

Méthode d'échantillonnage pour la prise en compte des incertitudes des **données météorologiques** pour l'analyse de **sensibilité globale** sur la performance énergétique

Intervalle de confiance et influence des variables météo sur une maison basse consommation

Jeanne Goffart^{1,2}, Thierry Mara², Etienne Wurtz³

¹ Université de Savoie - LOCIE

² Université de la Réunion - PIMENT

³ CEA-INES



Besoin de fiabilité

Garantie de performance

→ Gestion des **biais** et des **incertitudes** en STD



Développement, mise en place de méthodes pour le gain en fiabilité

→ **Analyses d'incertitude et de sensibilité**

→ Estimation d'un intervalle de confiance sur la sortie

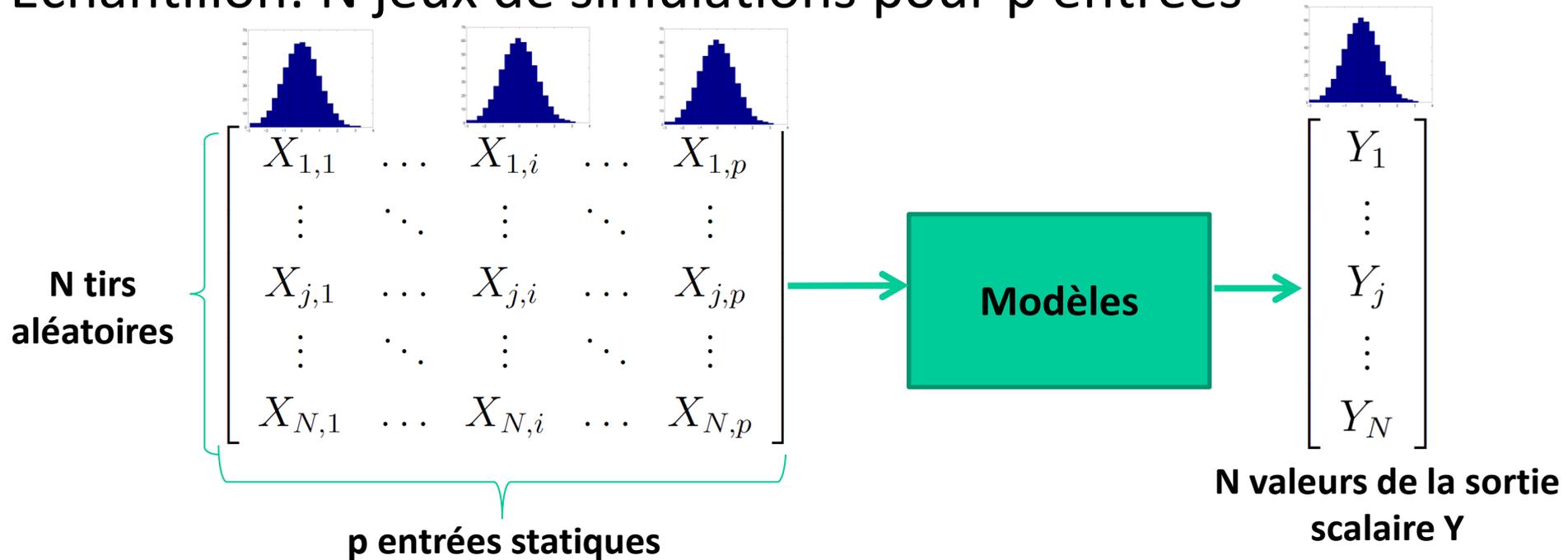
→ Identification de la (les) variable(s) d'entrées responsable(s)

Entrées nombreuses et diverses en STD :

- ~ 200 entrées statiques (paramètres thermophysiques, albédo, ...)
- Entrées dynamiques : profil d'occupation, données météo.
 - Modélisation des incertitudes complexe
 - **Prise en compte en analyse d'incertitude et sensibilité ?**

