

# Appréhender les techniques des installations

## 1 – les organes des installations

### A/ les organes de production :

1A-a : la chaudière à combustion

1A-b : la pompe à chaleur

1A-c : la production d'électricité

### B/ les organes de stockage et tampon :

1B-a : les ballons

1B-b : les batteries

### C/ les organes de régulation et de sécurité :

1C-a : les différents asservissements

1C-b : les sondes de températures

1C-c : les organes spécifiques de régulation de combustion

1C-d : les organes spécifiques de régulation hydraulique et aéraulique

1C-e : les organes de sécurité hydrauliques

1C-f : les organes de sécurité électriques

1C-g : les organes de sécurité extérieurs (monoxyde, feu, températures excessives...)

### D/ les organes de transmission, de transport et d'échange :

1D-a : les réseaux aérauliques

1D-b : les réseaux hydrauliques

1D-c : le principe de l'équilibrage

1D-d : les matériaux, l'isolation et la protection des réseaux

### E/ les organes de l'émission de chauffage :

### F/ les organes du réseau d'eau domestique :

1F-a : l'alimentation en eau potable

1F-b : l'assainissement

1F-c : la récupération et la ré utilisation des eaux



## **2 – les performances, les coûts**

**A/ rendement des installations :**

**B/ la ressource énergétique renouvelable :**

**C/ les coûts énergétiques :**

**D/ les coûts de mise en oeuvre :**

## **3 – la maintenance, le diagnostic, les dysfonctionnements**

**A/ la maintenance des installations :**

**B/ le diagnostic des installations et les moyens d'investigations :**



# 1 – les organes des installations

## A/ les organes de production :

### 1A-a : la chaudière à combustion

les différentes chaudières :

- la chaudière à fioul,
- la chaudière à charbon,
- les chaudières à gaz,
- la chaudière à bois.

→ Rendre les maisons performantes pour s'affranchir des technologies

Les chaudières à combustion sont toutes équipées :

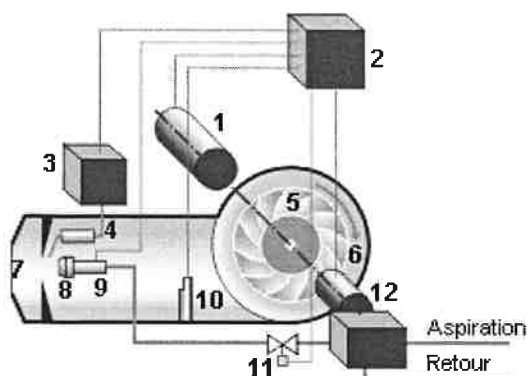
- d'un brûleur,
- d'une évacuation des cendres et fumées,
- d'un stockage de combustible et d'une alimentation,
- d'une régulation des débits de combustibles et de l'air entrant.

\* poêle à bois bûche.  
\* pompe à chaleur.

### Brûleur :

Composants d'un brûleur pulsé au fuel : (extrait du site *énergie + belgique*).

Le brûleur fuel :



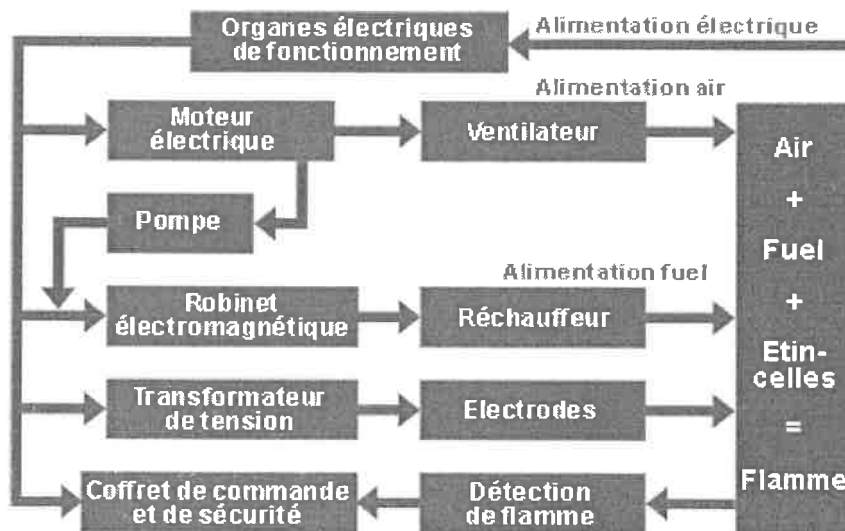
1. Moteur.
2. Boîte de contrôle.
3. Transformateur.
4. Electrodes.
5. Ventilateur.
6. Volute.
7. Déflecteur.
8. Gicleur.
9. Réchauffeur.
10. Cellule photosensible, organe de sécurité.
11. Electrovanne.
12. Pompe et régulateur de pression.

- Le brûleur fuel a pour fonction de mélanger, dans des proportions correctes, l'air comburant et le fuel pour permettre la combustion. En cas de pb : voir la teneur en oxygène des les fumées
- L'alimentation en air est assurée par un ventilateur qui puise l'air ambiant de la chaufferie.
- L'alimentation en fuel est assurée par une pompe qui puise dans le réservoir. La pompe a également pour mission de maintenir, via un régulateur, une pression suffisante au fuel pour permettre sa pulvérisation. L'électrovanne libère le combustible au moment déterminé par la programmation. Le gicleur assure la pulvérisation du fuel en des milliards de gouttelettes et le réglage du débit nominal de fuel. On parle donc de "brûleur à pulvérisation".

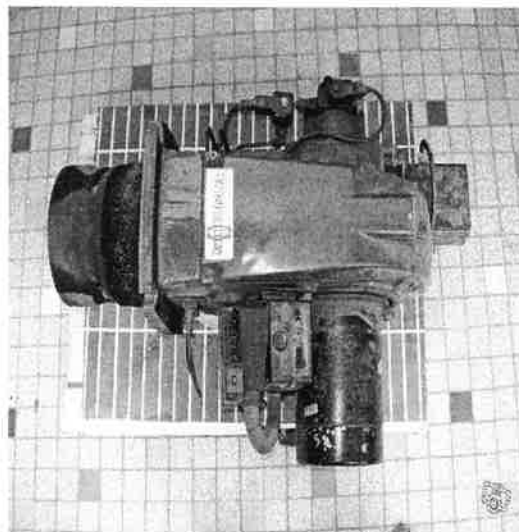
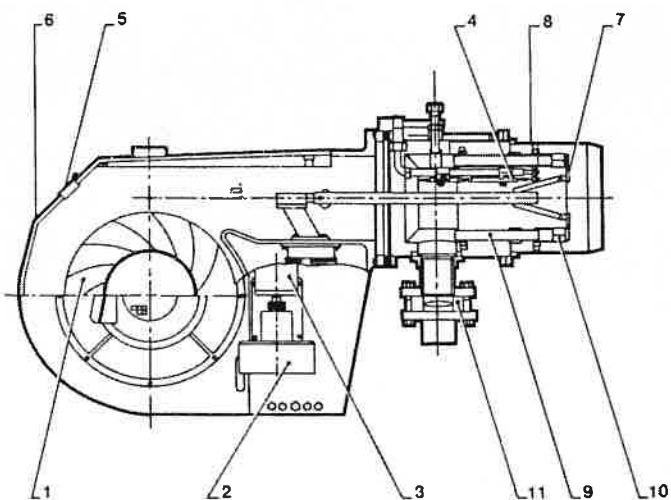
Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage





Principe de fonctionnement d'un brûleur fuel.



- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1 - Turbine de ventilation                  | 7 - Accroche flamme          |
| 2 - Rose de réglage des débits (air et gaz) | 8 - Directeur d'air          |
| 3 - Servo-moteur de modulation              | 9 - Tube d'arrivée gaz       |
| 4 - Electrode d'allumage                    | 10 - Injecteur gaz           |
| 5 - Viseur de flamme                        | 11 - Papillon de réglage gaz |
| 6 - Corps du brûleur                        |                              |

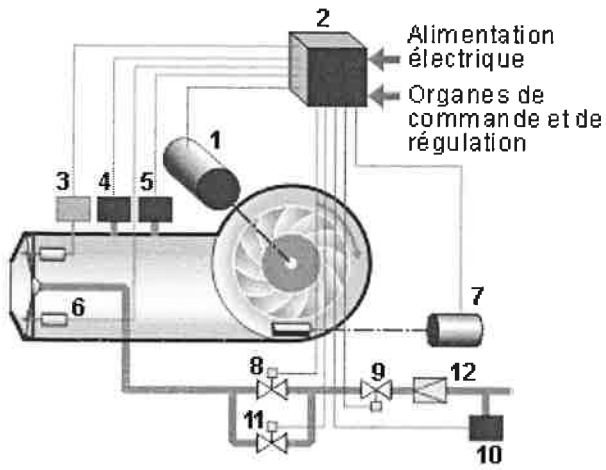
Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



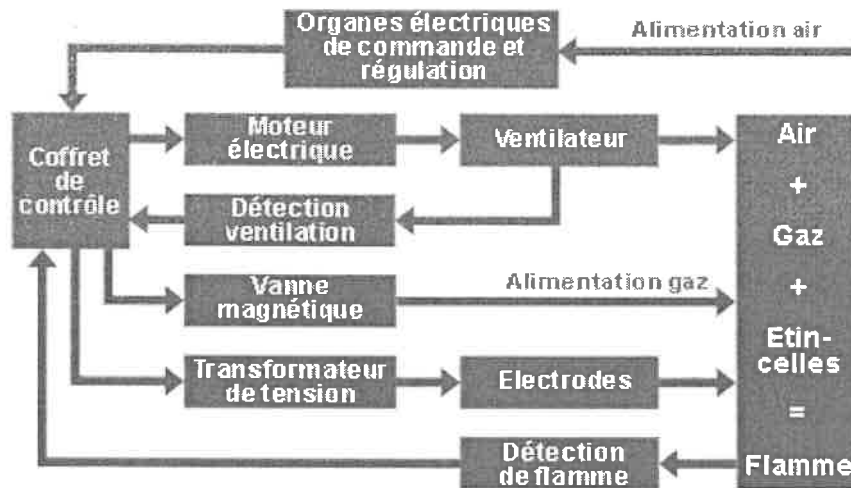
Composants d'un brûleur gaz à air pulsé : (extrait du site *énergie + belgique*)

Brûleur gaz à air pulsé :



1. Moteur.
2. Boîte de contrôle.
3. Transformateur.
4. Pressostat mini air (brûleur 1 allure).
5. Pressostat mini air (brûleur 2 allures).
6. Electrodes.
7. Moteur volet d'air.
8. Electrovanne (2ème allure).
9. Electrovanne de sécurité.
10. Pressostat mini gaz.
11. Electrovanne (1ère allure).
12. Régulateur de pression.

