The background is a photograph of a forest with tall, thin trees and a forest floor covered in fallen leaves. The image is overlaid with several semi-transparent green geometric shapes, including a large triangle on the right and a vertical strip on the left. The text is centered in the right half of the image.

# Réseau de chaleur : les étapes pour réussir son projet

G. Perrin - H. Lombart - Toul - 24 janvier  
2024

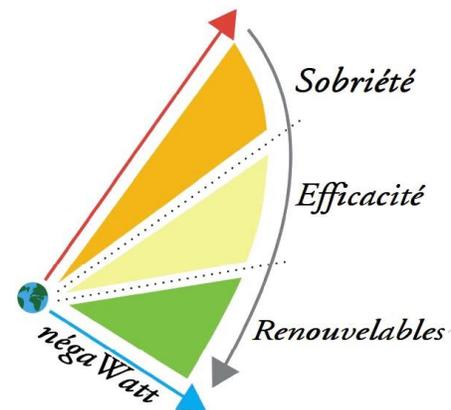
# Pourquoi agir ?

## ► Dérèglement climatique



## Quels axes d'action ?

1. Moins consommer
2. Mieux consommer



# Comment agir ?

- Sobriété = Eco-gestes (mais pas que !)
- Efficacité énergétique / ACTEE
- Energies renouvelables

# ACTEE : Action des Collectivités Territoriales pour l'Efficacité Énergétique

- Sous-programme (piscines et bâtiments classés)
- AMI/AAP

Bibliothèque

Centre de ressources  
des collectivités



Financement  
du passage à l'acte

Deux approches complémentaires

ACTEE

Programme central pour la rénovation  
énergétique des collectivités

**90%** des fonds redistribués aux collectivités

Approche fondée sur deux piliers

Mutualisation



Action dans une  
stratégie de long terme



*En apprendre plus sur le programme*



# Avec une aide technique et financière adaptée...

## PROGRAMME ACTÉE

<https://www.programme-cee-actee.fr/>

Ressources humaines

Outils de suivi

Études techniques

Maitrise d'œuvre



+

un centre de ressources  
(des guides, cahiers des  
charges,  
cartographie  
simulateurs...

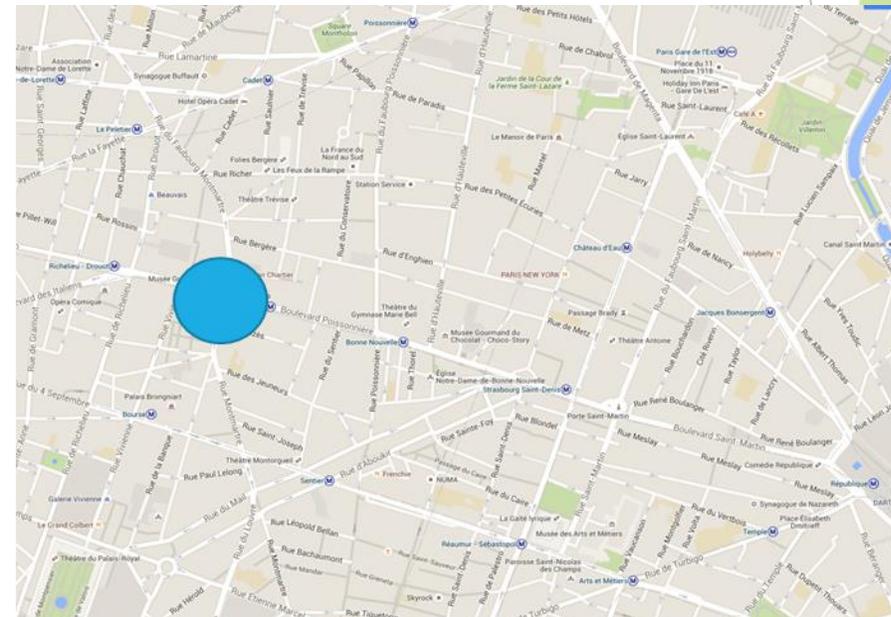
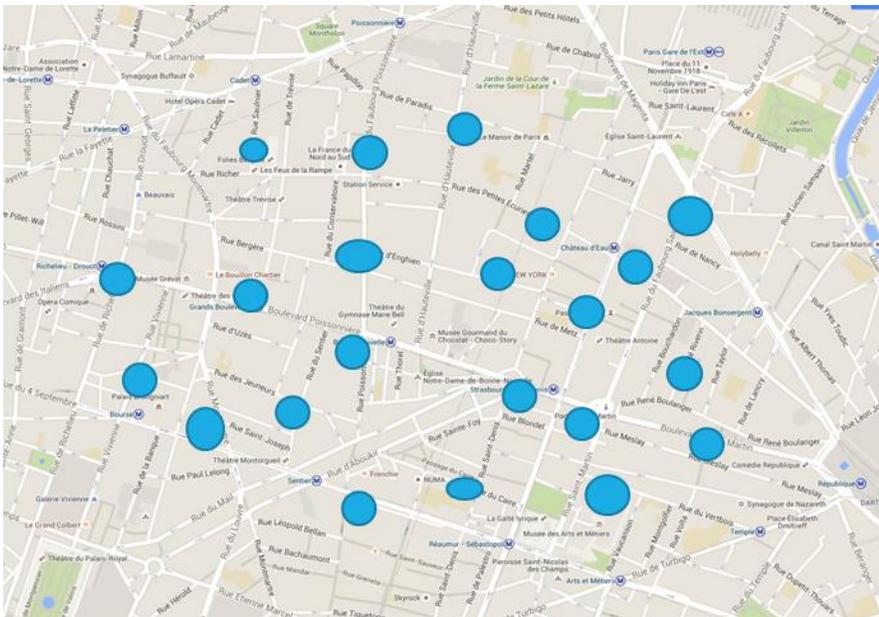
+

une cellule d'expertise en  
libre-accès

Agir !

## ► Et le réseau de chaleur ?

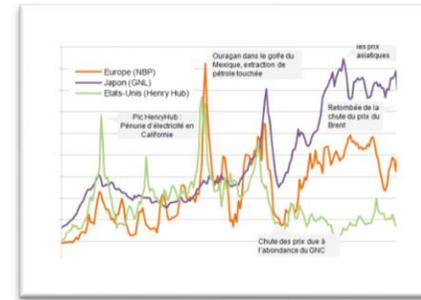
→ outil de massification du développement des énergies renouvelables et de récupérations (EnR&R)



Quelle part de l'énergie consommée en France l'est sous forme chaleur ?

Source : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/generalites-sur-la-chaleur>

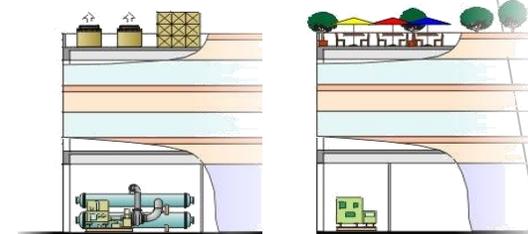
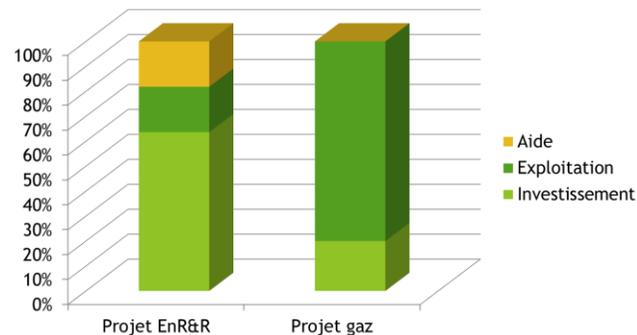
## Les avantages RC vs solution individuelle



- **Energie locale**
- **Indépendante des fluctuations des prix du marché, stable**
- **Sécurité des installations (pas de gaz en sous-station)**
- **Peu émettrice de gaz à effets de serre, impact environnemental positif**
- **Energies renouvelables**
- **Techniques maîtrisées et filières développées**
- **Gain / foisonnement**

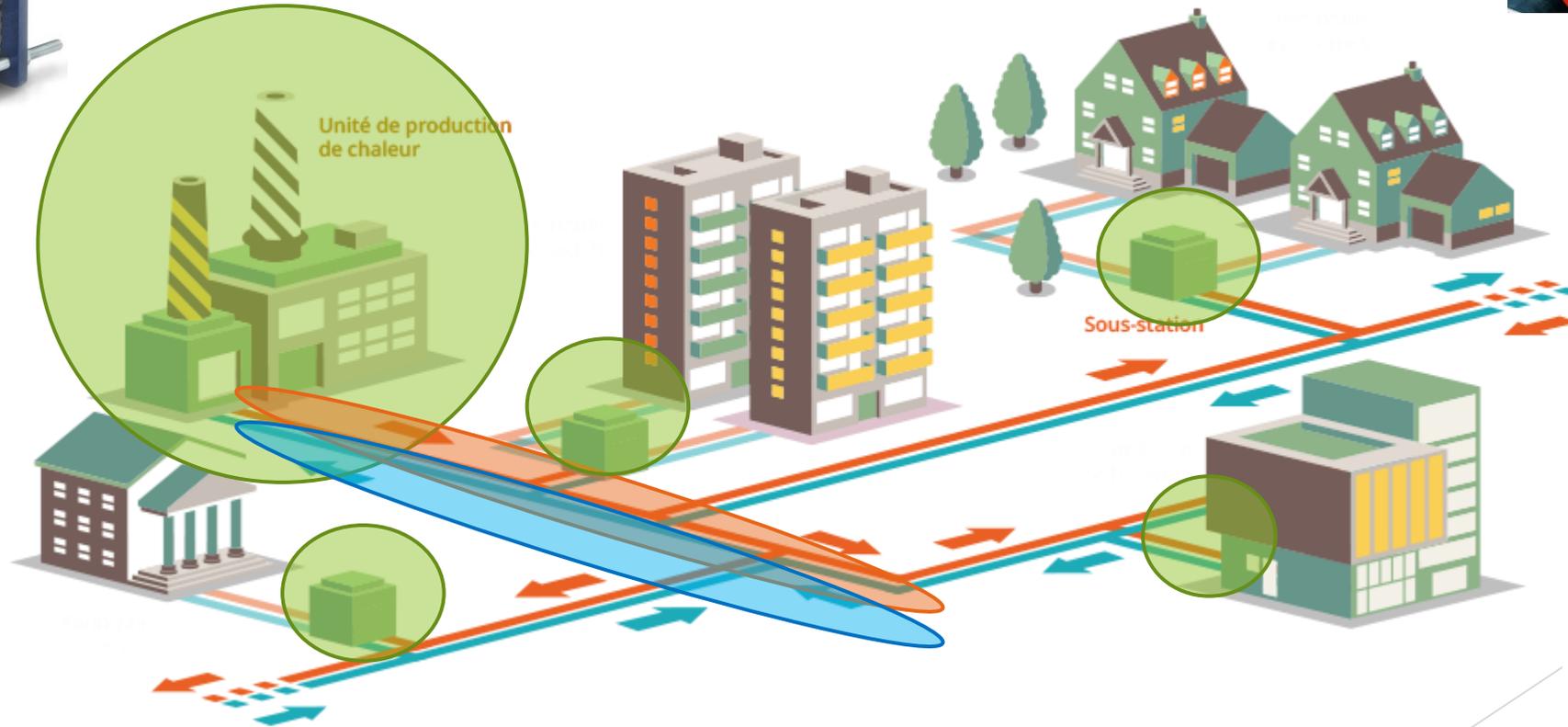
## Les avantages – suite-

- ▶ La création d'emplois locaux et de filières locale, résilience et développement du territoire
- ▶ Sécurité de l'installation locale (=ce n'est que de l'eau)



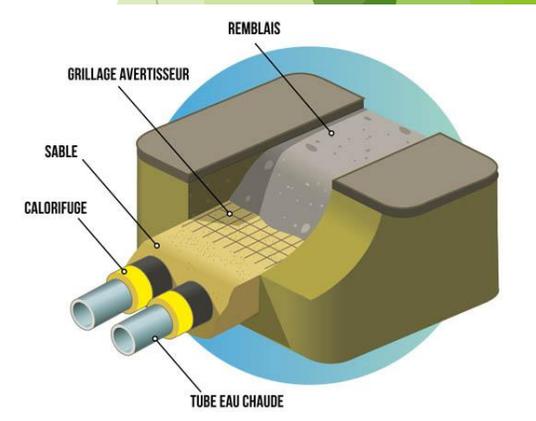
- Coûts d'exploitation < solution classique
- Sur-investissement >< sur-coût

# Constituants d'un réseau de chaleur et de froid



Source schéma :  
EnR'Choix

+ existence des boucles d'eau tempérée...



