



IUT Saint-Nazaire
Pôle Sciences et technologie

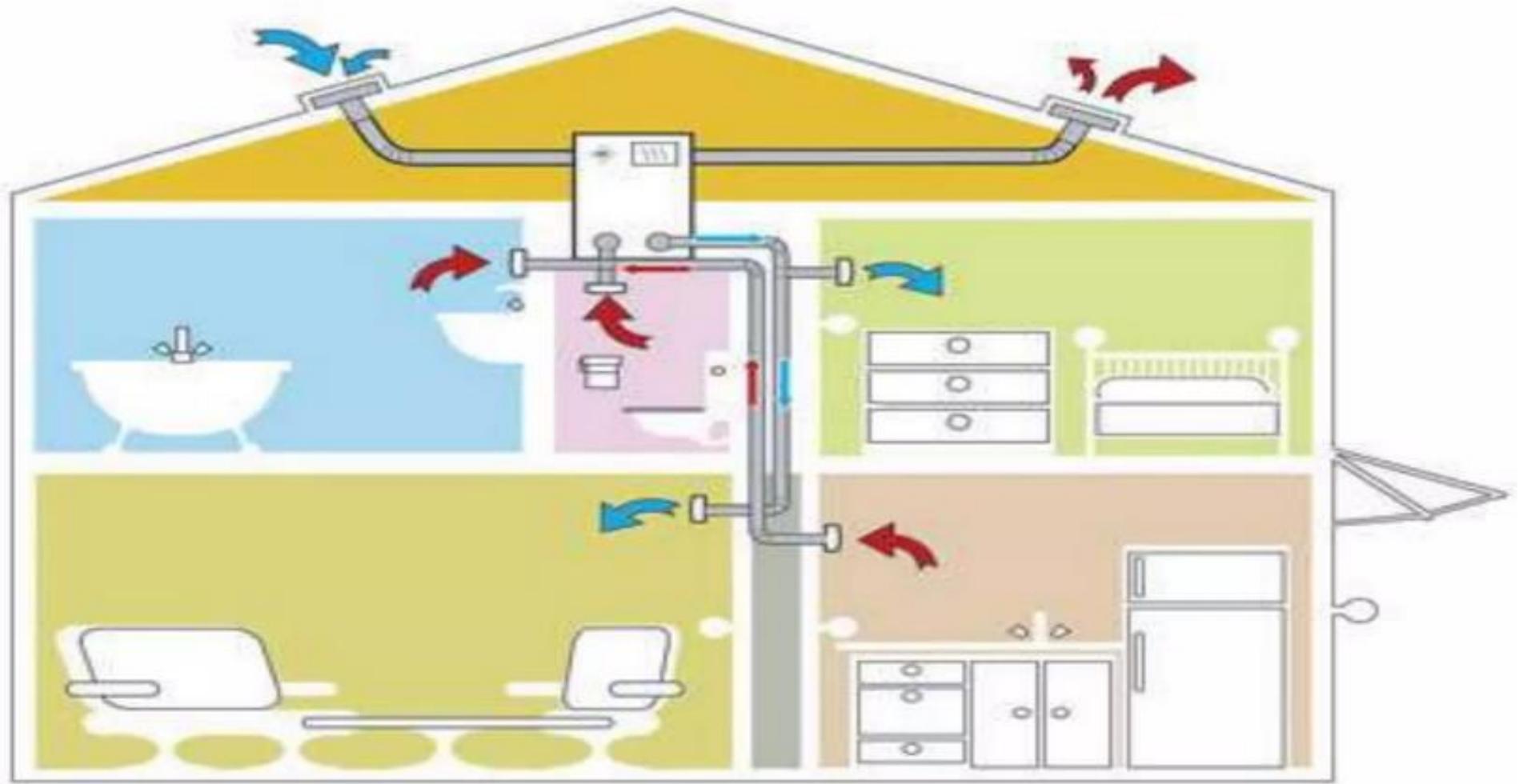
Diagnostic de Performance Energétique

Préparation à la certification sans mention

Sommaire

DPE « sans mention » Jour 3

1. Les systèmes de ventilation
2. Les recommandations de travaux de système de ventilation
3. Les systèmes de chauffage (refroidissement)
4. Les systèmes de production d'ECS
5. Les systèmes de production d'EnR
6. Les systèmes innovants



La ventilation des bâtiments résidentiels

Les systèmes de ventilation

1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

► Comment ventiler?

Faire entrer de l'air neuf

Chasser l'air pollué et l'humidité

La ventilation naturelle : convection et effet du vent

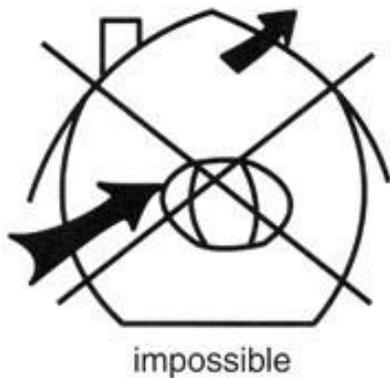
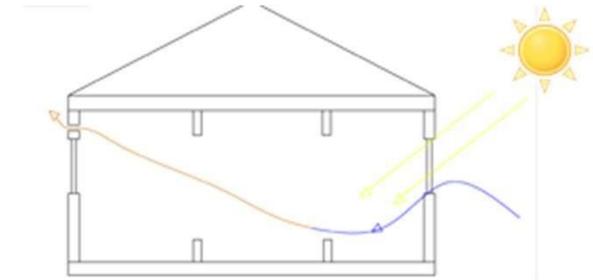
- Avant 1958, la ventilation se limitait à une aération par ouverture des fenêtres et des portes et du fait de leurs défauts d'étanchéité
- Pendant la décennie suivante, on aménage la ventilation des pièces techniques avec des entrées d'air en partie basse et des sorties en partie haute
- En 1969 on adopte le principe de la ventilation générale et permanente mais la crise énergétique des années 70 voit une étanchéité des bâtiments renforcée et une diminution du renouvellement d'air.
- L'arrêté du 24 mars 82 prescrit dans les logements un taux de renouvellement d'air dans les pièces principales de 0,5 V/h

La ventilation mécanique : utilisation d'un ventilateur - transfert par balayage

- VMC Simple flux
- VMC Double flux
- VMI (Ventilation Mécanique par Insufflation)

1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Toujours se souvenir :
 - Ne peut sortir que ce qui peut rentrer
 - Ne peut rentrer que ce qui peut sortir



- Différents types de locaux :
 - Locaux à pollution spécifique (cuisine, salle de bains, WC)
 - Locaux à pollution non spécifique (chambre, séjour)
 - Locaux de transit (couloir, circulation)

1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- L'arrêté du 24 mars 1982

Nombre de pièces principales du logement	Débits extraits en m ³ /h					Débit total minimal (article 4)
	Cuisine Pointe/base	SdB ou de douche commune ou non avec un WC	Autre salle d'eau (pièce comportant un point de puisage)	Cabinet d'aisances (WC)		
				Unique	Multiple	
1	75 / 20	15	15	15	15	35
2	90 / 30	15	15	15	15	60
3	105 / 45	30	15	15	15	75
4	120 / 45	30	15	30	15	90
5	135 / 45	30	15	30	15	105
6	135 / 45	30	15	30	15	120
7 et plus	135 / 45	30	15	30	15	135

En tout état de cause, le débit total extrait est au moins égal à la valeur suivante :

Débit total minimal en m ³ /h	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
	10	10	15	20	25	30	35

1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- L'arrêté du 28 octobre 1983 (complément qui concerne l'hygroréglable)

Lorsque l'aération est assurée par un dispositif mécanique qui module automatiquement le renouvellement d'air du logement, de telle façon que les taux de pollution de l'air intérieur ne constituent aucun danger pour la santé et que puissent être évitées les condensations, sauf de façon passagère, les débits définis par le tableau ci-dessous peuvent être réduits.

L'emploi d'un tel dispositif doit faire l'objet d'une autorisation du Ministère chargé de la Construction et de l'Habitation et du Ministère chargé de la Santé, qui fixe les débits minimaux à respecter.

1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

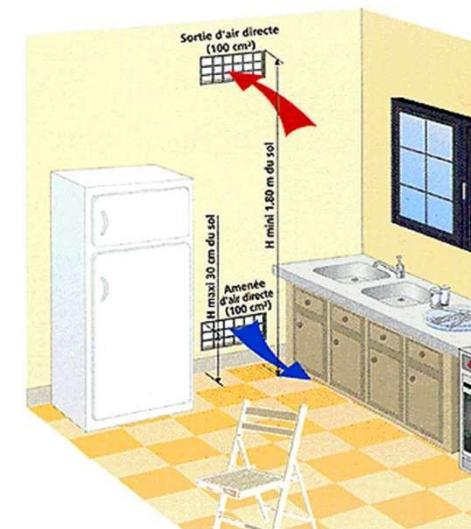
● La ventilation naturelle

- Défaut d'étanchéité et ouverture des fenêtres □ il n'y a rien à décrire mais tout à « prescrire » ...

Ce mode de ventilation se rencontre dans les anciennes constructions, encore équipées de fenêtres non étanches, parfois de cheminées à foyer ouvert qui contribuent à l'extraction de l'air vicié et des odeurs liées à l'occupation.

- Système avec VH/VB

Il s'agit d'un système intermédiaire dans lequel les pièces de vie sont ventilées par ouverture des fenêtres et les pièces humides par les grilles positionnées en parties haute et basse d'un mur donnant sur l'extérieur permettent d'introduire de l'air (en bas) et de le laisser ressortir lorsqu'il s'est réchauffé et est devenu plus léger (en haut)



1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- La ventilation naturelle

- Système avec conduits

Ce type d'installation permet d'extraire l'air vicié et chaud par des conduits individuels, de profiter d'une plus grande différence de hauteur en plaçant les orifices hauts, non plus en façade mais en toiture et de créer un « effet cheminée » plus important.

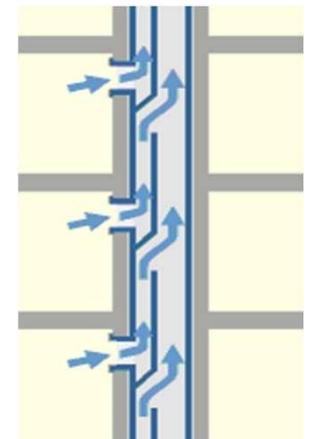
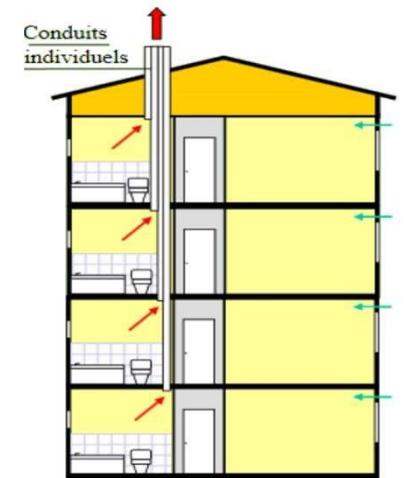
Ce procédé a permis, par ses évolutions, de passer d'un système de ventilation par pièce à un système de ventilation par transfert ou par balayage, des pièces sèches vers les pièces humides.

- Les conduits shunt

Ils ont été utilisés dans les bâtiments collectifs aussi bien pour la ventilation qu'en tant que conduits de fumée.

Ils se caractérisent par des conduits en « sifflet » dirigés vers un conduit principal, sauf au dernier niveau où le conduit sort directement vers l'extérieur.

L'amenée d'air neuf est réalisée à partir de grilles implantées dans les menuiseries desservant les pièces de vie.



1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Les systèmes hybrides

- Extracteurs statiques

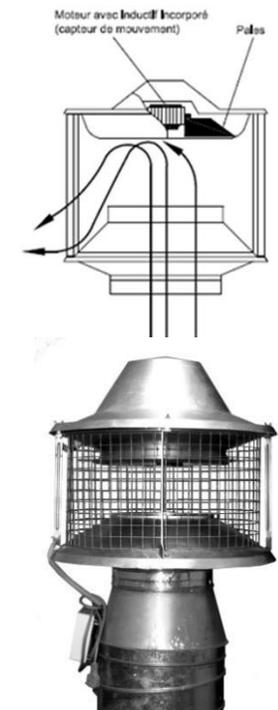
Le fonctionnement est basé sur le principe du VENTURI. Placé au débouché du conduit en toiture (mitron terre cuite ou conduit collectif SHUNT), il permet, sous l'effet du vent, de créer une dépression suffisante dans le conduit d'extraction pour maintenir un débit d'air minimum.



- Extracteurs stato-mécaniques

Pour améliorer une ventilation naturelle il est possible d'installer en débouché de conduit (individuel ou shunt) un système permettant d'assister le tirage naturel en cas de besoin.

L'extracteur stato-mécanique est équipé de pâles mises en mouvement électriquement, dont la rotation est déclenchée soit par une horloge, soit par une sonde de température (thermomètre) ou de vent (anémomètre)



1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

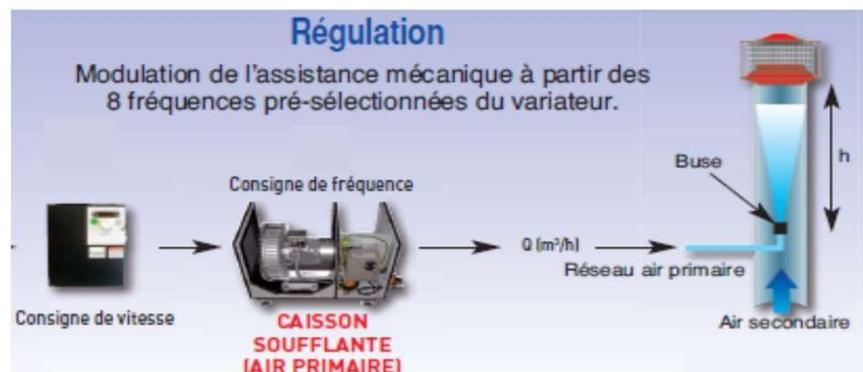
- Les systèmes hybrides

Ventilation assistée par induction d'air «NAVAIR »

(Natural Ventilation Activated by Air Induction)

Le système consiste à injecter en partie haute du conduit d'extraction et vers le débouché, un jet d'air à haute vitesse (air primaire) produit par un ventilateur. Par friction avec l'air vicié (air secondaire) présent dans le conduit (chambre de mélange), un mouvement d'air vicié global ascendant et de faible vitesse est créé.

La dépression engendrée est inférieure à 35 Pa mais permet de pallier les défaillances du tirage naturel en demi-saison et d'extraire un débit supplémentaire en cuisine lorsque les productions de vapeur d'eau sont importantes.



1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- En ventilation naturelle, aussi bien les équipements d'amenée d'air et qu'au niveau des conduits d'extraction les bouches doivent présenter le moins de pertes de charge possible pour permettre à l'air de circuler. Les équipements sont souvent de taille importante (pression < 10 Pa).



VTI



ASTATO



AERECO

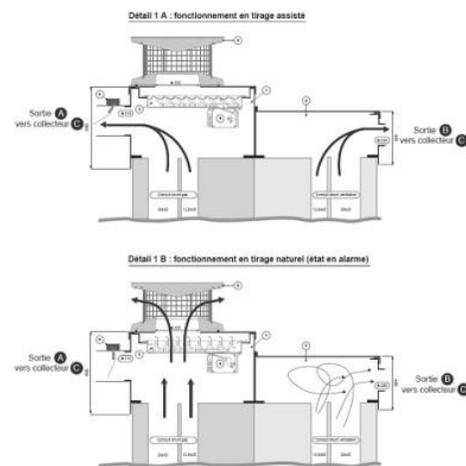
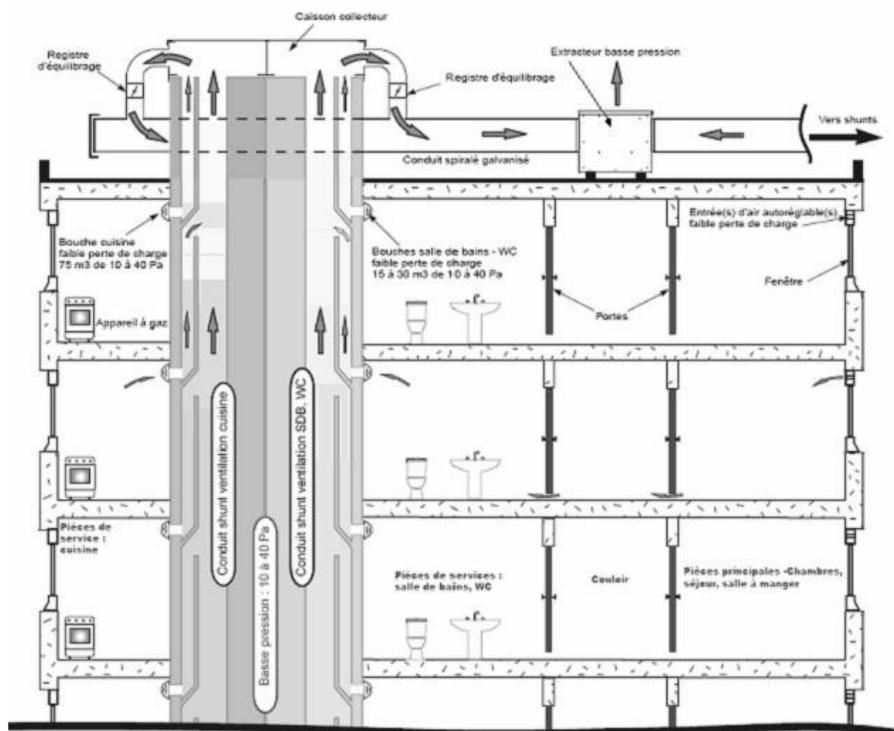


ACTHYS

1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Systemes d'extraction mécanique basse pression

Ce sont des systèmes d'extraction mécanique basse pression raccordés sur les conduits de ventilation naturelle et/ou d'évacuation des produits de combustion des logements existants situés dans les immeubles d'habitation équipés ou non d'appareils à gaz.



Légende

- 1 - Caisson collecteur aluminium.
- 2 - Caisson collecteur galvanisé.
- 3 - Volet à ouverture automatique.
- 4 - Servomoteur.
- 5 - Extracteur statique.
- 6 - Contrôleur SDP.

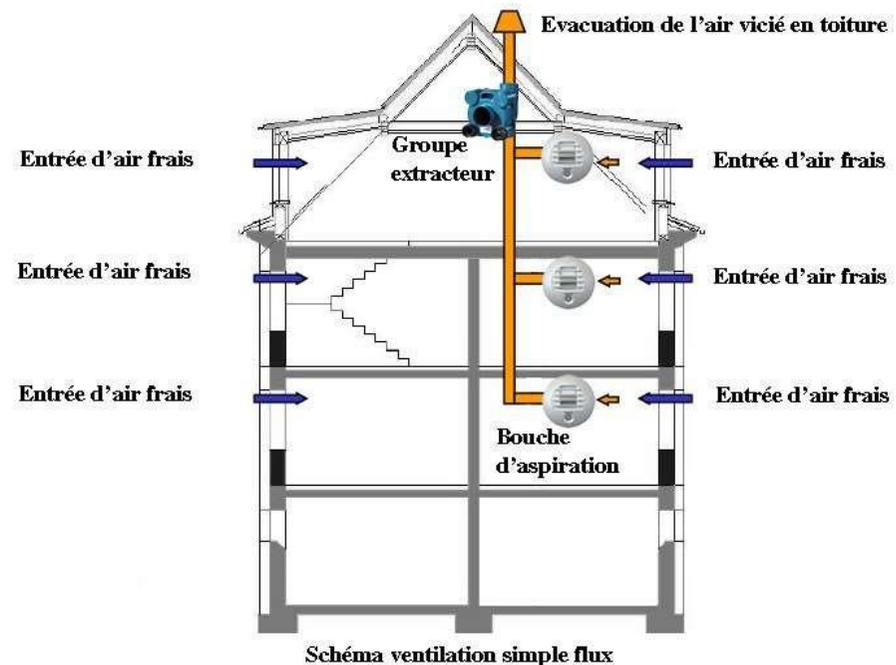
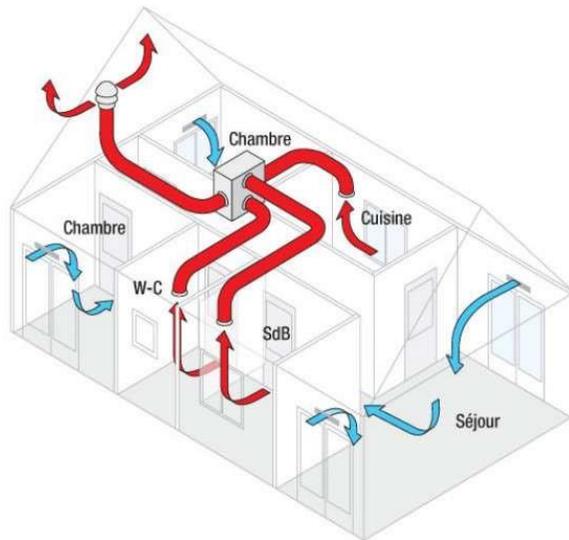
Nota : Les conduits collectifs destinés à l'évacuation des produits de combustion de type shunt ne doivent en aucun cas être chemisés pour la mise en place du système basse pression.

1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- La ventilation mécanique

- Simple flux classique ou autoréglable

«La ventilation mécanique contrôlée autoréglable permet d'assurer un renouvellement d'air neuf par des entrées d'air autoréglables et des bouches d'extraction autoréglables garantissant des débits de renouvellement d'air stables et indépendants des conditions climatiques.»



1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

Simple flux classique ou autoréglable (suite)

«La ventilation mécanique contrôlée autoréglable permet d'assurer un renouvellement d'air neuf par des entrées d'air autoréglables et des bouches d'extraction autoréglables garantissant des débits de renouvellement d'air stables et indépendants des conditions climatiques.»