Le brûleur gaz à air pulsé a pour fonction de fournir, dans des proportions correctes, l'air comburant et le gaz pour permettre une combustion efficace. Le gaz et l'air comburant sont mélangés au niveau de la tête de combustion, un peu en aval de la combustion. Il n'y donc pas véritablement de pré-mélange. L'alimentation en air est assurée par un ventilateur qui puise l'air ambiant de la chaufferie. L'alimentation en gaz est assurée par une électrovanne et des régulateurs de pression.



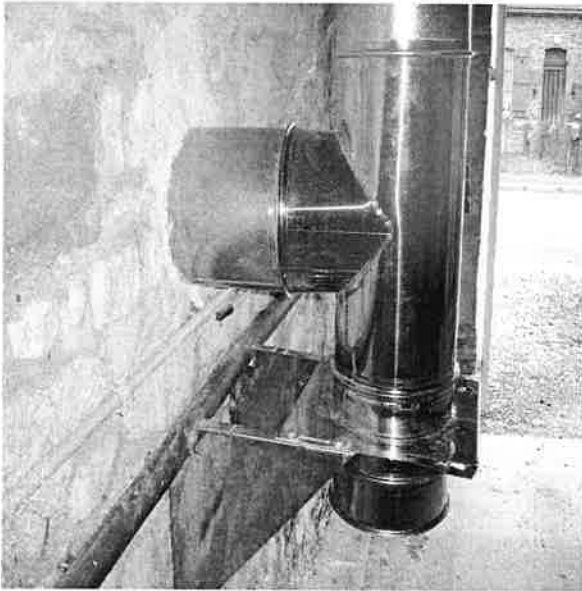
Principe de fonctionnement d'un brûleur gaz à air pulsé.



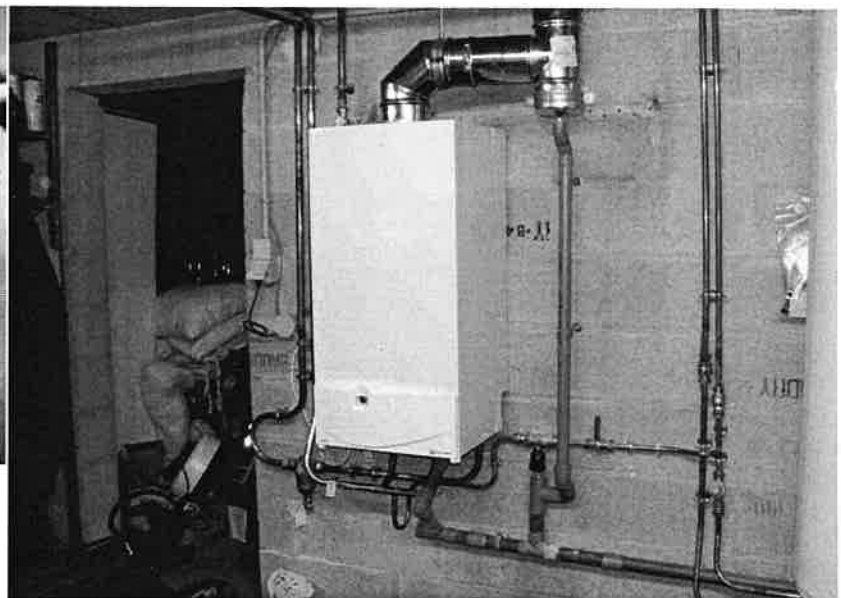
évacuation des cendres, condensats et fumées :

Dans une chaudière, l'évacuation des produits et sous produits de condensation est primordiale :

- pour une chaudière à condensation et pour les fumées, les vapeurs condensées sont évacuées vers le réseau des eaux usées,
- pour toutes chaudières, les fumées et condensats sont évacuées suivant les règles de fumisterie adaptées (DTU 24.1), *(Moyenne, sauto, fumées...)*
- pour les cendres, et débris solides ou liquides de combustion, la récupération se fait à la base de la chaudière, les évacuations sont manuelles ou automatiques.



*Pré-chauffage de l'air.*



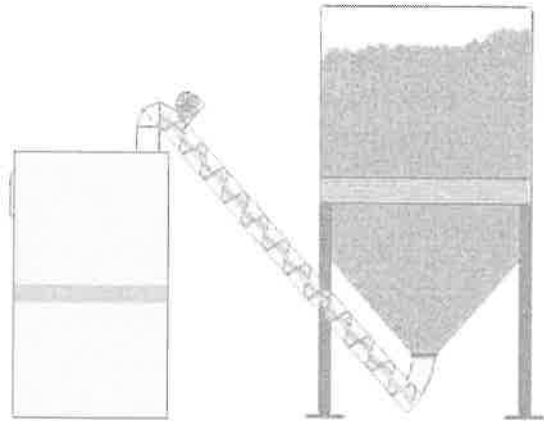
Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



Stockage et alimentation du combustible :

granulés :  $\Delta$  humidité de la zone de stockage.



Les organes principaux sont : la vis sans fin et le silo de stockage.

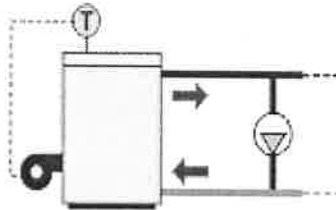
Production énergétique : 5 Kwh/kg  
densité en stockage : 600 à 750 Kg/m<sup>3</sup>

Contrôler capa stockage avant de proposer la machine.

régulation de la combustion :

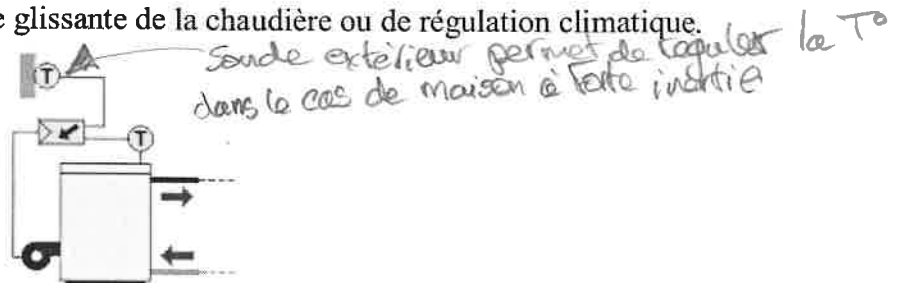
La régulation par Aquastat : (extrait du site *énergie + belgique*)

Les chaudières sont systématiquement équipées d'un aquastat de sécurité. Il mesure la température de l'eau de la chaudière et se déclenche sur une élévation anormale de température de l'eau à la sortie.



La régulation en fonction de la température extérieure (régulation en température glissante) :

On parle de régulation en température glissante de la chaudière ou de régulation climatique.

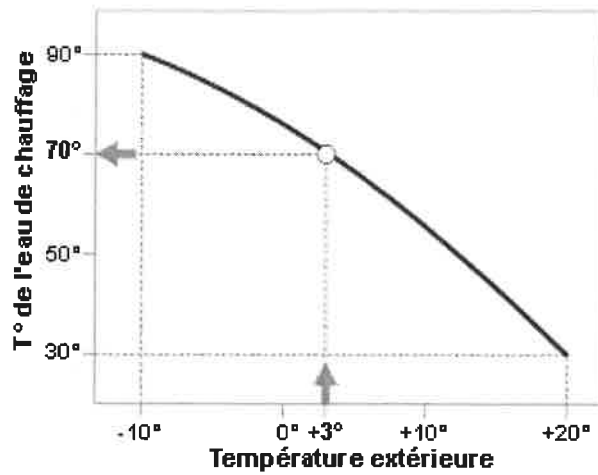


Une sonde mesure la température extérieure (appelée sonde extérieure). Un régulateur définit la température que doit avoir l'eau au départ de la chaudière en fonction de celle-ci. La loi qui établit la correspondance entre la température extérieure et la température de l'eau est appelée "courbe de chauffe".

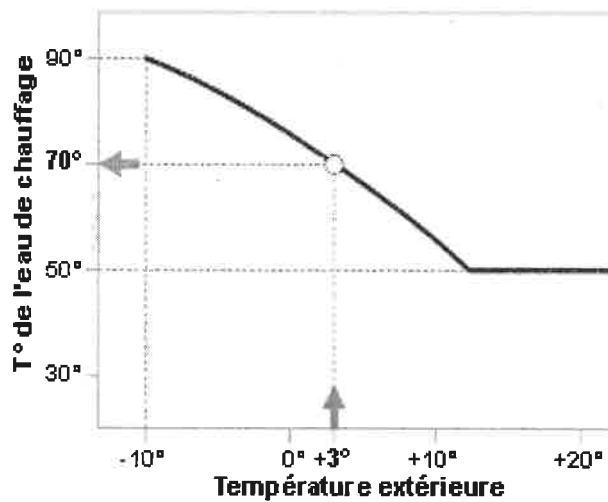
Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



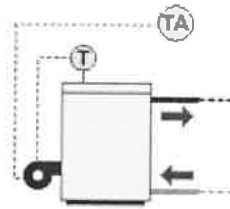


Cette régulation n'est applicable qu'aux chaudières "très basse température" dont la température d'eau peut descendre sans provoquer de condensations préjudiciables. Il est également possible de fixer une limite basse (par exemple, 50°C) en-dessous de laquelle, la température de l'eau ne peut pas descendre pour protéger la chaudière. Au-dessus de cette température, la température d'eau est fonction de la température extérieure.





