



Eric Vorger

---



- **Modélisation stochastique de l'occupation de bâtiments résidentiels pour la simulation thermique dynamique**

Simurex, 26 octobre 2015

# Enjeux de la modélisation des comportements (1)

- Des modèles physiques plutôt fiables

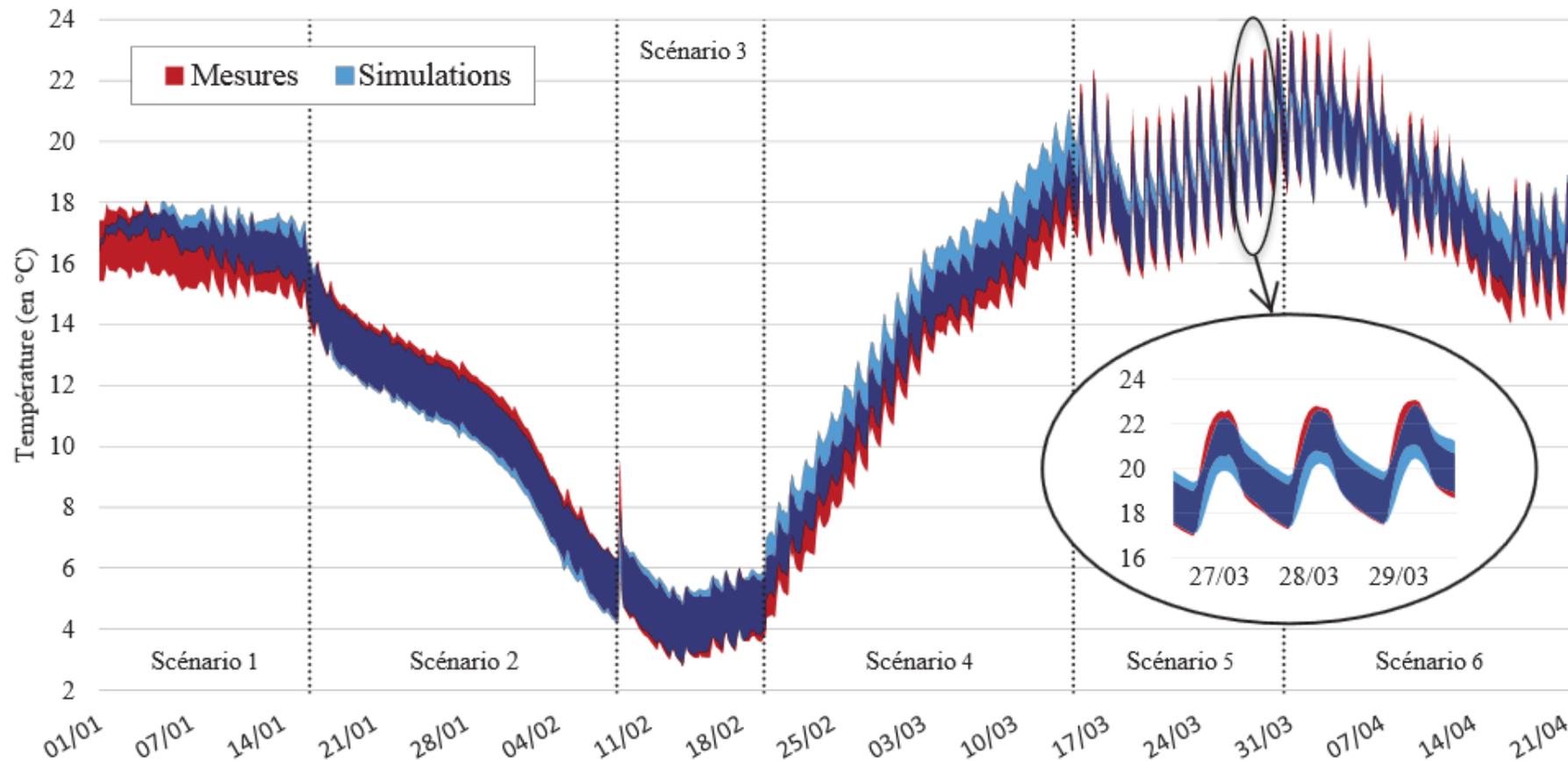
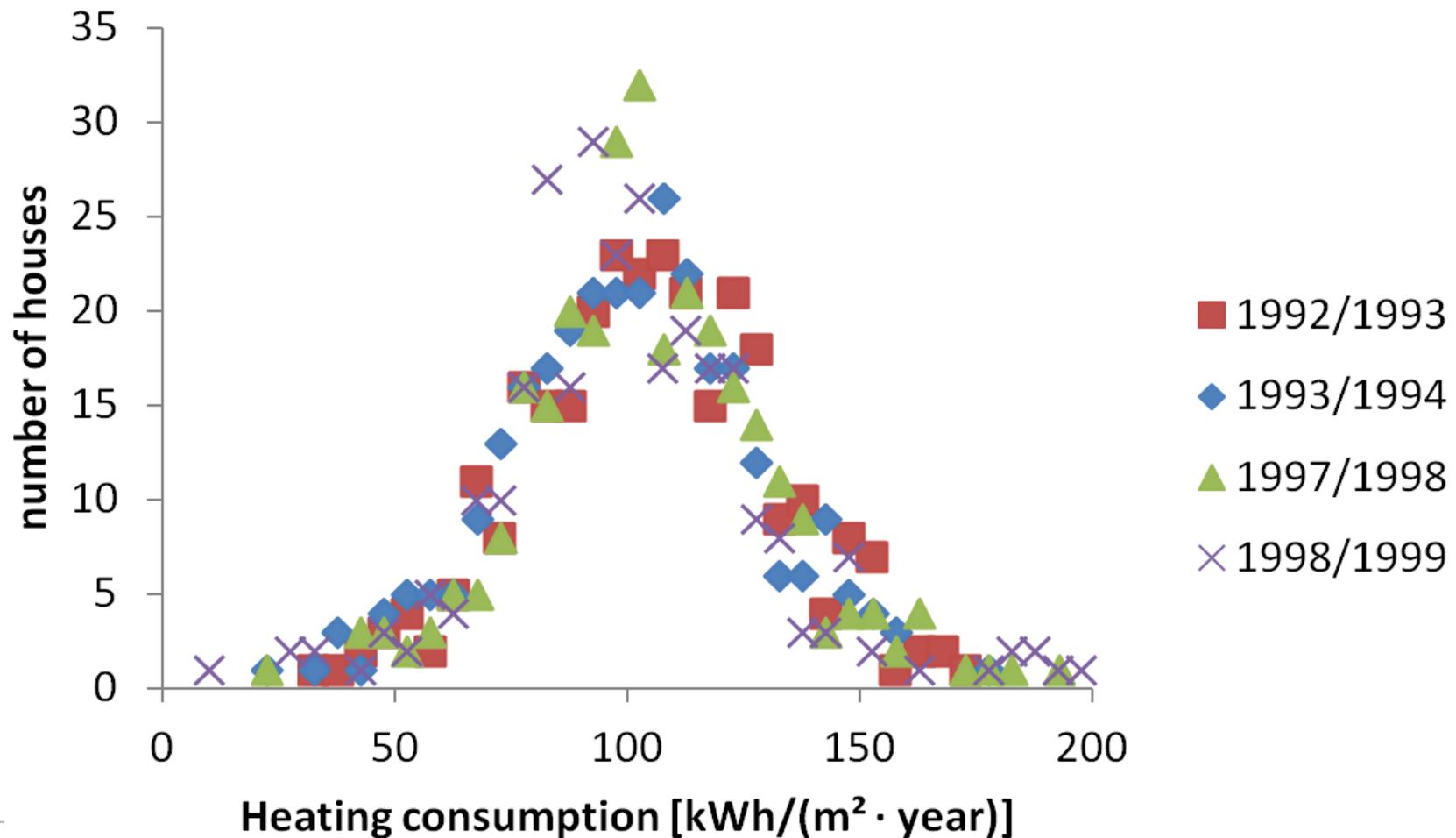


FIGURE 3. Bandes d'incertitudes des températures simulées et mesurées pour le séjour

# Enjeux de la modélisation des comportements (2)

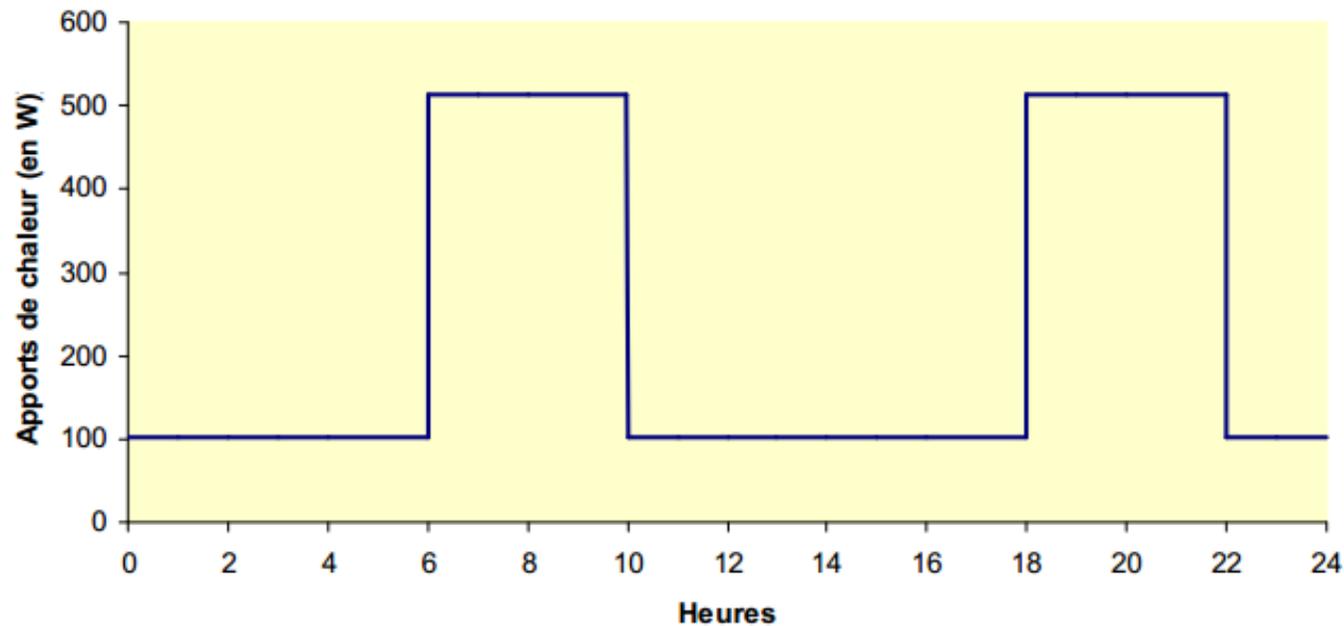
- Retours d'expériences : écarts significatifs entre prédictions et mesures
- Quelle valeur garantir?



