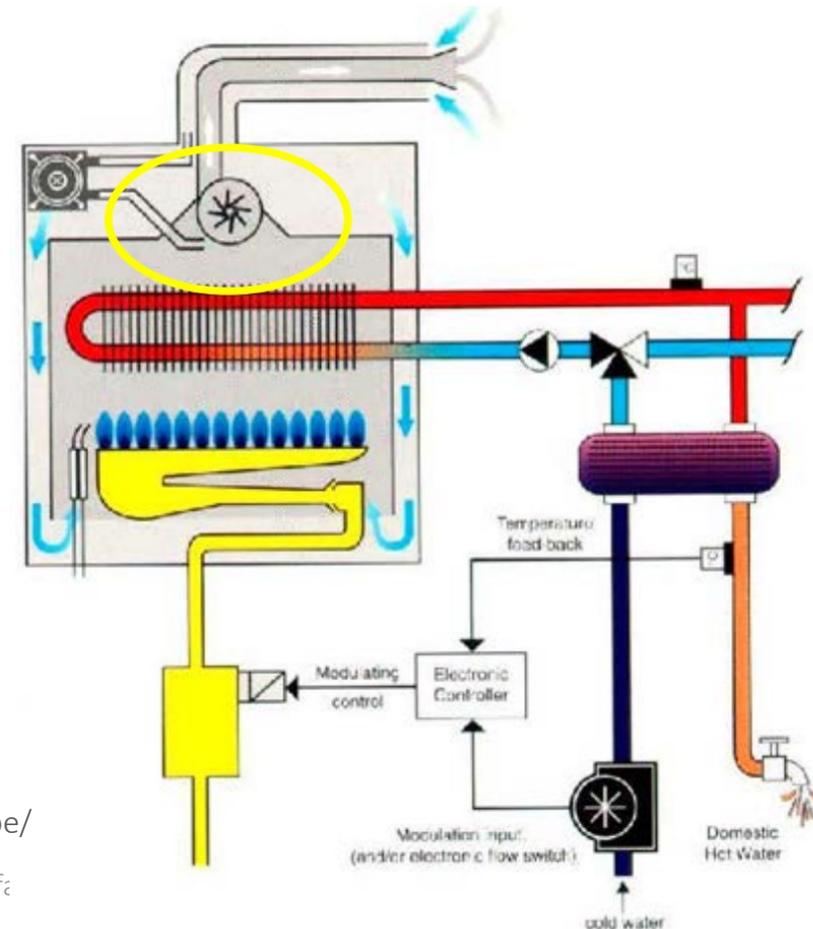
Source : <https://pebchauffagebru.be/>

Source : energie.wallonie.be



Production : les chaudières atmosphériques

- ◆ Généralement pas de ventilateur sur le brûleur → Pas de bruit
Parfois un ventilateur d'évacuation des fumées

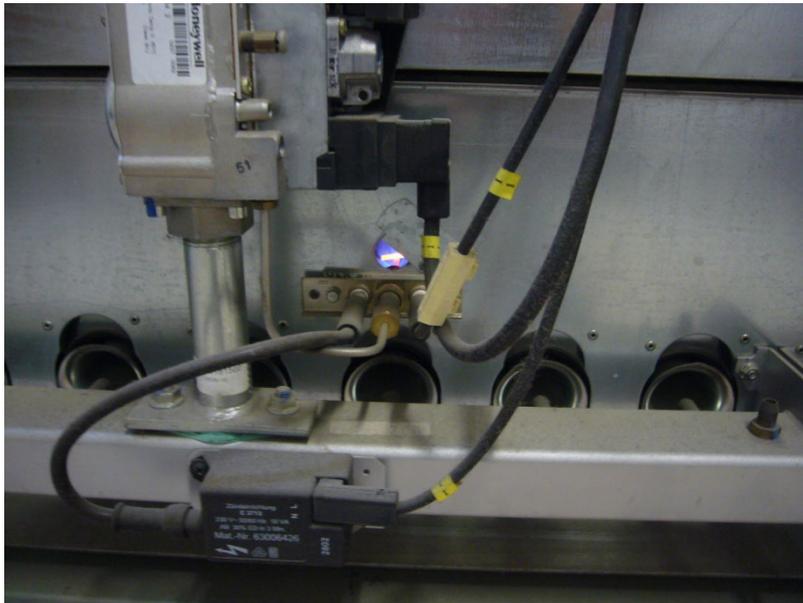


Source : <https://pebchauffagebru.be/>



Production : les chaudières atmosphériques

- ❖ Allumage par **veilleuse** pour les anciennes chaudières
Allumage électronique pour les chaudières actuelles





Production : les chaudières atmosphériques

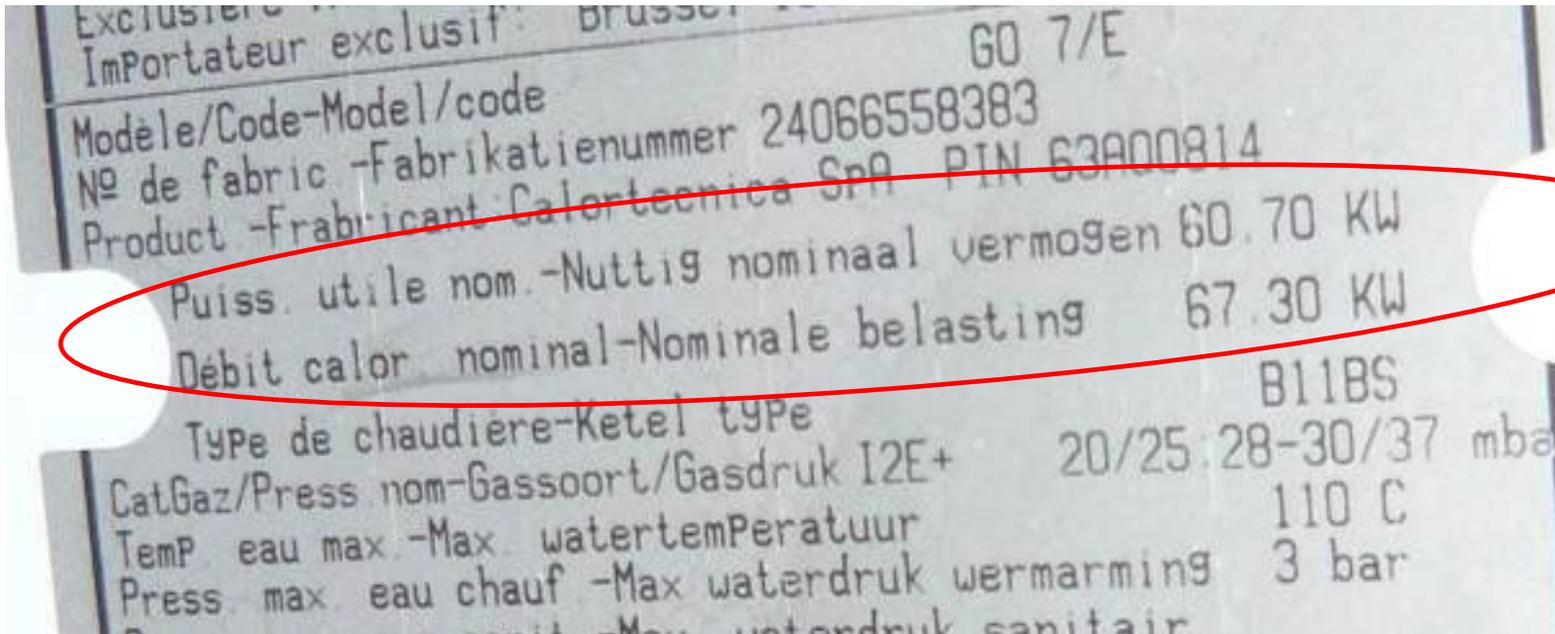
- ❖ Pas de réglage possible de la combustion (réglage d'usine). Pas de mesure de combustion « représentative ».
- ❖ Rendement de combustion parfois médiocre (excès d'air non maîtrisé)
- ❖ Pertes à l'arrêt plus importantes (foyer ouvert en permanence)

$\eta_{i \text{ combustion courants}} = 85 \dots 91\%$



Production : les chaudières atmosphériques

Détermination du rendement de combustion

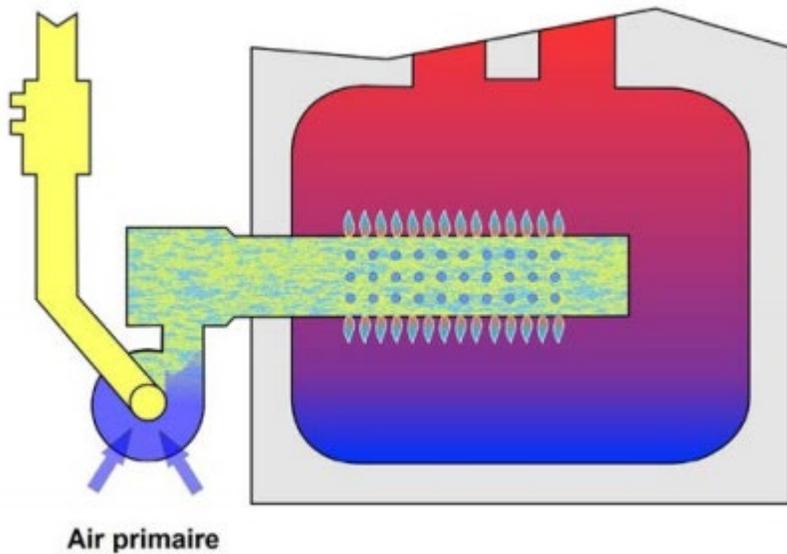


$$\eta_{comb} = 60,7 / 67,3 = 90 \%$$



Production : les brûleurs « premix » ou à prémélange

- ◈ Air comburant pulsé par ventilateur et mélangé au gaz
- ◈ Absence de **coupe tirage**