Incertitude et sensibilité des entrées statiques

Echantillon: N jeux de simulations pour p entrées



- N valeurs de Y → Dispersion de sortie
- Variabilité en entrée → Variabilité en sortie
→ Variable(s) responsable(s)?
→ Part de variance de Y due à la variable X_i

$$S_i = \frac{V(E[Y|X_i])}{V(Y)}$$

Indice de sensibilité de premier ordre de Sobol (Sobol, 1993)

Robuste, intuitif, indépendant de la complexité du modèle

Gestion des entrées temporelles

Double corrélation

- Auto-corrélation
- Inter-corrélation

Stratégie de gestion

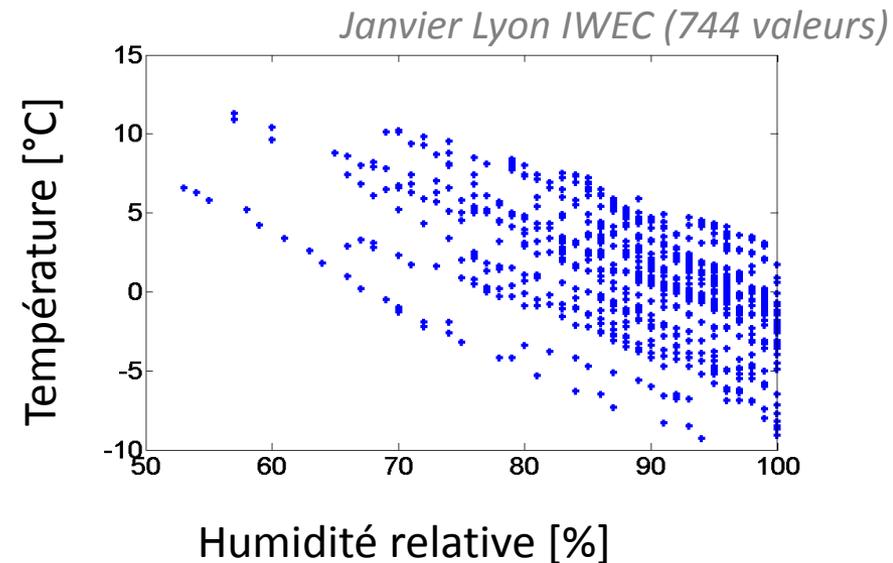
Auto-corrélation

Influence d'un groupe de paramètre sur la sortie : Sobol par Groupe
→ Effet global de la variable météo sur la période d'étude (mois)

Inter-corrélation

Méthode d'échantillonnage développée (Goffart, 2013):

- Extraction de caractéristiques statistiques du climat source
- Génération aléatoire du bruit et ajout de la signature corrélative



Méthode d'échantillonnage (théorie)

Processus aléatoire de type $x_i(\theta, t)$

$$x_i(\theta, t) = \bar{x}_i(t) + \varepsilon_i(\theta, t)$$

- Signal source: **Fichier «moyen» IWECC* Lyon (janvier)**

- Données extraites:

- Fonction d'auto-corrélation
 - Fonction de distribution
 - Moyenne horaire $\bar{x}_i(t)$
- } $\cdot \varepsilon_i(\theta, t)$