Simple flux autoréglable (ou classique) : possibilité de moduler le débit d'extraction



Modèles d'entrées d'air

Inverseur 2 positions



Modèles de bouches d'extraction actuelles

Anciens modèles

1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Simple flux hygroréglable

-Les systèmes de ventilation hygroréglable assurent suivant le type (Hygro A, B, Gaz) une modulation des débits d'air extraits (pièces de service) et entrant (pièces principales) en fonction de l'humidité relative des pièces du logement.

- Ces systèmes sont sous Avis Techniques délivrés par le CSTB.

-Les Avis Techniques définissent l'ensemble des gammes produits, le dimensionnement des systèmes, les conseils de mise en œuvre et de conception ainsi que l'entretien des éléments composant les systèmes.

-Le Cahier des Prescriptions Techniques (CPT) complète ces éléments.

-Les produits entrant dans le cadre des Avis Techniques sont soumis aux certifications en vigueur :

(Source : atib)



1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

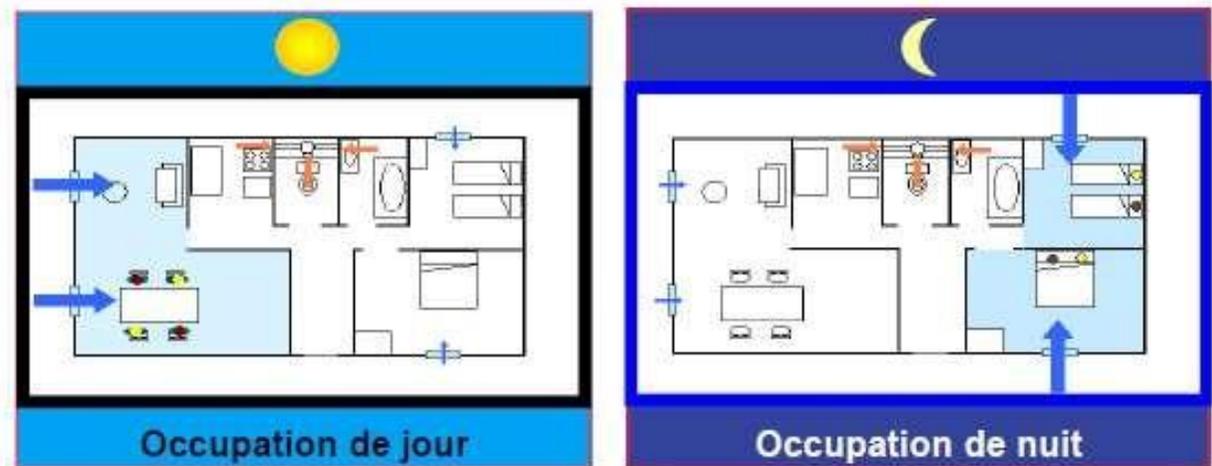
- Simple flux hygroréglable (suite)

Type Hygro A : associe des bouches d'extraction hygroréglables et des entrées d'air autoréglables.

Type Hygro B : associe des bouches d'extraction hygroréglables et des entrées d'air hygroréglables.

L'extracteur doit présenter une courbe aéraulique la plus plate possible afin d'éviter la transmission de bruits dans l'installation (pression statique (Pa) / débit le traversant (m³/h)).

Ventilation Hygro B
Grâce aux entrées d'air hygroréglables, les pièces sont ventilées automatiquement en fonction du taux d'occupation



1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Simple flux hygroréglable (suite)

Simple flux hygroréglable A ou B : gestion des débits mis en œuvre en fonction des besoins



Modèles d'entrées d'air hygroréglables



Modèles de bouches d'extraction hygroréglables actuelles

Anciens modèles

Simple flux hygrovariable : équipée d'un hygrométre mécanique (placé dans l'extracteur)

Déclenchement automatique du passage en « grande vitesse » en fonction du taux d'humidité de l'air aspiré (air vicié)



1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- VMC Gaz ou Hygro gaz



La VMC gaz est une déclinaison du système simple flux. Le principe est d'évacuer, **par le même réseau, l'air vicié du logement et les produits de combustion** d'une chaudière ou d'un chauffe-eau à gaz.

Cela nécessite, lorsque la chaudière est en fonction, la présence de bouches d'extraction assurant le surcroît de débit à extraire.



Pour éviter tout accident, il est primordial que les chaudières à gaz raccordées à la VMC gaz **s'arrêtent en cas d'arrêt de l'extracteur**. La réglementation impose donc la présence d'un système de sécurité (SPOT), ainsi qu'un entretien régulier de ces VMC

La version Hygro B n'existe qu'en Maison individuelle

L'arrêté du 25 avril 1985 (modifié le 30 mai 1989) définit les interventions sur les systèmes de VMC Gaz obligatoires tous les ans.

Encore plus que dans un système classique, les entrées d'air neuf et les bouches d'extraction doivent être entretenues.

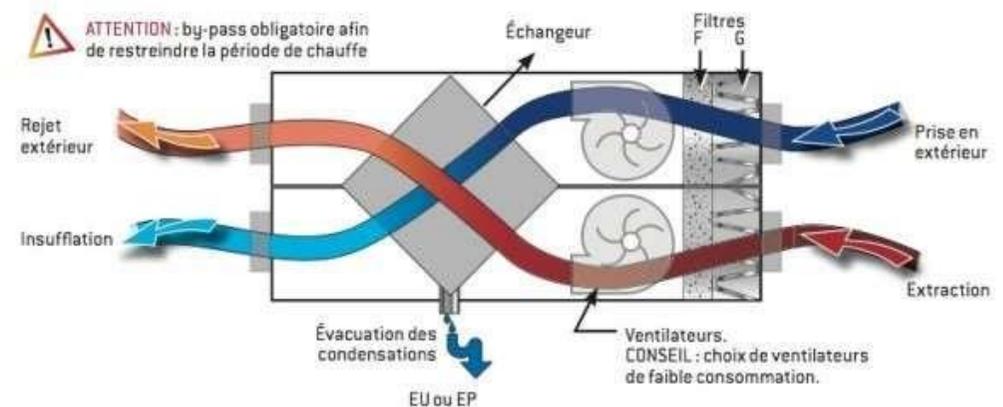
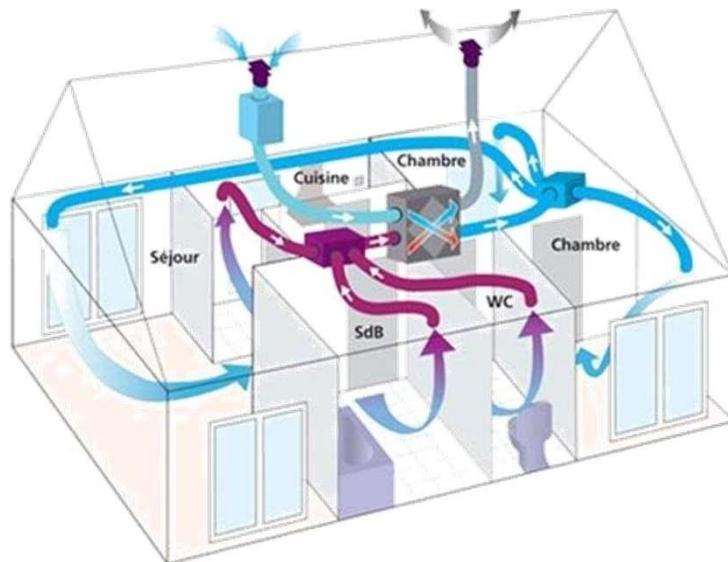


1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- La ventilation double flux statique à récupérateur de chaleur

La VMC double flux permet de renouveler l'air intérieur suivant les débits hygiéniques. Grâce à un échangeur thermique, les déperditions de chaleur sont considérablement limitées par rapport aux déperditions des versions de VMC simple flux.

Principe :

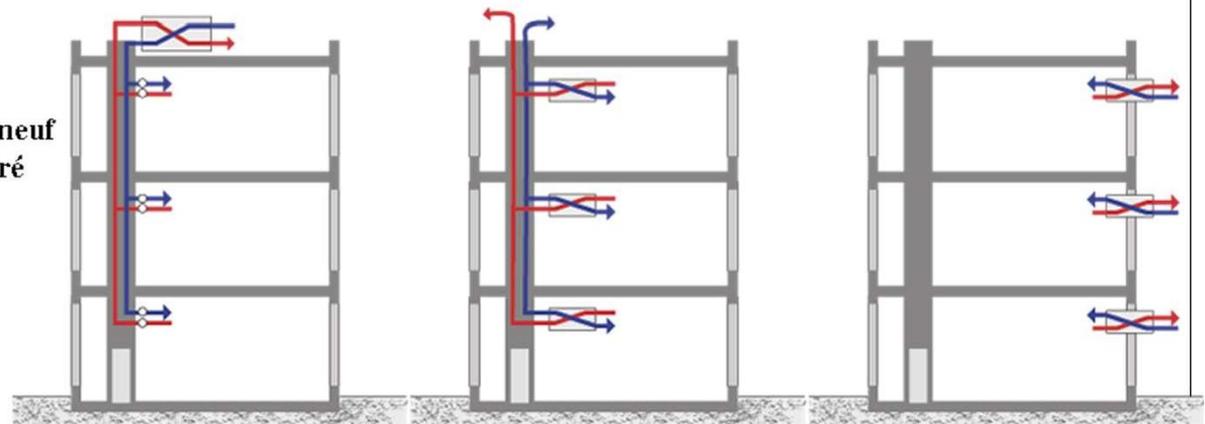
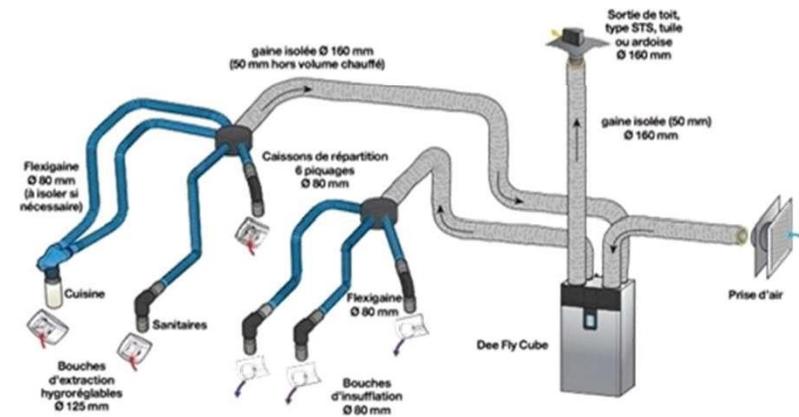
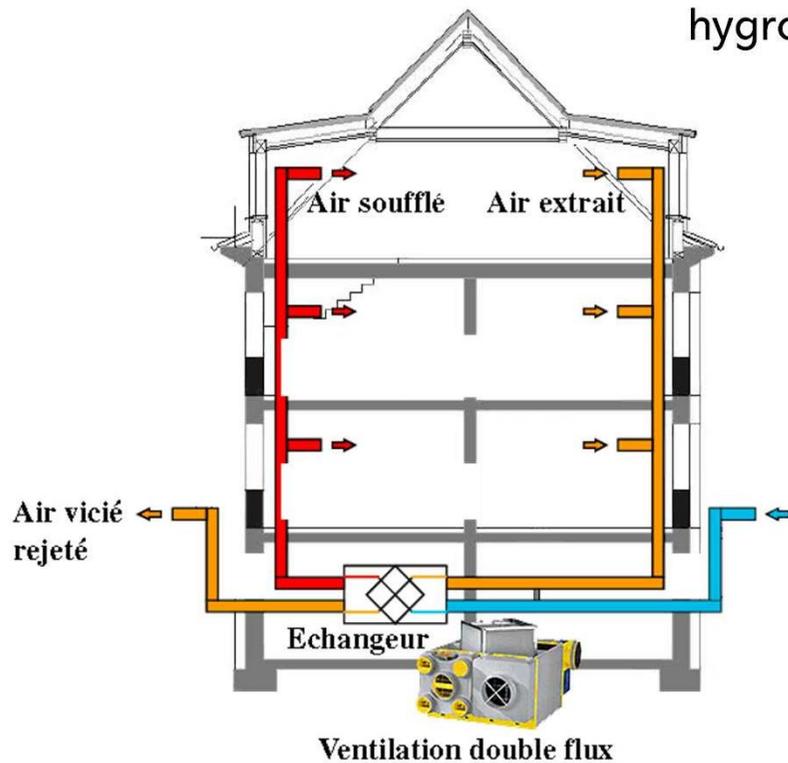


- Les entrées d'air neuf sont remplacées par des **bouches de soufflage**
- Un **échangeur de chaleur** pour récupérer des calories

1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- La ventilation double flux statique à récupérateur de chaleur (suite)

Modèle en DF
hygroréglable



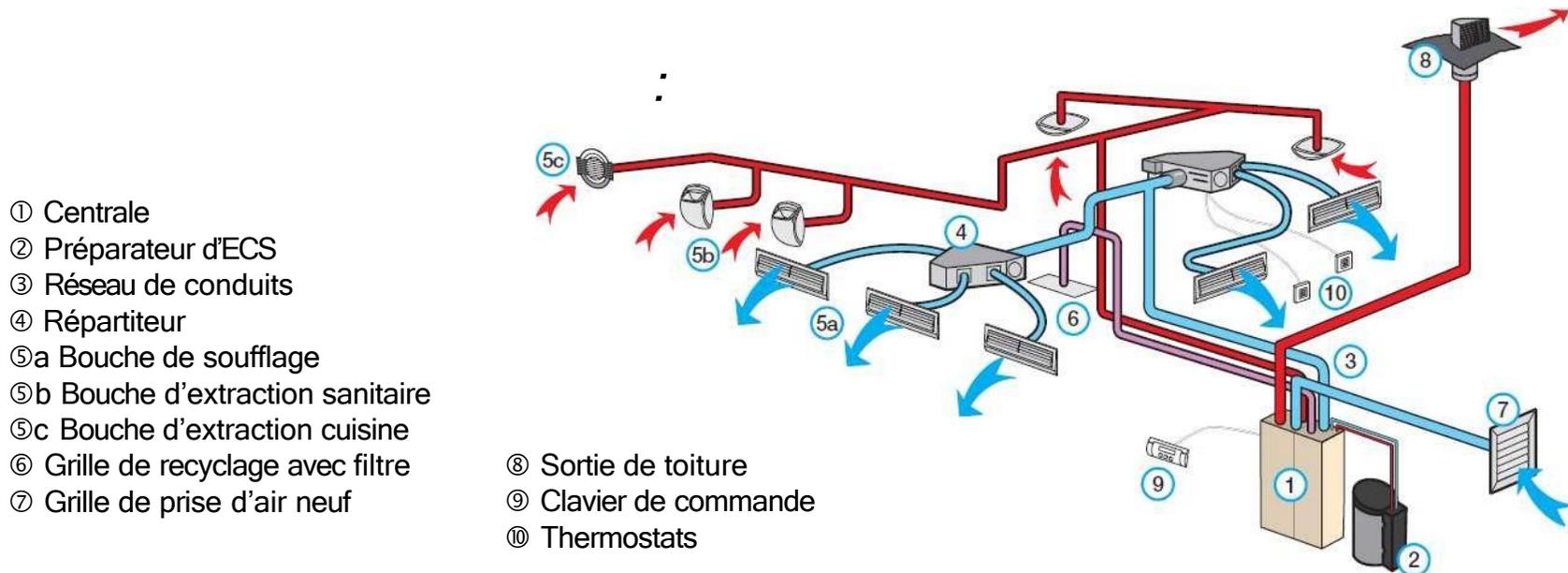
Différentes méthodes en collectif : systèmes centralisés et décentralisés

1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- La ventilation double flux thermodynamique

Le couple VMC double-flux / pompe à chaleur air extérieur - air extrait permet de préchauffer l'air entrant dans le logement tout en bénéficiant d'une ventilation optimale.

Dans le cas d'une maison passive (lorsque la chaleur dégagée à l'intérieur de la maison et celle apportée par l'extérieur sont suffisantes), le système permet de chauffer l'intégralité du logement.



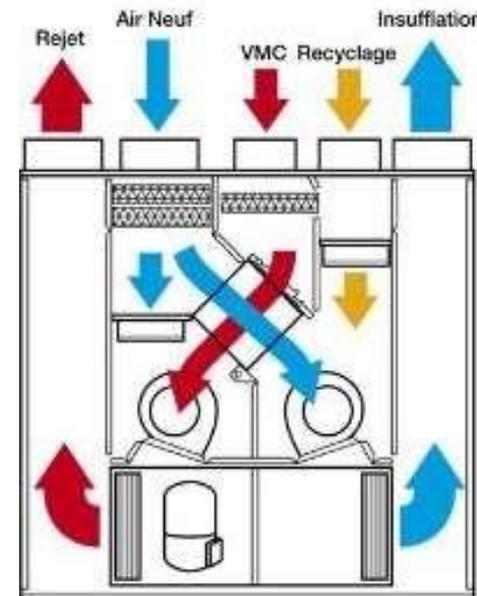
1 – La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- La ventilation double flux thermodynamique (suite)

De plus la VMC Thermodynamique est un système réversible qui permet également de rafraîchir les pièces principales.

Certains modèles combinent l'échangeur thermodynamique et un échangeur à plaques afin de permettre, en dehors du fonctionnement de la pompe à chaleur, de récupérer de la chaleur.

Des modules de chauffage apportent le complément nécessaire pièce par pièce lors des périodes hivernales les plus froides et assurent la répartition de l'air neuf sur chaque bouche de soufflage. L'eau chaude sanitaire peut également être produite par le système.



1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- La ventilation double flux thermodynamique (suite)

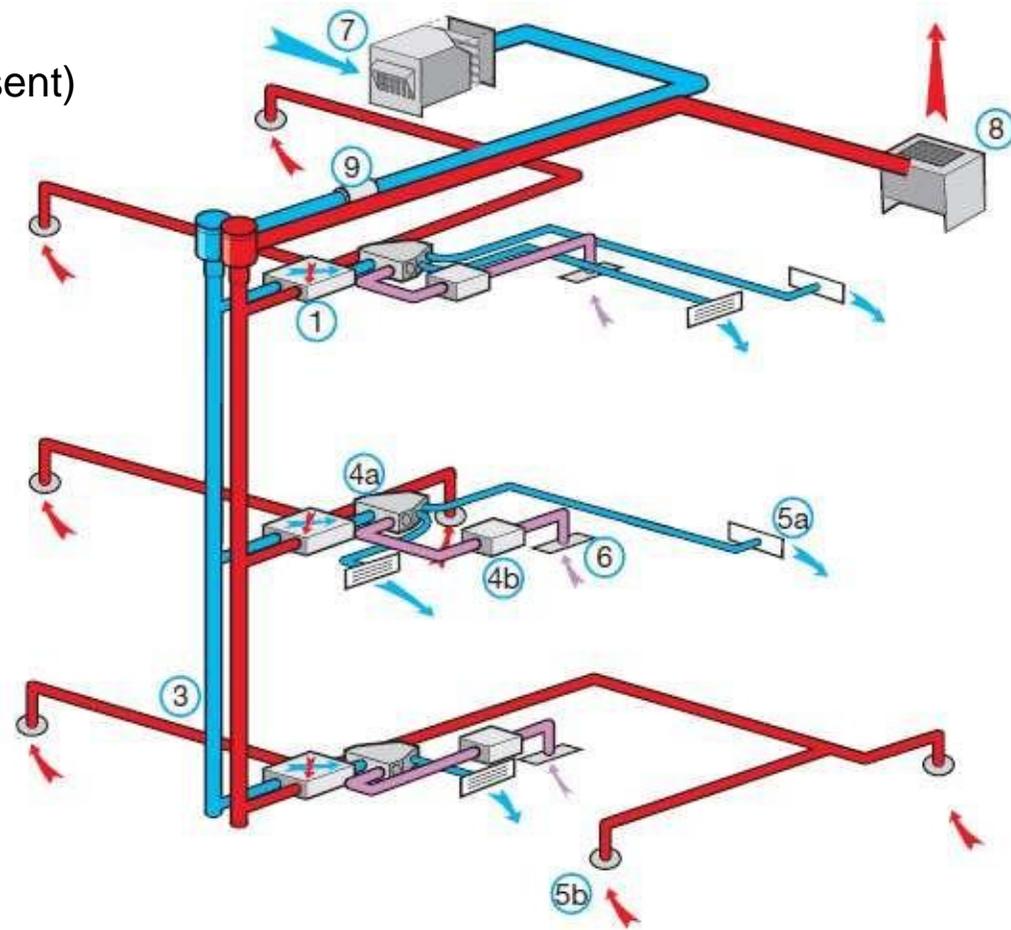
Exemple d'équipement collectif :

Système multifonction (dans le cas présent) assurant 3 fonctions :

- ventiler
- chauffer
- rafraichir

Echangeur

- ③ Réseau de conduits
- ④a Répartiteur
- ④b Ventilateur de recyclage
- ⑤a Bouche de soufflage
- ⑤b Bouche d'extraction
- ⑥ Grille de recyclage avec filtre
- ⑦ Ventilateur d'insufflation
- ⑧ Ventilateur d'extraction
- ⑨ Batterie de préchauffage autorégulée
Clavier de commande
Thermostats



(Source : Aldes)