# Les étapes

Etude d'opportunité (animateur bois énergie), étude de pré-faisabilité

Etude de faisabilité

Etudes de conception : APD, DCE, etc.

Réflexion

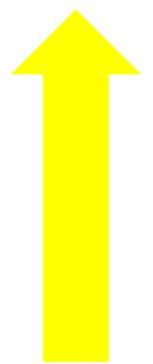
Premières études

Décision

Chantier et travaux

Raccordements

Développement du RC



# Etude de faisabilité

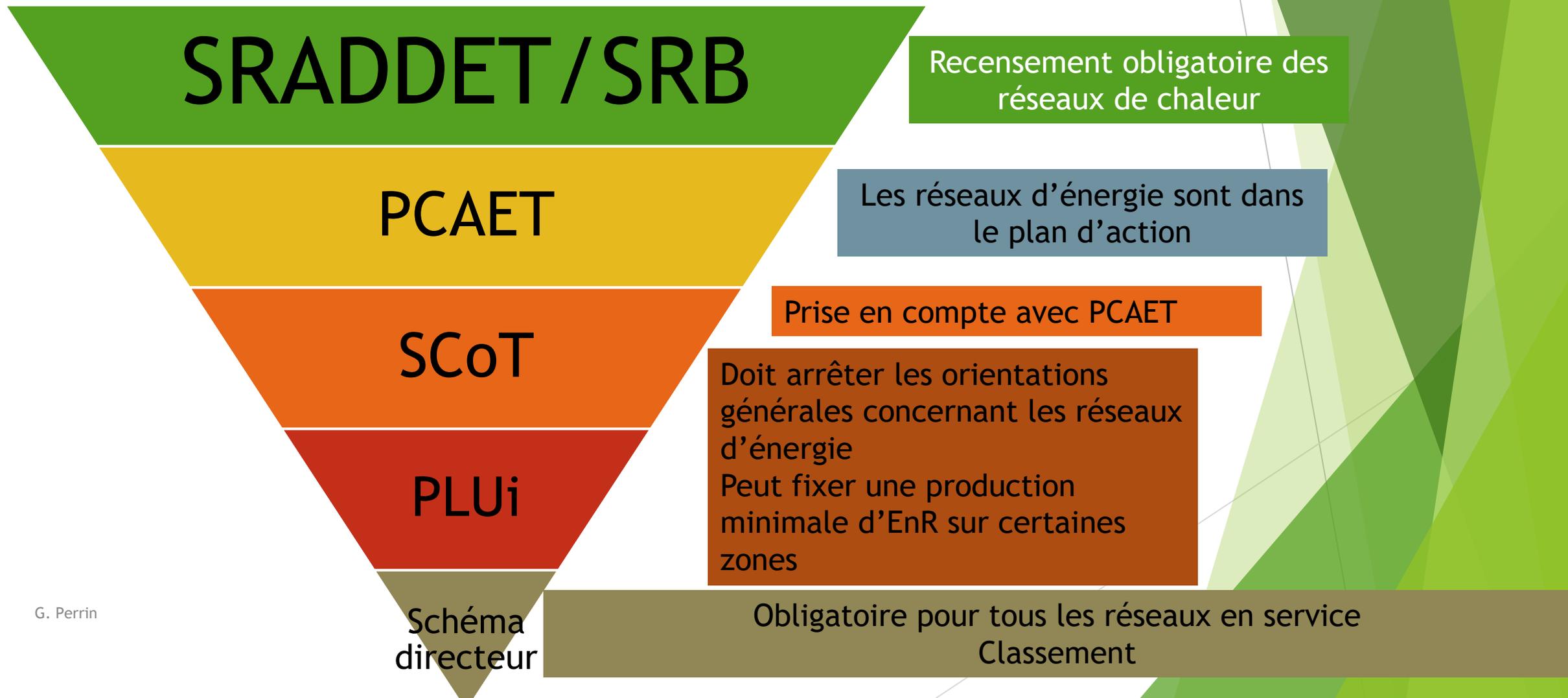
- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique

# Etude de faisabilité



- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique

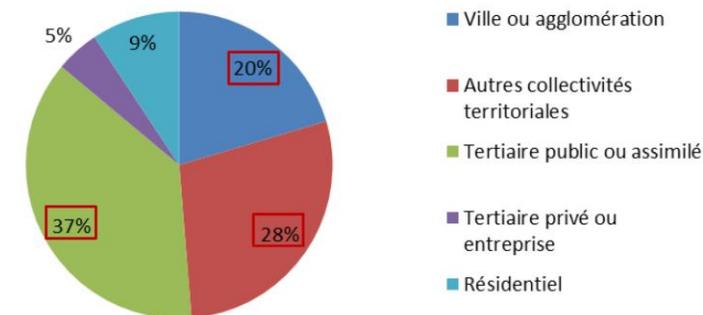
# 1. Etude des besoins : s'appuyer sur les documents d'urbanisme facilitateurs



# Etude des besoins

- ▶ Liste des bâtiments raccordables, dans CdC de l'appel d'offres et au-delà !
- ▶ Critères de sélection : optimisation consommation/puissance, installations à rénover, type d'émetteurs (électrique bof...), éloignement du réseau, coût de l'énergie de référence
- ▶ Utilisation d'un plan masse et démarchage porte-à-porte
- ▶ Informations sur le bâti et les **éventuels travaux de réhabilitation**, type d'occupation, type d'ECS, utilisations des consommations précédentes avec factures
  - Calcul de la puissance et des consommations prévisionnelles
  - Comparaison avec solution de référence pour le prospect

## Répartition des besoins d'énergie



85 % d'utilisateurs « publics »

# Recherche des prospects

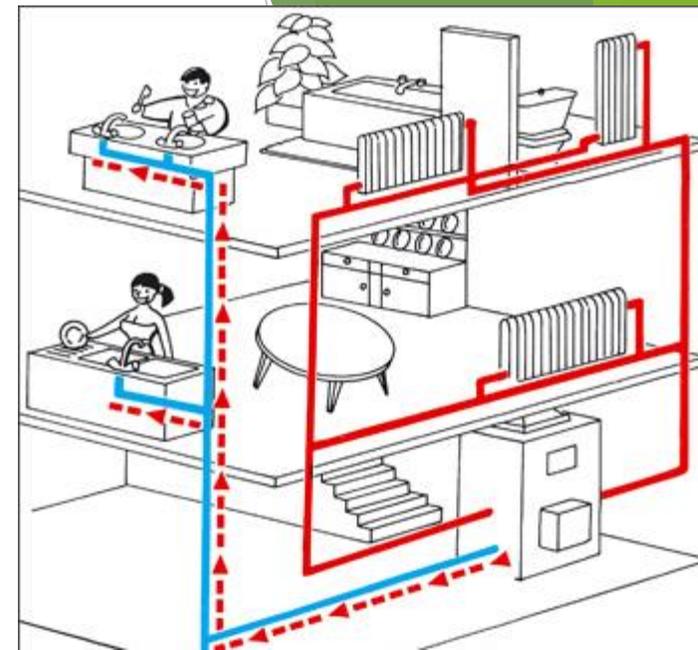
- ▶ Bailleurs sociaux
- ▶ Copropriétés
- ▶ Bâtiments de la collectivité : école, collège, lycée, mairie, services, Poste, salle des fêtes...
- ▶ Hôpitaux, maisons de retraite / EHPAD
- ▶ Tertiaire : bureaux, centre commercial...
- ▶ Bâtiments de l'Etat : services déconcentrés, prisons, bâtiments militaires...

+

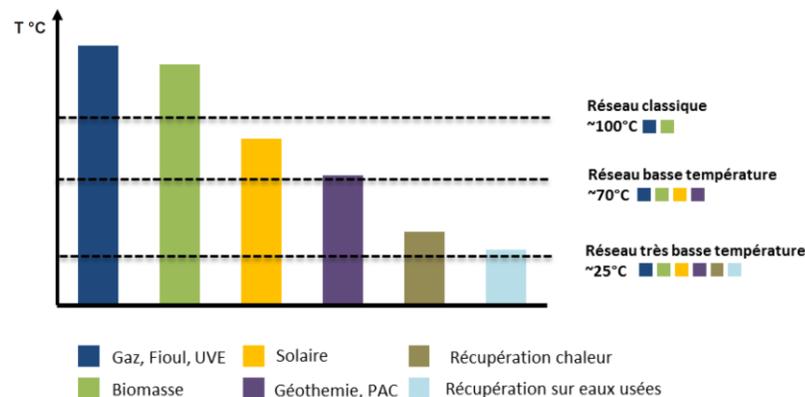
Aller au-delà des limites du  
périmètres communal !

# Analyse des prospects

- ▶ Système de production : priorité aux systèmes collectif
- ▶ Emetteurs de chaleur : type et température
- ▶ Gestionnaire / Maître d'ouvrage : privé ou public ?
  - ▶ Commune, EPCI, département, région, Etat
  - ▶ Bailleur
  - ▶ AFUL/ASL, copropriété, tertiaire privé
- ▶ Intégrer les possibles opérations d'économies d'énergies (réhabilitations...)

