

Réseaux de chaleur : Notions techniques

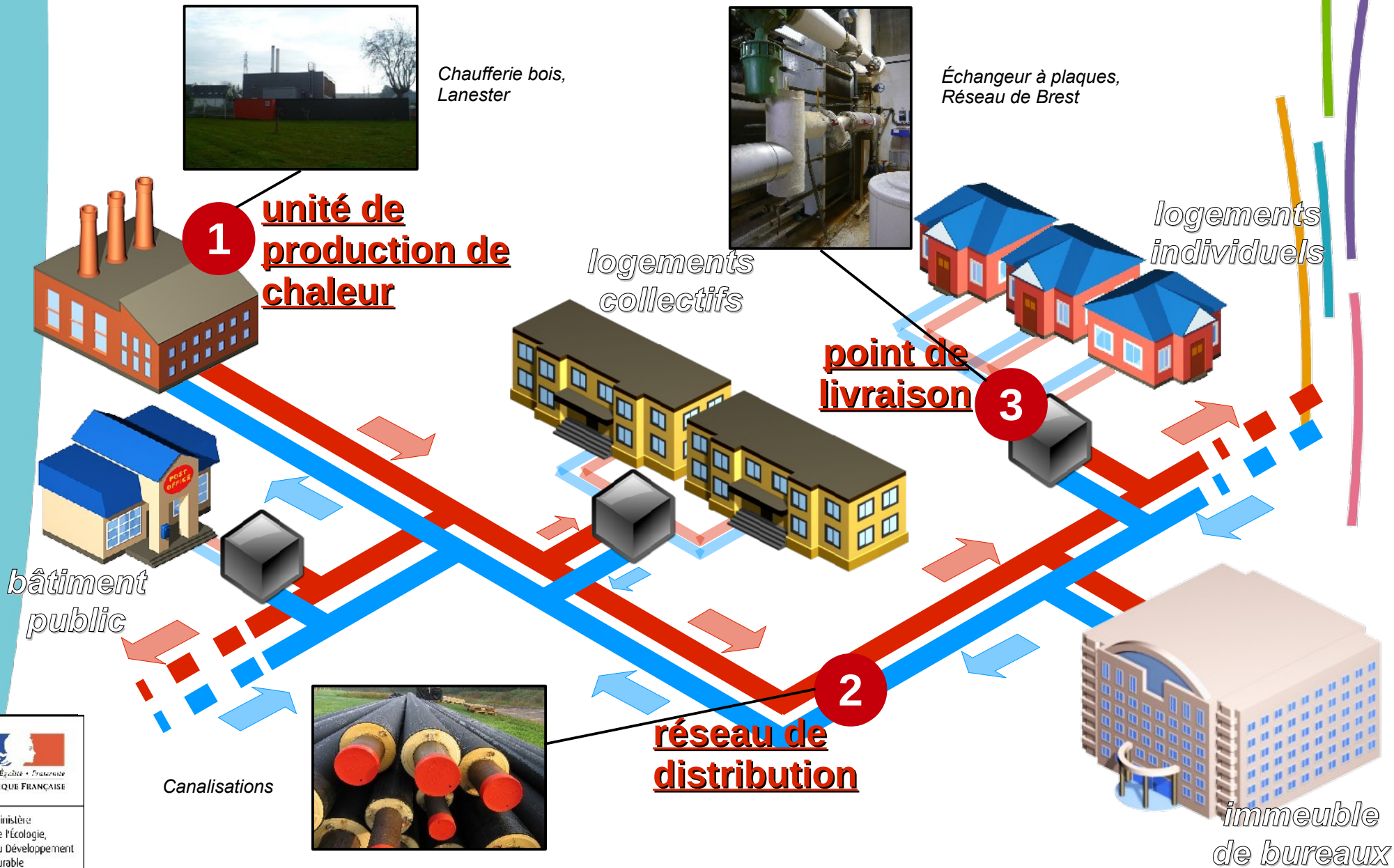
CETE de l'Ouest
3 juillet 2012

Ressources, territoires, habitats et logement
Energies et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir



Constitution d'un réseau

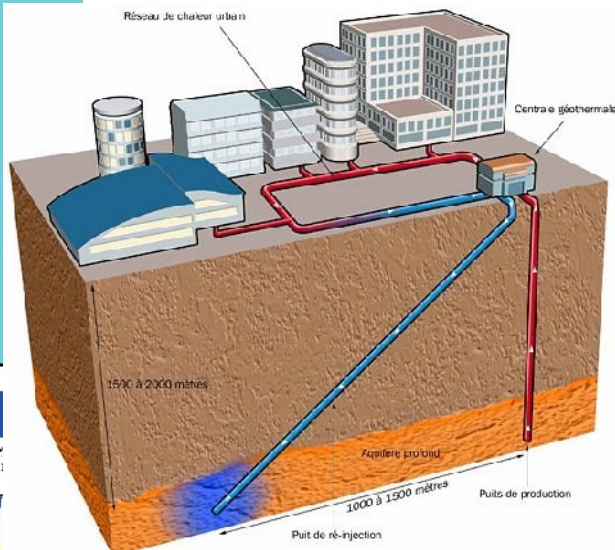


Constitution d'un réseau

- Rappel : Système de distribution de chaleur produite de façon centralisée permettant de desservir plusieurs usagers

Les éléments constitutifs :

- **Unité de production de chaleur** = chaudière à combustibles, UIOM, centrale géothermique, solaire haute température, etc. dimensionnée pour assurer la base des besoins. Une unité d'appoint présente pour assurer les pics de besoins.



Réseau de chaleur géothermique



Réseau de chaleur solaire



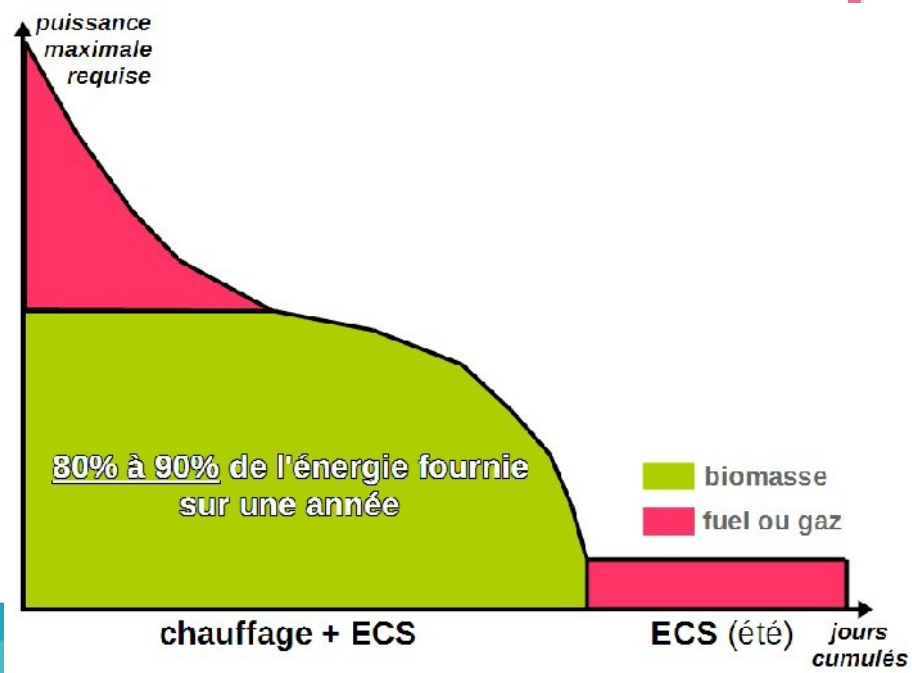
Réseau de chaleur avec UIOM

Constitution d'un réseau

- Rappel : Système de distribution de chaleur produite de façon centralisée permettant de desservir plusieurs usagers

Les éléments constitutifs :

- **Unité de production de chaleur – Exemple d'un réseau bois**
 - Une chaudière alimentée par du bois (souvent bois déchiqueté) + Une chaudière d'appoint gaz ou fioul
 - Le bois couvre généralement 80 à 90% des besoins de chaleur
 - Exploitation : au moins 30 min/j



