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

UNIVERSITÉ DE GENÈVE
INSTITUT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

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 triticale
sorgho canne à sucre

arbres
saule peuplier
eucalyptus acacia

uvelles »
niscanthus
witchgrass

industrie du bois
écorces sciure/granulés
palettes cagettes

exploitation forestière
plaquettes résidus
d'entretien (rémanents)

DECHETS ORGANIQUES

verts

agriculture
lisiers fumiers

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

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)				
		BRUT	ACCES-SIBLE	MOBILI-SABLE	*DÉJÀ MOBILISE ENERGIE*	*DÉJÀ MOBILISE MATIERE*
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*	
SOMME	**GWh**	**3'370**	**2'233**	**118 à 481**	***310***	***1'849***

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 supplé-mentaire 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
Total	**4.3**	**9.7**	**2**	**4.3**	**6.3**	**14.0**

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

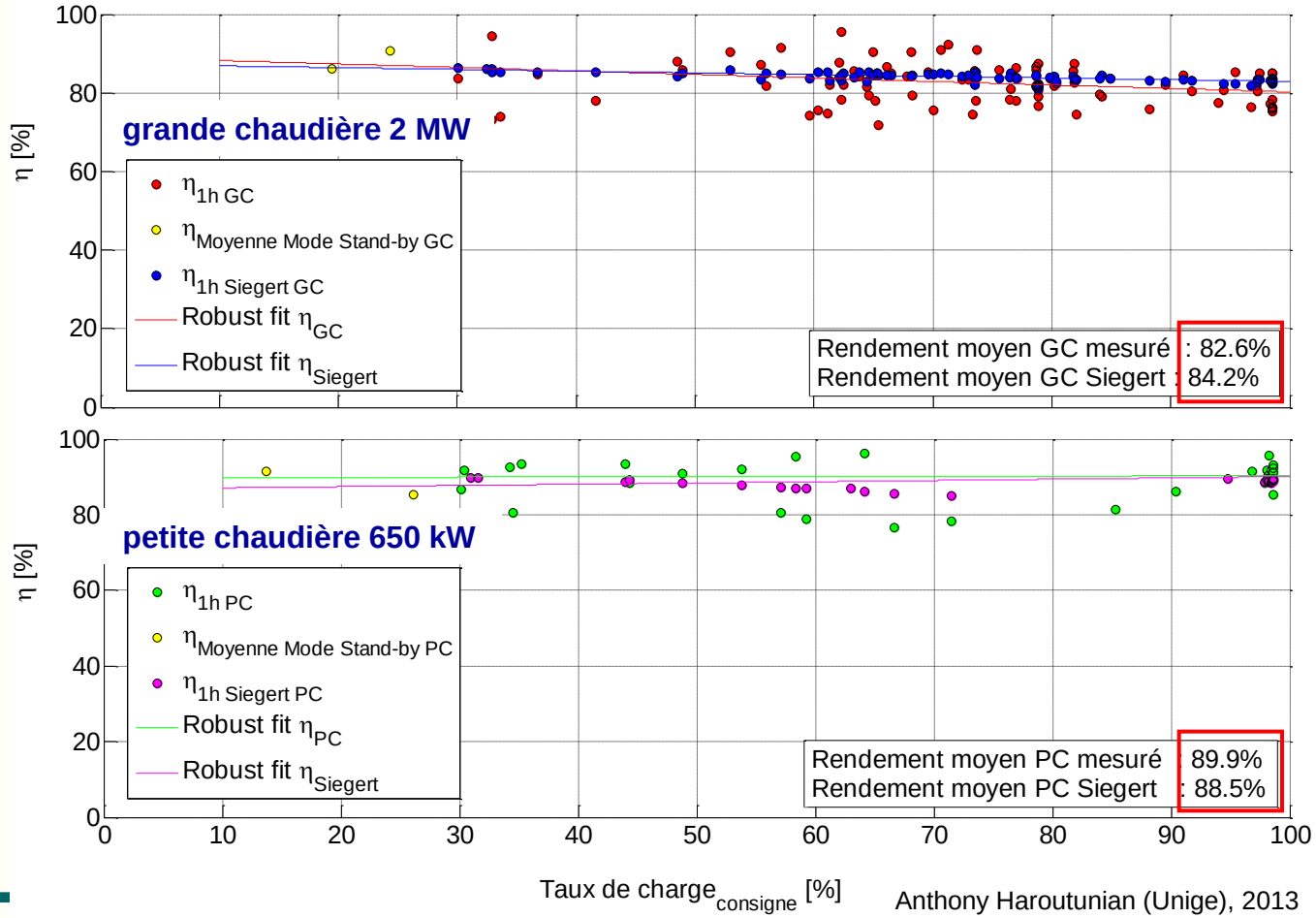
- **Retour d'expérience sur le CAD au bois de Cartigny (CABC)**
  - ➔ **2 chaudières bois (2 MW et 650 kW), 1 chaudière mazout de secours**
  - ➔ **mise en service en 2008**
  - ➔ **5.8 km de réseau, ~120 raccordements (essentiellement villas)**
  - ➔ **énergie vendue : 5 GWh/an, prix prévu : 14 cts/kWh**
  - ➔ **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**