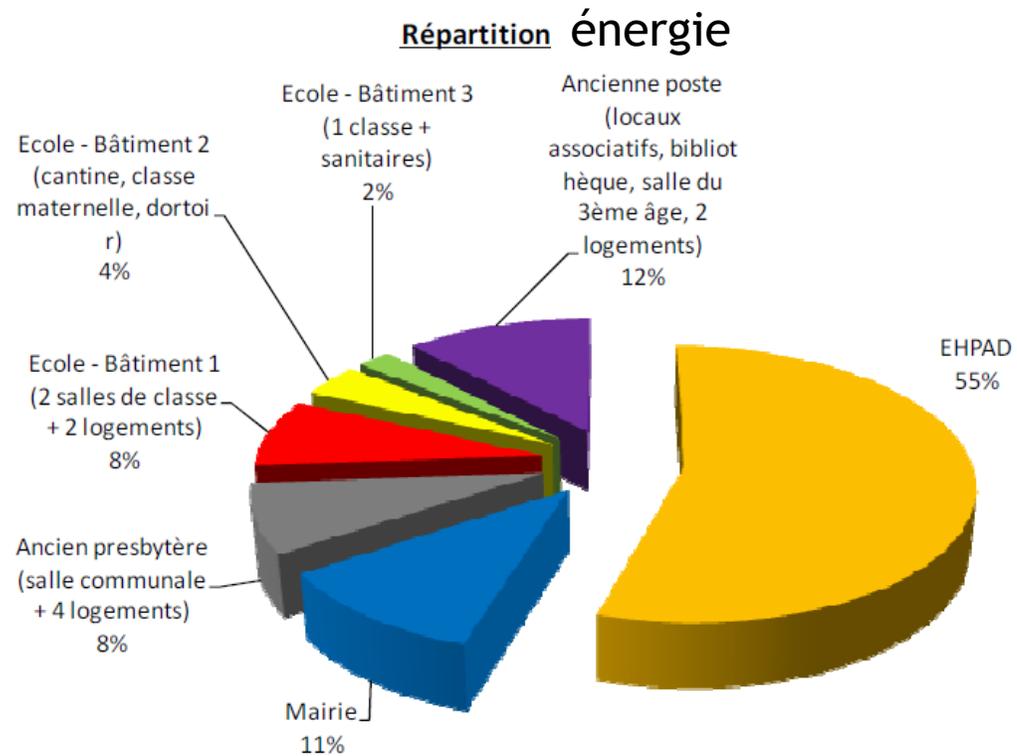


+ Intermittence

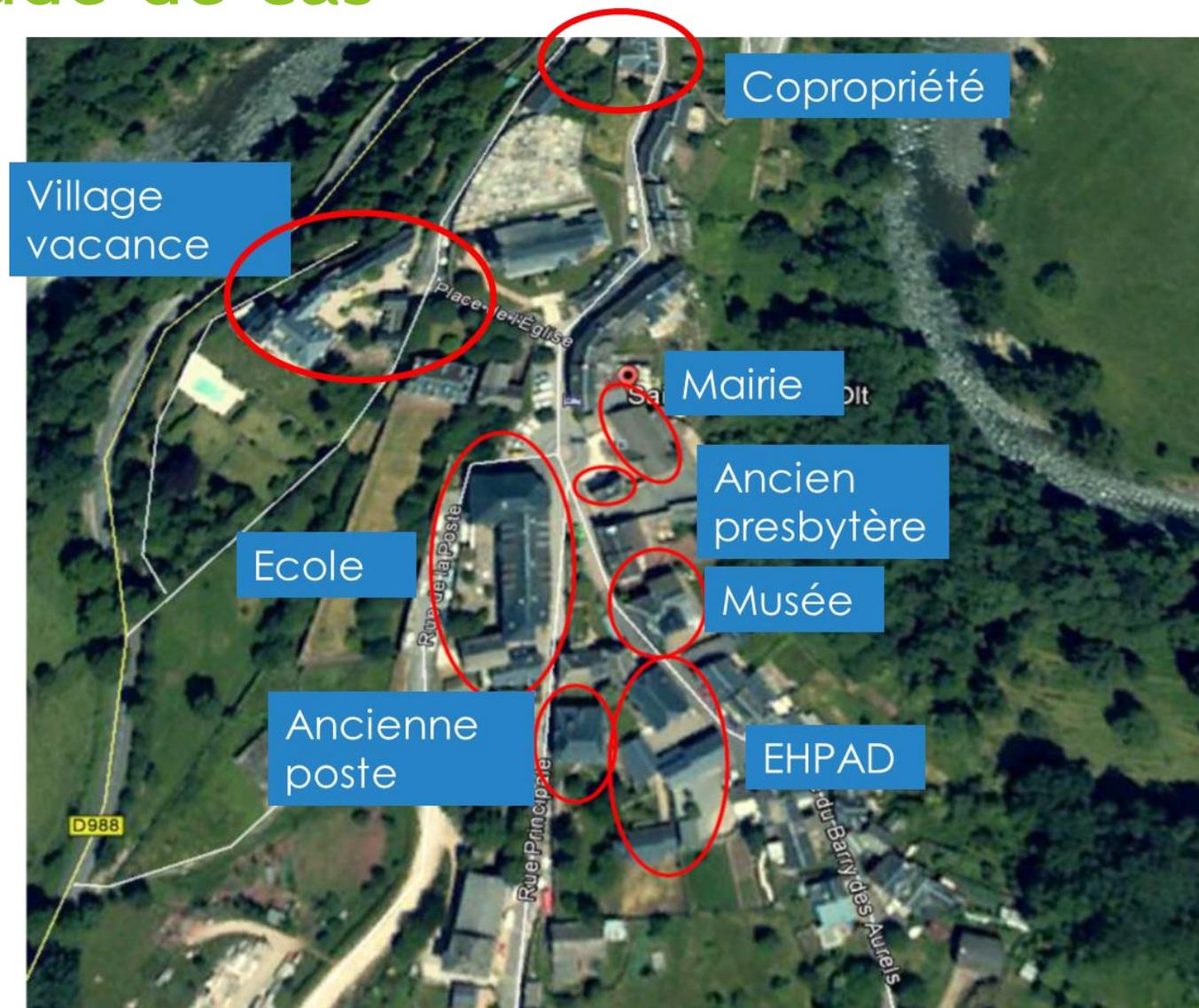


Plus la température du réseau est basse,  
plus le panel de sources exploitables est large

# Etude de cas



# Etude de cas



Vérifier usage et évolutions des usages des bâtiments

# Exercice

## EHPAD

***Rénové en 2000, 2 000m<sup>2</sup> pour 39 lits, présence d'une blanchisserie, chaudière de 250 kW, propane, radiateur avec robinets thermostatiques. Niveau d'isolation évalué à moyen à bon***



# Exercice

1

## ***Ecole bâtiment 1 (idem bâtiment 2)***

***Construite en 1900, 290 m<sup>2</sup>, fioul pour le chauffage et ECS par électrique, radiateur fonte, moyen à mauvais en isolation***



# Exercice

## *Ecole bâtiment 3*

***Construit en 2005, 85m<sup>2</sup>, électricité,  
convecteurs électriques, moyen à bon  
en isolation***



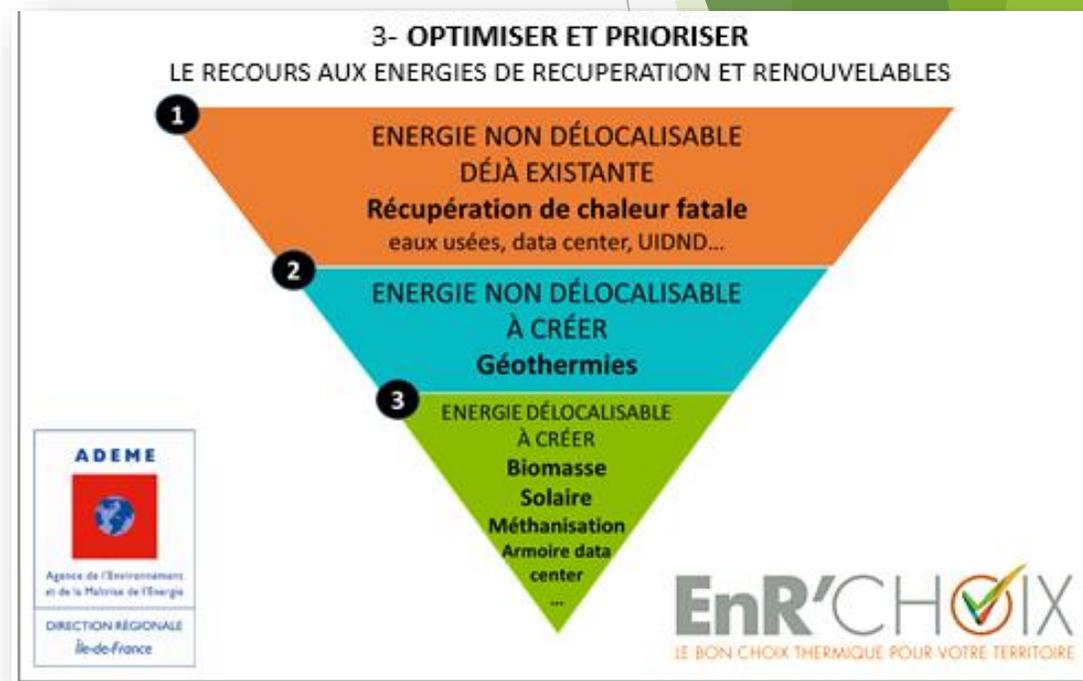
# Etude de faisabilité



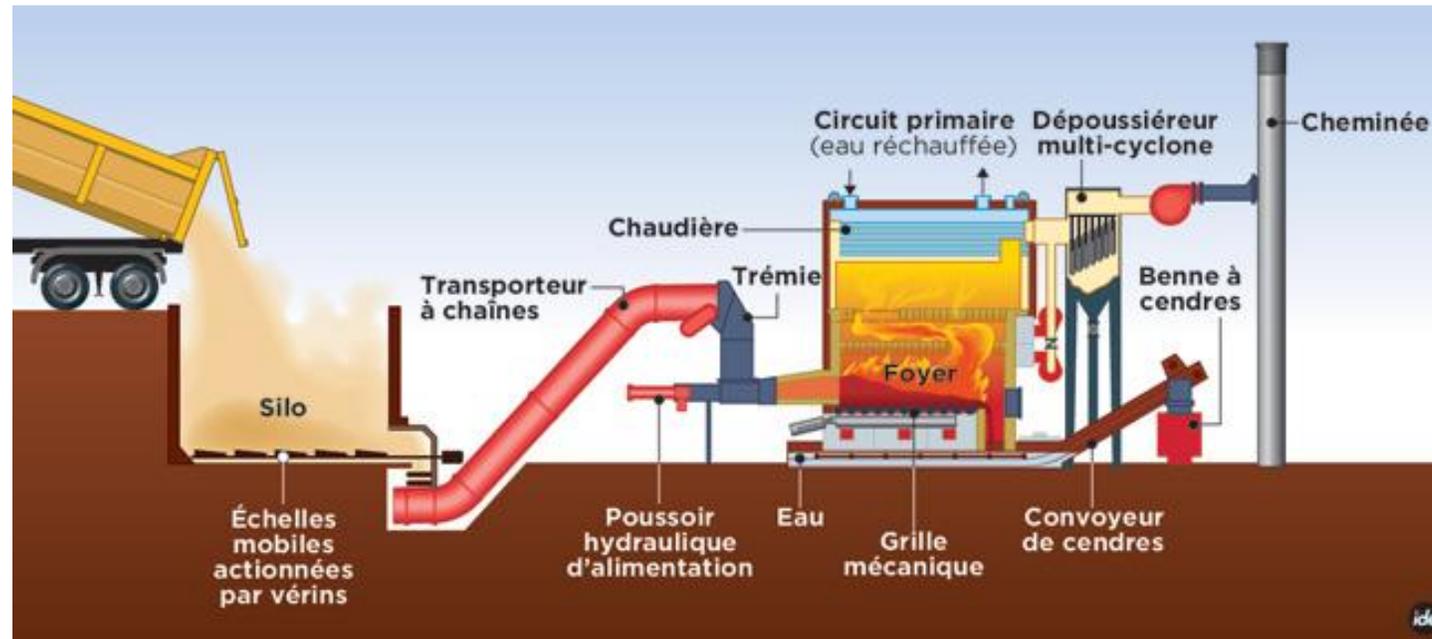
- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique

# Choix de la source de production

- ▶ Quelle ressource et en quelle quantité ? Mix possible ?
- ▶ Récupération de chaleur
- ▶ Géothermie (avec ou sans pompe-à-chaleur)
- ▶ Biomasse
- ▶ Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM)
- ▶ Solaire thermique
- ▶ ...