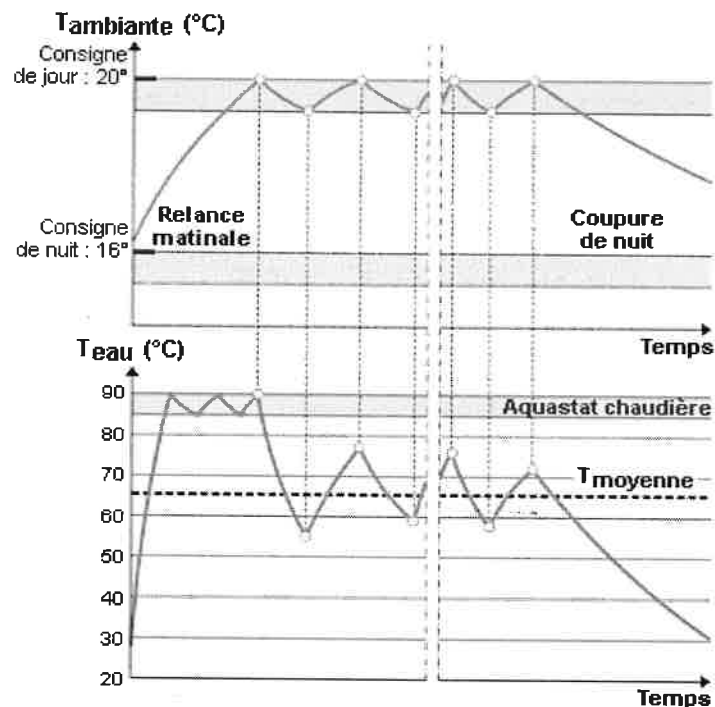
## Régulation par thermostat d'ambiance :



Ce mode de régulation est appliqué pour les installations de petite puissance (installation sans circuit primaire, avec un unique circuit de distribution dans le bâtiment).

Un thermostat d'ambiance placé dans un local témoin commande directement la mise en route du brûleur. Il peut aussi commander en parallèle le fonctionnement du circulateur de l'installation, avec une temporisation (il faut une circulation dans la chaudière au démarrage du brûleur et le circulateur évacue la chaleur de la chaudière à l'arrêt).

Ce mode de régulation ne peut s'appliquer qu'aux chaudières pouvant fonctionner à basse température. En effet, on peut schématiser l'évolution de la température dans la chaudière comme suit :



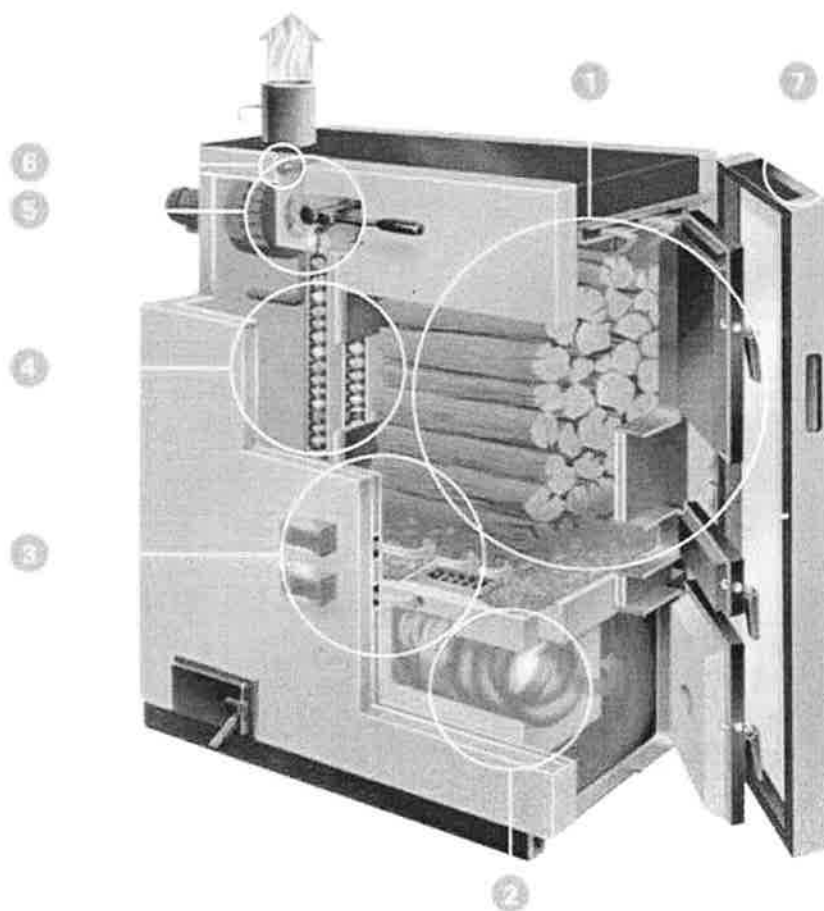
Lors de la relance matinale, le thermostat d'ambiance enclenche le fonctionnement du brûleur, la température de l'eau augmente dans la chaudière, en parallèle de la température ambiante. En général, la chaudière atteindra sa température maximale (fixée par son aquastat) avant que la consigne du thermostat ne soit atteinte. La relance se fait donc à puissance maximale, ce qui est favorable à une relance rapide et économe en énergie. Lorsque la température intérieure de consigne est atteinte, le brûleur est coupé. La température dans la chaudière diminue. Cette diminution s'accompagne d'une diminution de puissance des corps de chauffe, jusqu'au moment où le thermostat d'ambiance est en demande. Le brûleur se remet en route et la température de l'eau augmente de nouveau jusqu'à ce que le thermostat soit satisfait, et ainsi de suite.

Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



Exemple de chaudière bois : Sebtilite : "ballon tampon" pour stocker de l'E (1m<sup>3</sup> d'eau).



- 1 - **Chambre de remplissage:** large porte, grande chambre de combustion, longue durée de combustion.
- 2 - **Chambre de gazéification à hautes températures:** combustion complète du combustible, faible quantité d'émission polluantes, grande efficacité du système d'évacuation des cendres volantes.
- 3 - **Circulation de l'air:** les clapets d'air primaire et d'air secondaire peuvent être réglés séparément.
- 4 - **Echangeur thermique:** échangeur thermique avec faisceau de conduits de fumées verticaux et turbulateurs spéciaux.
- 5 - **Ventilateur de tirage:** système de réglage électronique permettant de moduler la puissance de la chaudière.
- 6 - **Sonde lambda:** analyse continue des gaz de combustion, combustion régulière et constante, faible quantité d'émissions polluantes.
- 7 - **KWB Comfort 3:** module de commande innovant et unique, entièrement automatique et extrêmement facile à utiliser.

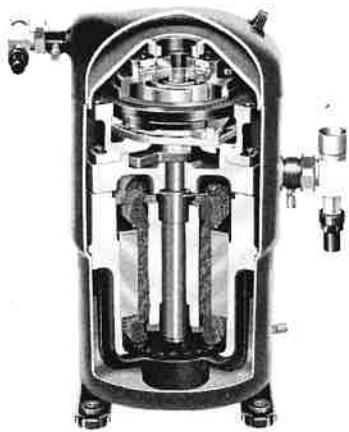


## 1A-b : la pompe à chaleur

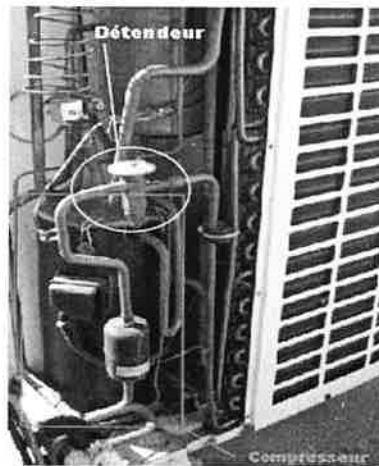
La pompe à chaleur est un système complexe nécessitant des connaissances de plombier, frigoriste et chauffagiste.

Les principaux éléments d'une pompe à chaleur sont les suivants :

- le compresseur,
- le condenseur,
- le détendeur,
- l'évaporateur.



Compresseur



Détendeur



Evaporateur / Condenseur

L'énergie transmise à l'évaporateur s'effectue par un échangeur thermique. Les principales sources de calories sont :

- l'air extérieur ou intérieur ou issu d'un puits canadien ou d'un sous sol : **Aérothermie**,
- l'eau (profonde ou de surface) : **Aquathermie**,
- les calories contenues dans le sol (à forte ou faible profondeur) : **Géothermie**.