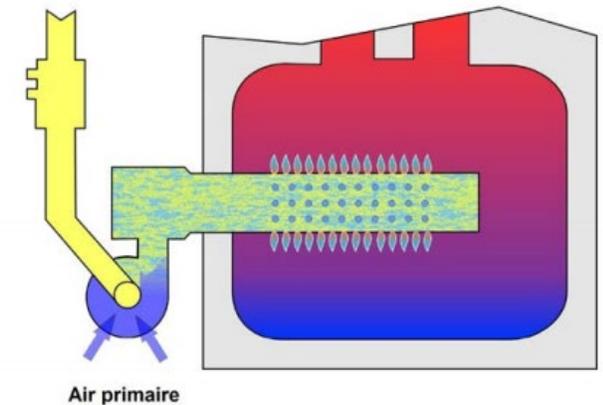


Source : <https://pebchauffagebru.be/>



Production : les brûleurs « premix » ou à prémélange

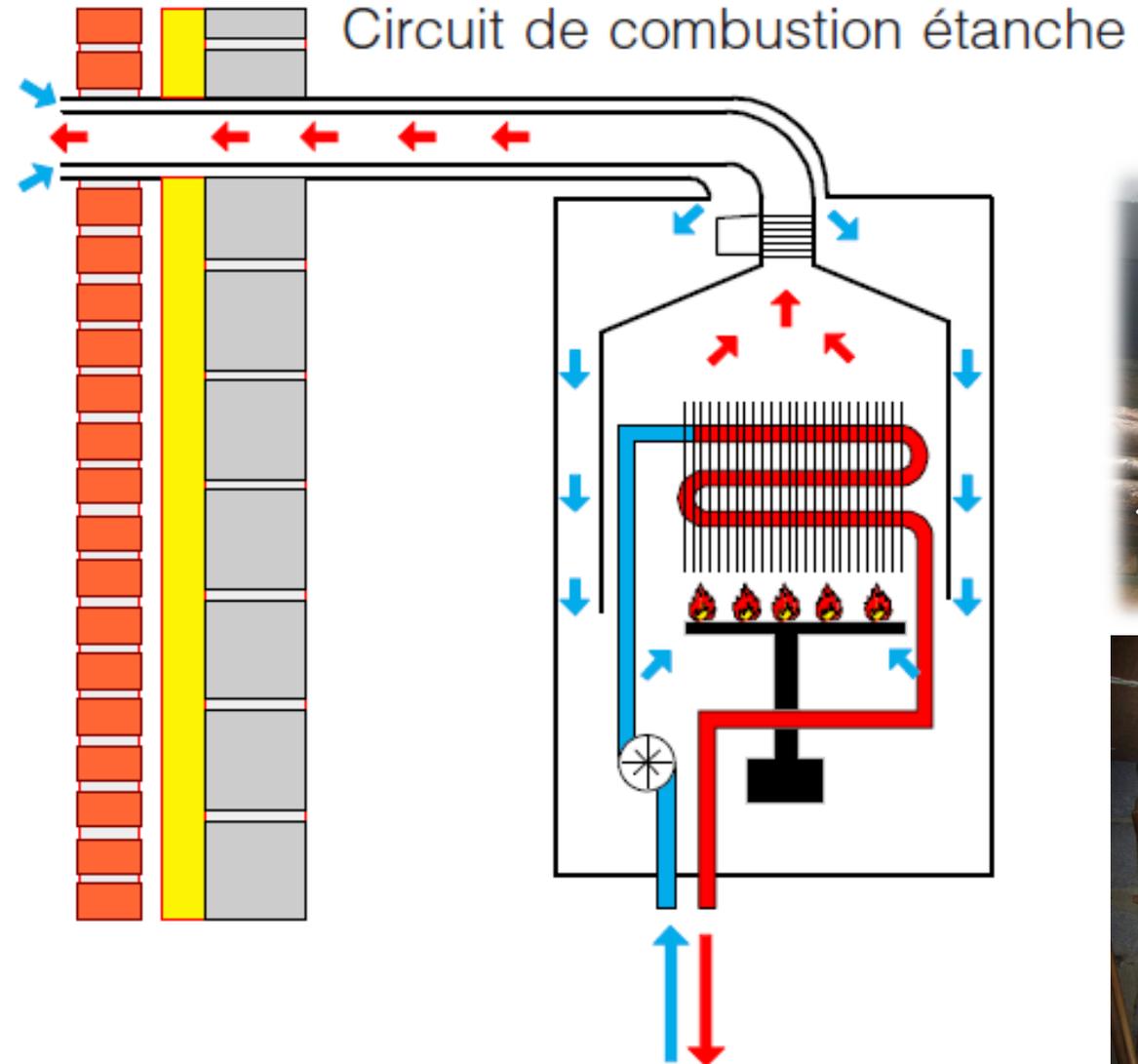
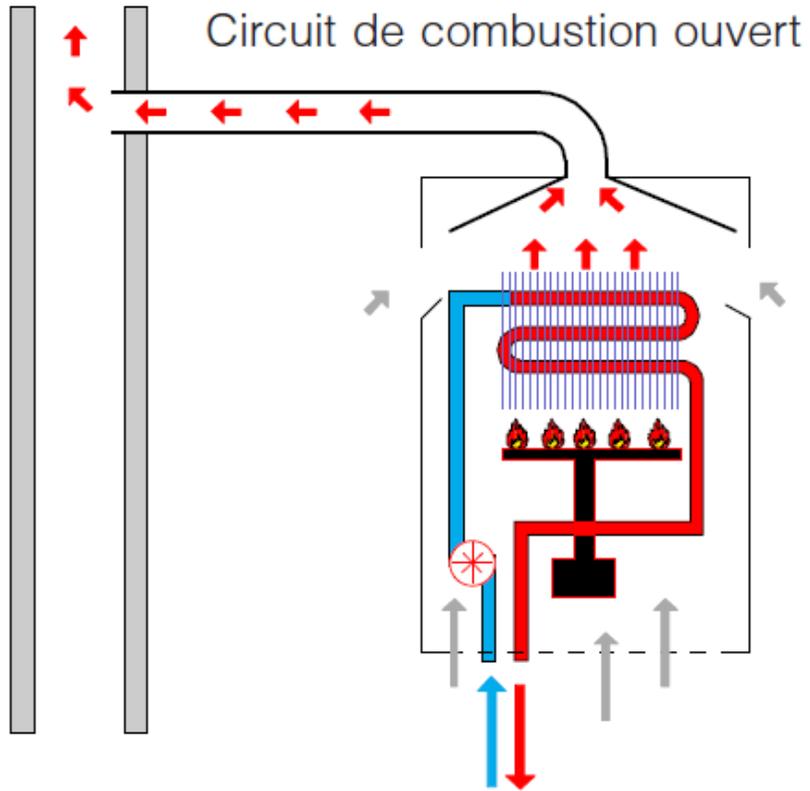
- ⬢ Souvent à condensation
- ⬢ Bonne maîtrise du mélange air/gaz
 - -> combustion optimale
 - Possibilité de moduler la taille de la flamme (puissance)
- ⬢ Rendement élevé



$\eta_{i \text{ combustion courants}} = 96 \dots 98\%$ et jusqu'à 110% en condensant



Production : les chaudières étanches





Production : les chaudières étanches

Avantages :

- ⬢ Meilleure sécurité si prise d'air extérieure (limite les risques de mauvaise combustion et de production de CO toxique)
 - ⬢ Meilleur contrôle de l'excès d'air
- rendement de combustion parfois amélioré
- pertes à l'arrêt réduites





Production : chaudières à condensation

Principe :

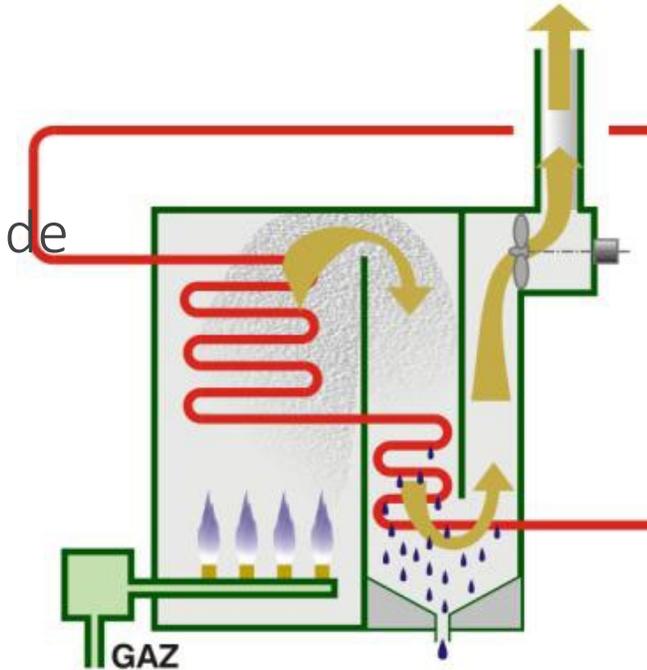
- ❖ refroidir les fumées jusqu'à récupérer la chaleur de vaporisation de l'eau contenue dans les fumées

Intérêts :

- ❖ Rendement de combustion excellent, jusqu'à 110 %
- ❖ Encore diminuer les pertes à l'arrêt
- ❖ Rendement saisonnier de production : 97 ... 105%

Gain énergétique potentiel sur la consommation annuelle :

- ❖ de 8% par rapport à une bonne chaudière à brûleur pulsé
- ❖ ... à 20% par rapport à une mauvaise chaudière atmosphérique





Production : chaudières à condensation

Reconnaître :

- ❖ Présence d'un siphon intégré ou en sortie directe de chaudière
- ❖ La dénomination du modèle de chaudière
 - Par exemple « ThermoCondens »
- ❖ La fiche technique de la chaudière

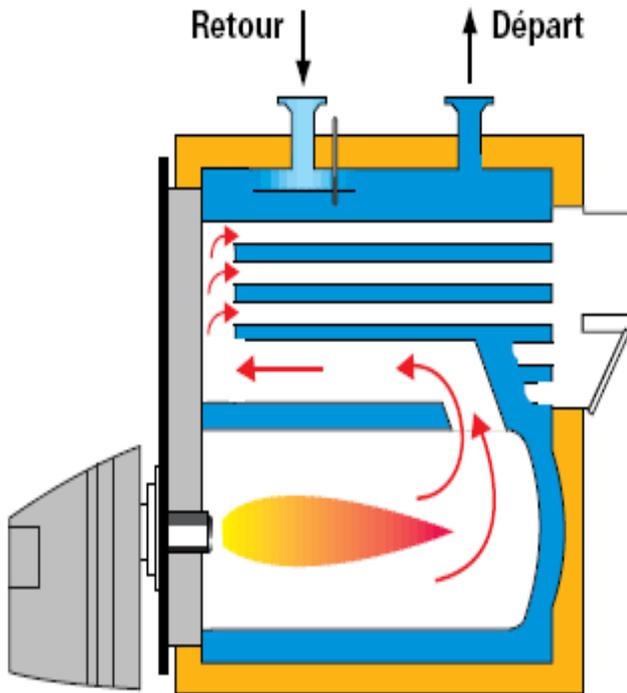
La présence d'un tuyau d'évacuation d'eau n'est pas un indice suffisant!