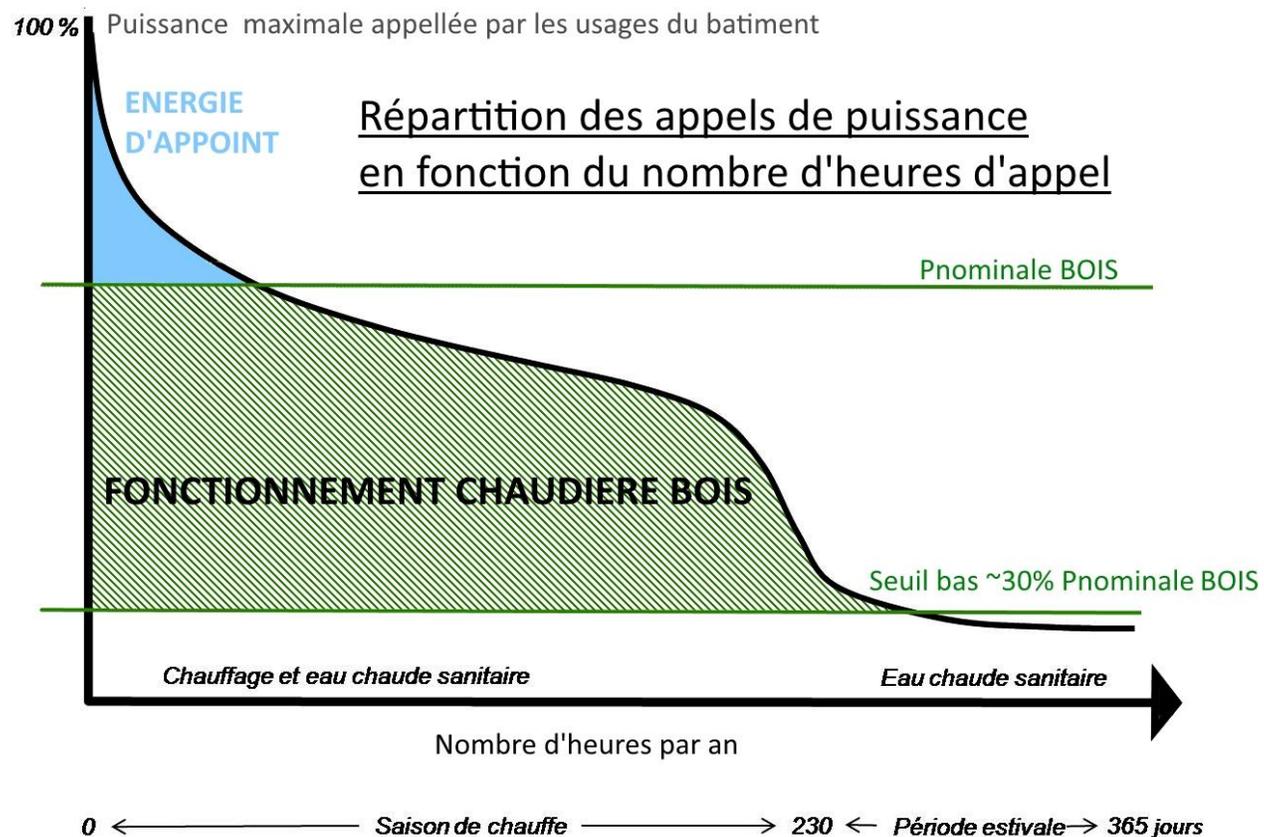


# Composition chaufferie biomasse



+ l'appoint et le bâtiment

# Principe de dimensionnement

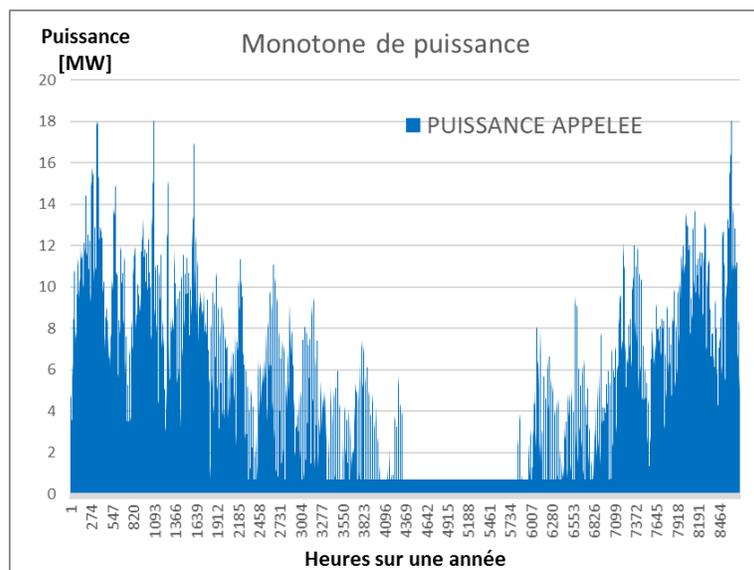


EnR = base, annuelle

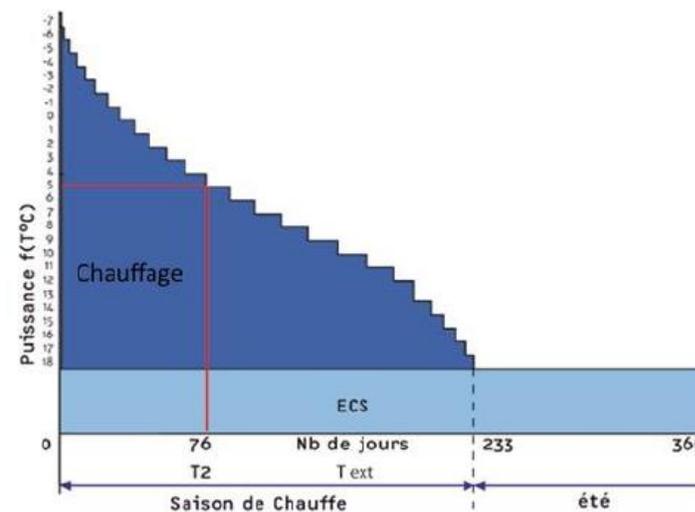
Gaz & Co = en appoint/secours, pour passer la pointe

# Principe de dimensionnement

- ▶ Partir de l'estimation des besoins
- ▶ Pour arriver au dimensionnement de la production



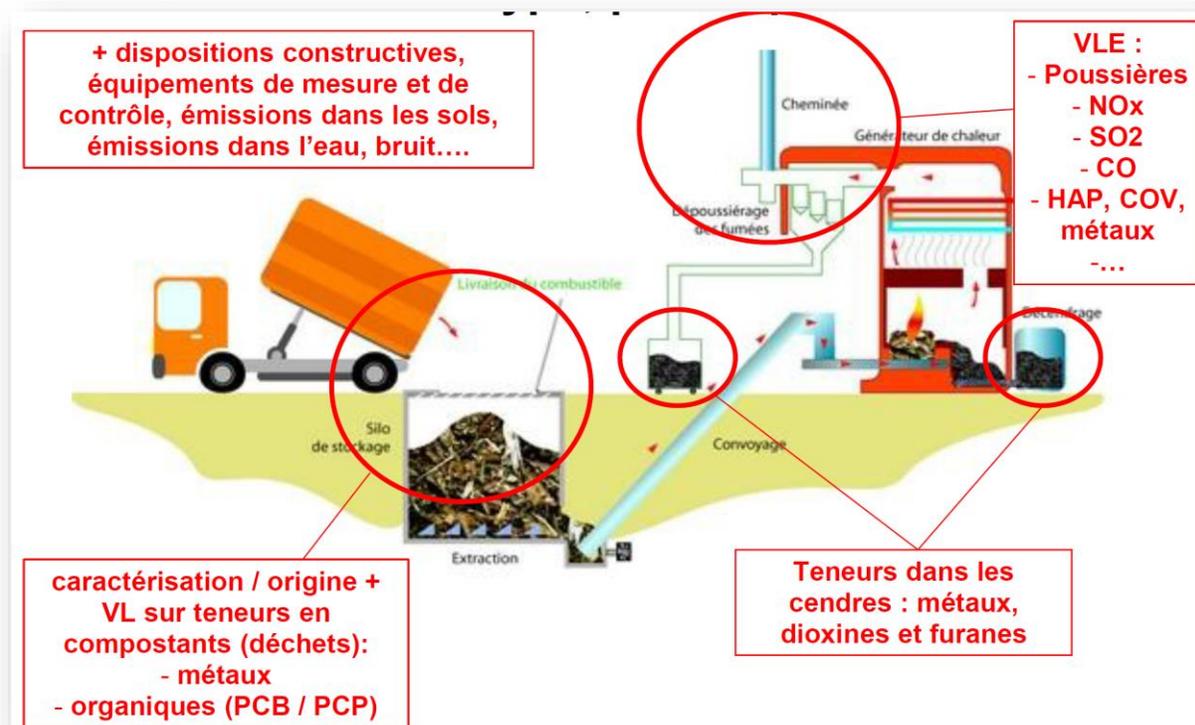
Triée par ordre chronologique



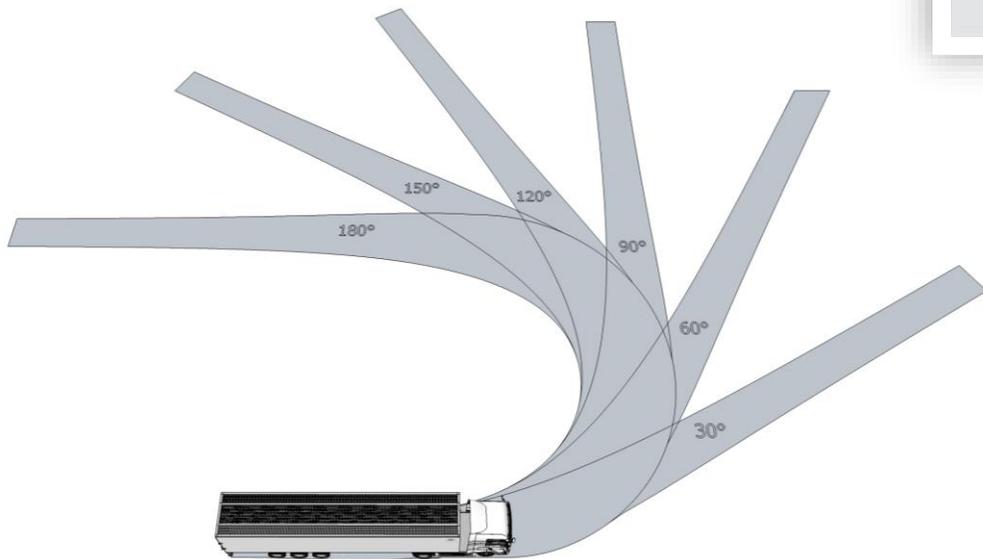
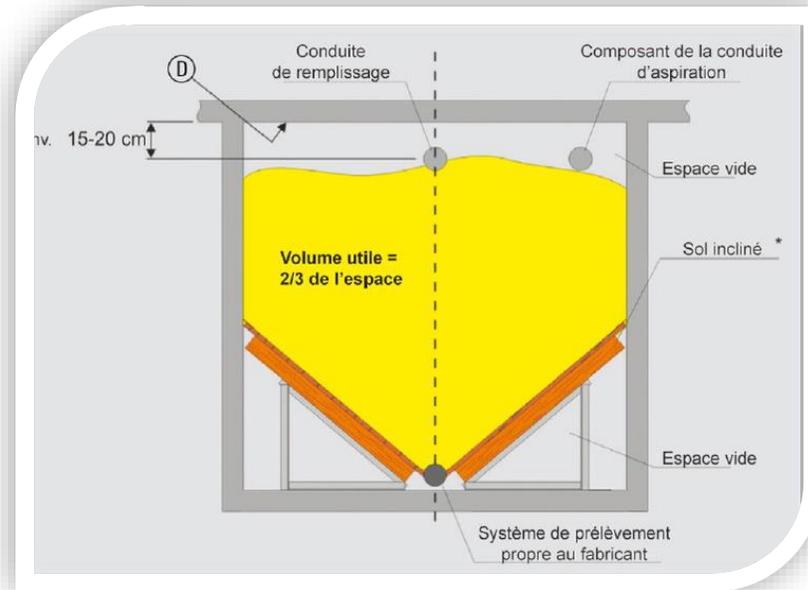
Triée par puissance décroissante