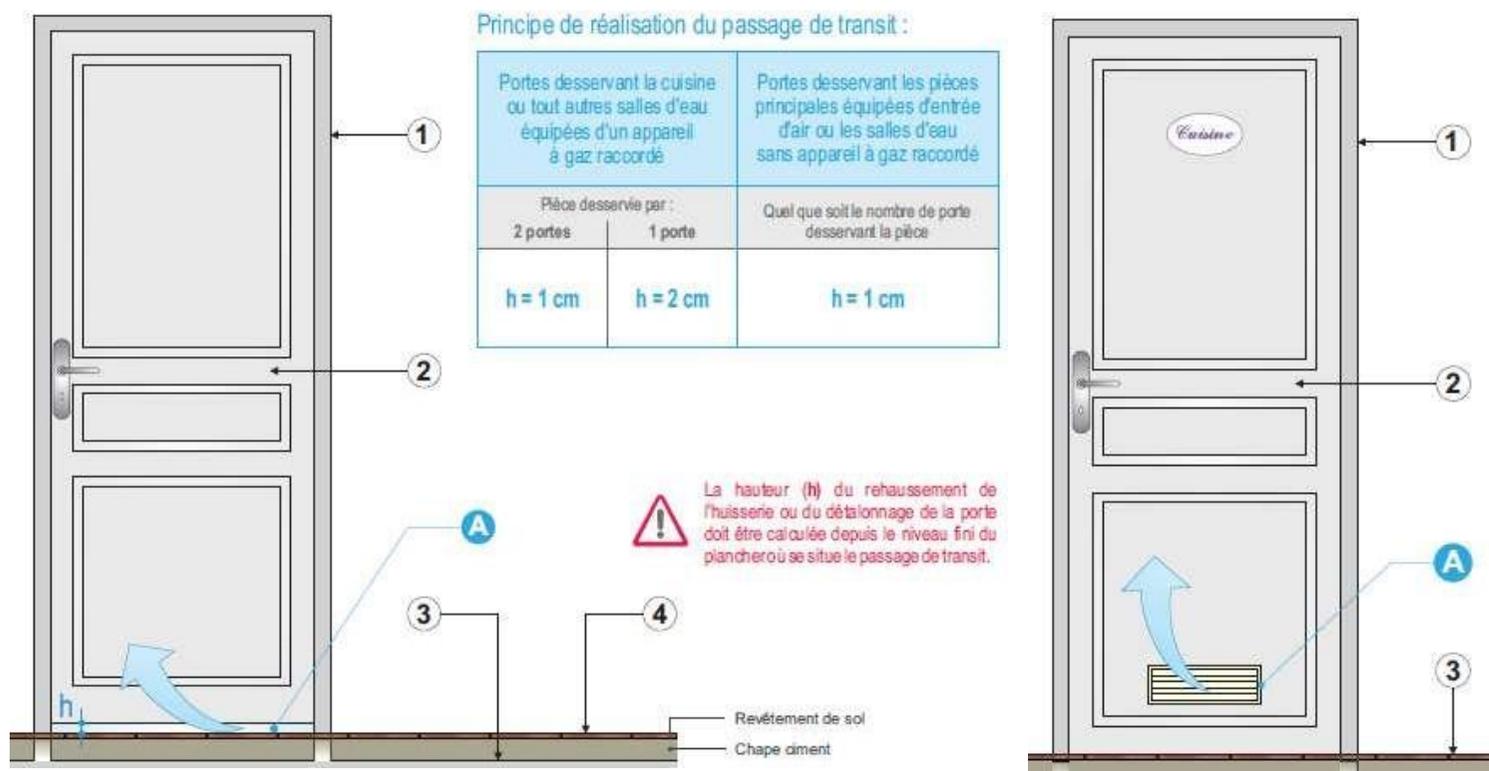
V2.0

1- La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Informations complémentaires

Le détalonnage des portes (DTU 68.3) : passages de transit

Les passages de transit sont assurés au droit des portes intérieures de l'une ou l'autre des façons suivantes :



Exemples courants de dimensionnement :

Débit d'air [m ³ /h]	Section minimale de la grille de transfert [cm ²]
15	25
22	35
30	45
45	65
60	85
75	110
90	130
105	150
120	170
135	190

La formule de calcul pour déterminer la section de passage S est la suivante :

$$S = Q \times \sqrt{(10 / \Delta P)}$$

S : section de passage [cm²]

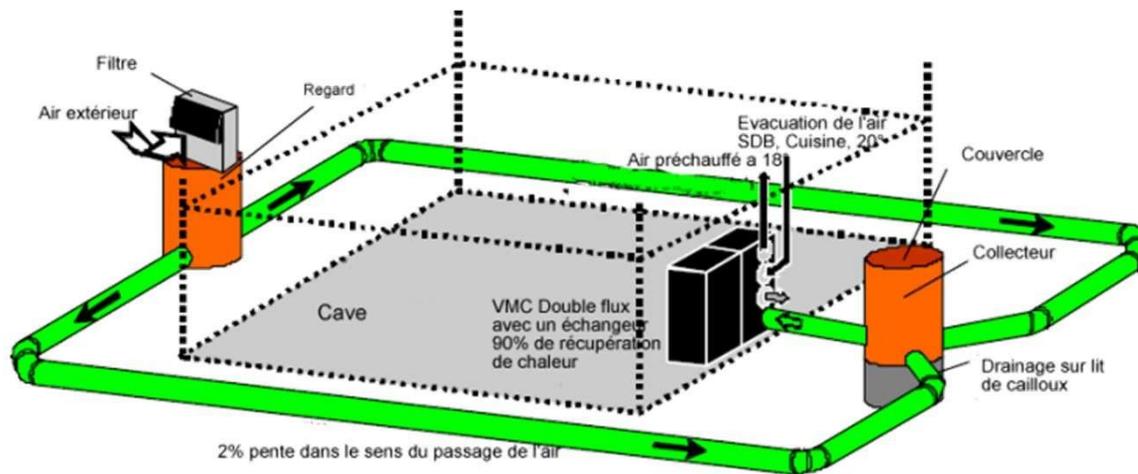
Q : débit d'air [m³/h]

ΔP : différence de pression de part et d'autre de la porte en position fermée [Pa]

1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Autres systèmes : Puits canadien (ou provençal)

Principe : Utiliser l'inertie thermique du sol pour prétraiter l'air ventilant des bâtiments.



La qualité d'échange de l'air va dépendre :

- De la profondeur du terrain. Plus le collecteur est enfoui profondément et plus sa température est basse.
- De la vitesse de l'air dans la conduite. L'air doit passer au moins 15 secondes dans le collecteur pour en prendre sa température ambiante.

1 - La ventilation des bâtiments résidentiels Les systèmes de ventilation

- Autres systèmes : VMI (insufflée)



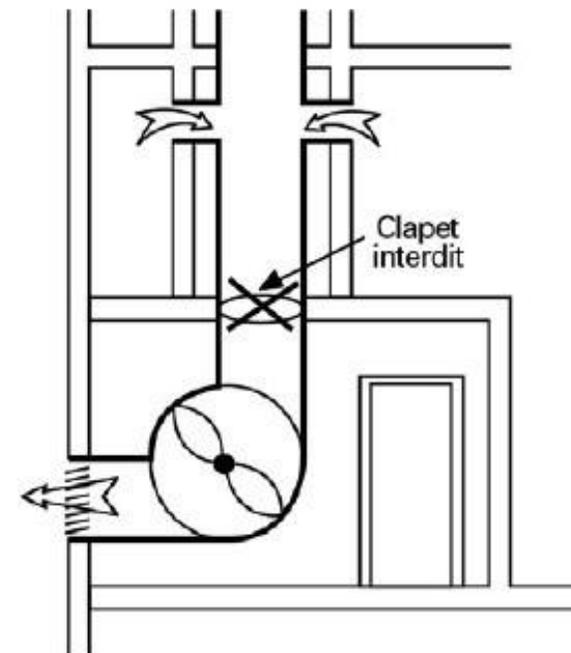
L'air puisé est filtré et **réchauffé** avant d'être introduit dans la maison.

L'air vicié est évacué par des bouches de sorties dans les pièces humides (ex : cuisine, toilettes, salle de bains...) et par des aérateurs situés au

niveau des fenêtres dans les pièces de vie.

- VMI (inversée) → collectif

Le(s) ventilateur(s) situé(s) en partie basse du bâtiment aspire(nt) l'air vers le bas puis le rejette(nt) vers le haut ou au niveau du local technique,



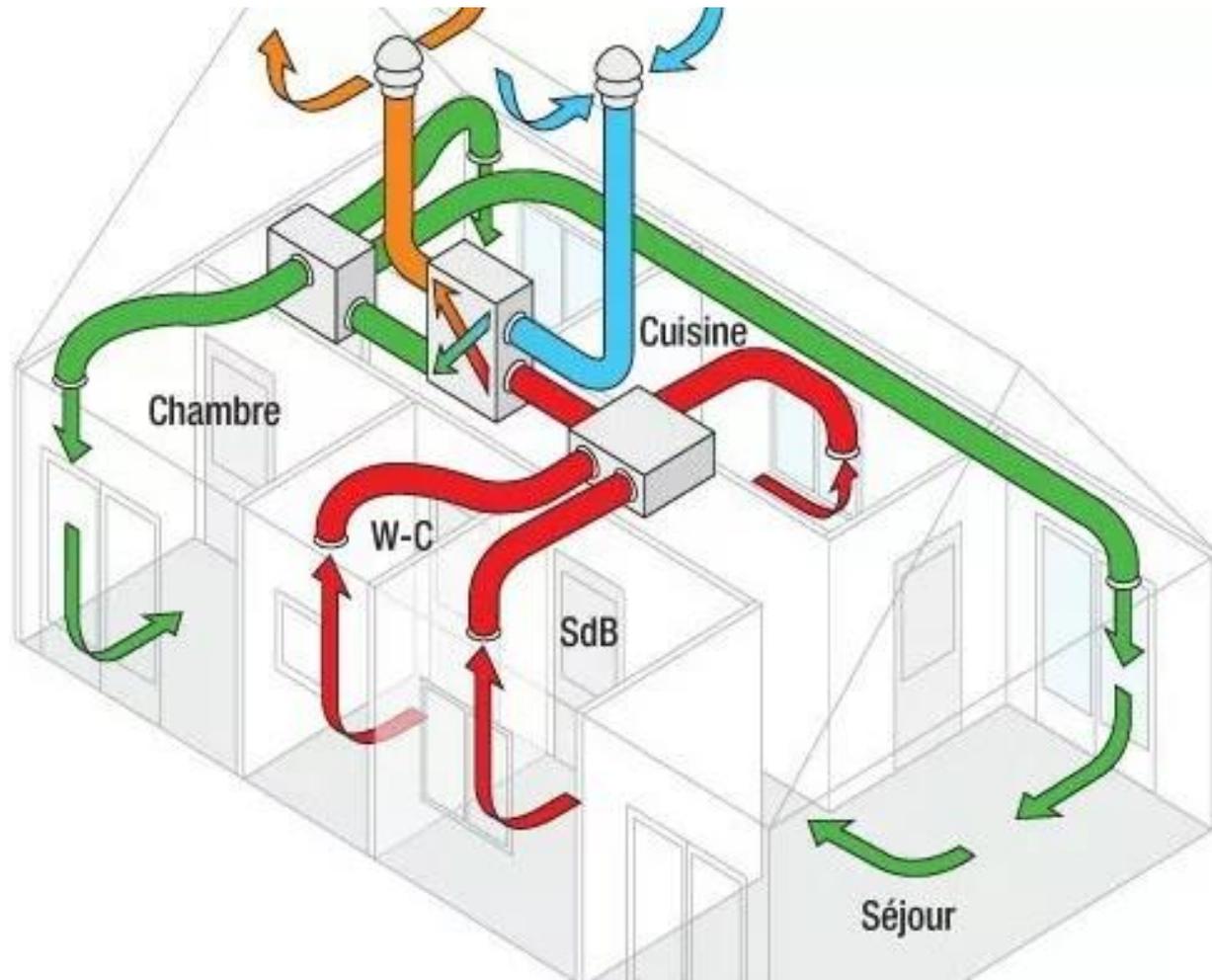
1 – La ventilation des bâtiments résidentiels La saisie dans la méthode conventionnelle

- Sélection du système de ventilation relevé

Le débit mis en œuvre dans le logement sera fonction de la surface habitable du logement et d'un débit d'air extrait par unité de surface défini par la méthode [$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$] :

Type de ventilation	S _{mea_{conv}}	Q _{varep_{conv}}
Ventilation par ouverture des fenêtres	0	1,2
Système de ventilation par entrées d'air hautes et basses	4	2,145
Ventilation mécanique auto réglable « avant 1982 »	2	1,8975
Ventilation mécanique auto réglable « après 1982 »	2	1,65
Ventilation mécanique à extraction hygroréglable	2	1,2375
Ventilation mécanique gaz hygroréglable	2	1,4025
Ventilation mécanique à extraction et entrées d'air hygroréglables	1,5	1,0725
Ventilation mécanique double flux avec échangeur	0	1,65
Ventilation mécanique double flux sans échangeur	0	1,65
Ventilation naturelle par conduit	4	2,145
Ventilation hybride	3	2,0625
Extracteur mécanique sur conduit non modifié de ventilation naturelle existante	4	2,2425
Ventilation naturelle par conduit avec entrées d'air hygroréglables	3	2,145
Ventilation hybride avec entrées d'air hygroréglables	2	2,0625
Puits climatique (canadien ou provençal)	0	1,65

Si VMC collective, alors la SHAB immeuble est nécessaire (les consos auxiliaires ventilation seront proratisés à la SHAB) 



Les recommandations de travaux systèmes de ventilation

2- Les recommandations de travaux systèmes de ventilation

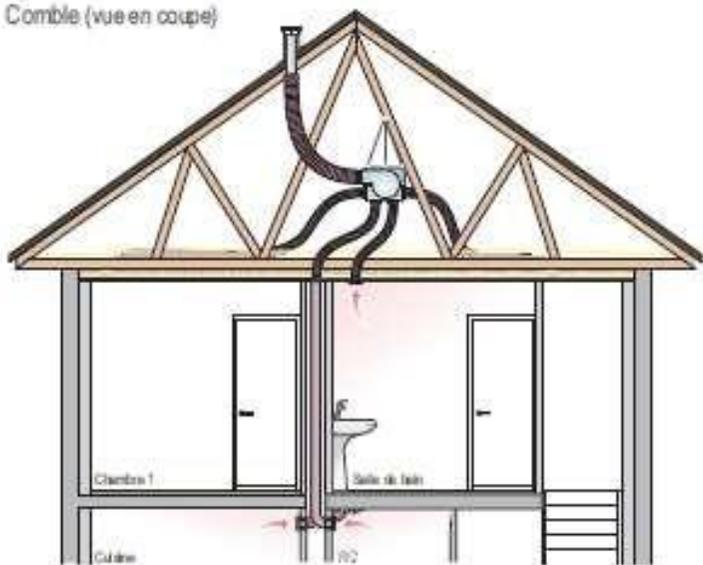
- Ne jamais obturer ni les entrées d'air neuf ni les bouches d'extraction.
- En cas de remplacement des fenêtres, l'installation d'entrées d'air neuf dans les pièces principales est obligatoire réglementairement. De même, tous travaux tendant à calfeutrer les défauts d'étanchéité doivent également amener à la mise en place d'entrées d'air.
- Nettoyer les bouches d'extraction et les entrées d'air (bouches de soufflage) régulièrement en les dépoussiérant ainsi que les filtres dans le cas d'un système double flux.
- La roue du ventilateur doit être nettoyée tous les ans et la courroie doit être contrôlée. Il doit y avoir un contrôle, nettoyage et réglage global de l'installation par un professionnel tous les 3 ans.
- La ventilation mécanique ne doit jamais être arrêtée.

2- Les recommandations de travaux systèmes de ventilation

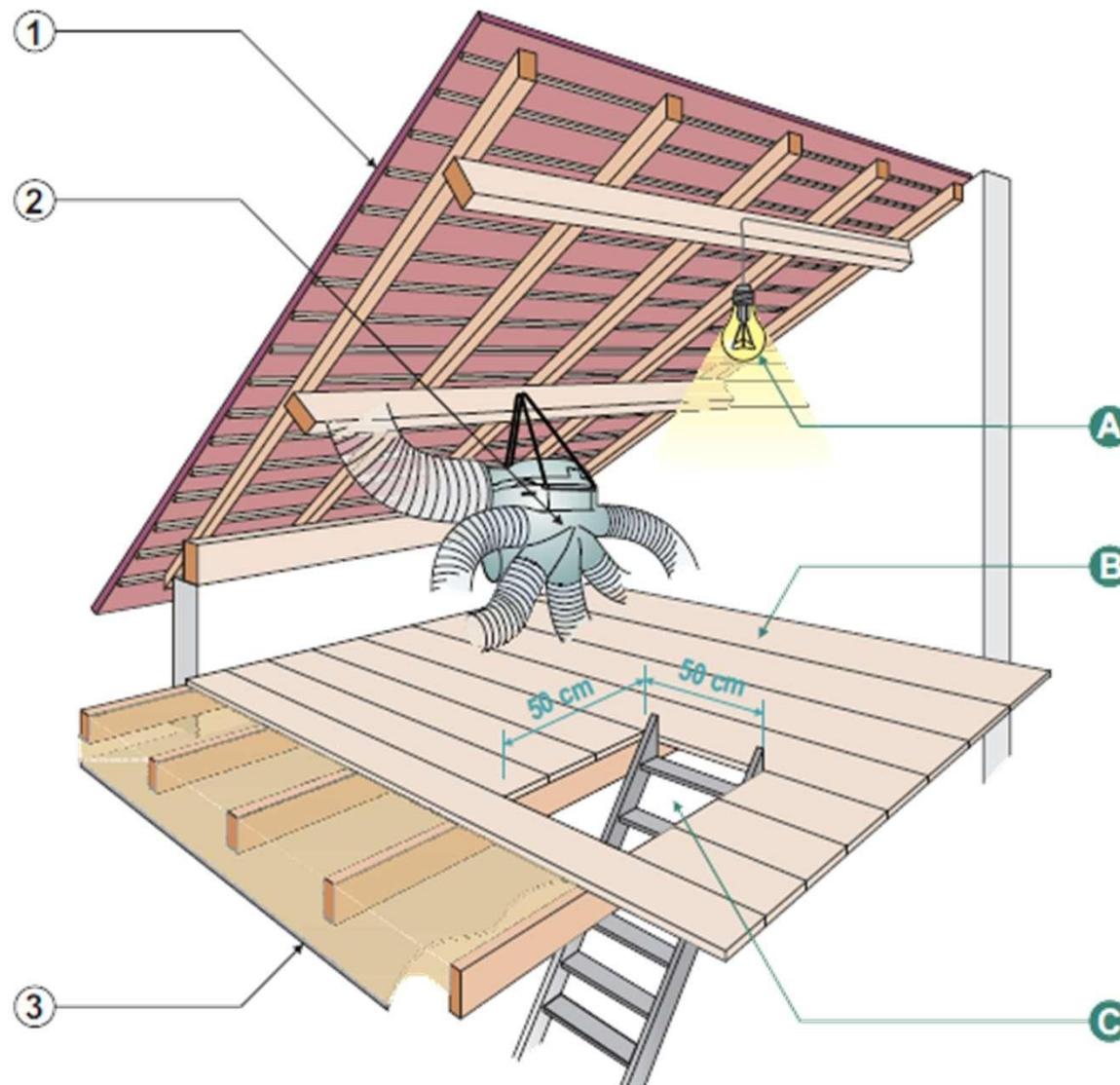
- Identification d'anomalies
 - Odeurs ou présence d'humidité : ventilation insuffisante, entrées d'air obturées ou bouches d'extraction calfeutrées, VMC en panne
 - Ventilation bruyante (moteur) : dysfonctionnement, mauvais réglage, bouches et grilles encrassées, discontinuité du réseau (trous, obstacles, pincement)
 - Présence d'eau de condensation dans les conduits d'évacuation (isoler thermiquement les tuyaux, éviter les grandes longueurs, maintenir les réseaux bien tendus)
 - Groupe inaccessible (maintenance impossible ou difficile)
 - Les entrées d'air doivent être orientées vers le plafond
 - Extraction de l'air vicié directement dans les combles

2- Les recommandations de travaux systèmes de ventilation

Comble (vue en coupe)



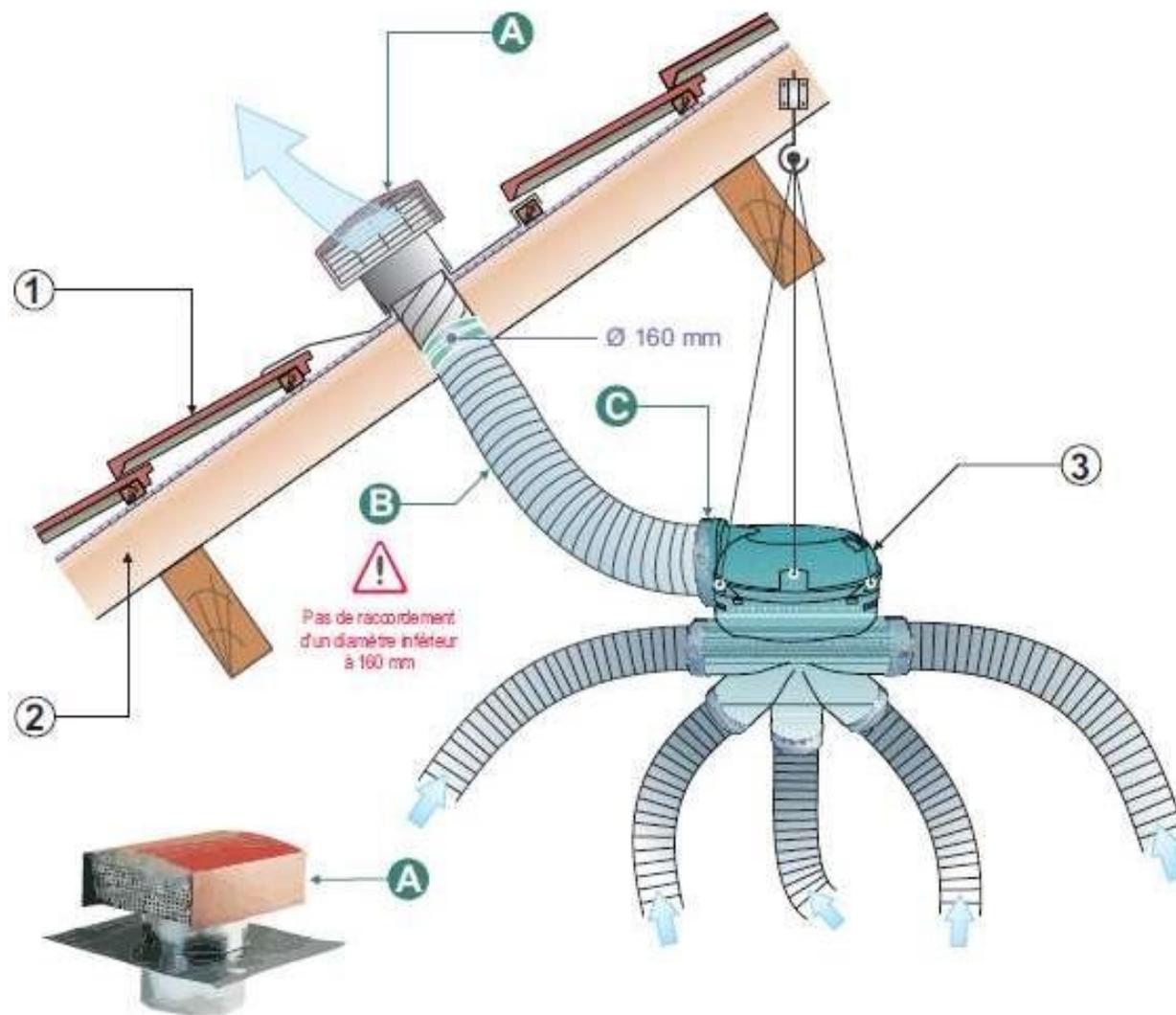
- ① Couverture / Bois de charpente
- ② Caisson / Groupe d'extraction
- ③ Plafond des locaux d'habitation
- A Dispositif d'éclairage
- B Plate-forme de travail
- C Trappe d'accès + Echelle