Echantillon base

→ Latin Hypercube Sampling

Auto-corrélation et probabilité

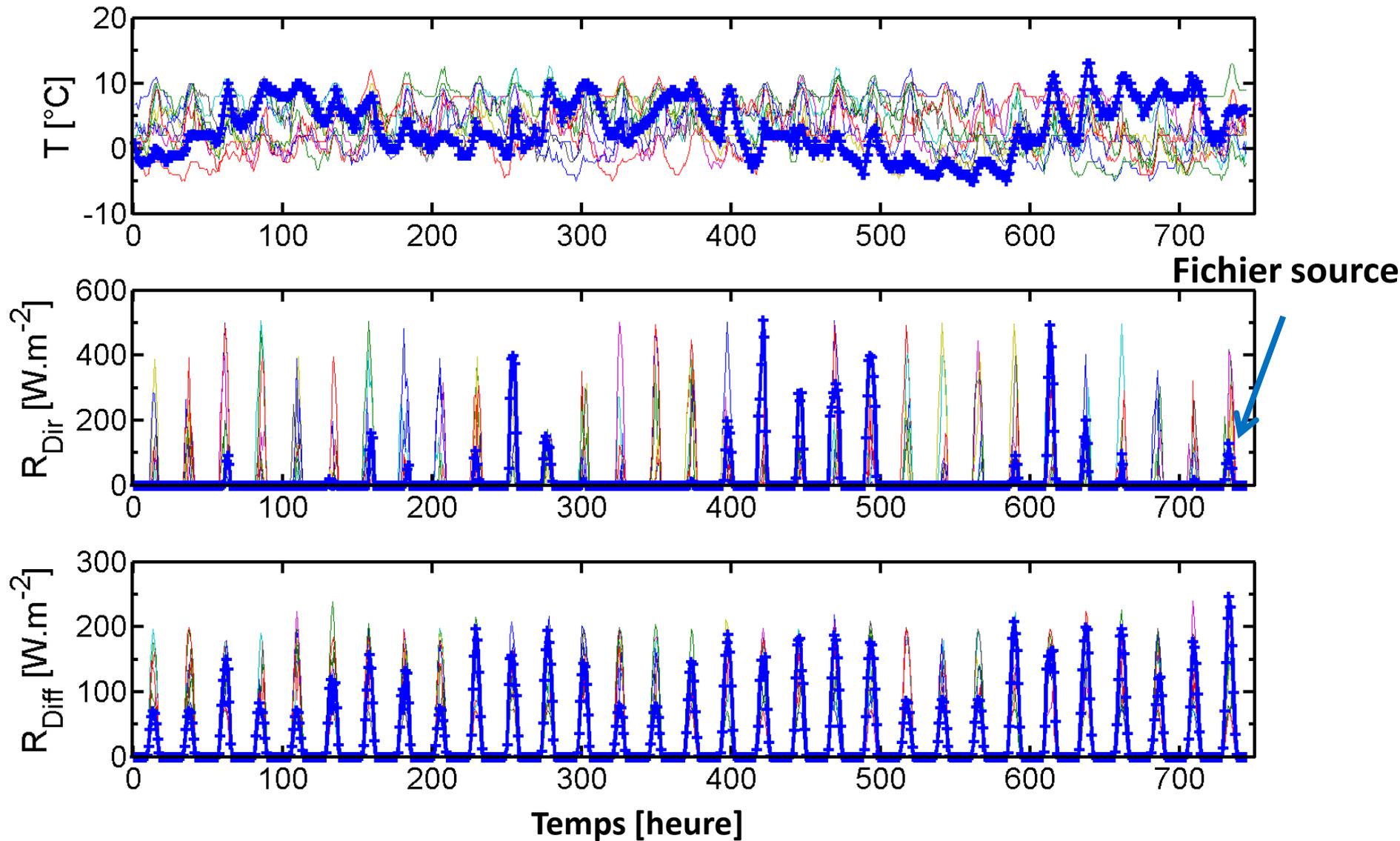
→ Iman et Conover (Iman et al., 1982)

→ **6 variables:** température, humidité relative, rayonnement normal direct et horizontal diffus, vitesse et direction du vent