Constitution d'un réseau

- Rappel : Système de distribution de chaleur produite de façon centralisée permettant de desservir plusieurs usagers

Les éléments constitutifs :

- Unité de production de chaleur
- **Réseau de distribution primaire** = canalisations isolées transportant le fluide caloporteur (vapeur ou eau chaude) depuis la chaufferie jusqu'aux sous-stations

Canalisations isolées



Le réseau basse ou très basse température [60° et 90°C]. Pour les quartiers neufs avec des besoins de chaleur faibles

Le réseau eau chaude [90° et 110°C]. Pour groupes d'immeubles d'habitation ou de bureaux, ou encore les hôpitaux et établissements industriels qui ne consomment pas de vapeur.

Le réseau eau surchauffée [110°C et 180°C]. Pour les réseaux de grande envergure qui alimentent des bâtiments nécessitant des températures élevées (laveries, abattoirs, industries textiles...).

Le réseau vapeur [200°C à 300°C]. Son utilisation est de plus en plus limitée. Il est présent essentiellement pour la fourniture de chaleur industrielle, mais Paris l'utilise pour son réseau de chaleur (réseau de la CPCU).

Constitution d'un réseau

- Rappel : Système de distribution de chaleur produite de façon centralisée permettant de desservir plusieurs usagers

Les éléments constitutifs :

- Unité de production de chaleur
- Réseau de distribution primaire
- **Sous-stations d'échanges** : généralement en pieds d'immeubles, permettent le transfert de chaleur au réseau secondaire par un échangeur à plaque.

Le réseau secondaire ne fait pas partie du réseau de chaleur au sens juridique car il n'est pas géré le responsable du réseau mais par le responsable de(s) l'immeuble(s)

