



**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'utilisateur 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

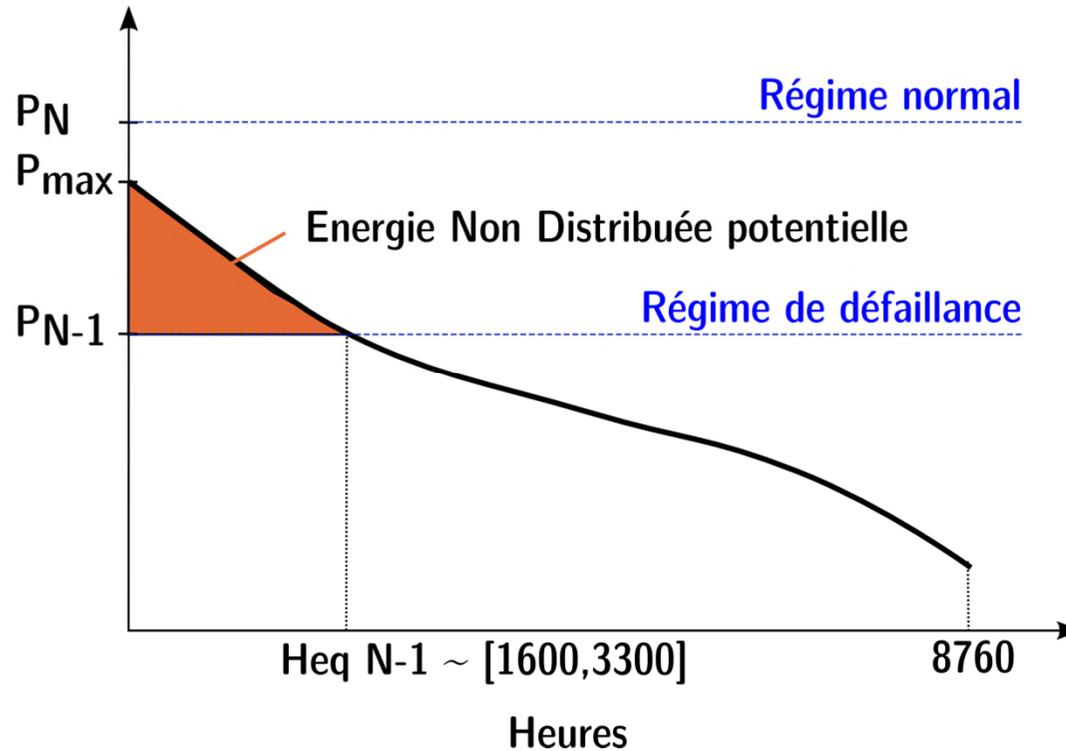


Fig. Illustration du principe du N-1

Deux enjeux de MDE dans un contexte de planification:

- $P_{max} < P_n$  : Effacement court
- **Réduire END : Effacement long**

# Critère d'effacement d'Énergie 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 :

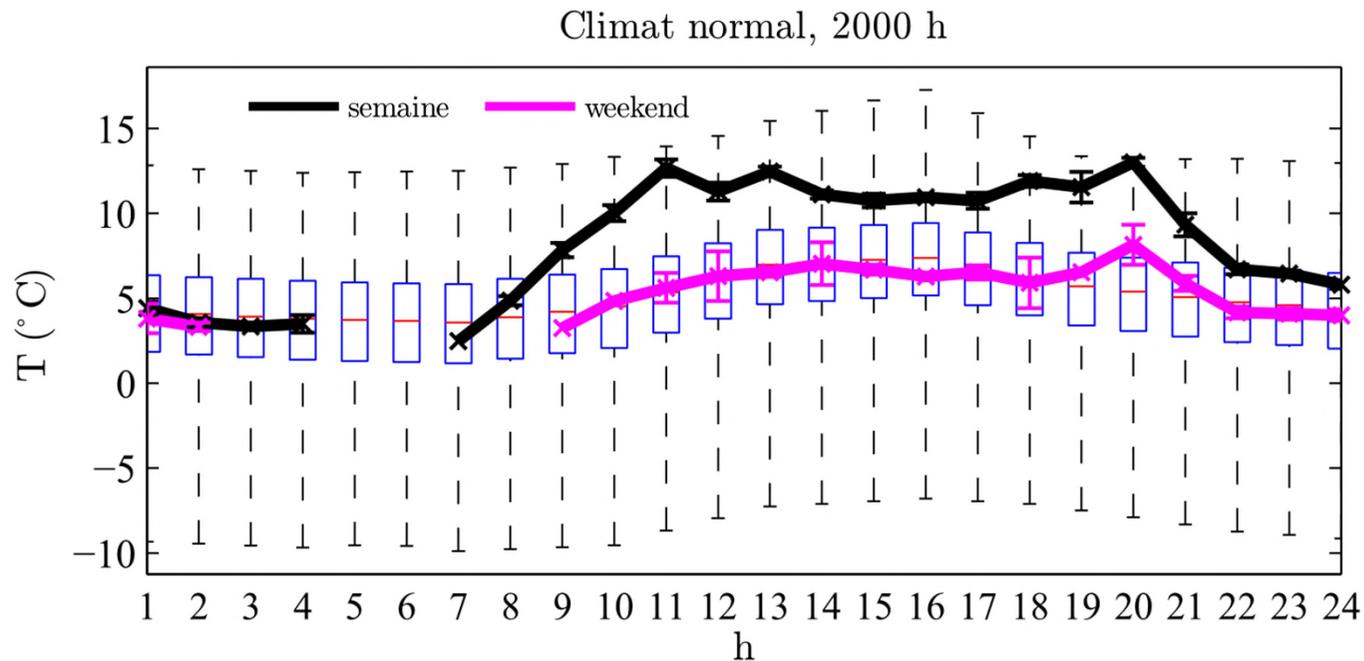


Fig. Températures horaires associées à une pointe 2000h +/- 80h « normale », et distribution sur 32 années *Exploitation données RTE et MétéoFrance*

# Critère d'effacement d'Énergie Non Distribuée

## Estimation du taux d'utilisation d'un effacement

Résultat pour un effacement lorsque  $P > P_{2000h}$

% 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
<b>Semaine</b>	53	45	43	46	0	0	39	62	88	98	100	97	98	91	88	89	91	99	99	100	93	74	73	67
<b>Weekend</b>	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