# Les obligations ICPE

- ▶ Particulièrement les VLE = Valeurs Limites d'Emission
- ▶ Contraintes en conception et encadrement en exploitation
- ▶ Contraintes et encadrement en exploitation → périmètre d'implantation
- ▶ Déclaration/Enregistrement/Autorisation



# Dimensionnement d'un silo

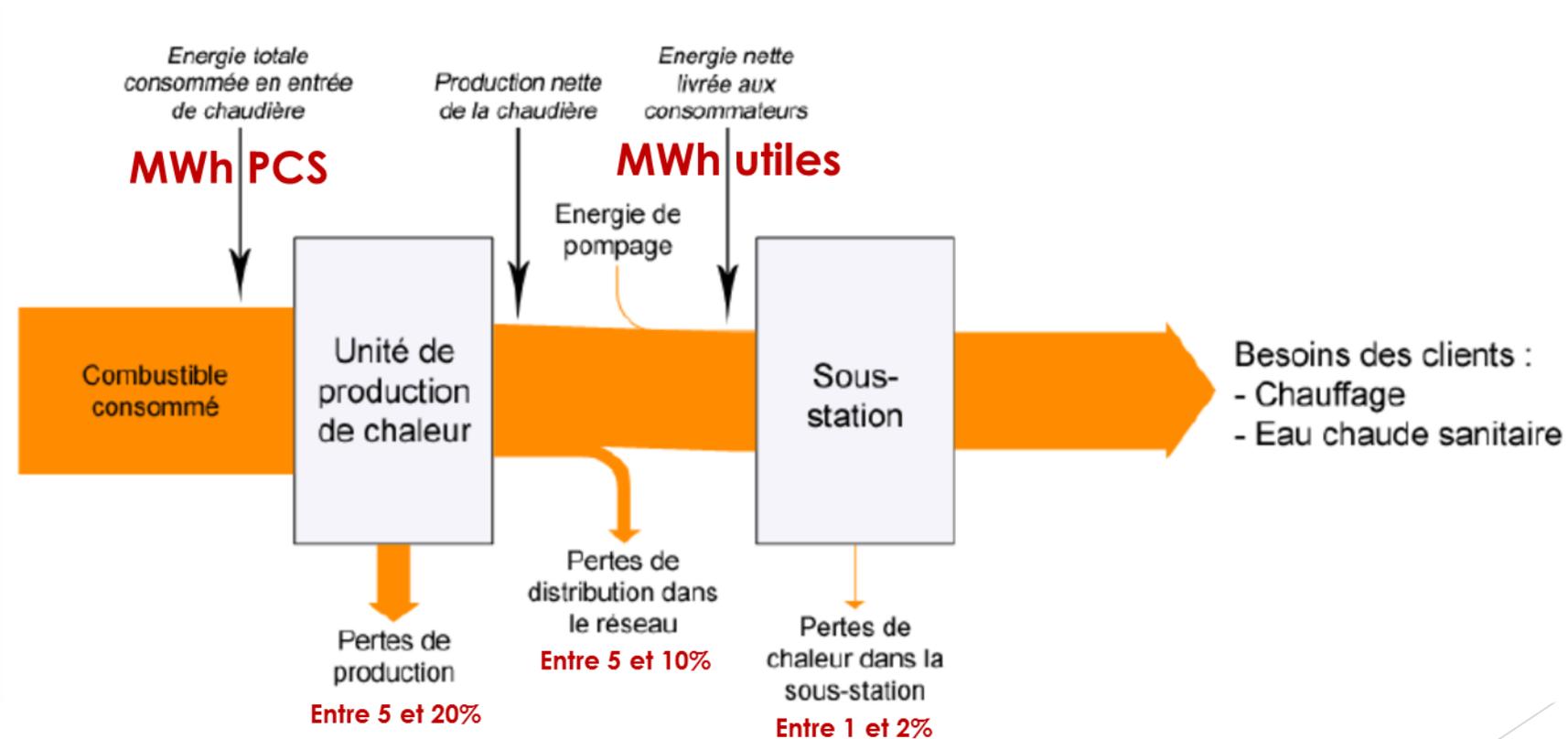


# Etude de faisabilité

- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique



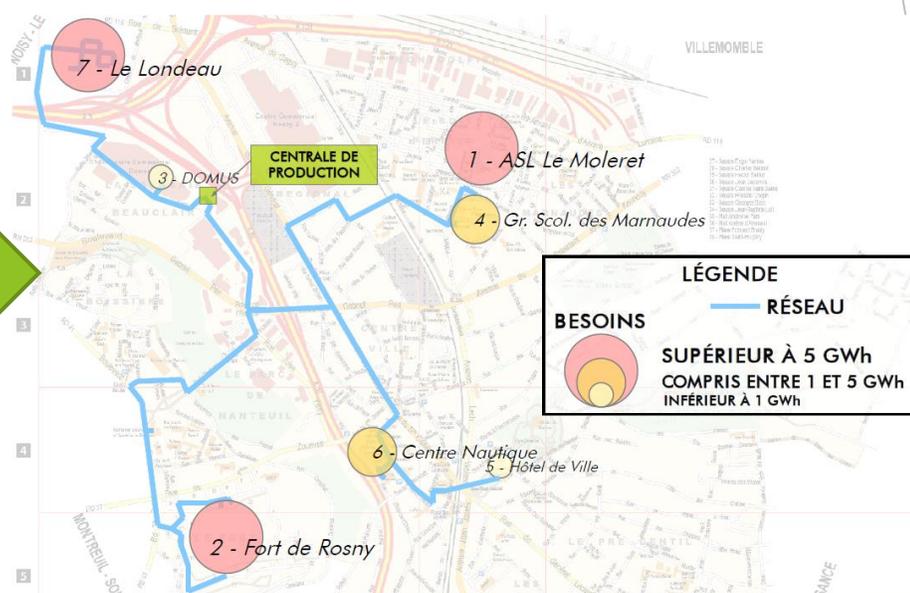
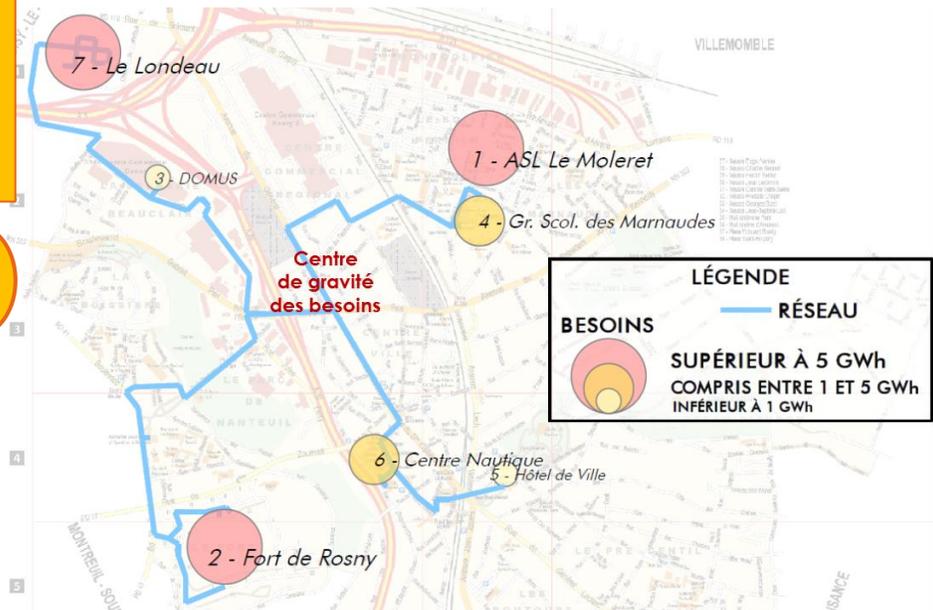
# MWh produits et MWh utiles



# Dessin du réseau et emplacement de la production

Privilégier chemins de terre ou d'herbe où les coûts des travaux de terrassement sont sensiblement inférieurs à un passage sous une route ou un trottoir

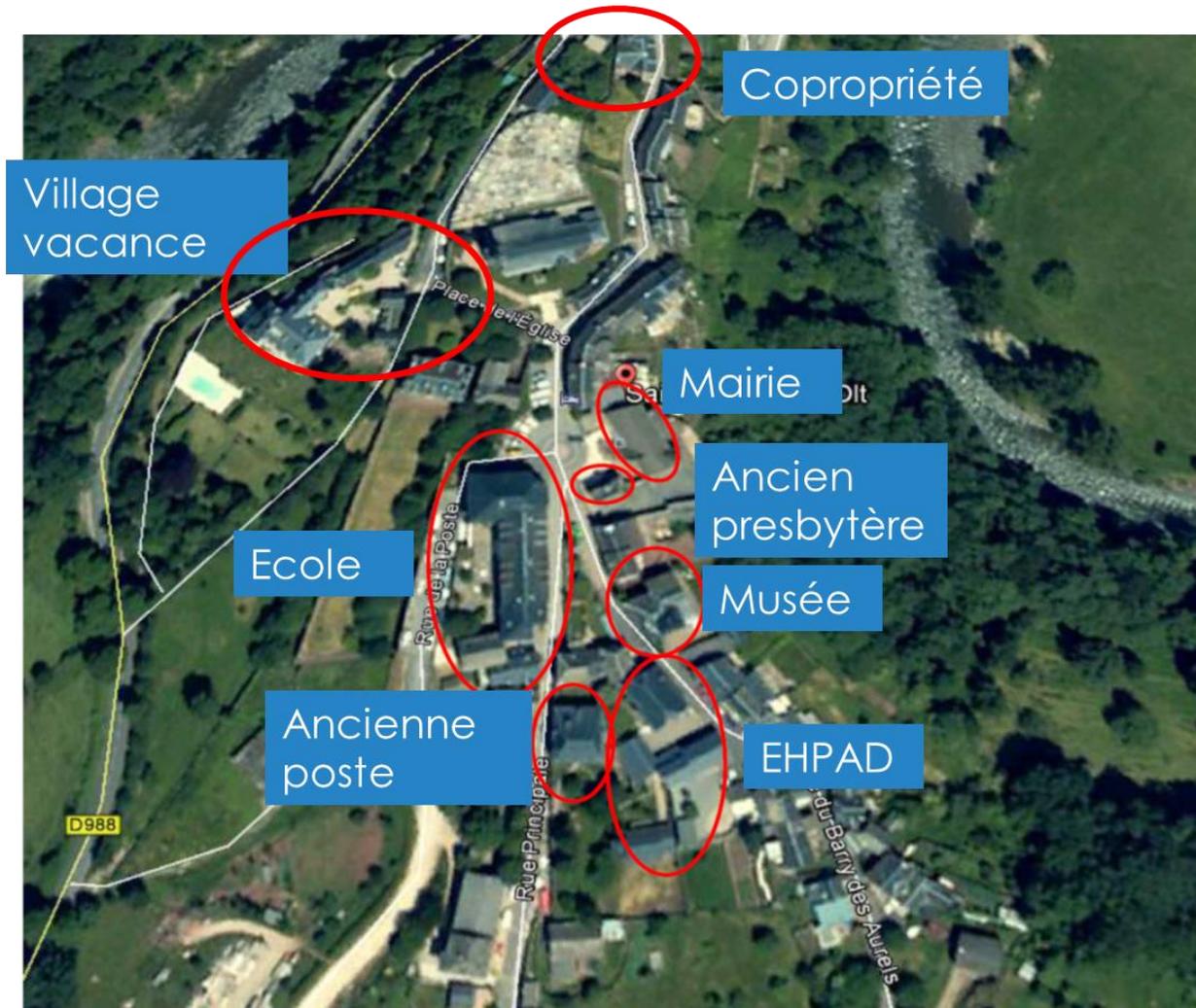
3



En théorie : centre de gravité des besoins + accès route aisé

En pratique : là où le foncier est disponible !