2- Les recommandations de travaux systèmes de ventilation

- ① Bois de charpente
- ② Éléments de couverture
- ③ Groupe de ventilation
- A Sortie de toiture (Rejet extérieur)
- B Conduit de refoulement
- C Piquage du rejet extérieur

Le rejet doit être placé dans le 1/3 supérieur de la toiture,
Le rejet ne doit pas être situé près d'une prise d'air
L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur



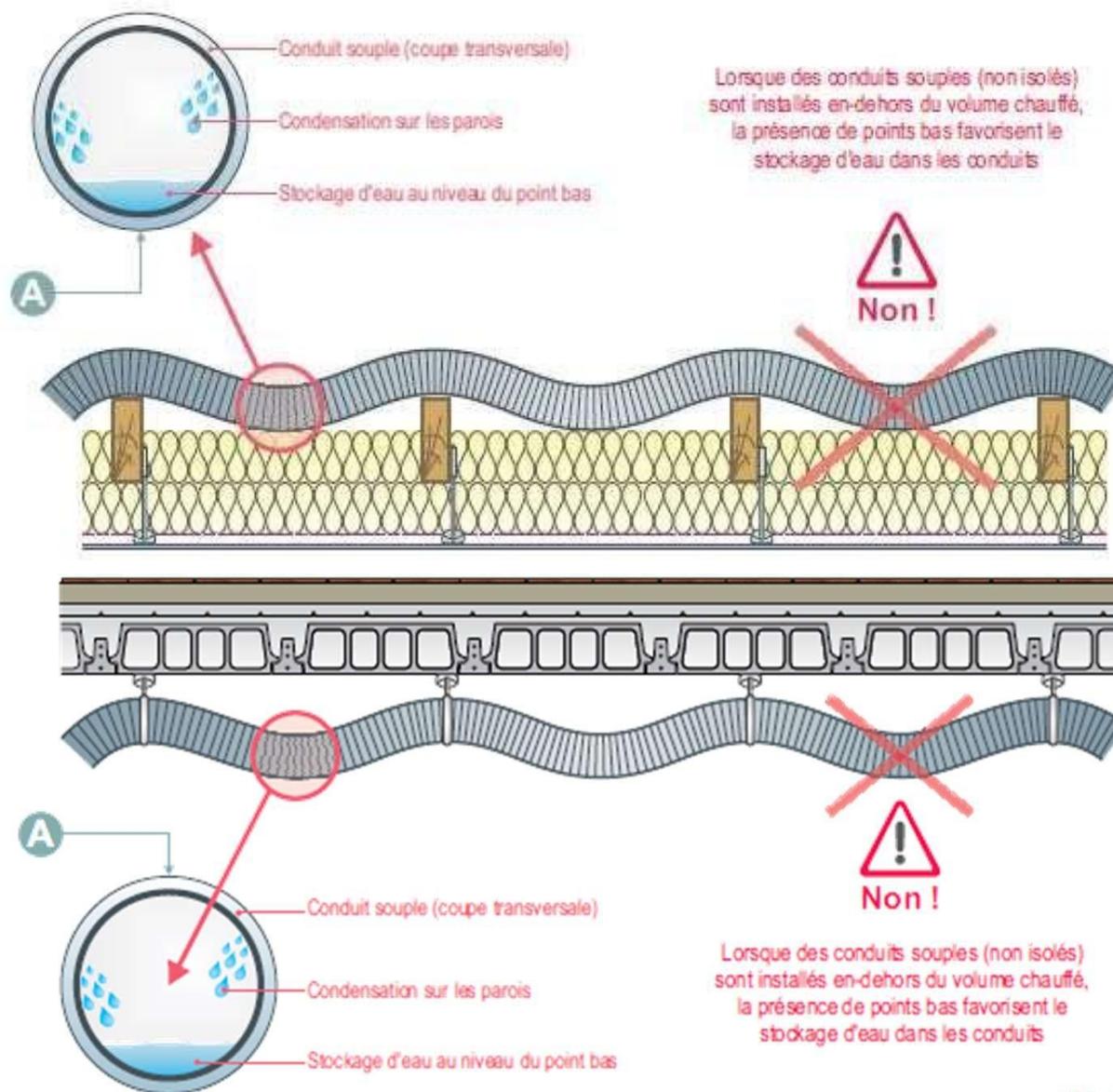
2- Les recommandations de travaux systèmes de ventilation

A Conduit souple ou gaine flexible

Éviter les coudes et les longueurs superflues, à défaut réaliser des coudes de grand rayon (> 90°)

Limiter la longueur de chaque piquage) 6 m et 3 coudes

Les conduits doivent être tendus et rectilignes mais sans déchirement et correctement fixés





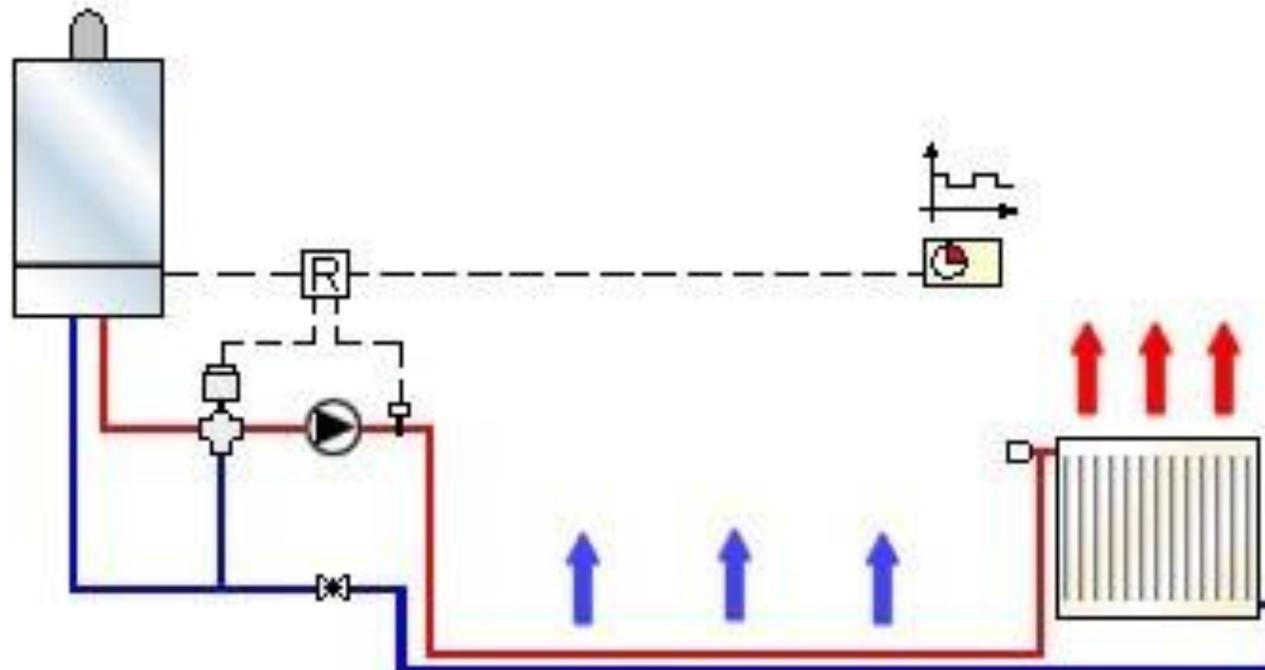
Les systèmes de chauffage

3 - Consommation d'énergie Prise en compte des systèmes de chauffage

- Rch : rendement du système de chauffage

$$R_{ch} = R_g \times R_d \times R_e \times R_r$$

- Rg : rendement de génération
- Rd : rendement de distribution
- Re : rendement d'émission
- Rr : rendement de régulation



3- Les systèmes de chauffage Electrique à effet Joule

- Définition : L'**effet Joule** est la manifestation thermique de la résistance **électrique** qui se produit lors du passage d'un courant **électrique** dans tout matériau conducteur. L'**effet** porte le nom du physicien anglais James Prescott **Joule** qui l'a découvert en 1840.

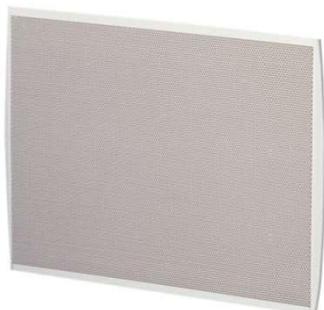


Convecteur C'est en 1971, à l'issue de plusieurs années de travaux effectués par la direction de la recherche et développement (R&D) d'EDF, que le chauffage électrique (CE) est commercialisé.

La question était d'assurer, dans des conditions économiques acceptables pour le client, un chauffage performant avec une énergie dont le coût unitaire (par kWh facturé au client) était notablement plus élevé que celui des autres énergies.

L'adoption d'un système décentralisé au niveau des pièces constitua une première réponse.

3- Les systèmes de chauffage Electrique à effet Joule



Panneau rayonnant : Le principe est différent d'un convecteur qui ne fait que chauffer l'air. Le panneau rayonnant est constitué d'une plaque de résistance qui diffuse sa chaleur au travers d'un élément protecteur (grille métal, façade en verre).

La plaque chauffée "rayonne", chauffant ainsi les objets qui l'entourent.



Radiateur à inertie : Une résistance chauffe un matériau qui va stocker la chaleur et la restituer. Il en existe plusieurs types : fluide caloporteur ; fonte ; aluminium ; pierre



Radiateur à accumulation : Il s'agit d'un gros bloc conçu pour « stocker » de la chaleur la nuit (quand le tarif de l'électricité est moins élevé) afin de la restituer tout au long de la journée. Il est constitué d'un matériau à forte inertie thermique (brique réfractaire).

3- Les systèmes de chauffage Electrique à effet Joule



Plancher chauffant électrique : Constitué d'un réseau de câbles chauffants basse température (28°C max pour la température du sol) coulé dans la chape liquide de la pièce. La chaleur, qui vient du sol, parfaitement répartie dans la pièce. L'effet "pied froid" est supprimé.



Plafond chauffant électrique (plâtre : PRP) : Utilise des panneaux autoporteurs, constitués d'une couche de laine minérale sous laquelle un film chauffant est collé en usine posés sous des plaques de plâtre.



Mur chauffant électrique : Les films radiatifs basse tension de grandes dimensions sont appliqués directement sur les murs et recouverts d'un simple crépi ou d'une plaque de plâtre.

3- Les systèmes de chauffage Electrique à effet Joule



Plinthe électrique chauffante: Modèle de faible hauteur permettant une intégration sur des longueurs relativement conséquentes.



Emetteur bi-jonction (convecteurs, panneaux rayonnants ou radiateurs) :Appareil équipé de 2 résistances associées à des circuits distincts et un thermostat : un circuit collectif assurant une température de base (12 °C en général) et un circuit individuel assurant le complément de chauffage suivant une consigne.

Même aspect extérieur qu'un appareil simple résistance

3- Les systèmes de chauffage Electrique à effet Joule



Information complémentaire :

Depuis juin 2014, le classement **NF Electricité Performances 3 étoiles** est apparu sur les appareils de chauffage électrique, certifiés par l'AFNOR et remplace les anciennes Catégories B et C.

- Les recommandations :

- Remplacement des convecteurs par des panneaux rayonnants au minimum dans les pièces principales. Opter pour des appareils **NF Electricité Performances 3 étoiles**.
- Si des travaux de plancher bas sont prévus : plancher rayonnant électrique associé à une chape thermique isolante (ou murs rayonnants). Dans tous les cas d'installation de réseau de chauffage intégré à la maçonnerie, il est primordial de garder une trace écrite de ces installations afin que la localisation du réseau dans la maçonnerie ne devienne pas un risque lors de travaux ultérieurs.

3- Les systèmes de chauffage Electrique à effet Joule

- Les recommandations (suite) :
 - L'adoption d'un chauffage électrique par accumulation nécessite, pour être économiquement intéressant, de fonctionner en tarif « heures creuses », s'il y a une souscription à un abonnement double tarif.
 - S'il y a un conduit de cheminée ouvert, envisager la pose d'un insert ou d'un poêle à bois pour assurer la base du chauffage et effectuer l'appoint par des convecteurs ou panneaux rayonnants NF Electricité Performances. Pour l'appareil à bois, choisir un appareil labellisé « Flamme Verte » installé par un professionnel.
 - Pour les maisons individuelles : si un système de chauffage central est envisagé, vérifier la possibilité de mettre en place une pompe à chaleur. L'installation d'une pompe à chaleur nécessite d'avoir un très bon niveau d'isolation globale du bâtiment et est l'affaire d'un professionnel qualifié.

3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Emetteurs divisés
- Equipement d'intermittence :

Permet de gérer la température en fonction de l'occupation et/ou l'abaissement pendant la nuit

- Aucun
- Central sans minimum de température
- Central avec minimum de température
- Par pièce avec minimum de température
- Possibilité de décrire différents systèmes f(surface habitable desservie par chacun) ou base + appoint



3- Les systèmes de chauffage Electrique à détente directe

- Définition : La détente directe est une fonction de production de froid en climatisation et de transfert directement du circuit fluide frigorigène vers l'air à refroidir.

Souvent comparés avec les systèmes à circulation d'eau, les systèmes à détente directe présentent en effet de nombreuses similitudes.

La détente directe se rencontre également en géothermie avec la **pompe à chaleur** géothermique sol déroulant directement l'évaporateur dans le sol.



Mono ou multi split : Climatisation réversible composée d'un groupe extérieur et d'une unité intérieure pour chauffer et rafraîchir une pièce.

Plusieurs types d'unités intérieures pour le mono-split :

- Unité intérieure type "Mural"
- Unité intérieure type "Console"
- Unité intérieure type "Cassette encastrable"
- Unité intérieure type "Plafonnier"

3- Les systèmes de chauffage Electrique à détente directe

Mono ou multi split : les différentes unités intérieures



Unité intérieure type "Mural"



Unité intérieure type "Console"



Unité intérieure type "Cassette encastrable« (plutôt en tertiaire)



Unité intérieure type « gainable »



Unité intérieure type "Plafonnier"

3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

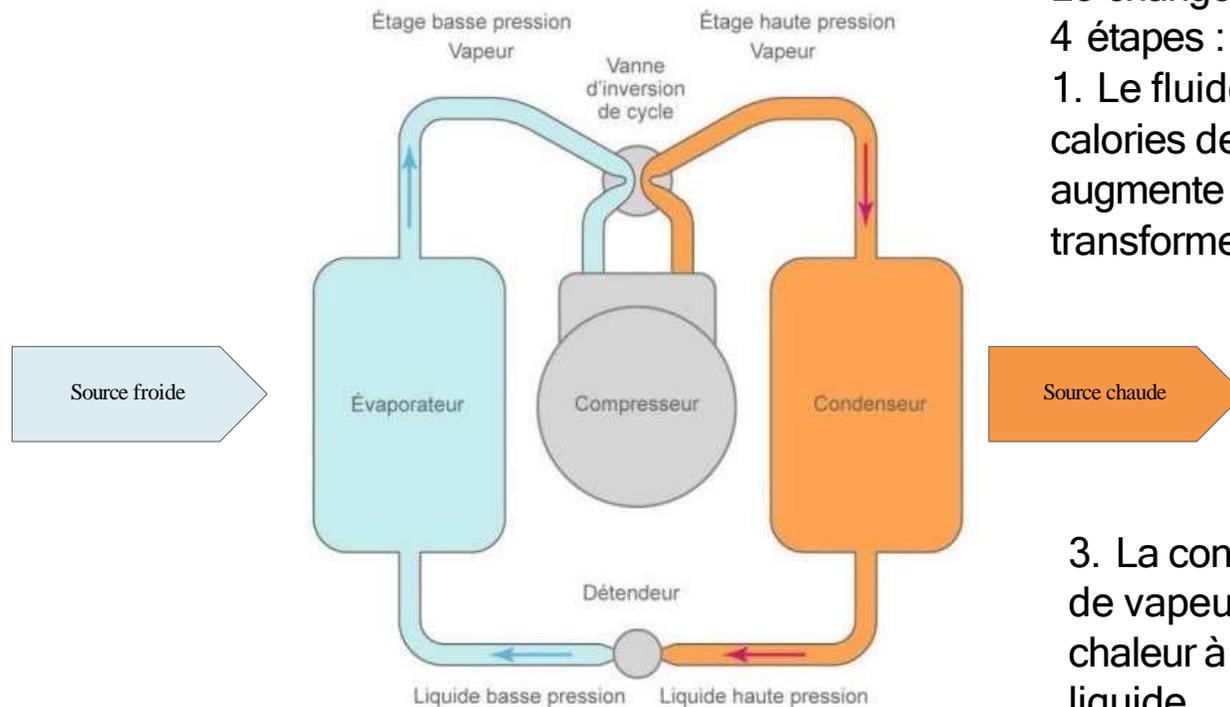
- Emetteurs divisés
- Chauffage PAC
- Equipement d'intermittence :
 - Aucun
 - Central sans minimum de température
 - Central avec minimum de température
 - Par pièce avec minimum de température
- Possibilité de décrire différents systèmes
f(surface habitable desservie par chacun)
ou base + appoint

**Caractéristiques systèmes collectifs, générateurs autres qu'à combustion :
renseigner les caractéristiques du générateur de l'immeuble**

3- Les systèmes de chauffage Information complémentaire PAC

Fonctionnement d'une pompe à chaleur

Une pompe à chaleur est composée d'un évaporateur, d'un compresseur, d'un détendeur et d'un condensateur. Un fluide frigorigène, sous forme liquide puis sous forme gazeuse, circule dans le circuit qui relie chacun de ces composants.



Le changement d'état du fluide frigorigène passe par 4 étapes :

1. Le fluide frigorigène, à l'état liquide, récupère les calories de l'air extérieur. La température du fluide augmente grâce à l'énergie captée. Le fluide se transforme alors en gaz et s'évapore.
2. Le compresseur, alimenté par un moteur électrique, aspire et compresse le fluide frigorigène. À la fin de cette phase, le fluide gazeux est chaud et sous haute pression.
3. La condensation du fluide frigorigène, alors à l'état de vapeur haute pression, permet de transmettre la chaleur à l'air intérieur. Le gaz repasse à l'état liquide.

4. Le détendeur fait chuter la pression du fluide frigorigène et prépare le fluide liquide avant la phase d'évaporation.

3- Les systèmes de chauffage Information complémentaire PAC

Les sources froides peuvent être :

- L'air
- L'eau d'un forage sur nappe phréatique
- L'eau de nappe ou d'une rivière
- L'eau glycolée d'un capteur géothermique enterré ou immergé
- Le fluide frigorigène circulant directement dans des capteurs enterrés à détente directe

Les sources chaudes peuvent être :

- L'air
- L'eau d'un circuit de chauffage quelle que soit sa nature. Pour un fonctionnement de la pompe à chaleur en rafraichissement, les émetteurs également doivent être réversibles.
- Le fluide frigorigène circulant directement dans un plancher chauffant à détente directe

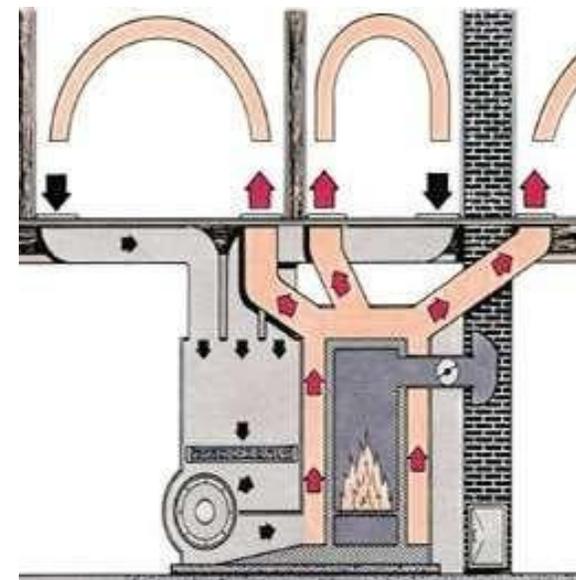
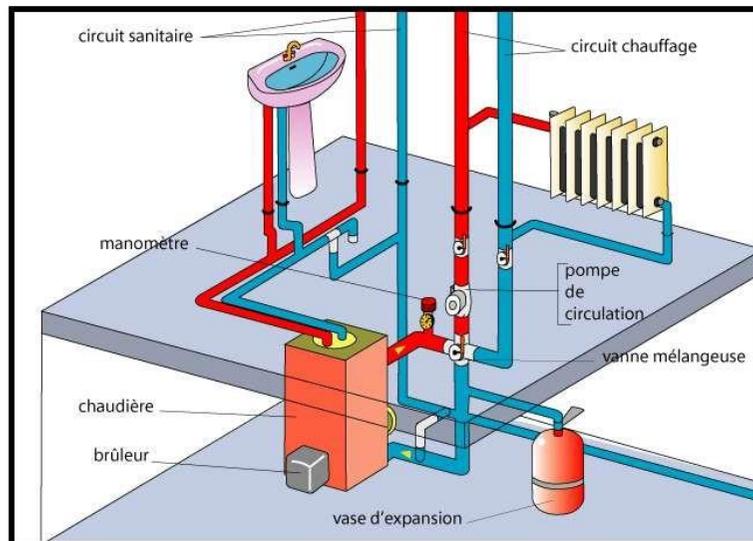
3- Les systèmes de chauffage Electrique à détente directe

- Les recommandations :

- L'installation d'une pompe à chaleur nécessite d'avoir un très bon niveau d'isolation globale du bâtiment
- L'installation d'une pompe à chaleur est l'affaire d'un professionnel qualifié.
- Les équipements dont la charge en fluide frigorigène est supérieure à 2 kg doivent être entretenus une fois par an par un professionnel. Cette opération qui s'accompagne d'un essai d'étanchéité, permet de garantir une performance optimale et de s'assurer du confinement du fluide frigorigène.
- Un système Split ou multi-split est relativement simple à installer dans un bâtiment existant mais ses performances dépendent de la température extérieure (plus la température extérieure est basse, moins la PAC sera performante). Aucun appoint intégré n'est possible dans ce genre d'appareil, il faut donc maintenir un système d'appoint autre pour ne pas surdimensionner l'appareil.