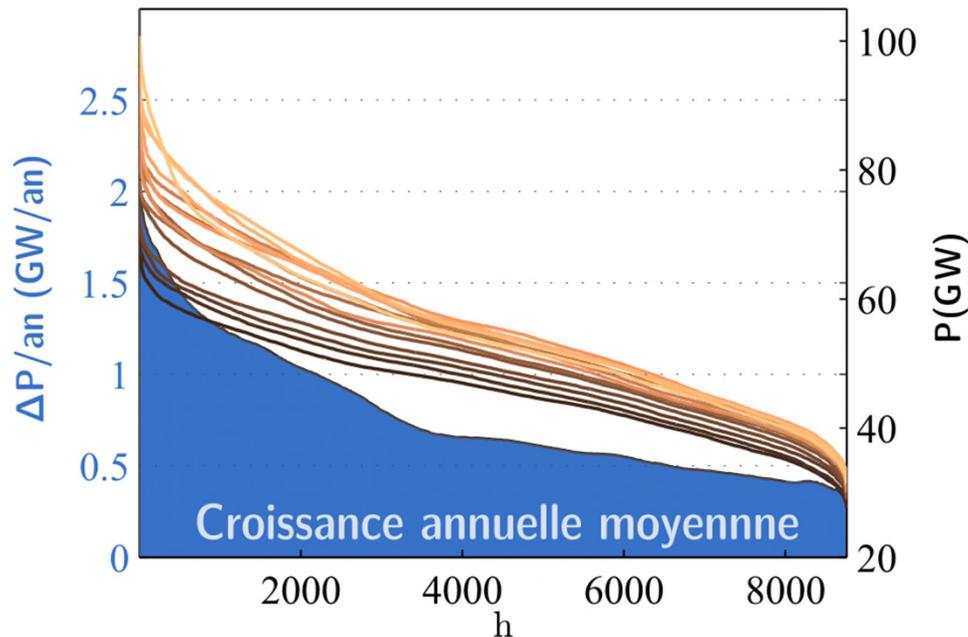


Fig. Évolution des monotones nationales 1996-2012,  
et croissance annuelle moyenne,  
*Exploitation données RTE*

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

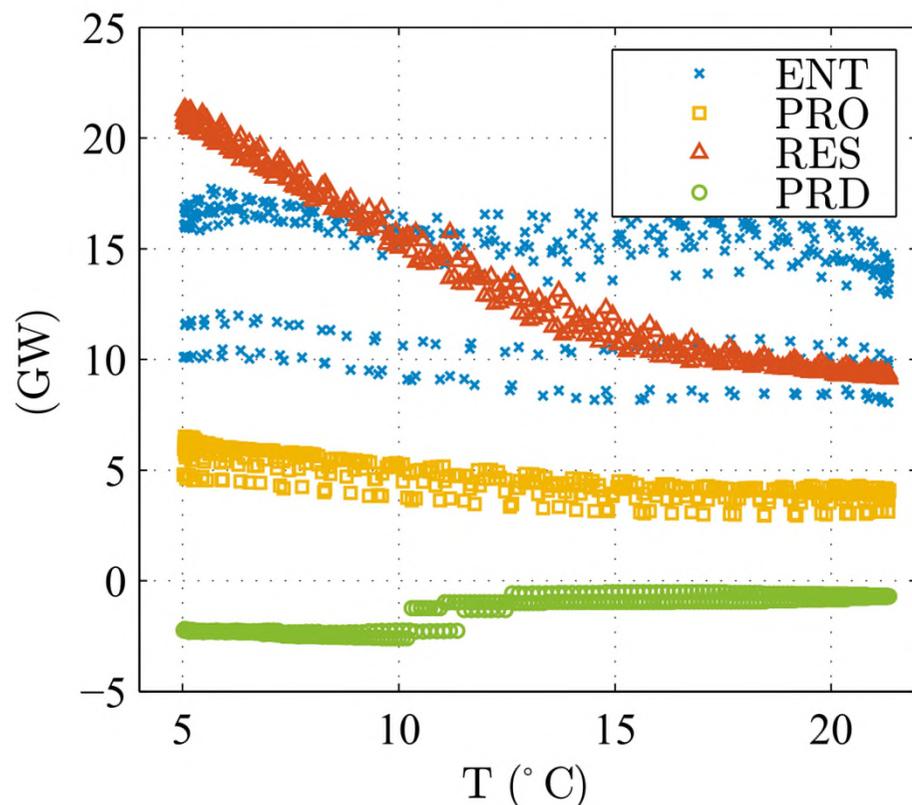
[Evolution.pdf](#)