Production : chaudières à condensation

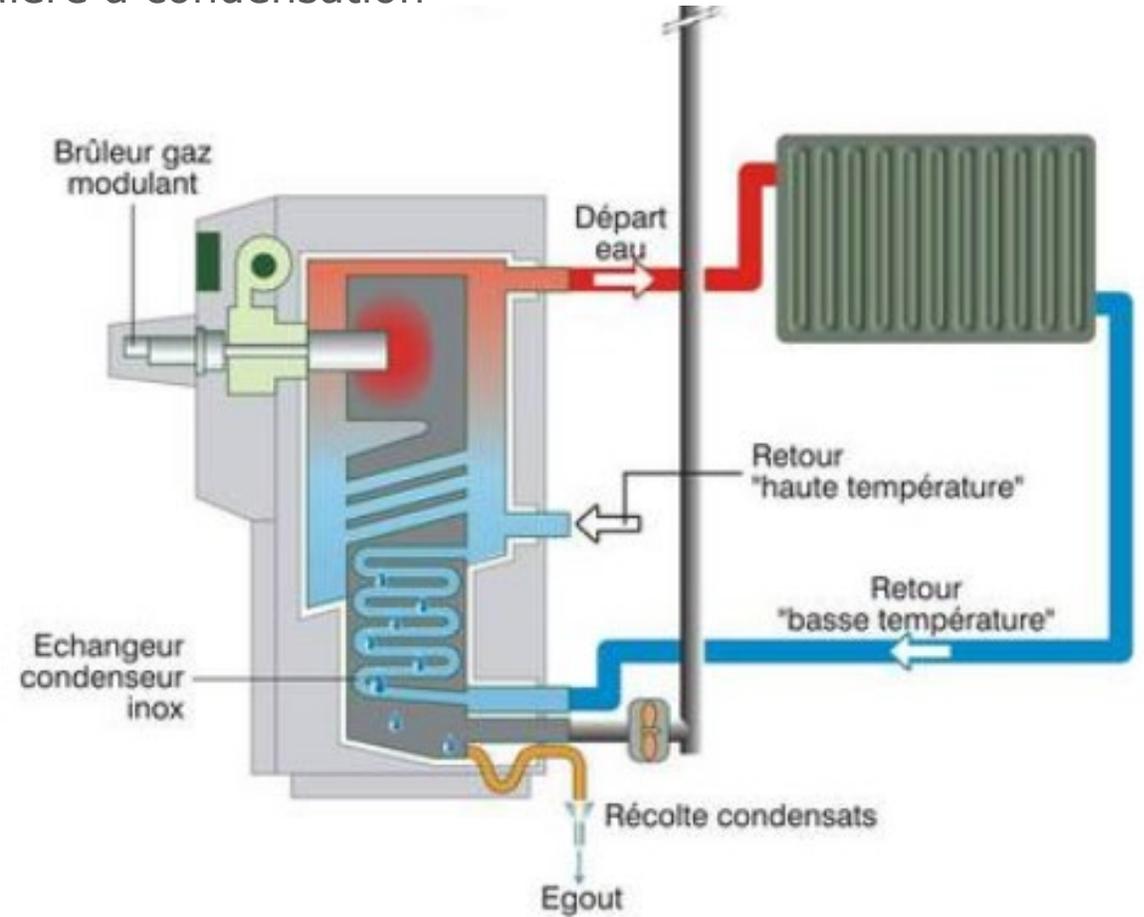
Chaudière (très) basse température



$$T_{\text{fumées}} \sim 120^{\circ}\text{C}$$

03/10/2023

Chaudière à condensation



$$T_{\text{fumées}} \sim T_{\text{eau retour}} + 5 \text{ à } 10^{\circ}\text{C}$$

Formation Chauffage

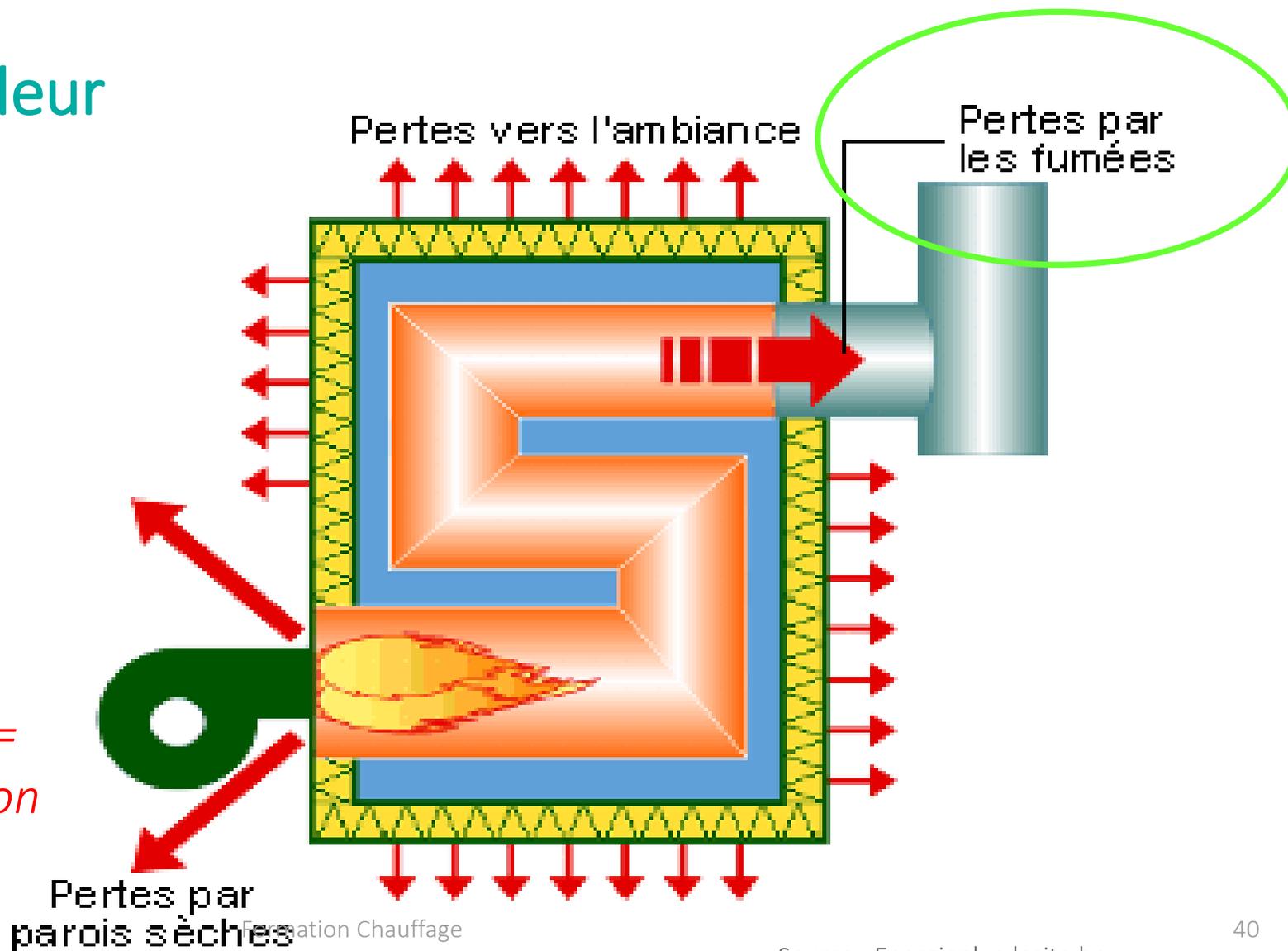


Production : pertes et rendements

Pertes lorsque le brûleur fonctionne :



*Mesure du rendement =
rendement de combustion*





Production : pertes et rendements

Attestation de contrôle d'un générateur de chaleur

Date du contrôle : N° attestation⁽¹⁾ :

Technicien⁽²⁾
 Technicien agréé L GI GII
 Technicien spécialisé en combustibles solides

Nom et prénom :

N° d'agrément (si CL ou CG) :

Nom entreprise :
 Tél : Fax ou courriel :

N° Entreprise (BCE) :

Le demandeur du contrôle
 Propriétaire de l'installation de chauffage central.
 Locataire du bâtiment contenant l'installation de cc.
 Autre (préciser) :

Nom et prénom :

Entreprise (si pertinent) :
 Rue & n° :
 Code postal & localité :
 Tél : Fax ou courriel :

Localisation du générateur si différente :

Combustibles (si multicombustible, mentionner les différents combustibles)

Solide Pellets bois B ches Plaquettes Céréales Charbon Autre :

Liquide Gasoil Gasoil extra Fuel lourd Autre :

Gazeux Gaz nat. G20 Gaz nat. G25 Propane Butane Biogaz Autre :

Générateur de chaleur
 Nb de générateurs dans le local de chauffe :

Identification du générateur (si plusieurs) :

Raccordement : B ⁽³⁾, C ⁽³⁾

A condensation : oui non

Plaque signalétique : Absente Présente

Année de construction⁽⁴⁾ :

Marque : Type :

N° série :

Puissance nominale utile : kW kcal/h

Brûleur
 1 allure plusieurs allures (nombre :)
 modulant
 si gaz : unit air pulsé (séparable)
 si « unit gaz » ou comb. liq. : pr mix⁽⁵⁾ non-pr mix
 si air pulsé (gaz / combustible liquide / pellets) :

Marque : Type :

Année de construction : N° série :

Installation de chauffage central
 Fluide caloporteur Eau Vapeur basse pression
 Huile thermique

Production chaleur Chauffage ECS Chauff. + ECS

Ventilation local de chauffe – Amenée d'air comburant –  vacuation des gaz de combustion
 Introduction de la demande initiale de permis d'urbanisme du bâtiment contenant le local de chauffe⁽⁶⁾ :
 Avant le 29/05/2009⁽⁷⁾ (→ Respect de la norme ou du code de bonne pratique applicable au moment du placement de l'installation de chauffage central ou auxquelles il a été soumis par la suite)
 Après le 29/05/2009 (→ Respect, selon les cas, des normes NBN B 61-001, B 61-002, D 51-003, D 51-004, D 51-006)

Conformité de la ventilation du local de chauffe : OUI NON

Conformité du dispositif d'amenée d'air comburant : OUI NON

Conformité du dispositif d'évacuation des gaz de combustion : OUI NON

En cas de non-conformité → Causes de non-conformité et actions à entreprendre :

Orifices de mesure (générateurs combustibles liquides et gazeux)
 Le générateur est-il dispensé de l'obligation d'être équipé d'orifices de mesure⁽⁸⁾ ? OUI NON

Si réponse = « NON » → le générateur doit être équipé d'orifices.

Présent et conforme
 Présent et non conforme
 Absent et techniquement non réalisable

Remarque – Cause de non conformité :

Vérifier la complétude et les valeurs indiquées sur les attestations d'entretien !

- Date
- T° cheminée et ambiante [ C]
- Teneur en CO₂ [%]
- Teneur en CO
- Rendement de combustion [%]

Respect des critères de bon fonctionnement (installations alimentées en combustibles liquides ou gazeux)

| Température d'eau ( C) ⁽⁹⁾ : | Indice de fumée MAXIMAL (Bacharach) | t° nette gaz combustion (t° gaz/air comb.) MAXIMAL ( C) | Teneur en CO ₂ MINIMALE (%) | Teneur en O ₂ MAXIMALE (%) | Teneur en CO MAXIMALE (mg/kWh) | Rendement combustion MINIMAL (%) |
|---|---|--|--|---|--------------------------------------|--|
| Performances minimales⁽¹⁰⁾ | | | | | | |
| Valeurs mesurées | | | | | | |
| Puissance maximale | | | | | | |
| Allure 1 / Pmin | | | | | | |
| Allure 2 (25% si modulant) | | | | | | |
| Allure 3 (50% si modulant) | | | | | | |
| Allure 4 (75% si modulant) | | | | | | |

A remplir si brûleur à plusieurs allures⁽⁷⁾ ou modulant de P ≥ 1 MW⁽⁷⁾



Production : pertes et rendements

- ❖ Valeurs cibles pour les paramètres de combustion présents sur l'attestation d'entretien

| | Ancienne chaudière de 20 ~ 25 ans | chaudière non à condensation | |
|------------------|---|------------------------------------|----------|
| T° fumées | ~ 180 | ~ 120 | °C |
| Taux CO2 mazout | 12,5 .. 13 | 12,5 .. 13 | % |
| Taux CO2 gaz | 10 .. 11 | 10 .. 11 | % |
| Taux CO | 0 | 0 | ppm |
| Excès d'air | ~ 20 | ~ 20 | % |
| Tirage | ~ 10 .. 15 | ~ 10 .. 15 | Pa |
| Rendement | ~ 90 .. 92 | ~ 94 .. 95 | % |

Source : ICEDD



Production : pertes et rendements

- ❖ Valeurs réglementaires pour les paramètres de combustion présents sur l'attestation d'entretien :

| Date de construction de la chaudière | Température nette max des gaz de combustion (°C) | | | CO max (mg/kWh) | | | Min CO ₂ (%) | | | η min* (%) | | |
|--------------------------------------|--|--------|-----------|-----------------|--------|-----------|-------------------------|--------|-----------|---------------|--------|-----------|
| | Atmosphérique | Premix | Air pulsé | Atmosphérique | Premix | Air pulsé | Atmosphérique | Premix | Air pulsé | Atmosphérique | Premix | Air pulsé |
| A partir du 01/01/2007 | 200 | 180 | 200 | 150 | 110 | 110 | - | - | 8,5 | 88 | 90 | 90 |
| Du 01/01/1998 au 31/12/2006 inclus | 200 | 180 | 200 | 200 | 150 | 110 | - | - | 8,5 | 88 | 90 | 90 |
| Du 01/01/1988 au 31/12/1997 inclus | 250 | 200 | 220 | 200 | 150 | 150 | - | - | 7,5 | 86 | 88 | 88 |
| Jusqu'au 31/12/1987 ou inconnue | 300 | 250 | 250 | 300 | 270 | 270 | - | - | 6,5 | 82 | 84 | 85 |

Depuis 2017

* η min = le rendement de combustion sur PCI. Cette exigence n'est pas d'application pour les chaudières à condensation



Production : pertes et rendements

Enjeu énergétique

1 % de rendement de combustion en plus

≈ 1 % de consommation en moins !

Si le rendement est peu performant, un meilleur réglage est parfois possible

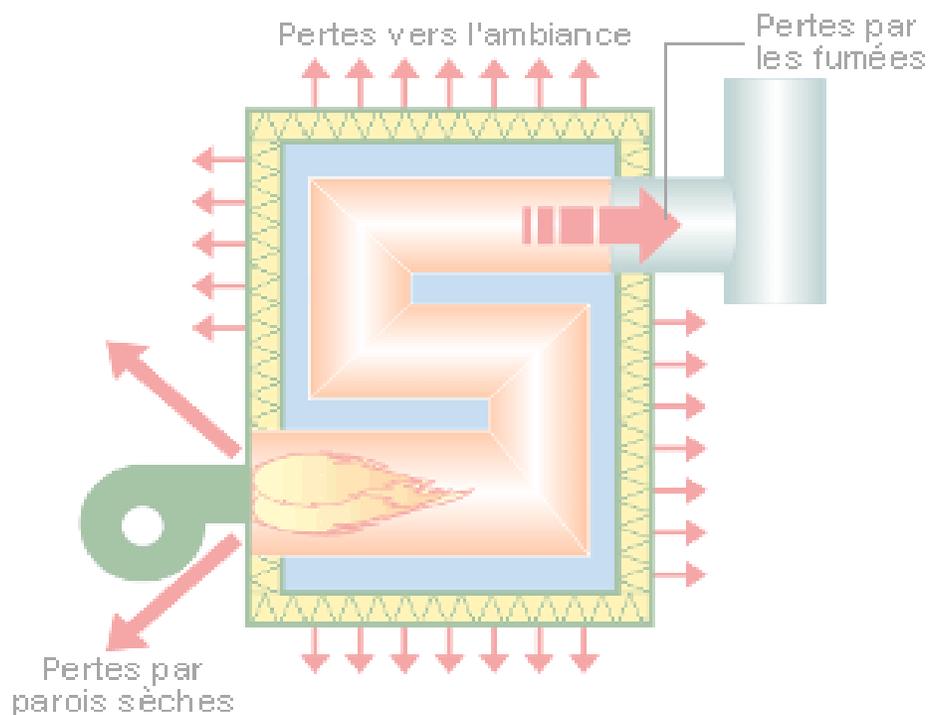
⇒ **Interroger le chauffagiste** sur la faisabilité d'affiner le réglage

Si on ne peut améliorer le rendement au-delà de 90 % (limite généralement acceptable), il faut envisager le remplacement de la chaudière

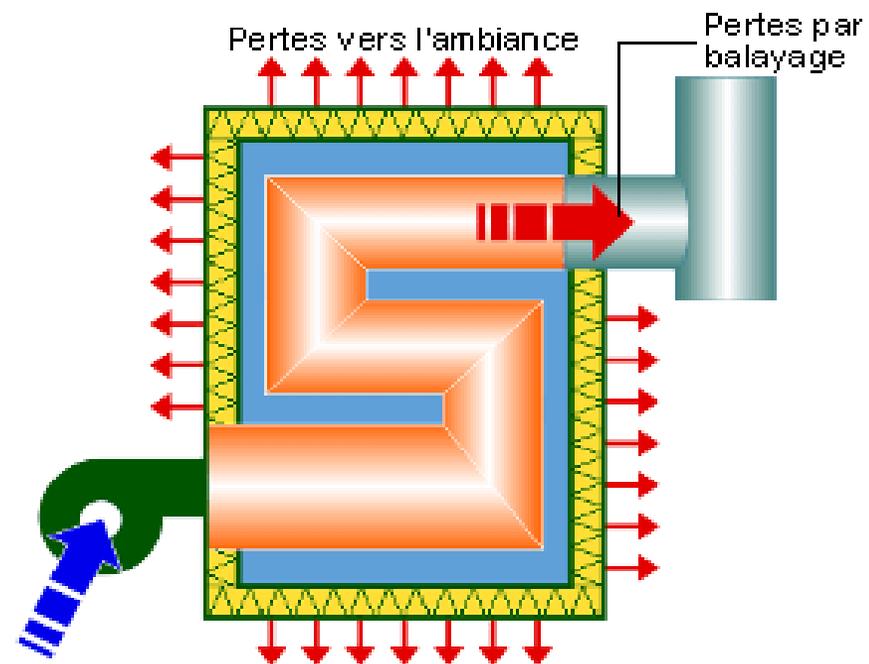


Production : pertes et rendements

Pertes et rendement lorsque le brûleur fonctionne :



Pertes lorsque le brûleur est à l'arrêt et rendement saisonnier:





Production : pertes et rendements

◊ Une installation correctement dimensionnée devrait fonctionner $\sim 1/3$ de la saison de chauffe, soit entre 1200 et 2000 h/an

◊ Pourquoi 1/3 ?

- T° int. moyenne $\sim 17^\circ\text{C}$
 - T° ext. moyenne $\sim 7^\circ\text{C}$
- } $\Delta T = 10^\circ\text{C}$
- T° int. de dimensionnement $\sim 20^\circ\text{C}$
 - T° ext. de dimensionnement $\sim -10^\circ\text{C}$
- } $\Delta T = 30^\circ\text{C}$

Temps de fonctionnement théorique du brûleur à puissance nominale [h] =
Consommation [kWh/an] / Puissance brûleur [kW]



Production : pertes et rendements

Comment repérer un surdimensionnement de la chaudière ?

- ⬢ Temps de fonctionnement annuel $< \sim 1000$ h/an

Impact du surdimensionnement des chaudières :

- ⬢ Augmentation des temps d'arrêt et donc des **pertes à l'arrêt**
- ⬢ Diminution du temps de fonctionnement du brûleur et augmentation des séquences de démarrage → **usure prématurée**

En pratique :

Surdimensionnement important récurrent

- ⬢ Si 2 chaudières en cascade ou + → mise à l'arrêt d'une chaudière
- ⬢ Si changement de chaudière prévu → redimensionner !



Production : pertes et rendements

Rendement saisonnier de production:

- ⬢ rapport entre **l'énergie transmise à l'eau** sur l'ensemble de la saison de chauffe et la totalité de **l'énergie** fournie par le **combustible**

En pratique :

- ⬢ Calculé par outil Energie+ : *estimer le rendement de chaudières existantes ou futures*
- ⬢ Mesuré via compteurs de chaleur & compteur combustible



Production : pertes et rendements

Rendement saisonnier de production:

- ◆ Impact important du **surdimensionnement** des chaudières!

Ordre de grandeur :

- ◆ Chaudières gaz atmosphériques : 80 ... 91 %
- ◆ Chaudières fuel ou gaz à brûleur pulsé : 86 ... 93 %
- ◆ Chaudières gaz à condensation: 97 ... 103 %



Production : dimensionnement

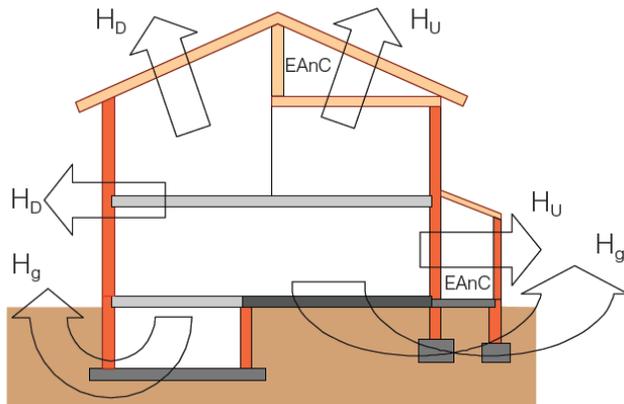
Selon NBN EN 12831-1

Puissance totale nécessaire

$$\Phi_{HL} = \sum_i \Phi_{T,i} + \sum_i \Phi_{V,i} + \sum_i \Phi_{RH,i}$$

Pour chaque local i

Pertes par transmission



Pertes par ventilation naturelle et/ou mécanique

Puissance de relance

| Durée de relance [h] | Bâtiment résidentiel massif | | | Bâtiment non résidentiel | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|--------|-----------------------------|------|--------|-----------------------------|------|--------|
| | $\Delta\theta = 1\text{ K}$ | $\Delta\theta = 2\text{ K}$ | $\Delta\theta = 3\text{ K}$ | $\Delta\theta = 2\text{ K}$ | | | $\Delta\theta = 3\text{ K}$ | | | $\Delta\theta = 4\text{ K}$ | | |
| | | | | Léger | Moy. | Massif | Léger | Moy. | Massif | Léger | Moy. | Massif |
| 1 | 11 | 22 | 45 | 18 | 23 | 25 | 27 | 30 | 27 | 36 | 27 | 31 |
| 2 | 6 | 11 | 22 | 9 | 16 | 22 | 18 | 20 | 23 | 22 | 24 | 25 |
| 3 | 4 | 9 | 16 | 6 | 13 | 18 | 11 | 16 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 4 | 2 | 7 | 13 | 4 | 11 | 16 | 6 | 13 | 16 | 11 | 16 | 16 |



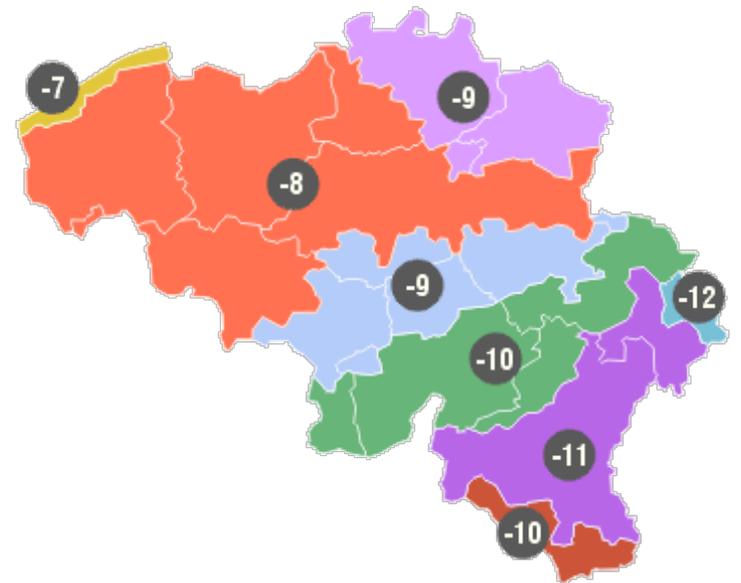
Production : dimensionnement

- ◊ La surface et la composition de toutes les parois qui entourent le volume chauffé du bâtiment
- ◊ Destination des locaux → T° intérieure de base
Exemple : bureau 21°C; magasin 16°C; Sdb 24°C
- ◊ Etanchéité à l'air
- ◊ Débits de ventilation hygiéniques
- ◊ La localité → T° extérieure de base



Production : dimensionnement

- ⬢ La surface et la composition de toutes les parois qui entourent le volume chauffé du bâtiment
- ⬢ Destination des locaux → T° intérieure de base
Exemple : bureau 21°C; magasin 16°C; Sdb 24°C
- ⬢ Etanchéité à l'air
- ⬢ Débits de ventilation hygiéniques
- ⬢ La localité → T° extérieure de base





Production : dimensionnement

~~Proportionnel au volume du bâtiment, du type 60 . 80 W/m³~~

- ~~⬢ puissance nettement supérieure à la réalité~~
- ~~⬢ c'est la **surface déperditive** qui définit les besoins de chaleur, pas le volume chauffé~~

~~En reprenant la puissance des chaudières existantes :~~

- ~~⬢ les anciennes chaudières sont presque toujours surdimensionnées~~
- ~~⬢ les bâtiments anciens ont souvent fait l'objet d'améliorations énergétiques (double vitrage, isolation de toiture, ...)~~
- ~~⬢ les chaudières actuelles ont un meilleur rendement utile~~



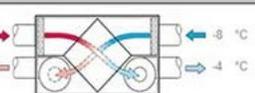
Production : dimensionnement

En pratique

- Outil CSTC : charge thermique des bâtiments
- Outil simplifié : Niveau K et bilan énergétique d'un bâtiment

| Perte thermique par renouvellement d'air | | | | | | | | | | | | Total | | | | |
|---|---------------------|---------|--------|--------|------|--------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|--------|-------|----------|---------|-----|
| | | Cuisine | Séjour | Bureau | Hall | WC rez | Buandère | Chambre 1 | Dressing | Chambre 2 | Chambre 3 | Palier | Bains | WC étage | Débaras | |
| Volume intérieur | V_i | 36 | 86 | 28 | 25 | 4 | 32 | 34 | 19 | 32 | 33 | 33 | 26 | 3 | 4 | 394 |
| Température extérieure | $\theta_{e,i}$ | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | |
| Température air intérieur | $\theta_{int,i}$ | 20 | 20 | 20 | 16 | 16 | 16 | 18 | 18 | 18 | 18 | 16 | 24 | 16 | 16 | |
| Ventilation de base minimale | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Taux minimal de renouvellement | $n_{min,i}$ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| Débit d'air minimal | $q_{v,min,i}$ | 18 | 43 | 14 | 13 | 2 | 16 | 17 | 9 | 16 | 16 | 16 | 13 | 2 | 2 | |
| Infiltration d'air | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit de fuite à 50 Pa | Q_{50} | 50 | 120 | 40 | 35 | 5 | 44 | 47 | 26 | 44 | 46 | 46 | 36 | 4 | 7 | 552 |
| Coefficient de débit volumique | f_{ev} | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | |
| Débit d'infiltration | $q_{v,inf}$ | 5 | 12 | 4 | 4 | 1 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 0 | 1 | |
| Système de ventilation | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Air fourni (naturel) | $Q_{v,ATD}$ | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Air fourni (mécanique) | $Q_{v,MBP}$ | 36 | 39 | | | | 55 | | | 36 | 36 | | | | | 202 |
| Température air fourni (méc.) | $\theta_{f,MBP}$ | 15 | 15 | | | | 15 | | | 15 | 15 | | | | | |
| Air transféré | $Q_{v,transf}$ | 50 | | 25 | | | 25 | | | | | 75 | 25 | 25 | | |
| Température air transféré | $\theta_{f,transf}$ | 20 | | 20 | | | 16 | | | | | 18 | 16 | 16 | | |
| Air extrait | $Q_{v,ext}$ | 52 | | | 25 | 50 | | | | | | 50 | 25 | | | 202 |
| Débit d'air par infiltration supp. | $q_{v,inf,add}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Perte thermique par renouvellement d'air | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit d'air total | $Q_{v,t}$ | 55 | 48 | 43 | 29 | 2 | 29 | 60 | 9 | 40 | 41 | 80 | 29 | 25 | 2 | 825 |
| Perte thermique | $\Phi_{v,t}$ | 48 | 176 | 104 | -5 | 15 | 36 | 98 | 83 | 76 | 77 | -14 | 107 | 4 | 20 | |
| Température air fourni (méc.) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rendement de l'échangeur de chaleur | % | 85 | | | | | | | | | | | | | | |
| Température air repris | θ_{r} | 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| Température air fourni (méc.) | θ_{f} | 15 | | | | | | | | | | | | | | |