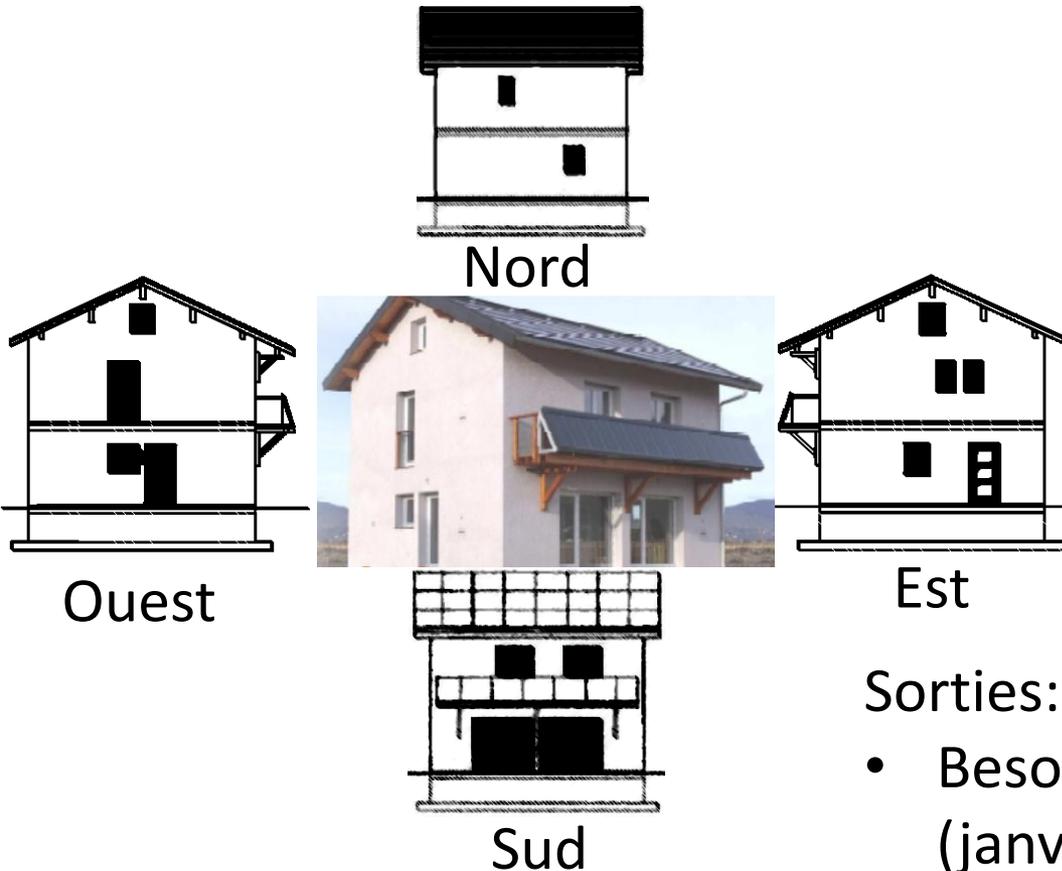
→ 2000 mois de janvier

**IWECC: International Weather for Energy Calculation (ASHRAE)*

Séquences générées



Cas d'étude: maison INCAS-DM



- Bâtiment de type passif
- Maximise gain solaire en hiver
 - Minimise en été

Sorties:

- Besoins de chauffage mensuels (janvier) par zone : RDJ et ETAGE

Propagation 2000 (2 x 1000) simulations Lyon (CPU 32h) (Rabouille et al., 2013)