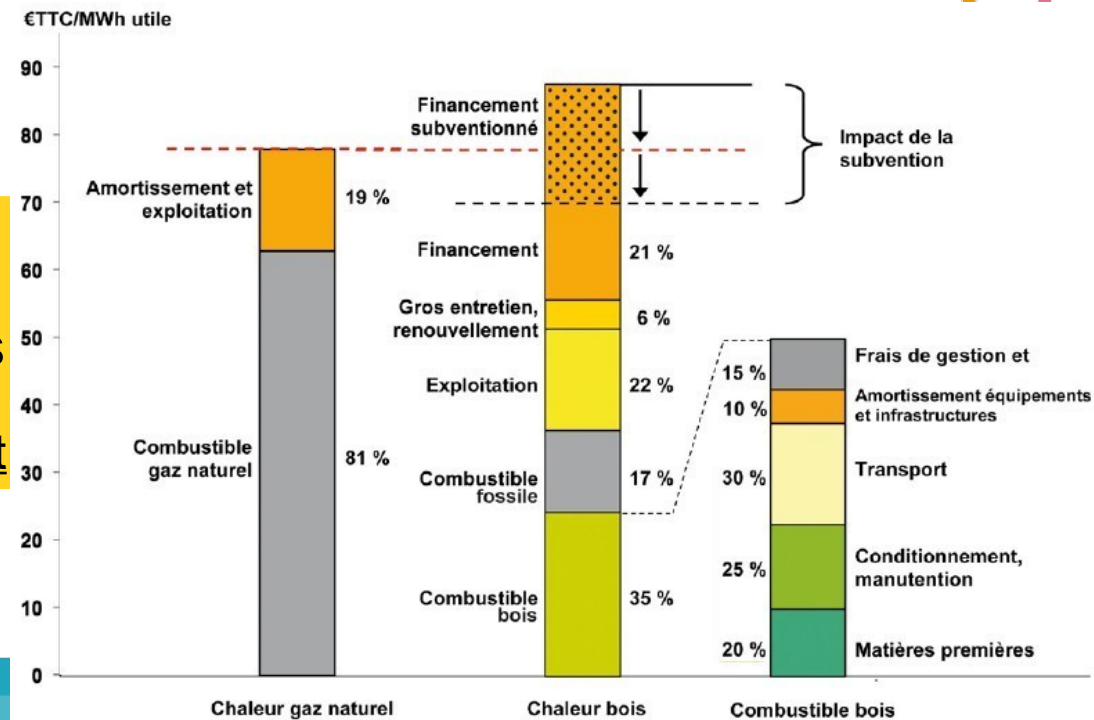
Quelques éléments de coût

- Réseaux = le coût d'investissement représente la majeure partie du coût pour l'utilisateur → maîtrise de la volatilité
- Systèmes décentralisés = le coût de fonctionnement représente la majeure partie du coût pour l'utilisateur → fluctuant

Comparaison en coût global
(Investissement+fonctionnement sur le long terme)

Les postes de dépenses :

- Chauffage (production+GC)
- Canalisations + sous-stations
- Études et frais Investissement
- Combustibles
- Entretien/exploitation



Quelques éléments de coût

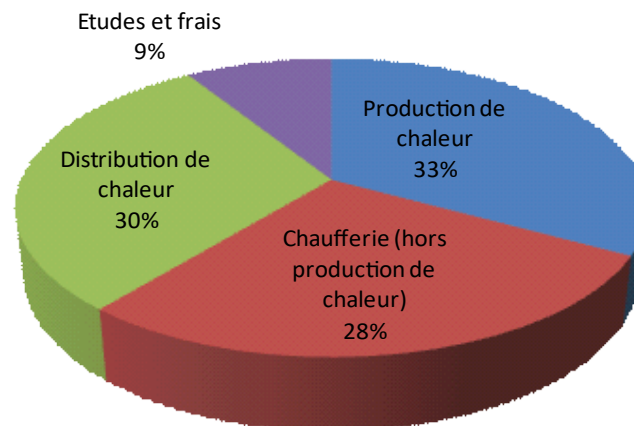
Coûts HT et hors aides publiques

Etude ADEME/Perdurance 2009 – RDC bois + appoint gaz

- **La chaufferie** (Production de chaleur + GC)

- P = 200 kW ; C = 954 €/kW qqs éq-Igts – dizaines éq-Igts
- P = 750 kW ; C = 654 €/kW dizaines éq-Igts – centaines éq-Igts
- P = 4 MW ; C = 501 €/kW centaines éq-Igts – milliers éq-Igts

Coûts d'investissement : répartition par poste



Quelques éléments de coût

Coûts HT et hors aides publiques

Etude ADEME/Perdurance 2009 – RDC bois + appoint gaz

- La chaufferie (production de chaleur + GC)
- **Le réseau de distribution** (tranchée + canalisations + ss-stations)
 - P = 200 kW ; C = 302 €/ml
 - P = 750 kW ; C = 315 €/ml
 - P = 4 MW ; C = 484 €/ml