*Aérothermie = bien en zone tempérée  
souffre des aléas des variations de T°*

*Géothermie : performances liées au type de roche traversées*

*150€ ml de forage.*

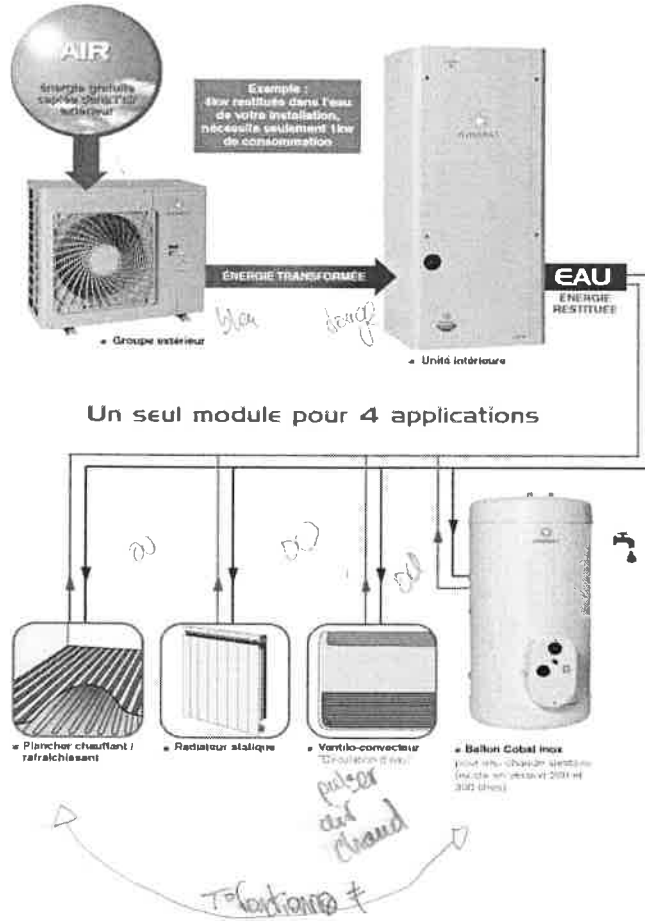
*⊕ Contrat d'entretien.*

Formation : CPEC 2015

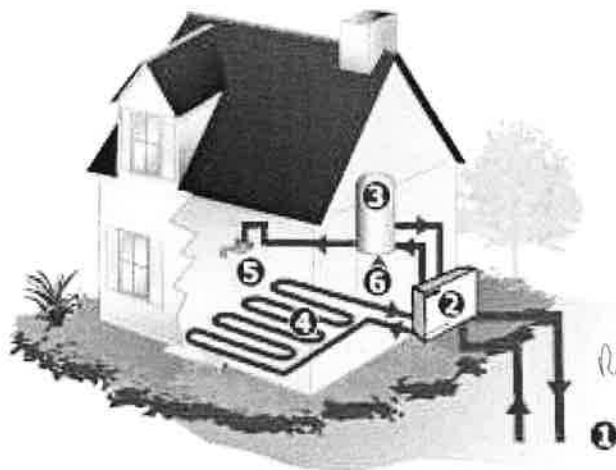
Les techniques de chauffage



L'aérothermie :



l'aquathermie :



- 1 Capteurs
- 2 Pompe à chaleur aquathermique avec ballon tampon
- 3 Ballon d'eau chaude
- 4 Chauffage planchers et/ou radiateurs
- 5 Sortie eau chaude sanitaire
- 6 Arrivée d'eau froide

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$\downarrow$  débit      $\downarrow$  T° eau

Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage





1A-c : la production d'électricité

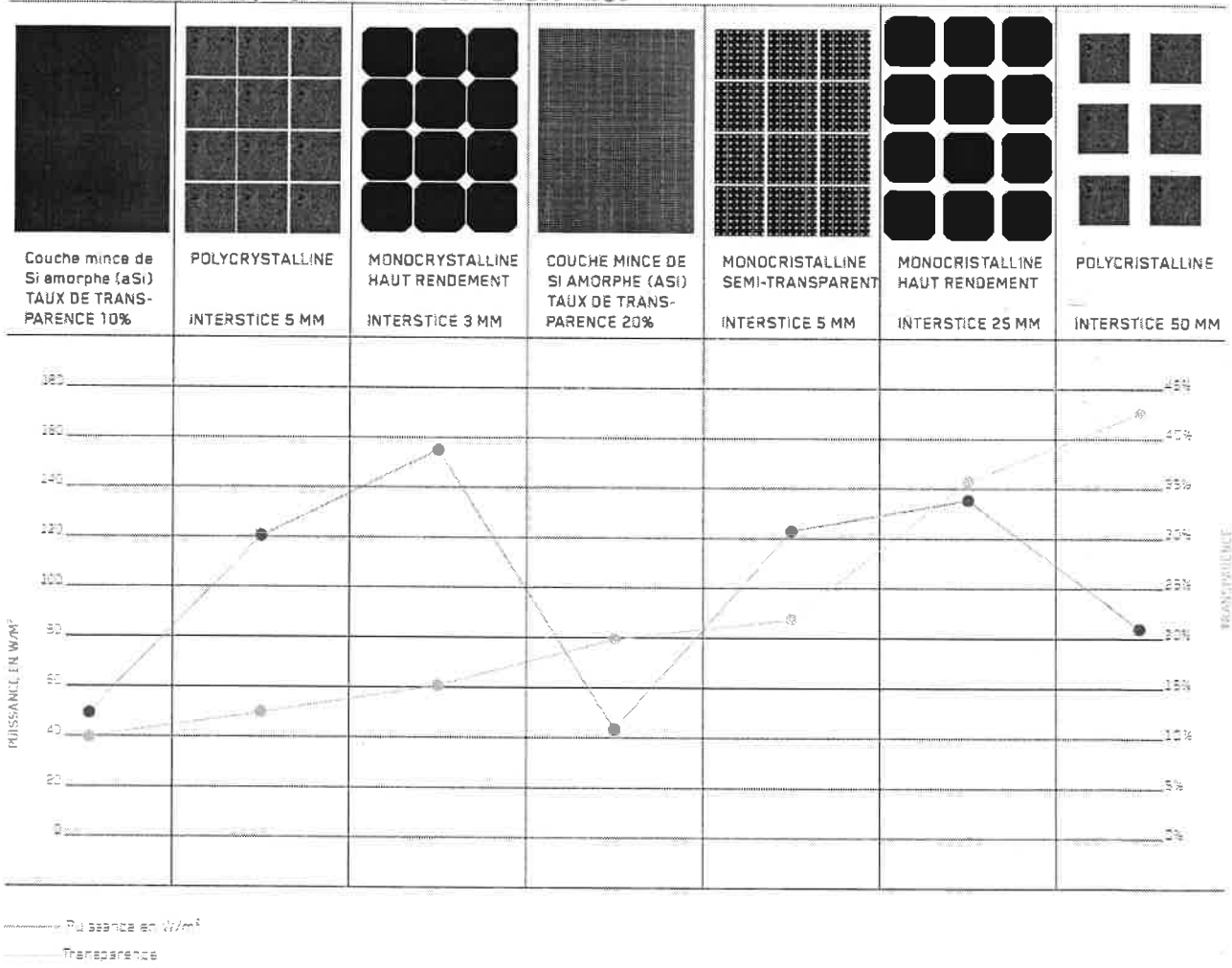
exemple du photo-voltaïque (raccordé au réseau):

La production d'énergie photo-voltaïque s'effectue par l'intermédiaire

- des panneaux solaires qui peuvent être de différents types :
  - à base de cellules monocristallines : rendement : 150 Wc/m<sup>2</sup>
  - à base de cellules polycristallines : rendement : 100 Wc/m<sup>2</sup>
  - à base de cellules amorphes : rendement : 60 Wc/m<sup>2</sup>
  - de type Grätzel.
- d'un onduleur qui permet la transformation d'un courant continu en un courant alternatif compatible avec une injection au réseau.

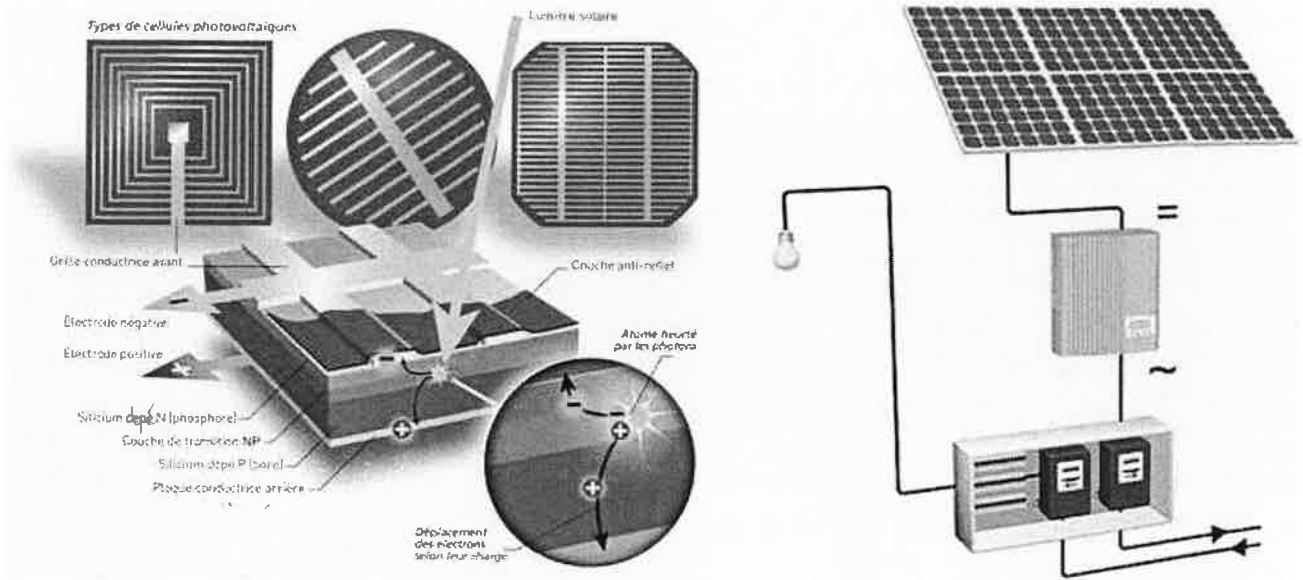
*to pour 1000 W d'insolation  
Wc : Watt Cete*