- Influence des occupants sur la consommation énergétique
  - Présence
  - Ouverture des fenêtres
  - Gestion des dispositifs d'occultation
  - Utilisation de l'éclairage artificiel
  - Utilisation d'appareils électriques
  - Gestion des consignes de chauffage
  - Puisages d'ECS

## Objectifs (2)

- Les scénarios conventionnels actuels...

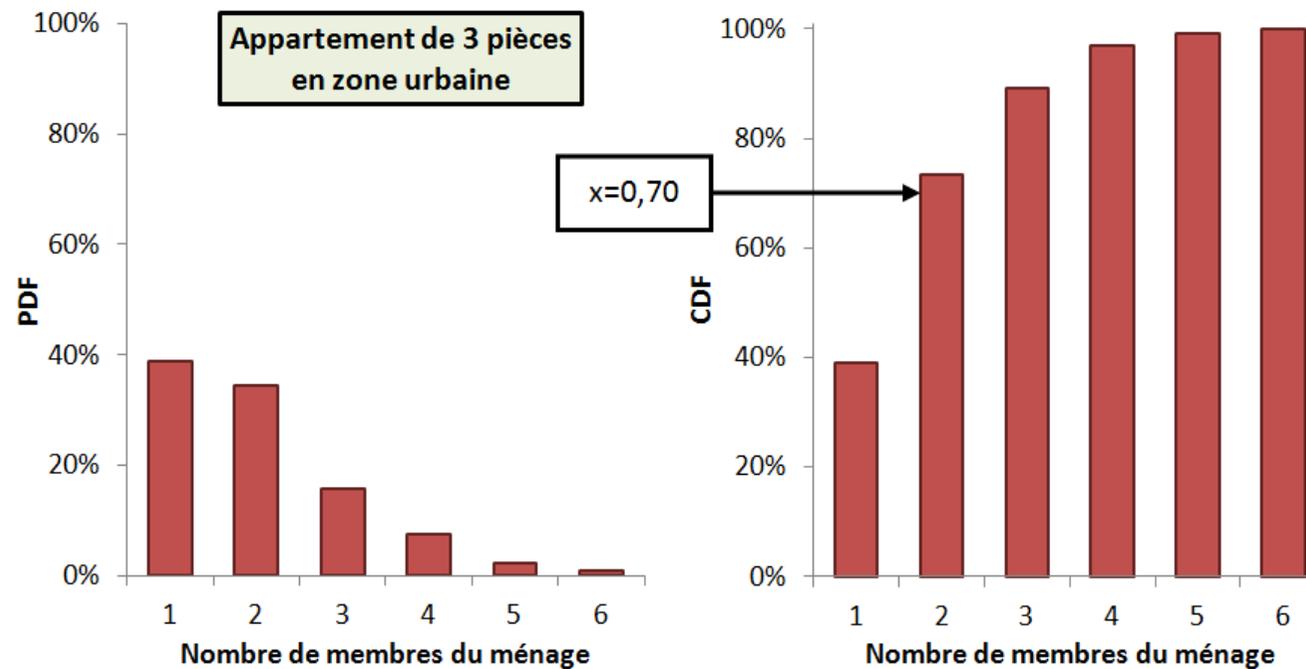


- Proposer des outils permettant de:
  - Contextualiser l'aide à la conception
  - Quantifier l'incertitude sur une prédiction de STD => GPE

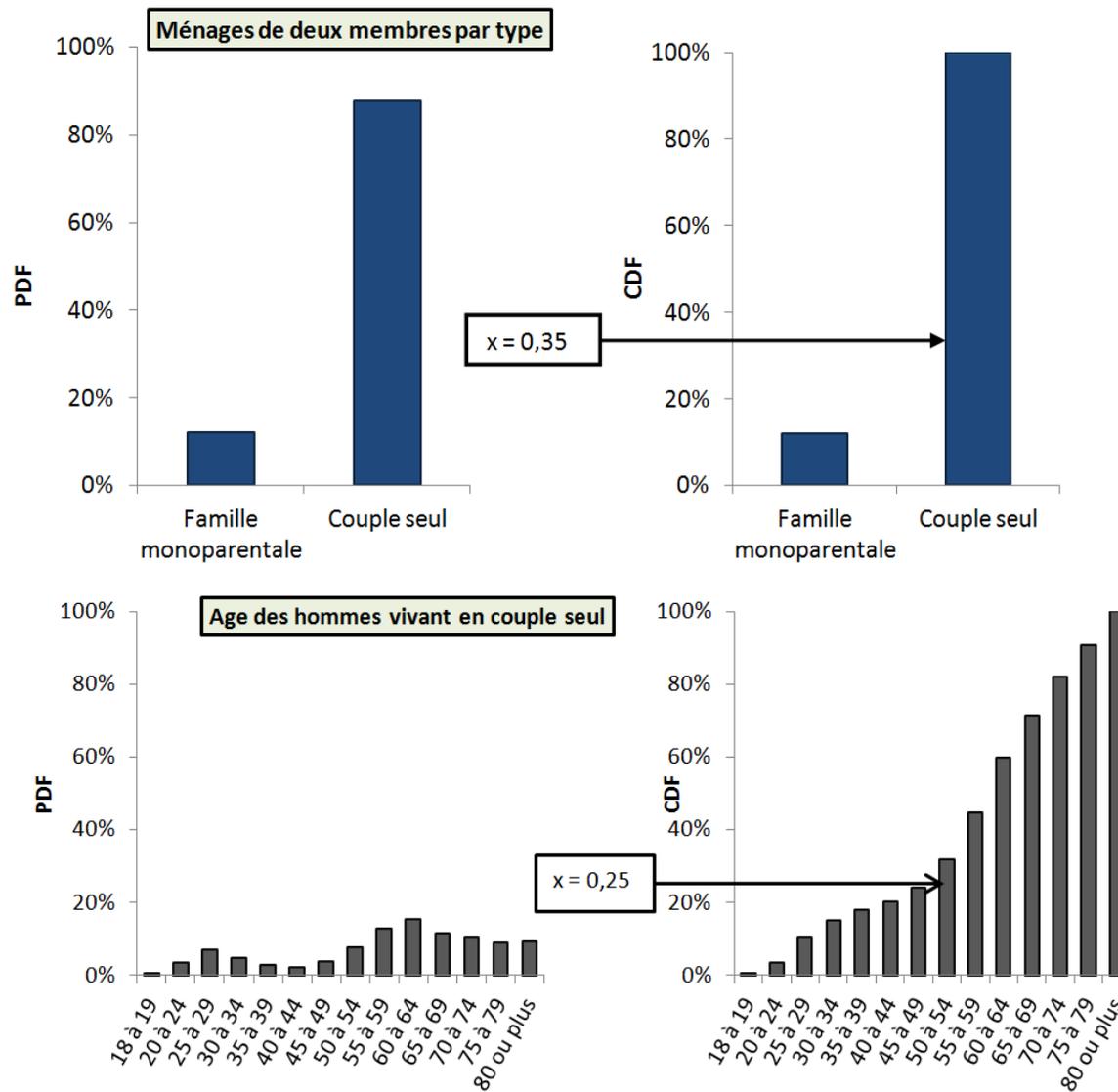
- Modèles orientés agents basés sur le confort
  - Maximisation d'une fonction de confort, perception, mémoire, apprentissage, délibération...
  - Incertitude intrinsèque des modèles de confort
- Modèles stochastiques statistiques
  - Lois de probabilités dérivées de mesures
  - Prise en compte implicite de phénomènes adaptatifs
- Bâtiments résidentiels et de bureaux

# Création des ménages (1)

- Renseignement de caractéristiques individuelles (âge, genre, retraité, temps de travail, niveau d'études, état de santé...)
- Corrélations => Détermination séquentielle
- Données du Recensement de la Population Insee (2009)
- Saisie du bâtiment : type de logement(s), nombre(s) de pièces et localisation



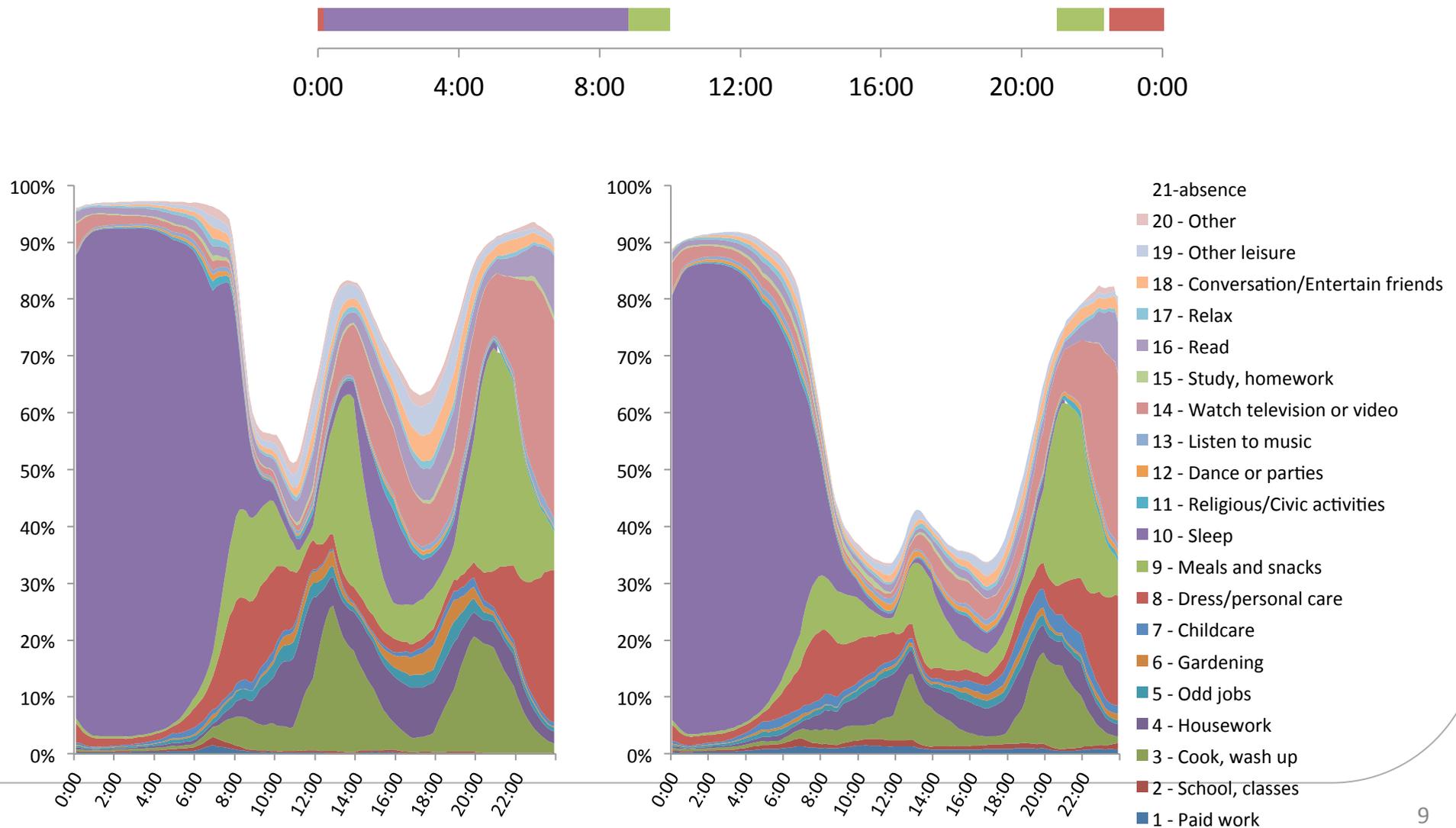
# Création des ménages (2)