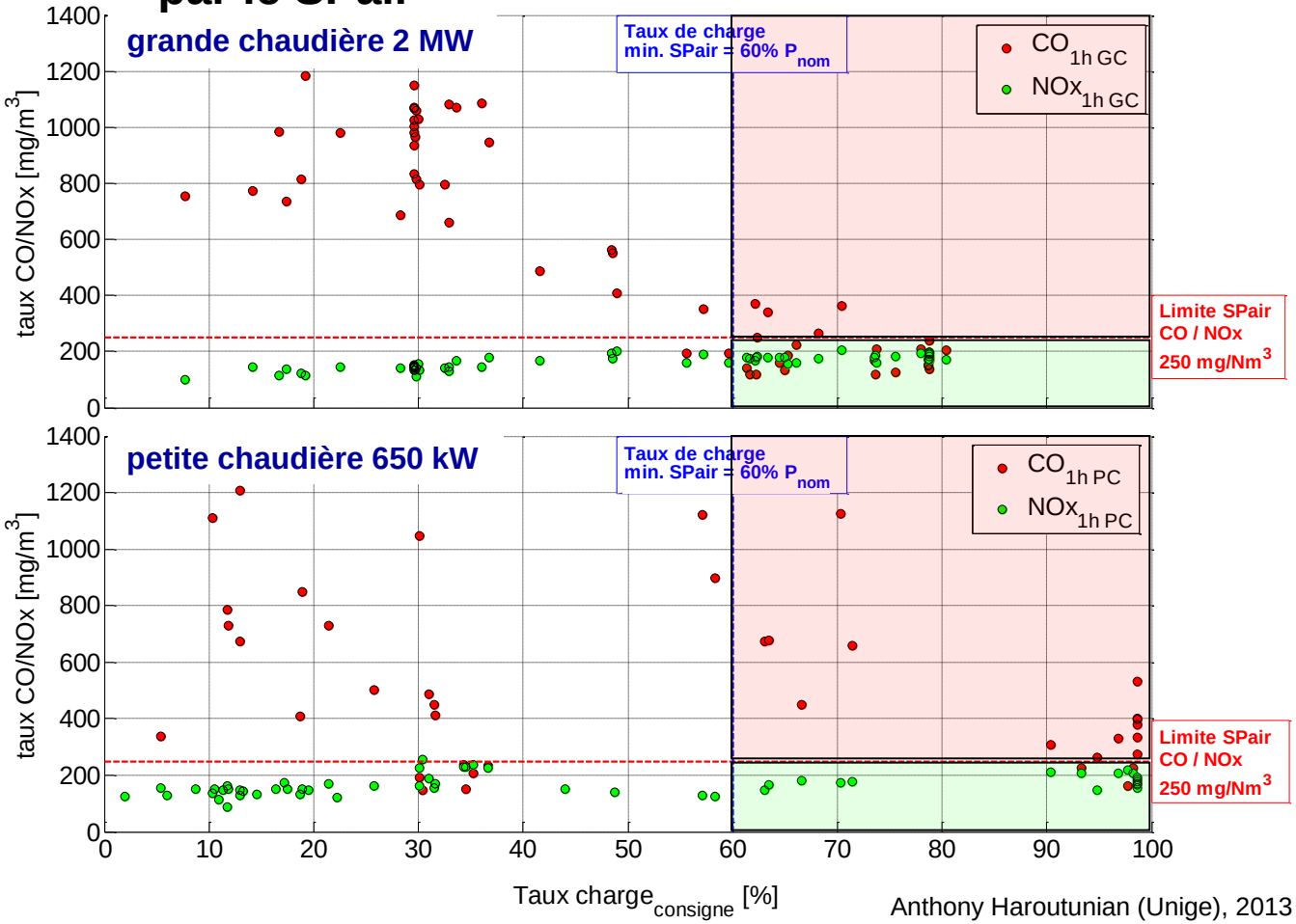


Rendement constant sur toute la plage de fonctionnement

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 simultané par le SPair**



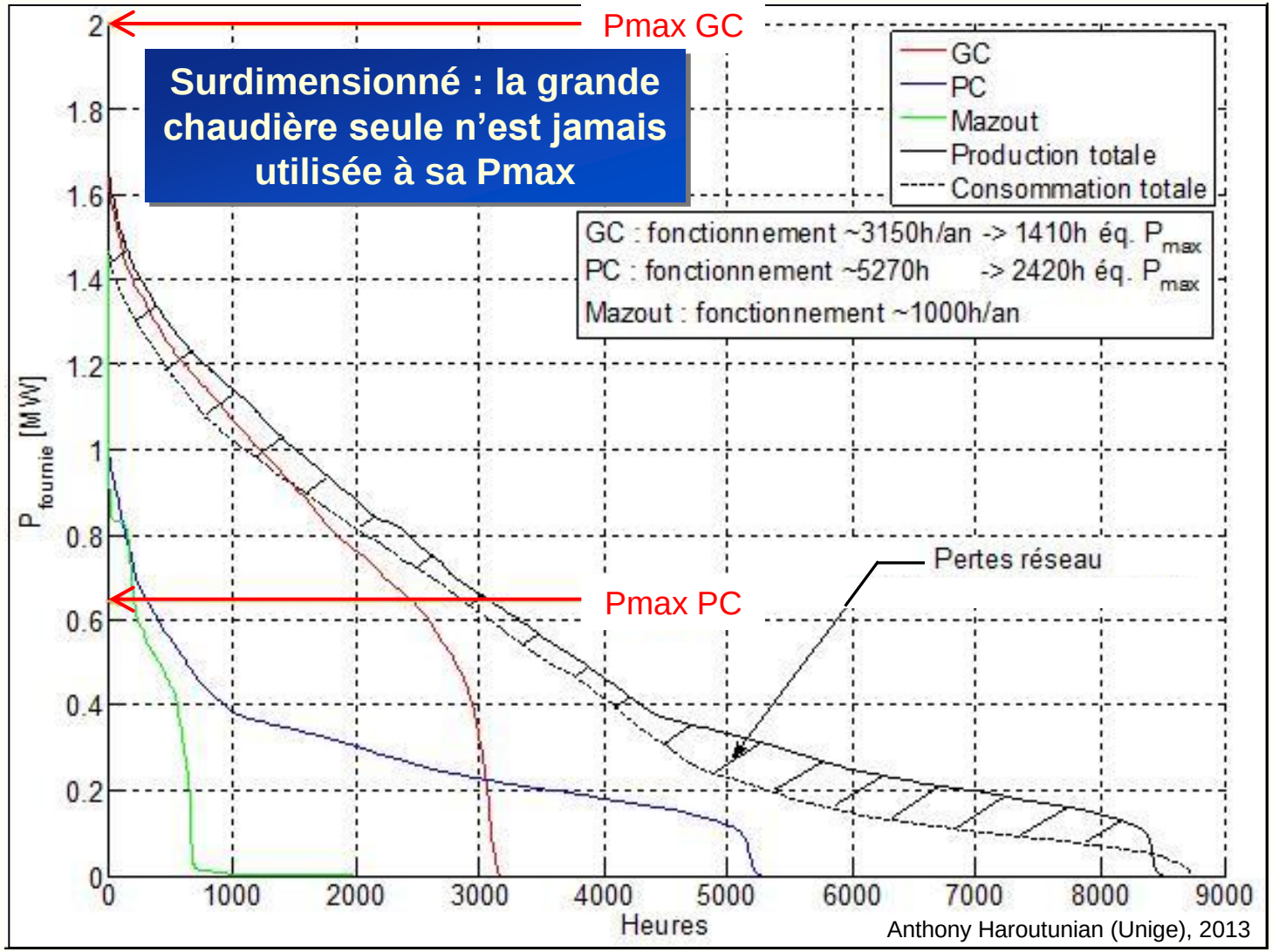
Emissions NOx
-OK pour les deux chaudières

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

Anthony Haroutunian (Unige), 2013

Analyse du dimensionnement

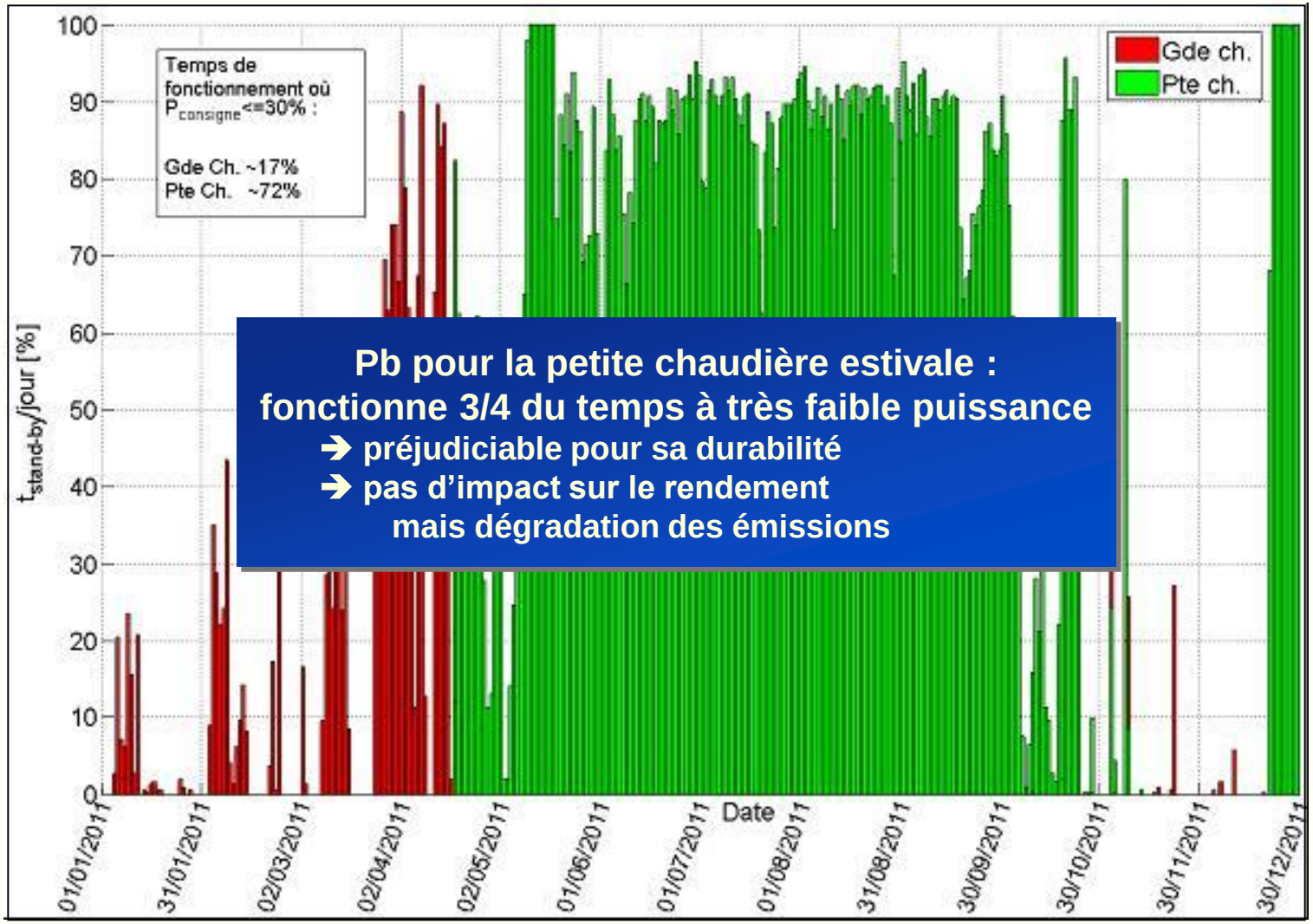
- **Courbes classées (année 2011)**



Anthony Haroutunian (Unige), 2013

Impact sur le fonctionnement des chaudières

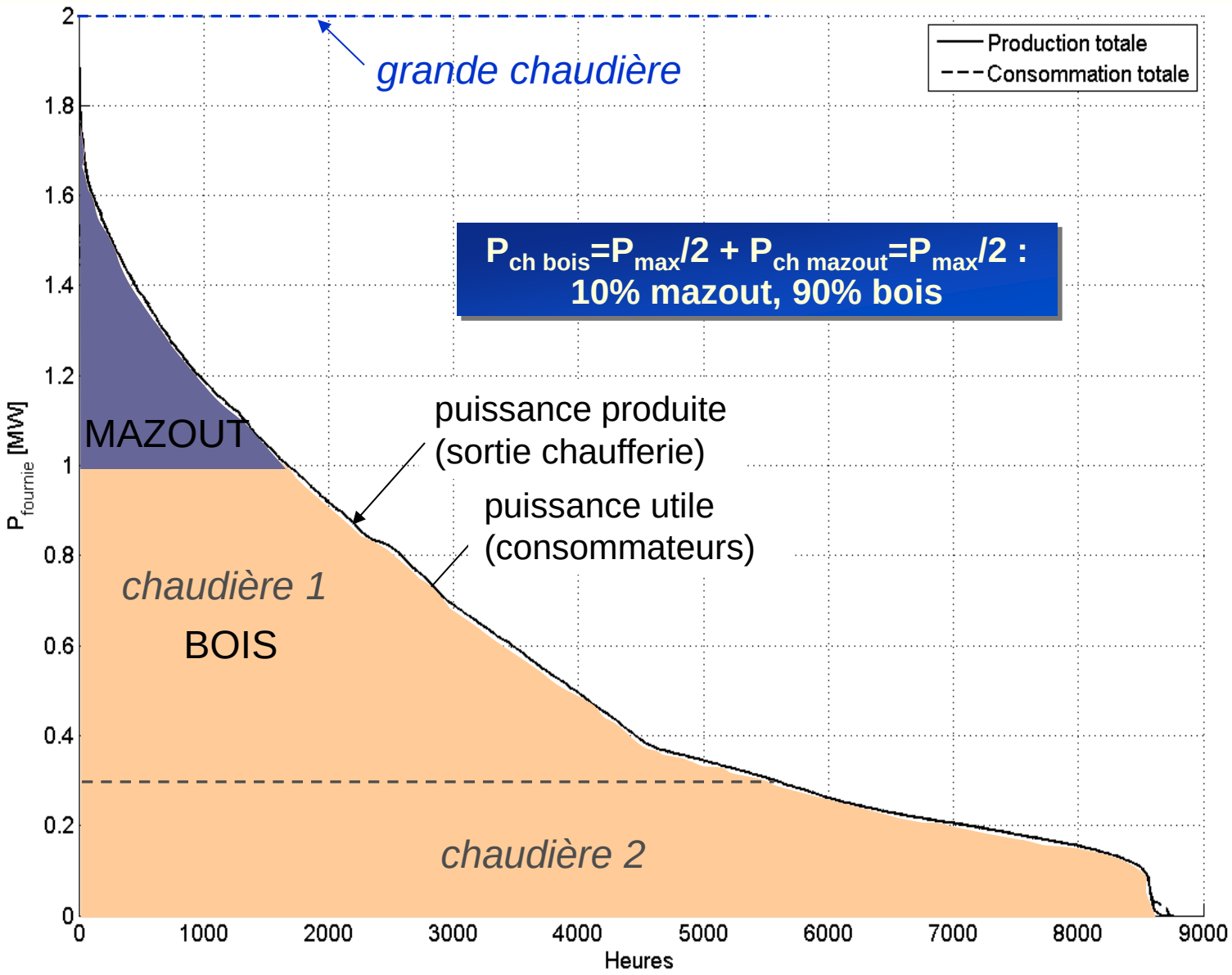
- **Temps de fonctionnement des chaudières en mode stand-by/30%**



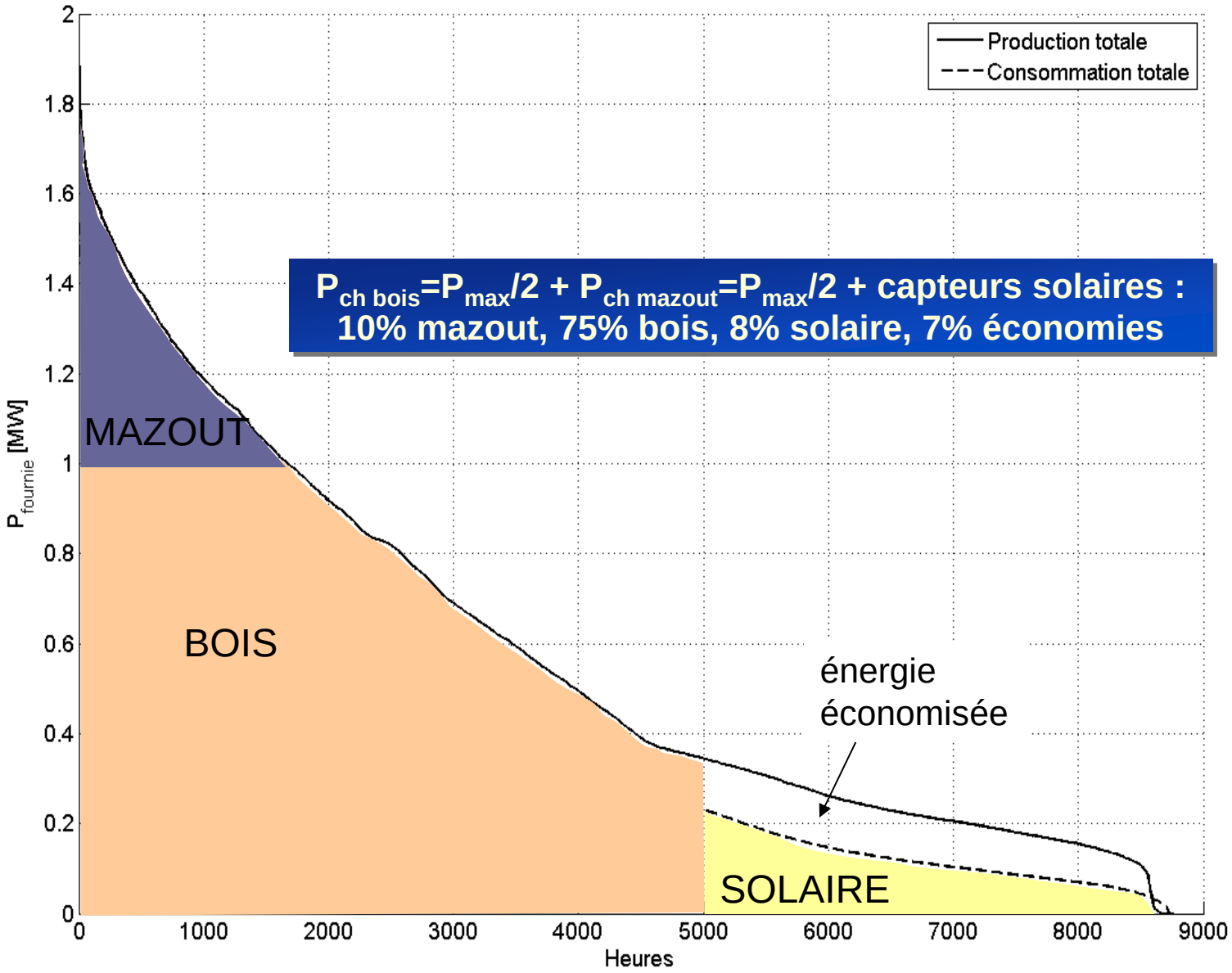
Pb pour la petite chaudière estivale :
fonctionne 3/4 du temps à très faible puissance
- ➔ **préjudiciable pour sa durabilité**
- ➔ **pas d'impact sur le rendement**
  mais dégradation des émissions

Anthony Haroutunian (Unige), 2013

Bonnes pratiques

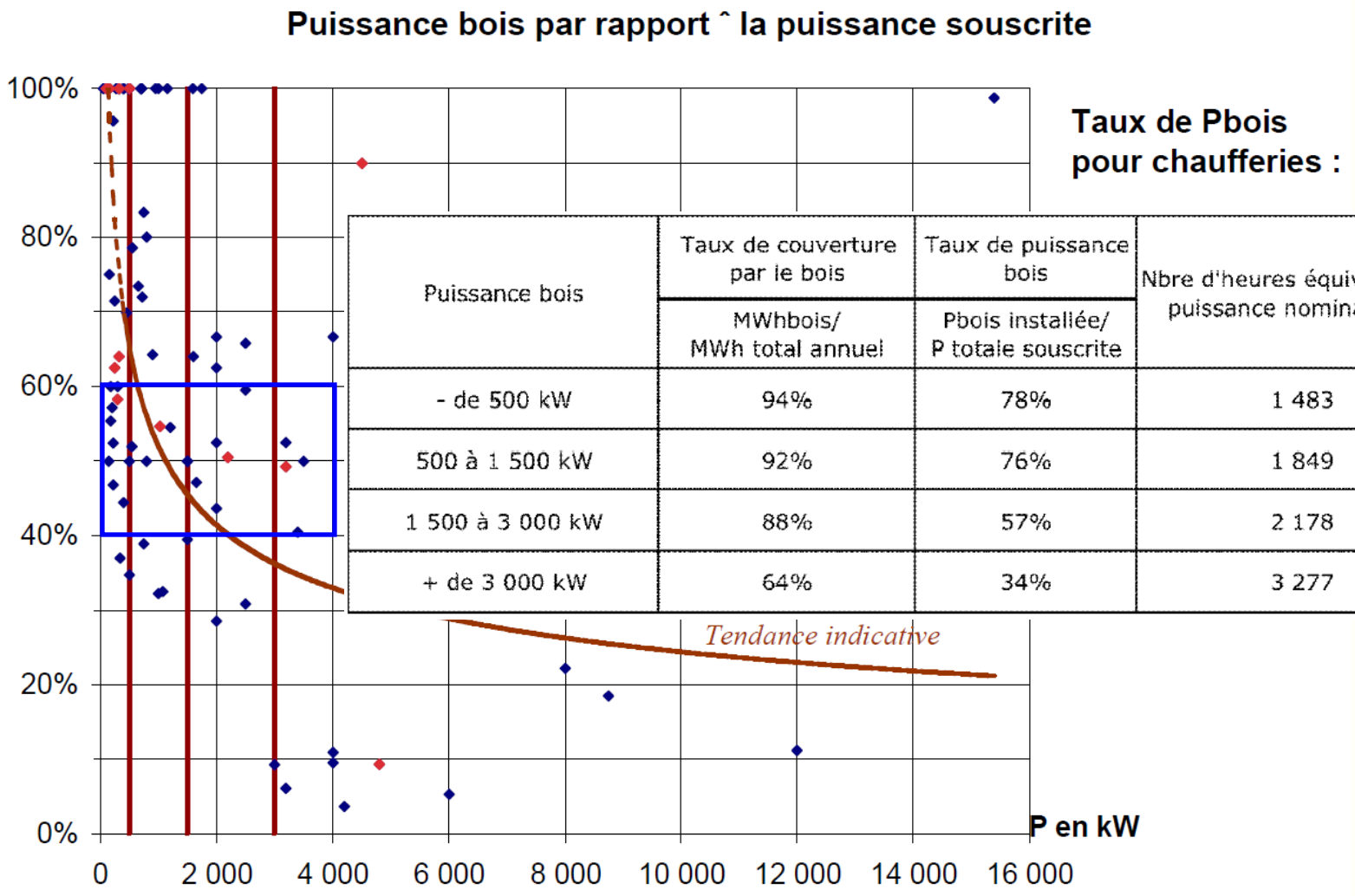


Complémentarité entre les énergies



Bonnes pratiques

Dimensionnement des chaudières bois sur les réseaux français



Taux de Pbois pour chaufferies :

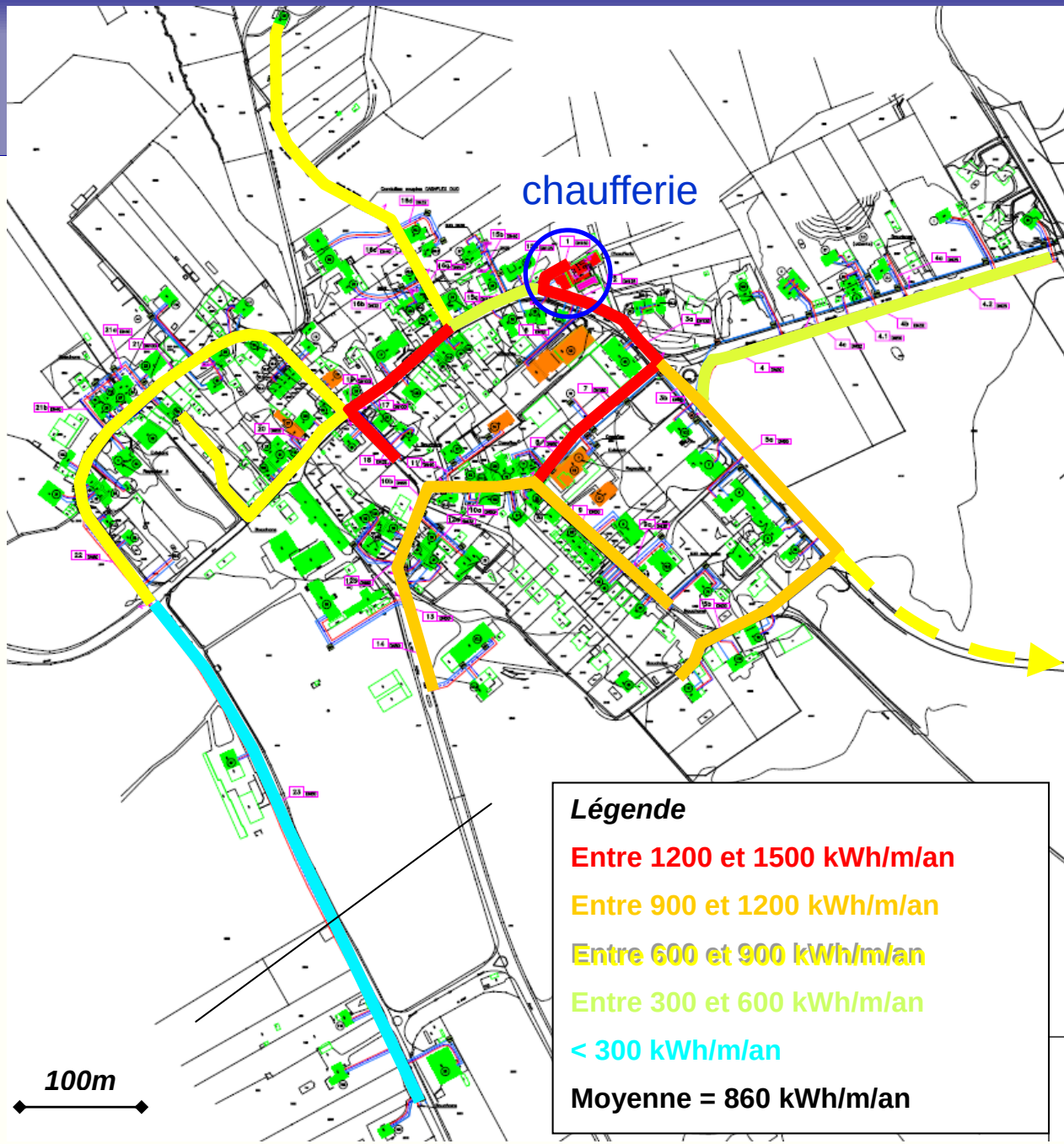
Puissance bois	Taux de couverture par le bois	Taux de puissance bois	Nbre d'heures équivalentes à puissance nominale bois
	MWhbois/ MWh total annuel	Pbois installée/ P totale souscrite	
- de 500 kW	94%	78%	1 483
500 à 1 500 kW	92%	76%	1 849
1 500 à 3 000 kW	88%	57%	2 178
+ de 3 000 kW	64%	34%	3 277

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

Densité réseau

- **Cas du CAD au bois de Cartigny**

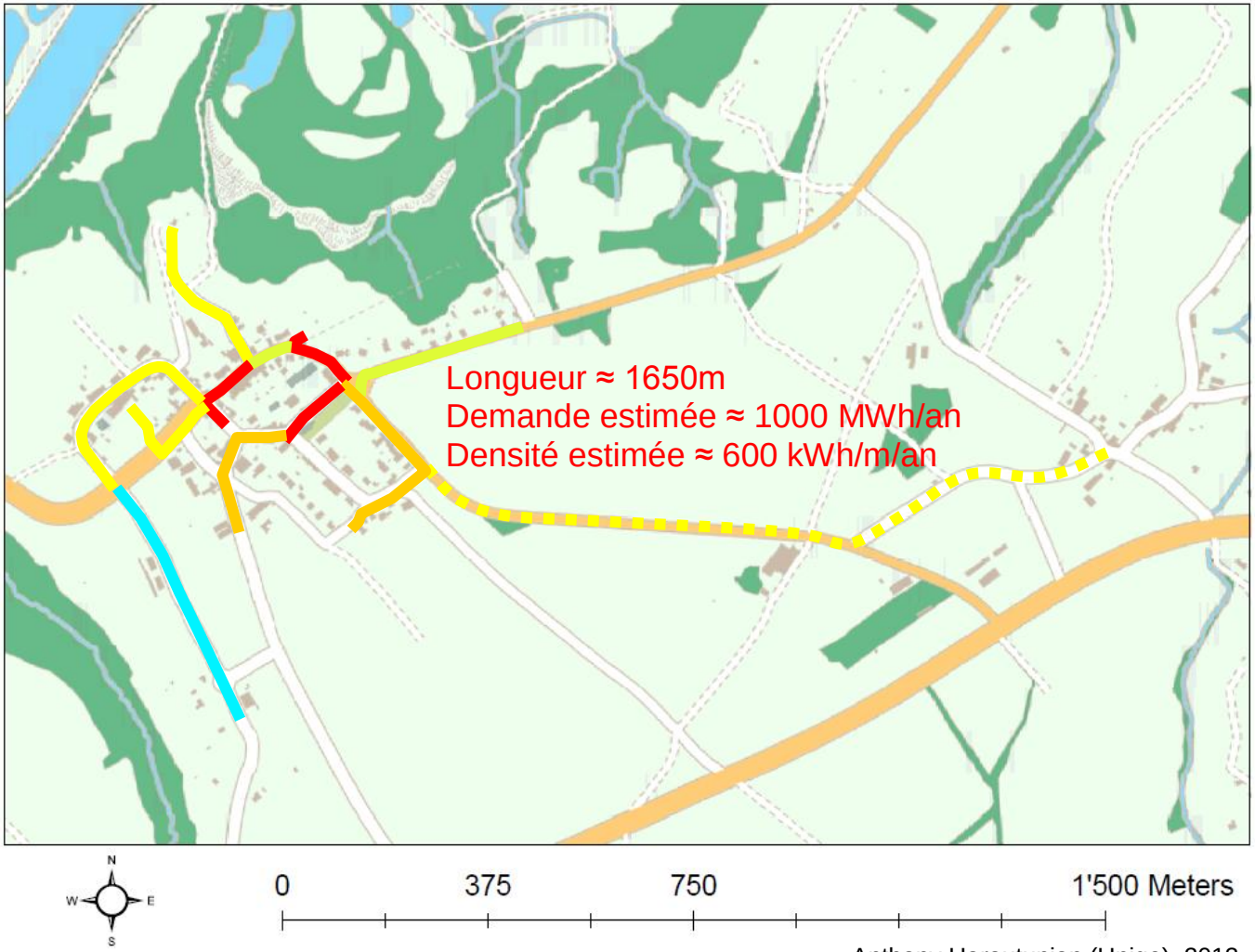
Densité CABC :
0.86 MWh/m/an
➔ FAIBLE
Densité moyenne réseaux suisses :
~4 MWh/m/an



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**

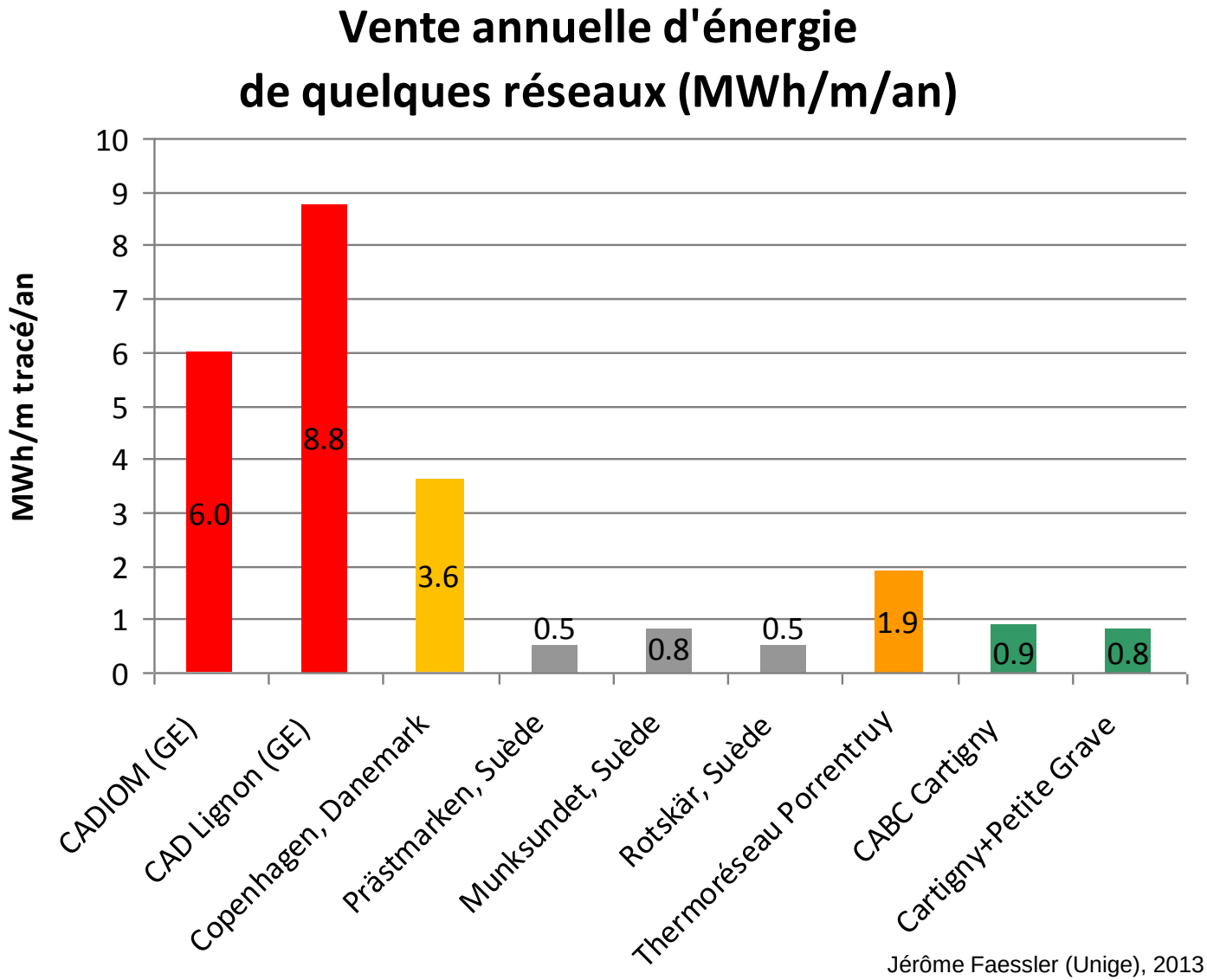
Densité CABC avant extension :
0.86 MWh/m/an
Densité CABC après extension :
0.8 MWh/m/an
➔ encore plus faible



Anthony Haroutunian (Unige), 2013

Densité réseau

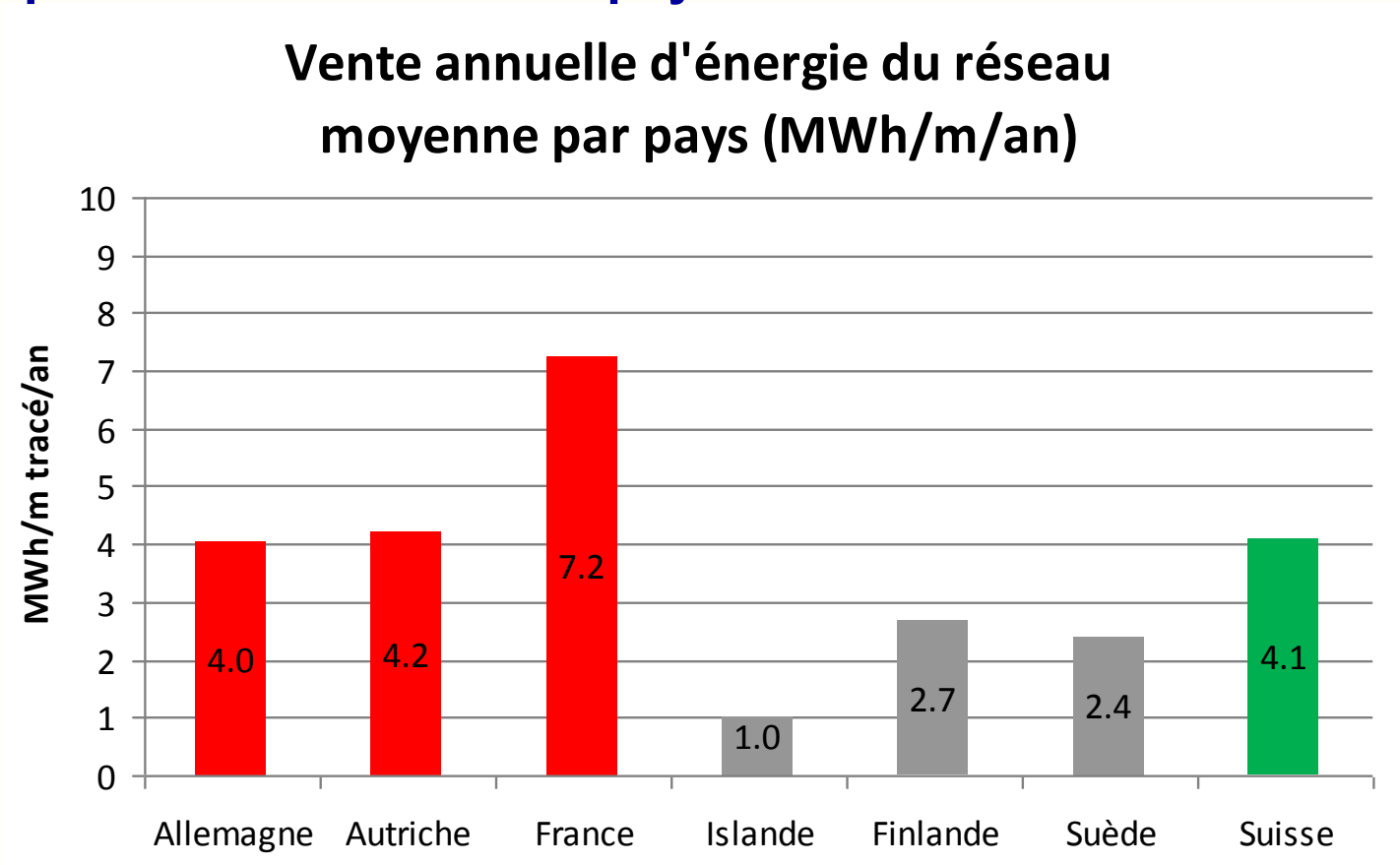
- **Comparaison avec d'autres réseaux**



Jérôme Faessler (Unige), 2013

Densité réseau

- **Comparaison avec d'autres pays**

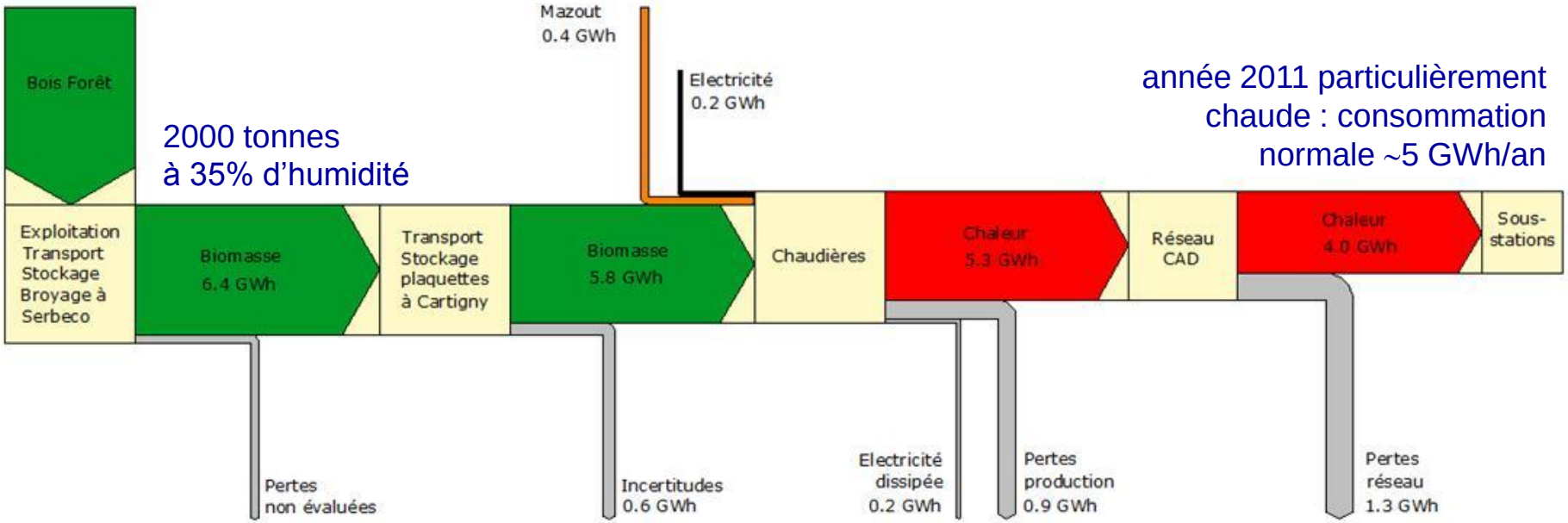


Jérôme Faessler (Unige), 2013

Bilan énergétique sur l'année 2011

Diagramme de flux Cartigny (année 2011)

mazout ~6% de la consommation totale



2000 tonnes à 35% d'humidité

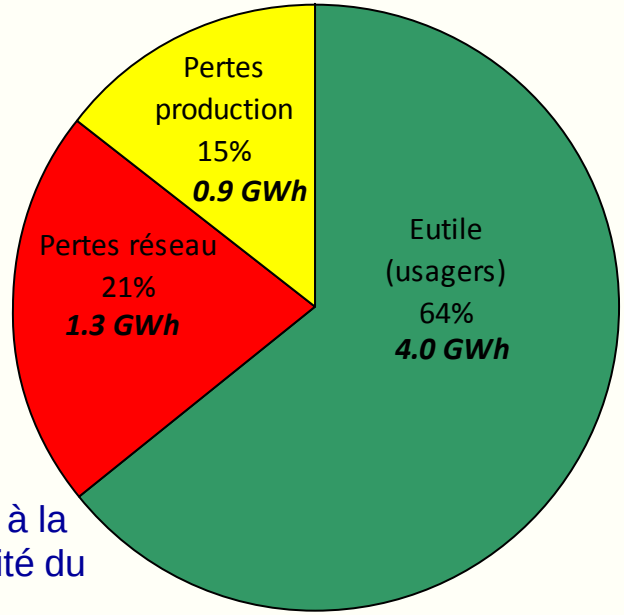
année 2011 particulièrement chaude : consommation normale ~5 GWh/an

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

Bilan énergétique sur l'année 2011

Répartition des pertes (année 2011)

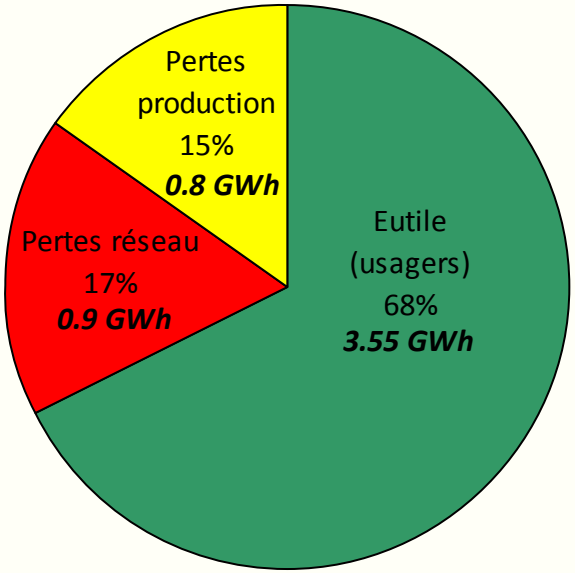
année 2011



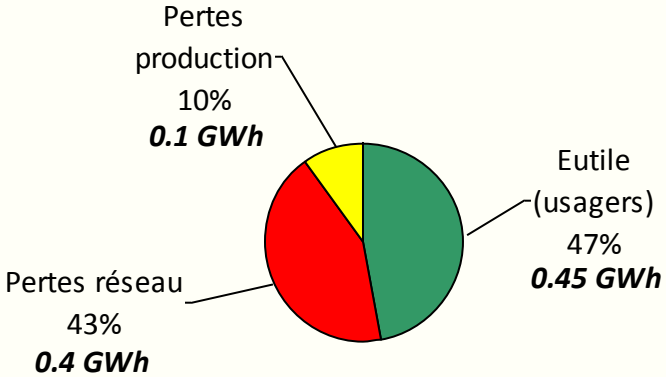
importance des pertes réseau liée à la faible densité du réseau

rendement global annuel installation = 64%

hiver (oct-avril)

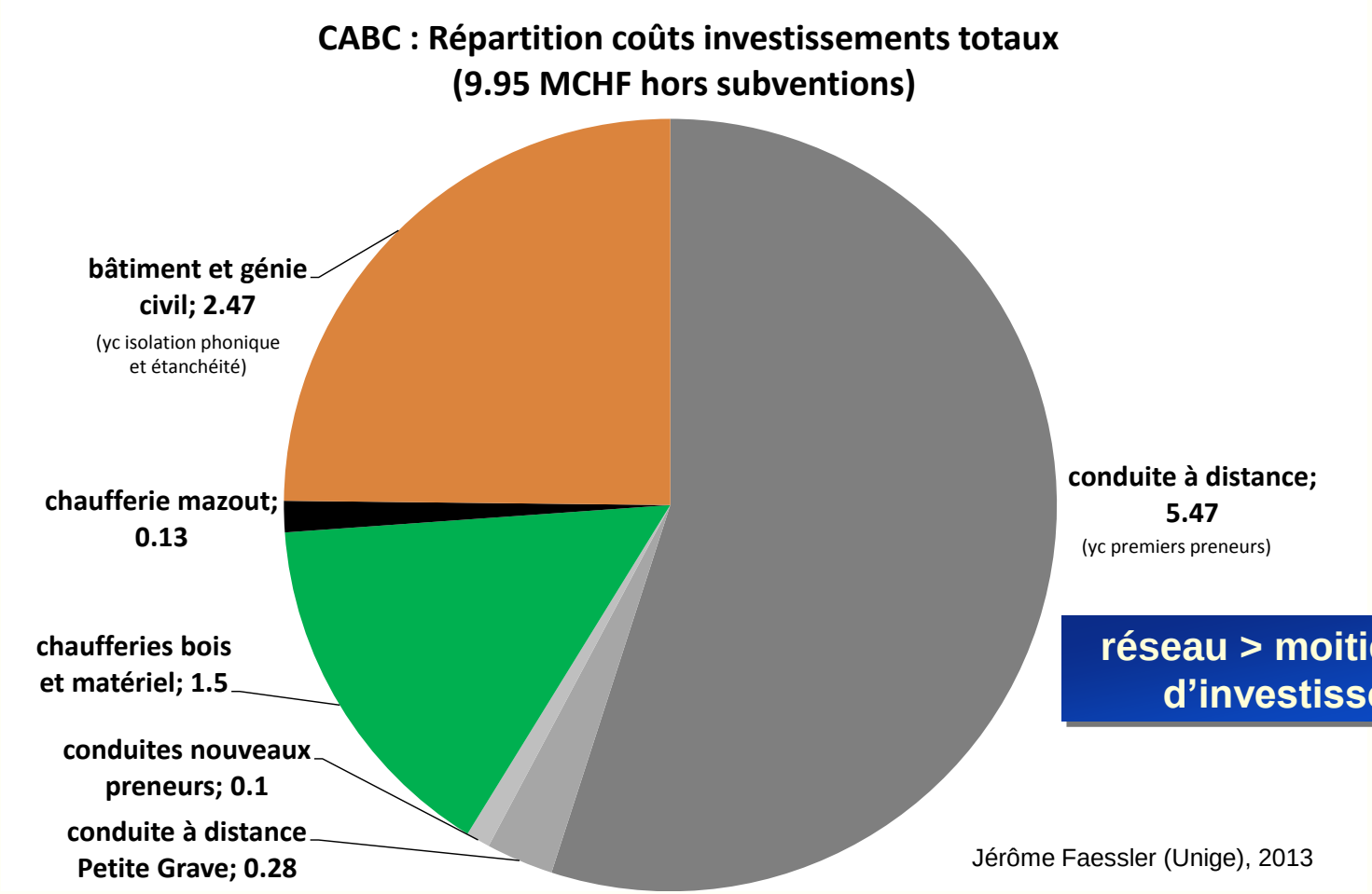


été (mai-sept)



Investissements

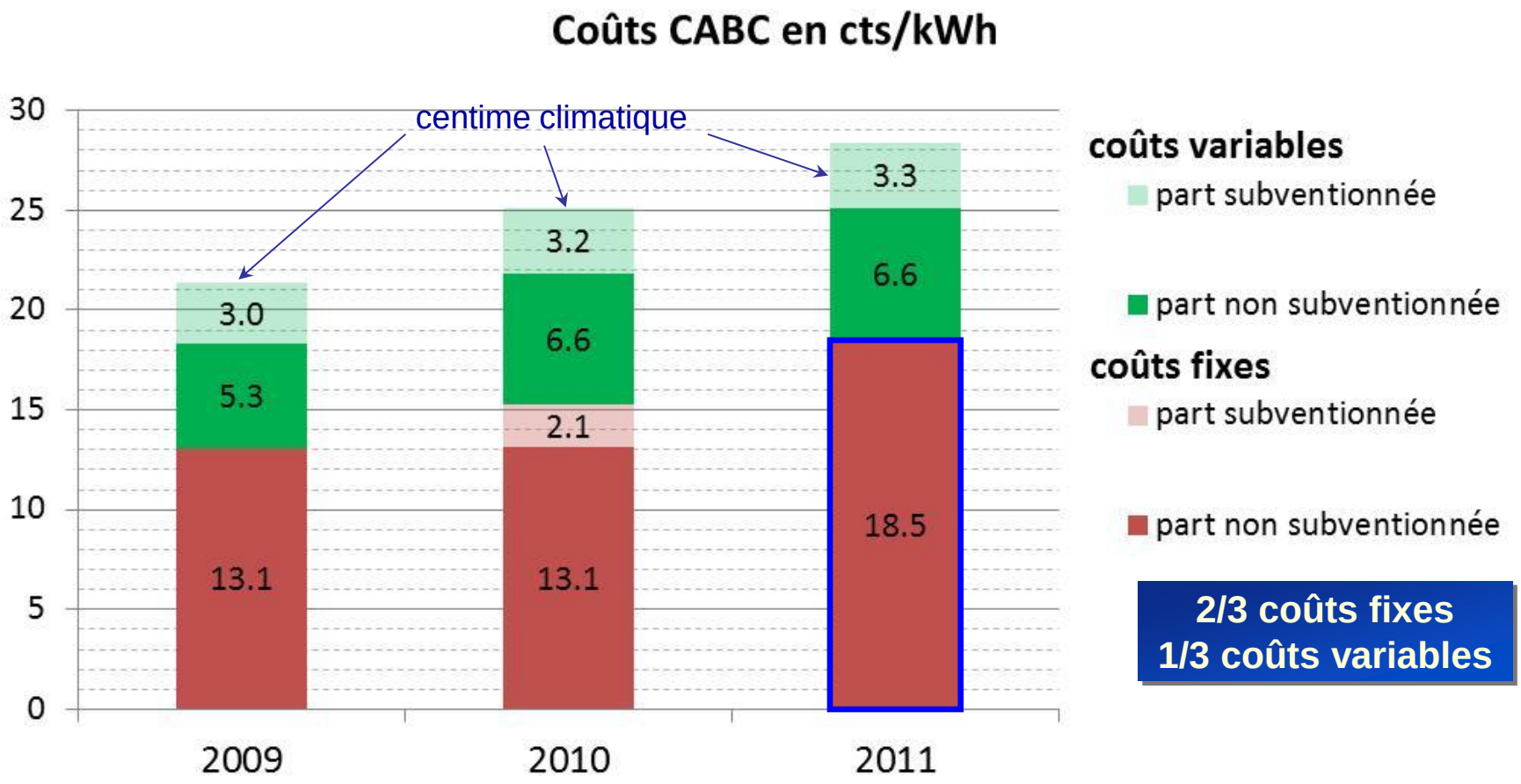
Retour d'expérience sur le CAD au bois de Cartigny



réseau > moitié du coût d'investissement

Coût de la chaleur produite

Retour d'expérience sur le CAD au bois de Cartigny



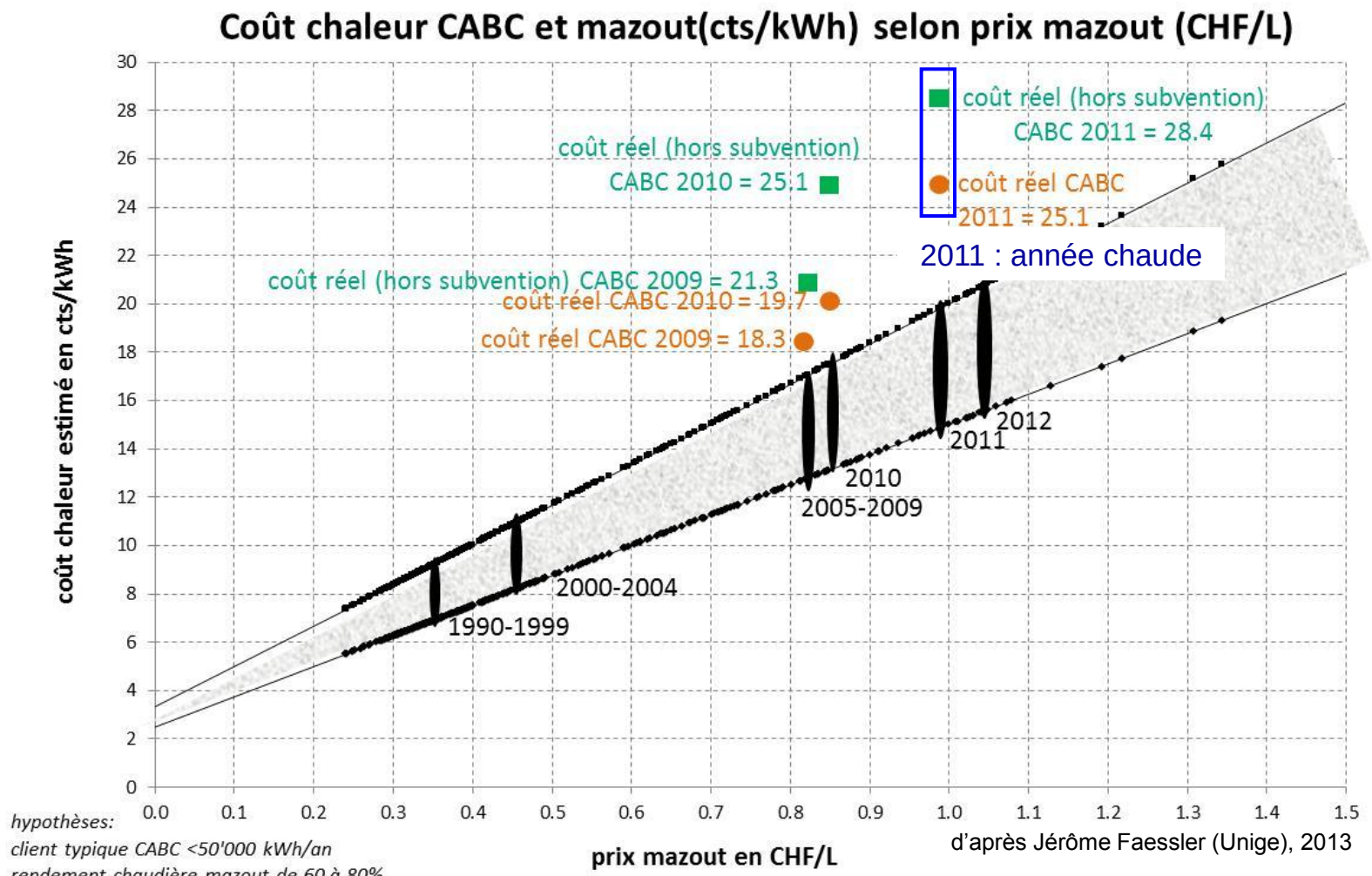
2/3 coûts fixes
1/3 coûts variables

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



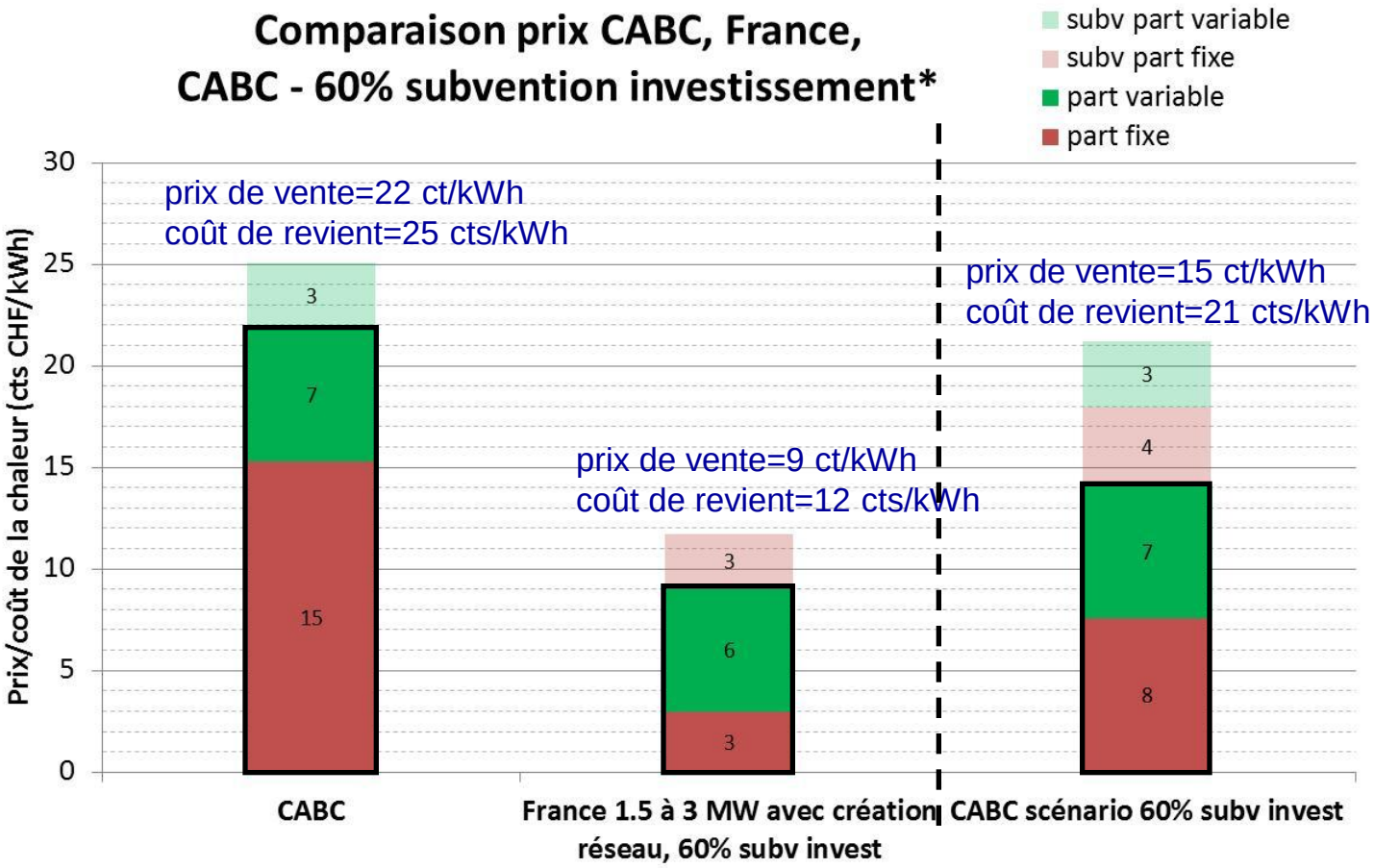
hypothèses:
client typique CABC <50'000 kWh/an
rendement chaudière mazout de 60 à 80%
coûts fixes mazout de 2 cts/kWh

(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**



*avec un taux de change de 1.6

d'après Jérôme Faessler (Unige), 2013

Impact majeur des subventions à l'investissement

Poids de la densité réseau dans le coût de revient

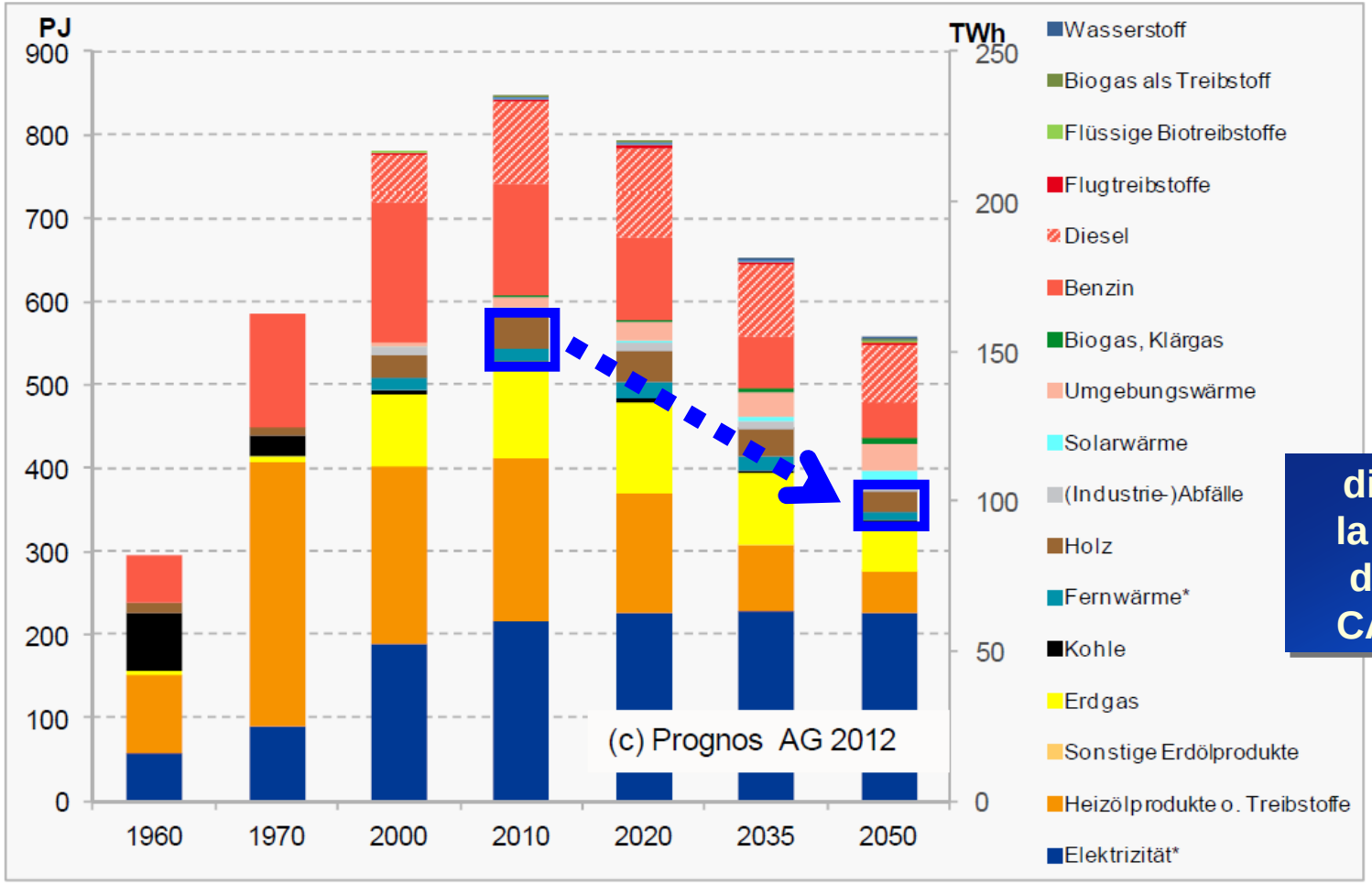
-France (1.5 à 3 MW) : ~3 MWh/m/an

-CABC : 0.9 MWh/m/an

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

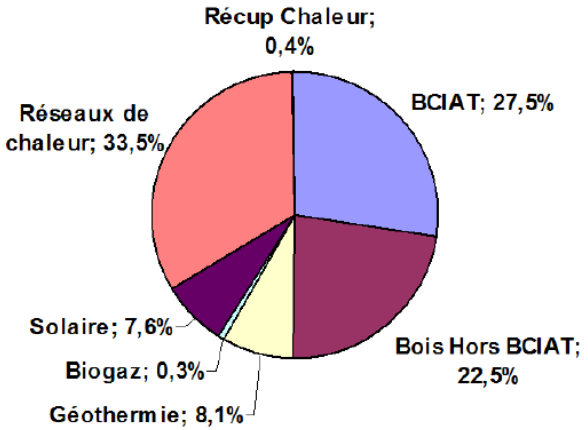
- **Nécessité d'un cadre institutionnel favorable ➔ volonté politique**
  - ➔ **Stratégie énergétique 2050 : place du bois et des CAD pas clair**
  - ➔ **Promotion des énergies renouvelables thermiques = compétence déléguée aux cantons : pas de conditions cadres fédérales**
  - ➔ **Dispositif de subventionnement : nécessité d'un fonds <u>alimenté</u> 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 <u>alimenté</u> 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/Nm³ à 11% O_2 dans les fumées**

70 kW — 500 kW — 1 MW — 2 MW — 4 MW — 10 MW — 20 MW

France*	- (Label Flamme verte)				150	100	100, 50 si agglo> 250000 hb	33
Suisse**	-	63	25	20			10	

* en cours de durcissement
** depuis le 1er 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 <u>alimenté</u> 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***