

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE : CONCEPTION

AUTOMNE 2019

Flux énergétiques dans le système de chauffage / ECS



Sur base de la présentation conçue par CENERGIE

Pierre GUSTIN
éCORCE
LOGEMENTS CONSULTANT

Objectif(s) de la présentation

- Définir les besoins en chauffage et en ECS
 - Flux énergétiques dans un bâtiment
- Mettre en avant les points sensibles
 - Pertes thermiques de distribution, stockage, production
 - Rendement de production et d'exploitation, auxiliaires
- Mettre en avant les contraintes techniques des différentes configurations
 - Production d'ECS instantanée ou accumulation ?
 - Production ECS indépendante du chauffage ?



Plan de l'exposé

1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

- 1.1. Les pertes de chaleur vers l'extérieur
- 1.2. Les apports externes et internes
- 1.3. Les pertes de chaleur du système de chauffage
- 1.4. Les pertes de chaleur du système d'ECS

2. Quantifier les pertes selon les différentes configurations

- 2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements
- 2.2. Production centralisée de chauffage et ECS décentralisée : Logements
- 2.3. Production décentralisée de chauffage et d'ECS : Logements

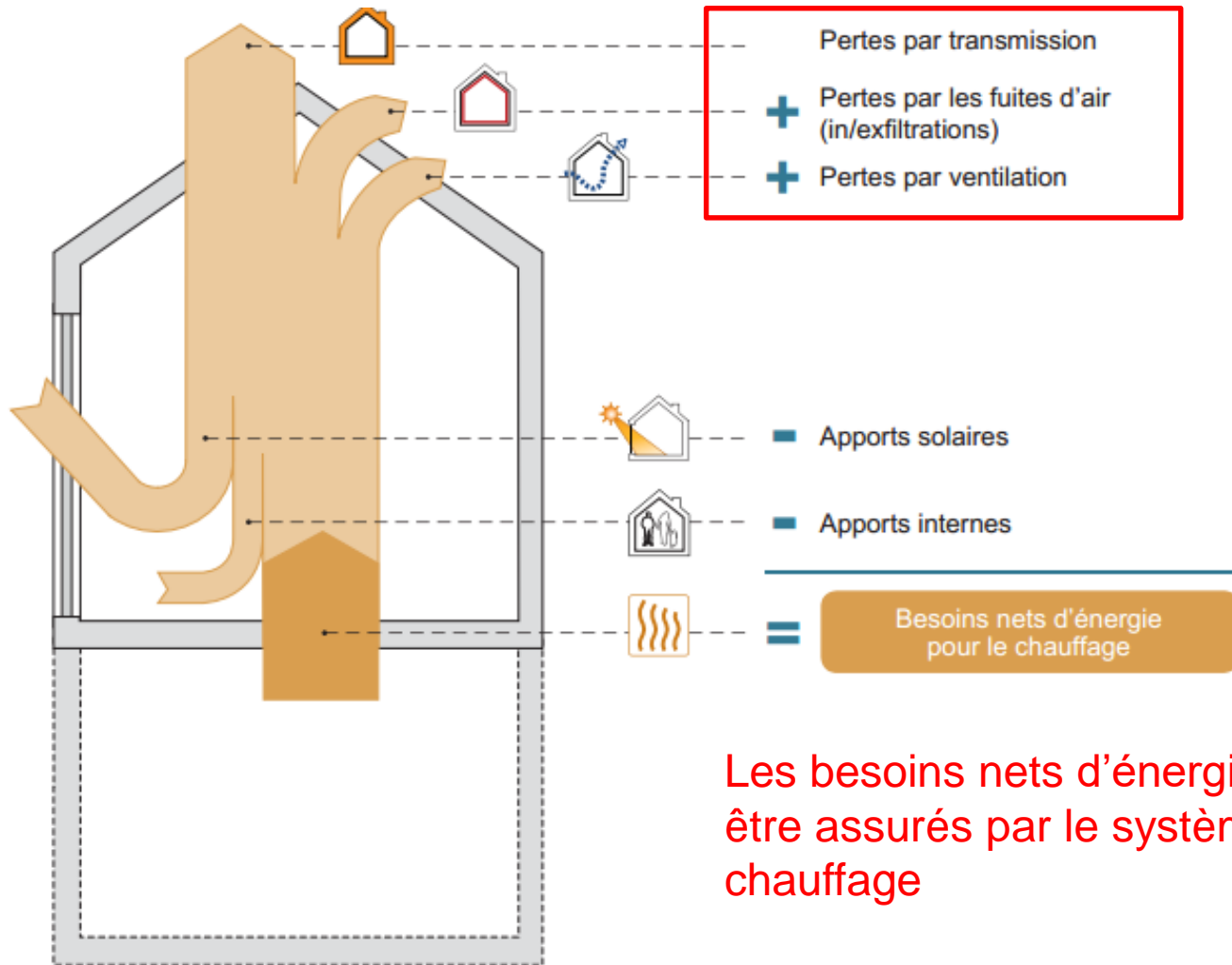
3. Contraintes techniques

- 3.1. Production de chauffage et d'ECS : Tertiaire
- 3.2. Production d'ECS instantanée ou accumulation ?



1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.1. Les pertes de chaleur vers l'extérieur

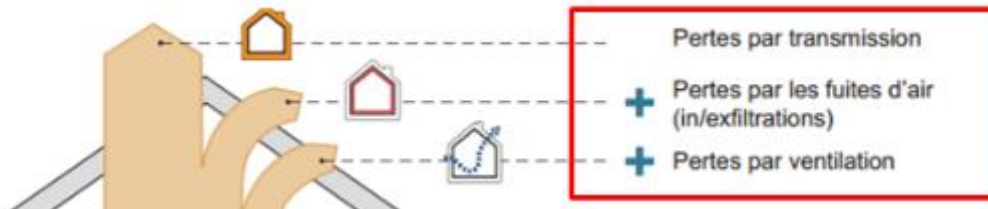


Les besoins nets d'énergie doivent être assurés par le système de chauffage

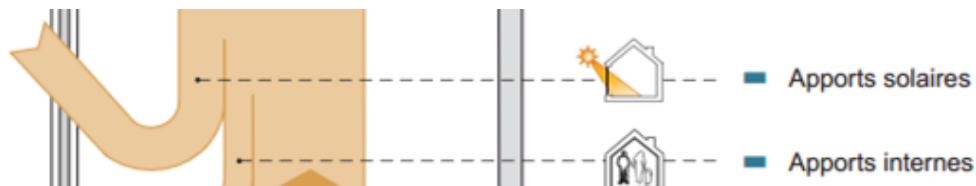


1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.1. Les pertes de chaleur vers l'extérieur



- Les pertes par transmission :
➔ Parois volume protégé, température extérieure, ponts thermiques
- Les pertes par ventilation :
➔ Récupération de chaleur, débit de ventilation
- Les pertes par les fuites d'air :
➔ Degré d'étanchéité à l'air, orientation, vent



Les apports solaires gratuits et le dégagement de chaleur des occupants permettent de combattre en partie ces pertes.

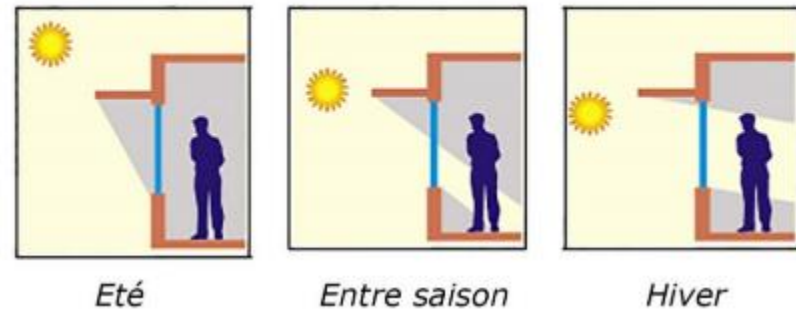


1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.2. Les apports externes et internes

- Optimisation des surfaces vitrées selon les orientations
- Protections solaires :
 - Stores automatiques
 - Brise soleil (casquette solaire)

Un auvent sur une façade côté sud:



- Limitation des gains internes :
 - Luminaires hauts rendements
 - Régulation par compensation lumière du jour

Dossier [limiter les charges thermiques](#)

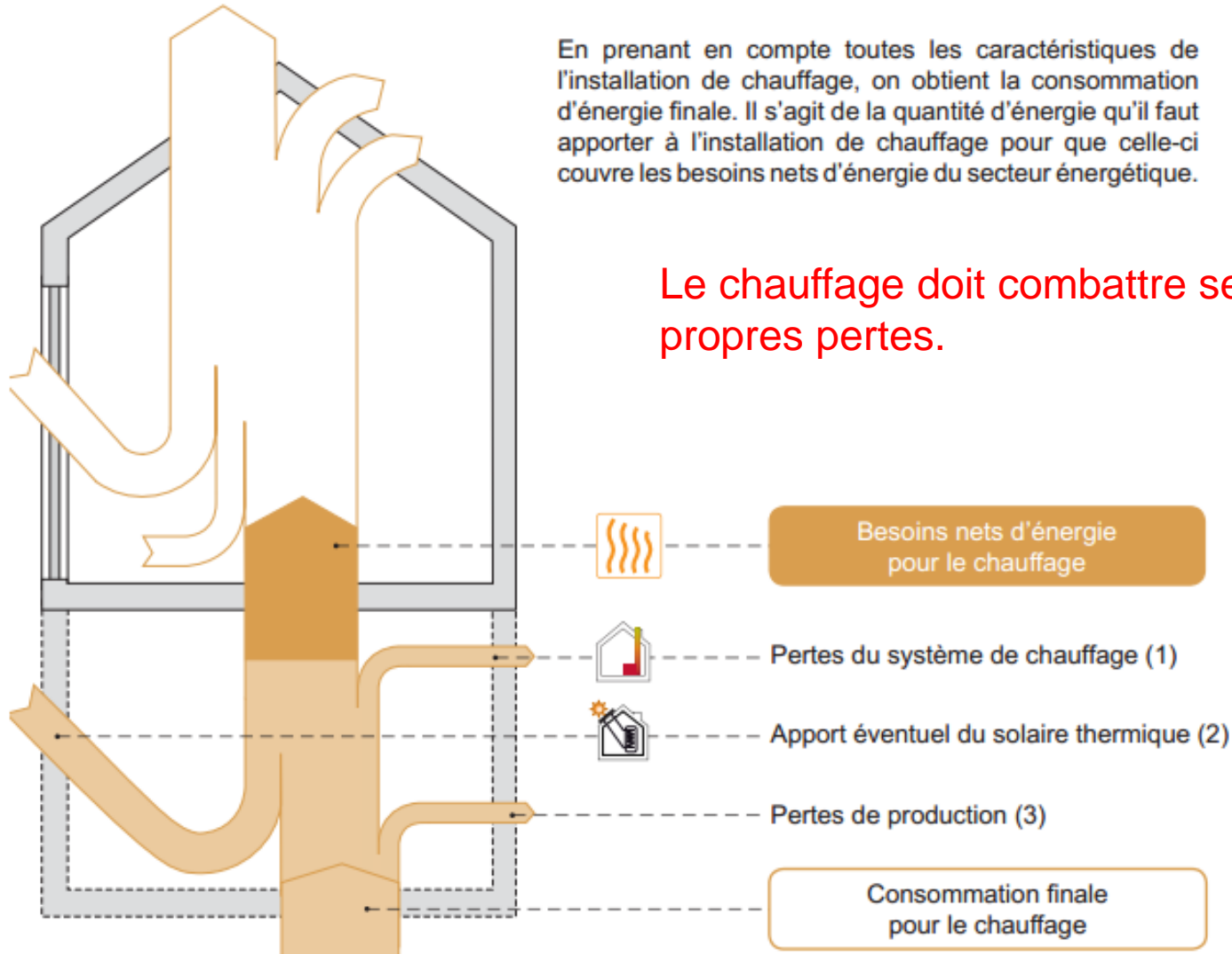


1. Les flux de chaleur dans le bâtiment ?

1.3. Les pertes de chaleur du système de chauffage

En prenant en compte toutes les caractéristiques de l'installation de chauffage, on obtient la consommation d'énergie finale. Il s'agit de la quantité d'énergie qu'il faut apporter à l'installation de chauffage pour que celle-ci couvre les besoins nets d'énergie du secteur énergétique.

Le chauffage doit combattre ses propres pertes.