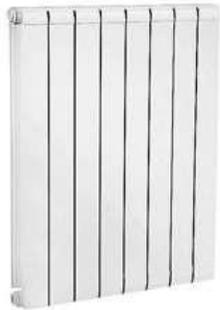
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Définition : Egalement appelé **chauffage central**, ce système désigne un mode de chauffage avec lequel on peut chauffer les différentes pièces d'une maison, d'un immeuble, ou d'une ville, à partir d'un seul générateur de chaleur communément nommé chaudière, ou chauffage urbain. La chaleur est acheminée au moyen d'un fluide caloporteur, dans des tuyaux, vers les radiateurs, ou directement au moyen d'air chaud, dans des gaines, vers les différentes pièces, comme c'est le cas pour les générateurs à air chaud.



3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Emetteurs



Radiateur à eau chaude : Le radiateur est le plus ancien des émetteurs à circulation d'eau.

Réalisé en fonte, en acier ou en fonte d'aluminium, c'est un échangeur thermique qui diffuse dans la pièce qu'il dessert la chaleur fournie par le fluide caloporteur par convection et par rayonnement.

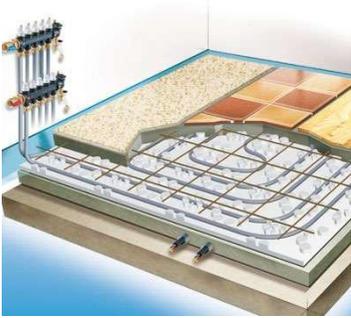
La puissance fournie par un radiateur est fonction de sa taille (surface d'échange), de la température et du débit de l'eau qui le parcourent.

Un radiateur est dit « basse température » s'il est alimenté par de l'eau présentant un régime de température de l'ordre de 55/45 (DT 30) alors que le régime « classique » est de l'ordre de 80/60 (DT 50)

$DT = \text{moyenne } T^{\circ} \text{ entrée/sortie du radiateur} - 20 \text{ }^{\circ}\text{C de } T_{\text{amb}}$

Plus le DT est faible plus l'émetteur est rayonnant, plus il apporte une sensation de confort.

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

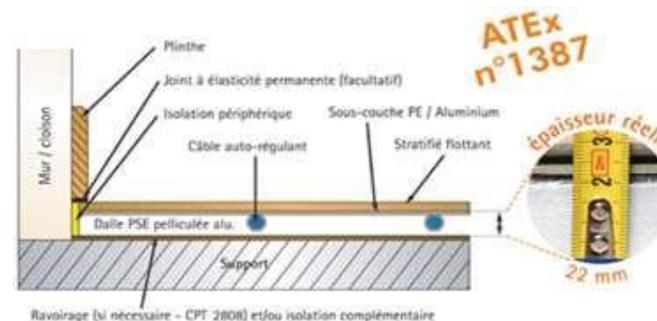


Plancher chauffant basse température : Il existe différents types de planchers chauffants, notamment au niveau des chapes d'enrobage. Traditionnellement la chape d'enrobage est constituée de béton avec adjuvant permettant d'assurer l'élasticité sous l'effet de la chaleur.



Depuis quelques années la tendance est plutôt aux chapes fluides auto-nivelantes anhydrite.

Encore peu utilisée, la chape sèche s'est développée dans les années 1990 et convient surtout au marché de la rénovation. On la trouve aussi de plus en plus en neuf dans les maisons type ossature bois, où elle permet d'apporter une isolation phonique et/ou thermique.



3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau



Plafond chauffant hydraulique rayonnant : Il existe différents systèmes, intégrés ou en applique, suivant les types de plafond et les applications :

- Sous plaque de plâtre ou de gypse
- Faux plafond modulaire (plutôt en non résidentiel)
- Panneaux rayonnants de plafond (plutôt en non résidentiel)



Il cumule tous les avantages du plancher chauffant, **chauffage homogène, complètement intégré, faible consommation d'énergie**, sans ses inconvénients, **temps de réaction très faible, rafraîchissement efficace**.



Collecteur plafond V2.0

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Les recommandations :
 - En limitant la température de distribution dans les radiateurs, les pertes de distribution sont moins importantes, ce qui génère des économies d'énergie, et la sensation de confort est augmentée. Il faut néanmoins vérifier l'adéquation entre le dimensionnement des émetteurs avec les déperditions. Faites appel à un professionnel.
 - Un plancher chauffant est adapté aux générateurs de types basse température, condensation et thermodynamique ;
 - Le bon fonctionnement des émetteurs est liée au traitement de l'embouage. La présence de boues dans la partie basse d'un radiateur en limite l'émission. En cas de mauvais fonctionnement, faites appel à un professionnel.

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- La distribution hydraulique

Définition : Ensemble des canalisations qui relient les radiateurs (ou tout émetteur à circulation d'eau) à la génération de chaleur.

Suivant la température de l'eau de chauffage distribuée aux émetteurs, les pertes générées sont plus ou moins importantes.

Exemples :

- Radiateur ancien (classique) : régime de température 80/60 °C
- Radiateur basse température : régime de température 55/45 °C
- Plancher chauffant basse température : régime de température 40/30 °C

Mais les puissances fournies par un même radiateur sont différentes :

Exemple :

2 000 W pour un régime en 75/65 (DT 50) = 1 030 W pour un régime en 55/45 (DT 30)

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies circulation d'eau



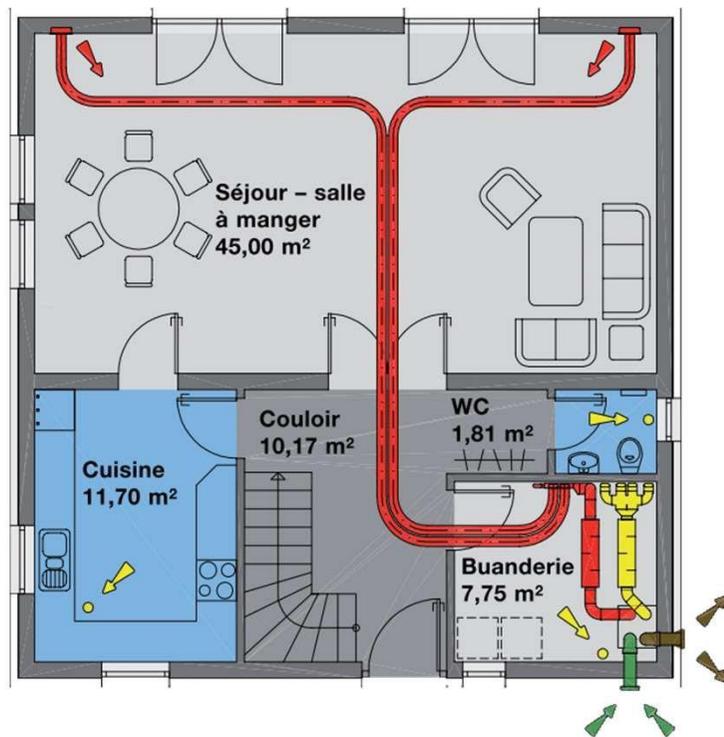
- **Isolation thermique des réseaux de distribution**
 - Le niveau d'isolation thermique des réseaux de distribution est défini à minima dans les réglementations thermiques (neuf et rénovation).
 - Le but étant de limiter les pertes d'émission des tuyauteries en les entourant d'isolant, le niveau d'isolation est défini en « Classes » allant de 1 à 6 (6 étant le maximum).
 - On peut retenir, en fonction des usages, les classes minimales suivantes :
ECS : classe 1 **Chauffage** : classe 2 **Climatisation** : classe 3

f ext du conduit (sans isolant mm)	Classe 1					Classe 2					Classe 3				
	UI (W/m.K)	Conductivité thermique λ de l'isolant (W/m.K)				UI (W/m.K)	Conductivité thermique λ de l'isolant (W/m.K)				UI (W/m.K)	Conductivité thermique λ de l'isolant (W/m.K)			
		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,25	1	3	6	11	0,23	2	5	8	14	0,2	4	7	13	20
20	0,29	5	7	11	16	0,25	7	12	19	27	0,22	10	17	26	38
30	0,32	8	12	17	23	0,28	11	17	25	36	0,24	14	23	35	50
40	0,35	10	14	20	28	0,3	14	21	30	42	0,26	18	28	41	58
60	0,42	12	18	26	37	0,36	17	26	37	50	0,3	23	35	50	69
80	0,48	14	22	31	41	0,41	20	29	41	54	0,34	26	39	55	74
100	0,55	15	23	32	44	0,46	22	32	43	57	0,38	29	42	59	78
200	0,88	19	26	35	56	0,72	27	37	49	62	0,58	35	50	66	85
300	1,21	21	29	39	50	0,98	28	39	51	64	0,78	38	53	69	86
Plan	(1,17)	22	30	37	45	(0,88)	31	41	51	62	(0,66)	42	56	70	84

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à distribution d'air

- La distribution aéraulique

Définition : Ensemble des gaines d'air qui relient les bouches de soufflage / reprise à la génération de chaleur.



3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Type de distribution :
 - Pas de réseau
 - Réseau eau chaude haute température ($> 65 \text{ °C}$)
 - Réseau eau chaude moyenne et basse température ($< 65 \text{ °C}$)
 - Réseau aéraulique individuel
- Réseau isolé ou non isolé

- Les recommandations :
 - Isolation thermique en dehors des volumes chauffés (classe 2 à minima pour le chauffage suivant réglementation thermique dans l'existant)

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Régulation

Définition : La régulation est un dispositif permettant de maintenir une grandeur physique (température, hygrométrie...) à une valeur appelée point de consigne alors que l'environnement varie, perturbations extérieures, apports divers...

La régulation compare cette grandeur à régler (la consigne) à la grandeur mesurée par un organe de détection (bulbe, sonde) et agit de façon à faire diminuer cet écart et à atteindre le point de consigne.

Robinet thermostatique : Régulation décentralisée dans laquelle les fonctions sont assurées au niveau de chaque appareil.

Ils permettent de moduler le chauffage en fonction de l'usage de la pièce et de valoriser les apports de chaleur gratuits.

Les nouveaux produits : les robinets thermostatiques programmables



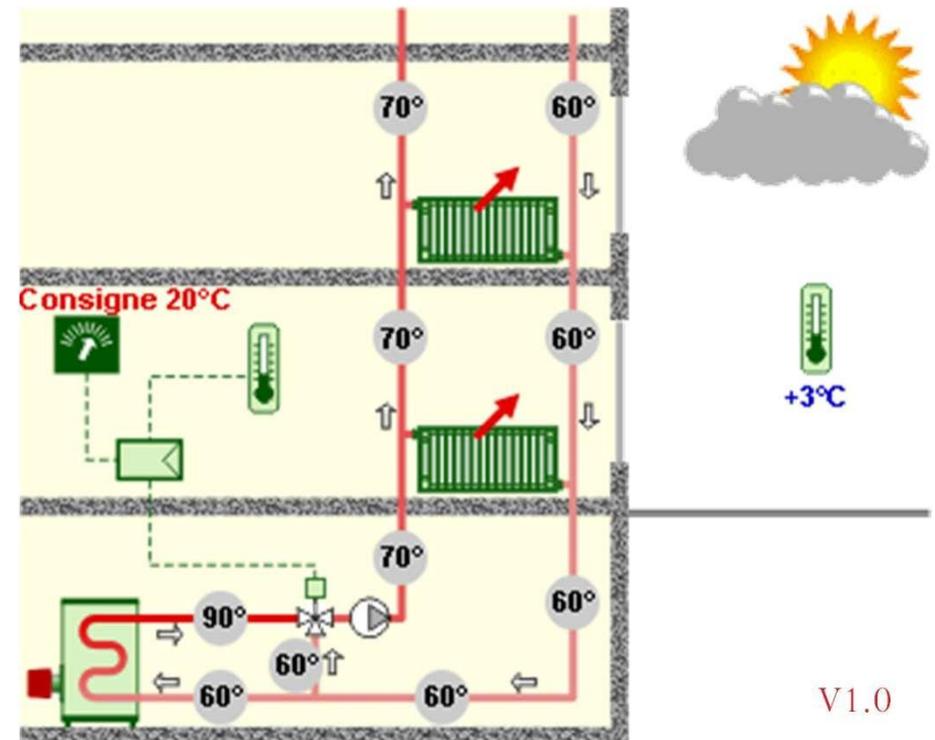
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau



Thermostat d'ambiance : Régulation centralisée qui pilote le chauffage du bâtiment ou de la zone et permet de maintenir la température ambiante à une valeur choisie.

Simple ou programmable, il mesure la température dans une pièce de référence (pièce de séjour...). Le système de régulation adapte la température du logement en la comparant à la température de consigne et en agissant sur la chaudière ou la température de l'eau du circuit de distribution.

L'appareil est situé à l'intérieur du logement en position centrale



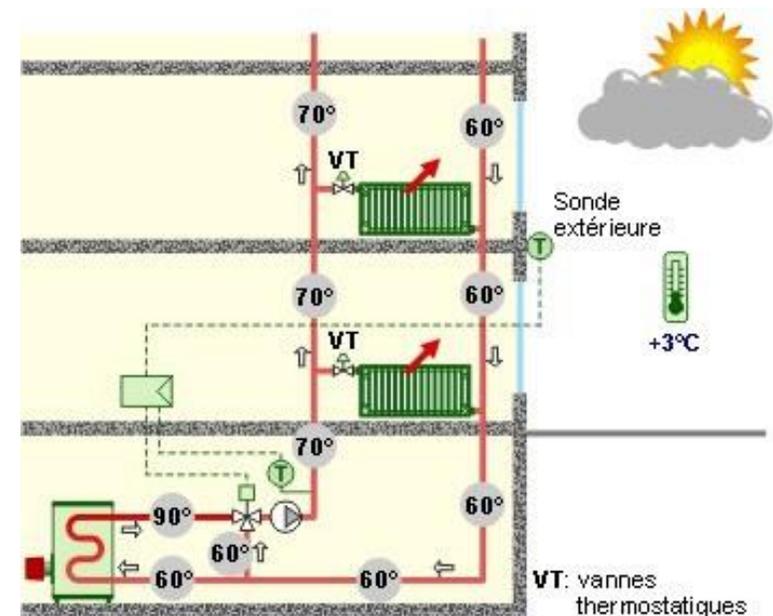
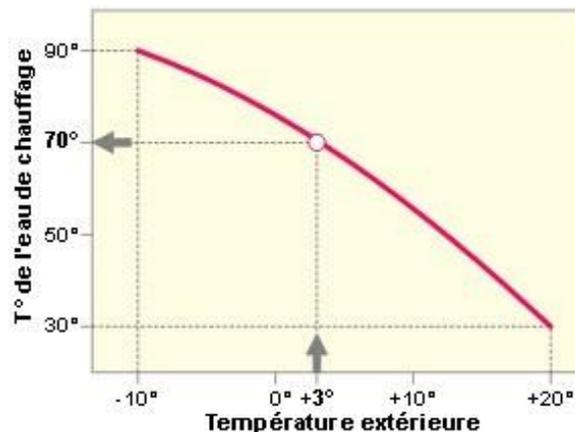
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau



Régulation avec sonde extérieure : La sonde mesure la température de l'air extérieur et permet à l'installation de chauffage d'anticiper les variations météorologiques. La chaudière réagit avant que le logement n'ait eu le temps de se refroidir ou de se réchauffer.



Principe de la loi d'eau



L'appareil est situé sur la chaudière ou en chaufferie, associé à la sonde extérieure posée sur un mur orienté au Nord

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Les recommandations :

- S'il y a des radiateurs sans robinet thermostatique, envisager avec un professionnel la mise en place de robinets thermostatiques sur les radiateurs.
- Les vannes thermostatiques doivent mesurer une température représentative de la température réelle du local. La tête de la vanne, comprenant l'élément de prise de température, ne doit donc pas être perturbée (cachées derrière une tenture, coincée dans une tablette ou un cache décoratif, ...) sinon utiliser des vannes thermostatiques avec sonde de température déportée.
- S'il n'y a pas d'horloge de programmation, envisager la mise en place d'une horloge de programmation pour le système de chauffage et choisir un programmateur simple d'emploi. Il existe des thermostats à commande radio pour éviter les câbles de liaison et certains ont une commande téléphonique intégrée pour un pilotage à distance.

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Les recommandations (suite) :
 - S'il n'y a pas de régulation avec une installation de chauffage central, envisager la mise en place d'une régulation en fonction de la température extérieure ou intérieure pour le système de chauffage central à eau chaude. Choisir un appareil simple d'emploi.
 - Avec un générateur ancien ou une chaudière basse température préférer un thermostat d'ambiance (modulant si générateur sait en tirer parti) associé aux vannes thermostatiques (si radiateurs).
 - Avec un générateur récent (pompe à chaleur, chaudière à condensation) opter pour une régulation sur température extérieure, une sonde d'ambiance optionnelle (fortement recommandée avec du plancher chauffant et des risques d'apports gratuits) associée(s) aux vannes thermostatiques (si radiateurs).

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

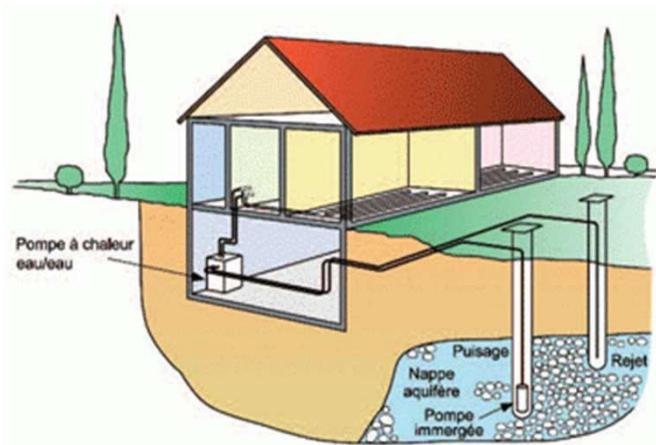
- **Les générateurs de chaleur et/ou de froid**

Définition : Le chauffage comprend en général une source de chaleur appelée générateur (exemple: chaudière, pompe à chaleur, ...) alimentant un ou plusieurs émetteurs de chauffage (exemple: radiateur, plancher chauffant, ...) qui transmettent la chaleur produite, à l'air du local à chauffer. Cette même chaudière pouvant produire également de l'eau chaude sanitaire ou ECS.

Généralement, le générateur de chauffage est de type chaudière gaz, fioul, bois, ..., et produit de l'eau chaude à une température maximum inférieure à 90°C. L'eau chaude peut être produite également par une énergie renouvelable, à partir de panneaux solaires. Ou elle peut être produite par une pompe à chaleur fournissant l'eau de chauffage à une plus basse température (souvent inférieure à 60°C)

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Les pompes à chaleur



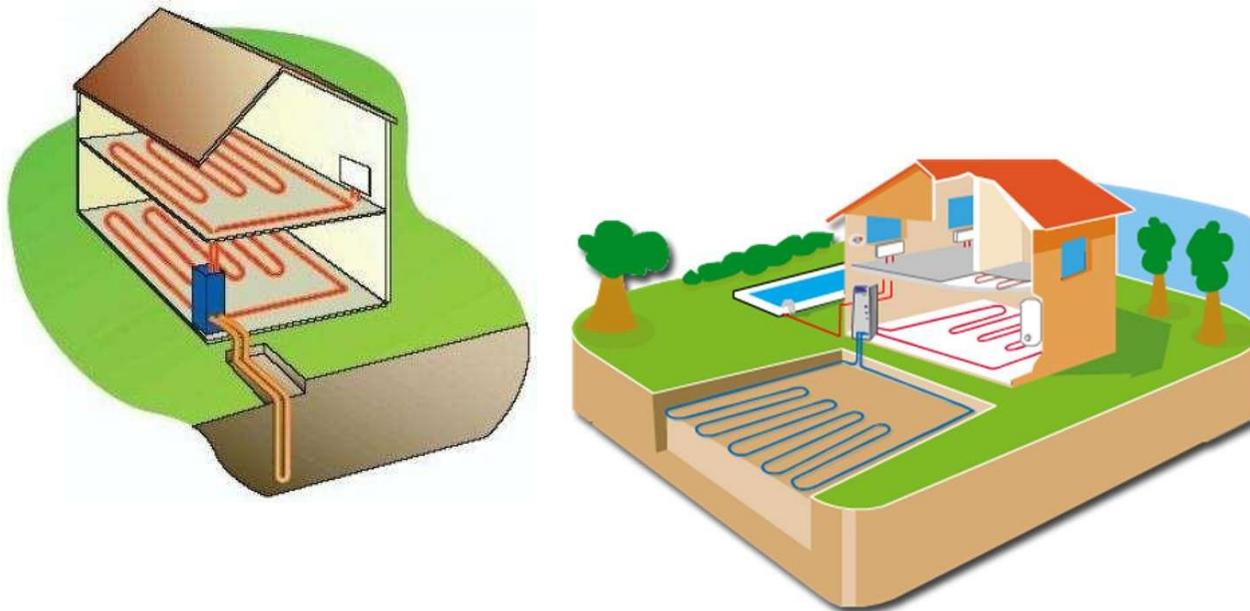
PAC Géothermique : Le terme « Géothermie » ici est emprunté, il est plus juste de parler de Géothermie de surface : d'un côté des profondeurs de ressources supérieure à 1 500 m par rapport à la surface de la terre, de l'autre au maximum 100 m. Les moyens de récupération de l'énergie contenue dans le sol sont multiples.

