GrDF
GAZ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

MINES ParisTech

Accordons nos projets

GT Méthodes de développement et réseaux cible

Modélisation Bottom-Up de courbe de charge de chauffage en résidentiel et des effets de diffusion de technologies alternatives

Financement et pilotage

Cofinancement ADEME – GrDF

Pilotage ADEME – GrDF – RTE – Armines

- Thèse programmée dans l'accord-cadre ADEME – GrDF 2009-2012
  - Budget : 250 k€, financement ANRT + ADEME/GrDF (50/50)
  - Démarrage en octobre 2009 / fin programmée janvier 2013

- Comité de pilotage
  - ADEME (SEP)
  - GrDF (DSR)
  - RTE (DMA et GPSE)
  - ARMINES (CEP)

Plan

1. Développement des réseaux
2. Cadre méthodologique
3. Plateforme de simulation
4. Résultats

Objectif :
Quantifier l'impact marginal de l'usager résidentiel moyen selon sa technologie de chauffage sur la charge électrique

Développement des réseaux et effacement

1. Principe de dimensionnement
2. Critère d'effacement pour le réseau
3. Évolution de la demande
4. Thermosensibilité et équipement de chauffage
5. Externalité

Principe de dimensionnement des réseaux

Arbitrage entre coût de défaillance et coût de renforcement

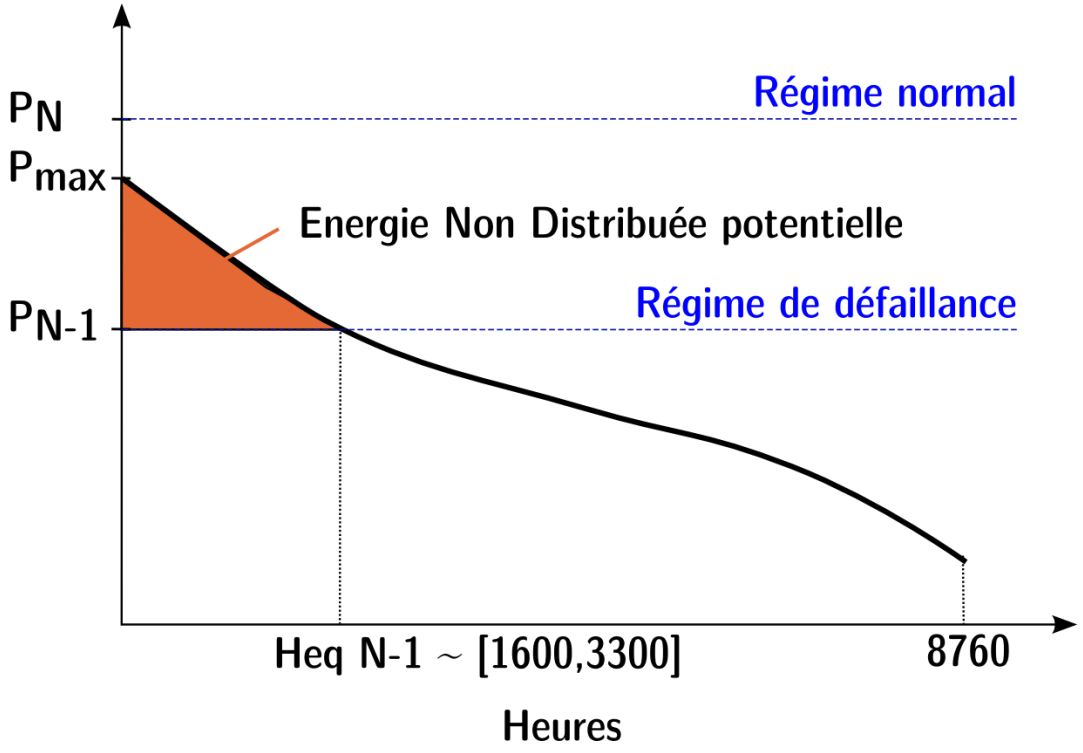


Fig. Illustration du principe du N-1

Deux enjeux de MDE dans un contexte de planification:

- Pmax < Pn : Effacement court
- **Réduire END : Effacement long**

Critère d'effacement d'Energie Non Distribuée

Estimation de la température seuil 2000h

Par modélisation simplifiée de la CdC nationale, gradient et part hors chauffage non saisonnalisée, à la pointe 2000h à température normale :

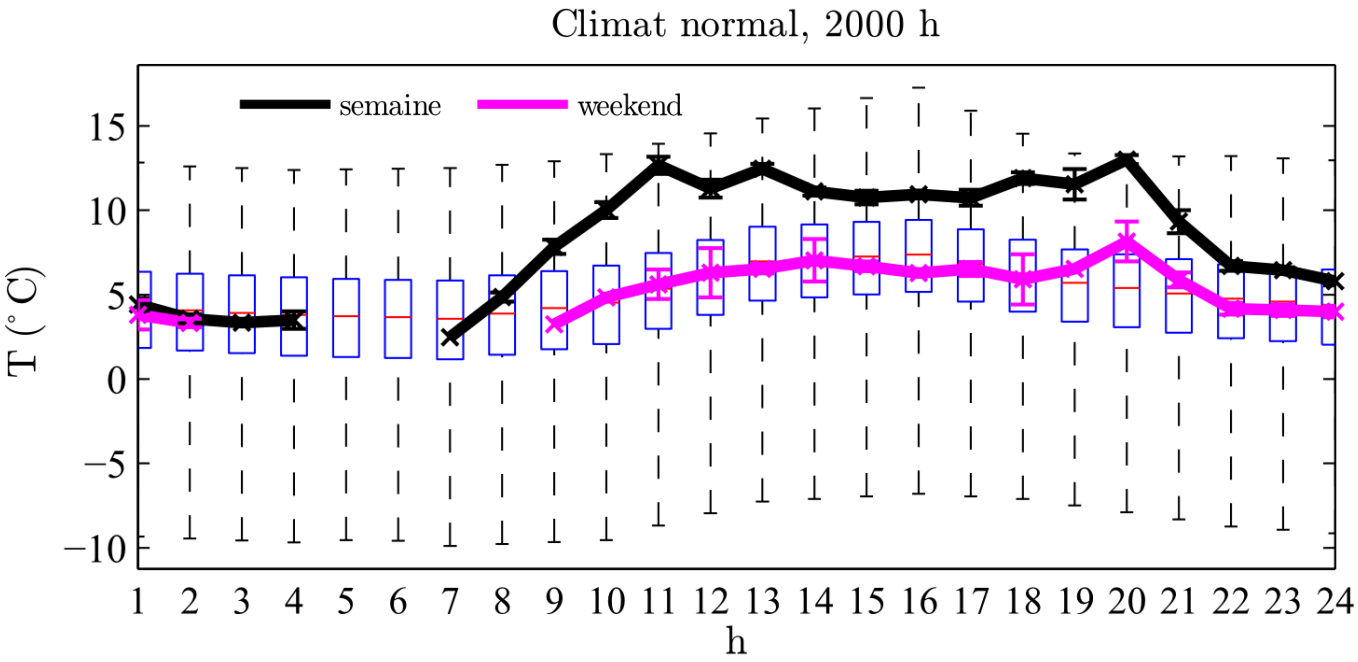


Fig. Températures horaires associées à une pointe 2000h +/- 80h « normale », et distribution sur 32 années *Exploitation données RTE et MétéoFrance*

Critère d'effacement d'Energie Non Distribuée

Estimation du taux d'utilisation d'un effacement

Résultat pour un effacement lorsque P>P2000h

% heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Semaine	53	45	43	46	0	0	39	62	88	98	100	97	98	91	88	89	91	99	99	100	93	74	73	67
Weekend	46	42	0	0	0	0	0	0	40	54	53	51	44	49	43	36	46	46	61	83	61	43	44	46

Tab. Taux d'utilisation potentielle, en espérance, d'un effacement en hiver
Illustration sur la courbe de charge nationale

Le développement des solutions hybrides bi-énergie est valorisable dans un contexte de réduction des risques de défaillance.

Évolution de la demande

Déformation de la monotone et développement du gradient

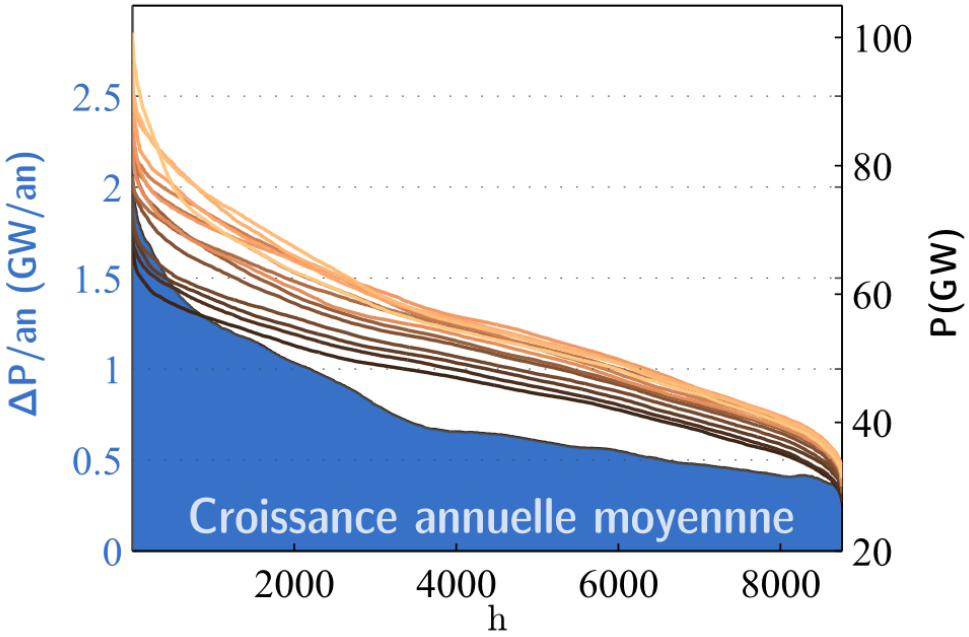


Fig. Évolution des monotones nationales 1996-2012, et croissance annuelle moyenne, *Exploitation données RTE*

L'augmentation du gradient est responsable d'une déformation de la monotone

Evolution.pdf

Évolution similaire présumée sur les régions en contrainte où le chauffage électrique se développe (dont PACA et Bretagne)

Une baisse du gradient permet d'effacer l'END

Thermosensibilité des utilisateurs

Selon la méthode de reconstitution des flux

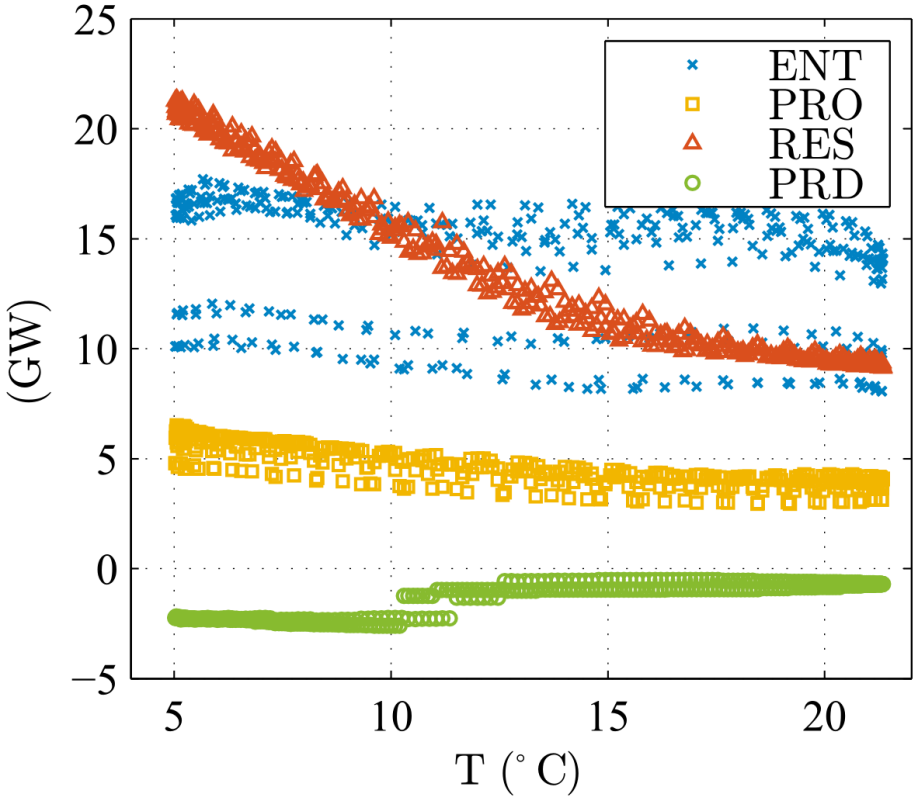


Fig. Étude des charges par classes de profils
Exploitation données ERDF

2002	ENT	PRO	RES
Conso (TWh)	121.7	40.0	121.9
Gradient (MW/°C)	240	206	1031

La classe Résidentielle contribue fortement à la thermosensibilité.
Étude d'impact sur cette catégorie

Équipements de chauffage

Impact des solutions existantes sur la charge électrique

- **Technos bi-énergies:**
  - **Chaudières hybrides**
  - **Micro-cogénération**

Convecteur électrique

Chaudière (bois, gaz, fioul)

PAC électrique

Chaudière hybride

Micro-cogénération

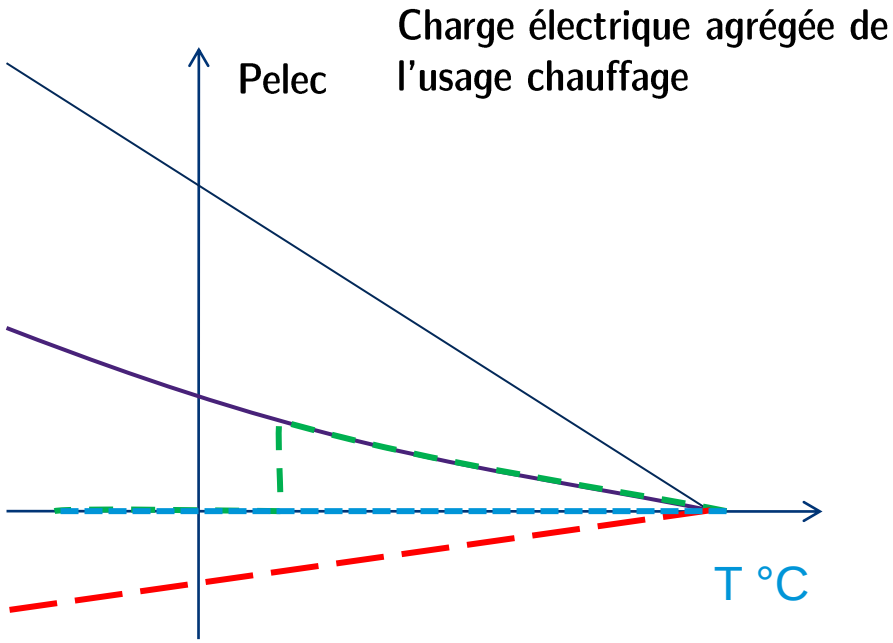


Fig. Illustration de l'impact des technologies de chauffage

Capacité de modulation du gradient par diffusion technologies bi-énergie

Externalité positive

idem en CO2, température seuil journalière

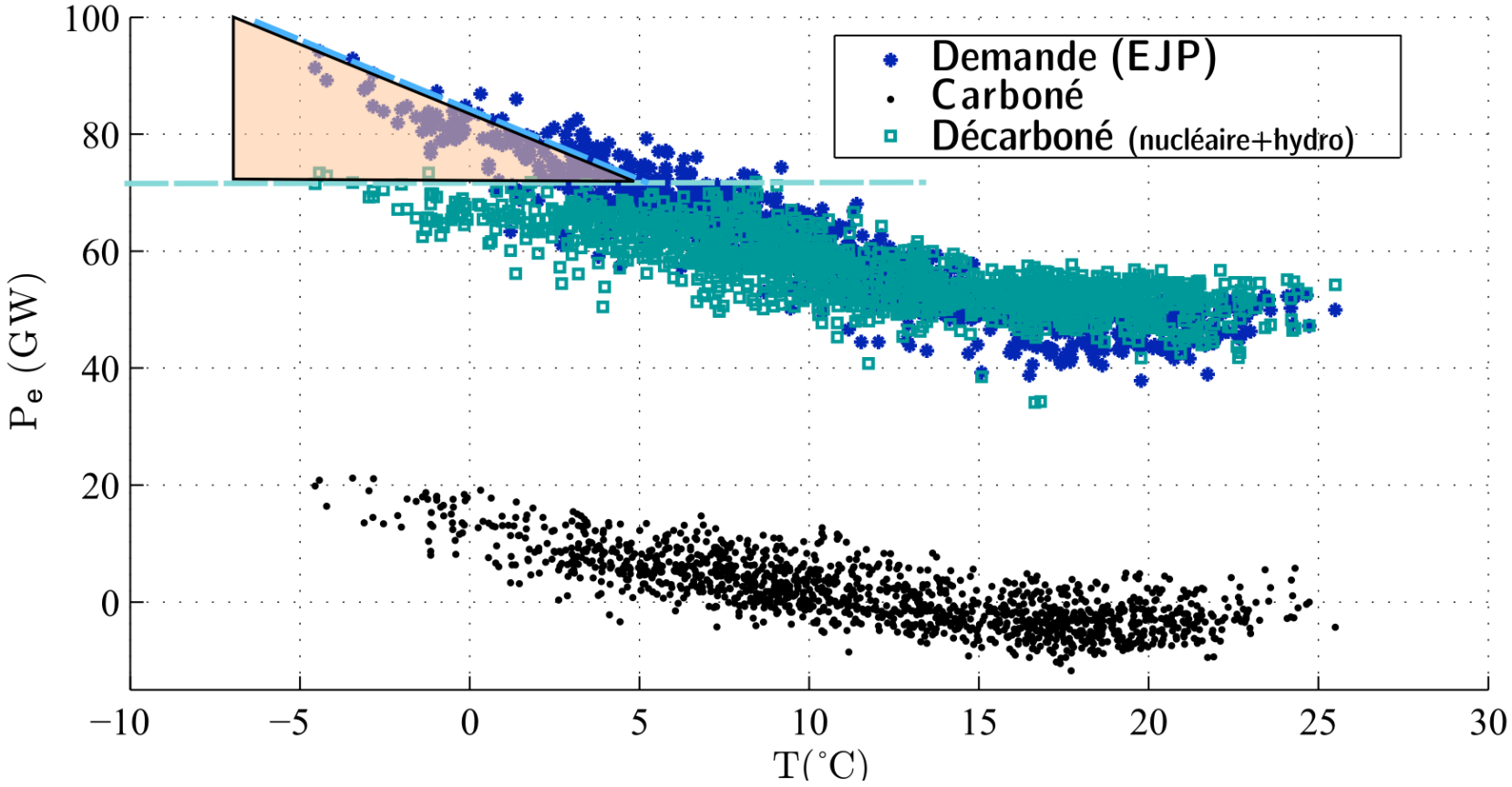


Fig. Comportement des différentes filières par rapport à la température, ensemble des jours de semaine du 11/2006 à 05/2012

Exploitation données RTE et Météo France

Développement des réseaux

Conclusion

- **Seuls des systèmes d'effacement « long » peuvent réduire les besoins de renforcement réseaux**
- **Recours aux effacements y compris les week-ends froids**
- **Les technologies bi-énergie répondent à ces enjeux de maîtrise de la demande.**

Nécessité d'une approche comparative des impacts des technologies de chauffage sur la demande

Exemple d'application : « Pacte Électrique Breton »:

L'orientation des choix d'investissements et d'équipements:

Les signataires s'engagent à assurer une information sur les avantages et inconvénients au regard du système électrique de l'équipement en pompes à chaleur ou en convecteurs aux fins de privilégier d'autres systèmes de chauffage moins consommateurs d'électricité. Les collectivités seront sollicitées pour moduler les critères d'attribution de leurs aides (éco-conditionnalité). »