- Etc.

# Génération des scénarios d'activités

- Modèle détaillé basé sur une analyse statistique de l'EET 1999 [Wilke et al., 2013]
- Probabilités de début des activités et durées des activités dépendent des caractéristiques sociodémographiques des individus

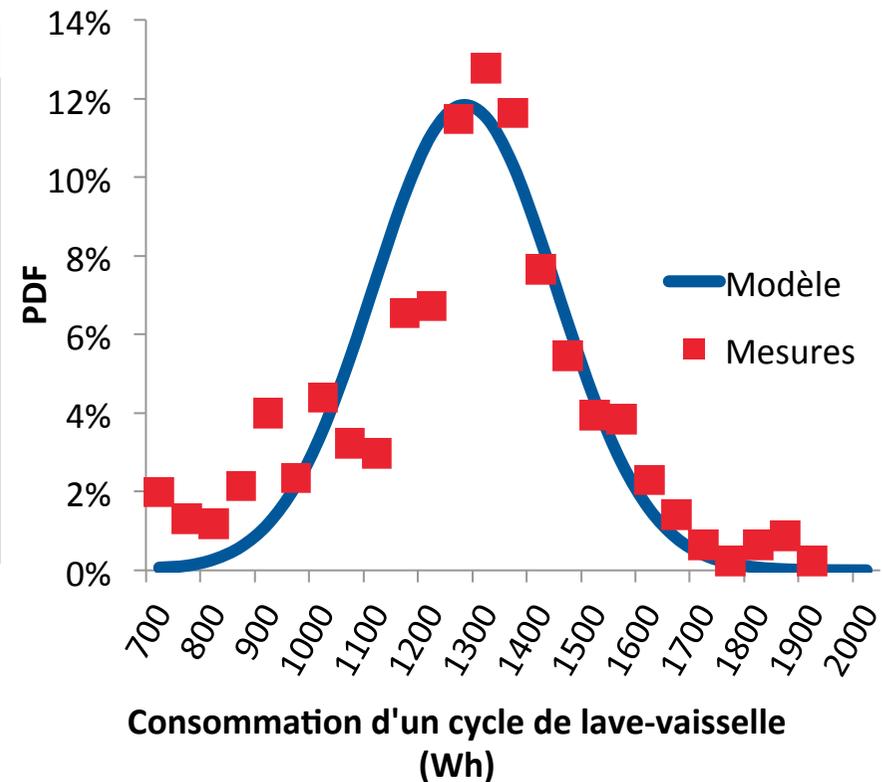


# Attribution des appareils électriques

- Taux d'équipement : enquêtes Insee, données d'industriels
- Caractéristiques de fonctionnement : campagnes de mesures (Enertech, ADEME, EDF)

## ➤ Exemple des lave-vaisselles

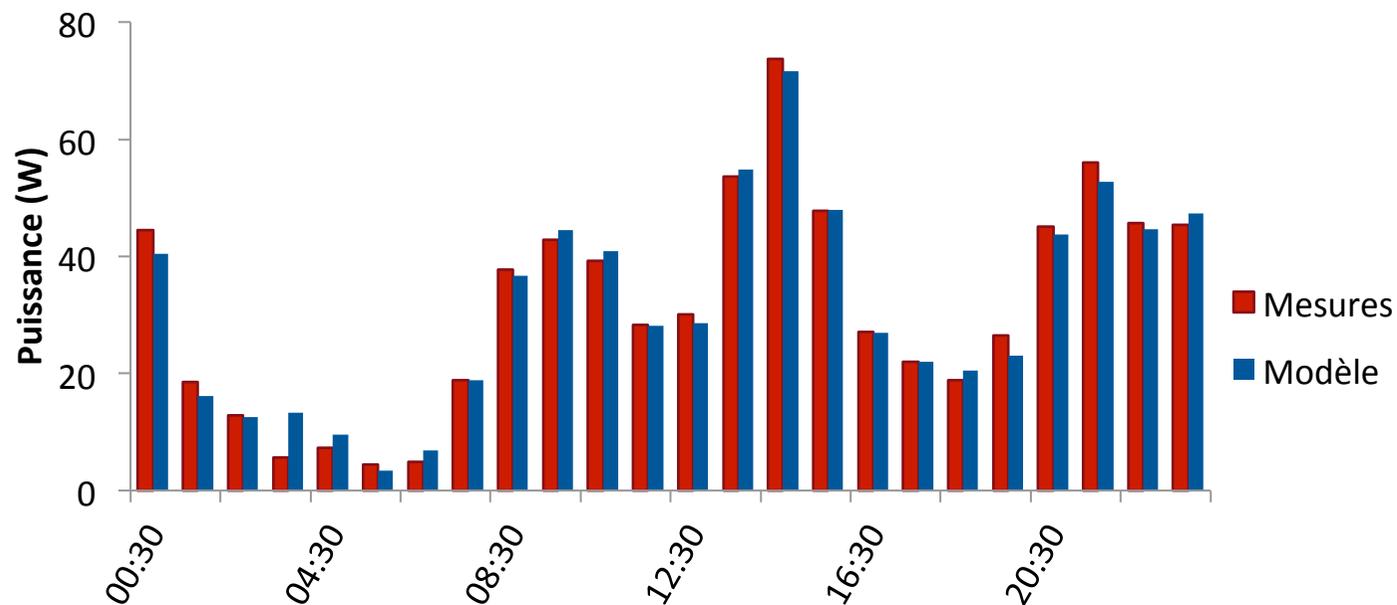
Lave-vaisselle	Revenu du ménage			
	1er quartile (inférieur)	2ème quartile	3ème quartile	4ème quartile
Personnes seules	25%	30%	35%	40%
Couples sans enfants	60%	65%	70%	80%
Couples avec enfants	65%	80%	85%	90%
Autres ménages	45%	50%	50%	70%
Familles monoparentales	35%	45%	45%	55%



# Probabilités de déclenchement

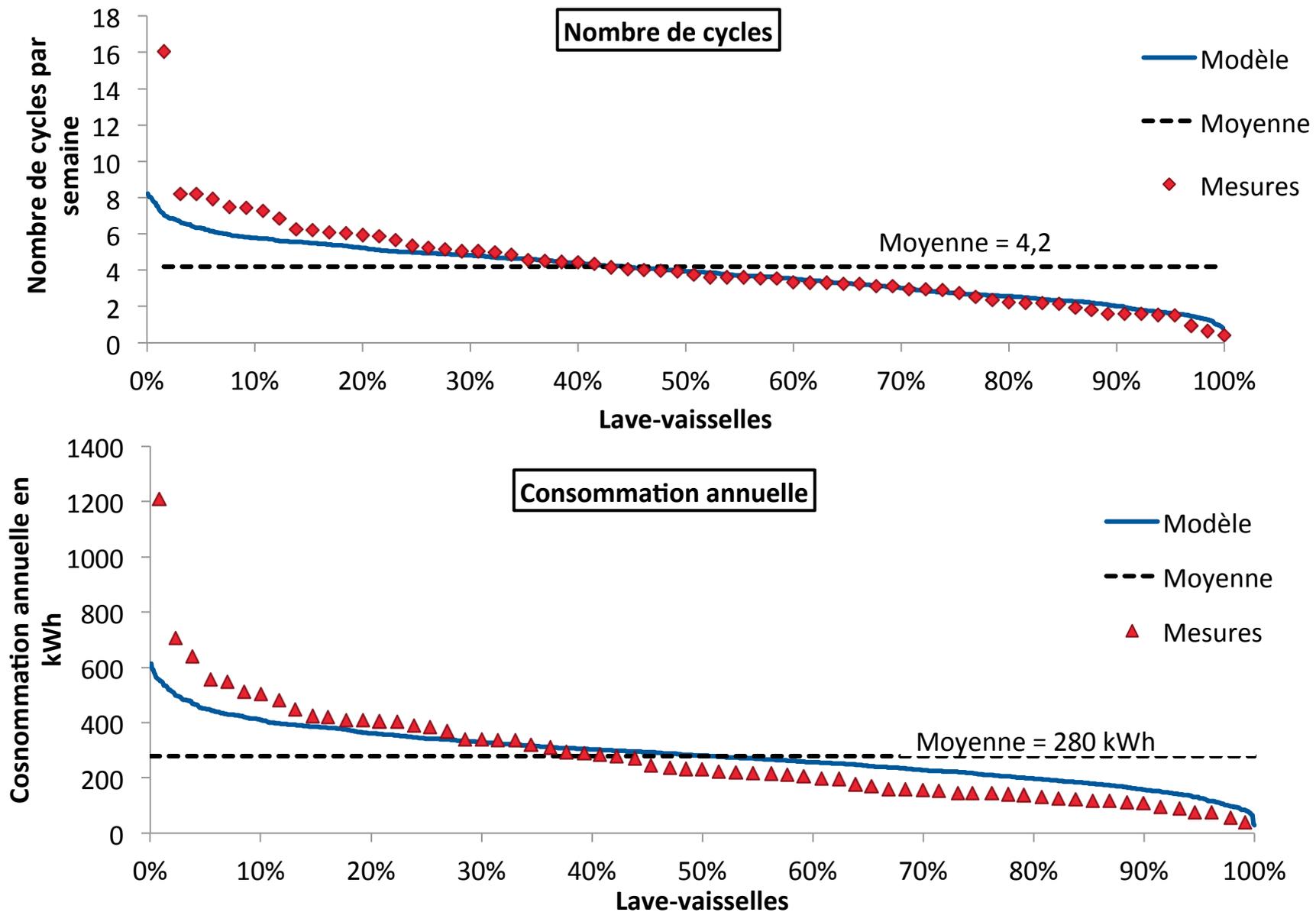
- Hypothèse : déclenchement possible à la fin d'un repas
- Objectif : minimiser l'écart entre simulations et mesures sur la courbe de charge journalière moyenne
- Calibrage des probabilités de déclenchement en fonction de l'heure