Doublet de forages sur nappe phréatique

Caractérisé par un puits de soutirage et un puits de rejet en circuit ouvert sur un échangeur intermédiaire puis d'une boucle en circuit fermé sur l'évaporateur de la PAC.

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

Sondes géothermiques verticales et horizontales



Caractérisé par un circuit fermé constitué d'un champ d'une ou plusieurs sondes dans lequel circule un fluide caloporteur (généralement de l'eau glycolée).
Qu'ils soient disposés à l'horizontale ou à la verticale dans des forages, les capteurs sont

constitués de tubes en polyéthylène pour permettre l'échange de l'énergie (par simple transfert de chaleur) et l'acheminer jusqu'à la pompe à chaleur.

Variante : fondations et pieux géothermiques

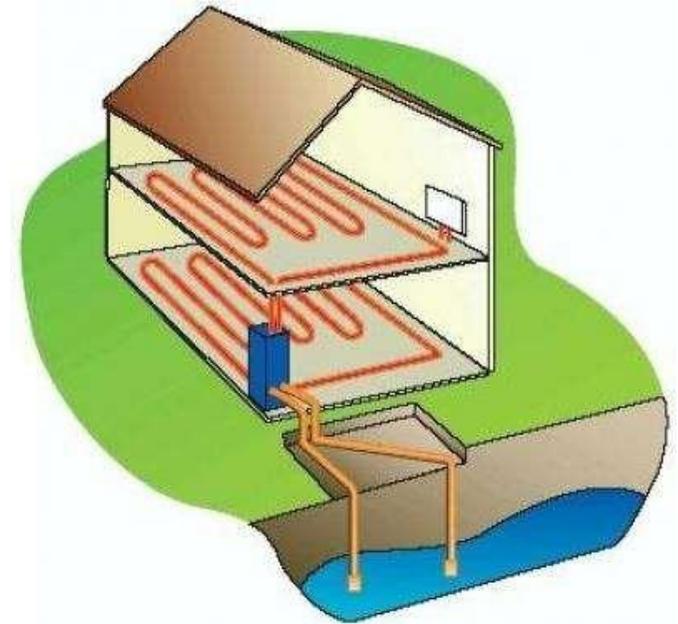
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

Pompage sur eau de surface (ou eau libre)

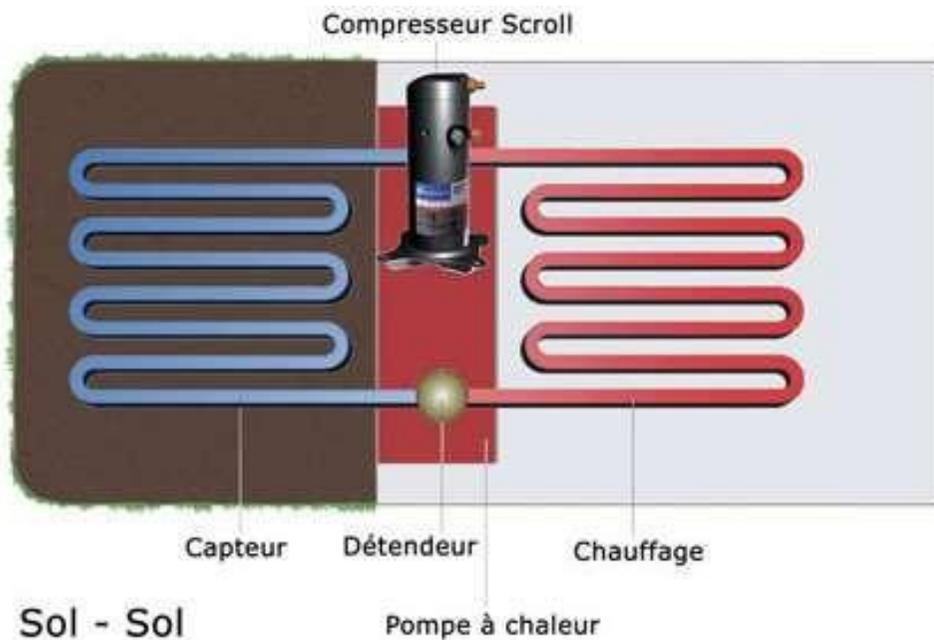
Caractérisé par le puisage d'eau dans un cours d'eau ou dans une rétention de surface de grand volume. Rejet en aval de l'eau après prélèvement des calories. Nécessite des garanties sur les niveaux et la qualité de l'eau (filtration, décantation, courant...).

Études et autorisations nécessaires (pollution du rejet de l'eau, modification de la température)

Variantes : eau de mer, eaux grises (ou eaux usées)



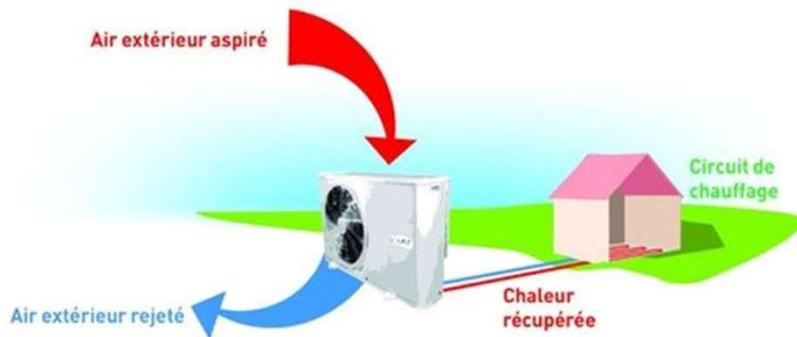
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau



Ces pompes à chaleur sont performantes et réactives **mais** généralement non réversibles et contiennent des quantités importantes de fluide frigorigène.

PAC So/Sol : Il s'agit d'une technologie similaire aux pompes à chaleur géothermiques sur sondes horizontales dont la principale différence réside dans la conception et le contenu des capteurs enterrés, aussi bien intérieurs qu'extérieurs. Dans ce système, également appelé à détente directe, les échangeurs en sol et en plancher sont conçus en tube cuivre de qualité frigorifique, parcourus par du fluide frigorigène, et changeant d'état pour capter ou rejeter de la chaleur dans un circuit unique.

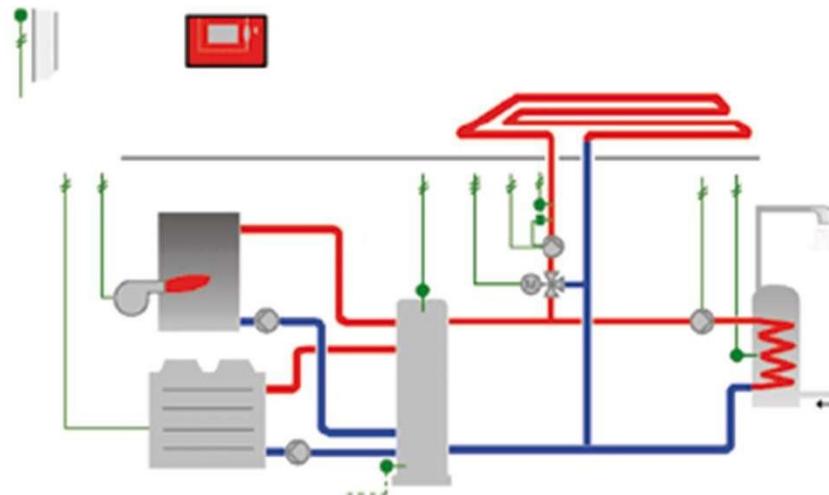
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau



PAC aérothermique : Le prélèvement des calories dans l'air extérieur présente l'inconvénient de perdre en performance avec l'abaissement de la température alors que les besoins augmentent dans le bâtiment à desservir.

Contrairement aux systèmes précédents, les PAC aérothermiques ont très souvent recours à un appoint afin d'éviter le surdimensionnement des équipements.

L'appoint d'une pompe à chaleur air/eau peut être : une résistance électrique, une chaudière (dans ce cas on parle de relève).



3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Générateur thermodynamique
- Type de PAC (valeurs par défaut des COP nominaux)

Le coefficient de performance (COP) d'une solution de chauffage se calcule en faisant le rapport de la chaleur produite sur l'énergie consommée. Ces performances sont mesurées en laboratoire selon les normes européennes. S'agissant des performances d'une PAC, plus l'écart de température entre la source chaude et la source froide est faible et plus le COP est important.

En cas de PAC en relève : il faut décrire la PAC d'abord puis la chaudière

(la méthode de calcul répartit les besoins de chauffage à 80 % pour la PAC et 20 % pour la chaudière)

- **Caractéristiques des systèmes collectifs pour un DPE au logement :**
 - Générateurs autres qu'à combustion : renseigner les caractéristiques du générateur de l'immeuble
 - Générateurs à combustion : renseigner les caractéristiques du générateur (+ la SHAB de l'immeuble pour proratiser les pertes à la SHAB de l'appartement)

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- **Recommandations :**

- Les radiateurs doivent être adaptés, type « basse température » ou « chaleur douce » pour que le coefficient de performance de la PAC soit optimum. Consulter un professionnel. La mise en place d'un plancher chauffant est adaptée.
- Une PAC Air/Eau est parmi les moins onéreuses des solutions thermodynamiques mais ses performances dépendent de la température extérieure (plus la température extérieure est basse, moins la PAC sera performante). Un appoint par temps froid est indispensable.
- Pour une PAC sur eau de nappe, il est impératif de prévoir un échangeur de séparation à plaques et joints entre la PAC et la nappe phréatique. Certaines PAC aujourd'hui sont dotées d'échangeurs internes à plaques brasées.
- Un entretien tous les ans est obligatoire si une charge en fluide frigorigène de la Pompe à Chaleur est supérieure à deux kilogrammes (approximativement 12 kW). L'entretien peut être sous forme d'un **contrat annuel avec un installateur**. Choisir un prestataire qualifié

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- **Chaudières à combustibles liquides ou gazeux**

Définition : C'est un système de production de chaleur très classique qui, par combustion d'une énergie (fossile) réchauffe un volume d'eau circulant dans un réseau de distribution et des radiateurs (ou tout autre type d'émetteurs). Avec l'augmentation du prix des énergies, le rendement des chaudières est devenu un critère essentiel de choix.

Les chaudières standards ou classiques fabriquées il y a de nombreuses années ont disparu des catalogues des fabricants. On en trouve encore bien sûr d'installées dans des bâtiments existants.



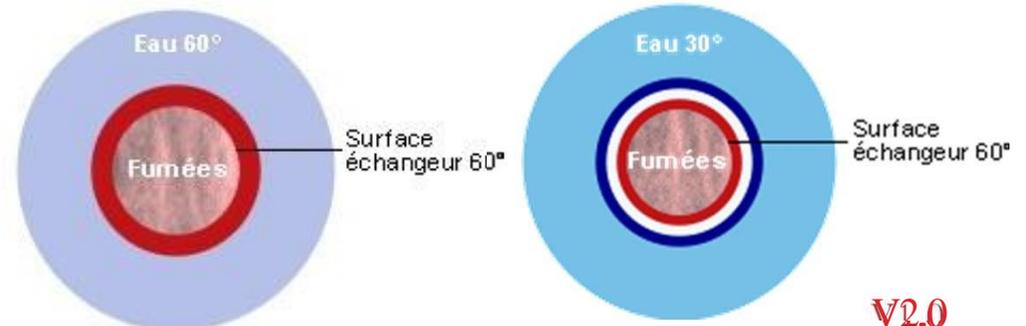
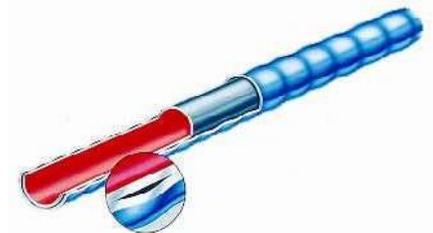
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Les chaudières basse température

Une chaudière à basse température élève l'eau à une température de 38/40°C pour une chaudière classique.

Le rendement est maximal lorsque la chaudière est combinée avec des radiateurs ou un plancher chauffant adaptés, basse température également.

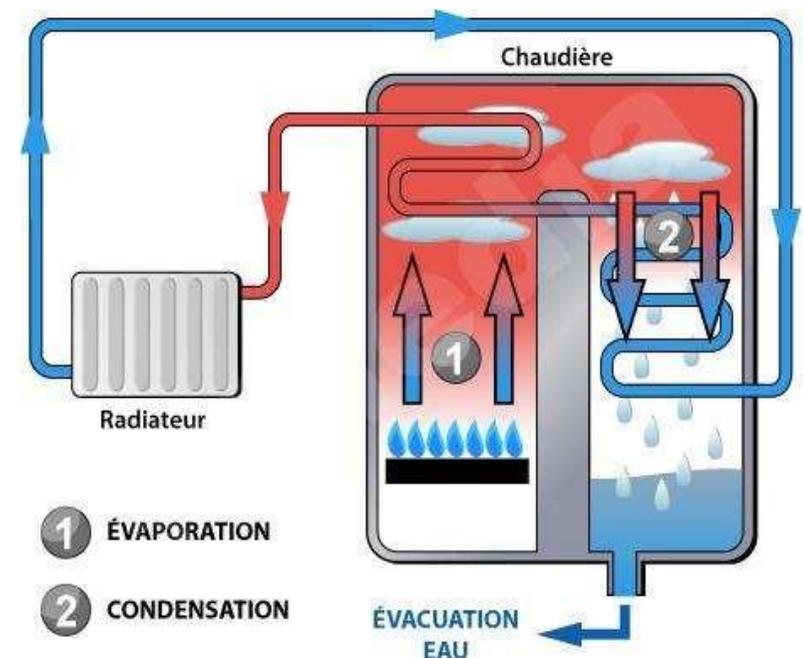
Pour éviter que les fumées ne condensent dans les chaudières « basse température », les échangeurs de chaleur sont conçus pour qu'à aucun moment la température de paroi de l'échangeur du côté des fumées ne puisse descendre en dessous du point de rosée (.. 45°C .. pour le fuel et .. 55°C .. pour le gaz).



3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- Les chaudières à condensation

- La vapeur d'eau présente dans les gaz de combustion est récupérée et non évacuée par les conduits de fumée (la température des fumées passe d'environ 200°C à 38°C).
- La vapeur d'eau est alors utilisée pour chauffer l'eau de retour - plus froide - des radiateurs arrivant dans la chaudière. Elle évite ainsi à la chaudière ce travail de « réchauffement ».
- La vapeur d'eau qui a transmis sa chaleur se refroidit et se condense ; elle est ensuite évacuée via le circuit des eaux usées.



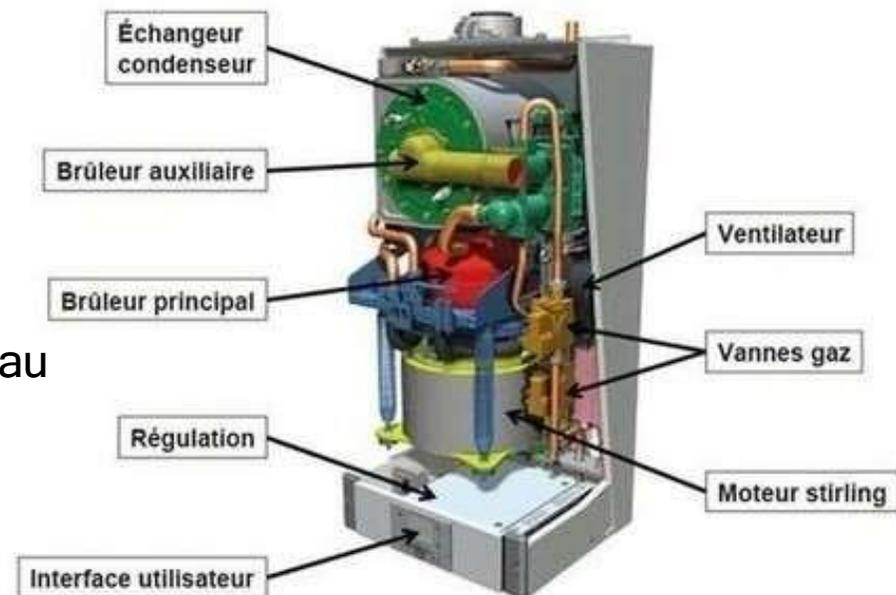
Les chaudières à condensation atteignent leur meilleure performance si elles sont associées à un plancher chauffant basse température ou des radiateurs «chaleur douce» (qui fonctionnent à un régime de température plus faible)

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergie à circulation d'eau

- **La chaudière à micro cogénération**

La cogénération est un procédé qui consiste à produire de l'énergie mécanique à partir de l'énergie thermique (brûleur + turbine). L'énergie mécanique sert à produire de l'électricité qui est, soit consommée, soit injectée sur le réseau et la chaleur qui sert à produire de l'eau chaude pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

La chaudière à micro cogénération utilise un moteur Stirling (moteur à énergie externe) alimenté en combustible pour produire l'électricité. L'échangeur situé à l'intérieur du moteur récupère la chaleur dégagée par le mouvement des pistons et chauffe l'eau du réseau ou d'un ballon tampon intermédiaire. Les avantages sont proches de la chaudière à condensation mais le prix reste encore élevé.



Fonctionnement d'une chaudière micro cogénération à moteur Stirling

3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Générateur suivant l'énergie utilisée
- Type de chaudière et ancienneté
- Puissance nominale de la chaudière

(sauf pour les MI ou logement individuel pour lesquels la méthode l'évalue en fonction des déperditions et du mode de production d'ECS)

- Pour un calcul au bâtiment, s'il y a plusieurs générateurs qui assurent les besoins, leur mode de fonctionnement doit être décrit (notion de cascade) ...

- **Caractéristiques des systèmes collectifs pour un DPE au logement :**
 - **Générateurs à combustion : renseigner les caractéristiques du générateur (+ la SHAB de l'immeuble pour proratiser les pertes à la SHAB de l'appartement)**

3 Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

Article R.134-3 du décret n°2020-1609 du 17 décembre 2020 relatif au DPE :

Lorsqu'un bâtiment ou une partie de bâtiment est doté d'un dispositif collectif, le propriétaire de ce dispositif collectif, son mandataire ou, le cas échéant, le syndic de copropriété fournit à la personne qui demande un diagnostic de performance énergétique et aux frais de cette dernière :

1° Si le bâtiment ou la partie de bâtiment dispose d'un dispositif collectif de chauffage, de refroidissement, de production d'eau chaude sanitaire ou de ventilation :

a) Une **description de ces équipements collectifs**, de leurs auxiliaires et de leur mode de gestion

b) Les modalités de répartition des frais liés aux consommations énergétiques de ces équipements

2° Pour les autres dispositifs collectifs, tels l'enveloppe extérieure, la toiture, les planchers, plafonds et cloisons intérieures donnant sur des locaux non chauffés, **tout document à sa disposition permettant de renseigner sur les caractéristiques pertinentes de ces dispositifs ayant des incidences sur les**

consommations énergétiques, notamment les dates et descriptions des travaux d'isolation thermique réalisés, les factures afférentes ainsi que les diagnostics techniques réalisés.

3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Sensibilisation du client sur la récupération des données :

Si aucune information n'est communiquée sur les équipements collectifs, un calcul par défaut est fait à partir d'une chaudière fioul datant de la construction du bâtiment et d'un réseau de distribution non calorifugé

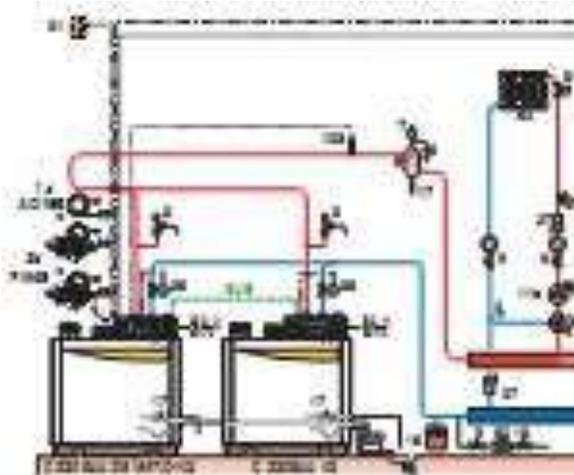


3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- **Cascade de plusieurs générateurs à combustion**

avec 2 générateurs ou plus, la méthode de calculs prend en compte une « puissance relative » qui dépend des puissances des 2 générateurs et de leur mode de régulation entre eux



- Avec priorité :

Par défaut on prendra le performant ou sinon le plus puissant comme générateur principal et le second en appoint. Le calcul du rendement annuel dépendra donc de la contribution de chacun en fonction des besoins

- Sans priorité :

Les 2 générateurs contribuent aux besoins en même temps. Le calcul du rendement annuel dépendra de la moyenne pondérée des performances des générateurs

3- Les systèmes de chauffage Information complémentaire

- **Obligations d'entretien des chaudières :**
 - Deux arrêtés définissent les obligations des propriétaires des installations de chauffage avec chaudières à combustibles liquides, gazeux ou solides :
 - L'arrêté du 15/09/2009 concerne l'entretien annuel des chaudières dont la puissance nominale est comprise entre 4 et 400 kW
 - L'arrêté du 2/10/2009 concerne le contrôle des chaudières dont la puissance nominale est supérieure à 400 kW et inférieure à 20 MW
 -
 - Outre les limites autorisée des émissions de polluants et des rendements minimaux à mesurer, il est défini une obligation de remettre une attestation d'entretien (art. R 224-41-8 du Code de l'Environnement).
- Consulter ces textes sur : <https://www.legifrance.gouv.fr>
- ou <https://cegibat.grdf.fr/reglementation-gaz>

3- Les systèmes de chauffage Information complémentaire

- **Obligations de ramonage des cheminées :**
 - Le ramonage est une opération permettant d'éliminer les suies et les dépôts du conduit d'une cheminée via le nettoyage de sa paroi intérieure. Il doit être effectué par un professionnel.
 - Le nombre minimum d'interventions est défini par arrêté préfectoral ou communal et il est d'au moins 1 par an. Par défaut, le RSDT (Règlement Sanitaire Départemental Type) dans son Art. 31-6 prévoit une obligation de ramonage **2 fois/an**, ramenée à 1/an pour le gaz.
 - Cette obligation concerne les conduits de chauffage (bois, fioul, charbon et gaz) ainsi que les conduits des poêles, des cheminées à foyer ouvert, des inserts.