# Où placer la chaufferie ?



# Ainsi que certaines contraintes...

- ▶ En théorie : au centre de gravité...en pratique là où on peut
- ▶ Dépend aussi des prescriptions du PLUi (notamment)...aussi pour le silo !
- ▶ Propriété de la parcelle
- ▶ Acceptabilité locale !



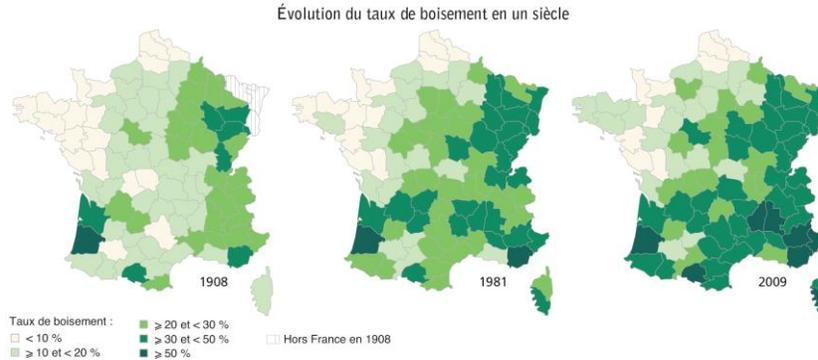
# Etude de faisabilité

- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique



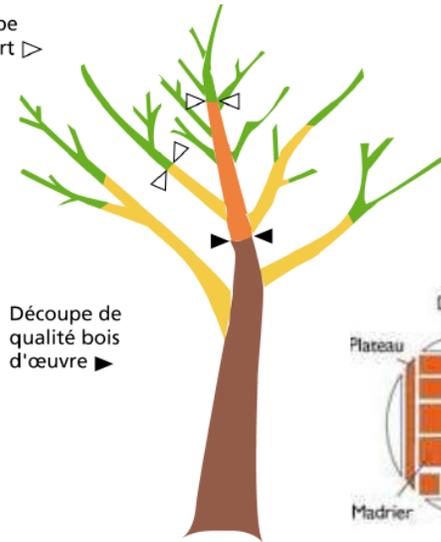
# Idées reçues

La forêt française est en croissance depuis le XIXème

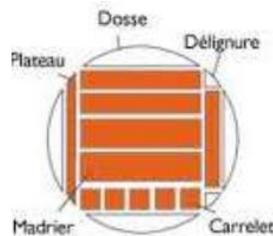


En France on ne récolte que la moitié de la production forestière annuelle

Découpe bois fort ▷

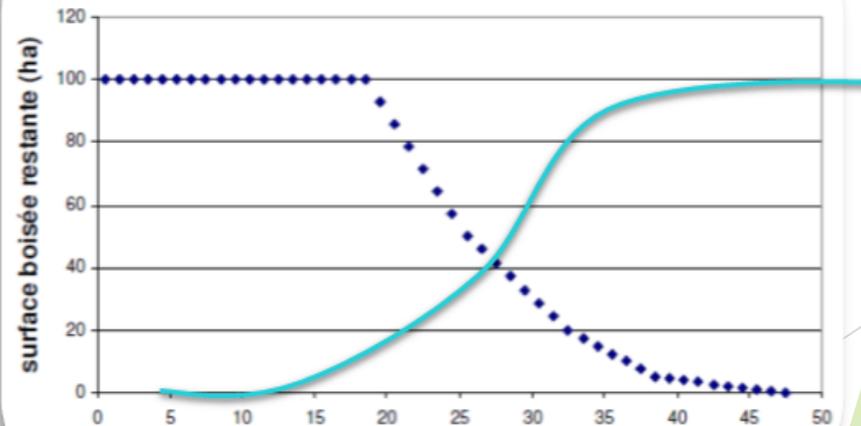


Découpe de qualité bois d'œuvre ▶



- Cime et petites branches } Menu bois
- Surbilles de branches } Bois industrie/Bois énergie (BIBE)
- Autres surbilles de tiges } Bois industrie/Bois énergie (BIBE)
- Bille de pied et surbilles de tiges } Bois d'œuvre (BO)

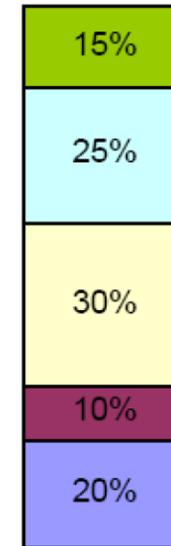
Scénario de coupe du Robusta dans l'Ouest



Scénario de replantation

# L'approvisionnement

- ▶ Type de combustible :
  - ▶ Plaque forestière (PF)
  - ▶ Produit connexe des industries du bois
  - ▶ Produits en fin de vie
  - ▶ Granulés
  
- ▶ Filière directe ou non d'approvisionnement
  
- ▶ Calcul du dimensionnement du silo et aménagement de la réception de la matière première → voir dernière partie du cours



Décomposition du prix du combustible bois



Source: Biomasse Normandie

# Constituants d'un réseau de chaleur et de froid

## La plaquette

Filière forestière		Filière industrielle		Filière recyclage		
Bois forestier		Produits dérivés et sous produits de l'industrie du bois		Bois en fin de vie (BFV) Bois de classe A*		Bois d'élagage
Grume ou billon	Dosse Délignure	Ecorce broyée	Palette	Branches élagage		
Arbre entier rémanent	Déchets courts		Cagette caisserie	Refus de compostage	Souche	
Installation de petite et moyenne puissance P < 1 MW						
autorisé	autorisé	déconseillé	déconseillé	déconseillé		
Installation de forte puissance P > 1 MW						
autorisé	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé		



Illustration : FIBOIS

# S'assurer de la qualité de la livraison

- ▶ Mesurer et suivre



# Etude de faisabilité

- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique



# Investissement

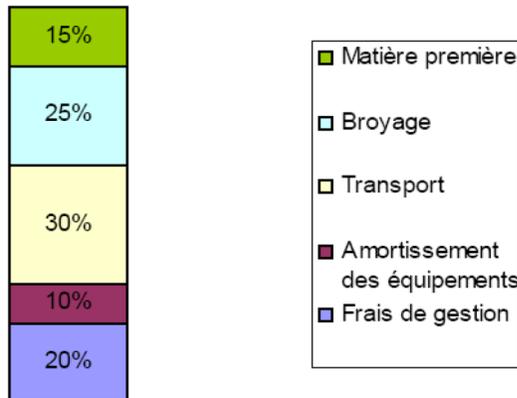
<b>PROCESS BOIS</b> <i>chaudières bois, alimentation automatique, décendrage, filtres fumées...</i>	<b>1 000</b>	<b>19 %</b>
<b>EQUIPEMENT CHAUFFERIE</b> <i>chaudières gaz, évacuation des fumées, régulation...</i>	<b>400</b>	<b>8 %</b>
<b>SOUS-STATIONS</b> <i>Bâtiments publics, particuliers, sous-station intermédiaire</i>	<b>400</b>	<b>8 %</b>
<b>TRANCHÉES ET CANALISATIONS</b> <i>(tuyaux pré-isolés)</i>	<b>1 800</b>	<b>35 %</b>
<b>BÂTIMENT CHAUFFERIE SILO</b> <i>Terrassements, Maçonnerie, gros œuvre, divers</i>	<b>800</b>	<b>15 %</b>
<b>MAÎTRISE D'ŒUVRE, ÉTUDES, SUIVI DE CHANTIER, CONTRÔLE....</b>	<b>400</b>	<b>8 %</b>
<b>IMPRÉVUS</b>	<b>350</b>	<b>7 %</b>
<b>TOTAL (en k€ HT)</b>	<b>5 150</b>	<b>100%</b>

# Charges

## ► Charges

- P1 : énergie
- P2 : petit entretien
- P3 : gros entretien, renouvellement
- P4 : amortissement de l'investissement (= remboursement de l'emprunt)

Et leurs évolutions...



Décomposition du prix du combustible bois

Source: Biomasse Normandie

Personnel entreprise
Personnel d'assistance extérieure
Achat d'électricité
Eau
Evacuation des cendres
Véhicules
Location
Frais de déplacement
Achat de consommables
Petites fournitures et pièces
Fournitures de bureau et informatiques
Outillage
Entretien
Entretien comptage
Frais de contrôle règlementaires
Entretien local sous-station partie primaire
Télétransmission et maintenance
Téléphone
Loyer
Divers, publicité, réception
Assurances
Contribution Eco-Territoriale
Taxes parafiscales et diverses
Redevance de contrôle de la délégation
Redevance d'occupation domaine public
Participation aux frais du réseau CPCU
Précarité énergétique
Charges de garantie totale
Financement des travaux

# Exemples de charges

Compte d'exploitation prévisionnel		k€ HT	%
Combustible bois	23,5 € HT / MWh PCI	300	45 %
Combustible d'appoint (gaz naturel)	50 € HT / MWh PCI	35	5,5 %
Electricité	95 € HT / MWhé	35	5,5 %
Exploitation/maintenance et gestion du service public		80	12 %
Gros entretien renouvellement		50	8 %
Amortissement des installations		160	24 %
<b>Total (k€ HT)</b>		<b>660</b>	<b>100 %</b>
<b>Total (k€ TTC)</b>		<b>700</b>	
<i>MWh livrés en sous-stations</i>		<b>10 000</b>	
<b>Coût final de la chaleur en € TTC / MWh utile</b>		<b>70</b>	

# Rappel - Structuration du tarif

$$R = R1 + R2$$

Tarif binomial  
Pas de péréquation  
nationale

- Variable
- Proportionnel à la consommation
- Lié au mix énergétique
- €/MWh
- 30 (géoth) à 60 % (UIOM)

- Fixe
- Abonnement
- Proportionnel aux kW souscrits (moins souvent : m<sup>2</sup>)

# Lien charges et recettes

$$R = R1 + R2$$



P1



P2

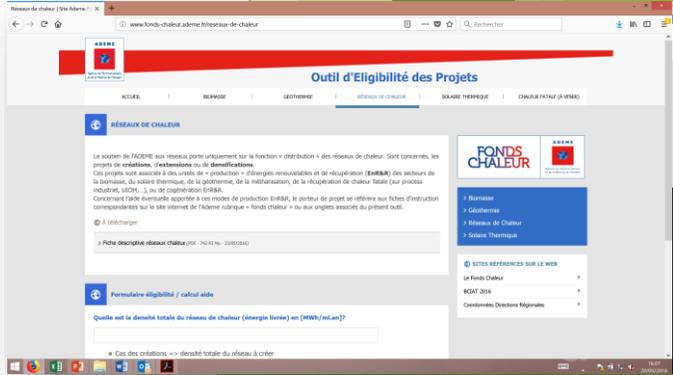
P3

P4

Puis HT → TTC

Sans oublier la TVA réduite !