0h - 8h30	8h30 - 13h	13h - 14h	14h - 19h	19h - 21h	21h - 24h
0,10	0,16	0,22	0,17	0,25	0,15

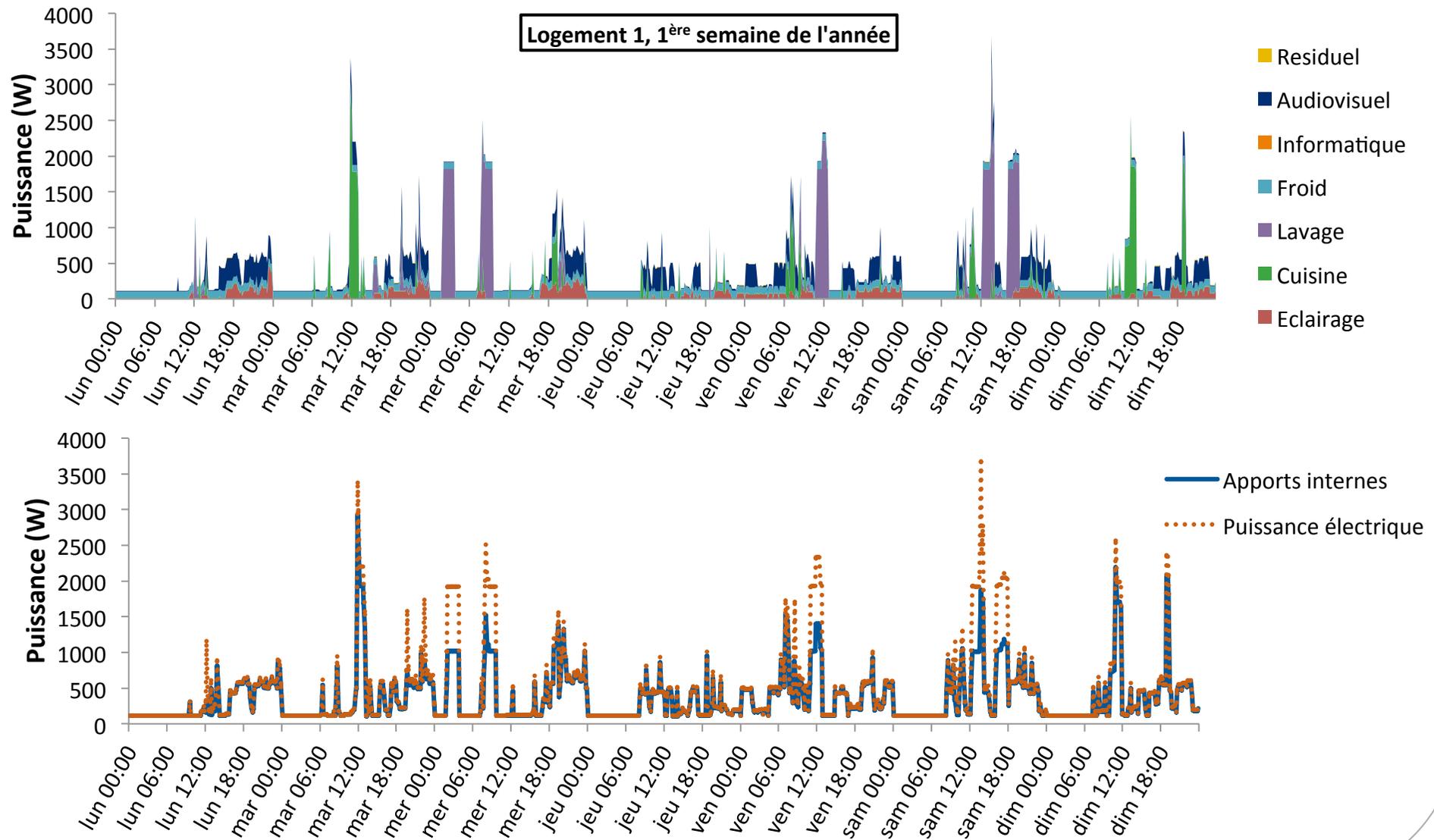


- Saisonnalité sur la puissance

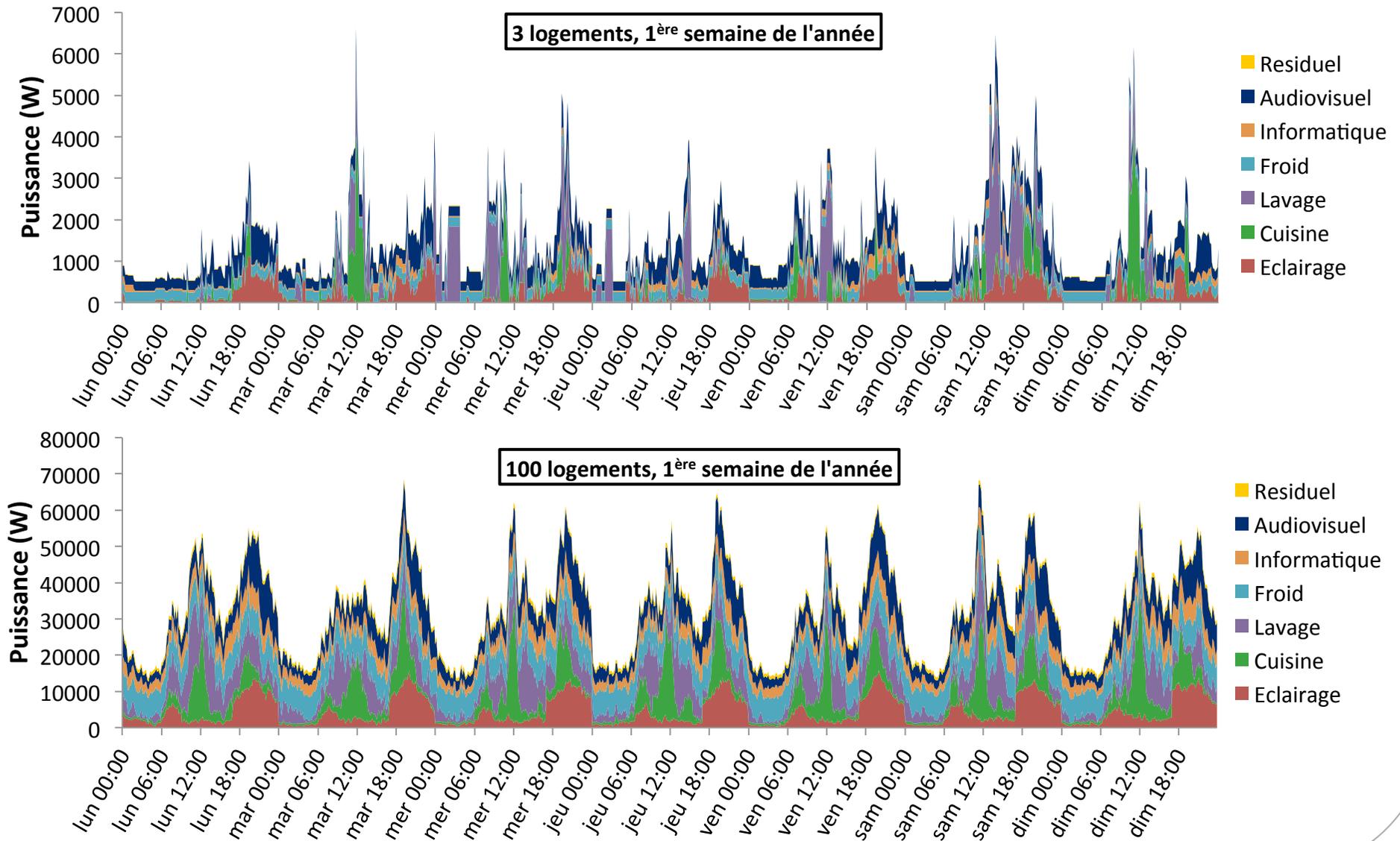
# Vérification des prévisions



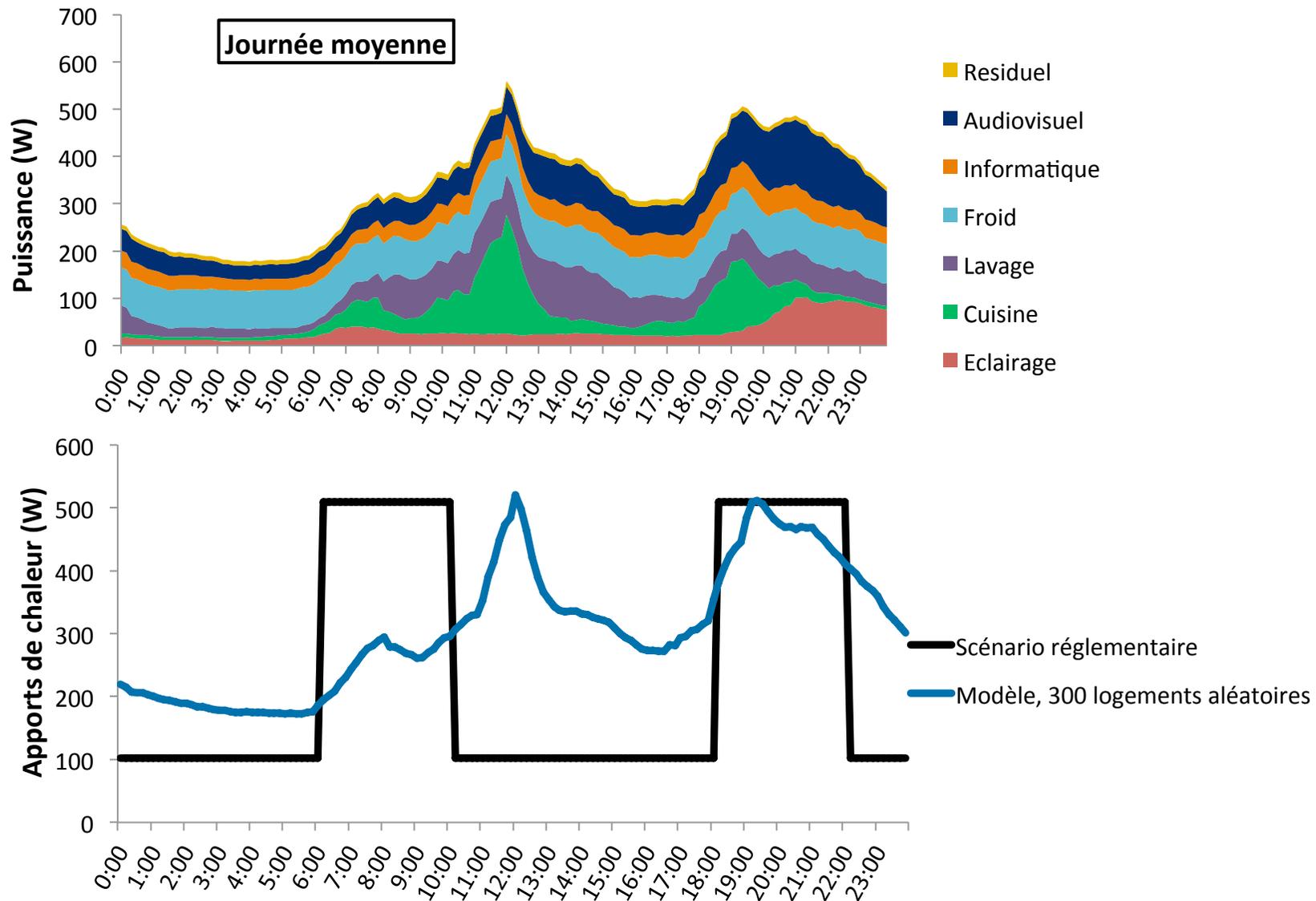