3- Les systèmes de chauffage Information complémentaire

- **Entretien des chaudières : une obligation qui fait économiser de l'énergie**
- L'entretien garantit la sécurité de la chaudière, améliore ses performances, limite la consommation d'énergie et diminue les risques de panne.
- Le professionnel l'effectuant doit établir une attestation exigible par l'assureur du logement.
- L'entretien s'effectue à l'initiative de l'occupant, propriétaire ou locataire (sauf stipulation contraire dans le contrat de bail).

Rappel : «Les intoxications au monoxyde de carbone concernent tout le monde... Les bons gestes aussi»



3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- **Recommandations**

- Si la chaudière est ancienne, lors de son remplacement, envisager l'installation d'une chaudière à condensation.
- Le remplacement d'une chaudière doit être accompagné par l'installation d'une régulation avec programmation des périodes d'inoccupation ou des réduits de nuit.
- Les radiateurs doivent être adaptés, type « basse température » ou « chaleur douce » pour que le rendement de la chaudière à condensation soit optimum. Consulter un professionnel. La mise en place d'un plancher chauffant est adaptée.

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- **Chaudières à combustibles solides**

Définition : Le bois bûche ainsi que le charbon font partie des premières énergies utilisées dans les systèmes de « chauffage central ».

On distingue deux technologies différentes s'agissant des chaudières à bois :

- bois bûches pour un chargement manuel (option bi-énergie)
- bois déchiqueté ou granulés de bois pour un chargement automatique



3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- **Le classement des chaudières bois (Norme EN 303-5)**

Mise en place en 1999 et révisée en 2012, cette norme européenne s'applique aux chaudières de chauffage, y compris els dispositifs de sécurité, ayant une puissance nominale inférieure à 500 kW, qui sont conçues pour la combustion de combustibles solides uniquement et qui sont mise en œuvre conformément aux instructions définies par le constructeur.

La norme définit également un classement des appareils en fonction de leur rendement à puissance nominale. L'édition de 1999 définissait 3 classes (de 1 à 3), celle de 2012 en défini également 3 mais a supprimé les 2 premières classes (actuelles de 3 à 5).

- Le rendement minimum par classe est issu de la formule :

$$R_{pn} [\%] = A + B \cdot \text{Log } P_n$$

- avec P_n : puissance nominale de la chaudière [kW]
- et : ,,,/,,,,

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- **Le classement des chaudières bois (suite)**

Chaudière		A	B
2012	Classe 5	87	1
	Classe 4	80	2
1999	Classe 3	67	6
	Classe 2	57	6
	Classe 1	47	6

Exemple : une chaudière de 40 kW qui présente un rendement de 83,8 % est de classe 4

$$R_{pn} > 80 + 2 \times \text{Log } 50 = 83,2 \%$$

Ces valeurs sont différentes des labels « Flamme verte » qui définissent les performances des appareils indépendants et des chaudières individuelles en nombre d'étoiles.

Depuis le 1^{er} janvier 2020 les produits éligibles sont labellisés 7 étoiles

flamme
VERTE

Le label
du chauffage
au bois

3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Générateur bois
- Type de générateur :
 - Atmosphérique
 - Assistée par ventilateur
- Puissance chaudière (obligatoire)
- En cas de relève par un autre type de générateur : il faut décrire la chaudière bois d'abord puis l'autre chaudière (la méthode de calcul répartit les besoins de chauffage à 75 % pour la chaudière bois et 25 % pour l'autre chaudière)



- **Caractéristiques des systèmes collectifs pour un DPE au logement :**
 - **Générateurs à combustion : renseigner les caractéristiques du générateur (+ la SHAB de l'immeuble pour proratiser les pertes à la SHAB de l'appartement)**

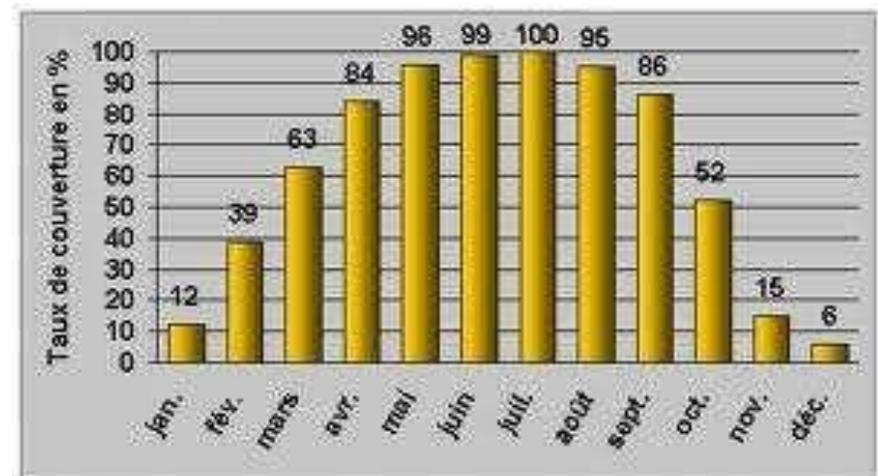
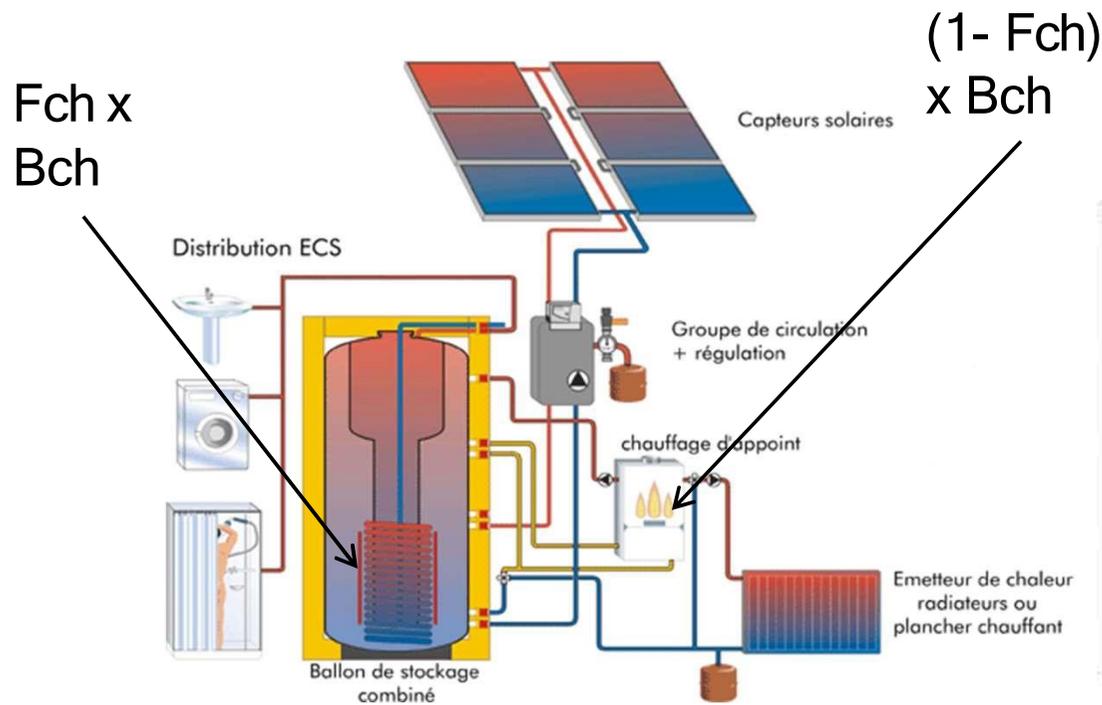
3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

- **Recommandations :**
 - Pour l'installation d'un chauffage au bois, faire appel à un professionnel qualifié, de préférence certifié QUALIBOIS, tant pour la conception, le dimensionnement que pour l'installation.
 - Le suivi énergétique de la chaufferie bois ainsi que de la qualité de la combustion doivent être assurés de façon régulière. La conclusion d'un contrat de maintenance est indispensable au maintien des performances de l'installation.
 - Le nettoyage d'un système à bois doit être réalisé deux fois par an, dont un de préférence à la mise en chauffe.

3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

- ☑ Existence d'un système solaire
- **Suivant le département dans lequel est situé le bâtiment, l'installation solaire est caractérisée par un facteur de couverture solaire : Fch (valeurs en annexe de la méthode)**



3- Les systèmes de chauffage

Les appareils d'appoint indépendants

☑ Présence d'un insert ou d'un poêle à bois

- Chauffage d'appoint (25 %)
 - Modifie la consommation énergétique
 - Seul l'insert est pris en compte
- Possibilité de décrire l'insert ou le poêle à bois en principal (90 %) avec un chauffage électrique d'appoint dans la salle de bains
- Pour les poêles à bois ou les inserts, prise en compte de l'ancienneté et d'un label « Flamme verte »
 - ☑ Avant 2001
 - ☑ Avec Label « Flamme verte »



Cheminée insert



Cheminée à foyer ouvert



3- Les systèmes de chauffage

Les appareils d'appoint indépendants

- **Recommandations :**

- S'il y a une cheminée à foyer ouvert, envisager l'installation d'un appareil de type insert ou d'un poêle si des travaux plus importants sont envisagés. Choisir des appareils labellisés « flamme verte », un combustible sec et non pollué, si possible NF bois ou FLAMME VERTE.
- S'il y a une cheminée à foyer ouvert sans trappe d'obturation, installation d'une trappe d'obturation dans le conduit de cheminée pour limiter les déperditions de chaleur en hiver.
- Les inserts doivent être installés conformément aux normes. Le conduit doit avoir sa propre arrivée d'air, sinon il risque de ne plus fonctionner en calfeutrant les défauts d'étanchéité de la pièce. Une cheminée doit être ramonée 2 fois par an dont 1 pendant la saison de chauffe.



Une cheminée à foyer ouvert N'EST PAS un système de chauffage donc NON DECRITE dans la méthode de calculs

3- Les systèmes de chauffage Toutes énergies à circulation d'eau

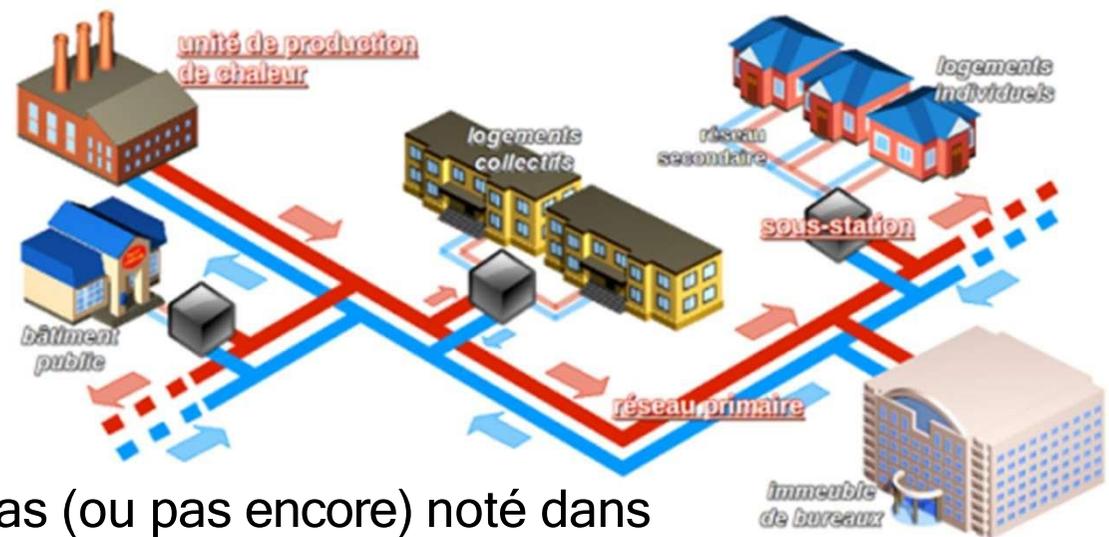
- **Réseau de chaleur**

Installation qui comprend une ou plusieurs sources de chaleur (combustibles fossiles, biomasse, géothermie, incinération des ordures ménagères ou centrale nucléaire), un réseau primaire de canalisations empruntant la voirie publique ou privée et aboutissant à des postes de livraison de la chaleur (vapeur, eau surchauffée ou eau chaude) : les sous-stations.

- **Rappel :**

Les émissions des GES des réseaux de chaleur définies par l'arrêté du 18 décembre 2007 sont reprises dans l'arrêté du 8 février 2012.

Si le réseau de chaleur n'est pas (ou pas encore) noté dans l'arrêté, les émissions de GES seront par défaut celles du...
charbon !



3- Les systèmes de chauffage

La saisie dans la méthode conventionnelle

Cfr : consommation de refroidissement

- Performance de l'installation de refroidissement (SEER si connu, sinon année de l'installation - avant 2008 - de 2008 à 2014 - à partir de 2015)
 - Zone climatique (H1 - H2 - H3)
 - Surface habitable
 - Surface habitable refroidie
- 2 Tint suivant le comportement traité :
28 °C - conventionnel ou 26 °C - dépensier





Les systèmes de production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS)

4- Les systèmes de production d'ECS Systèmes indépendants

- Principalement 2 énergies : électricité et gaz + le solaire éventuellement



Principe de l'accumulation pour l'électrique et l'électro solaire, et du semi accumulé pour le gaz

4- Les systèmes de production d'ECS Systèmes indépendants



Rappel : cm de l'eau = 1,16 Wh/kg.K

- Une famille de 4 personnes utilise pour sa consommation journalière d'eau chaude un ballon électrique de 200 litres, alimenté électriquement en tarif de nuit.
- Chaque jour de la semaine le ballon est vidé de son eau chaude en fin de journée.
- Quelle est la quantité d'énergie hebdomadaire nécessaire à la production de l'eau chaude sanitaire, sachant que la température moyenne de l'eau chaude du ballon est de 50 °C et celle de l'eau froide de 12 °C sur l'année.

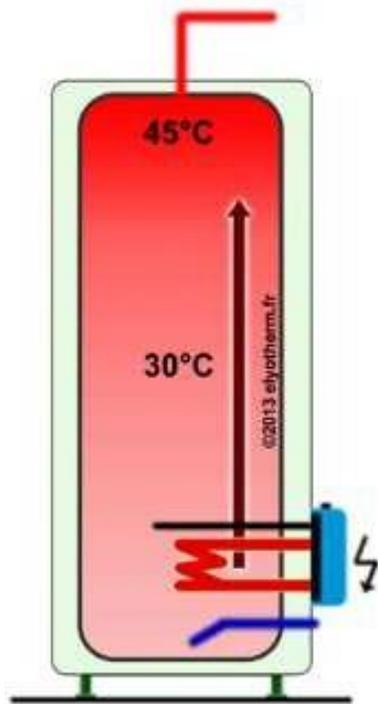
Réponse : 61,71 kWh

- Sachant que le rendement de génération du ballon électrique est de 98 %, le rendement de stockage est de 90 % et le rendement de distribution de 85 %, quelle est la consommation hebdomadaire d'électricité du foyer.

Réponse : 82,31 kWh

4- Les systèmes de production d'ECS Ballons électriques

- Un ballon électrique est plus performant s'il est en position verticale que s'il est en position horizontale...



Explication : La densité de l'eau varie avec sa température (plus elle est chaude moins elle est dense).

A cause de cette propriété, des eaux chaudes et froides qui cohabitent dans un ballon ont tendance à restées séparées en couches (en strates, d'où le nom de stratification), les eaux chaudes étant au dessus.



Dans le cas du ballon horizontal, augmentation de la zone de mélange et augmentation de la surface d'échange de l'eau la plus chaude.

4- Les systèmes de production d'ECS Systèmes associés au chauffage

- chaudière mixte ou PAC double service



ch. Murale + ballon



ch. Murale instant.



PAC + ballon



ch. Bois + ballon

4- Les systèmes de production d'ECS

La saisie dans la méthode conventionnelle

$$\text{Recs} = R_g \times R_d \times R_s$$

- R_g : rendement de génération (suivant l'installation)
 - R_d : rendement de distribution en individuel
 - Localisation de la production (en VH ou hors VH)
 - Contiguïté des pièces alimentées
 - R_d : rendement de distribution en collectif
 - Réseau collectif isolé ou non isolé
 - Contiguïté des pièces alimentées dans la majorité des logements
- ou
- R_s : rendement de stockage
 - Type de ballon (électrique ou autre)
 - Volume du ballon (0 si instantanée)

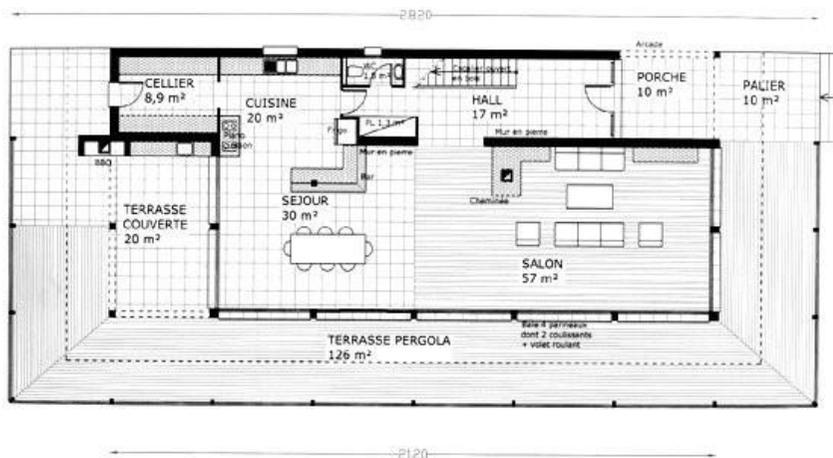


- **Caractéristiques des systèmes collectifs pour un DPE au logement :**
 - Générateurs autres qu'à combustion : renseigner les caractéristiques du générateur de l'immeuble
 - Générateurs à combustion : renseigner les caractéristiques du générateur (+ la SHAB de l'immeuble pour proratiser les pertes à la SHAB de l'appartement)

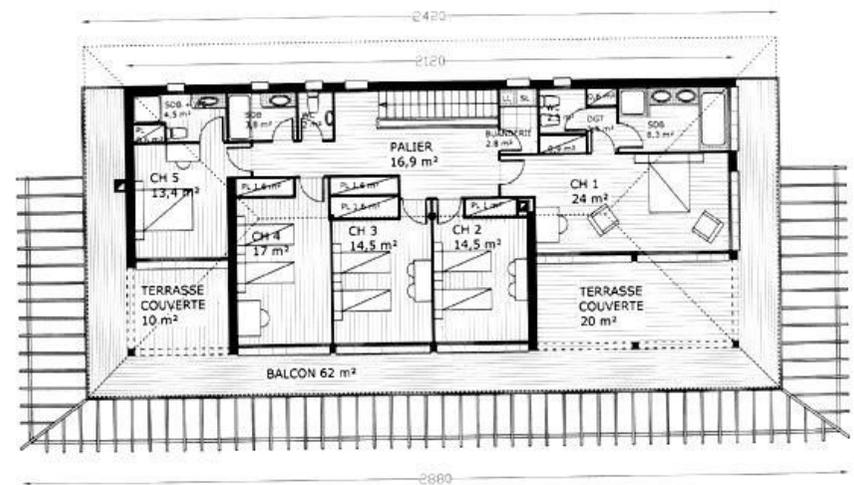
4- Les systèmes de production d'ECS

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Notion de contiguïté :
 - les pièces concernées sont la cuisine avec la salle de bains
 - S'il existe plusieurs salles de bains en plus de la cuisine, il faut vérifier leur contiguïté verticale et horizontale