*Rendement : 215% 30% en labo.*



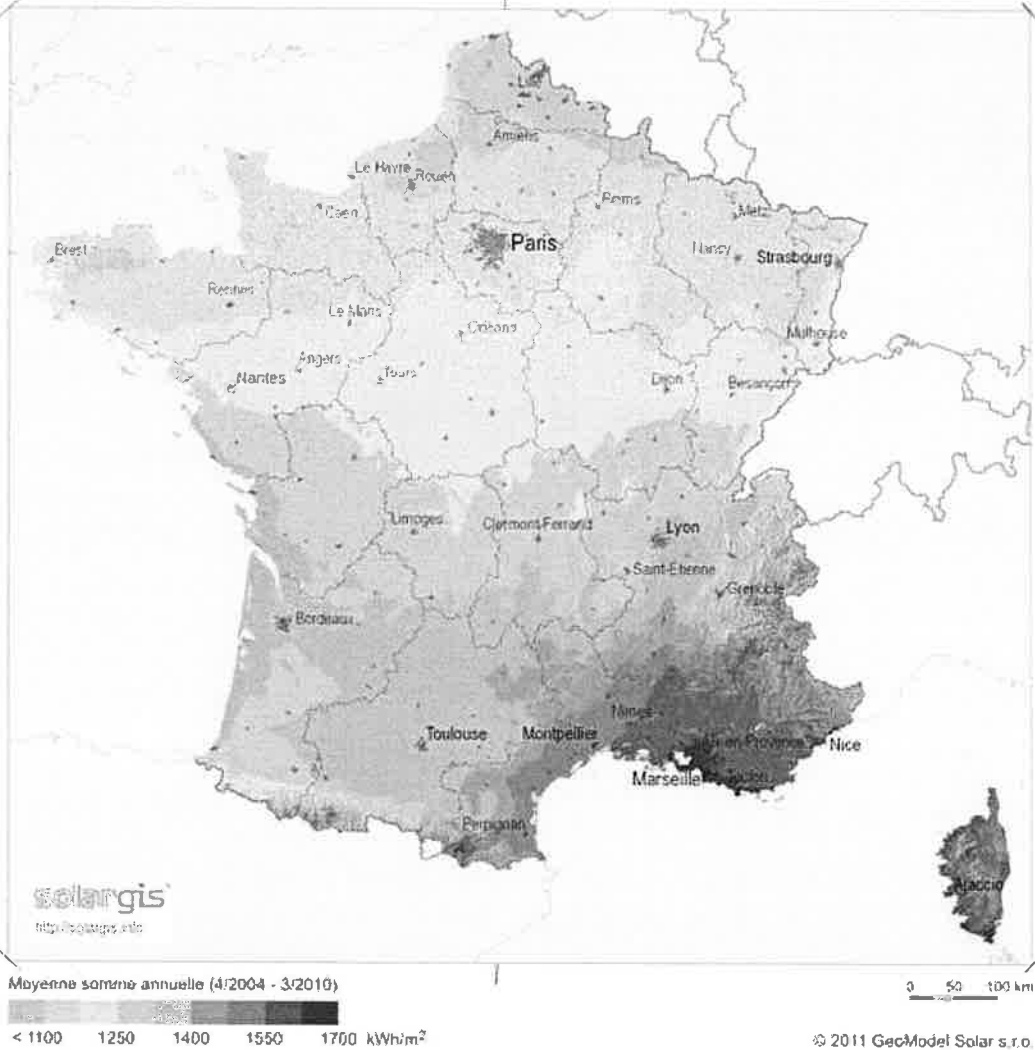
*⇒  
G = generation = product° d'Élec hors photovoltaïque.*





Irradiation globale horizontale

France



**B/ les**

Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



## organes de stockage et tampon :

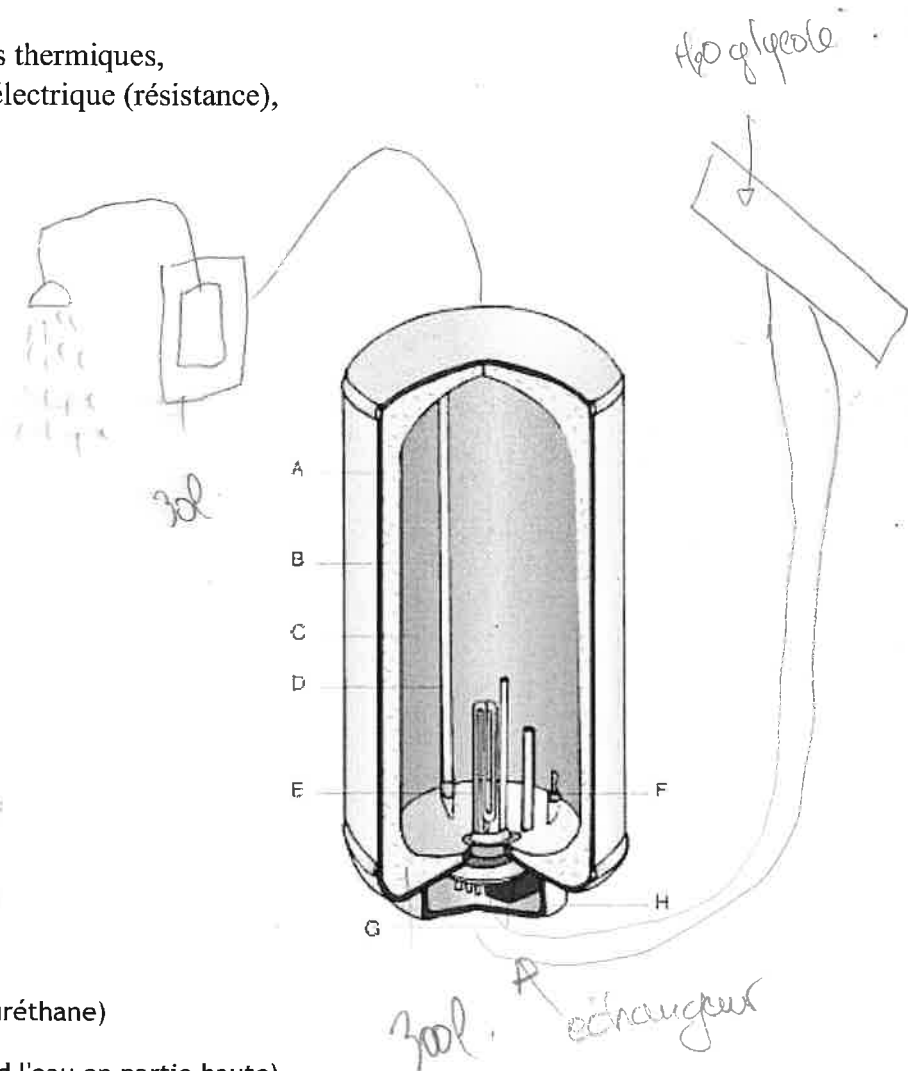
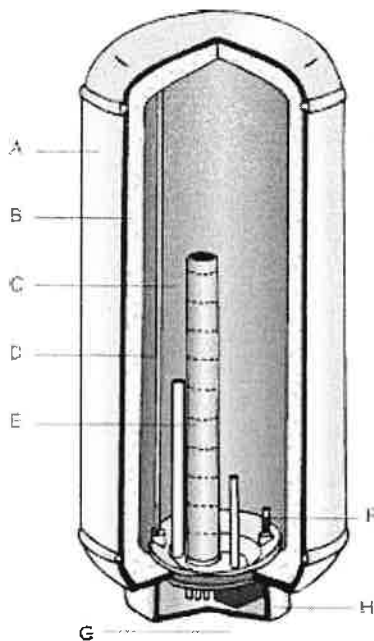
### 1B-a : les ballons

Les ballons d'eau chaude peuvent servir à :

- préparer l'eau chaude du circuit de chauffage,
- tamponner et préparer les départs d'eau chaude de chaudières (bois essentiellement),
- préparer l'eau chaude sanitaire.

Ils sont équipés :

- d'une arrivée d'eau froide,
- d'un départ d'eau chaude,
- d'un ou de plusieurs échangeurs thermiques,
- (éventuellement) d'un appoint électrique (résistance),
- d'une coque étanche,
- d'une enveloppe isolante,
- d'un thermostat.



- A : jaquette en tôle peinte
- B : Isolation (en général, mousse de polyuréthane)
- C : Cuve émaillée ou non
- D : canne d'aspiration d'eau chaude (prend l'eau en partie haute)
- E : Résistance électrique
- F : Arrivée d'eau froide (en partie basse du ballon)
- G : Boîtier du thermostat
- H : Capotage de la partie électrique

Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage

→ On peut imaginer de récupérer le sur-plus d'eau chaude à emmagasiner à l'électro-ménager qui consomme de l'eau chaude pour économiser l'usage de la résistance qui permet de chauffer l'eau.





## 1B-b : les batteries

En dehors d'un stockage hydraulique, la seule possibilité de stockage d'électricité connu et développé est les batteries.

Le principal problème de l'électricité éolienne et surtout photo-voltaïque est que les pics de consommation ne correspondent pas forcément aux pics de production.

Le seul moyen d'avoir une utilisation optimisée est alors de stocker l'énergie produite dans des batteries.

Cependant :

- la gestion d'un parc de batteries demande une certaine maintenance,
- une décharge totale des batteries est souvent rédhibitoire pour ces dernières,
- le courant continu restitué par la batterie (en général d'une tension de 12 V) nécessite :
  - l'usage d'appareils électro ménagers adaptés,
  - un appareil permettant la transformation de ce courant en courant alternatif 220 V.