# Utilisation des appareils électriques (1)



# Utilisation des appareils électriques (3)

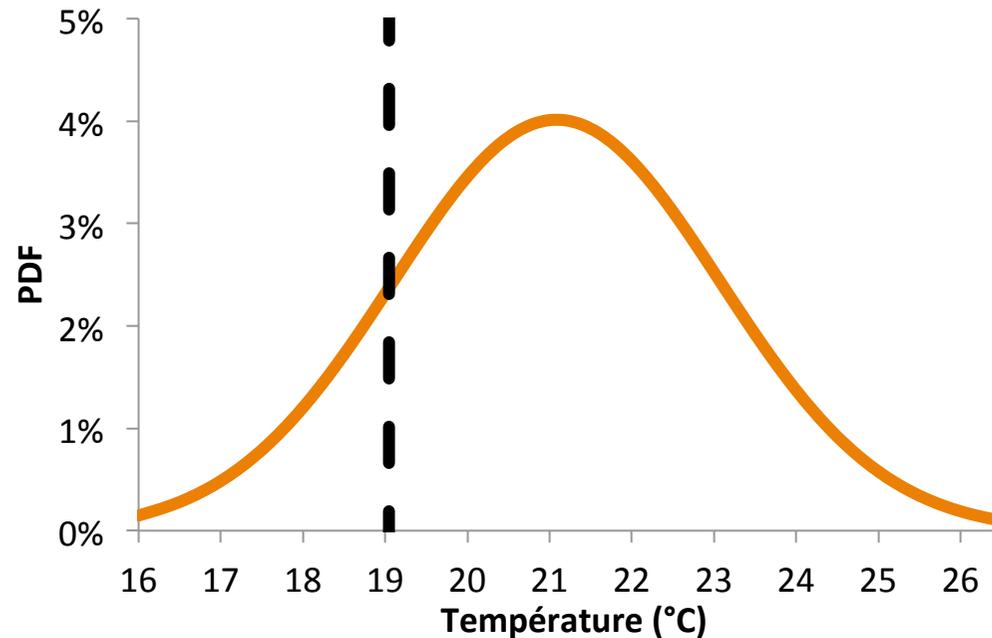


# Utilisation des appareils électriques (4)



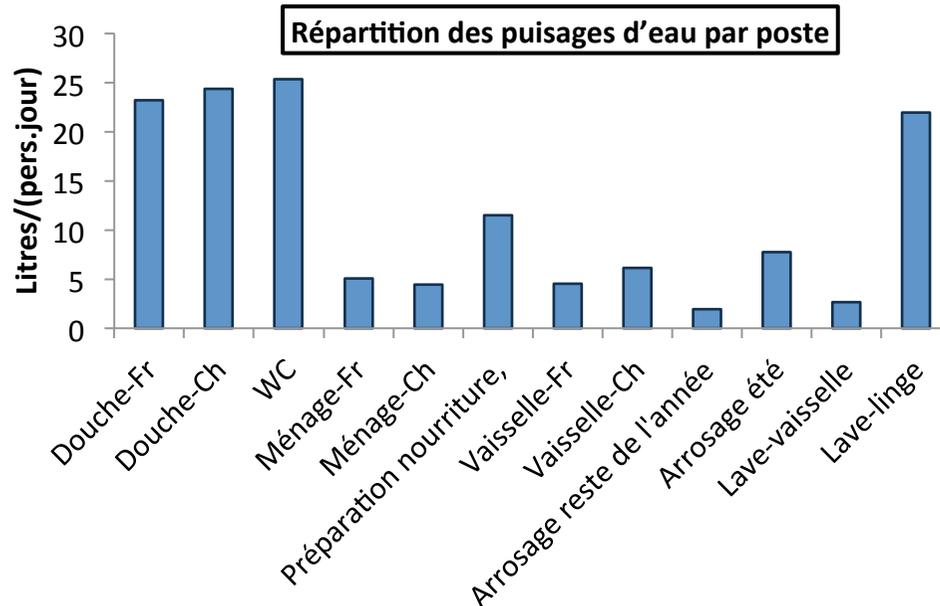
# Consignes de chauffage

- Température dans les pièces principales, d'après des mesures :  
moyenne = 21°C ; écart-type = 2°C