Forte disparité des coûts constatée

Réseau zone urbaine dense :
Le coût peut monter jusqu'à
1300€/ml

Quelques éléments de coût

Coûts HT et hors aides publiques

Etude ADEME/Perdurance 2009 – RDC bois + appoint gaz

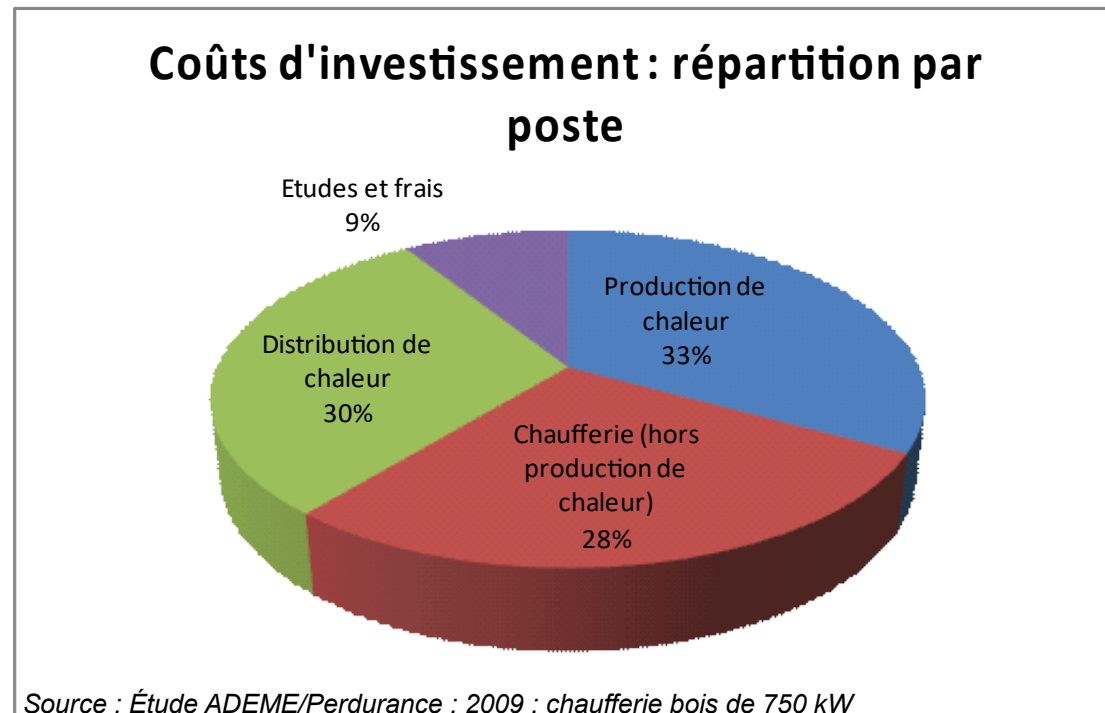
- La chaufferie (production de chaleur + GC)
- Le réseau de distribution (tranchée + canalisations + ss-stations)
- **Les études**
 - En moyenne les études (faisabilité, AMO, etc.) représentent 10% de l'investissement

Quelques éléments de coût

Coûts HT et hors aides publiques

Etude ADEME/Perdurance 2009 – RDC bois + appoint gaz

- La chaufferie (production de chaleur + GC)
- Le réseau de distribution (tranchée + canalisations + ss-stations)
- Les études



Quelques éléments de coût

Coûts HT et hors aides publiques

Etude ADEME/Perdurance 2009 – RDC bois + appoint gaz

- La chaufferie (production de chaleur + GC)
- Le réseau de distribution (tranchée + canalisations + ss-stations)
- Les études

Pris dans son ensemble, coût d'investissement moyen d'un réseau bois :

- Petit réseau de chaleur bois : puissance bois 250 kW à 1000€/kW + 125m de réseau à 300€/m + études/frais = environ 330k€
- Réseau moyen : puissance bois 1 MW à 650€/kW + 500m de réseau à 315€/m + études/frais = environ 880k€
- Gros réseau : puissance bois 4 MW à 500€/kW + 2km de réseau à 480€/m + études/frais = environ 3,3M€

Quelques éléments de coût

Les ratios de coûts des postes de dépenses (HT et hors aides publiques)

Etude ADEME/Perdurance 2009 – RDC bois + appoint gaz

- La chaufferie (production de chaleur + GC)
- Le réseau de distribution (tranchée + canalisations + ss-stations)
- Les études Investissement
- **Combustibles** (source : rapport CG Mines 2006)
 - Charbon : 18€HT/MWh
 - Biomasse (plaquette/broyats : 17 à 25€HT/MWh ; Granulé : 35 à 45€HT/MWh)
 - Géothermie : 5€HT/MWh
 - UIOM : 9€HT/MWh

Quelques éléments de coût

Les ratios de coûts des postes de dépenses (HT et hors aides publiques)

Etude ADEME/Perdurance 2009 – RDC bois + appoint gaz

- La chaufferie (production de chaleur + GC)
- Le réseau de distribution (tranchée + canalisations + ss-stations)
- Les études Investissement
- Combustibles
- **Prix de vente moyen national (usager) : 58,8€HT/MWh (source AMORCE, enquête 2010)**

Quelques éléments de dimensionnement

Quelques ratios simples à calculer permettent de caractériser le bon dimensionnement d'un réseau