## C/ les organes de régulation et de sécurité :

### 1C-a : les différents asservissements

La régulation de température de chauffage peut s'effectuer :

- par une sonde extérieure commandant le brûleur ou une vanne mélangeuse (si deux circuits de chauffage fonctionnant à températures différentes),
- par un thermostat d'ambiance installé dans une pièce de référence et commandant la chaudière,
- par un thermostat de chaudière (relevant la température de l'eau) et une horloge de programmation,
- par les robinets thermostatiques qui régulent le débit d'eau dans les radiateurs.

### 1C-b : les sondes de températures

Les sondes de températures peuvent mesurer la température de l'air ou de l'eau. Elles sont installées à différents points des installations de chauffages et de production d'eau chaude sanitaire. Elles jouent trois rôles spécifiques majeurs :

- réguler les organes de production de chaleur,
- assurer la sécurité de l'installation,
- actionner des by pass (ventilation double flux, puits canadiens).

### 1C-c : les organes spécifiques de régulation de combustion

Les organes de régulation de combustions ont été décrits dans les paragraphes précédents. Ils agissent sur l'alimentation et le débit d'alimentation du combustible et du comburant.

### 1C-d : les organes spécifiques de régulation hydraulique et aéraulique

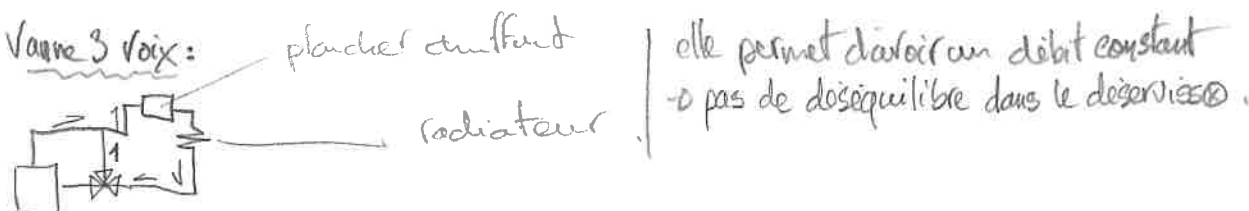
#### Les organes de régulation hydraulique :

Les organes de régulation hydraulique possèdent deux rôles :

- assurer un équilibrage du réseau hydraulique,
- gérer le débit d'eau dans les circuits, afin de moduler la production énergétique en fonction des besoins réels ou d'alimenter un système de traitement d'eaux usées.

La régulation hydraulique permet de maintenir les débits requis par les émissions de chauffage en compensant les pertes de charges hydrauliques.

La régulation se fait par des régulateurs de débits ou de pression différentiels.



Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



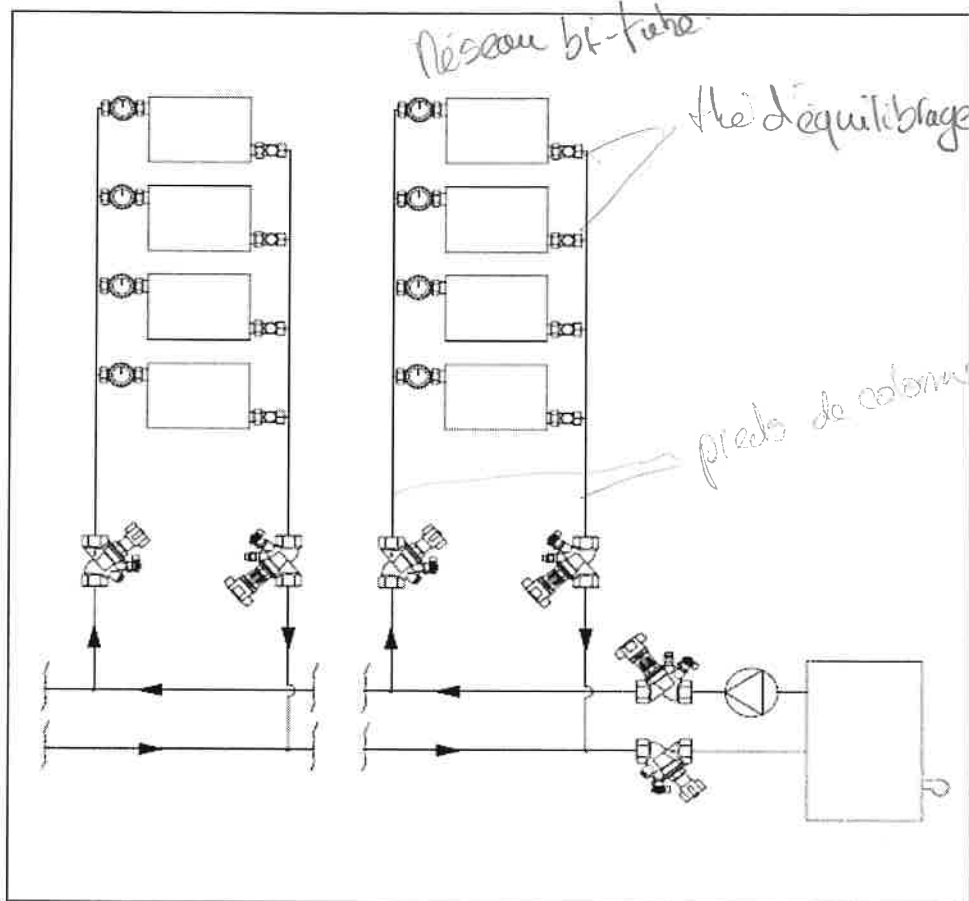
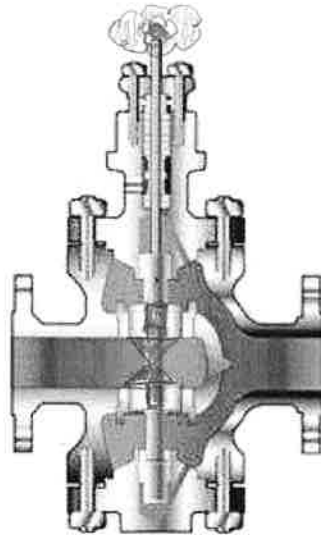


Schéma hydraulique d'une installation de chauffage

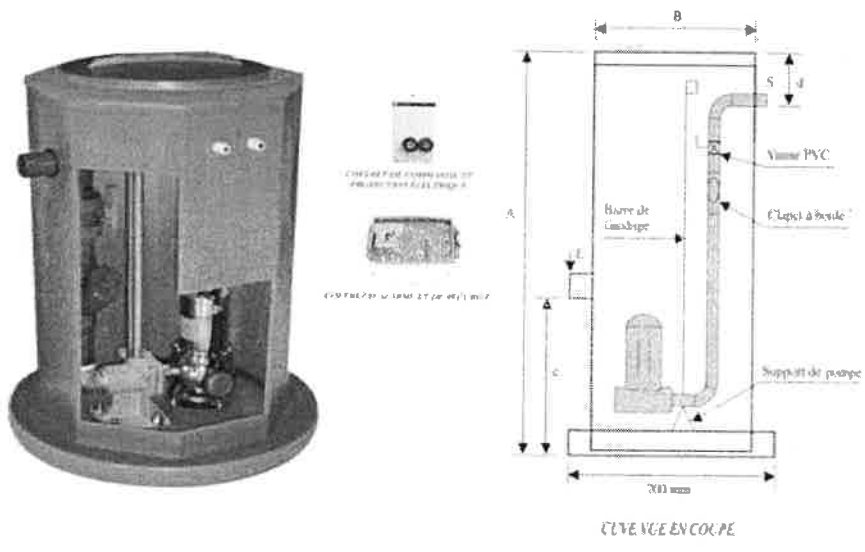


les pompes et circulateurs :

pompe de circuit de chauffage :

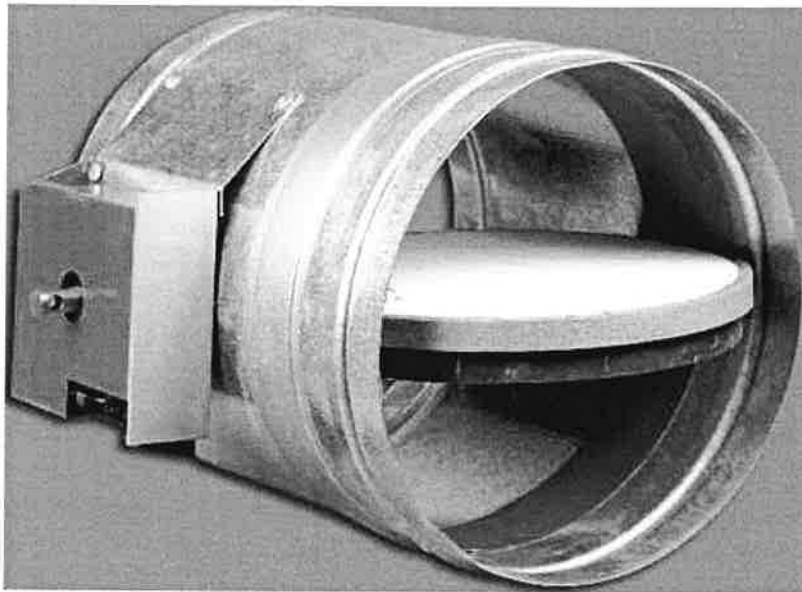


poste relevage eaux usées :

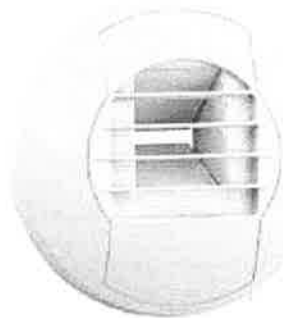


Les organes de régulation aéraulique :

Tout comme les organes de régulation hydrauliques, ils permettent d'équilibrer le réseau aéraulique voir d'assurer un by-passage (position ouverte/position fermée).