Cadre méthodologique

Détermination des impacts des équipements

1. Modèle existant
2. Approche Bottom-Up à mettre en œuvre

Évaluation prospective de la charge

Outil RTE existant : Modèle CRONOS à la maille nationale

- **Le chauffage ne présente pas de modélisation Bottom-Up**

Tous usages — ***Bottom - Up***

Industrie

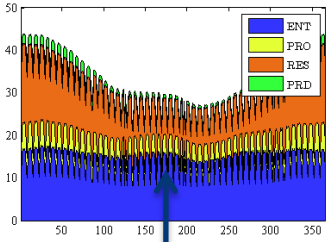
Tertiaire

Résidentiel → Télé Froid … Cuisson

Secteurs

Conso kWh/an

Profils



Chauffage — ***Top-Down***

Modèle Météhore
+
115 chroniques de T°

Conso Nationale

Tertiaire

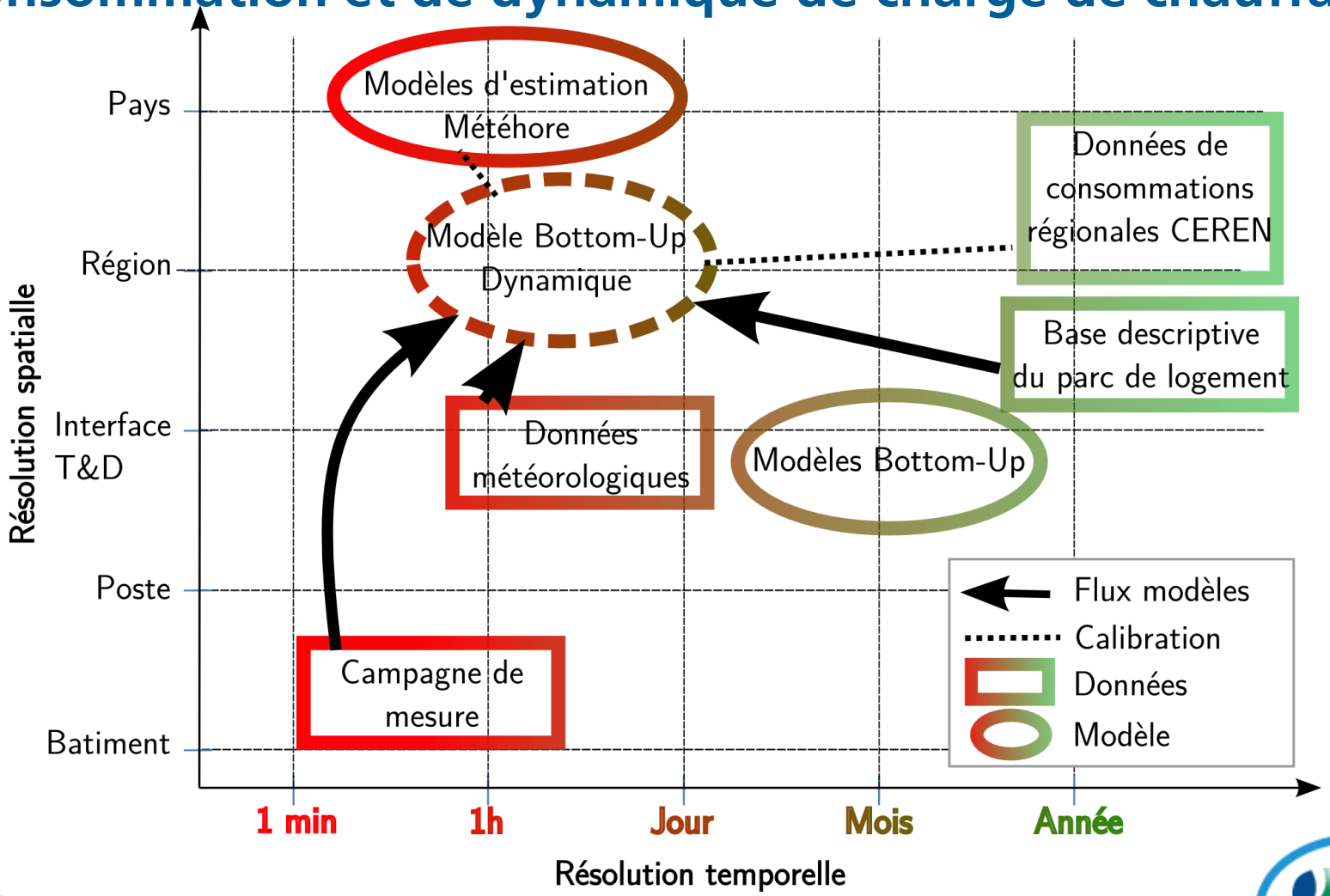
Résidentiel

Secteurs

Les outils actuels ne permettent pas une évaluation prospective des équipements de chauffage « alternatifs »

Estimation des impacts régionaux

Objectif: développer un modèle en accord les données de consommation et de dynamique de charge de chauffage



Plateforme de simulation

Méthode de calcul

Choix d'un modèle

Modèles existants

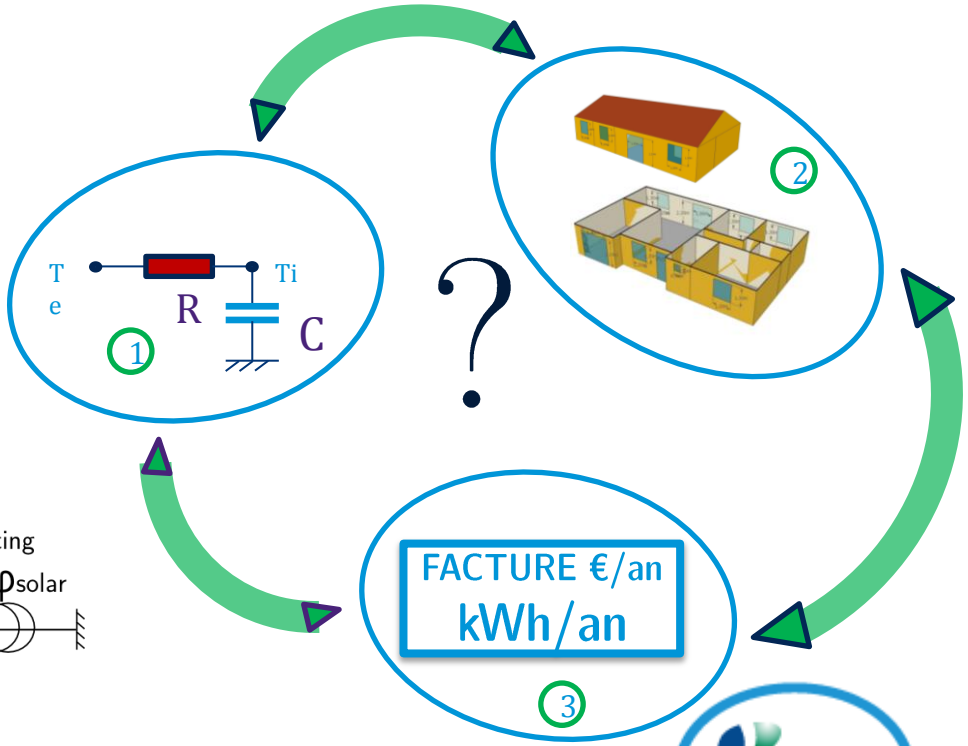
1. Cold Load Pick Up, Évaluation de capacité d'effacement
2. Simulation thermique dynamique, trop détaillée
3. Estimation de conso annuelle, pas de profil

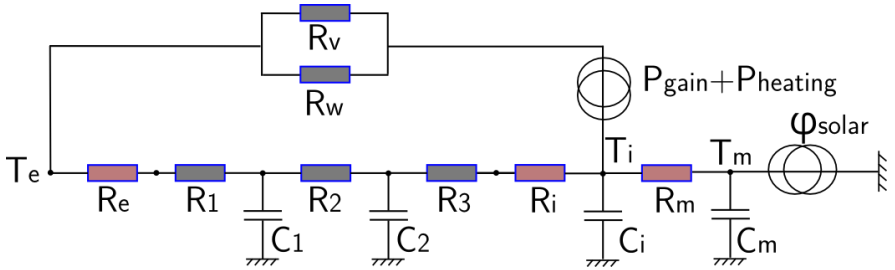
Difficultés:

•modélisation des consommations réelles incertaines,

•variables comportementales inconnues -> nombreuses simulations

•Nécessité de bien représenter la dynamique

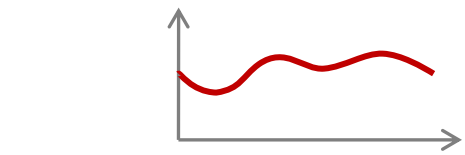




Approche de simulation Bottom-Up

Description de la charge
charge globale, somme d'agrégat

échelle spatiale

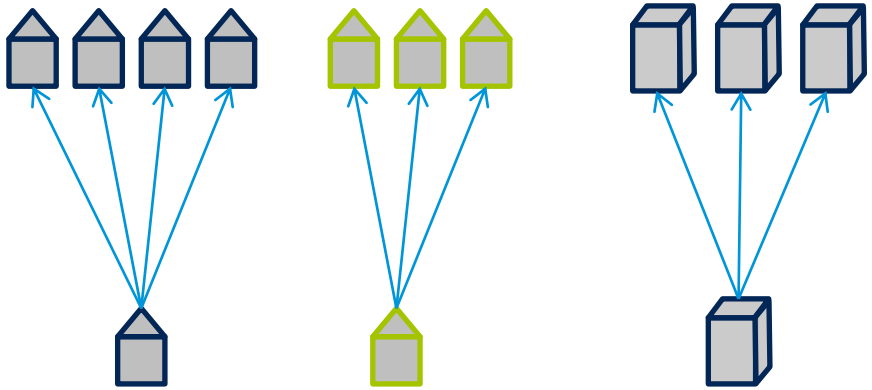


Bottom-Up

Top-Down

Agrégation

Description :
bati + comportement
1 segment, agrégat de profils



Partitionnement, sous-segmentation:

- Comportement des occupants:
  - température de consigne
  - régime d'intermittence
  - fraction de logement chauffé

Description d'un bâtiment type
1 segment

Simulation des profils de chauffage

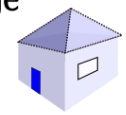
Calibration

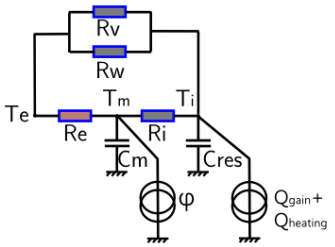
Variables d'entrées → **Modélisation dynamique des besoins** → **Modélisation des consommation** → Simulation de la charge agrégée

Comportement des occupants:
- Température de consigne
- Régime d'intermittence
- Fraction chauffée

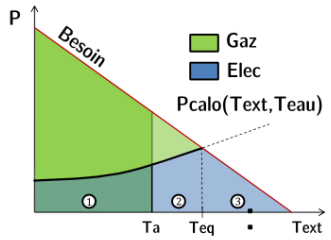
Météo:
- Température extérieure
- Radiation solaire

Données de parc:
- Typologie,Surface
- Isolation, vitrage
- Matériaux
- Energies





Modèle validé par simulation duynamique TRNSYS



PAC
PAC hybride
Chaudière
Microcogénération

Modèles de charge partielle retenus dans la littérature

Modèle Bottom Up:
Modélisation des profils de consommation par segments homogènes
- Estimation des consommations annuelles de chauffage
- Courbe de charge

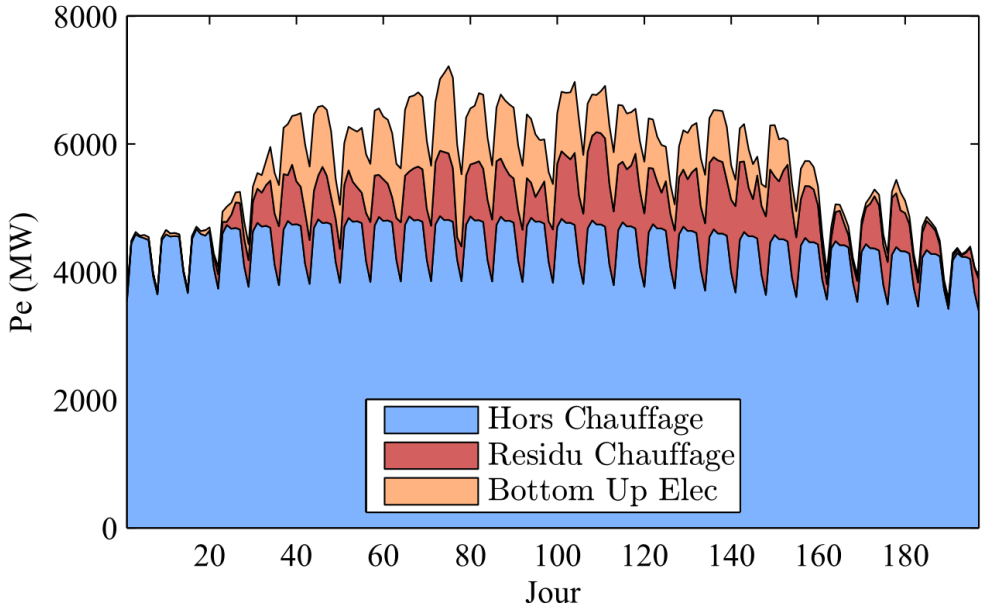
Résultats

Application à la région PACA

Application à une charge régionale fictive

Création de la charge PACA 2005/2006

- Décomposition de la charge nationale 2005/2006 :
  Phors climat saisonalisée + Pclimat.
- Calage du gradient PACA, hypothèse 150 MW/°C (BP RTE)
- Création de la courbe de charge chauffage électrique MI PACA :

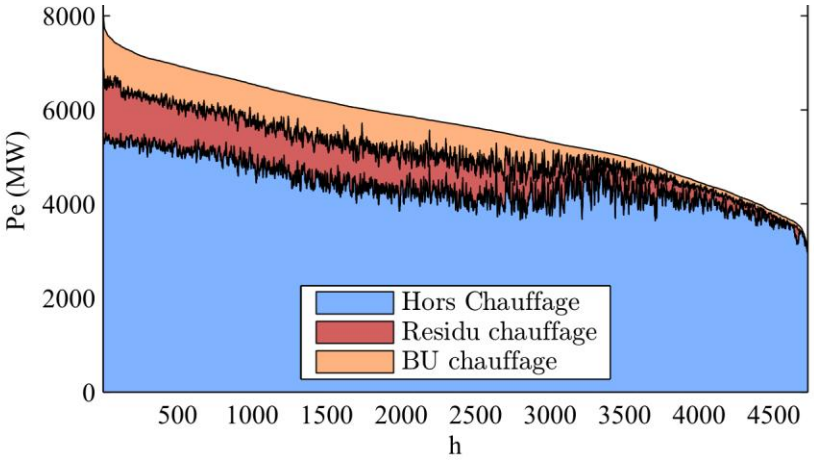


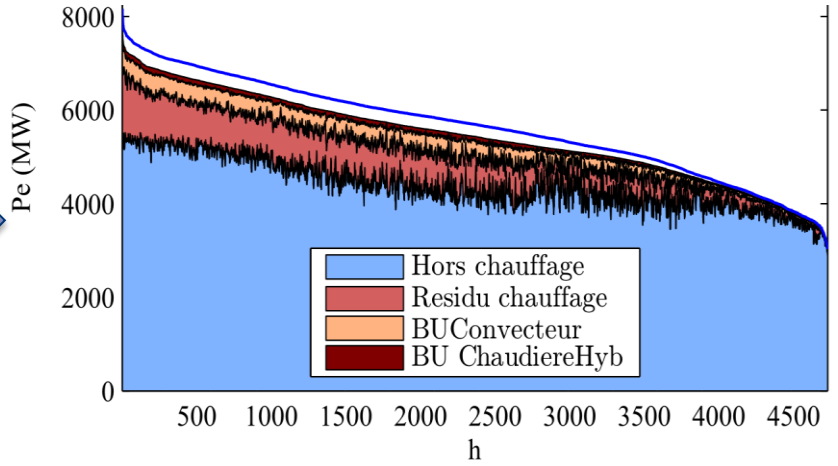
Gradient (MW/°C)	Modèle	O.G. CEREN/DJ
MI RES	76	~80
IC RES	-	~45
Total	-	~125

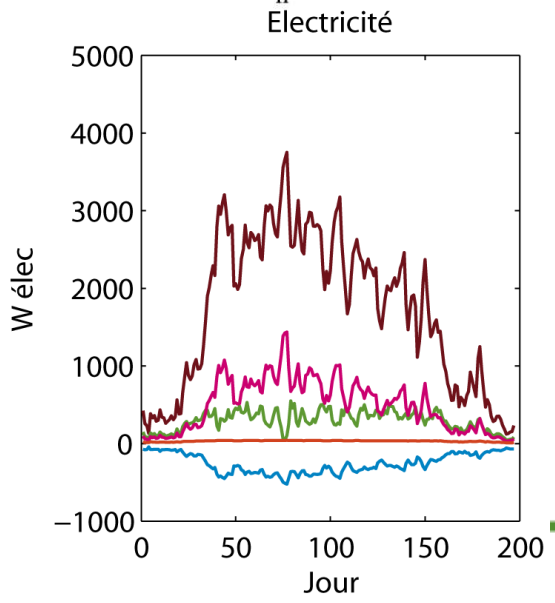
Fig. Décomposition de la charge PACA et insertion de la charge modélisée chauffage MI du 15/10/2005 au 30/04/2006

Courbe de charge moyenne de Chauffage par technologies

Exemple : consigne constante 20°C, , et diffusion de technologies dans 50% du parc MI, 193 000 logements



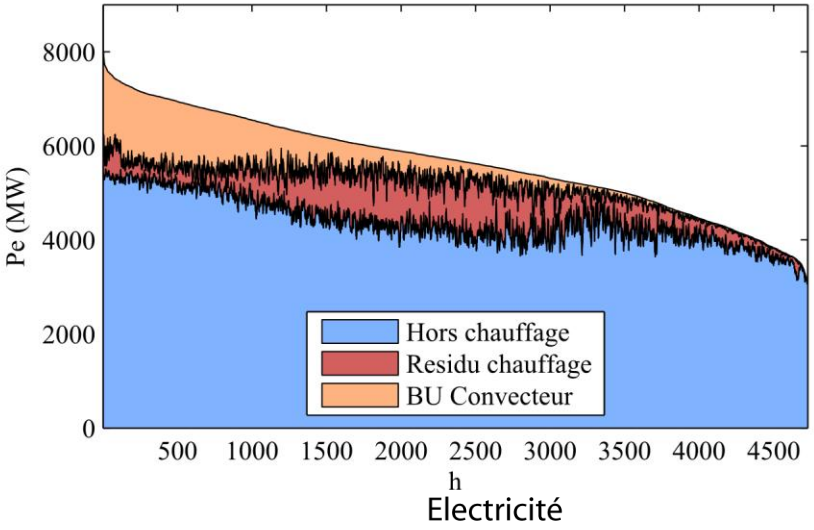


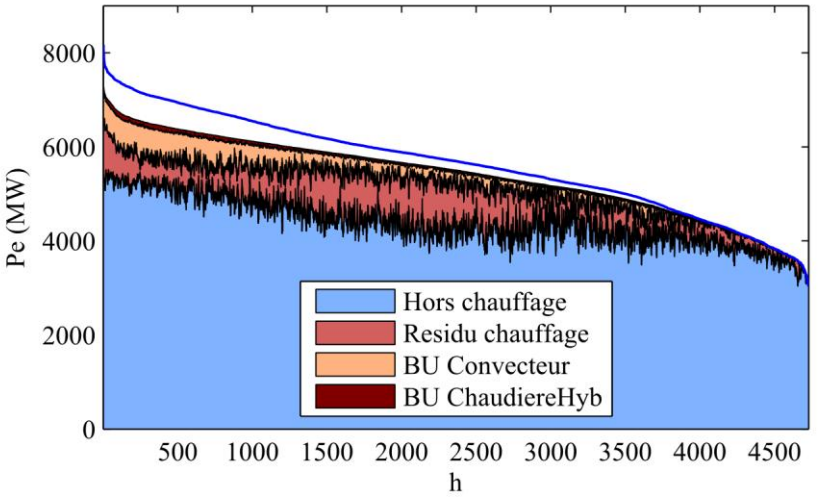


Diffusion	ΔEND (GWh)	ΔPmax (MW)
50% PAC	571	421
50% Chaudière Hybride	631	621
50% Micro Cogé	75	109

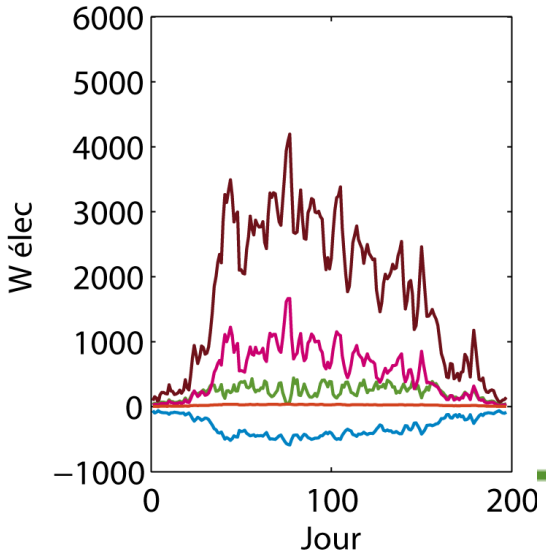
Courbe de charge moyenne de Chauffage par technologies

Exemple : consigne variable 16°C la nuit, 19°C la journée, et diffusion de technologies dans 50% du parc MI





Electricité



Diffusion	ΔEND (GWh)	ΔPmax (MW)
50% PAC	734	647
50% Chaudière Hybride	850	875
50% Micro Cogé	95	135

Synthèse

Impacts par installation de chauffage

- Conversion **Joule ->PAC** :

Impact	**END (MWh)**	**Pmax (kW)**
PAC	3.4	2.8
Chaudière Hybride	3.9	3.9

ΔEND PAC/Chaudière Hybride par installation : ~ 0.5 MWh

ΔPmax PAC/Chaudière Hybride : ~ 1.1 kW

- Conversion **chaudière->Micro-cogénération**

Impact	**END (MWh)**	**Pmax (kW)**
Micro-cogénération	0.7	0.9

Merci de votre attention

GrDF
GAZ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE

Accordons nos projets



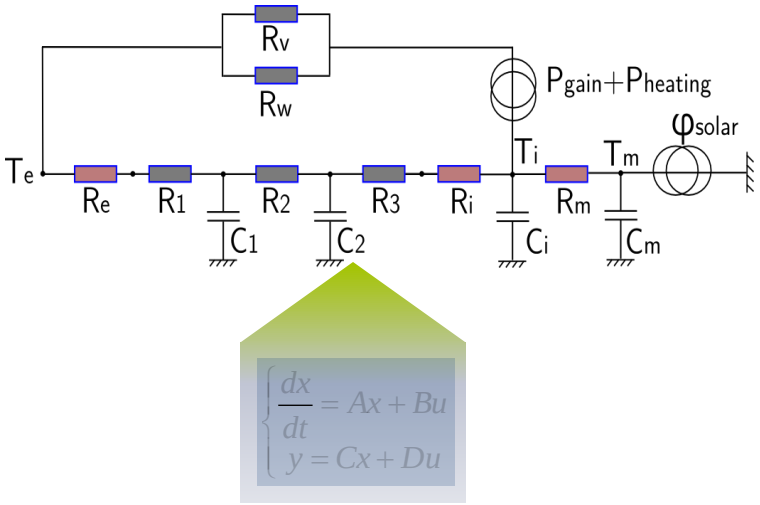
ANNEXES

11 octobre 2012

Modélisation

Calibration en puissance

Bottom - Up



Top-Down

$$CL = g_{h,n}^{hiver} . \left| (TR_{h,j,n} - Ts_h^{hiver})^- \right|$$

g, Gradient
Ts, Température seuil
TR, Température ressentie:
Filtre passe-bas:

$$H(s) = \frac{a_0 + a_1 s + a_2 s^2}{(1 - b_1 s)(1 - b_2 s)}$$

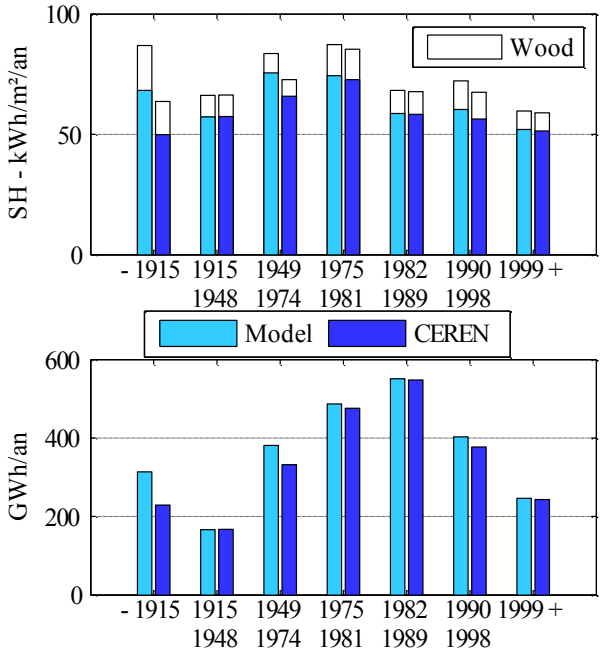
Équivalence respectée en régime de chauffe constant hors mi-saison

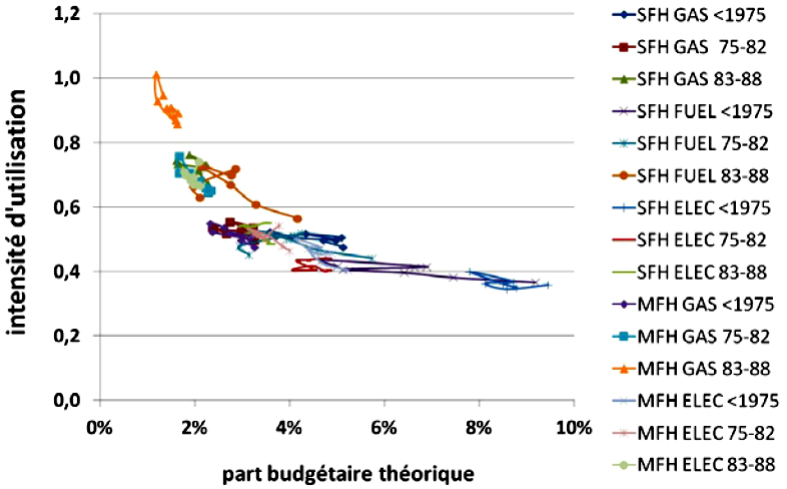
Modélisation

Calibration en énergie

- **Intensité d'utilisation de l'usage chauffage**

$$I = \frac{E_{\text{stat}}}{E_{\text{modèle}}}$$

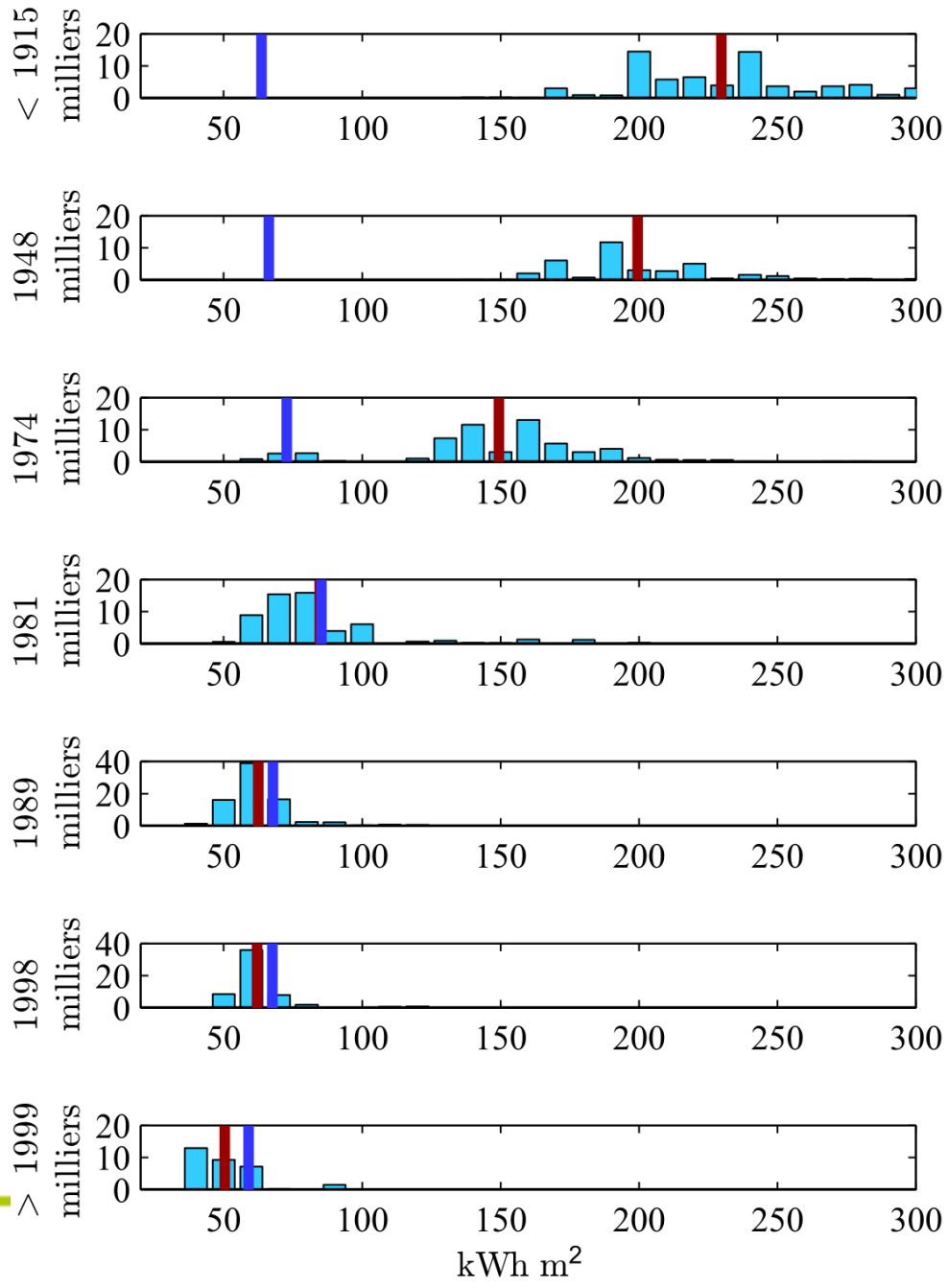




source : Allibe et al. 2011

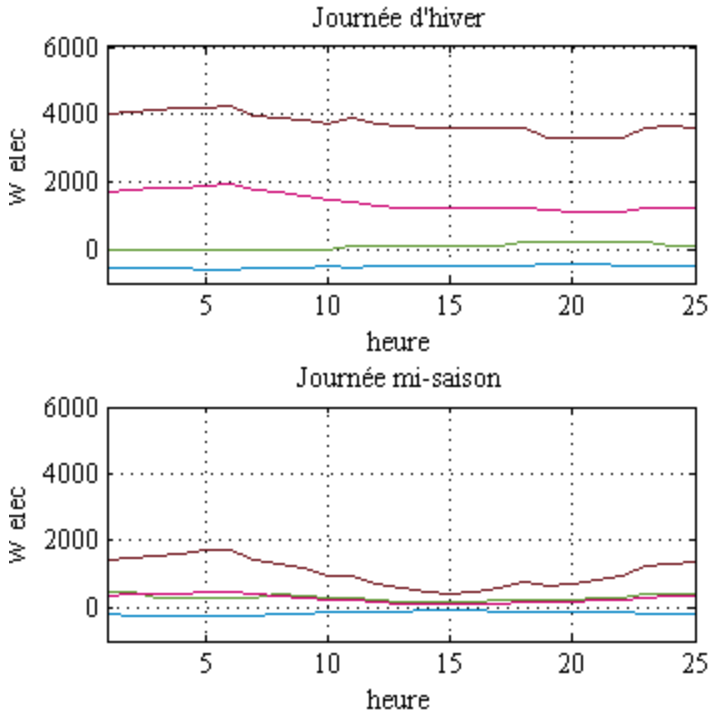
Température de consigne apparente

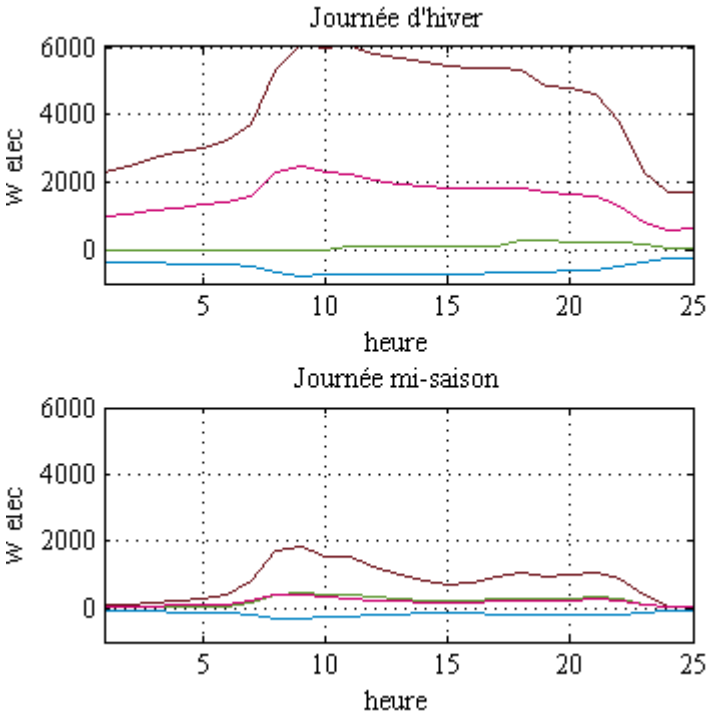
Année de construction	Gaz	Electricité
-1915	13	13
1915 - 1948	16	13
1949 - 1974	17	16
1975 - 1981	18	16
1982 - 1989	20	20
1990 - 1999	20	20
1999 +	20	20


< 1915
1948
1974
1981
1989
1998
> 1999
milliers
kWh m^2
50
100
150
200
250
300

Profils de chauffage moyen

Profils horaires





Diffusion	ΔEND PAC/Chaudière Hybride (GWh)	ΔPmax PAC/Chaudière Hybride (MW)
Scénario 1 : Tint=20°C	60	200
Scénario 2 : Tint=[16,19]°C	116	228