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



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

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

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

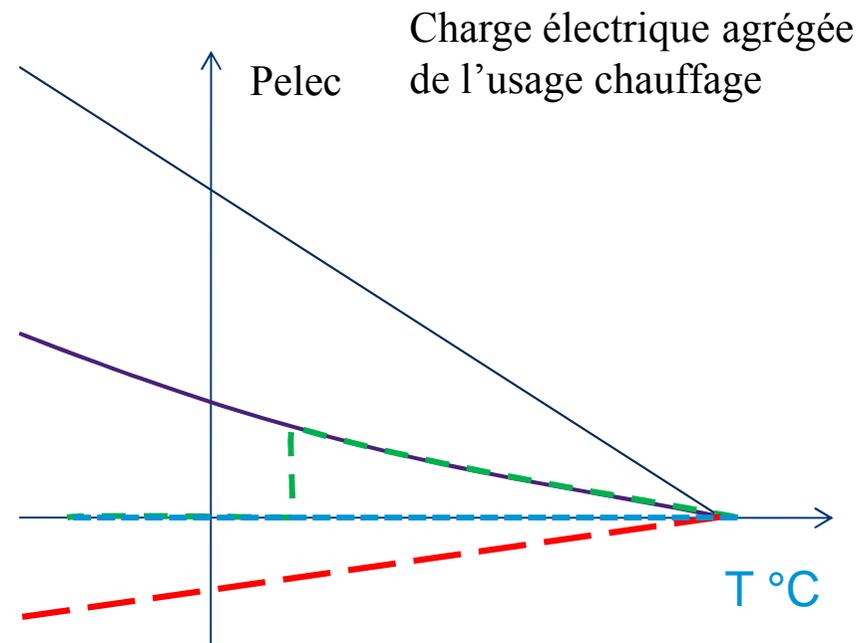


Fig. Illustration de l'impact des technologies de chauffage

Capacité de modulation du gradient par diffusion technologies bi-énergie

# Externalité positive

idem en CO2, température seuil journalière

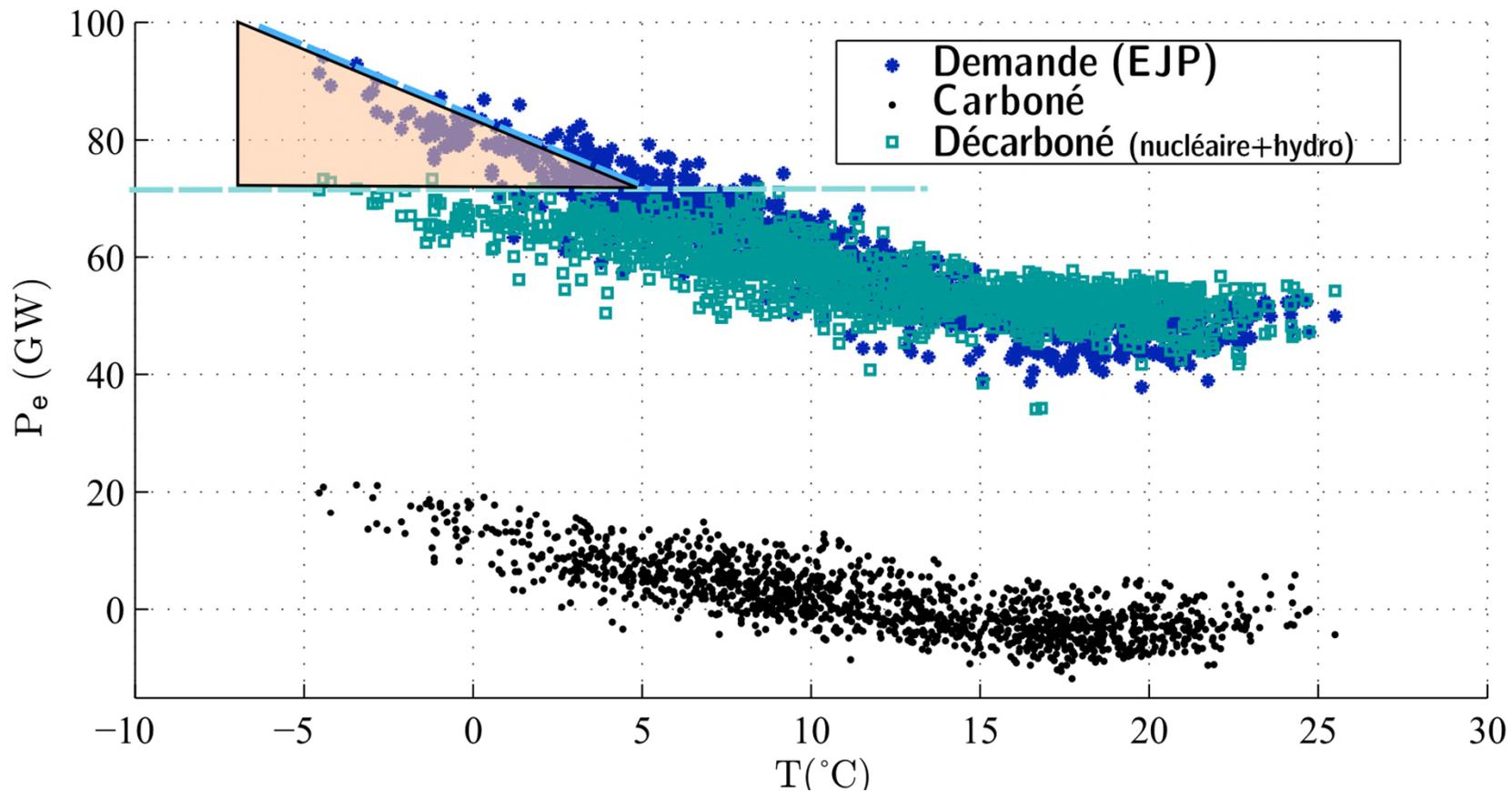


Fig. Comportement des différentes filières par rapport à la température, ensemble des jours de semaine du 11/2006 à 05/2012  
*Exploitation données RTE et Météo France*

# 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 »:

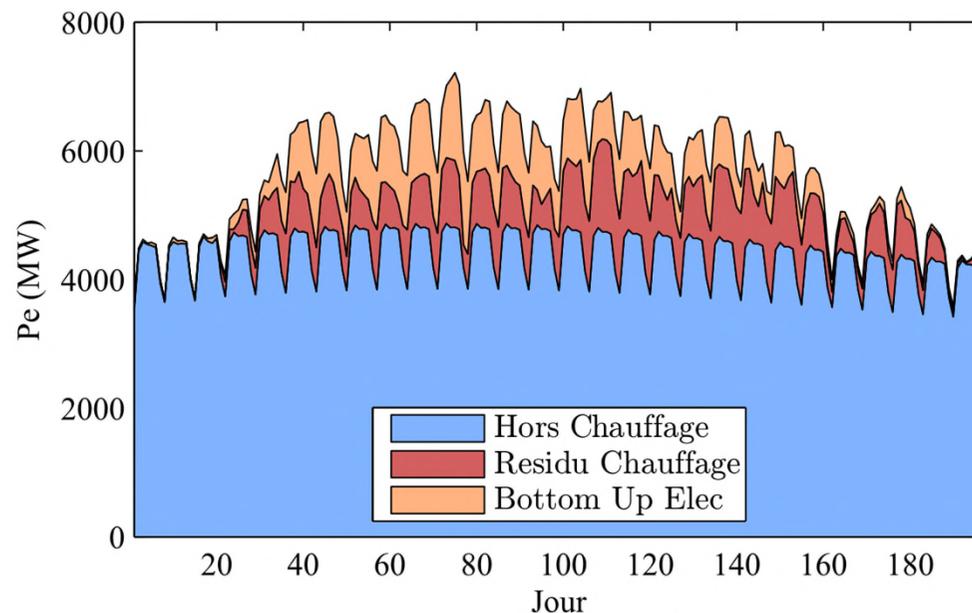
L'orientation des choix d'investissements et d'équipements:

*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). »*

# 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 :



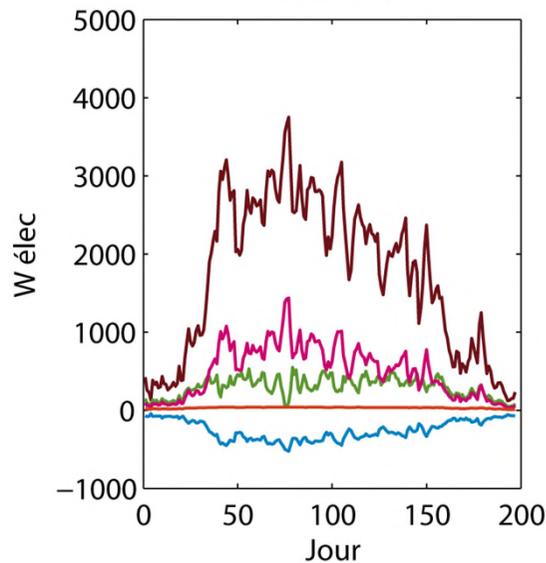
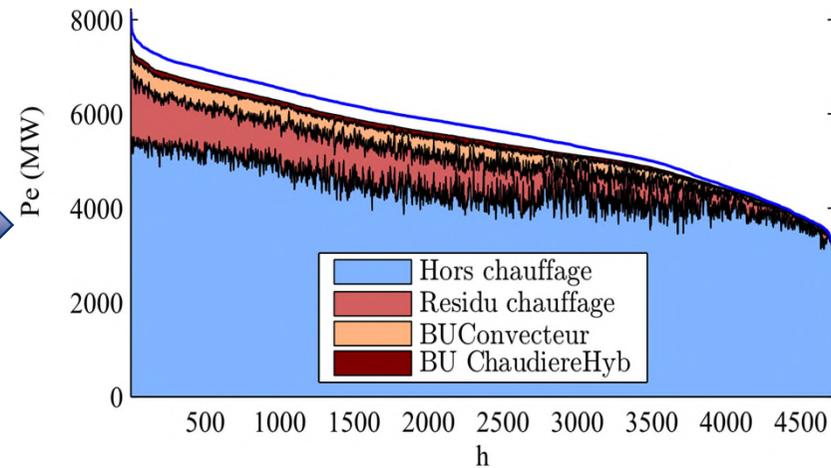
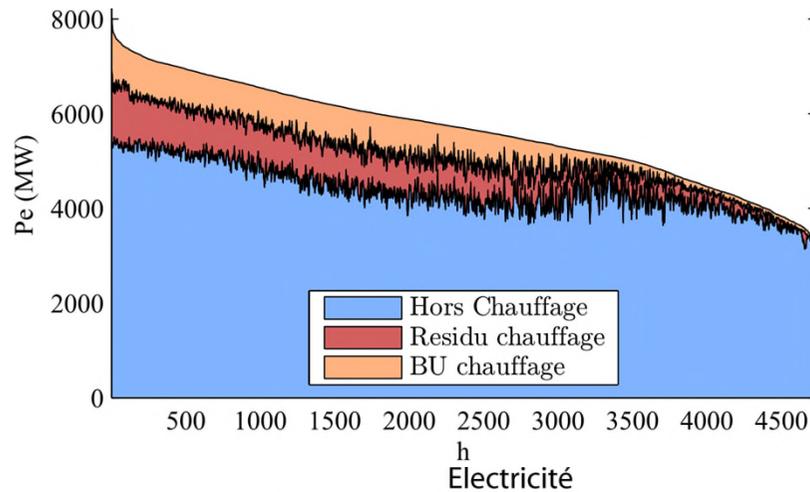
Gradient (MW/°C)	Modèle	O.G. CEREN/DJ
MI RES	76	~80
IC RES	-	~45
Total	-	~125

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

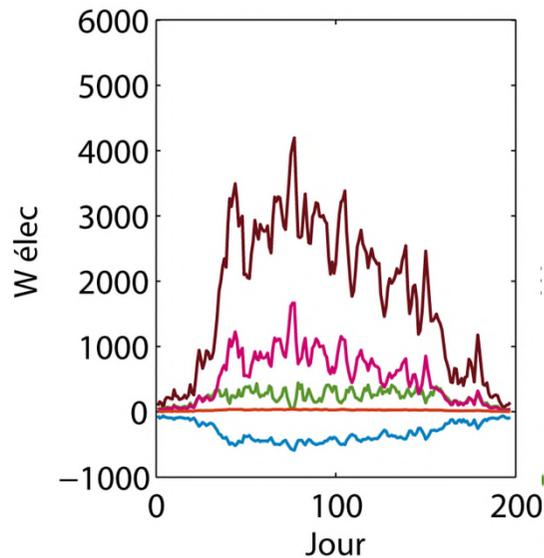
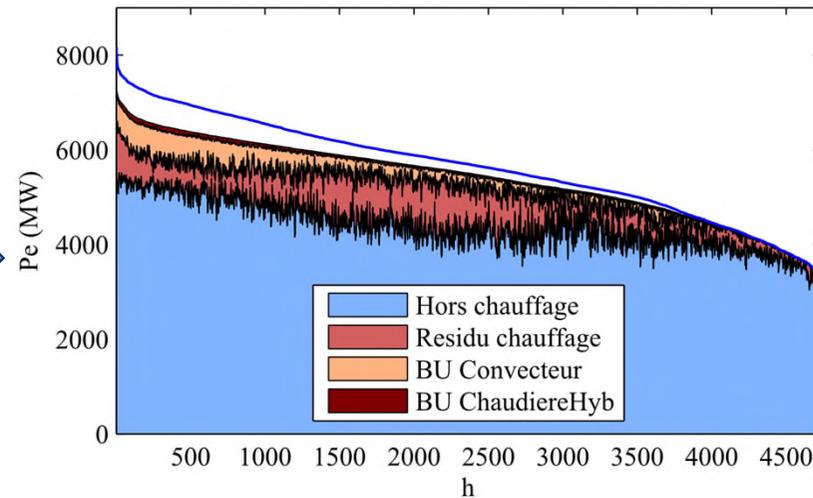
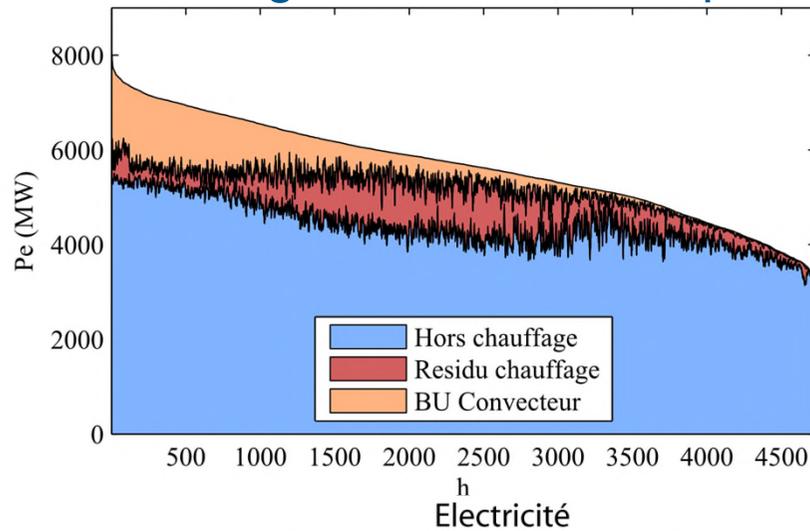
Exemple : consigne constante 20°C, , et diffusion de technologies dans 50% du parc MI, 193 000 logements



<i>Diffusion</i>	$\Delta$ END (GWh)	$\Delta$ Pmax (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



Diffusion	$\Delta$ END (GWh)	$\Delta$ Pmax (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)
<b>PAC</b>	3.4	2.8
<b>Chaudière Hybride</b>	3.9	3.9

$\Delta$ END PAC/Chaudière Hybride par installation : ~ 0.5 MWh

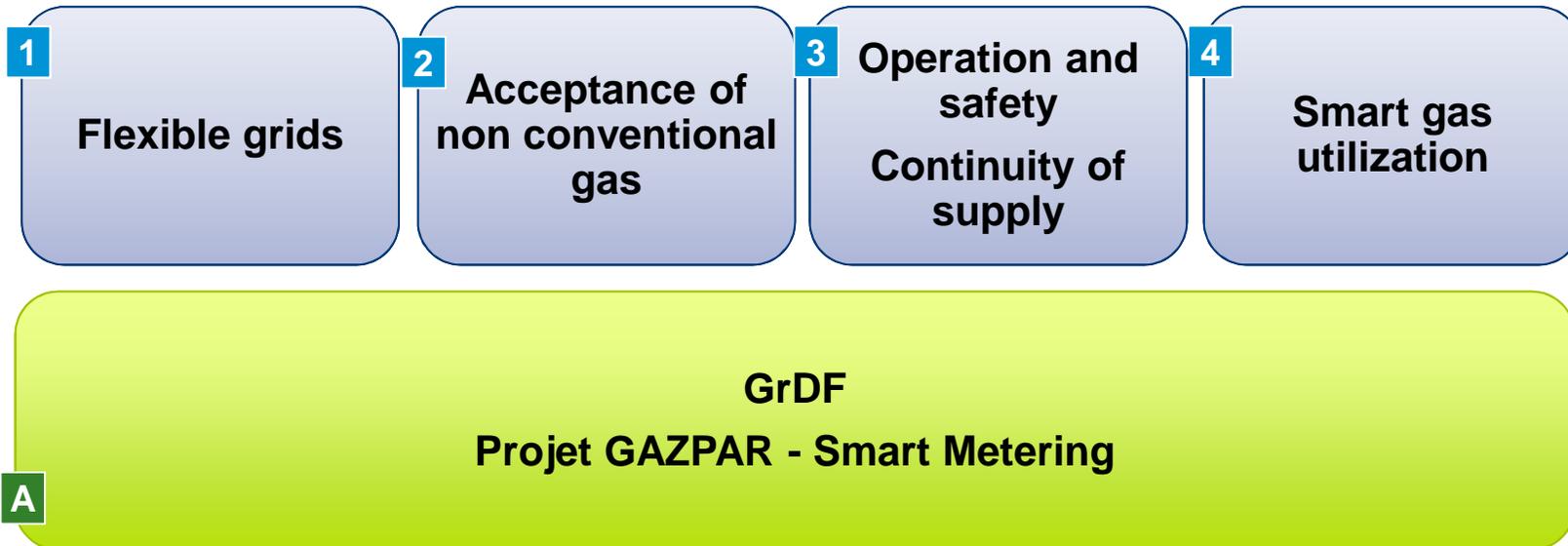
$\Delta$ Pmax PAC/Chaudière Hybride : ~ 1.1 kW

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

Impact	END (MWh)	Pmax (kW)
<b>Micro-cogénération</b>	0.7	0.9

# Une définition européenne du Smart Gas Grid

2011 GT Smart Grid –EG4 remet sa définition du Smart Gas Grid



Le smart-metering n'est pas une brique essentielle du Smart Gas Grid mais une clef de la maîtrise de la demande en énergie.



Merci de votre attention



**Accordons  
nos projets**

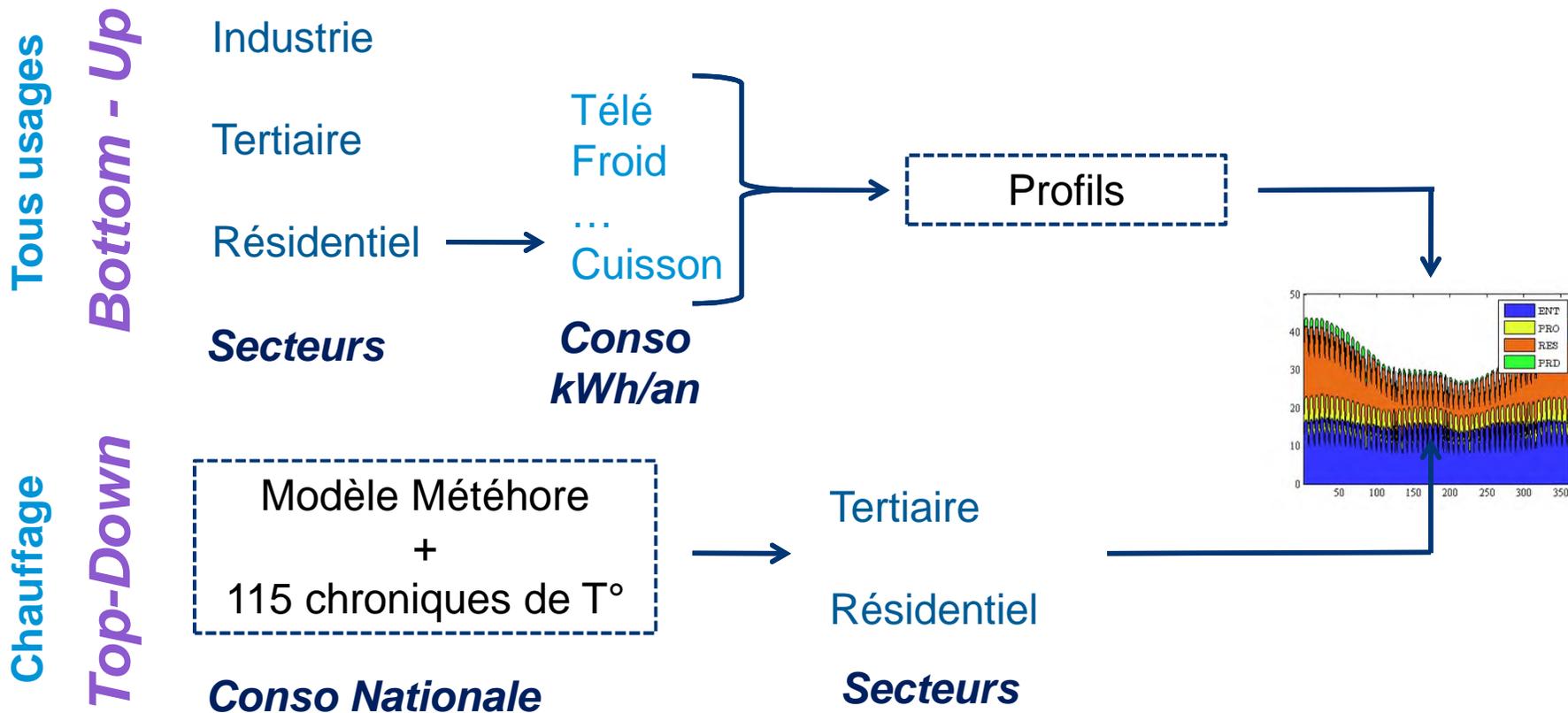


# ANNEXES

# Évaluation prospective de la charge

Outil RTE existant : Modèle CRONOS à la maille nationale

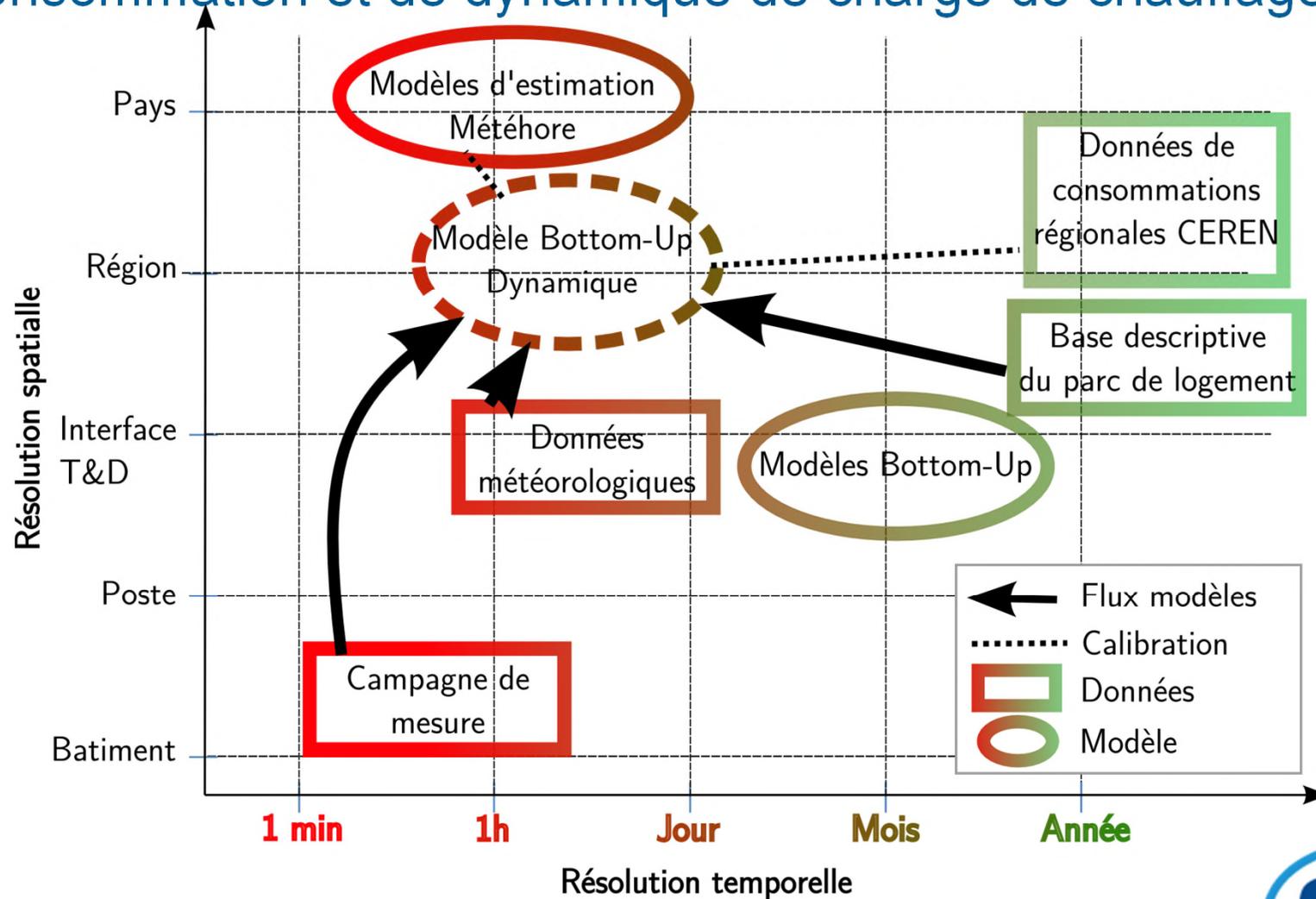
- Le chauffage ne présente pas de modélisation Bottom-Up