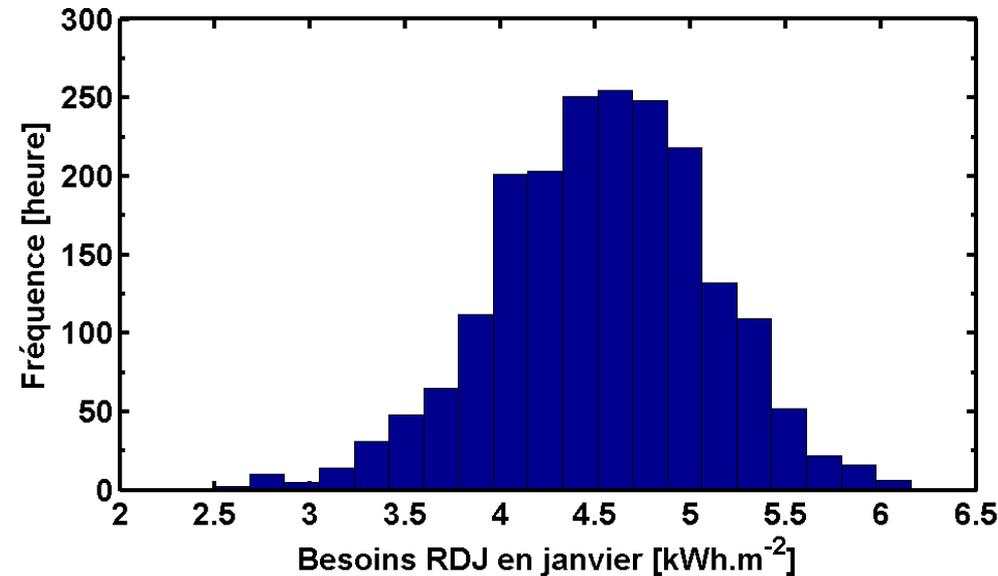
Matlab ↔ **EnergyPlus**

→ Dispersion des besoins → Intervalle de confiance

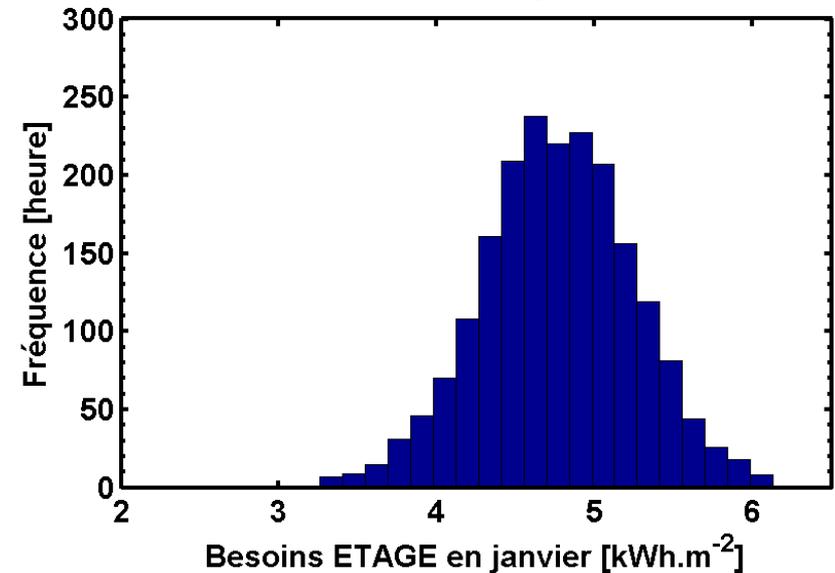
→ Indice de sensibilité de chaque variable météo

Dispersion: besoins chauffage

Rez-de-Jardin (RDJ)



ETAGE



Dispersion besoins chauffage en janvier

RDJ : $4,54 \pm 1,11 \text{ kWh.m}^{-2}$

→ Incertitude relative: **24,4%**

à 95% de niveau de confiance

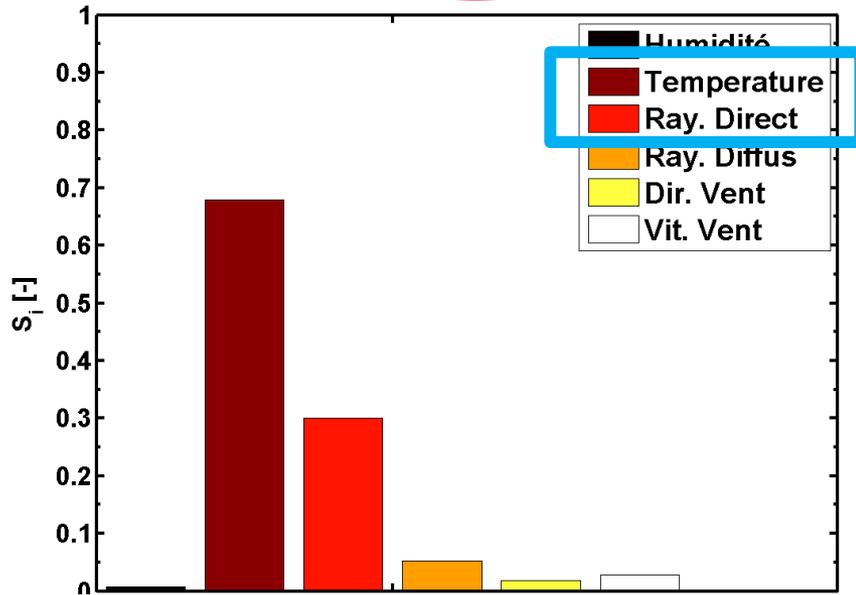
ETAGE : $4,76 \pm 0,94 \text{ kWh.m}^{-2}$