1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.3. Les pertes de chaleur du système de chauffage



Elles sont liées à :

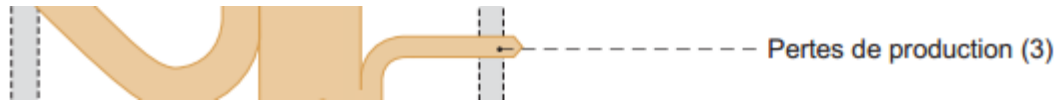
- Le système d'émission :
 ➔ Radiateurs, ventilo-convecteurs, plancher chauffant
- Le système de distribution :
 ➔ Longueur de tuyauteries, calorifugeage, température de distribution
- Le système de stockage :
 ➔ Calorifugeage, température de stockage, volume de stockage

Plus les différences de températures sont grandes, plus les pertes sont importantes



1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.3. Les pertes de chaleur du système de chauffage



Elles sont liées à :

- Le système de production :
➔ Chaudière gaz à condensation, PAC, biomasse : *Rendement propre*
- L'entretien du système de production :
➔ Maintenance annuelle
- Le fonctionnement optimal du système de production :
➔ Sur/sous-dimensionnement, régulation adaptée

Un système adapté aux besoins et dont l'entretien annuel est suivi donnera un rendement meilleur

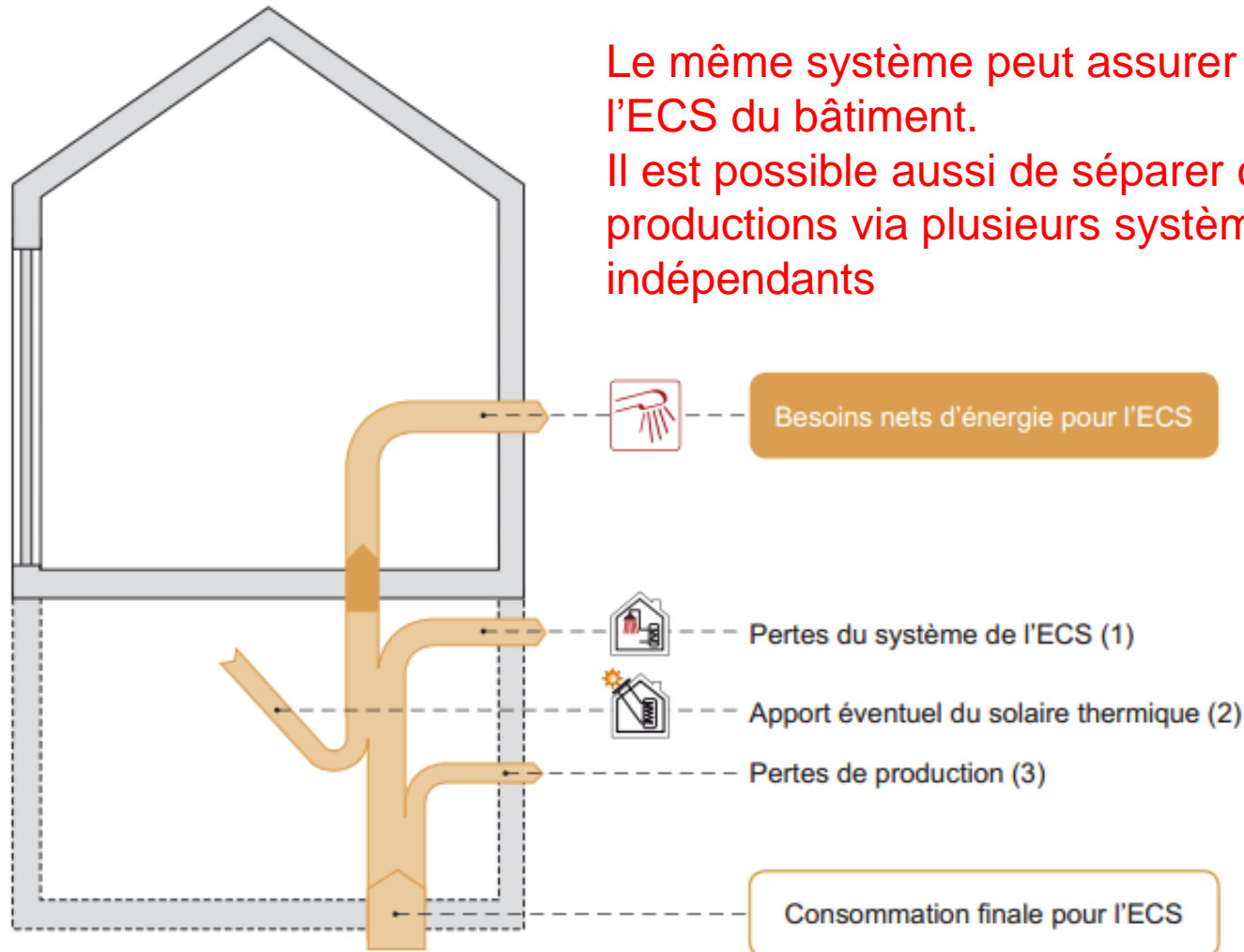


1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.4. Les pertes de chaleur du système d'ECS

Le même système peut assurer le chauffage et l'ECS du bâtiment.

Il est possible aussi de séparer ces deux productions via plusieurs systèmes indépendants



1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.4. Les pertes de chaleur du système d'ECS



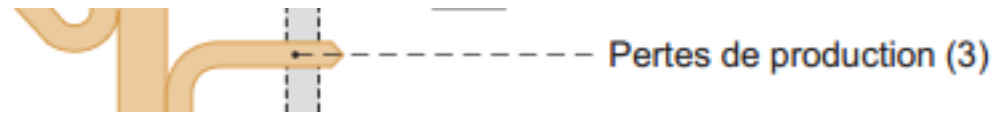
Elles sont liées à :

- Le système de distribution d'ECS :
 ➔ Longueur de tuyauteries, calorifugeage
- Le système de stockage :
 ➔ Calorifugeage, volume de stockage, température de stockage



1. Les flux de chaleur dans le bâtiment

1.4. Les pertes de chaleur du système d'ECS



Elles sont liées à :

- Le système de production :
➡ Chaudière gaz à condensation, PAC, biomasse : *Rendement propre*
- L'entretien du système de production :
➡ Maintenance annuelle
- Le fonctionnement optimal du système de production :
➡ Sur/sous-dimensionnement, Régulation inadaptée