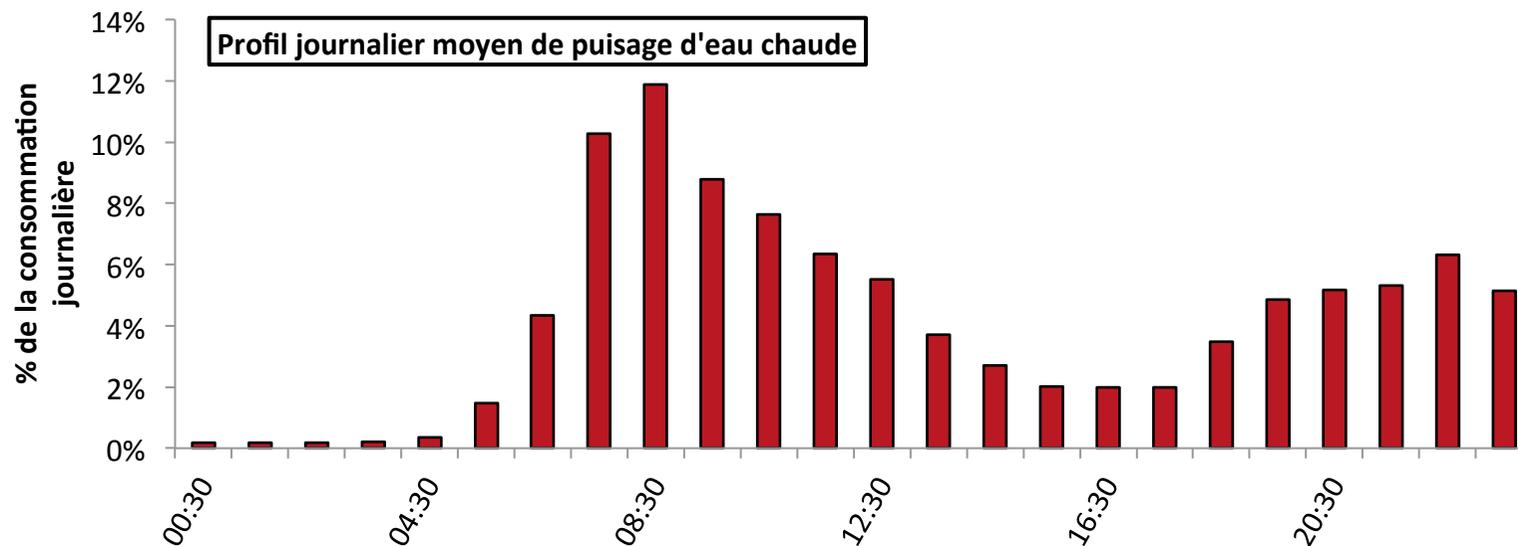


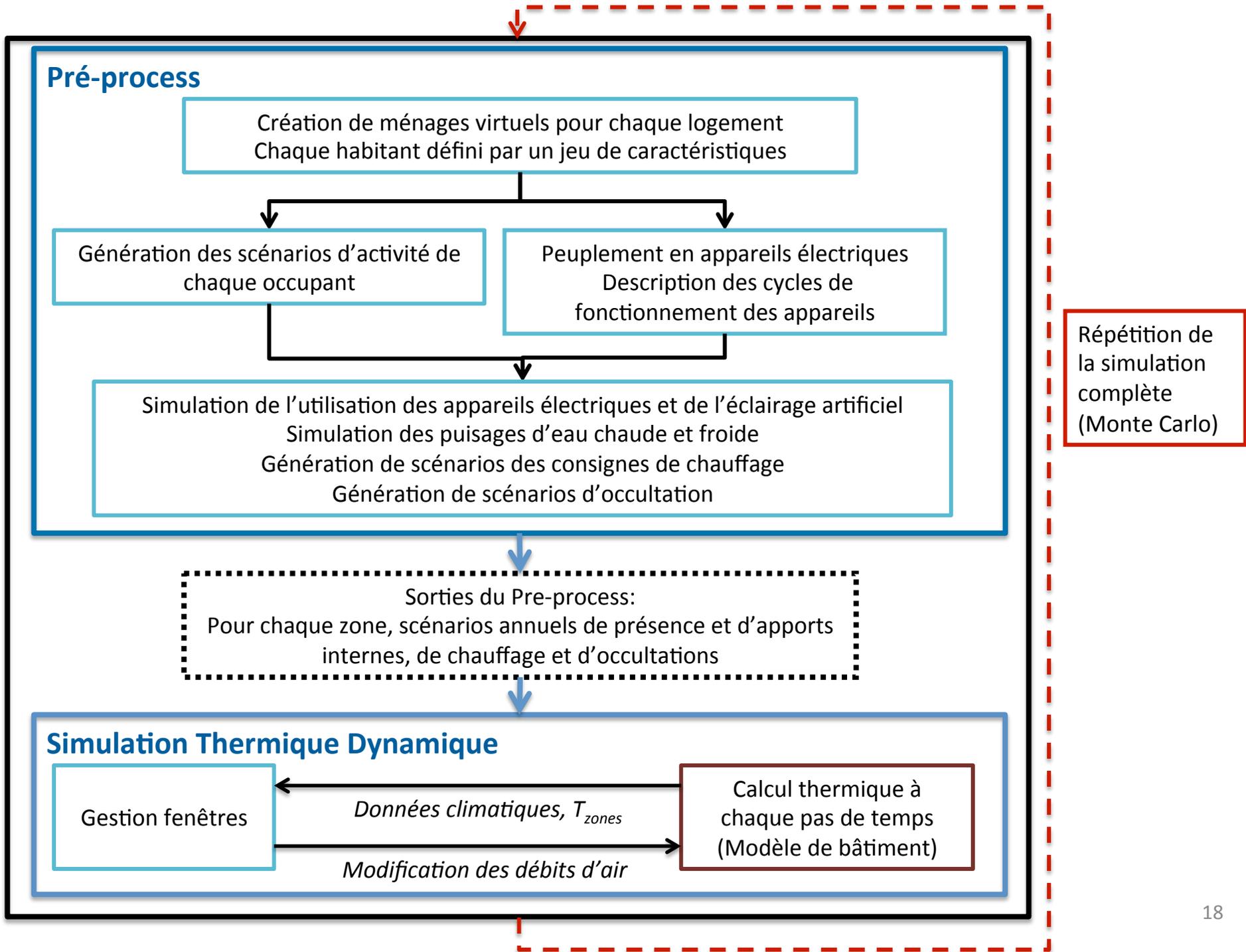
- Modification en fonction des caractéristiques du ménage (âge, charge des frais, genre) et des types des pièces
- Amplitudes et probabilités de réduct variables d'un ménage à l'autre

# Consommations d'eau chaude et froide



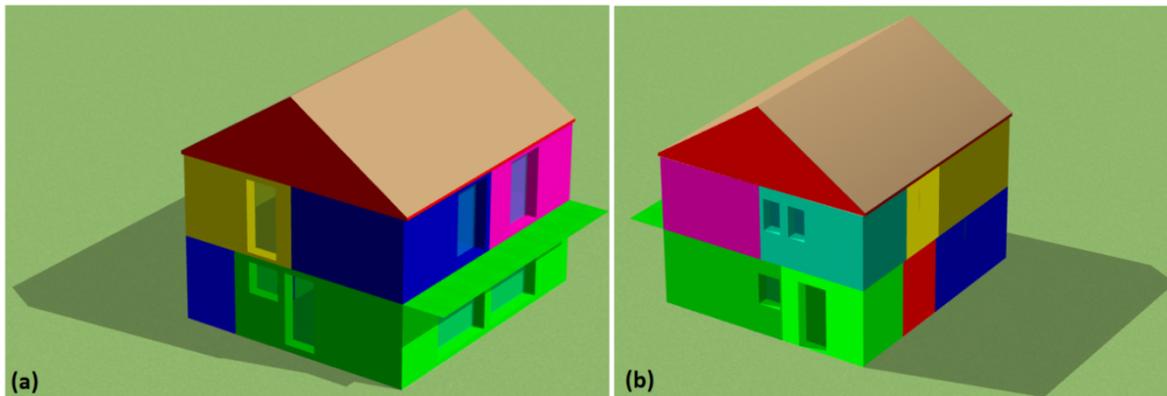
- 50 L ECS/(pers.j) à 40°C en moyenne, écart-type de 30 L



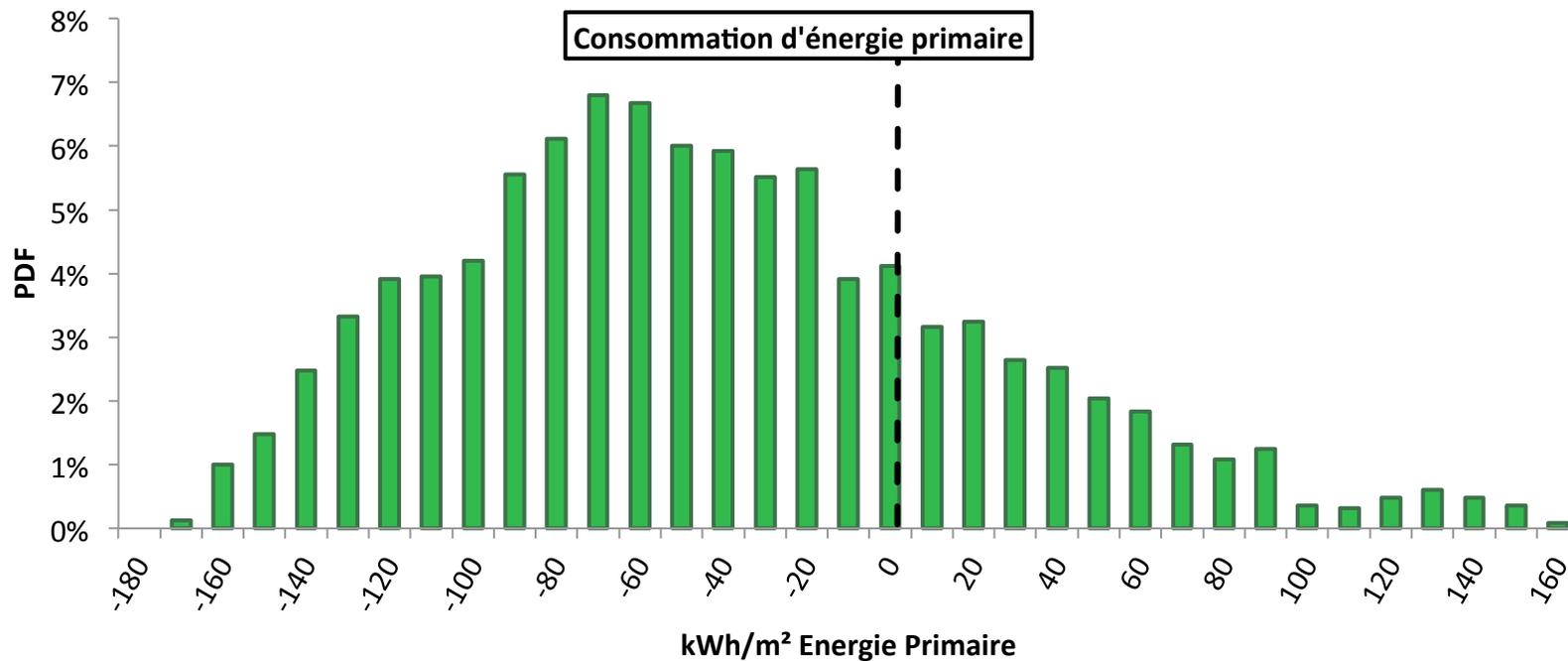
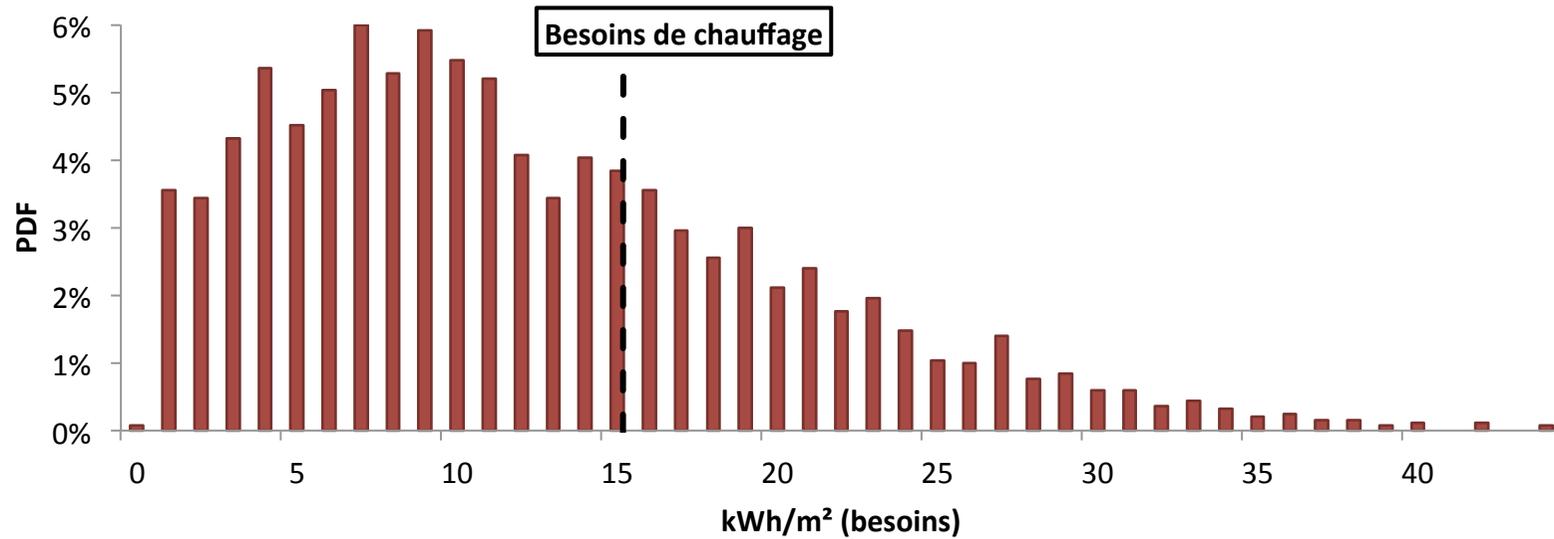