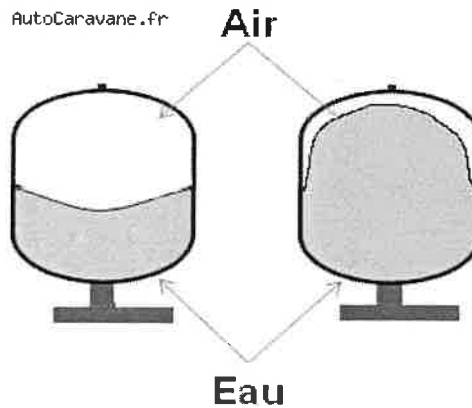
Certaines bouches d'extraction d'air ou arrivées d'air ont la possibilité d'assurer une régulation du débit par détection hygrométrique.



## 1C-e : les organes de sécurité hydrauliques

### le vase d'expansion :

Il permet de compenser la dilatation du fluide dans un circuit hydraulique.



### le clapet anti-retour :

Il permet d'éviter le reflux des eaux lorsque le poste de relevage s'arrête.



## 1C-f : les organes de sécurité électriques

Les principaux organes de sécurité des réseaux d'électricité sont les fusibles et les détecteurs de fuite de courant.

**Formation : CPEC 2015**

Les techniques de chauffage



### 1C-g : les organes de sécurité extérieurs (monoxyde, feu, températures excessives...)

Les organes de sécurité extérieurs aux réseaux et installations permettent de détecter :

- les fumées,
- les gazs toxiques (monoxyde de carbone).

Ce sont essentiellement des alarmes.

### D/ les organes de transmission, de transport et d'échange :

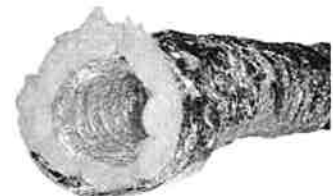
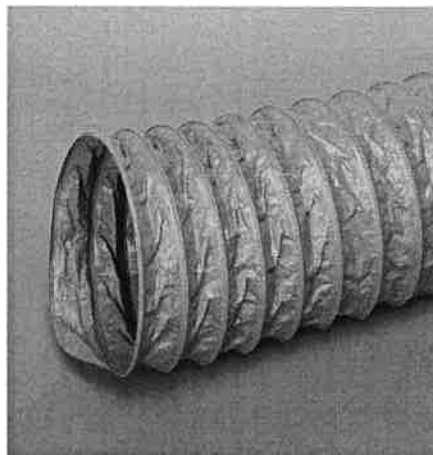
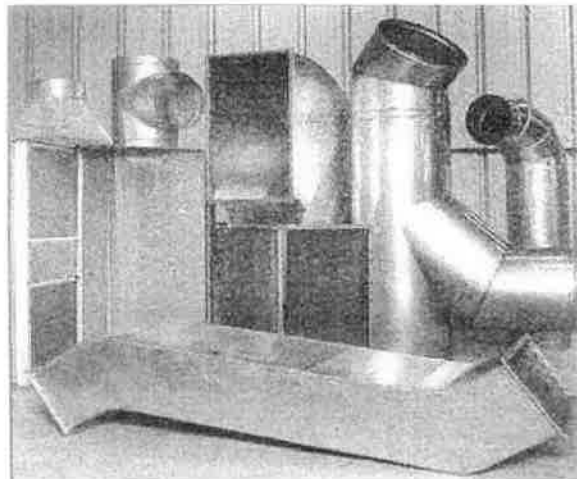
#### 1D-a : les réseaux aérauliques

Les réseaux aérauliques sont les réseaux de conduite d'air. Ils sont constitués de gaines de natures différentes.

Le calcul de leurs sections doit être adapté aux pertes de charges afin d'éviter de trop importants phénomènes de frottement.

Une gaine sous dimensionnée peut aussi être à l'origine d'une vibration génératrice de bruit.

Différentes gaines :



#### 1D-b : les réseaux hydrauliques

Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



Les réseaux hydrauliques sont majoritairement composés de :

- canalisations en cuivre (alimentation en eau potable - chauffage)
- canalisations en PER (chauffage)
- canalisations en PET (alimentation en eau potable)
- canalisations en PVC et béton (évacuation des eaux usées)

#### 1D-c : le principe de l'équilibrage

Le principe de l'équilibrage d'un réseau consiste à corriger la répartition des débits dans les réseaux par :

- calcul et dimensionnement de la forme géométrique et des pertes de charges singulières du réseau,
- utilisation d'organes de régulation.

#### 1D-d : les matériaux, l'isolation et la protection des réseaux

Lorsque le réseau transporte un fluide calorporteur, l'isolation du réseau permet une économie d'énergie par limitation des déperditions dans le réseau.

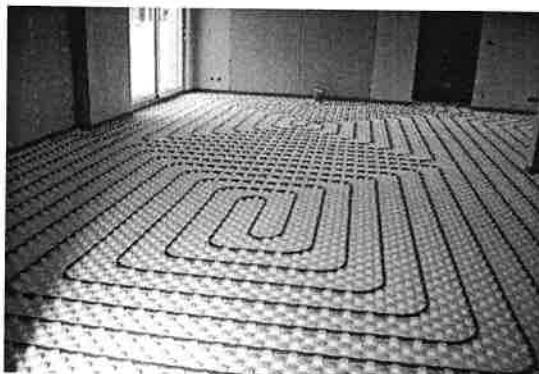
#### E/ les organes de l'émission de chauffage :

Les principaux organes d'émissions sont :

- les panneaux rayonnants et planchers chauffants électriques,
- les poêles et cheminées,
- les radiateurs hydrauliques,
- les planchers chauffants.

Les deux derniers organes d'émission peuvent fonctionner à différentes températures de fluide.

L'utilisation d'un fluide à basse température (30-35°C) permet une économie d'énergie par rapport à la production de chaleur. En contrepartie, il nécessite des surfaces d'émissions plus importantes.





## F/ les organes du réseau d'eau domestique :

### 1F-a : l'alimentation en eau potable

L'alimentation en eau potable est composée :

- d'un réseau extérieur (géré par le fermier),
- d'un compteur d'eau,
- d'un réseau intérieur (géré par le propriétaire),
- (éventuellement) de réducteurs de pression.

*Saux, Vestica ...*

L'alimentation en eau potable est régie par des règles sanitaires imposant :

- une qualité minimale d'eau (critère d'eau potable réglementaire, sur la base d'analyses),
- une température de stockage minimale (pour l'eau chaude sanitaire).

### 1F-b : l'assainissement

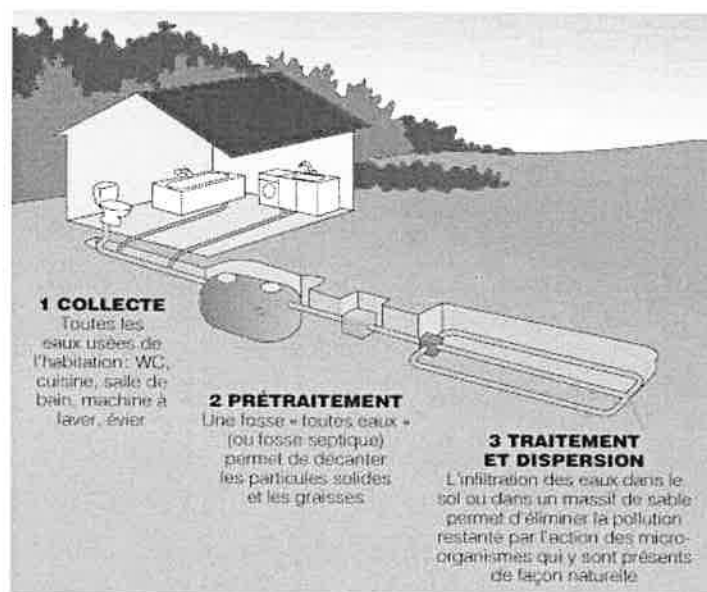
La plupart des assainissements non collectifs sont composés :

- d'un réseau de collecte des eaux usées,
- d'un dispositif de pré-traitement des eaux usées,
- d'un dispositif de traitement des eaux usées,
- d'un dispositif d'évacuation des eaux usées traitées.

*zooglaée = colonie de bactérie.  
noir, blanc, gélatineux ...*

En France, le réseau d'assainissement non collectif respecte les règles techniques imposées par le DTU 64.1 qui impose une obligation de moyen.

L'obligation de résultat (bonnes analyses en sortie de filière) n'est intégrée que depuis 2009 et n'est pas systématique.



*35m de distance d'un puits d'eau potable*

*traitement aérobie*

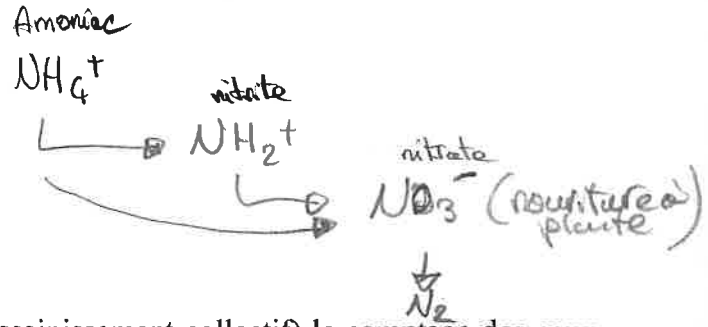


## 1F-c : la récupération et la ré utilisation des eaux

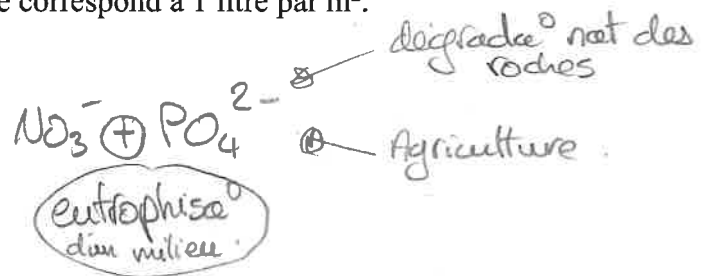
La récupération et la ré-utilisation des eaux usées n'est que peu développée en France.