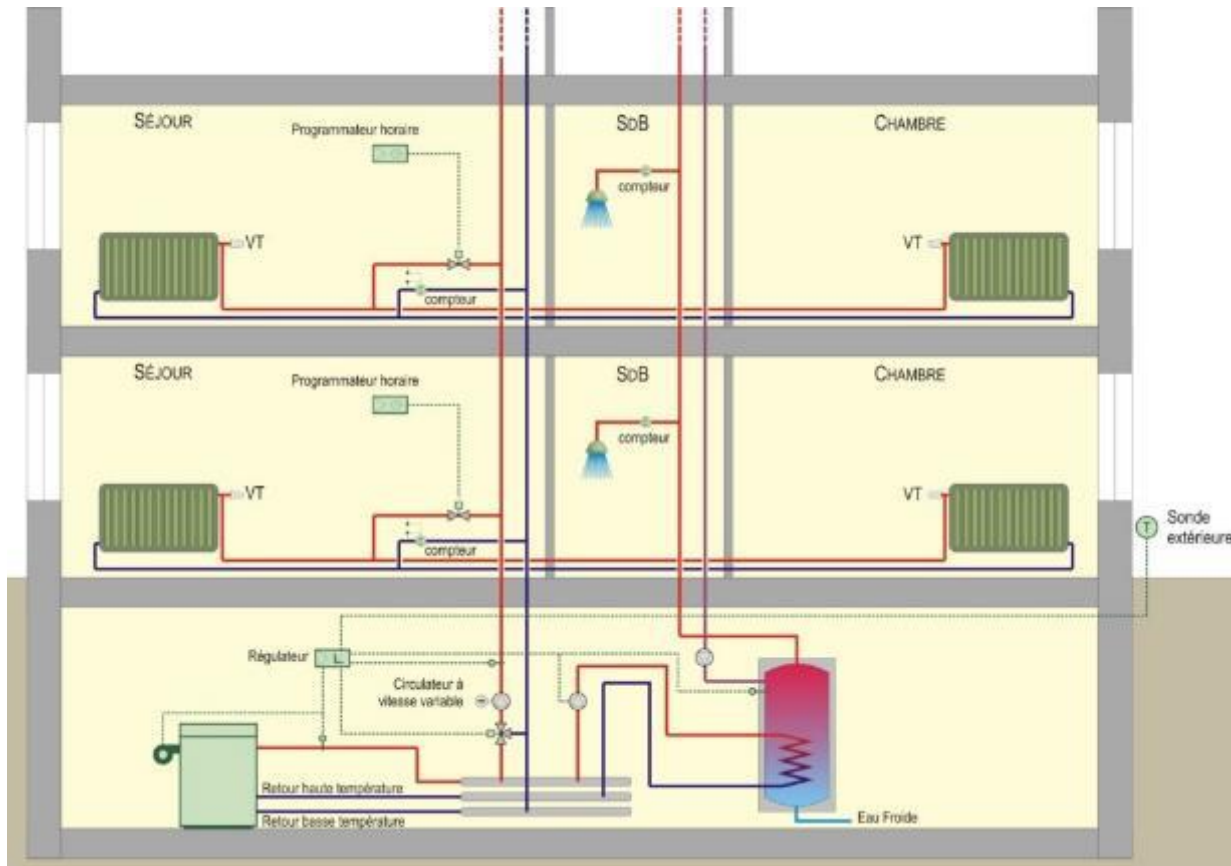


2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Centralisée :

Une chaudière commune qui assure le chauffage et l'ECS pour tous les appartements



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

En centralisé, on a besoin,

- D'un système de chaleur qui assure le chauffage du bâtiment
 - *Local technique, gestion du comptage, contrat d'entretien unique*
- D'un réseau de chauffage qui parcourt tout le bâtiment
 - *Calorifugeage des tuyauteries HVP**
 - *Circulateur de chauffage et auxiliaires*
 - *Une régulation adaptée*
- D'un bouclage ECS qui parcourt tout le bâtiment
 - *Calorifugeage du bouclage ECS*
 - *Circulateur ECS*
 - *Un ballon de stockage de grand volume (accumulation)*
 - *Un échangeur instantané de grande puissance (accumulation)*

* *HVP: Hors Volume Protégé*



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

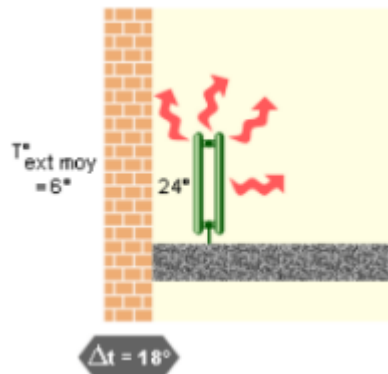
Quantifier les pertes sur l'émission de chaleur



Source/Bron : www.flir.eu

Les systèmes d'émissions : Pertes d'un radiateur

- Ne pas empêcher la circulation de l'air
- Plaque réfléchissante si placé sur une paroi froide
- Travailler en basse température limite les pertes



Source/Bron : www.energieplus-lesite.be

Déperdition annuelle devant une paroi non isolée :

$$1\text{m}^2 \times (T_{\text{int derrière radiateur moyenne}} - T_{\text{ext moyenne}}) \times U_{\text{mur}} \times T_{\text{emps}}$$

$$1 \times (24^\circ\text{C} - 6,5^\circ\text{C}) \times 2 \text{ W/m}^2\text{K} \times 5,800 \text{ h} / 1000$$

$$210 \text{ kWh /an}$$



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Quantifier les pertes sur la distribution de chaleur

Les systèmes de distribution : Pertes du réseau

- Calorifuger les conduites HVP
- Limiter la longueur des tuyauteries
- Limiter la vitesse de circulation :
 ➔ Turbulence = transfert thermique accru = perte de charge accrue
- Travailler en BT
- Circulateur à débit variable
- Régulation et vannes d'équilibrages



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Quantifier les pertes sur la distribution de chaleur

Pour 1 m de conduite :

$$(T_{\text{moyenne,eau}} [\text{°C}] - T_{\text{amb}} [\text{°C}]) \times k_{\text{conduite}} [\text{W/mK}] \times \text{Nombre d'heures [h]}$$