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



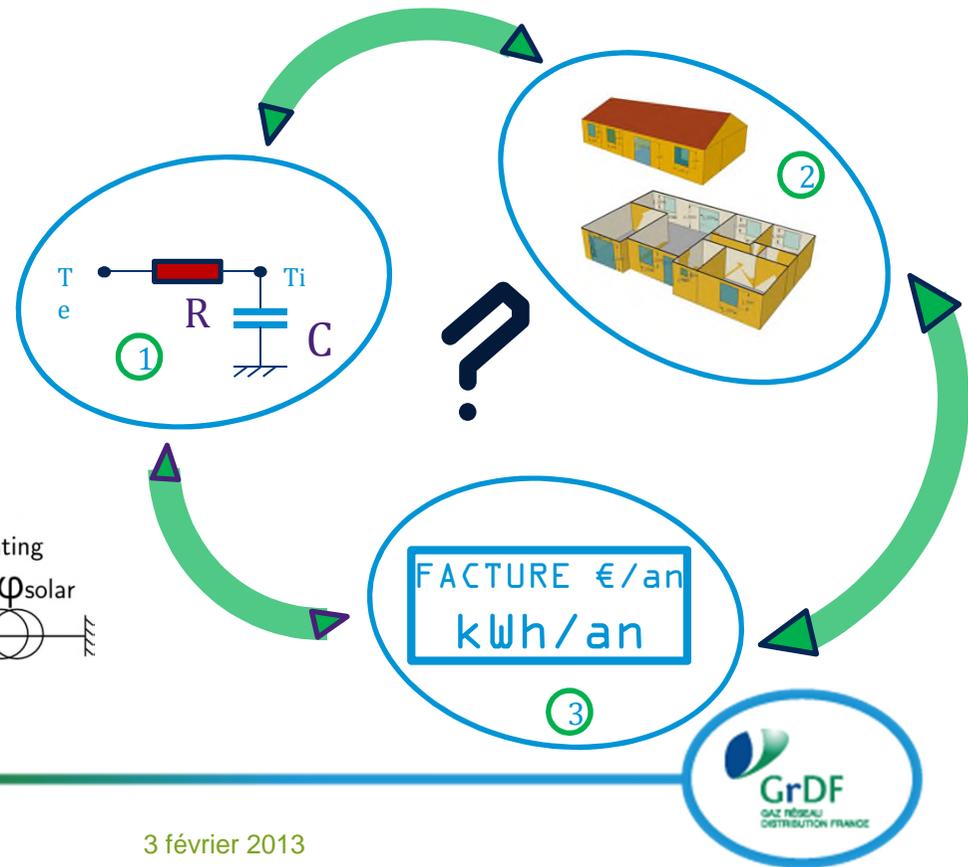
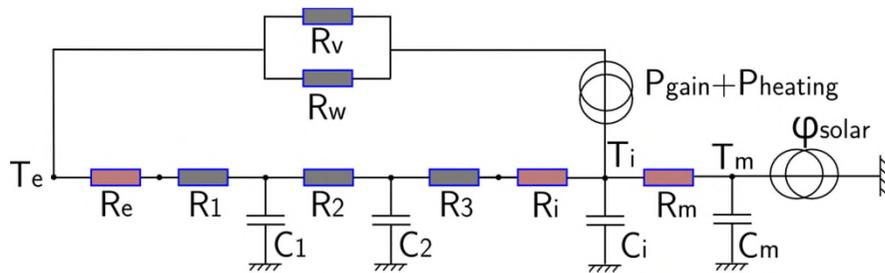
# Choix d'un modèle