- **Densité thermique [MWh/ml.an]**

$$d = \frac{\text{Quantité de chaleur livrée sur une année [MWh]}}{\text{Longueur de tranchée du réseau [m]}}$$

- $d \approx 8$: moyenne réseaux existants
- d entre 15 et 20 pour certains réseaux très denses des années 60-70
- d entre 3 et 6 pour les réseaux récents
- Si $d < 1,5$: limite basse de densité (viabilité économique du réseau difficile à atteindre)

Pour info,
Moyennes électricité

Moyennes Gaz

5,6 MWh/m.an transport

11 MWh/m.an transport

0,34 MWh/m.an distribution

2,1 MWh/m.an distribution

Quelques éléments de dimensionnement

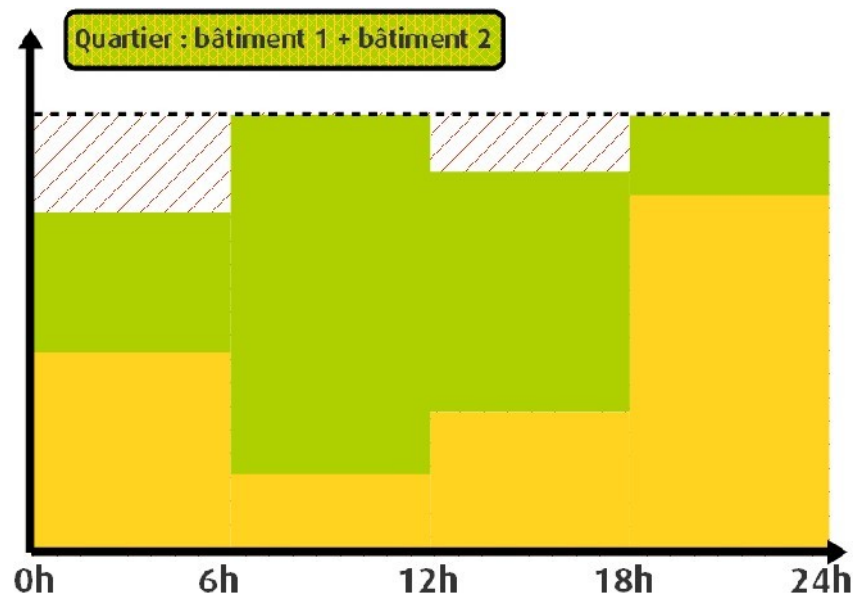
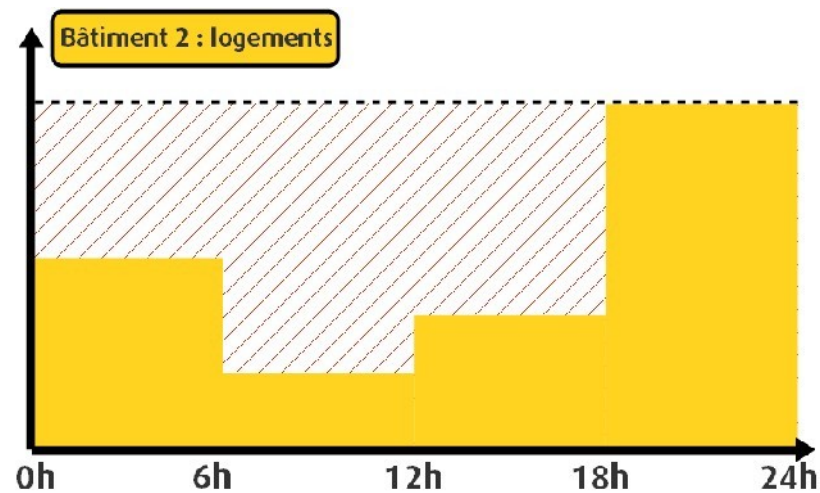
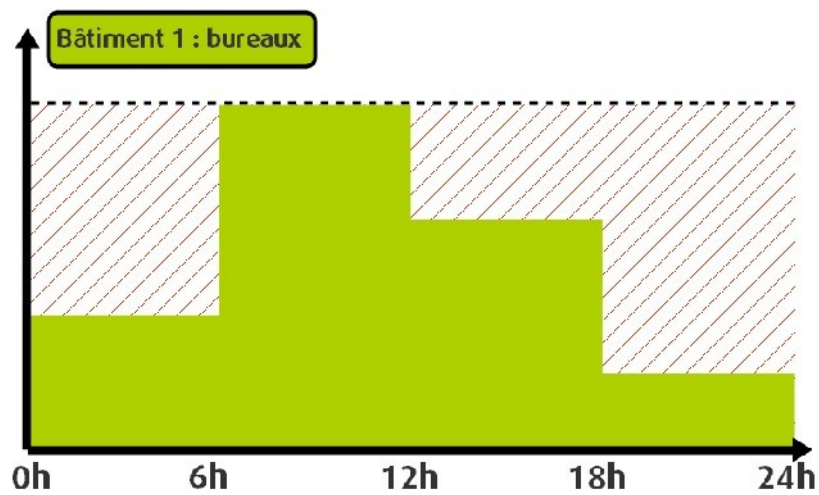
Quelques ratios simples à calculer permettent de caractériser le bon dimensionnement d'un réseau