## ➤ La plate forme Incas à Chambéry (INES)

- Maison énergie positive:
  - enveloppe passive,
  - photovoltaïque,
  - solaire thermique



# Propagation d'incertitudes



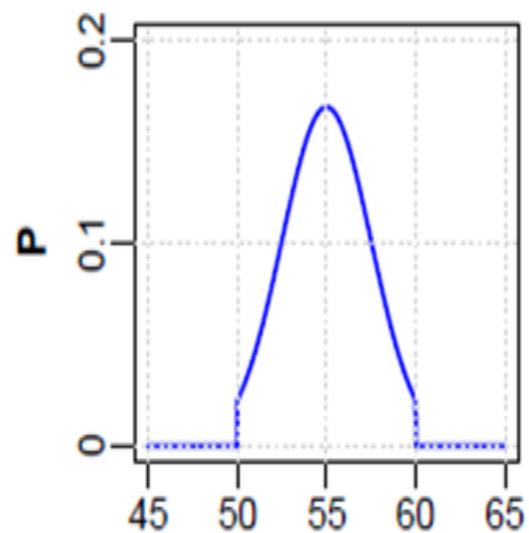
## ➤ Utilisations

- Génération de scénarios déterministes plus réalistes et contextualisés
- Propagation d'incertitudes => GPE

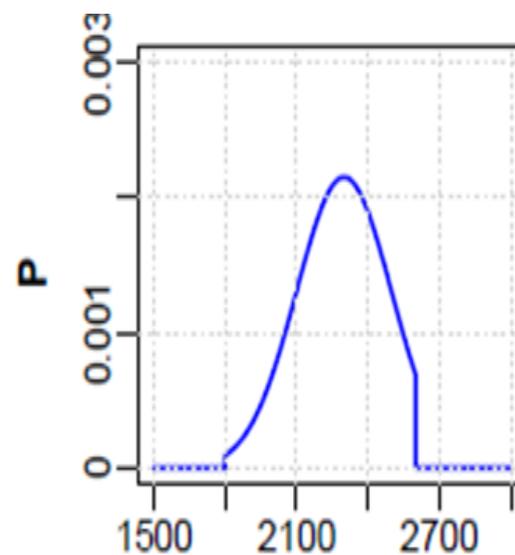
## ➤ Perspectives

- Développement de nouveaux modèles spécifiques
- Définition claire du domaine de validité des différents modèles: variantes du même modèle (big data?)
- Temps de calculs (parallélisation, cloud)
- Réduction des incertitudes
- Collaborations interdisciplinaires

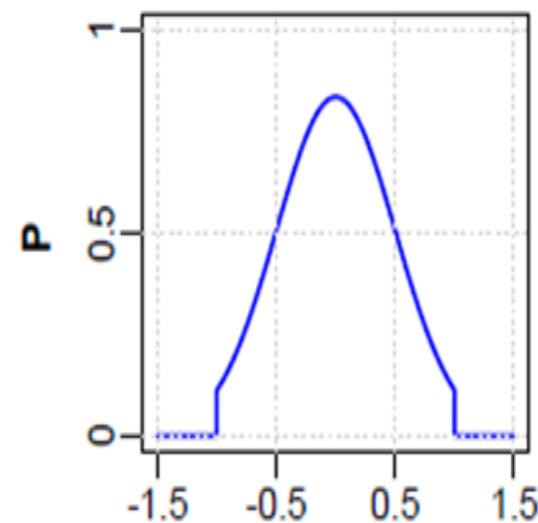
Merci pour votre attention



**Température eau chaude**



**Conductivité béton**

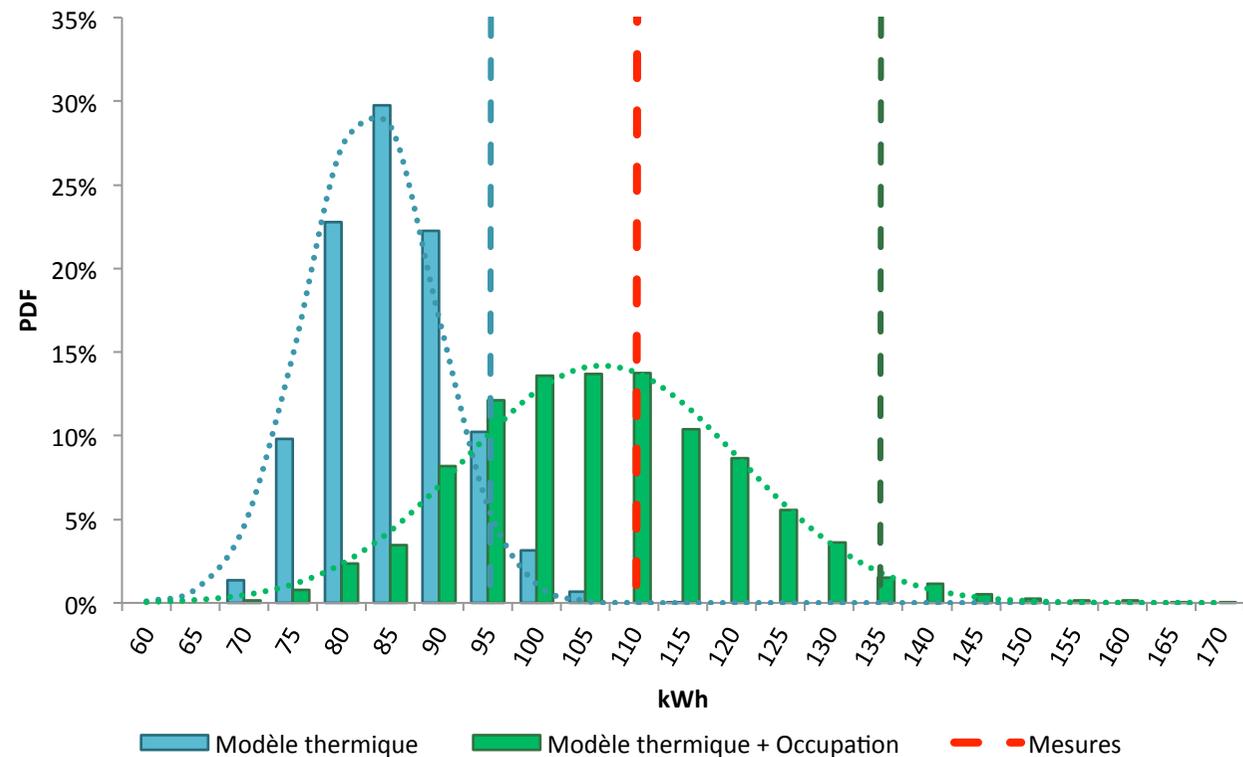
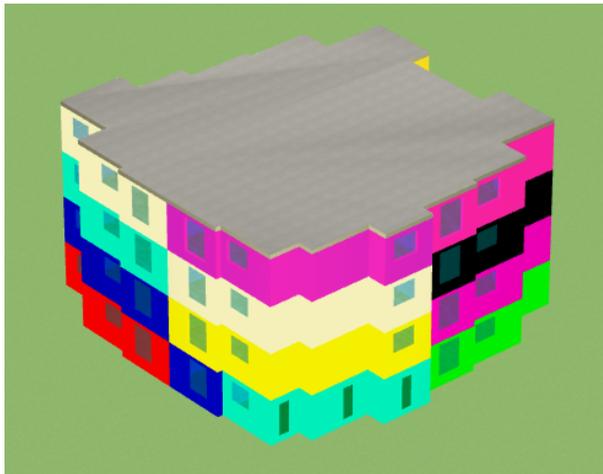