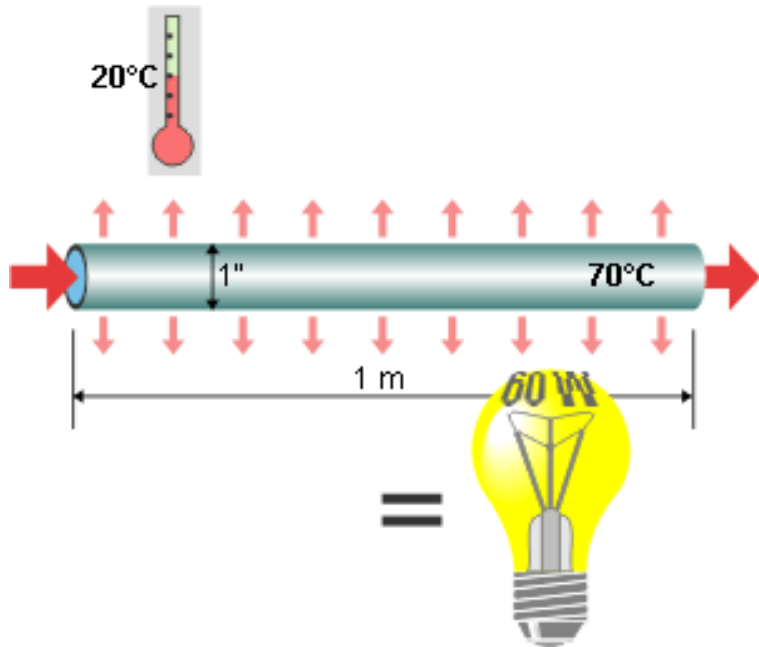
- k_{conduite} ? Fonction du matériau (conductivité thermique), de son diamètre, de l'épaisseur, du régime du fluide dans la conduite, si la conduite est enterrée ou non
- La température moyenne de l'eau dépend du fonctionnement de l'installation de chauffage (régulée en T° constante ? En T° glissante ?...)
- La température ambiante est la température moyenne de l'environnement dans lequel se trouve la conduite pendant la saison de chauffe
- Le nombre d'heures est la durée de chauffe



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Quantifier les pertes sur la distribution de chaleur



1 mètre de DN32 traversé par de l'eau à 70°C = 60W de pertes
 $(70\text{ °C} - 20\text{ °C}) \times 1,2\text{ W/mK} = 60\text{ W}$

Sur 3600h de chauffe : **216kWh**




Soit environ 11€ pour du gaz à 0,05 €/kWh



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Pertes thermique d'un bouclage ECS en fonction du calorifugeage

Longueur de boucle - 100 m $T^{\circ}_{\text{boucle}} - T^{\circ}_{\text{ambiante}} = 40^{\circ}\text{C}$		Pertes en ligne (accessoires compris)	Pertes annuelles 8.760h
Pas isolée	$k = 1,42 \text{ W/mK}$ 	5.700 W	50.000 kWh
Peu isolée	$k = 0,37 \text{ W/mK}$ 	1.500 W	13.500 kWh
Bien isolée	$k = 0,21 \text{ W/mK}$ 	850 W	7.500 kWh



2. Quantifier les pertes thermiques

Calorifugeage réglementé selon la PEB chauffage

Pour les systèmes de chauffage faisant l'objet d'une réception PEB dans le cadre de la réglementation chauffage PEB, toutes les conduites hydrauliques et aérauliques doivent répondre à des exigences de calorifugeage minimales en fonction de

- du type d'environnement: dans/ hors volume protégé
- du diamètre extérieur du conduit
- de la performance thermique de l'isolaton (classes)
- Pour les conduits d'ECS: s'il s'agit d'un conduit de circulation (à l'exception des thermosiphons)

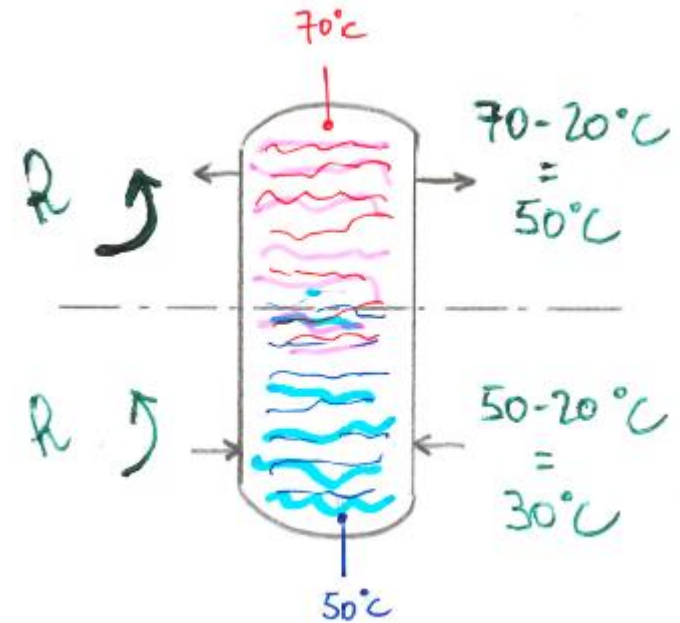


2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Quantifier les pertes sur le stockage de chaleur

Volume ballon (m ³)	1
Diamètre (m)	0,79
Hauteur (m)	2,04
Epaisseur d'isolant (m)	0,1
Surface ballon (m ²)	7,9
T°stockage (°C)	70
T°ambiante (°C)	20
Conductivité thermique de l'isolant (W/m/k)	0,033
Pertes thermiques (W)	130
Durée d'utilisation (h/an)	3600
Pertes annuelles (kWh)	468



- Isoler le ballon tampon
- Limiter la température de stockage : Courbe de chauffe
- Profiter de la stratification du ballon (*cf schéma*)



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Pertes thermiques du volume de stockage

Volume ballon (l)	1000	2000
Diamètre (m)	0,79	1,1
Hauteur (m)	2,04	2,1
Epaisseur d'isolant (m)	0,1	0,1
Surface ballon (m ²)	7,9	11,2
T°stockage (°C)	60	60
T°ambiante (°C)	20	20
Conductivité thermique de l'isolant (W/m/k)	0,033	0,033
Pertes thermiques (W)	104	148
Durée d'utilisation (h/an)	3000	3000
Pertes annuelles (kWh/an)	312	445

En accumulation, la puissance dédiée à l'ECS est faible mais le volume de stockage important induit des pertes.

Note : 2 ballons de 1000l sont plus déperditifs que 1 ballon de 2000l

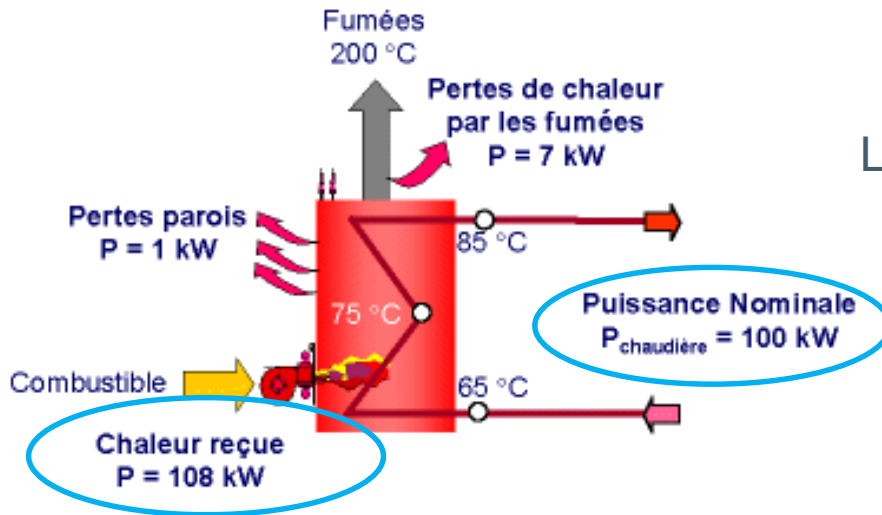


2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Quantifier les pertes sur la production de chaleur

Bilan de puissance d'une chaudière classique



Le rendement utile de cette chaudière est :

$$R = \frac{100}{108} * 100 = 92,5\%$$

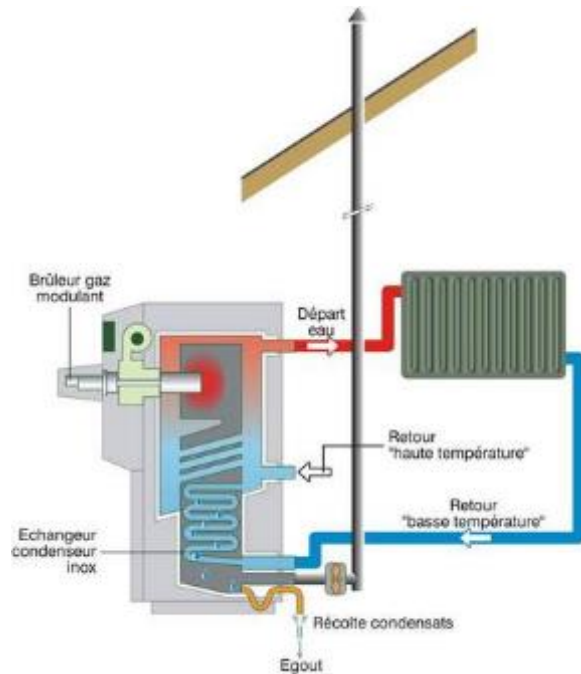


2. Quantifier les pertes thermiques

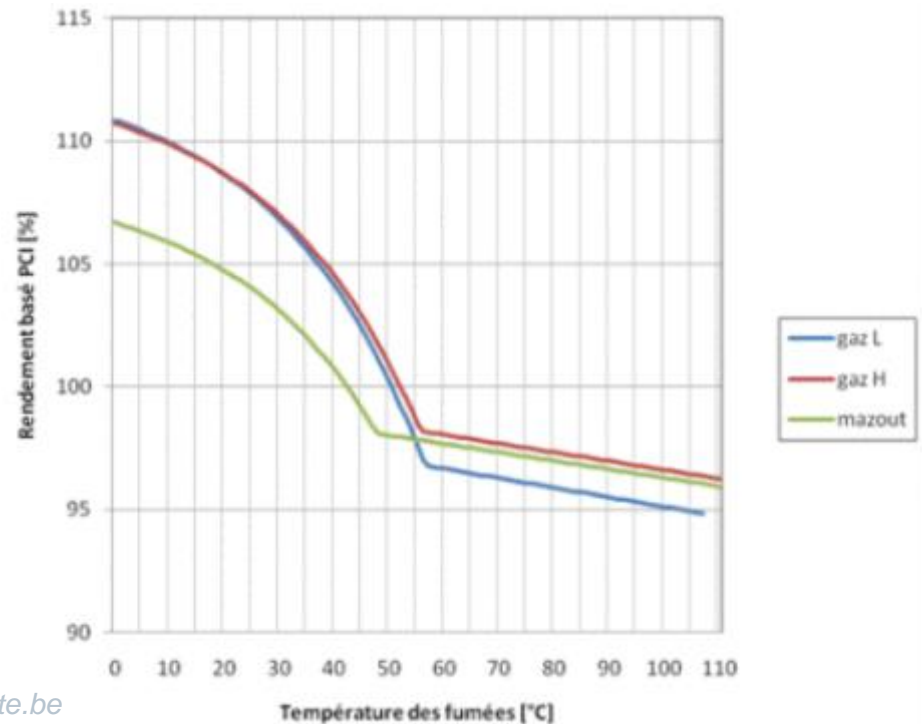
2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Quantifier les pertes sur la production de chaleur

Chaudière à condensation



Source/Bron : www.energieplus-lesite.be



La chaudière à condensation limite les pertes par les fumées en récupérant l'énergie de condensation de la vapeur d'eau contenue dans celles-ci.



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Evolution du rendement d'une chaudière sur une saison de chauffe

- Pertes à l'arrêt : Inertie de la chaudière après arrêt du brûleur
→ Notions de courts-cycles : dimensionnement
- Pertes au démarrage : Qualité de la combustion
→ Entretien annuel pour s'assurer d'une bonne combustion
- Durée de fonctionnement en condensation : T° retour
→ Régulation selon une courbe de chauffe
- Switch ECS / chauffage : changement d'allures
→ Rendement variable entre 30 et 100% de la puissance

Tous ces facteurs entrent en compte dans la définition du rendement global saisonnier du système de chauffage



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Et la consommation des circulateurs ?

Le rendement global d'un système de chauffage/ECS tient compte également de l'efficacité des circulateurs :

- Travailler en débits variables quand c'est possible
- Circulateurs de classe A (Directive EcoDesign) sauf pour circulateur ECS non soumis à la directive Ecodesign



2. Quantifier les pertes thermiques

2.1. Production centralisée de chauffage et d'ECS : Logements

Ordres de grandeurs du rendement global d'un système de chauffage avec chaudière

Type d'installation	Rendement en %				η_{global}
	$\eta_{\text{production}}$	$\eta_{\text{distribution}}$	$\eta_{\text{émission}}$	$\eta_{\text{régulation}}$	
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 %



Voir également [GUIDE](#) pour autres systèmes de production

Sources : www.energieplus-lesite.be

2. Quantifier les pertes thermiques

2.2. Production centralisée de chauffage et ECS décentralisée : Logements

Une chaudière commune et un boiler individuel par logement

- Un boiler électrique à accumulation : Fonctionnement sur programme horaire (tarif de nuit)
- Un boiler gaz à accumulation ou instantané

Avantages

- Pas de gestion du bouclage
- Proximité des points de puisage
- Décompte individuel des charges
- Production instantanée
- Production par accumulation

Inconvénients

- Encombrement dans la zone d'habitation
- Coût d'investissement plus élevé

Et au niveau des pertes ?



2. Quantifier les pertes thermiques

2.2. Production centralisée de chauffage et ECS décentralisée : Logements

ECS Centralisé

Pertes production + distribution
= 11.400 kWh/an

Dont :
3.600 kWh revalorisé

D'où :
7.800 kWh de pertes réelles

Boiler ECS individuel

Pertes production + distribution
= 15.500 kWh/an

Dont :
7.750 kWh revalorisé

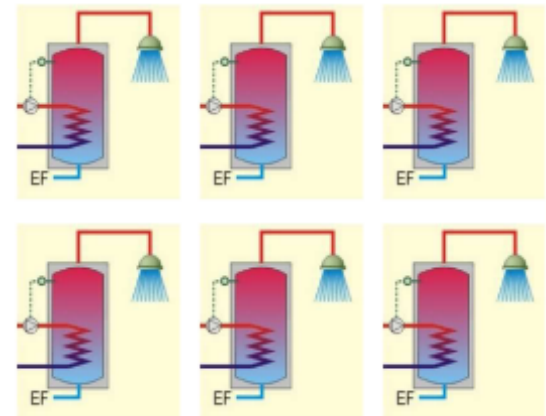
D'où :
7.750 kWh de pertes réelles



Conclusion

Pertes +/- équivalente
mais
défavorable pour la PEB

31 ballons ECS de 100 litres



2. Quantifier les pertes thermiques

2.3. Production décentralisé de chauffage et d'ECS : Logements

Une chaudière murale individuelle chauffage + ECS

- Production d'ECS instantanée
- Production d'ECS en accumulation

Avantages

- Proximité des points de puisage
- Décompte individuel des charges
- Production instantanée
- Production par accumulation
- Contrat de maintenance individuel

Inconvénients

- Encombrement dans la zone d'habitation
- Coût d'investissement plus élevé
- Pas de gestion centralisée de la régulation et des énergies
- Risque de sur-consommation

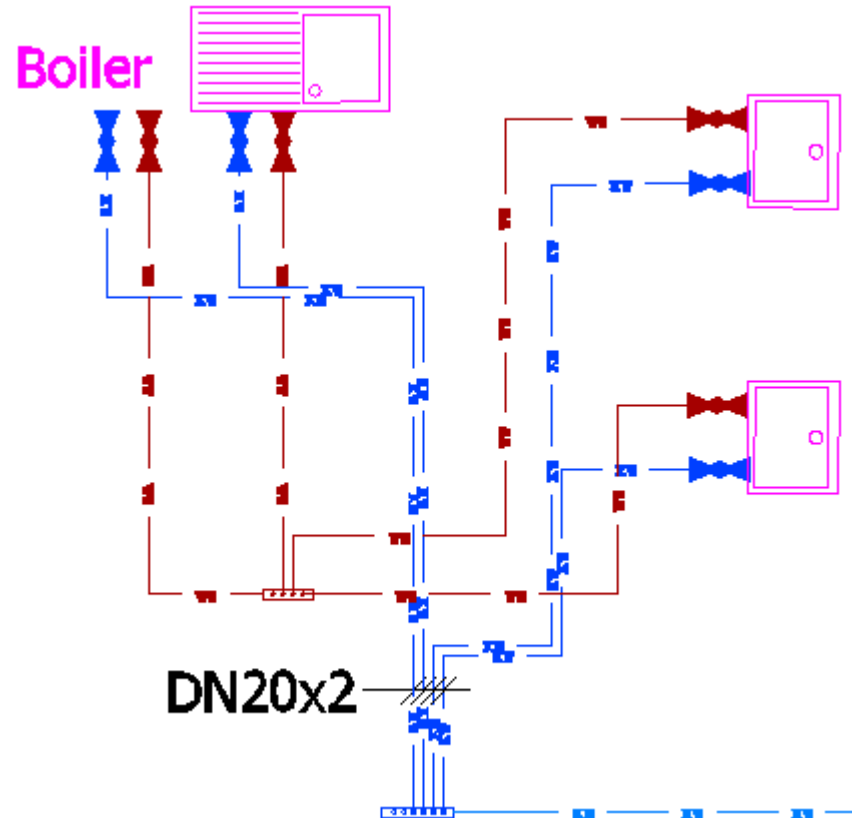
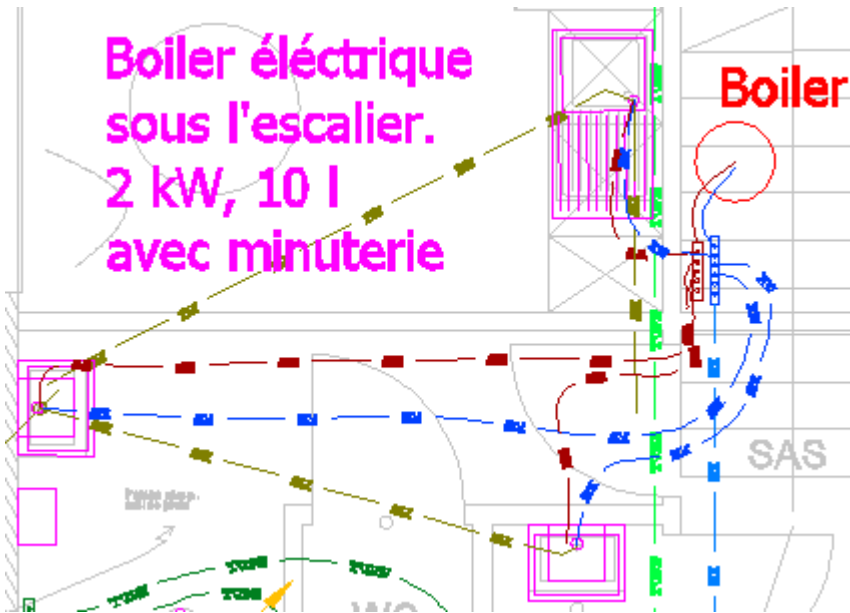