→ Les aides de l'ADEME/CEE/FEDER/etc.



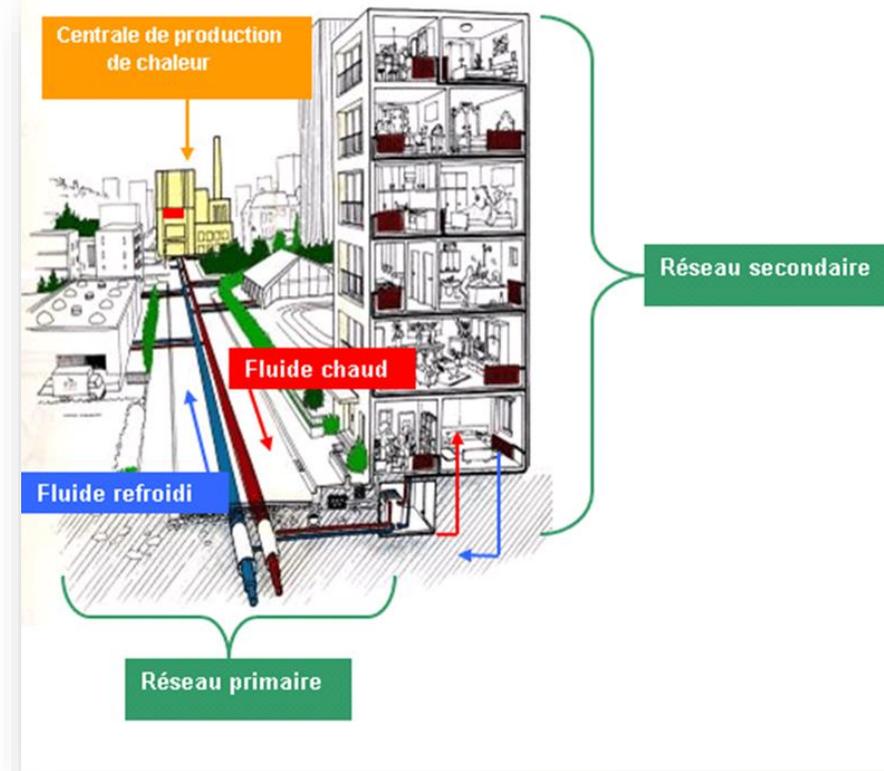
## Structuration du tarif

Charges du  
primaire  
(facturé à la  
sous-station,  
mesuré)



Charges du  
secondaire  
(facturé au  
logement,  
calculé)

Coût de  
la chaleur  
vu par  
l'utilisateur



# Etude de faisabilité

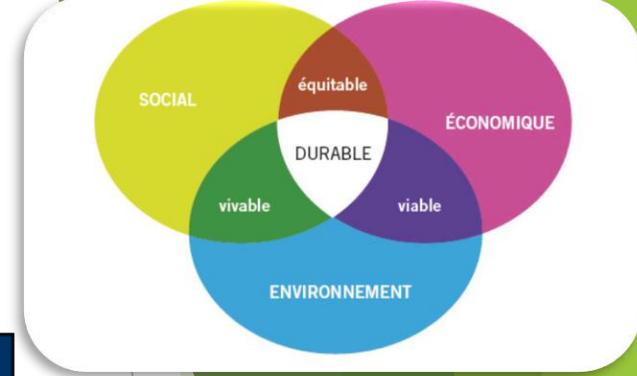
- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique



# Etude environnementale

- ▶ Emplois locaux et non délocalisables
- ▶ Calcul de l'économie en CO2 / GES générée
- ▶ Résilience du territoire
- ▶ Structuration du territoire

Combustible	g CO <sub>2</sub> /kWh
gaz naturel	228
fioul domestique	299
fioul lourd	319
charbon	427
électricité	50



	Projet EnR	Projet de référence
CO2		
Poussières		
CH4		
...		

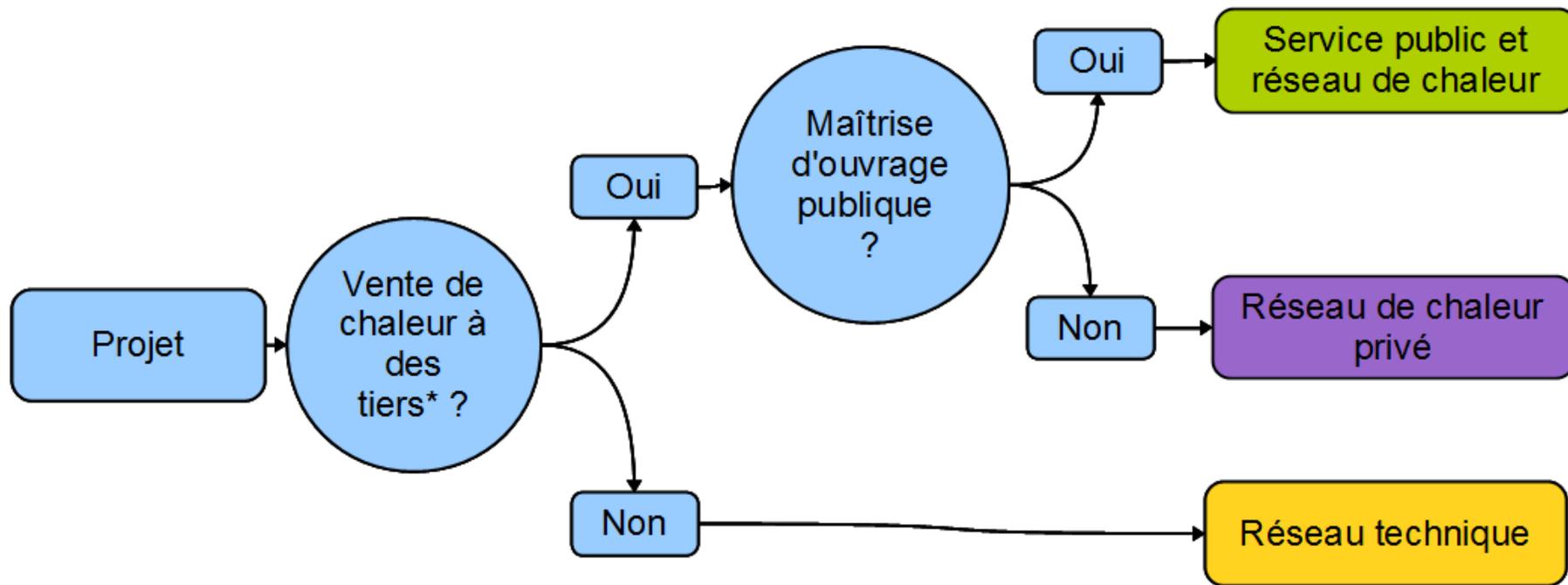


# Etude de faisabilité

- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique



# Type de réseau



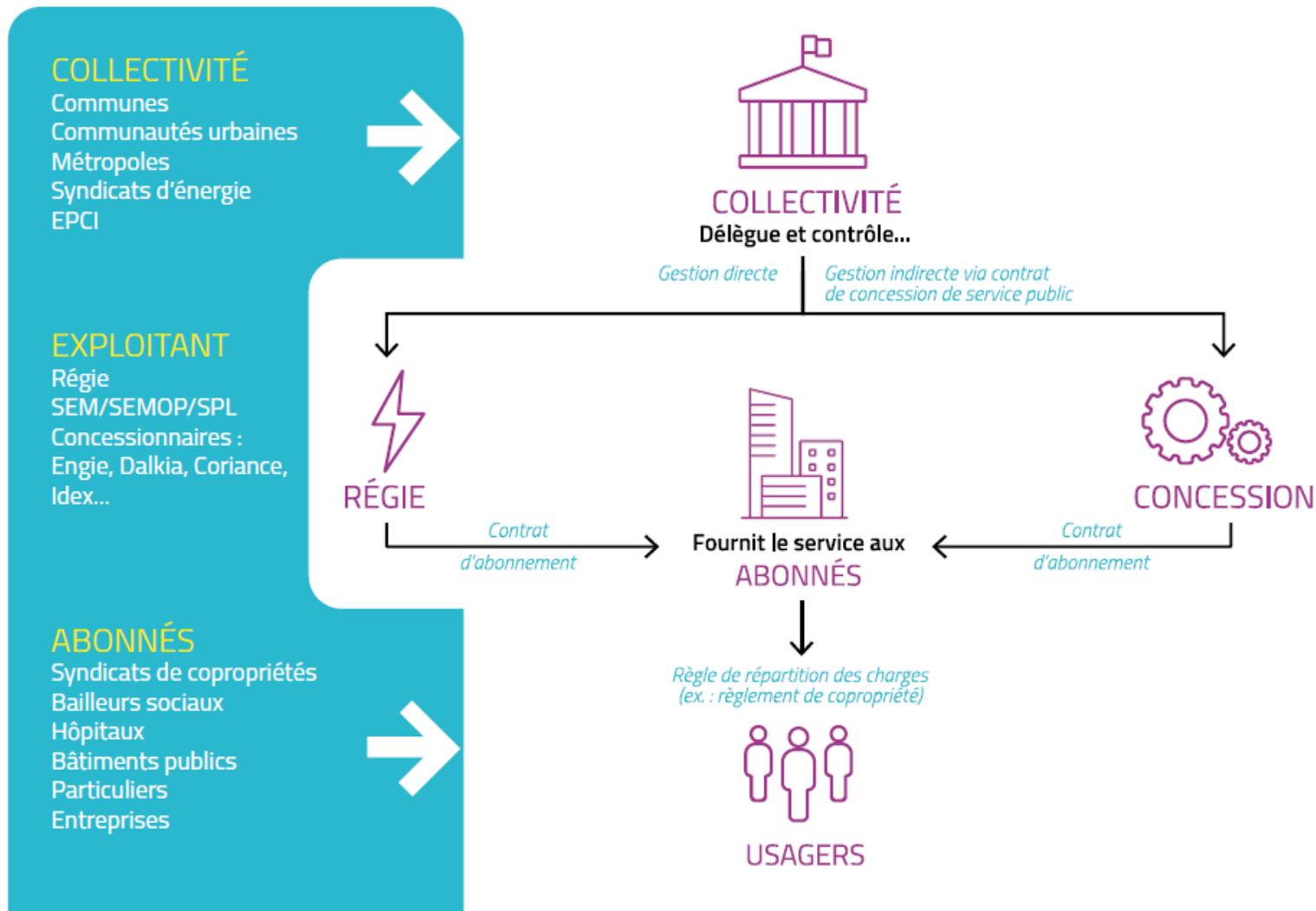
## L'article L. 2224-38 du CGCT : consécration du service public de la distribution de chaleur ou de froid par la LTECV

- **Création et exploitation** d'un réseau public de chaleur ou de froid  
**= SPIC**  
(service public industriel et commercial)
- Un SPIC implique le respect des principes suivants :
  - Continuité de service (bon fonctionnement du service)
  - Egalité (notamment : mêmes conditions tarifaires pour les usagers)
  - Adaptation/mutabilité du service (adaptation aux évolutions de l'intérêt général et aux besoins des usagers)
  - Création d'un budget annexe, équilibré en recettes et en dépenses

# Exercice

- ▶ Quelle est la nature juridique d'un réseau reliant (uniquement) :
  - ▶ Une école et une mairie ?
  - ▶ Un collège et une mairie ?
  - ▶ Les différents bâtiments d'un bailleur social ?
  - ▶ Deux copropriétés ?
  - ▶ Trois maisons individuelles, une mairie, une salle des fêtes et une maison de retraite ?

# Acteurs



# Modes de gestion

## Choix gestion

- ▶ Du type et de la taille des projets
- ▶ Du contexte local des acteurs (filières...)
- ▶ Du choix politique

Réseau de chaleur

Directe

Indirecte

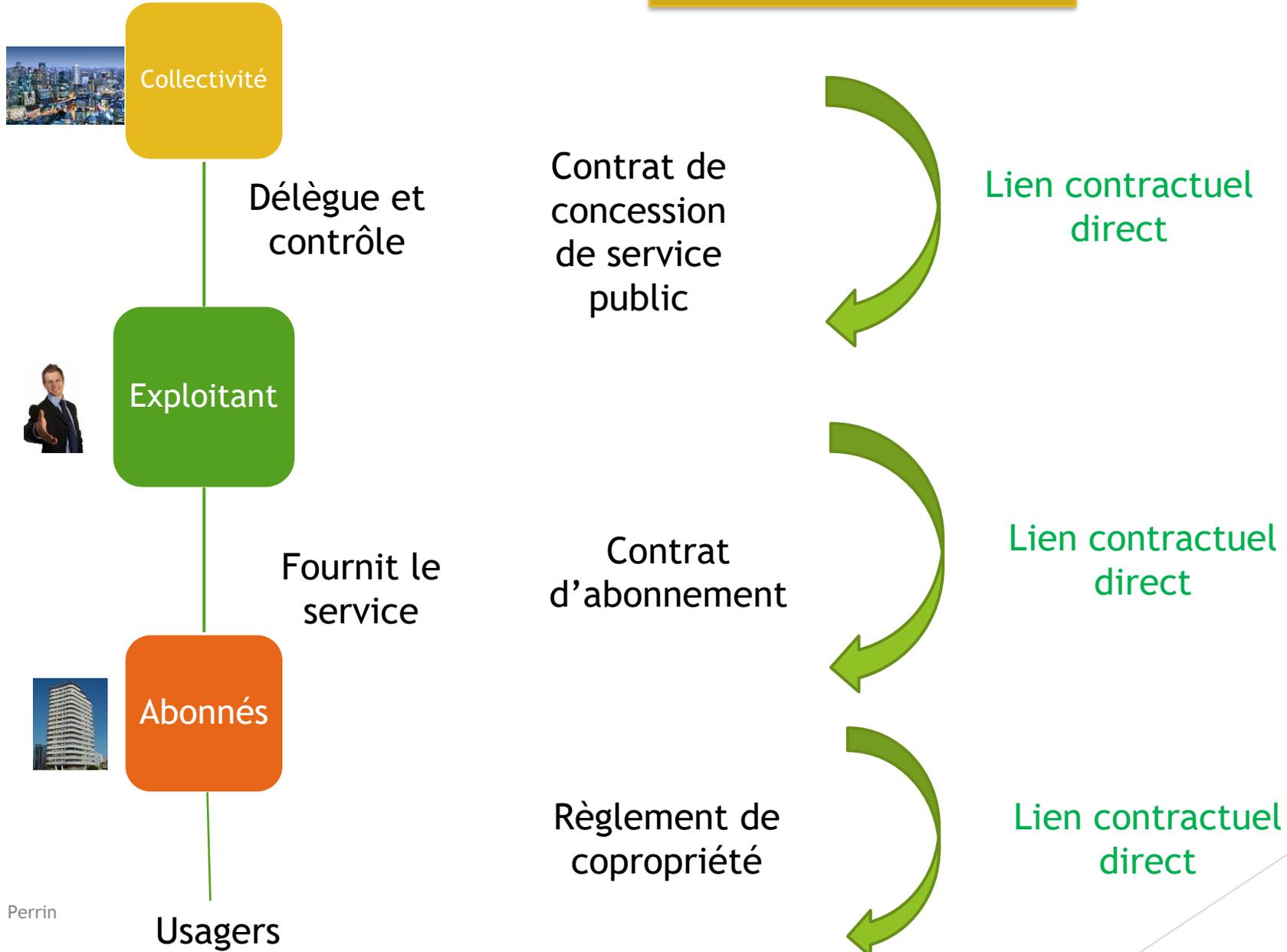
Gestion directe ou indirecte du service public ?

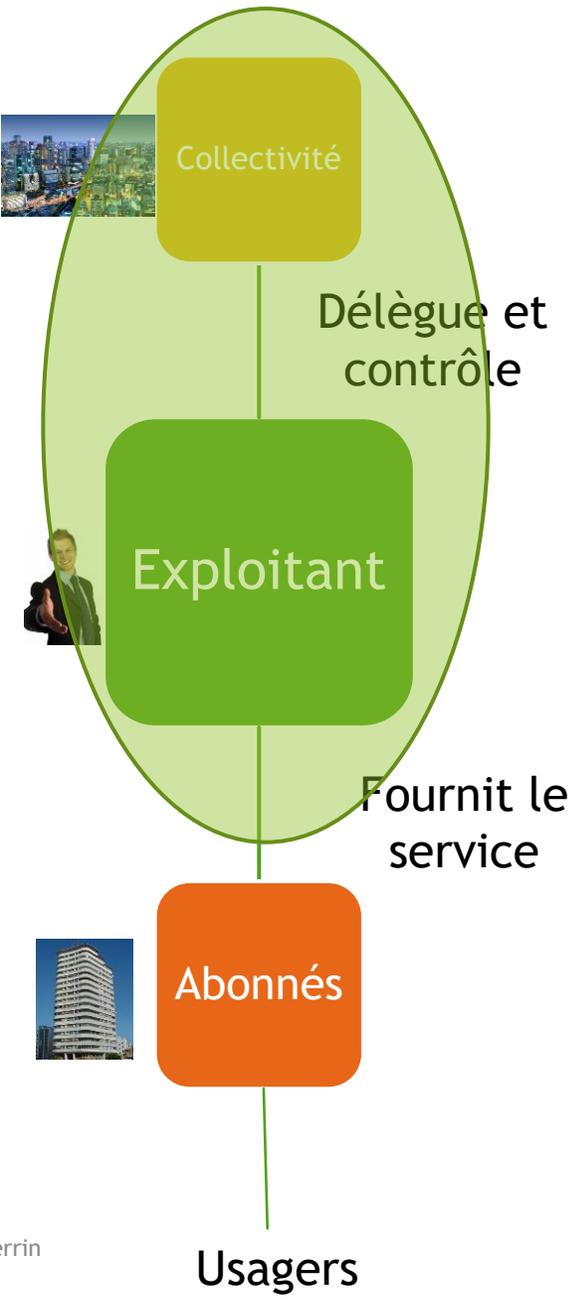
Modes de gestion

Régie

DSP

# Gestion déléguée





Gestion directe

Contrat d'abonnement



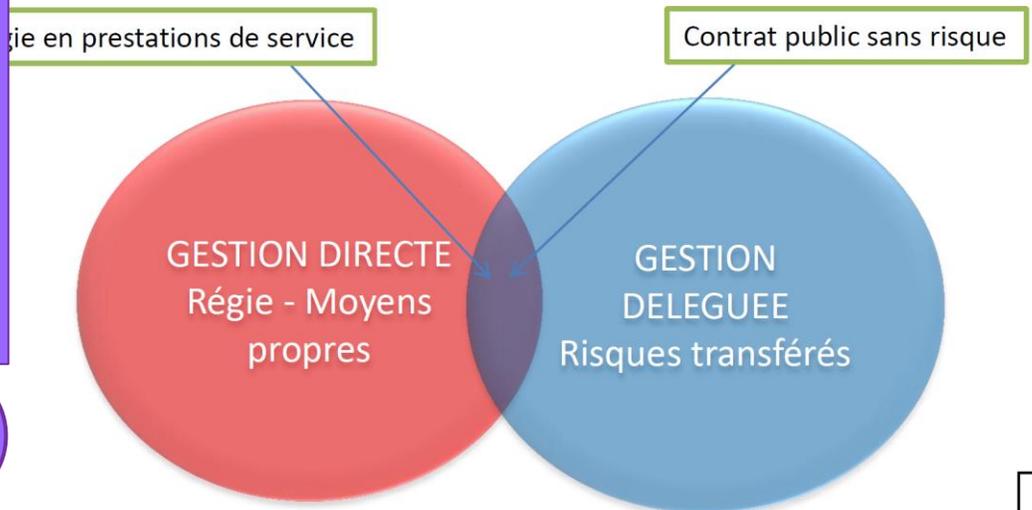
Lien contractuel direct

Règlement de copropriété



Lien contractuel direct

# Choix du mode de gestion



Arbitrer entre le « Faire » ou « Faire - Faire », selon :

- La maîtrise du service public
- Le prix et la dimension sociale
- Les risques et les responsabilités
- Les conditions de mise en œuvre et la taille du projet

**Rappel statistiques nationales :**

- Petits projets, entre 0 et 2 MW = régie (souvent)
- Au-dessus, souvent concession ou SEM

	Réseau de chaleur		Chaufferie dédiée
	Régie	Concession de service public	
Financement des ouvrages	Collectivité	Entreprise	Collectivité
Responsabilité des travaux	Collectivité	Entreprise	Collectivité
Exploitation	Collectivité (et / ou Entreprise)	Entreprise	Collectivité (et / ou Entreprise)
Durée des contrats	Sans objet	20 à 24 ans	Sans objet

# Etude de faisabilité

Ok pour l'étude de faisabilité, en avant pour la réalisation du projet !

- 1 Etude des besoins
- 2 Dimensionnement de la chaufferie (et silo)
- 3 Dimensionnement du réseau
- 4 Etude d'approvisionnement
- 5 Etude économique
- 6 Etude environnementale
- 7 Etude juridique



# La (bonne) maintenance

## Tous les jours

- ▶ Contrôle visuel de bon fonctionnement
- ▶ Relevé compteur de chaleur

## Toutes les semaines/ quinze jours

- ▶ Décendrage : conteneur à vider régulièrement
- ▶ Commande, réception, vérification du combustible
- ▶ Vérification fonctionnement dépoussiérage
- ▶ Contrôle automate, alimentation, registres d'air

## Tous les deux mois

- ▶ Décendrage et ramonage des tubes de fumée
- ▶ Contrôle et graissage du système d'alimentation
- ▶ contrôle sondes, sécurités, régulation, foyer, traitement fumées

## 1 fois par an

- ▶ Nettoyage et ramonage complet de la chaudière
- ▶ Vérification des réfractaires et de l'usure des grilles





# Dimensionnement technico-économique

D'une bonne conception dérive une bonne exploitation technique et une maintenance simplifiée