Seul un dimensionnement selon la norme est valable



Source : cstc.be

| Parois de la superficie de déperdition thermique | U_j [W/(m².K)] | A_j [m²] | $U_j \cdot A_j$ [W/K] | $\Sigma U_j \cdot A_j$ [W/K] | a_j | $\Sigma a_j \cdot U_j \cdot A_j$ [W/K] |
|---|----------------------|---------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---|
| 1. Fenêtres, tabatières, coupoles et autres parois translucides | | | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 2. Portes extérieures | | | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 3. Murs extérieurs, façades | | | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 4. Toitures (plates, inclinées, ...) ou plafonds supérieurs en-dessous des espaces non-protégés | | | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 5. Planchers au-dessus de l'ambiance extérieure | | | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 6. Planchers au-dessus d'espaces voisins non à l'abri du gel (vide sanitaire) | | | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 7. Planchers au-dessus d'espaces voisins à l'abri du gel (caves) | | | 0.0 | 0.0 | 0.67 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 8. Planchers sur le sol | | | 0.0 | 0.0 | 0.33 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 9. Murs extérieurs en contact avec le sol (murs enterrés), un vide sanitaire ou une cave | | | 0.0 | 0.0 | 0.67 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 10. Parois en contact avec des espaces voisins non à l'abri du gel | | | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 11. Parois en contact avec des espaces voisins à l'abri du gel | | | 0.0 | 0.0 | 0.67 | 0.0 |
| | | | 0.0 | | | |
| | | | 0.0 | | | |
| 12. TOTAUX (superficie de déperdition) | $A_1 = \Sigma A_j =$ | 0.0 | | | $\Sigma a_j \cdot U_j \cdot A_j =$ | 0.0 |

| PONTS THERMIQUES | ψ_{ij} [W/(m.K)] | L_j [m] | $\psi_{ij} \cdot L_j$ [W/K] | $\Sigma \psi_{ij} \cdot L_j$ [W/K] |
|--|--------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 13. Suivant les définitions de la NBN 62-002 | | | 0.0 | 0.0 |

| | | | |
|---|--|-----|--------|
| 14. DEPERDITION THERMIQUE DE LA SUPERFICIE DE DEPERDITION | $\Sigma a_j \cdot U_j \cdot A_j + \Sigma \psi_{ij} \cdot L_j =$ | 0.0 | W/K |
| 15. COEFFICIENT MOYEN DE TRANSMISSION THERMIQUE | $U_m =$ | 0.0 | W/m².K |
| 16. VOLUME PROTEGE DU BATIMENT | $V =$ | | m³ |
| 17. COMPACTITE VOLUMIQUE DU BATIMENT | $V/At =$ | 0.0 | m |
| 18. NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE GLOBALE DU BATIMENT | Si $V/A_1 \leq 1 : U_m \times 100 = K_{...}$ Si $1 \leq V/A_1 \leq 4 : U_m \times 300/(V/A_1 + 2)$ Si $V/A_1 \geq 4 : U_m \times 50 = K_{...}$ | 0 | |

Source : Energieplus-lesite.be



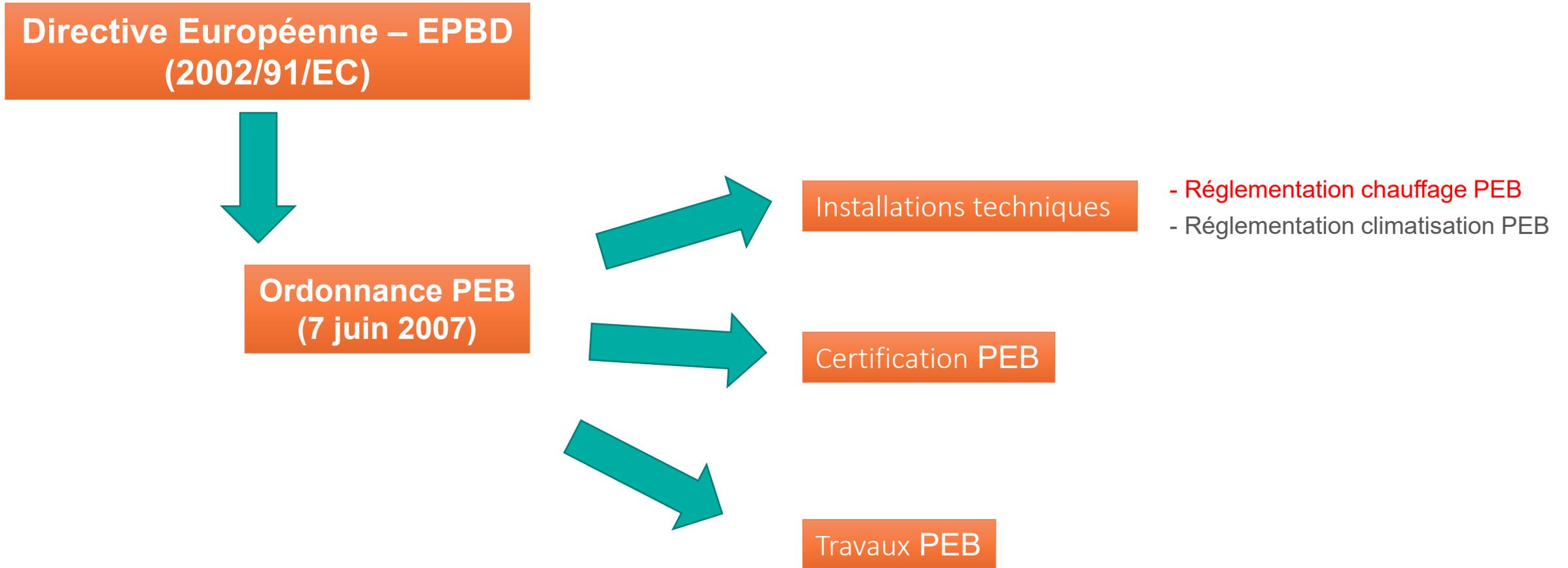
- ⬢ Intro : Pourquoi chauffer ? Quid à moyen terme?
- ⬢ Notions de base
- ⬢ Production de chaleur : les chaudières
- ⬢ Quelques aspects réglementaires
- ⬢ La distribution de chaleur
- ⬢ L'émission de chaleur
- ⬢ La régulation
- ⬢ Les auxiliaires
- ⬢ Rénover sa chaufferie par une chaudière à condensation
- ⬢ Diagnostiquer et améliorer une chaufferie existante
- ⬢ Conclusions