- Densité thermique [Mwh/ml.an]
- **Durée d'utilisation équivalente à pleine puissance [h]**

$$H_{eq} = \frac{\text{Énergie délivrée sur une année [kWh]}}{\text{Puissance}_{\text{ nominale [kW]}}$$

- Caractérise le bon dimensionnement d'une chaufferie = on cherche à avoir H_{eq} le plus élevé possible (majorée à 8760 h)
- $H_{eq} > 5000$ h : chaudière très performante
- $H_{eq} \approx 2500$ h : valeur courante
- $H_{eq} < 2000$ h : chaudière peu exploitée, surdimensionnée : impact négatif sur le coût d'investissement et les performances

Le principe du foisonnement



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Quelques éléments de dimensionnement

D'autres indicateurs permettent de caractériser la qualité environnementale d'un réseau

- **Contenu CO₂ du réseau [kg_{eq} CO₂/kWh.an]**

$$\text{Contenu CO}_2 = \frac{\sum_j (E_{\text{entrante},j} * \text{Coeff}_j) - E_{\text{cogé}} * \text{Coeff}_{\text{cogé}} \text{ [kg]}}{\text{Énergie}_{\text{totale livrée en ss-station}} \text{ [kWh.an]}} \quad [\text{Méthode SNCU}]$$

- Les contenus sont publiés dans l'annexe 7 de l'arrêté du 15 septembre 2006 [Arrêté DPE vente] pour les réseaux enquêtés par le SNCU ; actualisation annuelle
- Moyenne réseaux de chaleur 2010 : 0,195 kg/kWh
 - (électricité : 0,180 ; gaz : 0,234 ; charbon : 0,384)
- RT2012 : majoration du Cep_{max} en fonction du contenu CO₂ du réseau auquel est raccordé le bâtiment

Quelques éléments de dimensionnement

D'autres indicateurs permettent de caractériser la qualité environnementale d'un réseau

- Contenu CO₂ du réseau [kg_{eq} CO₂/kWh.an]
- **Part d'énergie renouvelable et de récupération [%]**

$$\text{Mix énergétique} = \frac{\sum_j \text{Énergie}_{j,\text{produite à partir d'une source d'EnR\&R}} [\text{kWh}]}{\text{Énergie}_{\text{totale produite}} [\text{kWh}]} \quad [\text{Méthode SNCU}]$$

- Le seuil des 50% permet de bénéficier de plusieurs dispositifs (subvention Fonds Chaleur, TVA 5,5% sur la partie combustible, classement du réseau...)
- Moyenne réseaux de chaleur 2010 : 31%
 - Moyenne nationale toutes énergies : 12,9%
- RT2012 : un réseau vertueux (part EnR&R > 50%) permet de satisfaire l'exigence d'EnR pour les maisons individuelles



Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir

Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement
de l'Ouest

www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr