



## Les atouts du bois énergie en milieu urbain

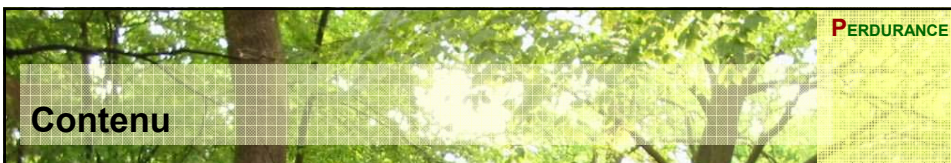
### Des cibles prioritaires pour une optimisation des projets

Colloque  
« Le bois énergie dans les agglomérations »

Caen, 12 juin 2008  
Jean-Michel Servant

**PERDURANCE**  
Etudes. Conseil. Services

© PERDURANCE 2008



## Contenu

### Des cibles prioritaires pour une optimisation des projets

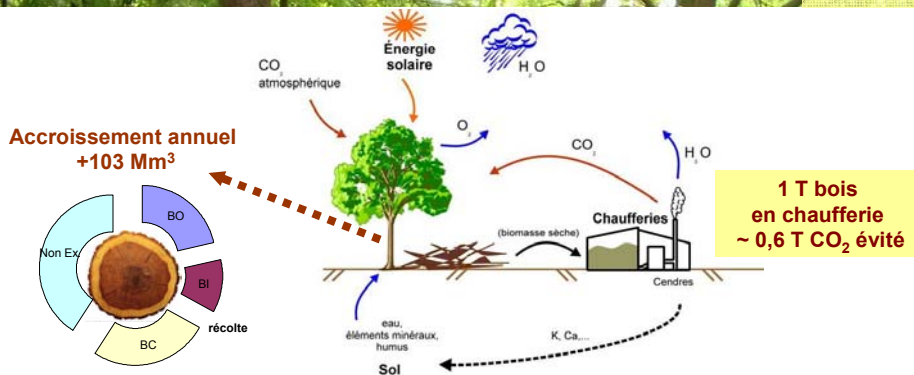
- Enjeux
- Atouts du bois énergie ... et obstacles
- Réseau de chaleur ou chaufferie dédiée
- Cibles prioritaires en milieu urbain
- Variables d'optimisation
- Analyse de rentabilité : exemple

## Enjeux Le défi énergétique

### Les menaces liées à l'utilisation des énergies fossiles

- Changement climatique (émission GES)
  - Raréfaction des ressources et difficultés accrues d'extraction
  - Risques sur les approvisionnements (géopolitique)
  - Augmentation des prix
- Déstabilisation de l'économie et de l'environnement

## Atouts du bois énergie Une « pompe » à carbone, verte



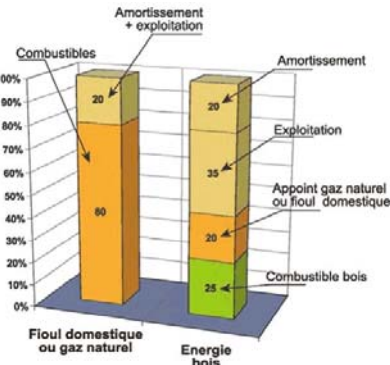
- L'utilisation de bois en substitution (matériau, énergie) évite de nouvelles émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile
- La forêt peut être renforcée par une exploitation plus dynamique dans le cadre d'une gestion durable

# Atouts du bois énergie

## Une énergie locale et compétitive

- Stabilité relative du coût global de l'énergie dans la durée

Décomposition comparée du coût de la chaleur en % (illustration : réseau de chaleur typique)



- **Amortissement** : annuités constantes pendant la durée de vie de l'unité
- **Exploitation / renouvellement** : indexés (indices propres) et définis au départ selon l'installation
- **Combustible bois** : à adosser à un contrat long terme
- **Combustible fossile** d'appoint : proportion ramenée de 80 à 20%

- Autres bénéfiques
  - Création d'emplois locaux (approvisionnement, installation, entretien)
  - Réduction du risque extérieur sur l'approvisionnement

# Atouts ... et obstacles

- Malgré ses atouts, le bois combustible « moderne » occupe une place limitée dans le chauffage collectif (~210 kTep, en augmentation)
  - Alors que la bûche traditionnelle reste répandue pour le chauffage domestique individuel (~7,3 Mtep/an)

