

# Conditions de développement du chauffage collectif au bois en Suisse

**Exemple de Cartigny et comparaison avec l'expérience française**

**Floriane MERMOUD**

**21 février 2013**

*avec la collaboration d'Anthony Haroutunian et Jérôme Faessler*



# Introduction

- **Ressources biomasse**
- **Problématique du chauffage à distance au bois : pourquoi le projet Audit'bois ?**
- **Retour d'expérience sur l'installation de Cartigny et mise en perspective :**
  - **Points critiques (d'un point de vue technique)**
  - **Coût de la chaleur produite**
- **Conditions cadres pour le développement du chauffage à distance au bois**
  - **Institutionnelles et organisationnelles**
- **Conclusions**

# Ressource(s) biomasse

## ■ Biomasse=matière organique d'origine animale ou végétale

### SOUS-PRODUITS

#### AGRICOLES



#### résidus de l'industrie agroalimentaire

paille de blé/maïs son de blé marc de raisin  
balle de riz tiges de coton bagasse tourteaux  
de soja/colza refus (fonds de silo)

#### BOIS



### ENERGIE



#### CULTURES ENERGETIQUES

#### céréales

blé maïs colza  
tournesol triticales  
sorgho canne à sucre

#### arbres

saule peuplier  
eucalyptus acacia

#### « nouvelles »

miscanthus  
witchgrass

#### industrie du bois

écorces sciure/granulés  
palettes cagettes

#### exploitation forestière

plaquettes résidus  
d'entretien (rémanents)



#### DECHETS ORGANIQUES

Séminaire Vincent Feuillette  
(Enea Consulting) sur les  
biocarburants le 21/03/13

verts

#### agriculture

lisiers fumiers

Séminaire Jérôme Faessler  
(Unige) le 7/03/13

# Ressources disponibles

## ■ Nombreuses ressources...

... mais potentiel restreint

## ■ Agglomération franco-valdo-genevoise

→ besoins énergétiques de l'AFVG :

**23'000 GWh/an**

→ biomasse actuelle=1.3%

→ potentiel +0.5 à 2%

→ **2 à 3% des besoins**  
(en raisonnant sur le territoire)

		GISEMENT (Estimations)			<i>DÉJÀ MOBILISE ENERGIE</i>	<i>DÉJÀ MOBILISE MATIERE</i>
		BRUT	ACCES-SIBLE	MOBILI-SABLE		
Bois Naturel	GWh	1'274	698	43 à 166	153	182
Bois Déchets	GWh	240	240	0 à 240	144	96
Coproduits agricoles	GWh	1'523	1'208	49	0	1'523
Déchets organiques ménagers	GWh	243	53	14	2	37
Déchets organiques industriels	GWh	90	34	12	22	
<b>SOMME</b>	<b>GWh</b>	<b>3'370</b>	<b>2'233</b>	<b>118 à 481</b>	<b>310</b>	<b>1'849</b>

Jérôme Faessler (Unige), 2010

# Ressources disponibles

- **Nombreuses ressources...**  
... mais potentiel restreint

- **Suisse**

- besoins énergétiques de la Suisse : **250 TWh/an**
- bois actuel=4%
- potentiel selon Politique forestière 2020 de la confédération +2%
- **6% des besoins**

	Utilisation en 2008		Potentiel supplémentaire en 2020		Potentiel en 2020	
	m3	TWh	m3	TWh	m3	TWh
Bois-énergie de forêt	2.1	5.3	1	2.9	3.1	7.6
Reste bois-énergie	2.2	4.4	1	1.4	3.2	6.4
<b>Total</b>	<b>4.3</b>	<b>9.7</b>	<b>2</b>	<b>4.3</b>	<b>6.3</b>	<b>14.0</b>

Claire-Lise Suter Thalmann (OFEV), 2012

# Chauffage à distance (CAD) au bois

## ■ Faut-il le développer ?

→ La combustion du bois prédispose à une centralisation de la production

- importance des coûts d'investissement
- nécessité d'une vraie exploitation

## ■ Problématique : comment parvenir à contenir le coût du kWh produit ?

→ Aspects techniques → économiques

- performance énergétique et environnementale
- dimensionnement et complémentarité entre les énergies
- densité réseau

→ Aspects institutionnels et organisationnels

- volonté politique
- dispositif de subventions (fonds)
- diffusion des bonnes pratiques
- exploitants spécialisés

# Projet Audit'bois

## ■ Retour d'expérience sur le CAD au bois de Cartigny (CABC)

→ 2 chaudières bois (2 MW et 650 kW), 1 chaudière mazout de secours

→ mise en service en 2008

→ 5.8 km de réseau, ~120 raccordements (essentiellement villas)

→ énergie vendue : 5 GWh/an, prix prévu : 14 cts/kWh

→ acteurs :

- maître d'ouvrage : CABC

- bureau d'ingénieurs : Jean Putallaz

- chaudiériste : Müller

- fourniture des plaquettes forestières et exploitation : Energie durable SA



# Projet Audit'bois

## ■ Objectifs du projet

→ **Influence du fonctionnement à charge variable sur le rendement de la chaudière et les émissions atmosphériques**

- Instrumentation de l'installation (~20 points de mesure) sur une année complète + campagnes de mesures (rendement et émissions)

→ **Analyse du dimensionnement**

→ **Analyse du coût du kWh**

→ **Enseignements et bonnes pratiques**

→ **Participation au projet et financement :**

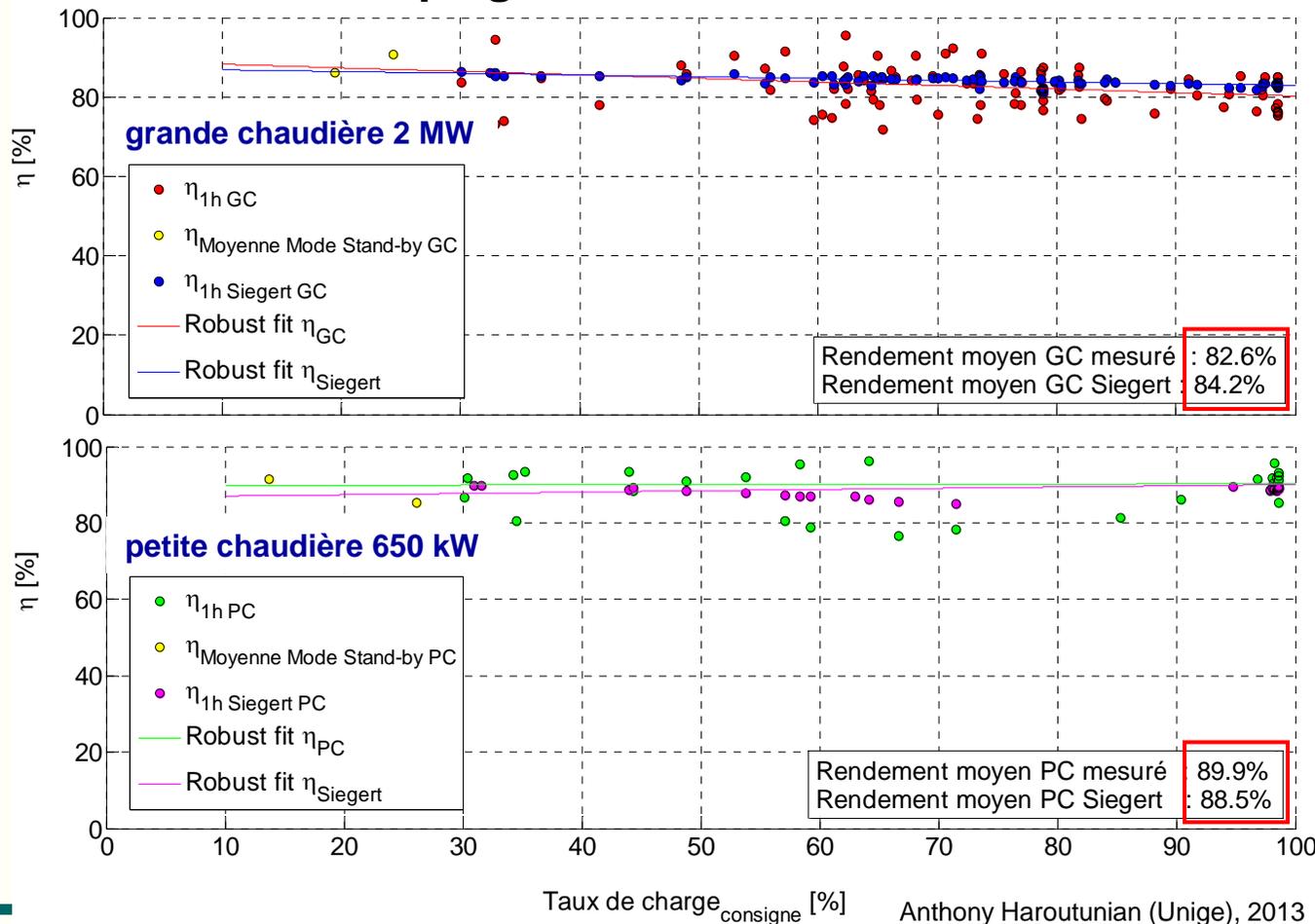
- Mairie de Cartigny
- Serbeco / Energie durable
- Service de l'énergie / Direction générale de la Nature et du Paysage / Service de la protection de l'air
- Bureau Putallaz Ingénieurs Conseils
- Müller
- Energie Bois Suisse
- Fondation Schmidheiny

# Quelques résultats : rendement

## ■ Rendement en fonction du taux de charge

→ Développement d'une méthodologie de mesure spécifique

→ Mesures de rendement instantané sur chaque chaudière sur toute la plage de fonctionnement



Rendement constant sur toute la plage de fonctionnement

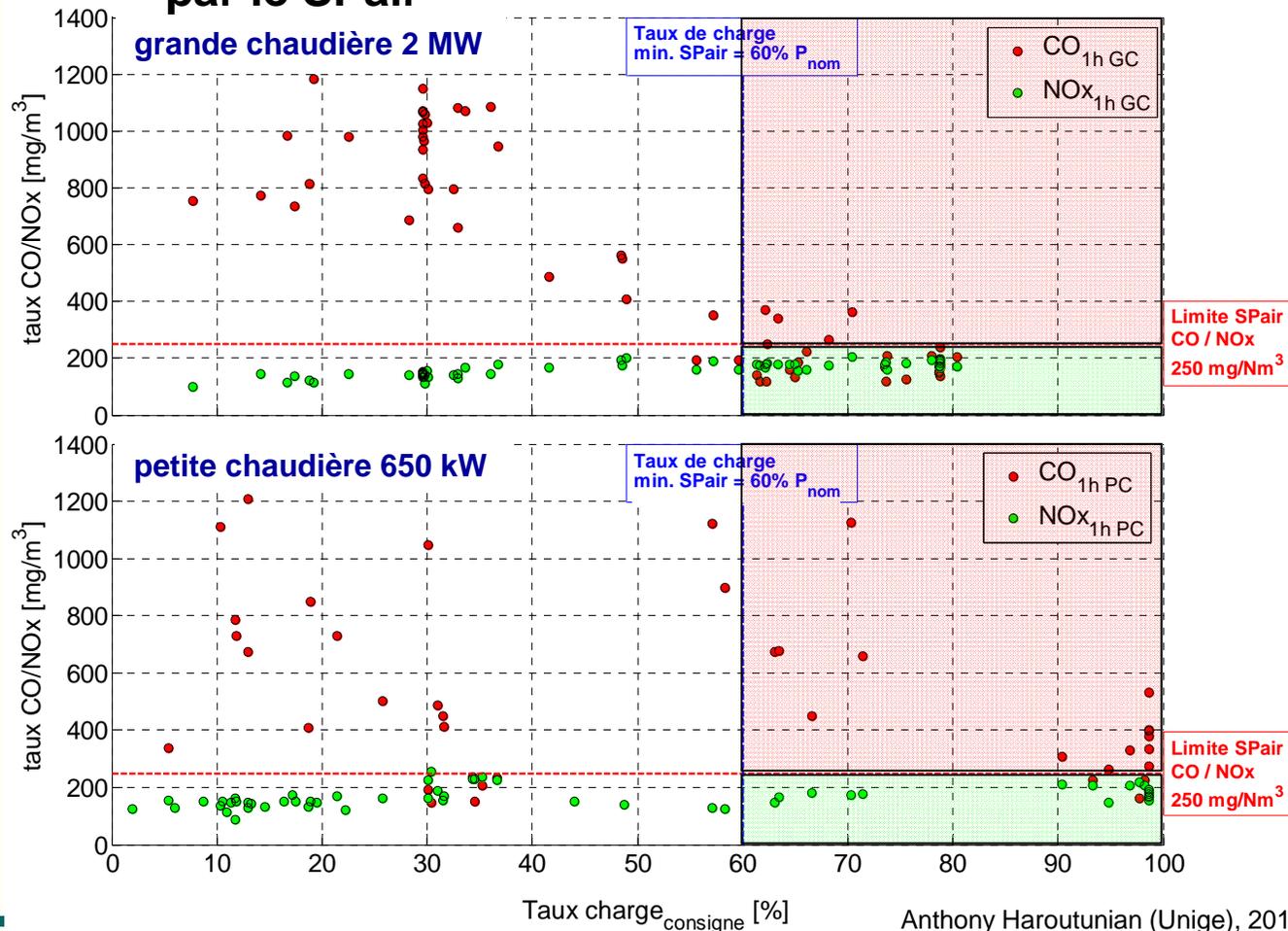
Bon niveau de rendement

# Quelques résultats : émissions atmosphériques

## ■ Emissions de CO et NOx en fonction du taux de charge

→ Appareil de mesure portable Testo

→ Comparaison de nos mesures avec celles effectuées en simultanément par le SPair

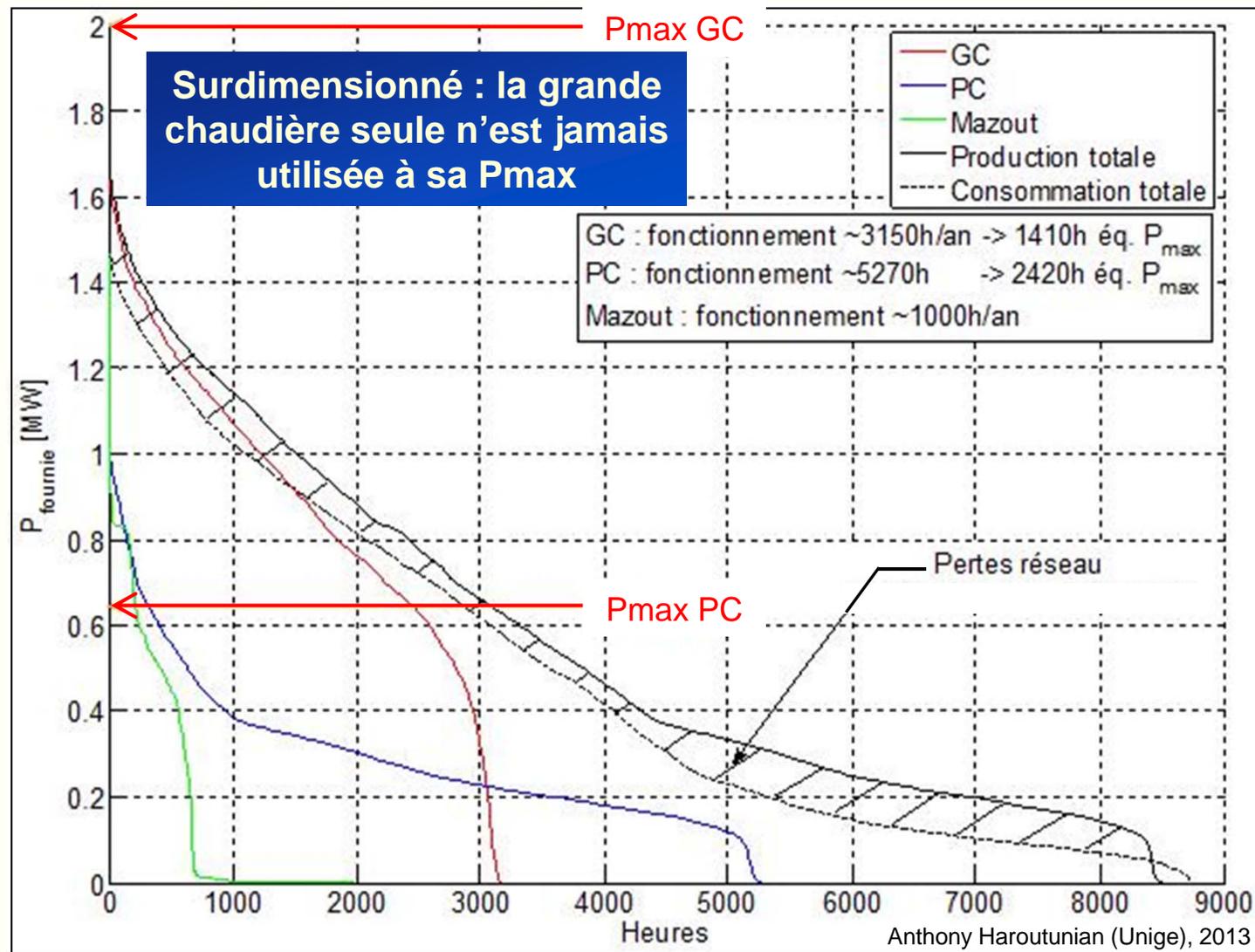


**Emissions NOx**  
-OK pour les deux chaudières

**Emissions CO**  
-OK pour la GC, pourraient être améliorées par réglages pour la PC  
-Forte dégradation à faible puissance pour les deux chaudières

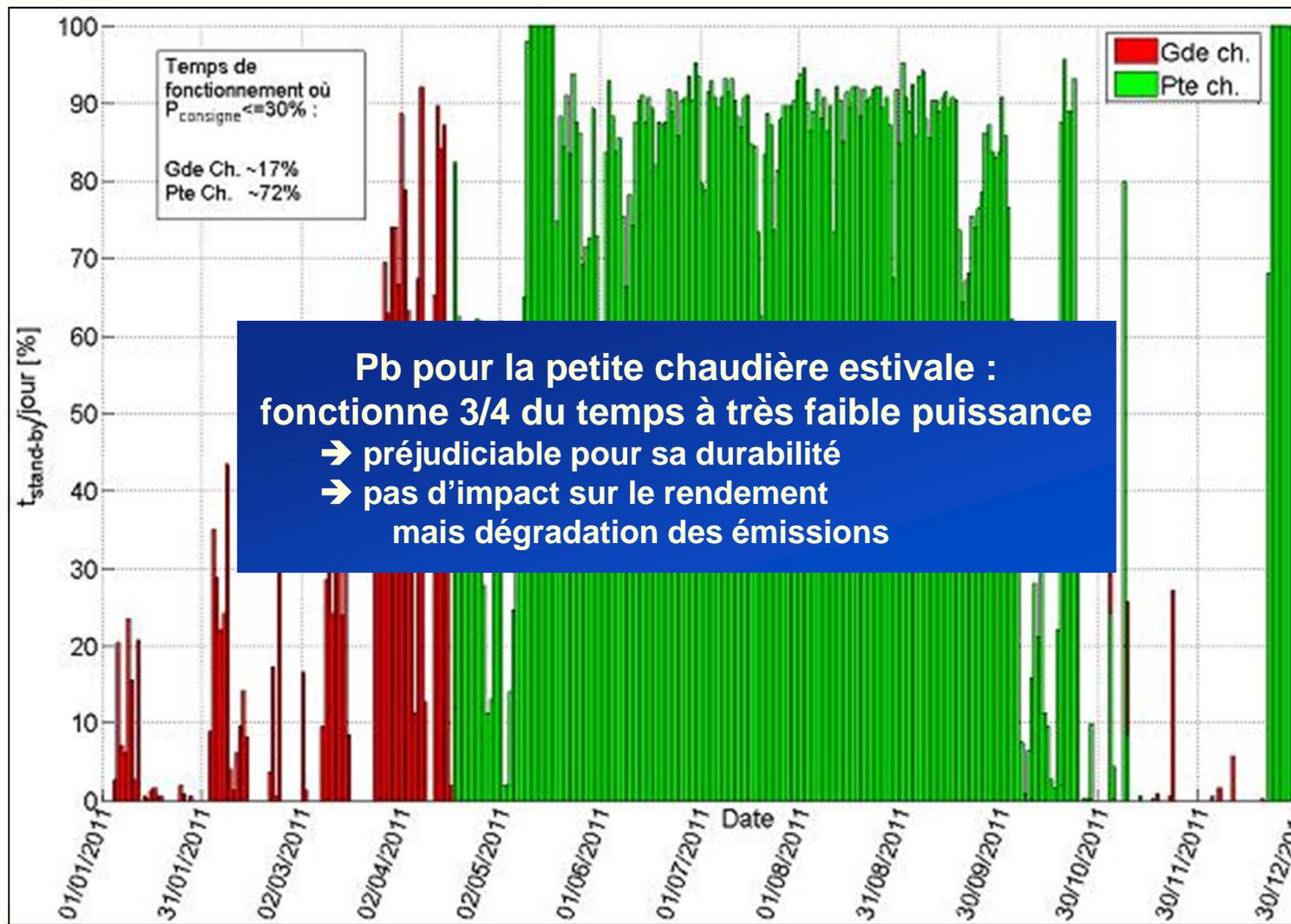
# Analyse du dimensionnement

## ■ Courbes classées (année 2011)



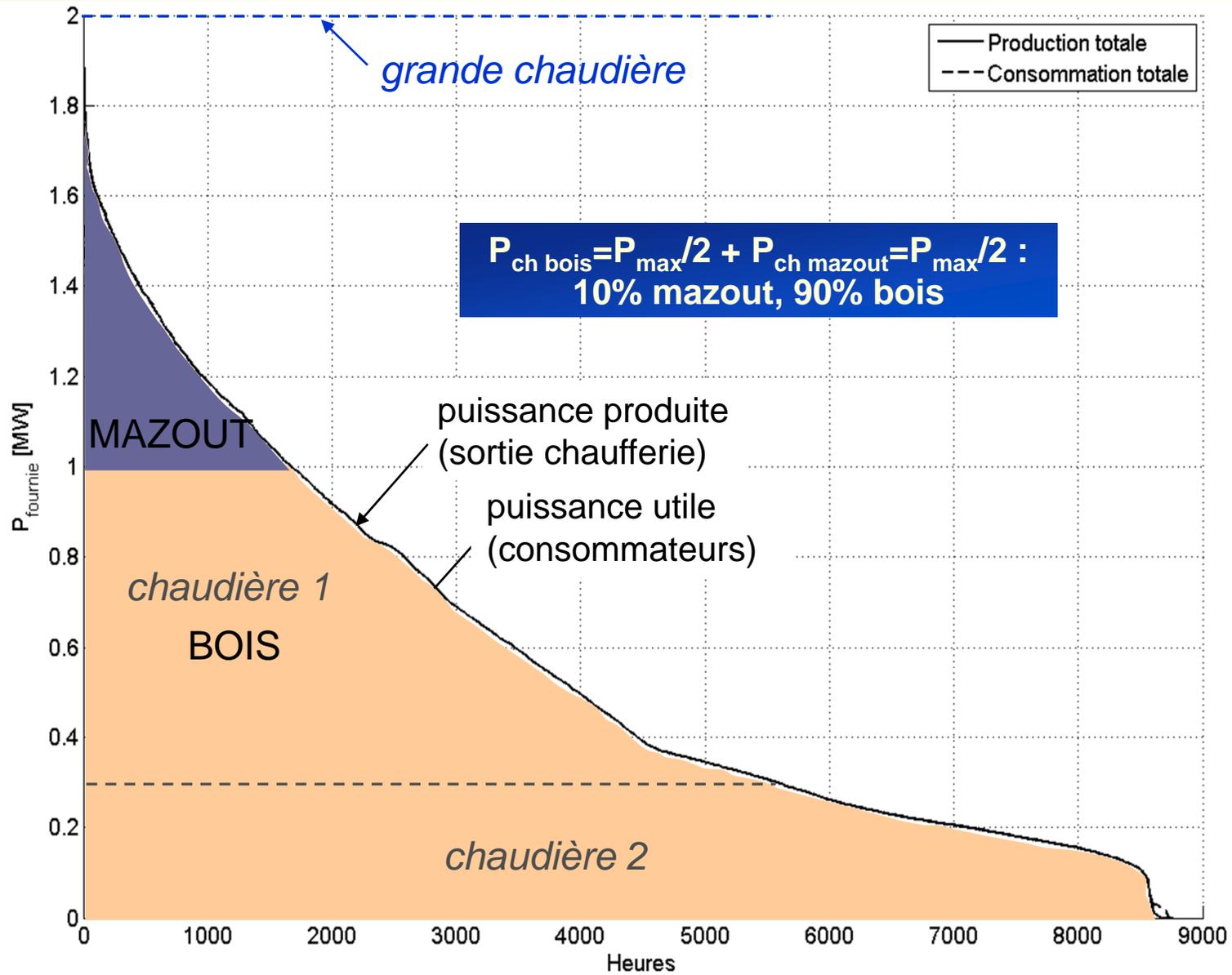
# Impact sur le fonctionnement des chaudières

## ■ Temps de fonctionnement des chaudières en mode stand-by/30%

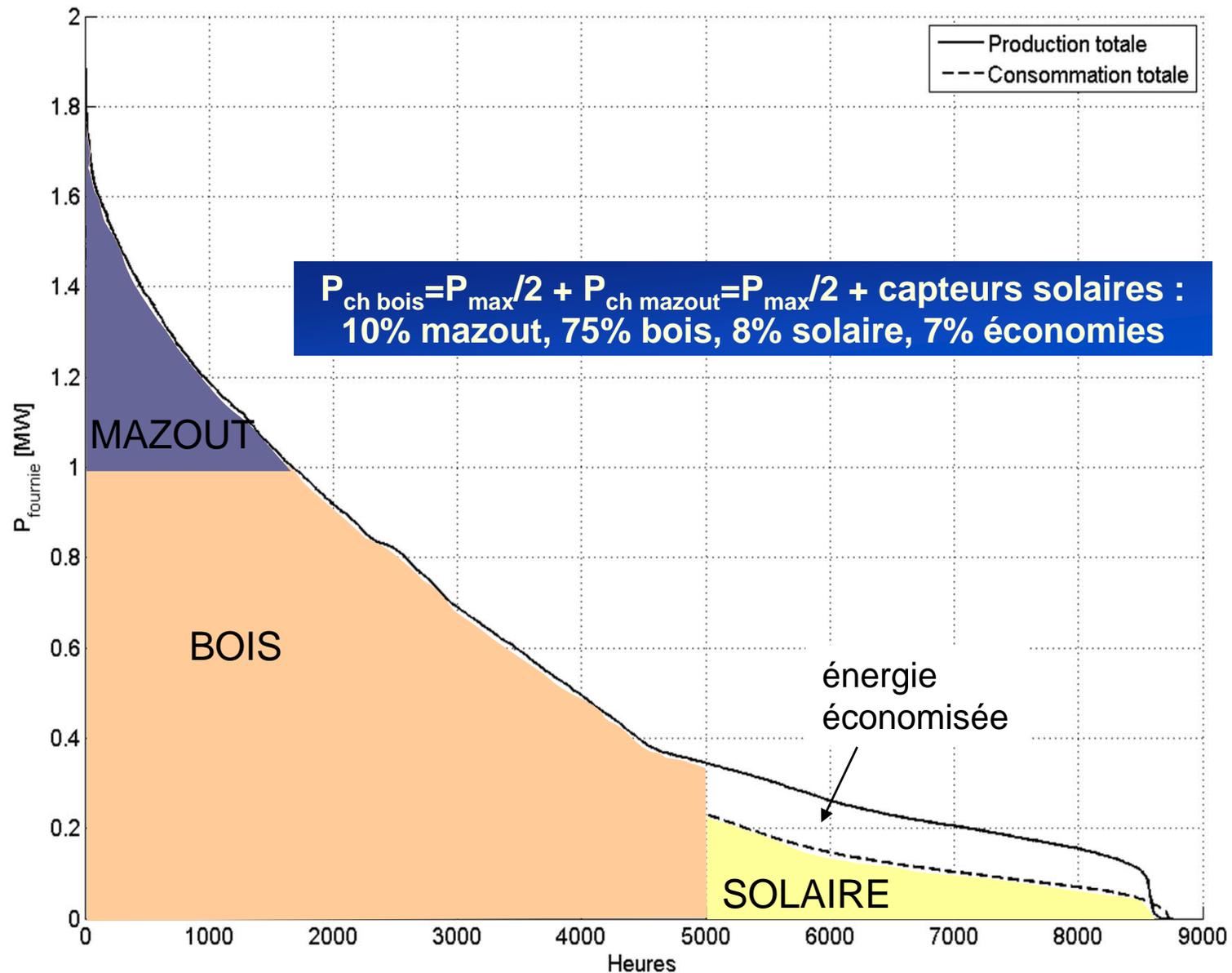


Anthony Haroutunian (Unige), 2013

# Bonnes pratiques



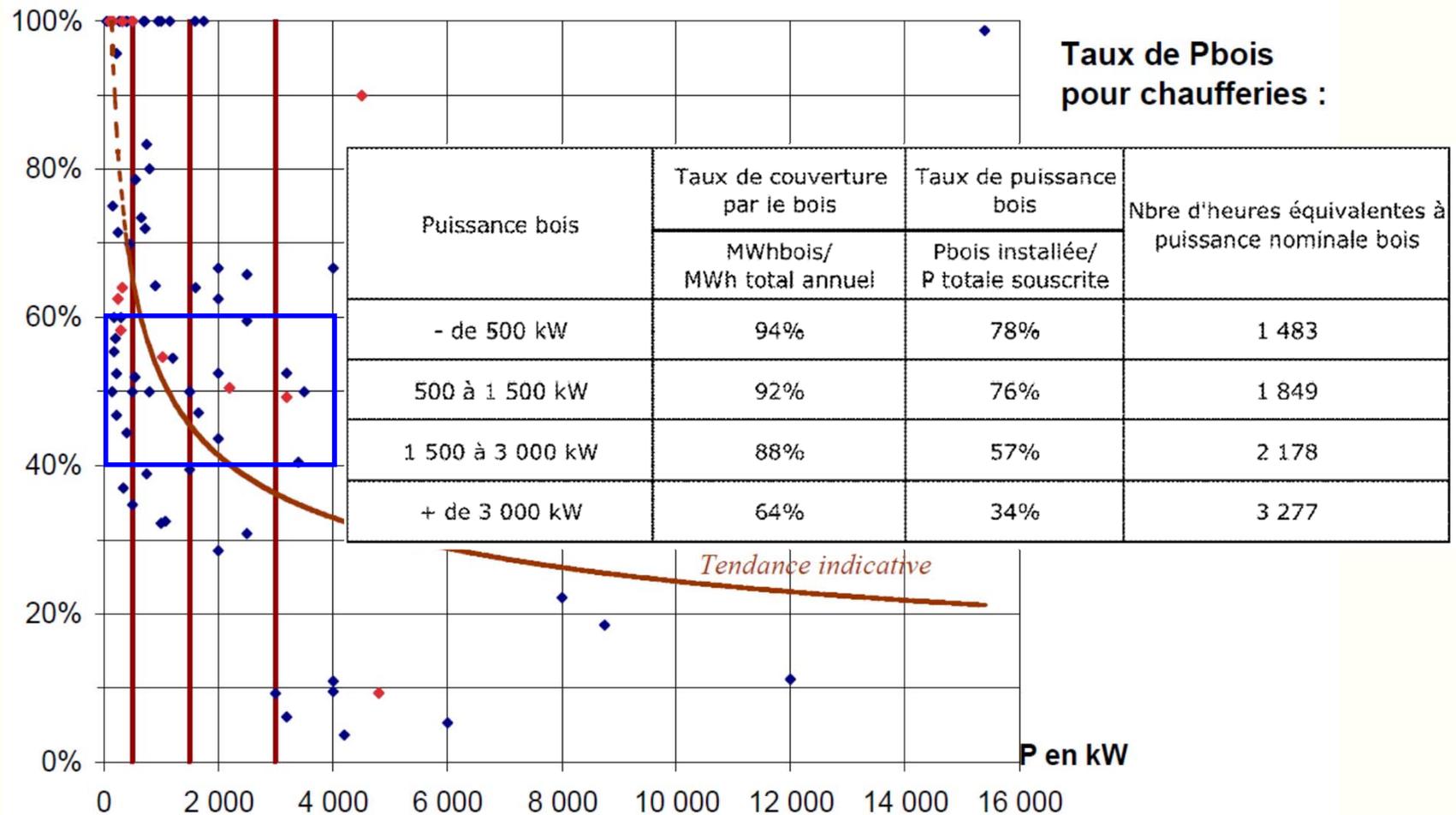
# Complémentarité entre les énergies



# Bonnes pratiques

## ■ Dimensionnement des chaudières bois sur les réseaux français

Puissance bois par rapport à la puissance souscrite

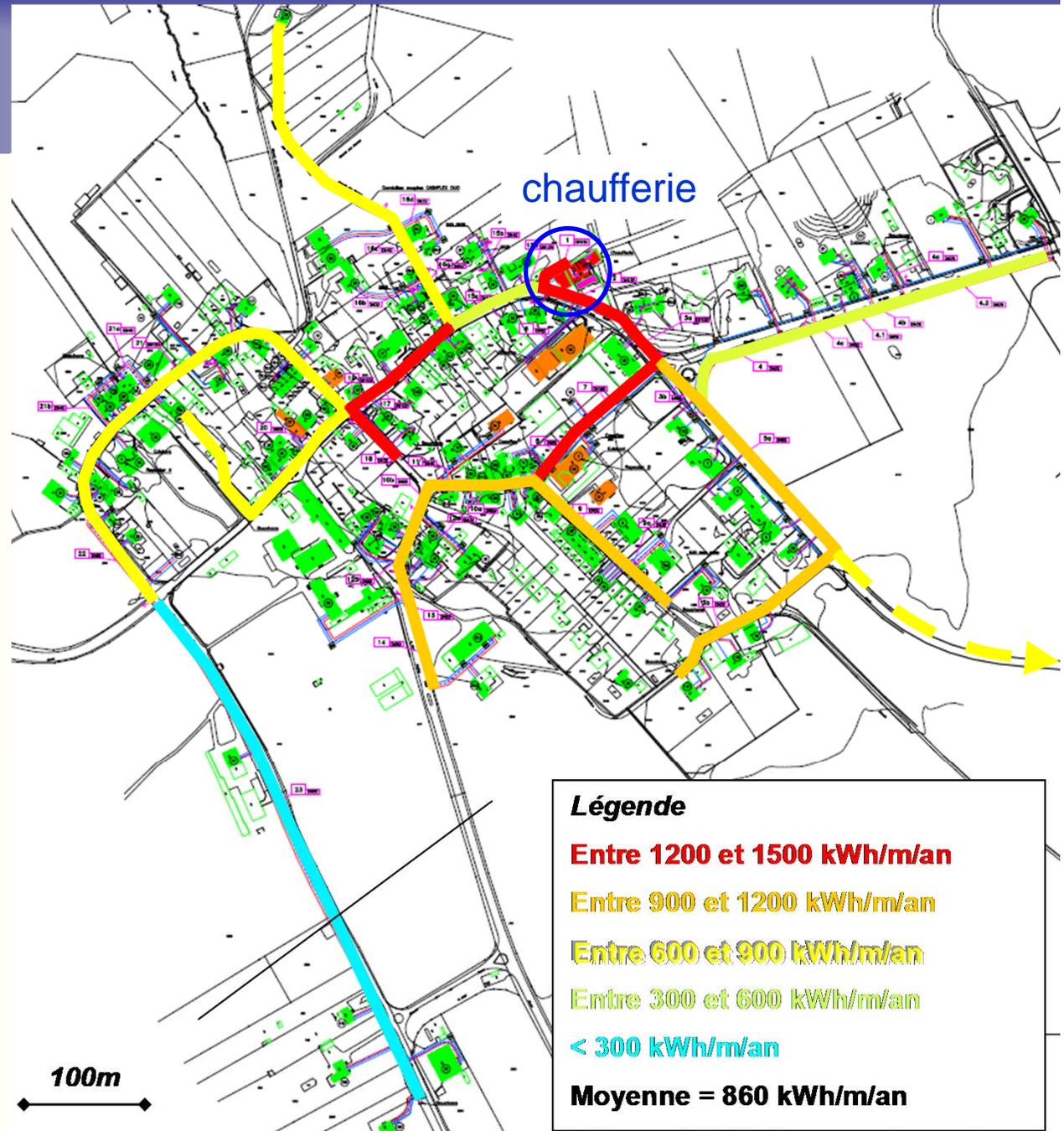


Rapport d'enquête sur les réseaux de chaleur au bois (CIBE), 2009

# Densité réseau

## ■ Cas du CAD au bois de Cartigny

Densité CABC :  
0.86 MWh/m/an  
→ **FAIBLE**  
Densité moyenne  
réseaux suisses :  
~4 MWh/m/an



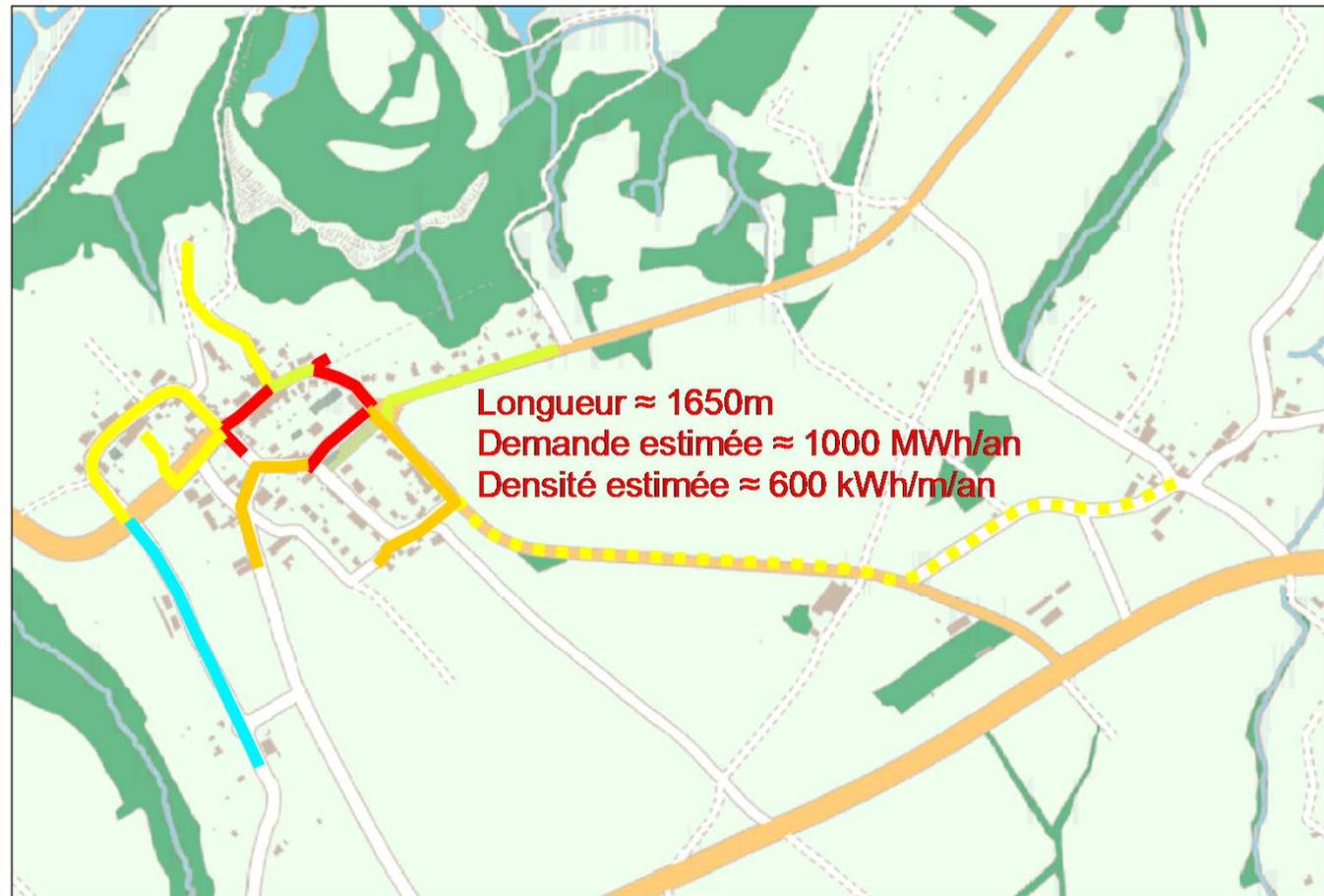
# Densité réseau

## ■ Projet d'extension du réseau jusqu'à La Petite Grave

→ Objectif : mieux utiliser la capacité des chaudières

→ 1.65 km de réseau pour 1 potentiel max de 1 GWh/an

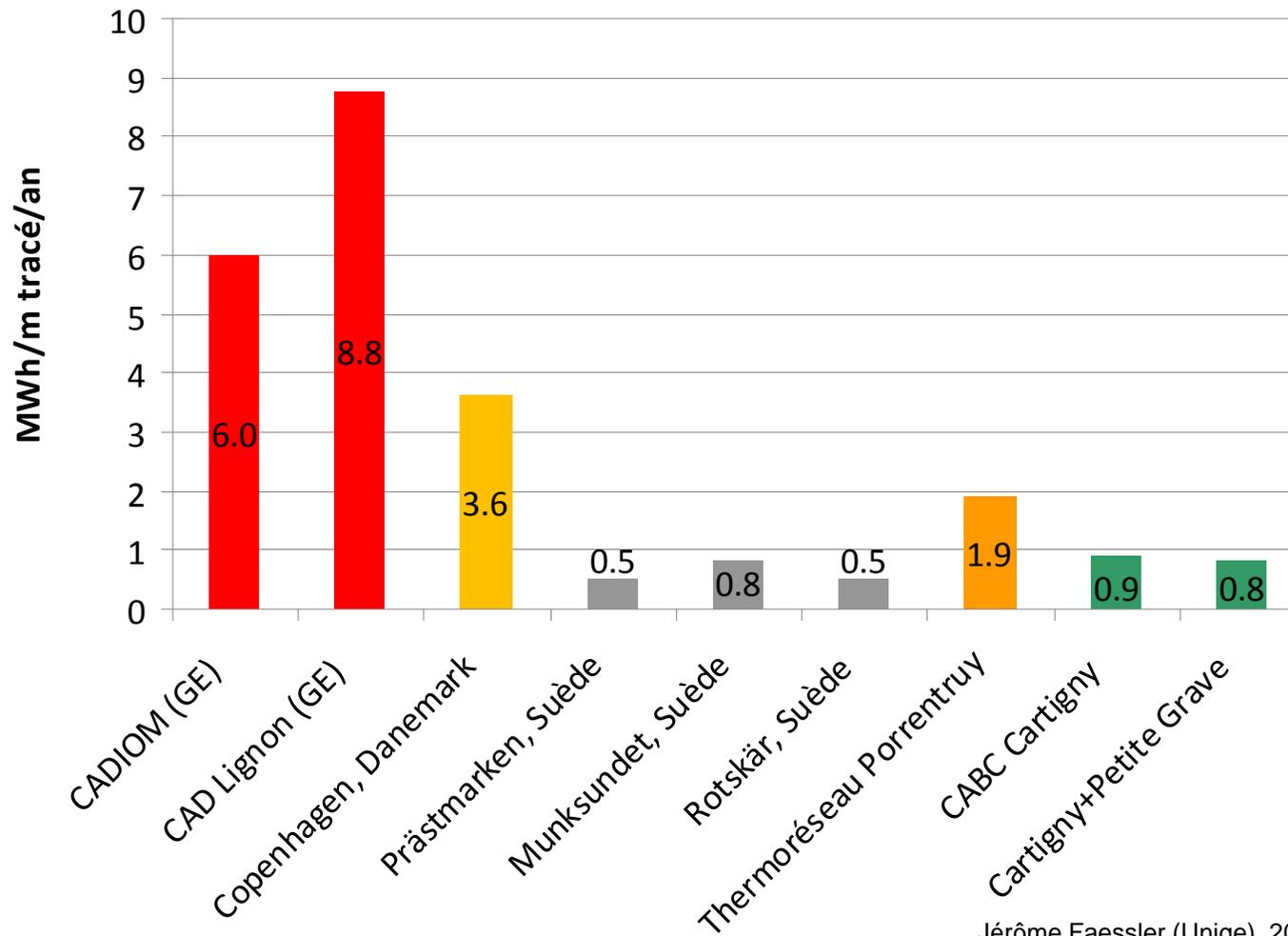
Densité CABC  
avant extension :  
0.86 MWh/m/an  
Densité CABC  
après extension :  
0.8 MWh/m/an  
→ encore plus faible



# Densité réseau

## ■ Comparaison avec d'autres réseaux

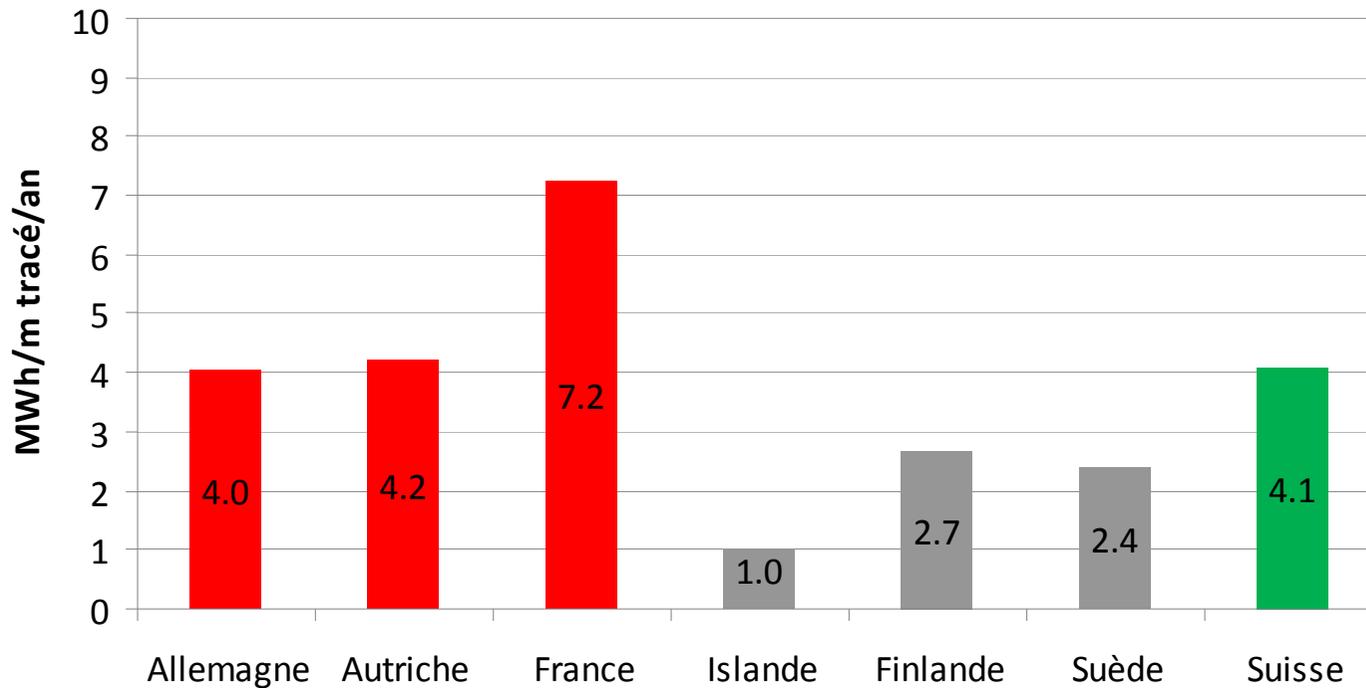
### Vente annuelle d'énergie de quelques réseaux (MWh/m/an)



# Densité réseau

## ■ Comparaison avec d'autres pays

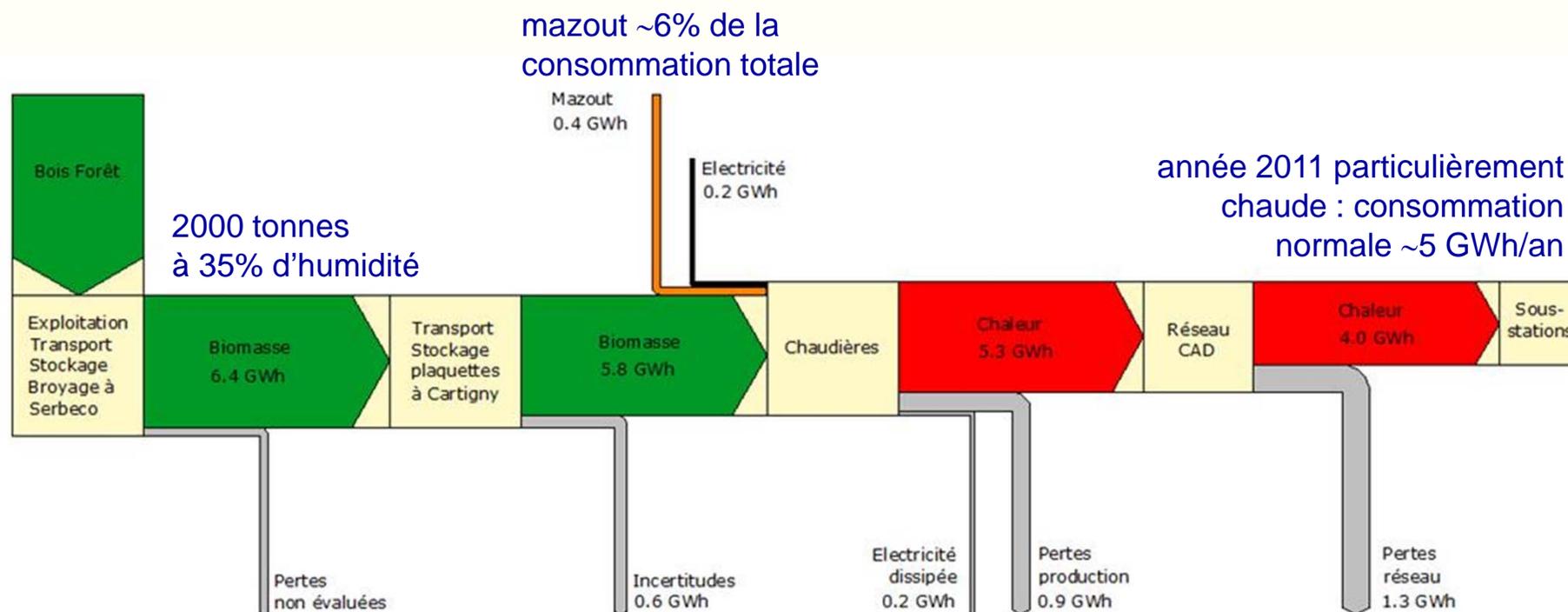
Vente annuelle d'énergie du réseau  
moyenne par pays (MWh/m/an)



Jérôme Faessler (Unige), 2013

# Bilan énergétique sur l'année 2011

## ■ Diagramme de flux Cartigny (année 2011)

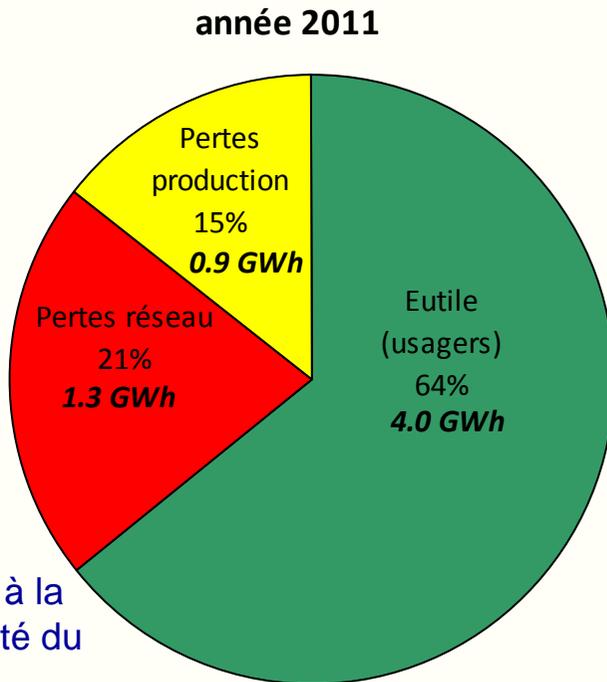


année 2011 particulièrement  
chaude : consommation  
normale ~5 GWh/an

incertitudes :  
-humidité du bois  
-rendement des chaudières  
-remplissage des silos

# Bilan énergétique sur l'année 2011

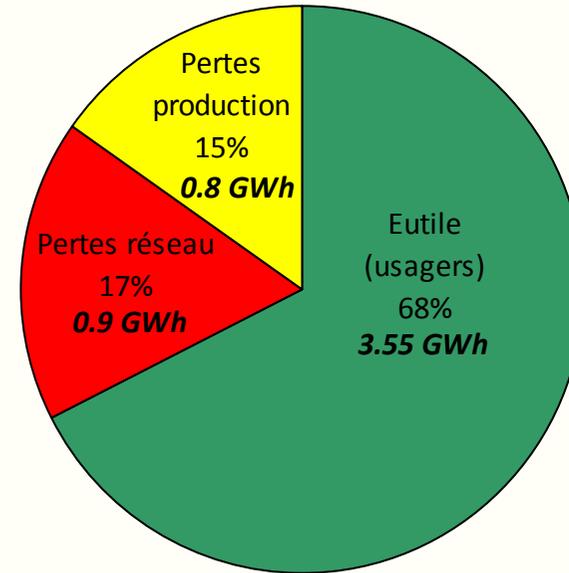
## ■ Répartition des pertes (année 2011)



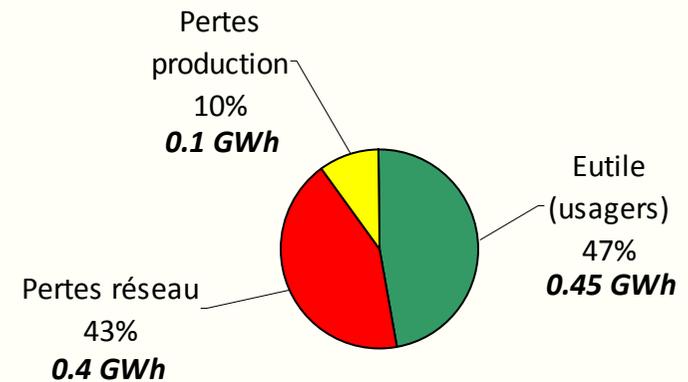
importance des pertes réseau liée à la faible densité du réseau

**rendement global annuel installation = 64%**

hiver (oct-avril)

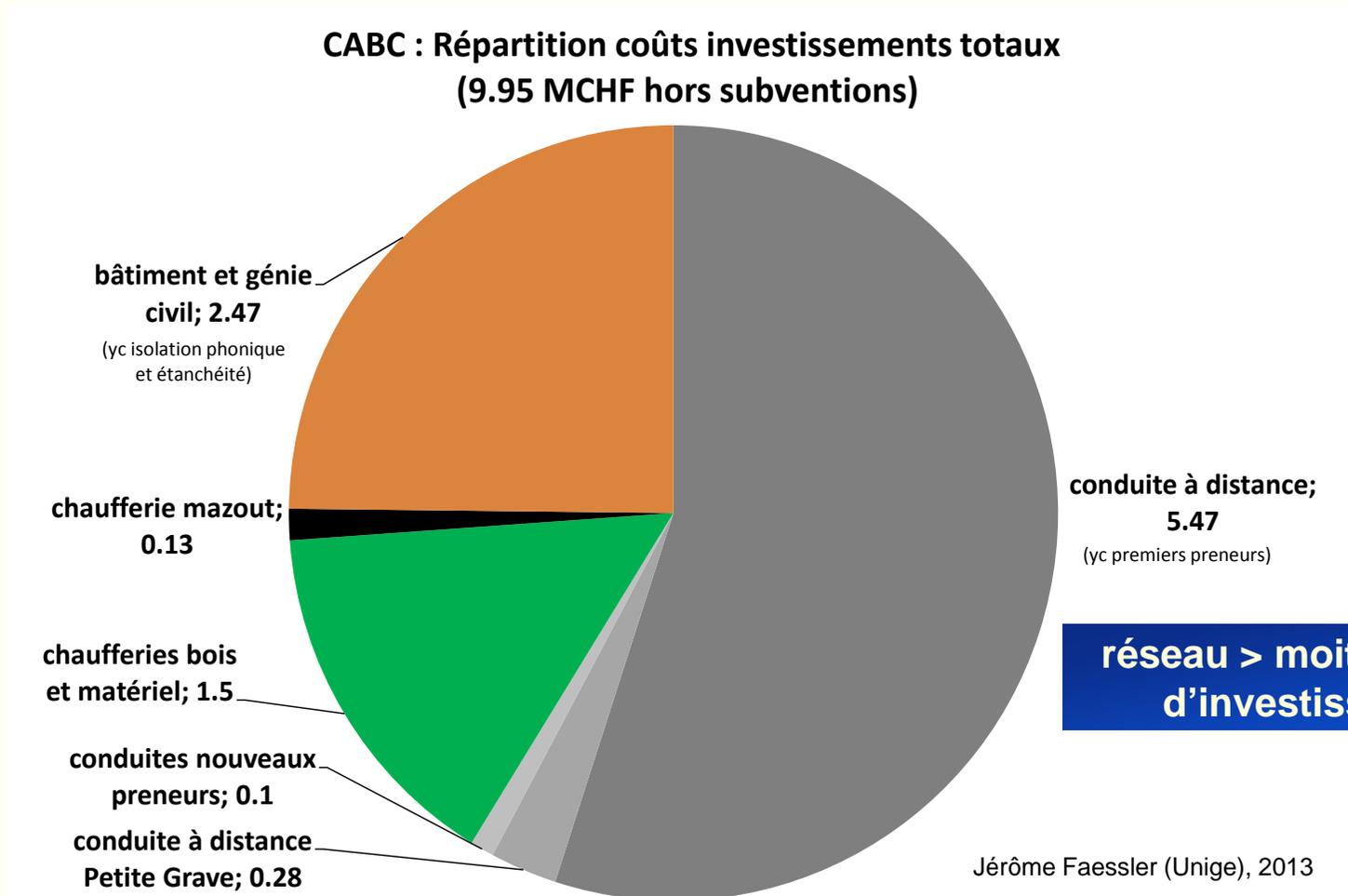


été (mai-sept)



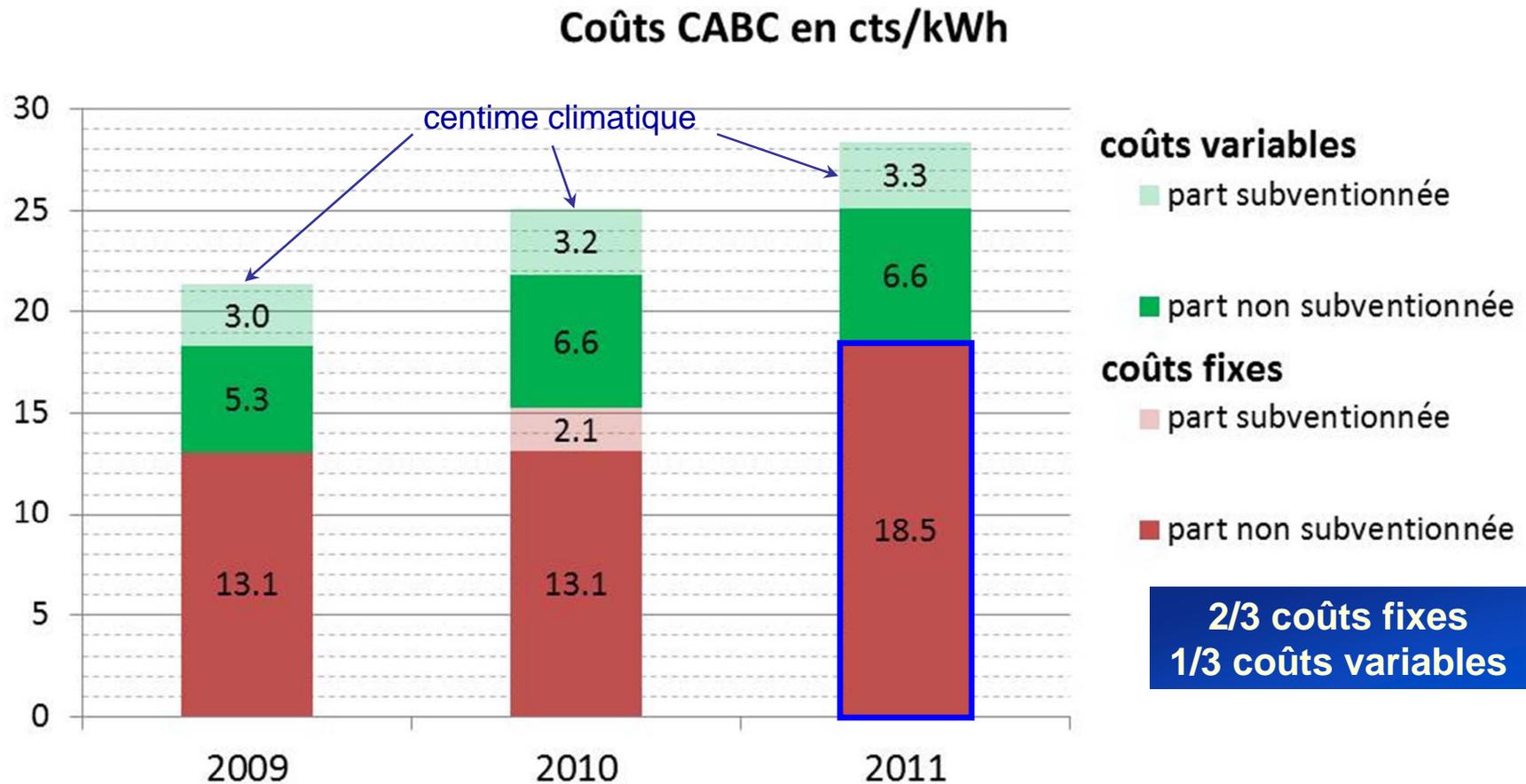
# Investissements

## ■ Retour d'expérience sur le CAD au bois de Cartigny



# Coût de la chaleur produite

## ■ Retour d'expérience sur le CAD au bois de Cartigny



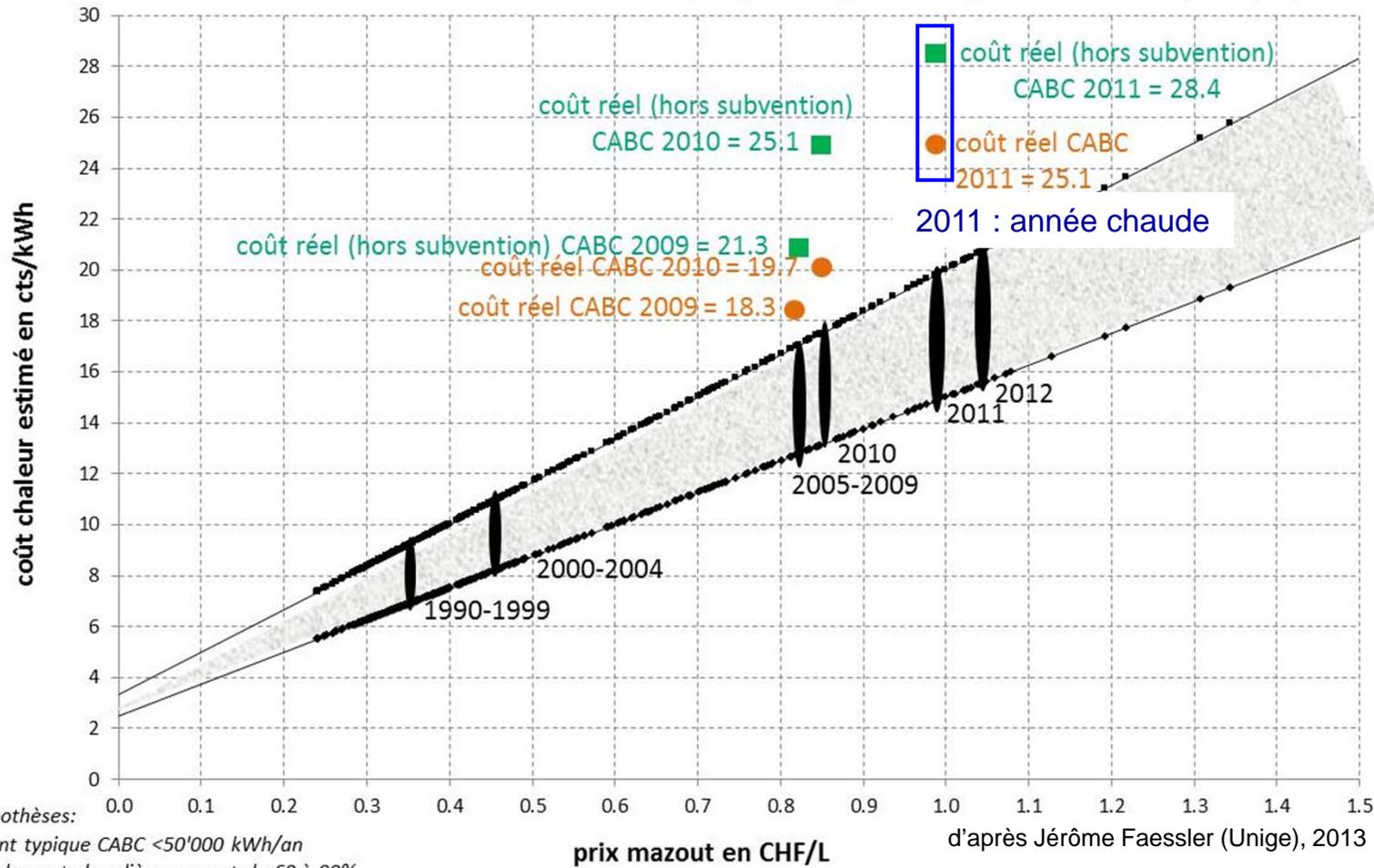
Jérôme Faessler (Unige), 2013

2011 : moins de kWh vendus  
→ coût part fixe au kWh plus élevé

# Coût de la chaleur produite

## ■ Comparaison avec le coût de la chaleur mazout

Coût chaleur CABC et mazout(cts/kWh) selon prix mazout (CHF/L)



hypothèses:

client typique CABC <50'000 kWh/an

rendement chaudière mazout de 60 à 80%

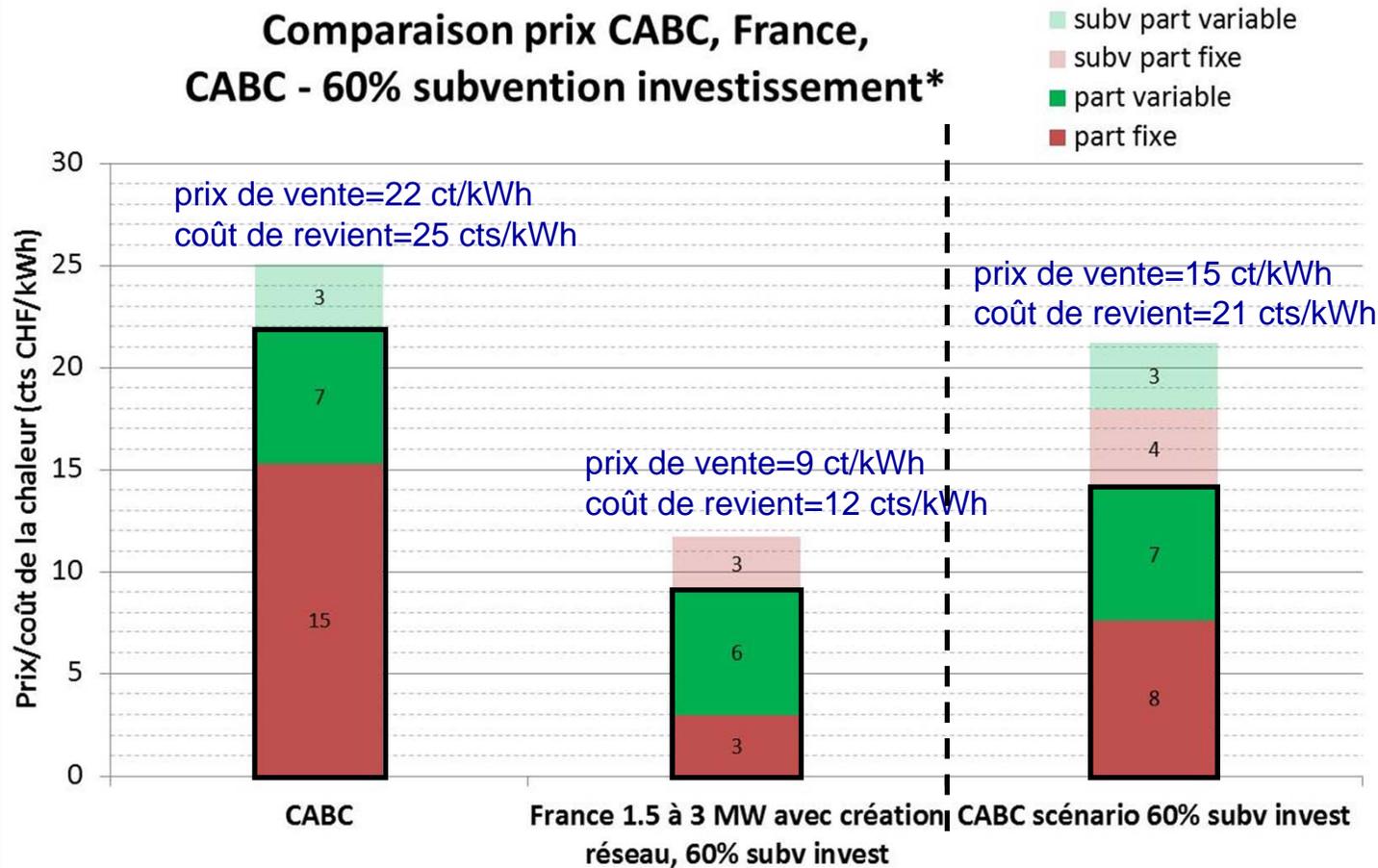
coûts fixes mazout de 2 cts/kWh

(pour une quantité comprise entre 3001 et 6000 litres - source OCSTAT)

d'après Jérôme Faessler (Unige), 2013

# Coût de la chaleur produite

## ■ Comparaison avec la France, influence du taux de subvention et de la densité réseau



**Impact majeur des subventions à l'investissement**

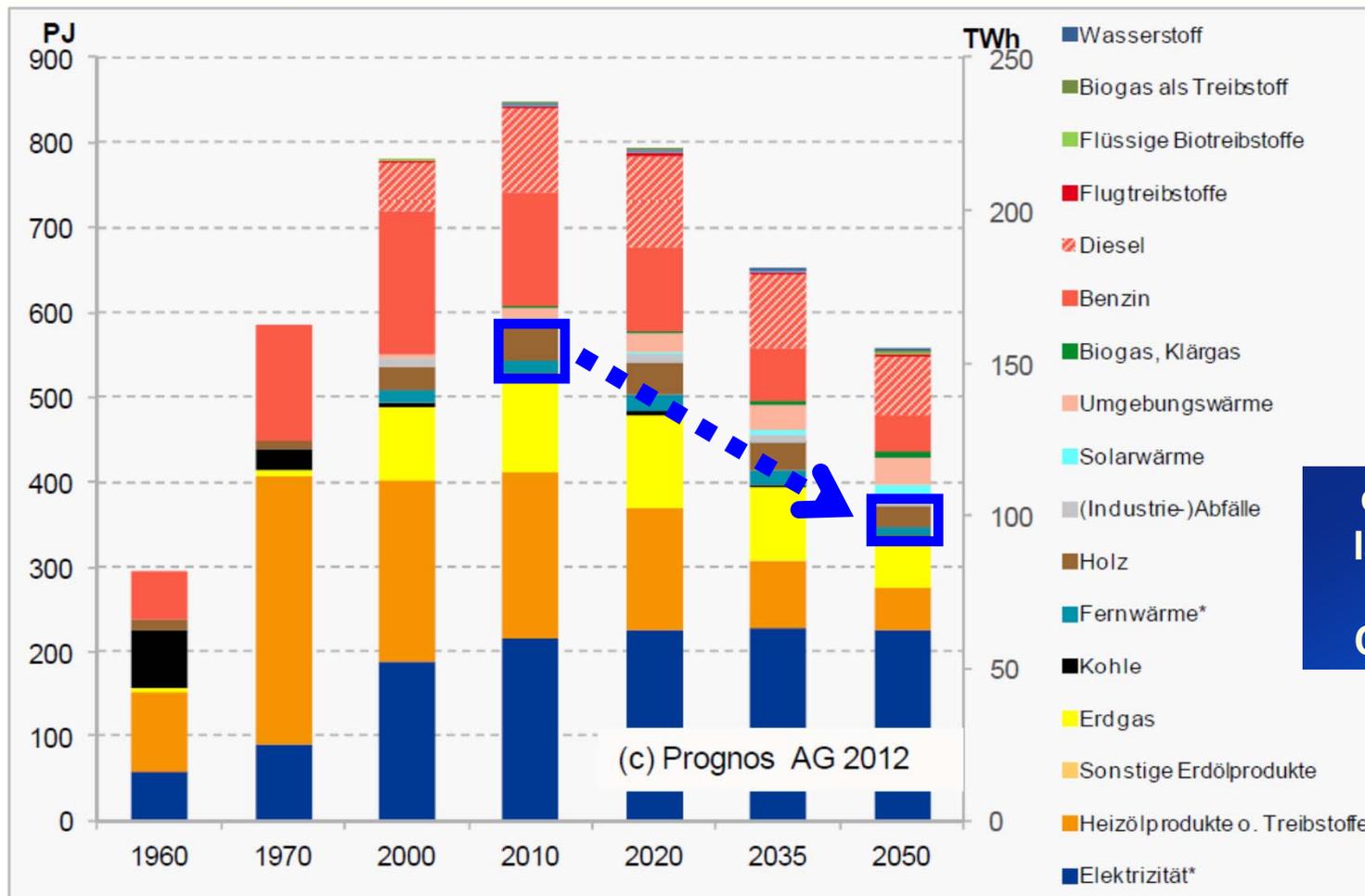
**Poids de la densité réseau dans le coût de revient**

- France (1.5 à 3 MW) : ~3 MWh/m/an
- CABC : 0.9 MWh/m/an

\*avec un taux de change de 1.6  
d'après Jérôme Faessler (Unige), 2013

# Conditions cadres pour le développement du CAD au bois

- **Nécessité d'un cadre institutionnel favorable → volonté politique**
- **Stratégie énergétique 2050 : place du bois et des CAD pas claire**



**diminution de la contribution du bois et du CAD à terme ?**

Graphique 2: Composition de la consommation finale d'énergie (sans la consommation de carburant du trafic aérien international) jusqu'en 2020, 2035, 2050 sur la base du présent paquet de mesures du DETEC (source: Prognos)

# Conditions cadres pour le développement du CAD au bois

- **Nécessité d'un cadre institutionnel favorable → volonté politique**
  - **Stratégie énergétique 2050 : place du bois et des CAD pas clair**
  - **Promotion des énergies renouvelables thermiques = compétence déléguée aux cantons : pas de conditions cadres fédérales**
  - **Dispositif de subventionnement : nécessité d'un fonds alimenté pour le développement des réseaux thermiques**

# Subventions

## ■ Taux de subvention à l'investissement observés :

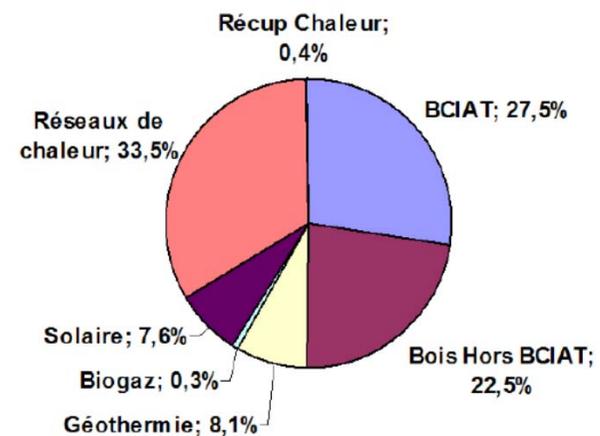
- CABC Cartigny : 1.5% (2008)
- Thermoréseau Porrentruy : 9% (1999) + prêt à taux 0 sur 40% du montant de l'investissement
- France (fonds chaleur) : ~50% (2009-2011)
  - **Nécessité d'un cadre de subventionnement en Suisse pour le développement des réseaux thermiques (pas seulement au bois)**

## ■ Fonds chaleur ADEME :

- 230 M€/an pour la promotion des énergies renouvelables thermiques (collectivités et entreprises)
- objectif : prix de vente de la chaleur <5% aux énergies conventionnelles
- conditions subv. réseau : >50% EnR, densité >1.5 MWh/m/an

**33% création/extension  
réseaux de chaleur  
50% biomasse**

## Répartition des aides ADEME sur les opérations d'investissement 2009-2011



Michel Cairey-Remonnay (ADEME), 2012

# Subventions

## ■ Programmes d'encouragement cantonaux dans le domaine de l'énergie

→ 130 MCHF/an pour le développement des énergies renouvelables, l'utilisation des rejets de chaleur et les techniques du bâtiment (particuliers et collectivités)

2009-2011	Programmes cantonaux (CH)	Fonds chaleur (F)
enveloppe	130 MCHF/an	230 M€=275 MCHF/an
part dvpt CAD bois (part totale bois)	<5% (10-15%)	>50% (>80%)
en CHF/an	~6 MCHF/an	~140 MCHF/an
en CHF/hb/an	0.75 CHF/hb/an	2.2 CHF/hb/an

## ■ Nécessité d'un fonds alimenté

→ augmentation de la taxe sur les combustibles proposée en 1975 et 1986  
2 et 3.5 cts/L mazout (refusé les 2 fois)

- aurait permis de constituer un fonds de 150 MCHF/an (<20 CHF/hb/an)

→ ex. du Danemark : dès les années 80, politique de développement des RC (obligation de connexion), taxe sur les combustibles depuis 1986

- 60% des citoyens desservis par un RC, développement massif des CCF

# Conditions cadres pour le développement du CAD au bois

- **Nécessité d'un cadre institutionnel favorable → volonté politique**
  - Stratégie énergétique 2050 : place du bois et des CAD pas clair
  - Promotion des énergies renouvelables thermiques = compétence déléguée aux cantons : pas de conditions cadres fédérales
  - Dispositif de subventionnement : nécessité d'un fonds alimenté pour le développement des réseaux thermiques
  - Cadre réglementaire

# Emissions atmosphériques

## ■ Comparaison des valeurs limites d'émissions en France et en Suisse

→ CO, NOx : semblable en France et en Suisse

→ poussières : VLE en mg/Nm<sup>3</sup> à 11% O<sub>2</sub> dans les fumées

	70 kW	500 kW	1 MW	2 MW	4 MW	10 MW	20 MW
<b>France*</b>	- (Label Flamme verte)			150	100	100, 50 si aggro > 250000 hb	33
<b>Suisse**</b>	-	63	25	20		10	

\* en cours de durcissement

\*\* depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2012

- France : multicyclone encore suffisant si P < 4 MW
- Suisse : électrofiltre ou filtre à manche obligatoire dès 70 kW

**surcoût 20 à 100%**

# Conditions cadres pour le développement du CAD au bois

## ■ Nécessité d'un cadre institutionnel favorable → volonté politique

- Stratégie énergétique 2050 : place du bois et des CAD pas clair
- Promotion des énergies renouvelables thermiques = compétence déléguée aux cantons : pas de conditions cadres fédérales
- Dispositif de subventionnement : nécessité d'un fonds alimenté pour le développement des réseaux thermiques
- Cadre réglementaire

## ■ Organisation de la filière

- Associations faitières fortes dans le domaine du bois et du CAD
  - meilleure diffusion des bonnes pratiques (techniques et économiques)
  - lobbying
    - cf. France : CIBE (bois-énergie) / AMORCE, Via Seva, SNCU (CAD)
- Structuration des professionnels
  - exploitants spécialisés, contracting
  - généralisation du Quality Management dès la conception
- Ressource bois

# Conclusions

## ■ Retour d'expérience sur Cartigny

- Les chaudières fonctionnent au mieux
- Rendement global moyen (65%) à cause des pertes réseau (20%)
- Pb intrinsèque à l'installation : densité réseau trop faible
  - 0.9 MWh/m/an pour un seuil de rentabilité à 1.5
  - se ressent sur le coût de la chaleur produite (25 cts/kWh, après subvention 22 cts/kWh)
- Enseignements à tirer
  - dimensionnement de la chaudière bois à 50% de la Pmax, exploiter la complémentarité entre les énergies
  - chercher des densités réseau >1.5 MWh/m/an

## ■ Conditions cadres pour le développement du CAD au bois

- Meilleur partage du savoir-faire / exploitants spécialisés
- Nécessité d'un cadre de subventionnement via un fonds alimenté pour les réseaux thermiques dans l'objectif d'atteindre des taux de subvention significatifs

## Pour en savoir plus

### ■ Politiques : documents OFEN

- « Analyse de l'efficacité des programmes cantonaux d'encouragement dans le domaine de l'énergie », 2012
- « Rapport explicatif concernant la stratégie énergétique 2050 », 2012

### ■ Statistiques : rapports OFEN

- « Statistique suisse des énergies renouvelables 2011 » (all), 2012
- « Statistique suisse sur le bois énergie 2011 » (all), 2012
- « Statistique globale suisse de l'énergie 2011 », 2012

### ■ Ressource : rapports OFEV

- « Annuaire La forêt et le bois », 2012
- « Potentiel d'exploitation du bois dans les forêts suisses », 2011
- « Politique forestière 2020 », 2011

### ■ France

- Enquête CIBE « Les réseaux de chaleur au bois », 2009
- Enquête AMORCE « Les réseaux de chaleur au bois en 2010 », 2011
- Rapport ADEME « Fonds chaleur, bilan et perspectives », 2011

### ■ A venir

- ***Rapport final Audit'bois, publié sur notre site internet***