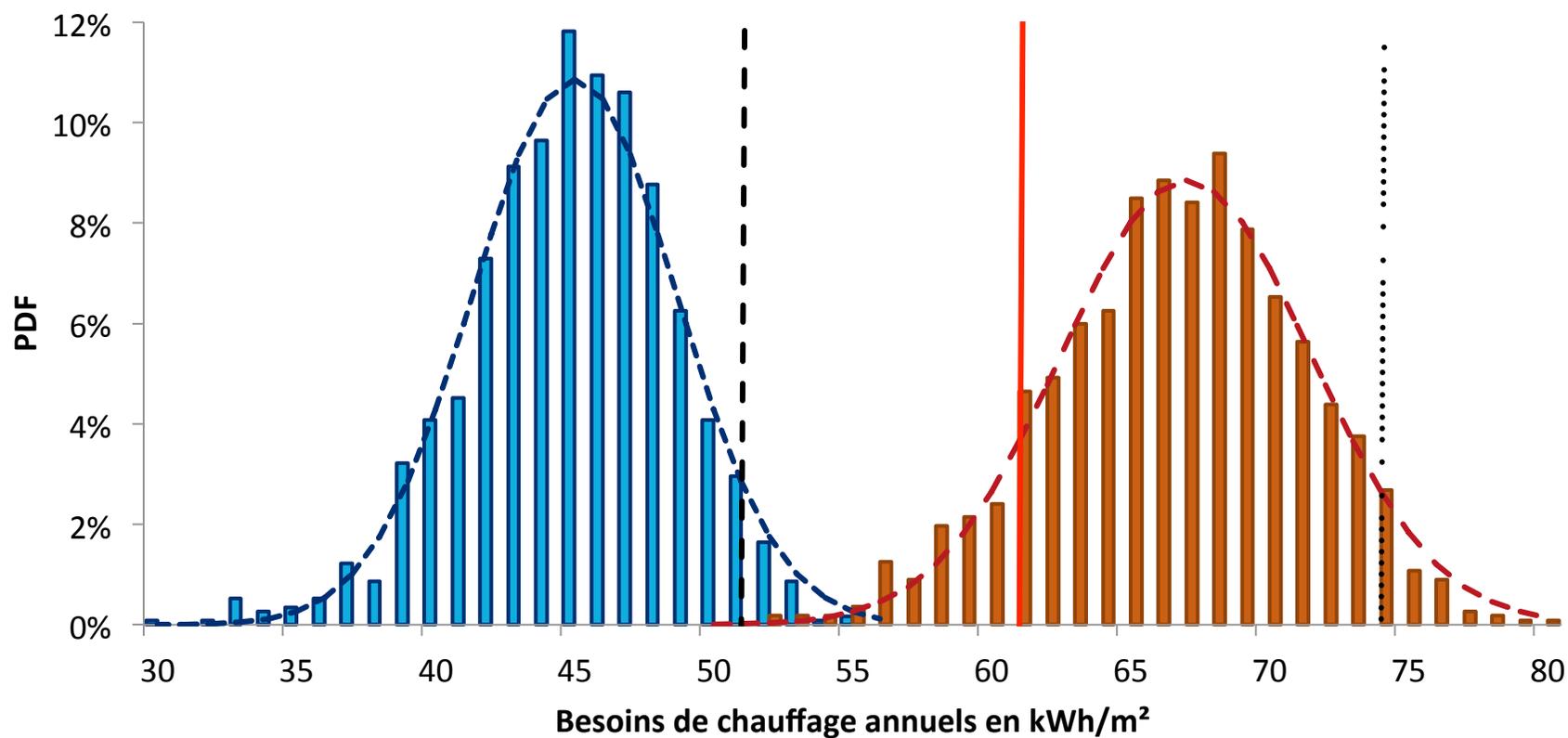
**$\Delta$ Température extérieure**

# Propagations d'incertitudes (2)

## ➤ Immeuble résidentiel rénové à Feyzin

- Garantie de performance énergétique (GPE). Objectif : prévoir les consommations de chauffage et d'ECS après rénovation avec un intervalle de confiance
- Facteurs incertains du modèle thermique et incertitude sur l'occupation





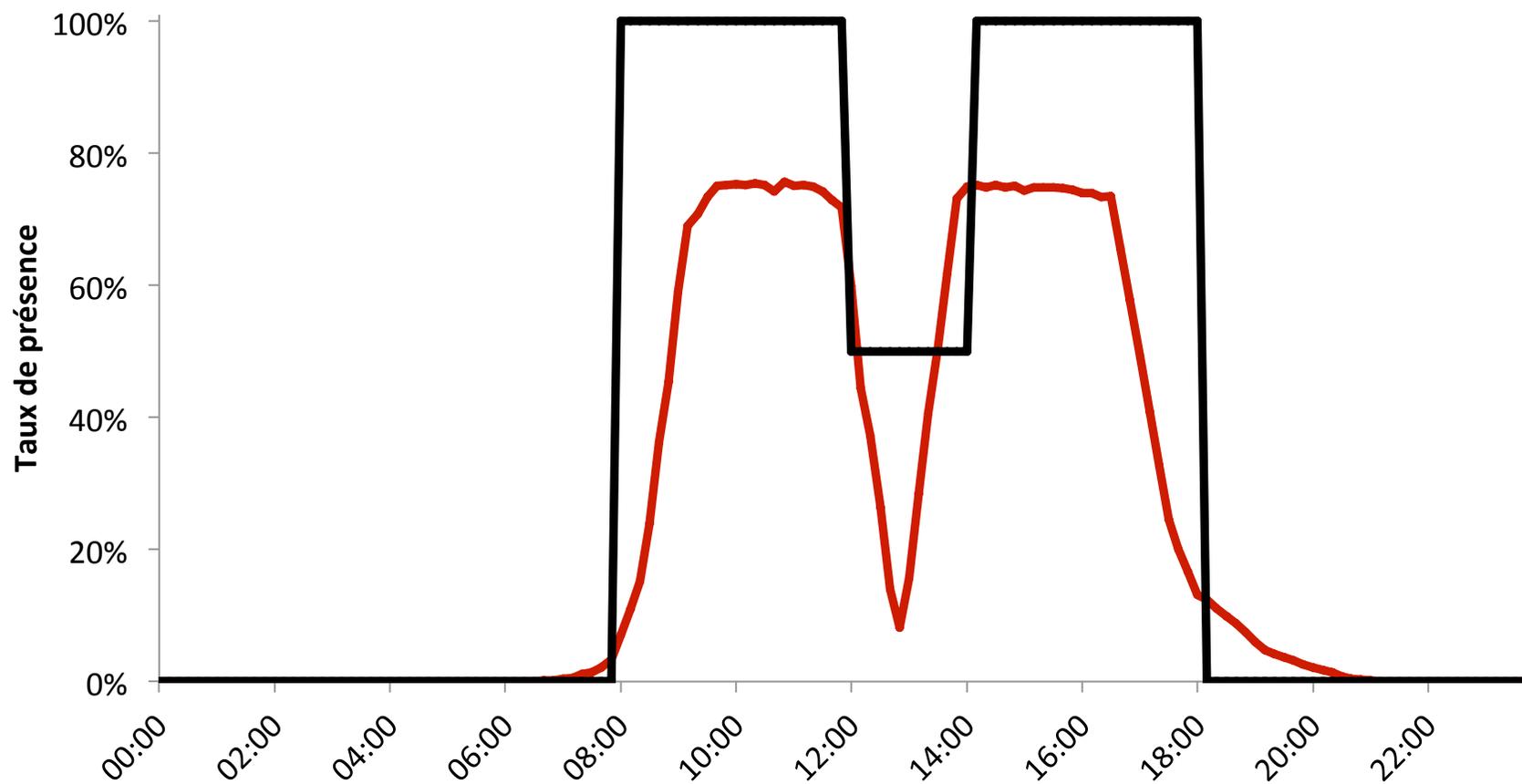
■ Modèle, consigne à 20,2°C

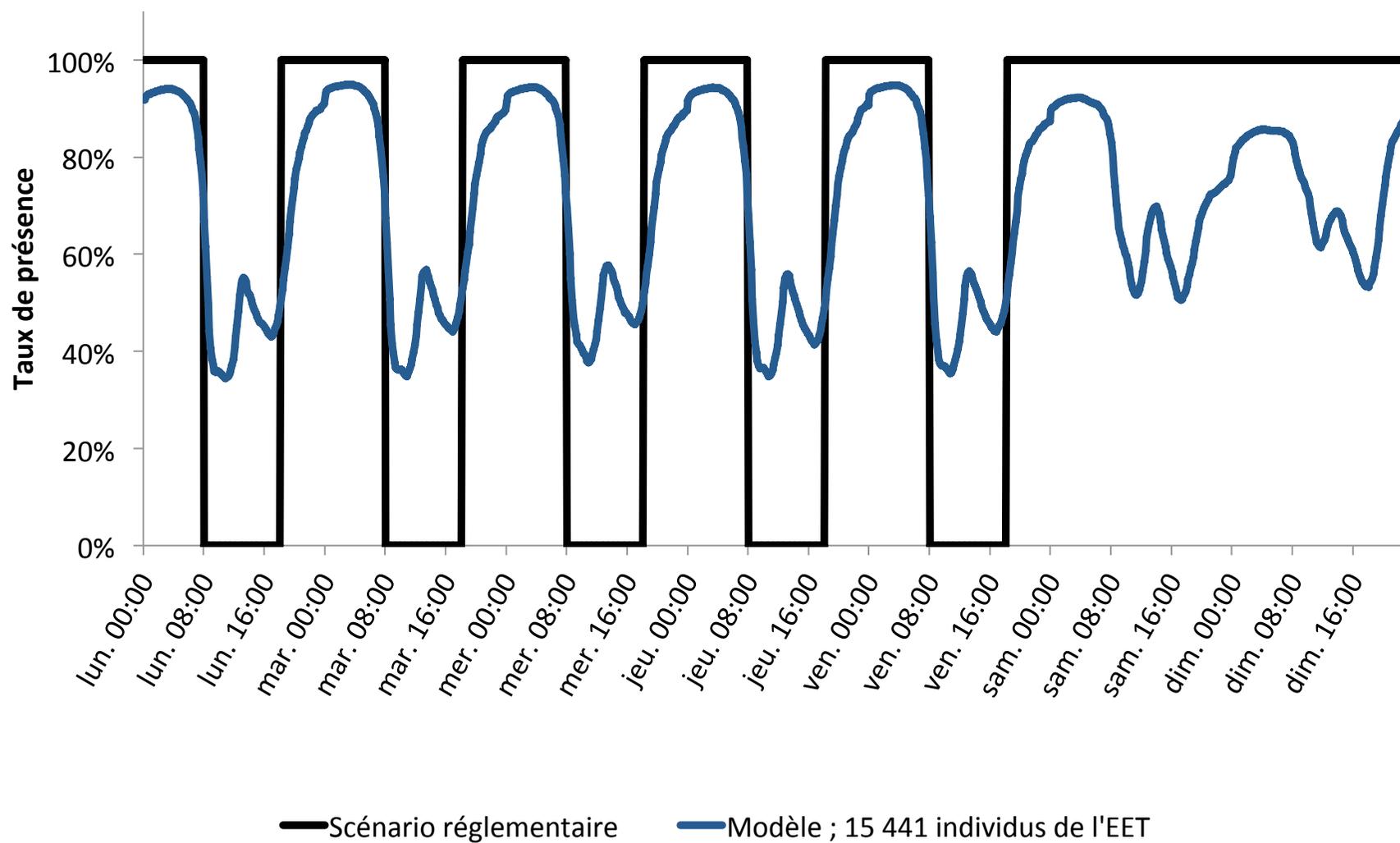
■ Modèle, consigne à 22,8°C

— — Valeur garantie si consigne conservée

..... Valeur garantie avec une consigne de 22,8°C

— Besoins réels





# Ouvertures/fermetures des fenêtres

- [Haldi et Robinson, 2010], chaînes de Markov, modèle linéaire généralisé, lien logit

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = a + \sum b_i \cdot x_i \Leftrightarrow p = \frac{\exp(a + \sum b_i \cdot x_i)}{1 + \exp(a + \sum b_i \cdot x_i)}$$

- Variables explicatives: période de présence,  $T_{int}$ ,  $T_{ext}$ , pluie, RDC
- Catégories d'occupants *passifs*, *moyens* et *actifs* [Parys et al., 2011]