- Freins à lever

- Maîtrise d'ouvrage
  - « Première fois » avec une technologie mal connue
  - Engagement dans la durée
  - **Financement de l'investissement** + difficultés de montage du projet
  - Régularité des sources d'approvisionnement ?
  - **Contraintes d'espace** pour implanter la chaufferie (densité, coûts du foncier)
  - Traitement des rejets (atmosphériques, cendres)
  - Acheminement par camion
- Grand Public
  - Déficit d'image du bois comme combustible (contraignant, polluant, amalgame avec la déforestation)
  - Image du chauffage collectif (associé aux grands ensembles) vs. culture de « confort individuel » (énergie à la demande)

## Réseau de chaleur ou chaufferie dédiée Quels projets en milieu urbain ?

- Le milieu urbain se prête peu à la dissémination de chaufferies bois de taille modeste ou moyenne
  - La distribution de chaleur **par réseau** permet de limiter la taille des équipements décentralisés et les contraintes d'exploitation (analogie : électricité, gaz...)
- Principaux intérêts de la mutualisation (bois énergie)
  - Concentration de l'espace chaufferie / silo
  - Meilleure maîtrise des nuisances (bruit, camions, rejets)
  - Taille d'installation permettant d'intéresser des tiers investisseurs et exploitants
    - Externalisation des contraintes spécifiques
  - Facteur de rentabilité économique
    - Fonction de la taille et du périmètre

- Logique « 1 bâtiment = 1 chaufferie » pas forcément optimale
- Sauf si besoin important et situation d'isolement particulière
  - **Première décision à prendre** : chaufferie dédiée ou réseau de chaleur ?

## Réseau de chaleur ou chaufferie dédiée Quelle taille optimale d'installations ?

Grandeur structurante	Principaux facteurs dimensionnant	Optimum urbain (indication)
Puissance de l'installation (P)	conditions climatiques (temp. extérieure de base), performance de la construction, volume chauffé, température (max) de consigne	> 2 MW bois
Energie fournie (E)	Idem + durée saison de chauffe, variations température (DJU), intermittence d'usage	> 5 MWh utiles/an
Taux de charge (Pbois) : E / P	Intermittence, période d'utilisation, dimensionnement chaudière bois, taux de couverture bois	> 3 000 h/an
Densité thermique linéaire du réseau : E / Longueur	Besoins des bâtiments desservis, proximité/dispersion, pertes du réseau	d > 4 Mwh / ml

- Deuxième choix à faire : définir le périmètre le plus pertinent
- Attention au cas des constructions neuves (normes thermiques performantes, échancier de construction étalé dans le temps)

## Cibles prioritaires en milieu urbain Raisonnement en coût global

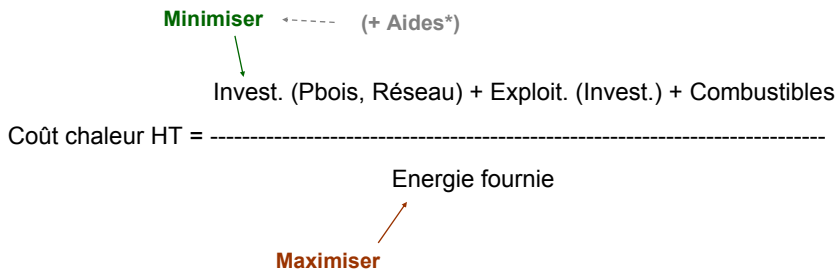
- Chauffage dédiée = à un (seul) maître d'ouvrage
  - Collectivités territoriales et EPCI, HLM, établissements publics hors HLM (Hôpitaux, maisons de retraite...), entités privées (entreprises, SEM...), associations, particuliers
  - Avec ou sans distribution de chaleur à distance
- Réseau de chaleur = acheminement + vente de chaleur  
(à au moins un autre usager, distinct du maître d'ouvrage)

	Chaufferie dédiée	Réseau de chaleur
<b>Coût de la chaleur :</b>	Achat des différents postes (via un contrat d'exploitation ou pas)	Tarification binôme (R1,R2) pour les usagers
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles</li> <li>• Exploitation et entretien / renouvellement</li> <li>• Amortissement de l'investissement</li> <li>• Taxes</li> </ul>		