## Modèles existants

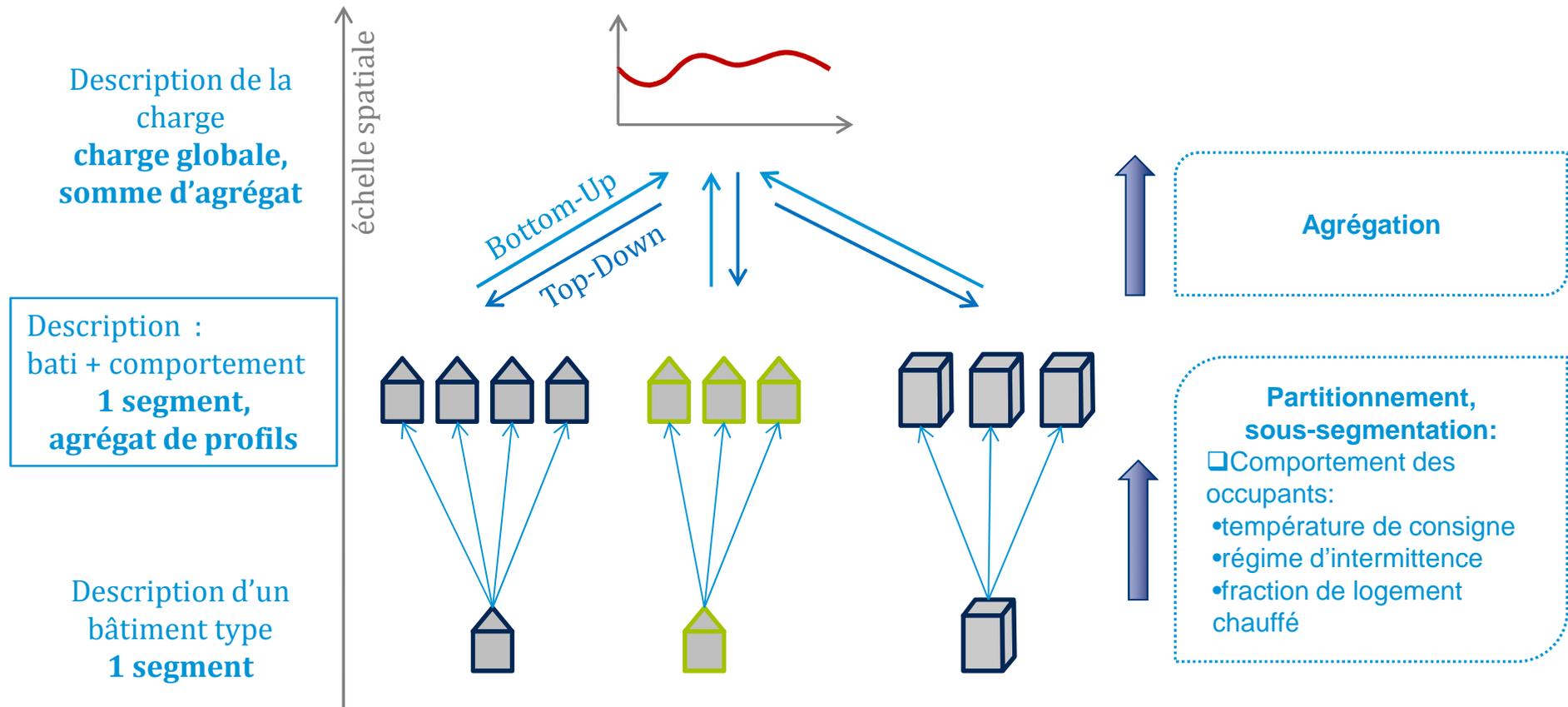
1. Cold Load Pick Up, Évaluation de capacité d'effacement
2. Simulation thermique dynamique, trop détaillée
3. Estimation de conso annuelle, pas de profil

### Difficultés:

- modélisation des consommations réelles incertaines,
- variables comportementales inconnues -> nombreuses simulations
- Nécessité de bien représenter la dynamique

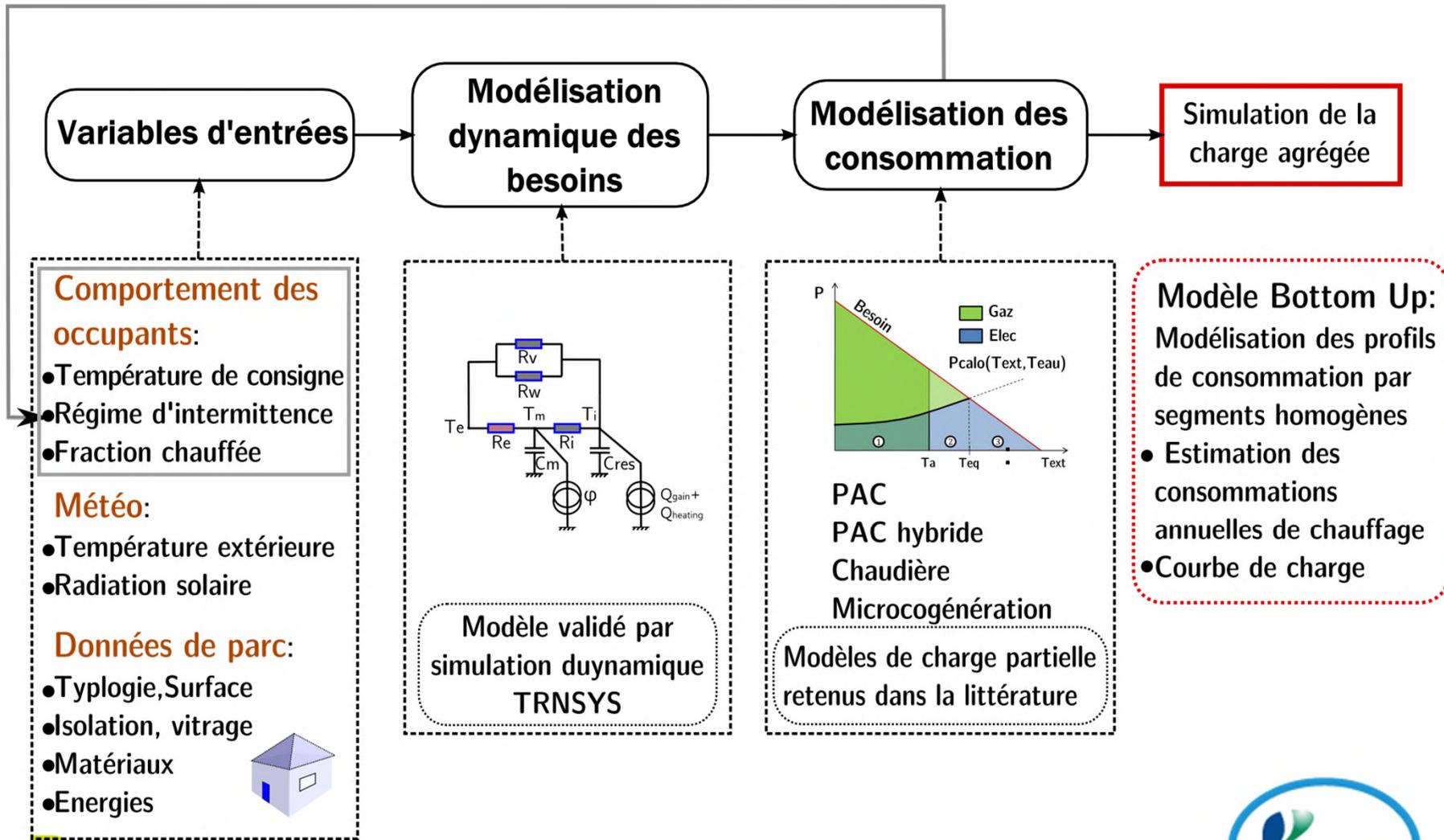


# Approche de simulation Bottom-Up



# Simulation des profils de chauffage

Calibration





# Résultats

Application à la région PACA