Les organes principaux de traitement sont :

- le réseau de récupération,
- le pré-traitement,
- le stockage,
- le traitement,
- le réseau d'alimentation,
- (à l'avenir et si les eaux sont traitées par un assainissement collectif) le comptage des eaux évacuées vers le réseau d'eaux usées collectif.



Valeur à retenir : 1 mm de pluie correspond à 1 litre par m<sup>2</sup>.



## 2 – les performances, les coûts

### A/ rendement des installations :

Le rendement des installations dépend :

- du pouvoir calorifique du combustible,
- du rendement énergétique de l'installation inhérent à la transformation d'énergie calorifique potentielle en énergie calorifique effective.

Quelques ordres de grandeur sur les rendements des installations (sur PCI) :

*On ne maîtrise pas le (PCI) rend d'une combustion.*

Type d'installation	Rendements en % ( $\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{production}} \times \eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{émission}} \times \eta_{\text{régulation}}$ )				
	$\eta_{\text{production}}$	$\eta_{\text{distribution}}$	$\eta_{\text{émission}}$ <i>plancher chauffé par le bas</i>	$\eta_{\text{régulation}}$	$\eta_{\text{global}}$
Ancienne chaudière surdimensionnée, longue boucle de distribution	75 .. 80 %	80 .. 85 %	90 .. 95 %	85 .. 90 %	46 .. 58 %
Ancienne chaudière bien dimensionnée, courte boucle de distribution	80 .. 85 %	90 .. 95 %	95 %	90 %	62 .. 69 %
Chaudière haut rendement, courte boucle de distribution, radiateurs isolés au dos, régulation par sonde extérieure, vannes thermostatiques, ...	90 .. 93 %	95 %	95 .. 98 %	95 %	77 .. 82 %

Certaines installations ont des rendements supérieurs à 100 % sur le PCI : il s'agit des chaudières à condensation.

Le rendement des pompes à chaleur n'est pas établi sur le PCI mais sur le COP (Coefficient de Performance).

Il s'agit du rapport entre la production énergétique restituée (exprimée en Kwh) et la production électrique consommée pour le fonctionnement de l'installation.

Ce COP dépend essentiellement des apports calorifique du circuit primaire lié à l'évaporateur. C'est ce qui explique la chute des COP de l'aérothermie, lorsque la température (et donc les calories contenues dans l'air) diminue au point de puisage.

Le COP est déterminé à différentes températures, suivant des normes précises et...

... changeantes.

Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



## Le PCI des combustibles végétaux:

Type de Combustible	Humidité	RWh / Kg	KCAL/ Kg	Poids Kg / M3	X Kg = 1L Fuel
Plaquettes forestières fraîche	55 %	2,00	1 720	310	4,98 kg
Plaquettes forestières Stock 1	40 %	2,89	2 511	240	3,44 kg
Ecorces Sapin	50 %	2,14	1 840	280	4,65 kg
Plaquettes Menuiserie	20 %	4,22	3 629	175	2,36 kg
Sciures bois	6 %	4,20	3 612	160-170	2,38 kg
Granulés / briquettes bois	20 %	4,90	4 214	660	2,03 kg
Bûches « hêtre »	20 %	4,08	3 509	400-450	2,44 kg
Bûches « hêtre »	45 %	2,61	2 245	650	3,21 kg
Paille « jaune »	15 %	4,00	3 440	80-125	2,49 kg
Paille « rose » ou tiges colza	15 %	4,17	3 586	100-135	2,43 kg
Blé - céréales	15 %	4,17	3 586	670-750	2,40 kg
Colza	9 %	6,33	5 874	700	1,46 kg
Tournesol	9 %	5,56	4 781	600	1,79 kg
Granulés de paille	8 %	4,41	3 818	600	2,24 kg
Herbe d'éléphant	10 %	4,40	3 784	130-150	2,26 kg

## le PCI et le PCS d'autres combustibles :

Carburant	unité	PCS		PCI	
		kWh	MJ	kWh	MJ
Butane	kg	13,72	49	12,61	45
Propane	kg	13,83	50	12,79	46
Butane	m <sup>3</sup>	33,48	121	30,75	111
Propane	m <sup>3</sup>	25,95	93	23,95	86
Bois	kg	5,46	20	5,11	18
Anthracite	kg	9,95	36	9,53	34
Fioul domestique	L	10,74	39	10,06	36
Fioul lourd n°2	kg	11,69	42	10,99	40
Gaz de Lacq (méthane)	m <sup>3</sup>	11,45	41	10,35	37
Gaz de Groningue (méthane)	m <sup>3</sup>	9,76	35	8,79	32

Équivalence kWh - joule 1 kWh = 3600 000 J

### B/ la ressource énergétique renouvelable :

La ressource énergétique renouvelable n'a théoriquement pas de limite à l'échelle humaine. Elle est accessible et gratuite.

Attention cependant, elle n'assure pas toujours l'intégralité des besoins énergétiques et des appoints issus d'énergies non renouvelables sont parfois nécessaires.

Formation : CPEC 2015

Les techniques de chauffage



### C/ les coûts énergétiques :

Le tableau ci dessous donne les coûts observés moyens actuels.

Les couts de l'électricité, du gaz et du fioul vont augmenter dans des proportions importantes dans les années à venir.

Energie	Coût au Kwh
Bois déchiqueté	0,026
Bois bûche	0,043
Pompe à chaleur (COP de 2)	0,052
Pompe à chaleur (COP de 3)	0,034
Granulé de bois en vrac	0,055
Granulé de bois en sac	0,070
Gaz de réseau	0,091 (réactualisé)
Fioul	0,1 (réactualisé)
Electricité	0,12 (réactualisé) 0,14
Gaz propane	0,129
Pétrole pour poêles	0,154

### D/ les coûts de mise en œuvre :

Les coûts de mise en œuvre des installations varient suivant la difficulté d'installation des réseaux, en général.

Une installation similaire pourra couter beaucoup plus sur du neuf que sur de la rénovation.

D'autre part, il est difficile de comparer le coût d'installation d'un poêle à bois de celui d'une géothermie verticale.

Quoiqu'il en soit chaque coût de mise en œuvre doit comporter les postes suivant :

- coût des installations,
- métré et coût du réseau,
- coût de mise en œuvre,
- coût de la mise en marche,
- coût du contrôle de bon fonctionnement,
- (éventuellement) déductions fiscales possibles.



### 3 – la maintenance, le diagnostic, les dysfonctionnements

#### A/ la maintenance des installations :

La maintenance des installations est primordiale pour le bon fonctionnement des ouvrages.

Elle permet :

- un remplacement des pièces usées ou défectueuses,
- une vidange, un curage, un nettoyage des réseaux et de l'installation,
- un réglage des organes de l'installation,
- un contrôle de bon fonctionnement général.

L'objet n'est pas ici de former des professionnels de la maintenance car elle nécessite une connaissance parfaite des installations et de leurs évolutions et il s'agit d'un métier qui nécessite une formation technique longue et solide.

Le document *fiches techniques d'énergie et avenir* offre un aperçu et une méthodologie de maintenance pour les chaudières.




## B/ le diagnostic des installations et les moyens d'investigations :

Le diagnostic des installations et les moyens d'investigations diffèrent selon les installations :

- pour les chaudières, des mesures de fumées, de particules, des tests hydrauliques et de rendements sont réalisés,
- pour les réseaux, un contrôle des débits, de la qualité de l'isolation et de son altération physique traduit le bon fonctionnement général,
- pour le traitement des eaux usées, des passages de caméra, analyses laboratoires et contrôle de niveaux de boues sont effectués.

Le diagnostic des installations s'effectue souvent à la suite de dysfonctionnements.

On peut formuler ci dessous une liste non exhaustive :

- **installation de panneaux solaires :**
  - photo-voltaïque : mauvais rendement par mauvaise orientation, masques solaires, chute de tension dans une cellule, saleté des panneaux.
  - Photo-voltaïque et thermiques : problèmes d'étanchéité dans la toiture.
- **Chaudière :**
  - mauvais fonctionnement lié à encrassage, mauvaise alimentation en air, problèmes de brûleur, problème de dimensionnement, mauvaise qualité du combustible, altération des organes de fonctionnement.
- **réseau hydraulique :**
  - problème de répartition de la chaleur lié à un mauvais dimensionnement, un mauvais tracé de l'émission (plancher chauffant, murs réfléchissant), un mauvais équilibrage.
  - Fuites dans le réseau ou les planchers chauffant.
- **réseau aéraulique :**
  - mauvaise répartition de l'air lié à mauvais équilibrage, tassement, flexion des conduites
  - air vicié lié à mauvaise évacuation, stagnation d'eaux dans réseau, flashes. ↪ 
- **alimentation en eau potable :**
  - fuite du réseau, mauvaise qualité d'eau, sur consommation liée à pression trop importante.
- **traitement des eaux usées :**
  - dysfonctionnement du système par colmatage, vidanges peu fréquentes, mauvaise évacuation, mauvais pré traitement, produits utilisés bactéricides,
  - altération des matériaux par mauvaise évacuation des gazs corrosifs.

*Innovat - prendre en compte les chaînes en aval  
ex: Stirling -> électricité -> réseaux, exportation, transformation*