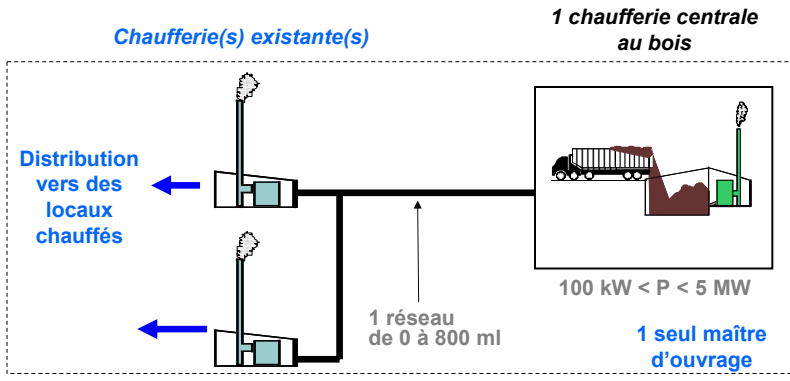
➤ Optimisation reposant sur les mêmes composantes dans les 2 cas

## Cibles prioritaires en milieu urbain Optimiser pour équilibrer



\* Aides : ADEME, régions, départements, FEDER, CEE, projets domestiques...

## Cibles prioritaires en milieu urbain Chaufferies dédiées (illustration)

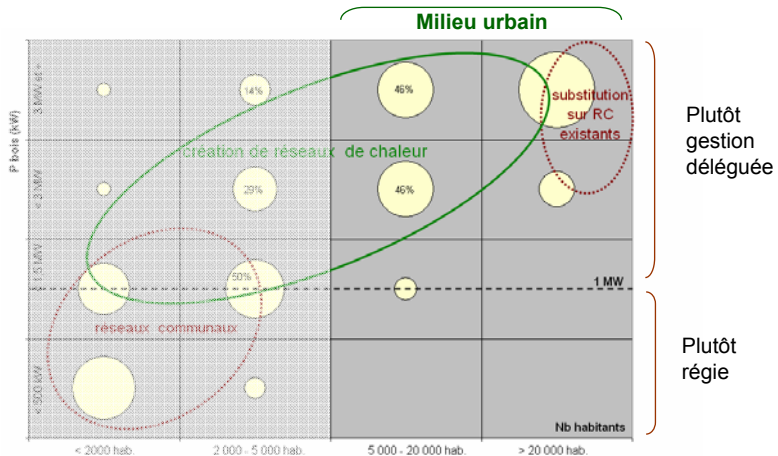


- Ensemble de logements (> 300)
- Lycée (> 800 élèves)
- Hôpitaux (> 300 lits), maisons de retraite
- Bâtiments communaux (piscines, écoles...)

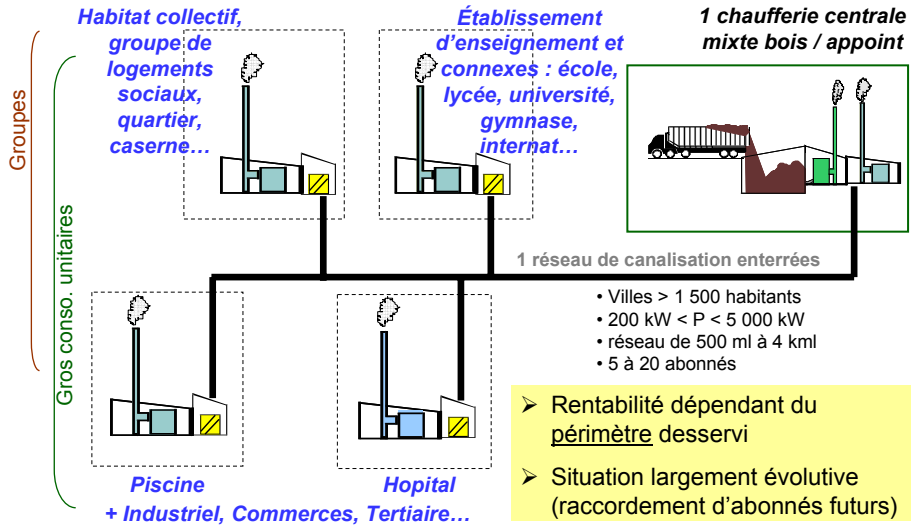
➤ Rentabilité calculée selon la solution technique optimale en fonction des besoins (a priori stables)