MAISON SUR PILOTIS
PLAN RDC



MAISON SUR PILOTIS
PLAN ETAGE

4- Les systèmes de production d'ECS

La saisie dans la méthode conventionnelle

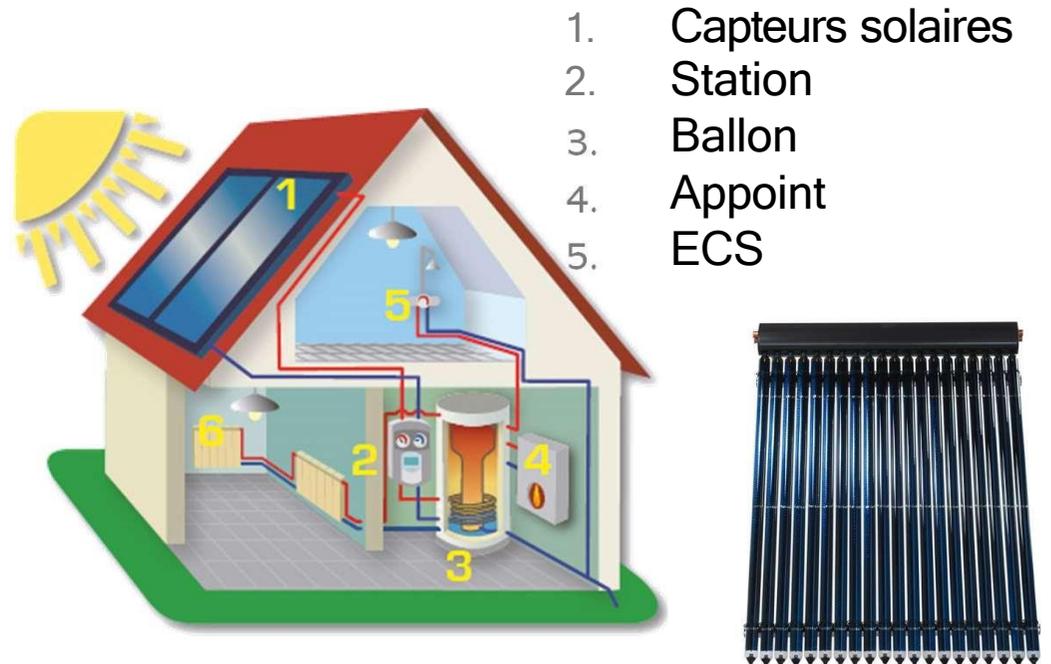
- Chauffe-eau électrique
 - Volume du ballon
 - Emplacement (dans ou hors volume habitable)
 - Chauffe-eau horizontal ou vertical et classe
 - Année d'installation
- Chauffe-eau gaz
 - Ancienneté (<1981 ; 1981-1989 ; 1990-2000 ; > 2000)
 - Présence d'une veilleuse
 - Puissance nominale (< 10 kW ; ≥ 10 kW)
- Ballon gaz à accumulation
 - Type classique ou condensation
 - Ancienneté : classique (< 1990 ; 1990 - 2000 ; > 2000)
 - Condensation (1996 - 2000 ; > 2000)



4- Les systèmes de production d'ECS

La saisie dans la méthode conventionnelle

- Présence d'un système solaire
- Données d'entrée identiques**
 - Chauffe- eau solaire
 - Système solaire combiné
 - Installation de - 5 ans



avec Fecs par défaut selon le département + l'âge de l'installation

Exemple : Département 78

Installation ancienne Fecs = 49,5 % Installation - 5 ans Fecs = 63,9 %

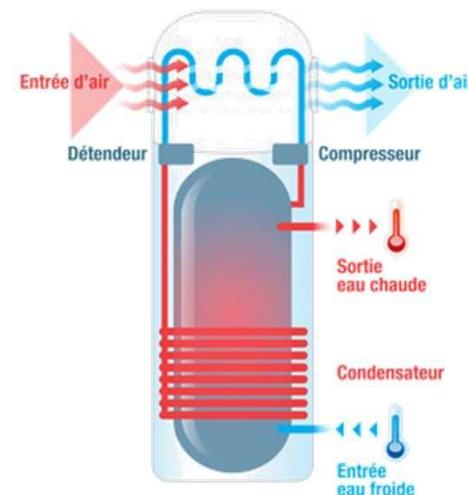
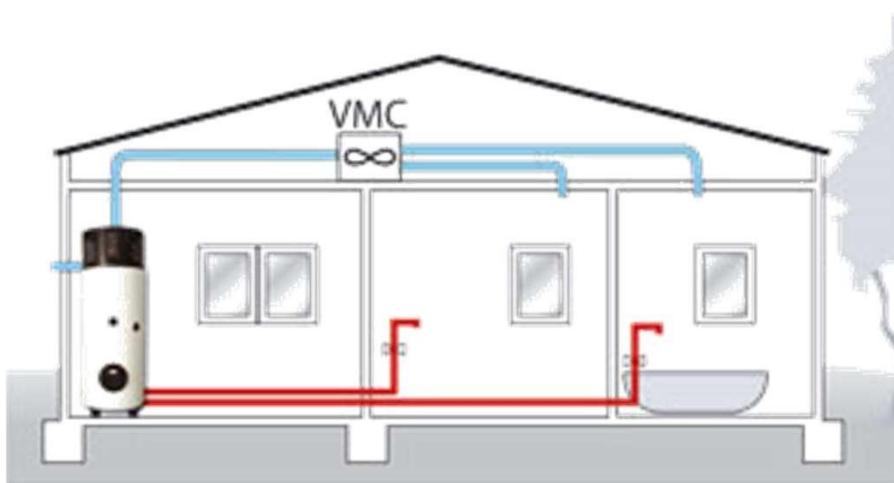
4- Les systèmes de production d'ECS

La saisie dans la méthode conventionnelle

- ☑ Chauffe-eau thermodynamique à accumulation
- Particularités :
 - Volume du ballon
 - Emplacement (dans ou hors volume habitable)
 - Avec ou sans appoint électrique
 - Type d'alimentation électrique (en permanence ou en heures creuses)



chauffe-eau thermodynamique



4- Les systèmes de production d'ECS Tous systèmes

- **Recommandations :**
 - Si le ballon électrique existant est ancien, envisager de le remplacer par un ballon type NFB (qui garantit un bon niveau d'isolation du ballon) ou un chauffe-eau thermodynamique. Un ballon vertical est plus performant qu'un ballon horizontal.
 - La température conseillée de l'eau en sortie de ballon est d'environ 55 °C
 - Pour un ballon électrique, le fonctionnement en tarif « heures creuses » est conseillé.
 - Pour limiter les risques de brûlure, les anciennes chaudières gaz instantanée seront remplacées par des systèmes à micro-accumulation.
 - Si l'implantation de capteurs solaires au Sud est possible, sans masque ni contrainte architecturale particulière, envisager l'installation d'un ballon solaire,



Les systèmes produisant des Energies Renouvelables (EnR)

5- Les systèmes produisant des EnR Les systèmes pris en compte



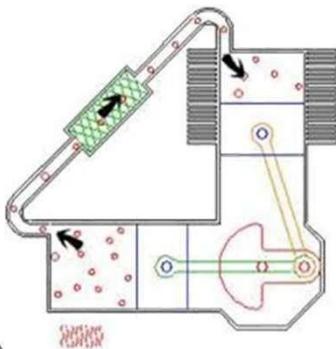
Capteurs photovoltaïques: modules solaires composés de cellules à base de silicium qui produisent de l'électricité (volts) en courant continu à partir de la lumière du soleil (photons)

Photon / Volts □ **Photovoltaïque**

Alimentation de sites isolés ou injection dans le réseau de distribution général



Micro éolien : fait partie de la famille **du petit éolien**, également nommée la famille des éoliennes domestiques ou des éoliennes pour particulier. Celle-ci se distingue par trois éléments principaux que sont le nombre de ses pales, sa dimension, et son fonctionnement. Sa puissance maximale se situe aux environs des 200 watts.



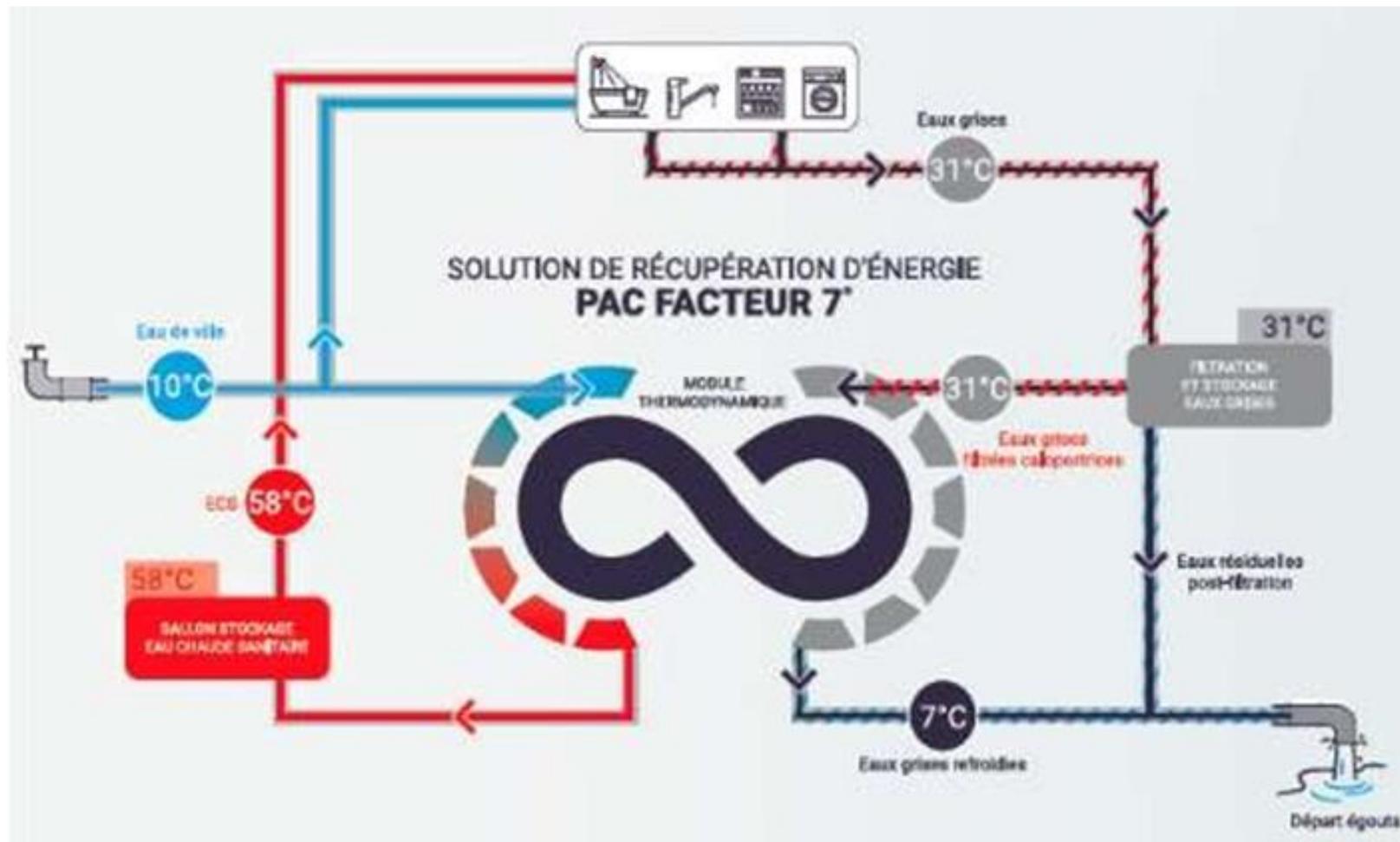
Micro cogénération : aussi appelée micro CHP, elle désigne un système de cogénération de très petite puissance électrique. Le niveau de puissance thermique de tels systèmes est adapté au niveau des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire d'un seul bâtiment.

5- Les systèmes produisant des EnR

La saisie dans la méthode conventionnelle

- ☑ Production de capteurs photovoltaïques
 - Capteurs photovoltaïques :
 - Surface des capteurs installés (factures ou tout autre justificatif), sinon nombre de modules x 1,6 m²
 - L'orientation et l'inclinaison des capteurs
 - Le calcul intègre une part d'auto-consommation qui seule est intégrée dans les résultats du DPE (même si 100 % réinjectée dans le réseau)
 - En collectif la surface est à proratiser par rapport au ratio $SHAB_{\text{logement}}/SHAB_{\text{immeuble}}$
- ☑ Production d'une micro éolienne
 - Micro éolienne :
 - **La production n'est pas valorisée (juste mentionnée)**
- ☑ Production par cogénération
 - Cogénération :
 - **La production n'est pas valorisée (juste mentionnée)**





Les systèmes innovants

6- La méthode conventionnelle et les systèmes innovants ou peu courants

- Comme dans d'autres méthodes de calculs thermiques, certains systèmes peu courants ou innovants ne peuvent pas être pris en compte ou en dessous de leurs performances réelles.
- Parmi ces systèmes, seront évoqués :
 - Les pompes à chaleur sur eau de mer ou sur eaux grises
 - Les pompes à chaleur sur sondes immergées
 - Les pompes à chaleur à moteur gaz
 - Les chaudières à pile à combustible énergie hydrogène oxygène eau
 - Les inserts chaudières et les plaques à eau

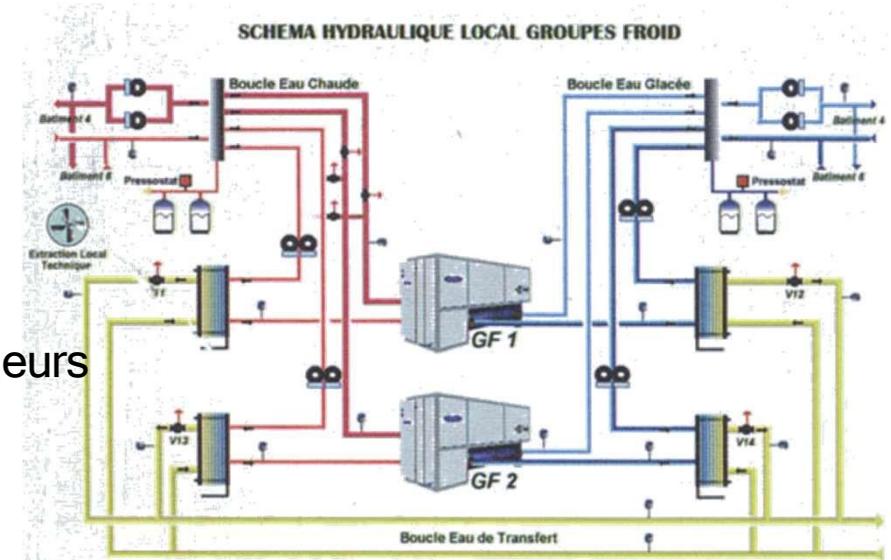
6- Les systèmes innovants

- Les pompes à chaleur sur eau de mer ou sur eaux grises

- Ce sont des PAC Eau / Eau, la différence concerne le captage des calories et la source froide ainsi que les contraintes administratives qui y sont attachées (port ou domaine maritime en général - études d'impacts au cas par cas - autorisations)



- Une PAC sur eau de mer nécessite une station de pompage et de rejet :
- Pompage par tube PEHD
- Pompe(s) eau de mer avec variateurs de débit.
- Pompe(s) eau de transfert.
- Pré-filtre(s) en amont des pompes eau de mer.
- Filtre(s) à sable automatiques en amont des échangeurs eau de mer.
- Echangeur(s) à plaques
- Rejet eau de mer en tube PEHD
- Boucle "eau tempérée" après échange eau de mer en acier



6- Les systèmes innovants

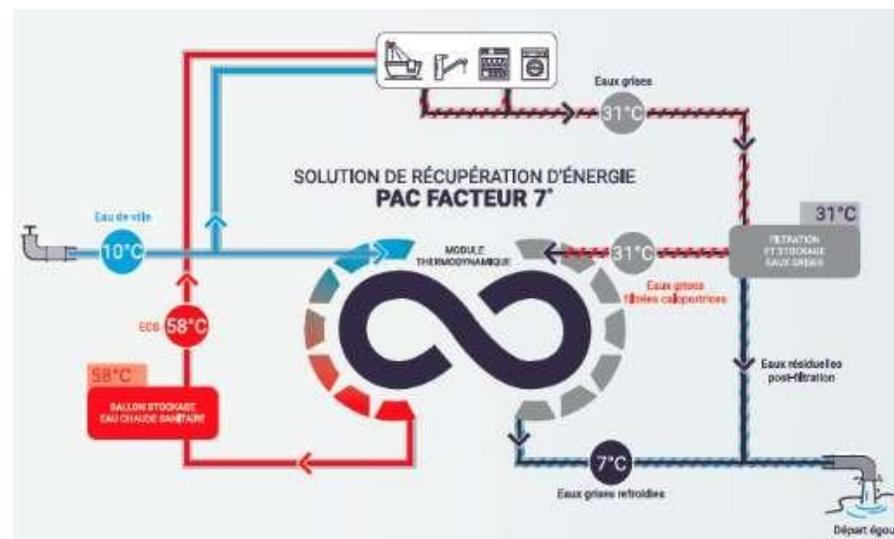
- Les pompes à chaleur sur eaux grises
- Ce sont également des PAC Eau / Eau actuellement plutôt utilisées pour la production d'eau chaude sanitaire collectif
- Eaux grises = eaux usées (provenant des douches, éviers, lave-linges, éviers).



solution PAC Facteur 7®

Les études à mener :

- 1- La filtration et le stockage des eaux grises
- 2 La production d'ECS (100 % des besoins)
- 3 Le stockage de l'eau chaude sanitaire.



Caractéristiques :

- 100 % du besoin ECS journalier sans appoint
- COP global de 6,4
- 4 brevets déposés
- Titre V RT 2012
- Cep (collectif) : 7 à 12 kWh_{EP}/m²S_{RT}.an
- Monitoring de l'installation 24h/24
- Taux EnR > 30%

6- Les systèmes innovants

- Les pompes à chaleur sur sondes immergées
- Ce sont des PAC Eau Glycolée / Eau, la différence vient des capteurs qui au lieu d'être enterrés sont immergés (plan d'eau, étang, rivière...)
- Les capteurs sont réalisés sur-mesure pour mieux s'adapter au projet. Ils sont fabriqués avec des matériaux appropriés aux milieux dans lesquels ils seront implantés (polyéthylène, cuivre ou inox).
- Les capteurs se recouvrent de vase ce qui améliore leur récupération de chaleur.
- Sans aucun risque de pollution de l'eau.



Source : LEMASSON

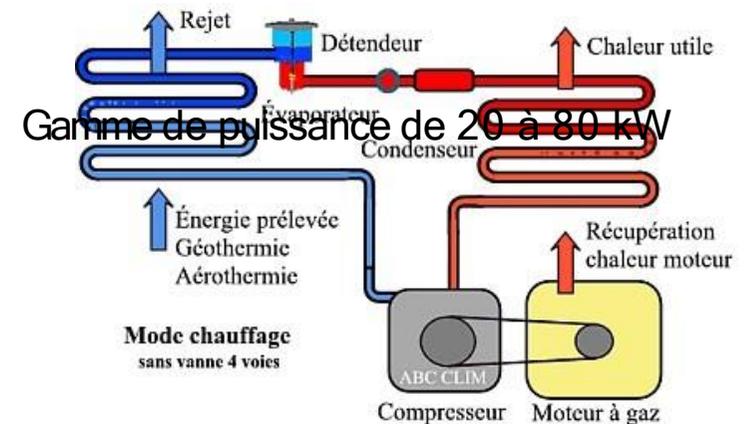
6- Les systèmes innovants

- Les pompes à chaleur à moteur gaz

Ce principe de réfrigération est connu depuis le XIXème siècle. C'est grâce à cela que l'on fabrique du froid dans les réfrigérateurs de bateaux, de caravanes...

Ces machines utilisent de l'énergie thermique pour fabriquer du froid. La chaleur peut être produite grâce à la combustion de gaz, de fioul, de biomasse ou toute autre source de chaleur suffisante.

Le fonctionnement frigorifique de la pompe à chaleur à moteur à gaz est identique à la pompe à chaleur fonctionnant avec un moteur électrique. La seule différence réside dans le fait que le compresseur est entraîné via des courroies par un moteur à combustion fonctionnant au gaz naturel, ce moteur est du type à quatre temps.

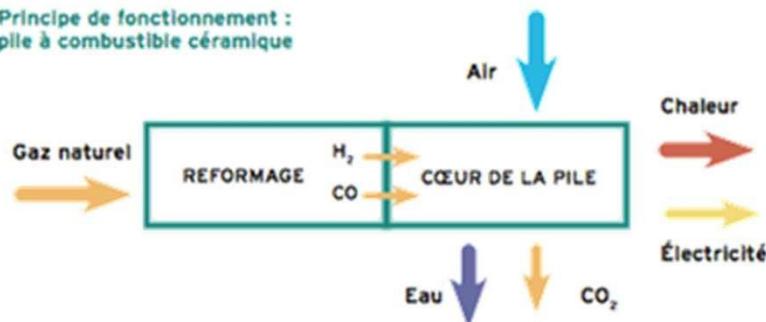


6- Les systèmes innovants

• Les chaudières à pile à combustible énergie hydrogène oxygène eau

- La pile à combustible constitue une technologie d'autoproduction / autoconsommation d'énergie qui sera également particulièrement adaptée aux habitations individuelles neuves ou rénovées et aux petites structures dans les années à venir.
- Comme la chaudière à micro cogénération elle peut produire à la fois de la chaleur, de l'eau chaude et de l'électricité.
- La pile à combustible, également appelée « cœur de pile », extrait l'hydrogène du gaz naturel. Celui-ci va réagir avec l'oxygène de l'air entre deux électrodes (cathode et anode) séparées par une électrolyte. La réaction électrochimique, une combustion dite « froide », génère à la fois de l'électricité et de la chaleur.

Principe de fonctionnement :
pile à combustible céramique



Source VIESSMAN

- La chaudière à pile à combustible combine donc une chaudière gaz à condensation, un ballon de stockage d'énergie, un ballon d'eau chaude sanitaire et un module pile à combustible.



6- Les systèmes innovants

- Les inserts chaudières et les plaques à eau

Il s'agit de variantes des appareils appelés « inserts » ou « poêle à bois » :

Les **inserts chaudières** ou foyers chaudières sont des appareils destinés au chauffage. En supplément de la chaleur rayonnée dans la pièce d'installation, ils alimentent en eau chaude un système de chauffage central par un double échangeur d'eau situés sur le foyer.

Il est conseillé de maintenir un appoint thermique (ex. : chaudière), et de dimensionner au plus juste le ballon d'hydro-accumulation.



Les **plaques à eau** ou chaudières d'âtre sont conçues entièrement en fonte et offrent le design d'une plaque ancienne de cheminée.

Posés simplement dans une cheminée ouverte ces échangeurs permettent de récupérer jusqu'à 10 kW, sans faire de modification de la cheminée.





IUT Saint-Nazaire
Pôle Sciences et technologie

Merci de votre attention