3. Contraintes techniques

3.1. Production de chauffage et d'ECS : Tertiaire

Cas 1 : Bâtiment de bureaux

- Les besoins en ECS sont très faibles par rapport au chauffage
➔ *Boiler électrique indépendant à proximité des points de puisages*



3. Contraintes techniques

3.1. Production de chauffage et d'ECS : Tertiaire

Cas 1 : Bâtiment de bureaux

- Les besoins en ECS sont très faibles par rapport au chauffage
 ➔ *Boiler électrique indépendant à proximité des points de puisages*
- *Solution peu coûteuse*
- *Fonctionnement avec un simple programmateur horaire mécanique*
- *Mise en oeuvre très simple*
- *Très peu de pertes : Faible volume d'eau et longueur de tuyauteries*

- *Consommation électrique*



3. Contraintes techniques

3.2. Production d'ECS instantanée ou accumulation ?

Cas 2 : Cuisine tertiaire

- Les besoins en ECS sont très importants par rapport au chauffage
- Les besoins en ECS sont constants sur une période donnée

Plusieurs solutions :

- *Boiler indépendant : Production instantanée ou accumulation indépendante du chauffage*
- *Production par accumulation durant la nuit par la chaudière de chauffage, stockage des besoins journaliers*

Le choix dépendra des puissances mises en jeu afin d'éviter un surdimensionnement important de la chaudière chauffage + ECS :

—————→ *Rendement global*



3. Contraintes techniques

3.2. Production d'ECS instantanée ou accumulation ?

Cas 2 : Cuisine tertiaire

- Les besoins en ECS sont très importants par rapport au chauffage
- Les besoins en ECS sont constants sur une période donnée

Accumulation ou instantanée ?

Accumulation

- + Besoins aléatoires
- + Confort
- + Puissance réduite
- Encombrement
- Pertes de stockage
 - Légionelle
 - Calcaire

Instantanée

- + Besoins constants
- + Encombrement faible
- + Pertes thermiques
- Confort
- Courts cycles
- Température primaire constante
- Sur-dimensionnement



3. Contraintes techniques

3.2. Production d'ECS instantanée ou accumulation ?

Cas 2 : Cuisine tertiaire

- Les besoins en ECS sont très importants par rapport au chauffage
- Les besoins en ECS sont constants sur une période donnée

Si les besoins en ECS sont constants et regroupés sur une même période alors l'instantanée paraît intéressant car :

- *Pas de pertes de stockage*
- *Pas de problème de légionelle*

- *Cependant la puissance instantanée peut être élevée*

Alors,

Le chauffage a son propre rendement : Optimal pour la condensation

La production d'ECS a son propre rendement : Optimal



Outils, sites internet, etc... intéressants :

- Outil de calcul pour l'eau chaude sanitaire

<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16807#c20934692>

- Centre Scientifique et Technique de la Construction :

<http://www.cstc.be>



Références Guide Bâtiment Durable et autres sources :

Guide Bâtiment Durable

www.guidebatimentdurable.brussels

Thème ENERGIE

[Dossier | Optimiser la production et le stockage pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire](#)

[Dossier | Garantir l'efficacité des installations de chauffage et ECS \(distribution et émission\)](#)




Ce qu'il faut retenir de l'exposé

- **Réduction des pertes thermiques**
 - ✓ Isolation des tuyauteries HVP
 - ✓ Isolation des volumes de stockage
 - ✓ Emplacement des émetteurs : Radiateurs sur parois froides
 - ✓ Réduire les écarts de températures : Chauffage BT
 - ✓ Réduire les longueurs de tuyauteries
- **Réduction des consommations électriques**
 - ✓ Circulateurs à haute efficacité
 - ✓ Fonctionnement en débit variable quand c'est possible
 - ✓ Régulation des boucles ECS
- **Eviter les sur-consommations**
 - ✓ Régulation terminale
 - ✓ Régulation sur courbe de chauffe



Ce qu'il faut retenir de l'exposé

	Production de chauffage		Production d'ECS			
	Centralisée	Décentralisée	Centralisée		Décentralisée	
			Accumulation	Instantanée	Accumulation	Instantanée
Consommation électrique et coût d'investissement	1 circulateur commun	1 circulateur par chaudière	1 bouclage ECS	1 bouclage ECS	1 bouclage ECS par logement	Pas de bouclage
Coût d'investissement	1 série d'auxiliaires	1 serie d'auxiliaires par chaudière	1 ballon tampon	1 échangeur eau/eau	1 ballon tampon par logement	1 échangeur par logement
Coût d'exploitation	1 contrat de maintenance	1 contrat par chaudière	Puissance faible	Puissance élevée	Puissance faible	Puissance élevée
Régulation/confort d'utilisation	Gestion totale des énergies	Gestion individuel de l'énergie	Légionelle	Confort	Légionelle	Confort
Pertes de distribution	-	+	Equivalente si tuyauteries bien isolées		Proximité des points de puisages	Proximité des points de puisages
Pertes de stockage	-	+			Ballon tampon	Pas de ballon



Contact

Pierre GUSTIN

Ingénieur projet

Coordonnées

 : +32 4 226 91 60

E-mail : info@ecorce.be

éCORCE
INGÉNIERIE CONSULTANCE