## Cibles prioritaires en milieu urbain Typologie des projets (cas des réseaux de chaleur)

Prédominance des réseaux créés autour d'un bâtiment « complexe »



## Cibles prioritaires en milieu urbain Bâtiments raccordés à un RC en création



© Perdurance 2008

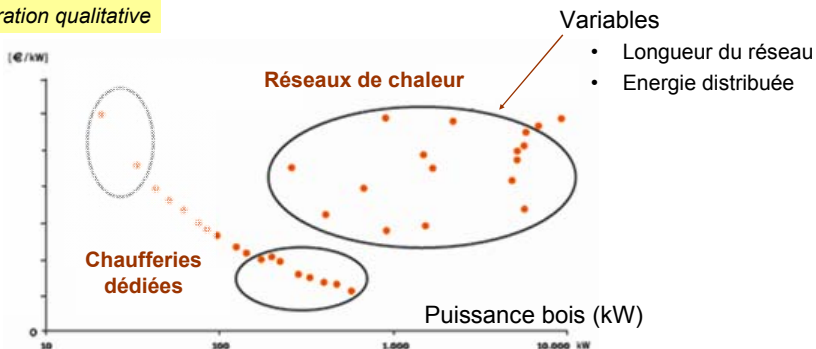
Colloque "le bois énergie dans les agglomérations" - 12 juin 2008

13

## Variables d'optimisation Puissance bois et réseau

- Coût spécifique d'investissement (rapporté à la puissance bois installée)
  - Influence également l'exploitation associée

### Illustration qualitative



Source : Chambre d'Agriculture de Styrie (Autriche), 1999

© Perdurance 2008

Colloque "le bois énergie dans les agglomérations" - 12 juin 2008

14

## Variables d'optimisation Période d'utilisation et intermittence

Energie consommée

	Base : 100	75	65
Intermittence	Faible	Moyenne	Forte
Logement collectif	←	→	
Enseignement		(internat) ←	→
Bâtiments publics, tertiaires, commerces, industriels...		←	→
Loisirs	(piscine)		(gymnase)
Hôpital, Maison de retraite	←	→	
<b>Saison de chauffe</b>	sept - juin	oct - mai	oct - mai
Variation diurnes	19 à 21 °C (24/24)	19 °C (jour) 17 °C (nuit)	19 ° (jour) 15 °C (nuit+WE) 8 °C (congés)

Exemples

## Exemple Analyse de sensibilité de la rentabilité



- Cas référent
  - Création d'un réseau de chaleur
  - Puissance bois : 3,6 MW (fixée)
  - Montage en DSP : concession
  - Paramètres\* :
    - **Energie fournie** : 12 000 MWh utiles /an (9 à 15 000)
    - **Longueur réseau** : 3 000 ml (2 000 à 4 000)
    - ✓ **Investissements (calculé)**
    - ✓ **Coût exploitation (calculé)**
    - Prix du bois : 15 €HT/MWh PCI
    - Coût référence gaz: 61 € TTC/MWh utile
    - Economie en coût global : 5 à 6% (objectif fixé)
    - **Taux subvention** : 40 % (résultat)
  - Indicateurs :
    - Densité thermique linéaire (MWh utiles / ml)
    - Taux de charge (h / an)
    - Ratio d'investissement spécifique (€ / kW bois)

\* Liste en annexe

## Exemple Simulation : influence d'un paramètre

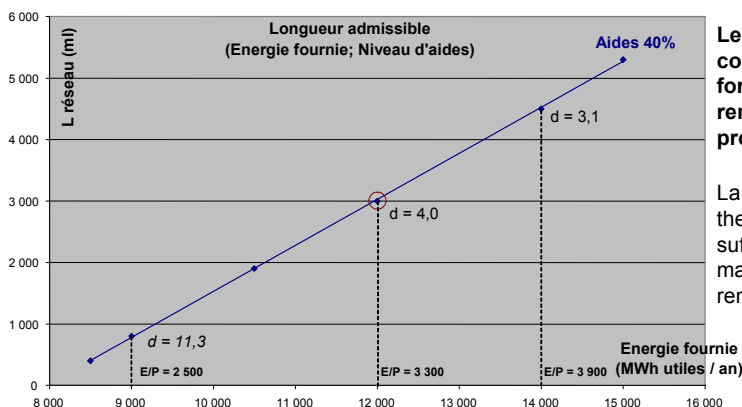
- Variation Energie fournie
  - Réseau : 3 000 ml (fixé)