ICEDD

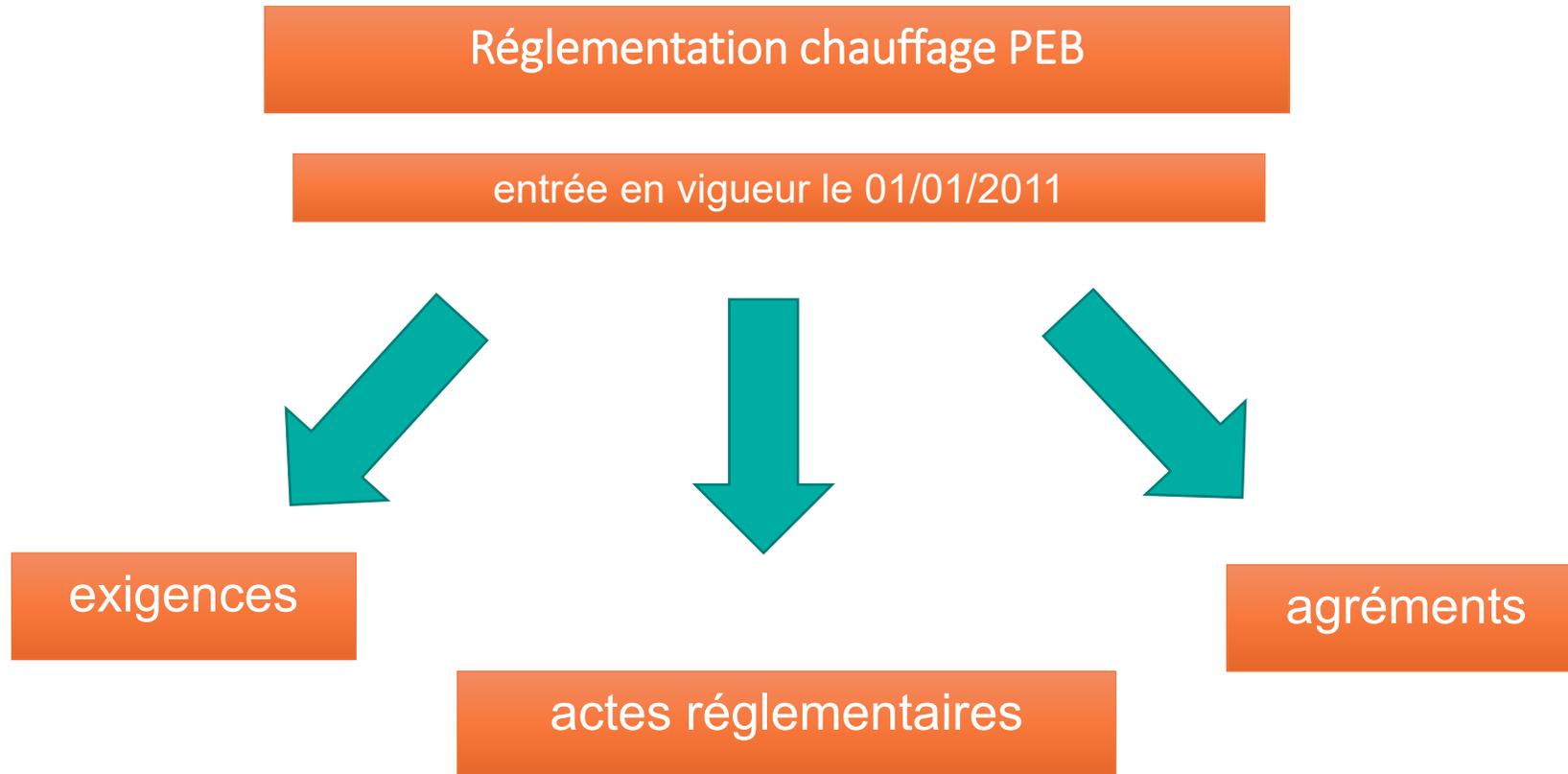


Réglementation : PEB Chauffage





Réglementation : PEB Chauffage





Réglementation : PEB Chauffage

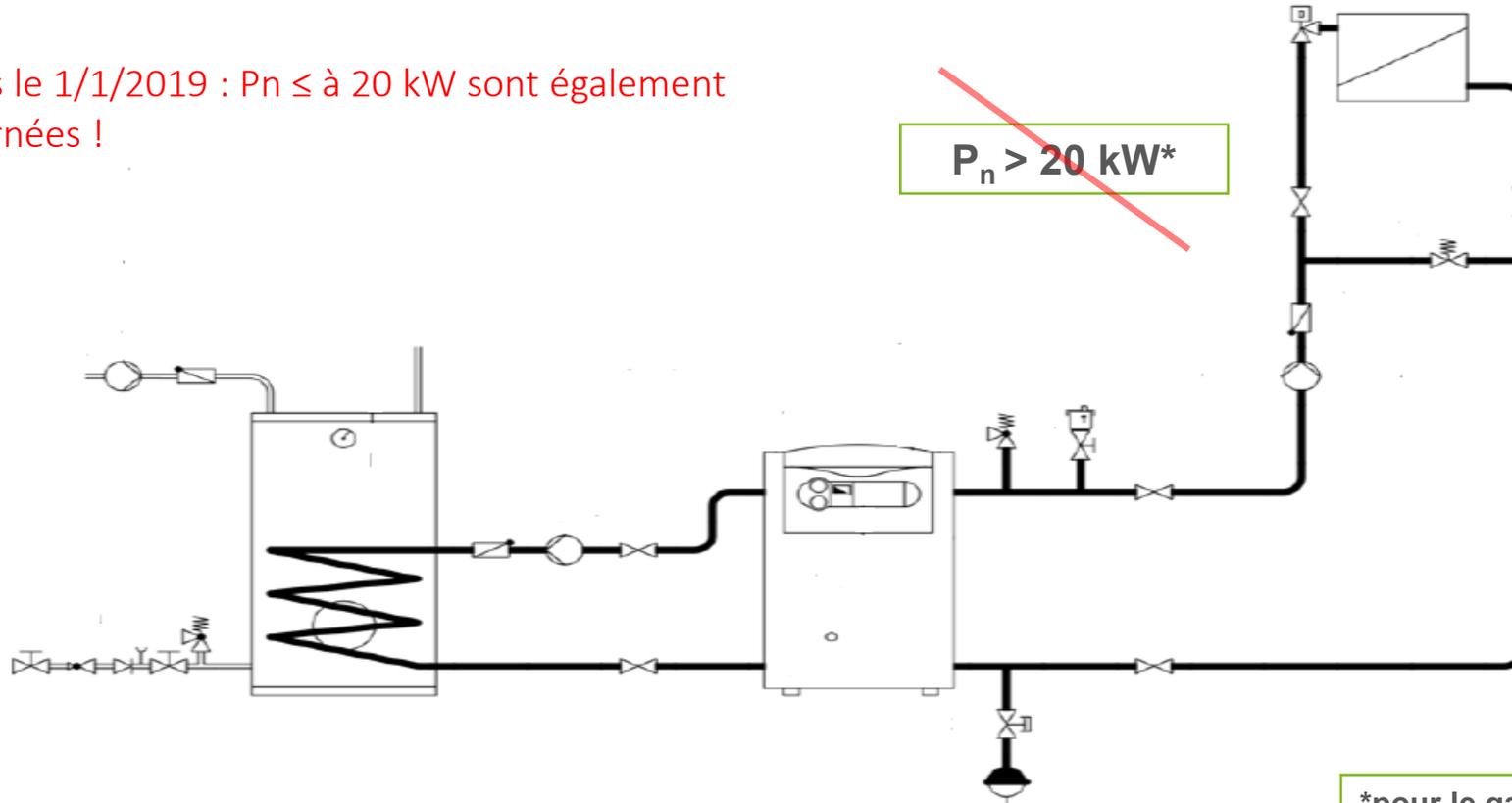
Champ d'application

Chauffage de locaux (et ECS)
via une distribution d'eau

combustible liquide ou gazeux
non renouvelable

Depuis le 1/1/2019 : $P_n \leq 20$ kW sont également
concernées !

~~$P_n > 20$ kW*~~



*pour le gaz: en régime 80/60 - G20!



Réglementation : PEB Chauffage

| Actes | Type de système de chauffage | Type d'agrément |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Réception | Type 1 | Chauffagiste agréé |
| | Type 2 | Conseiller chauffage PEB |
| Contrôle périodique | Type 1 & 2 | Technicien chaudière agréé L, G1, G2 |
| Diagnostic | Type 1 | Chauffagiste agréé |
| | Type 2 | Conseiller chauffage PEB |

Supprimé à pd 1/1/2019

Type 1: ≤ 100 kW – Type 2: > 100 kW ou plusieurs chaudières

Actes :

- Réception des installations de chauffage : installation d'une nouvelle chaudière, remplacement du corps de chauffe ou du brûleur → conformité?
- Contrôle périodique:
 - Chaudière mazout → annuel Tous les 2 ans (depuis le 1/1/2019)
 - Chaudière gaz → tous les ~~3~~ ans
- Diagnostic: obligatoire mais informatif, chaudière de ~~15~~ ans d'âge



Rég

| EXIGENCES DE LA REGLEMENTATION CHAUFFAGE PEB | | | | |
|--|--|---------------------|-----------|--------|
| Exigences techniques | | Contrôle périodique | Réception | |
| n° | Nature | | Type 1 | Type 2 |
| 1 | Présence des orifices de mesure | | | |
| 2 | Combustion et analyse des émissions de fumée | | | |
| 3 | Modulation de la puissance du brûleur | | | |
| 4 | Tirage cheminée | | | |
| 5 | Ventilation chaufferie | | | |
| 6 | Étanchéité conduits de fumée et d'amenée d'air | | | |
| 7 | Dimensionnement chaudière | | | |
| 8 | Calorifugeage conduits et accessoires | | | |
| 9 | Partitionnement eau et air | | | |
| 10 | Régulation | | | |
| 11 | Carnet de bord | | | |
| 12 | Compteur(s) sur chaudière | | | |
| 13 | Comptage électrique des ventilateurs | | | |
| 14 | Récupérateur de chaleur | | | |
| 15 | Variation du débit d'air neuf | | | |
| 16 | Comptabilité énergétique | | | |



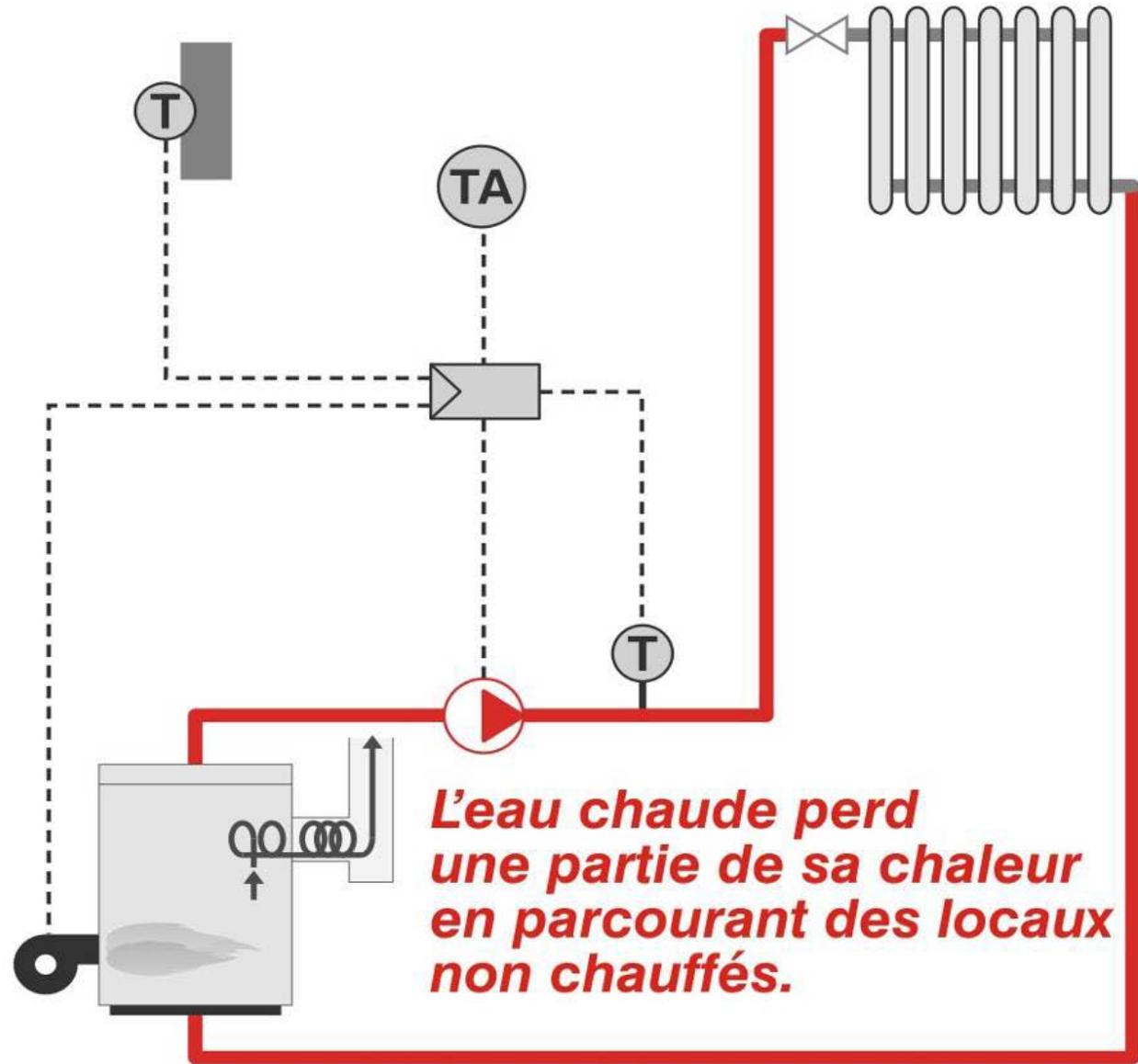
- ⬢ Intro : Pourquoi chauffer ? Quid à moyen terme?
- ⬢ Notions de base
- ⬢ Production de chaleur : les chaudières
- ⬢ Quelques aspects réglementaires
- ⬢ La **distribution** de chaleur
- ⬢ **L'émission** de chaleur
- ⬢ La **régulation**
- ⬢ Les **auxiliaires**
- ⬢ **Rénover** sa chaufferie par une chaudière à condensation
- ⬢ Diagnostiquer et **améliorer** une chaufferie existante
- ⬢ Conclusions