Energie fournie MWh utiles (densité)	Impact économie globale (%)	Subventions nécessaires (%)
9 000 (d = 3,0)	- 0,1	52
10 500 (d = 3,5)	- 3,3	46
<b>12 000</b> (d = 4,0)	<b>- 5,7</b>	<b>40</b>
13 500 (d = 4,5)	- 7,7	34
15 000 (d = 5,0)	- 9,3	29

- Variation Longueur réseau
  - Energie: 12 000 MWh / an (fixé)

Longueur réseau ml (densité)	Impact économie globale (%)	Subventions nécessaires (%)
2 000 (d = 6,0)	- 9,0	30
2 500 (d = 4,8)	- 7,4	35
<b>3 000</b> (d = 4,0)	<b>- 5,7</b>	<b>40</b>
3 500 (d = 3,4)	- 4,1	44
4 000 (d = 3,0)	- 2,4	48

## Exemple Simulation : relation entre paramètres



➤ L'optimisation passe par une étude au cas par cas

- Recherche du périmètre et du tracé optimal autour des bâtiments « gourmands »
- Raccordement opportuniste des autres bâtiments consommateurs et proches

## Merci de votre attention



- Contact
  - Jean-Michel SERVANT
    - Mobile: +33 (0)6 86 68 01 21
    - E mail: [jeanmichel.servant@perdurance.com](mailto:jeanmichel.servant@perdurance.com)
  
- Remerciements : commission 6 du CIBE, en particulier
  - Daniel CAPPE, ATEE (président)
  - Marie-France CLAVE, Biomasse Normandie
  - Serge DEFAYE, DEBAT
  - Yann OREMUS, AMORCE
  - Jerome BOUGELOT, CALIA Conseil
  - ...
  
- Crédit illustrations : Biomasse Normandie - DEBAT
  - Pages 4, 5, 11, 13



## Rentabilité des projets bois énergie

### Paramètres de simulation



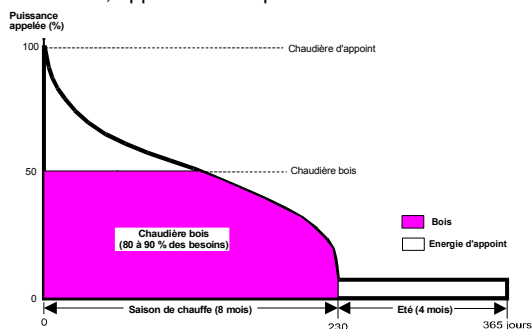
- Techniques :
  - **Energie fournie** (MWh utiles)
  - Taux couverture bois (90 %)
  - Rendement global (78 %)
  - **Longueur du réseau**
  
- Economiques :
  - Prix du bois (15 €/HT/MWh PCI)
  - Prix énergie d'appoint (40 €/HT/MWh PCI)
  - **Investissements**
  - TRI après impôts
  - **Taux subvention**
  - Taux de financement (5%)
  - Durée du financement (24 ans)
  - **Charges d'exploitation** (calculé)
  - Niveau des marges
  - Coût de référence de l'énergie (61 € TTC/MWhutile)
  - Economie en coût global (5 à 6%)
  
- Indicateurs :
  - Densité thermique linéaire
  - Ratio d'investissements

## Annexes Acronymes utilisés

- BO, BI, BC: Bois d'œuvre, Bois d'industrie, Bois de chauffage (bûche)
- CEE : certificats d'économie d'énergie
- EPCI : établissement public de coopération intercommunale
- FEDER : fonds européen de développement régional
- FOD : fioul domestique
- GES : gaz à effet de serre
- HT : Hors taxes
- RC : réseau de chaleur
- PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur (MWh PCI : unité énergétique utilisée pour la biomasse)
- SEM : société d'économie mixte
- Tep : Tonne équivalent pétrole (1 Tep = 11 628 kWh ; 1 MWh = 0,086 Tep)
- TTC : toutes taxes comprises

## Atouts du bois énergie Une technologie performante

- Chaufferies automatiques de toutes puissances, rendements élevés
- Souplesse de la « bi-énergie »
  - bois en base, appoint en complément et secours



- Combustible solide stockable : pour l'équivalent de 1.000 l de FOD
  - Ordres de grandeur : Poids x 3 ; Volume x10 (pour PCI à 3300 kWh/T)