ICEDD

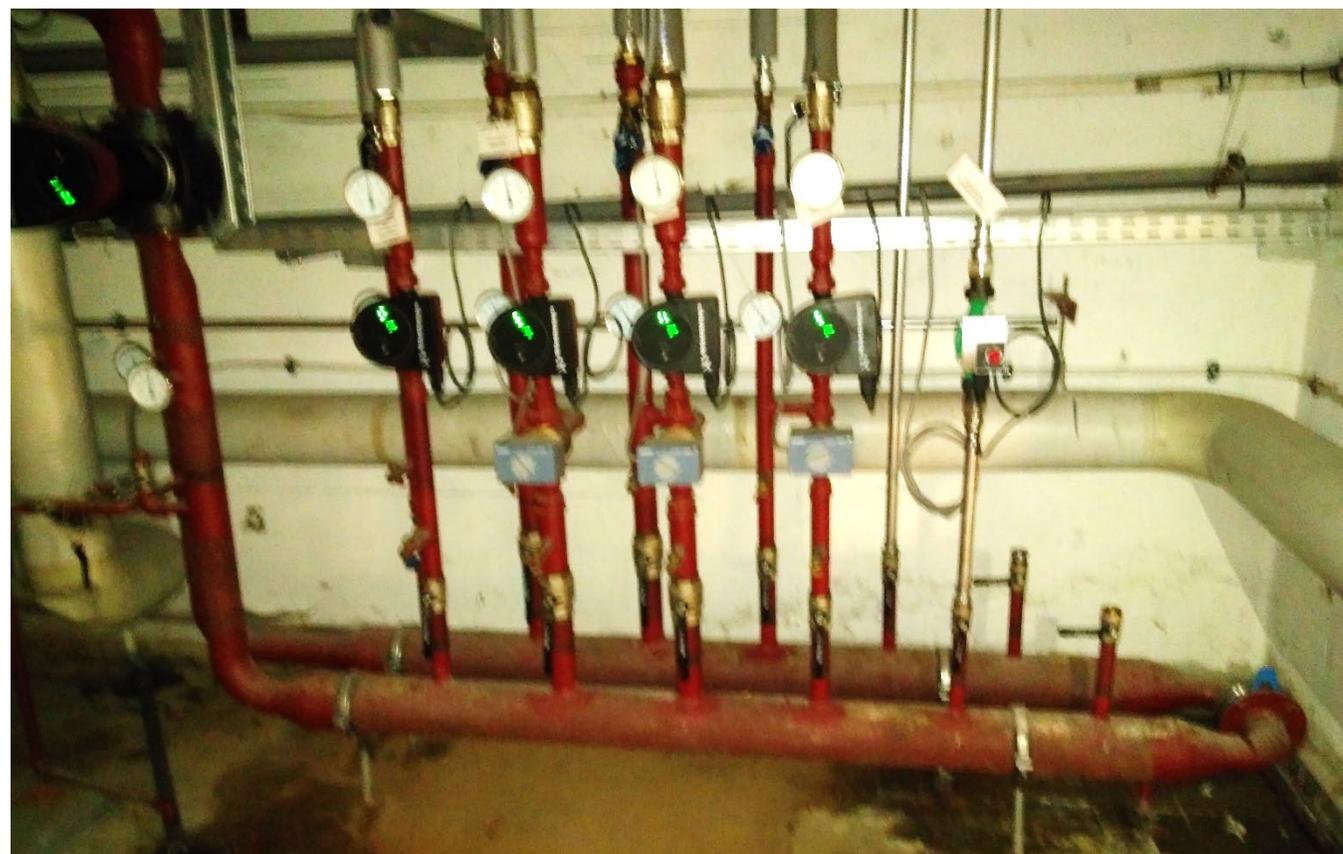


Distribution





Distribution : tuyaux

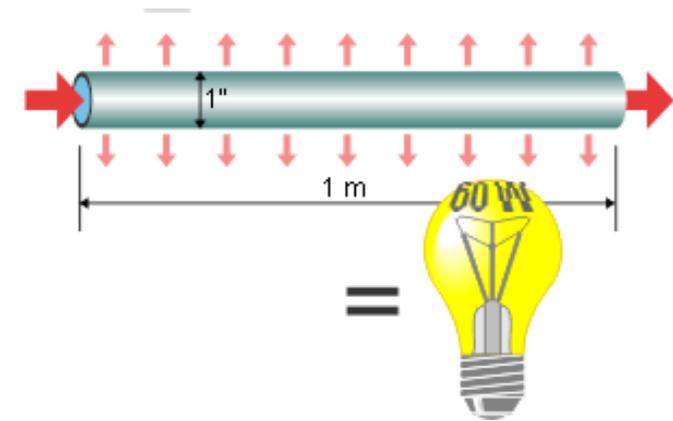




Distribution : tuyaux

Ordre de grandeur :

1 m de tuyau en acier non isolé de 1 pouce
(DN25) avec de l'eau à 70 °C = 60 W



| Perte de chaleur d'un tuyau en acier non isolé en [W/m] | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|-----|------|--------|-----|--------|-----|-----|
| DN [mm] | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 62 | 80 | 100 |
| Diam [pouce] | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 5/4" | 1 1/2" | 2" | 2 1/2" | 3" | 4" |
| $T_{\text{eau}} - T_{\text{air}}$: | | | | | | | | | | |
| 20°C | 11 | 13 | 17 | 21 | 26 | 30 | 38 | 47 | 55 | 71 |
| 40°C | 22 | 29 | 36 | 45 | 57 | 65 | 81 | 101 | 118 | 152 |
| 60°C | 36 | 46 | 58 | 73 | 92 | 105 | 130 | 164 | 191 | 246 |
| 80°C | 52 | 67 | 84 | 105 | 132 | 151 | 188 | 236 | 276 | 355 |



Distribution : tuyaux

Isoler les conduites dans les espaces chauffés?



Pour éviter les problèmes de surchauffe !

- ⬢ Irrigation continue même lorsque la VT est fermée
- ⬢ Longueur ou diamètre de conduite important



Distribution : vannes



Perte des vannes > pertes des tuyaux :
1 vanne \approx 1 à 1,7 m de conduite

Exemple : 2 vannes à bride DN100 avec de l'eau à 70°C
= 2 x 1,7 m de tuyau DN100
= 2 x 1,7 x 246 W = 836 W de perte !



Distribution : vannes



Isolation au moyen de matelas démontables

- ❖ Fabrication sur mesure (coût élevé)
- ❖ Rentabilité ~ 4-6 ans



Distribution : vannes

Isoler les conduites dans les espaces chauffés?



Pour éviter les problèmes de surchauffe !

- ⬢ Irrigation continue même lorsque la VT est fermée
- ⬢ Longueur ou diamètre de conduite important



Distribution : vannes



Show room Viessmann....

Source : ICEDD

03/10/2023

Formation Chauffage



Distribution : réglementation

- Exigences de calorifugeage des conduites dans la réglementation PEB « systèmes »

| Diamètre extérieur de la conduite en mm | Epaisseur de l'isolant après pose en mm | | | |
|---|---|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| | Extérieur du VP | | Intérieur du VP | |
| | $\lambda < 0,035$ | $0,045 \leq \lambda \leq 0,035$ | $\lambda < 0,035$ | $0,045 \leq \lambda \leq 0,035$ |
| de 20 à 24,9 | 13 | 23 | 11 | 19 |
| de 25 à 29,9 | 17 | 29 | 13 | 22 |
| de 30 à 39,9 | 22 | 35 | 16 | 26 |
| de 40 à 60,9 | 27 | 42 | 21 | 32 |
| de 61 à 89,9 | 35 | 54 | 25 | 37 |
| de 90 à 114,9 | 39 | 59 | 28 | 41 |
| de 115 à 159,9 | 42 | 62 | 32 | 46 |
| de 160 à 229,9 | 47 | 68 | 36 | 50 |
| de 230 à 329,9 | 49 | 70 | 38 | 53 |
| ≥ 330 | 60 | 80 | 50 | 60 |



Distribution : recommandations

- ⬢ Privilégier le placement des conduites de chauffage à **l'intérieur** du volume protégé
- ⬢ **Isoler** les conduites, coudes et vannes ...
 - ⬢ situés dans le sol, à l'extérieur ou dans des espaces non chauffés
 - ⬢ traversant des locaux desservis par un système de climatisation
 - ⬢ passant à l'intérieur d'un volume protégé mais n'alimentant pas des émetteurs placés dans ce volume protégé
- ⬢ Diminuer la **température** de l'eau (régulation)

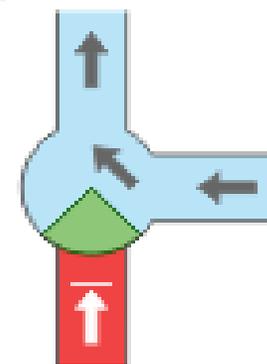
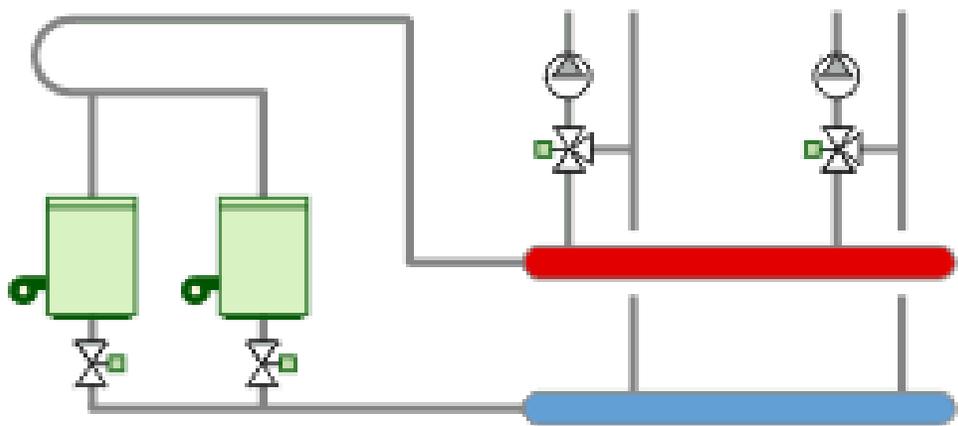


Distribution : diminuer les températures d'eau

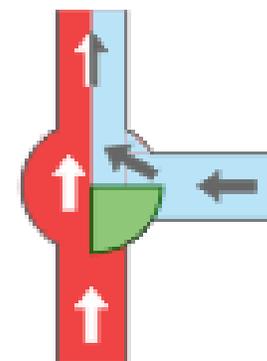




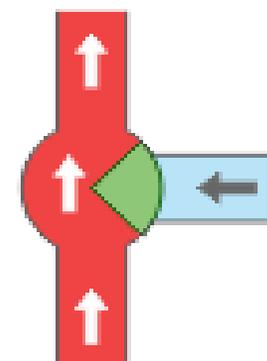
Distribution : vanne 3 voies mélangeuse



La vanne est fermée ;
l'eau des radiateurs
tourne sur elle-même
et se refroidit.



La vanne mélange
50% du débit de la
chaudière et 50% du
débit de retour des
radiateurs.



La vanne est 100%
ouverte.