→ Incertitude relative: **19,7%**

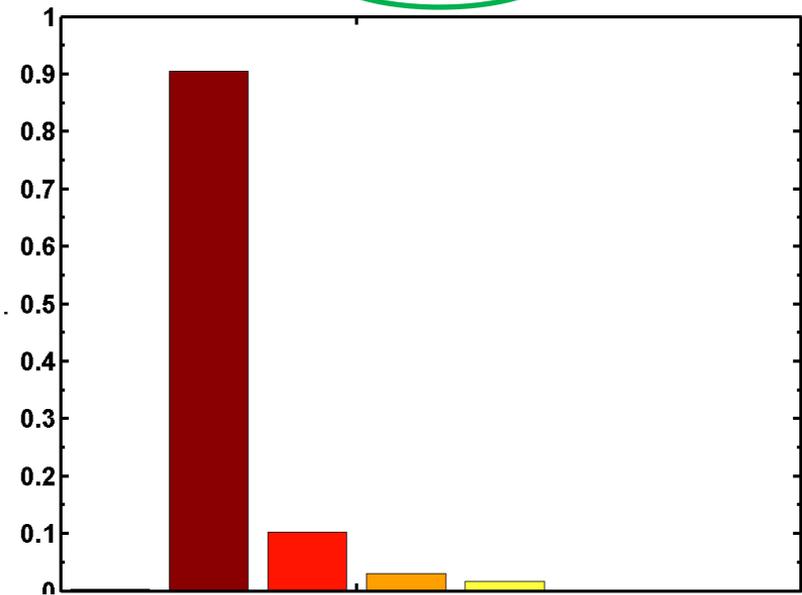
à 95% de niveau de confiance

Sensibilité: besoins chauffage

RDJ

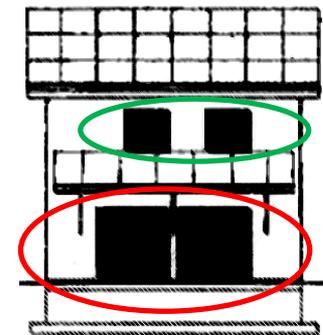


ETAGE



- $\sum S_i \approx 1$
- Rayonnement Direct et Température

	RDJ	ETAGE
Température	~ 70 %	~ 90 %
Ray. Direct	~ 30 %	~ 10 %



Sud

Conclusions et perspectives

- Echantillonnage aléatoire de la météo cohérent et réaliste
- Estimation de la sensibilité de chaque variable météo sur la performance énergétique
- Méthode générique quelque soit le modèle, l'outil de simulation ou les entrées auto-corrélées et inter-corrélées (spatiales, temporelles)
 - Variabilité spatiale
 - Ilot de chaleur urbain
 - Micro-climat
 - Incertitude occupant
- Vers la garantie de performance?
 - Réduction de modèle (Polynôme de chaos)
 - Prise en compte de l'occupant et des usages
 - Evaluation des consommations

Merci de votre attention

Références

(Sobol, 1993): I. M. Sobol'. Sensitivity estimates for nonlinear mathematical models. *Math. Mod.and Comput. Exp.*, 1:407–414, 1993.

(Iman et al., 1982) : R. Iman and W. Conover. A distribution free approach to inducing a rank correlation among input variables. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 11(3):311–334, 1982.

(Goffart, 2013): Jeanne Goffart. Impact de la variabilité des données météorologiques sur une maison basse consommation. Application des analyses de sensibilité pour des entrées temporelles. Thèse en Génie Civil et Sciences de l'Habitat, Le Bourget-du-Lac : Université de Grenoble, 2013, 159 p.

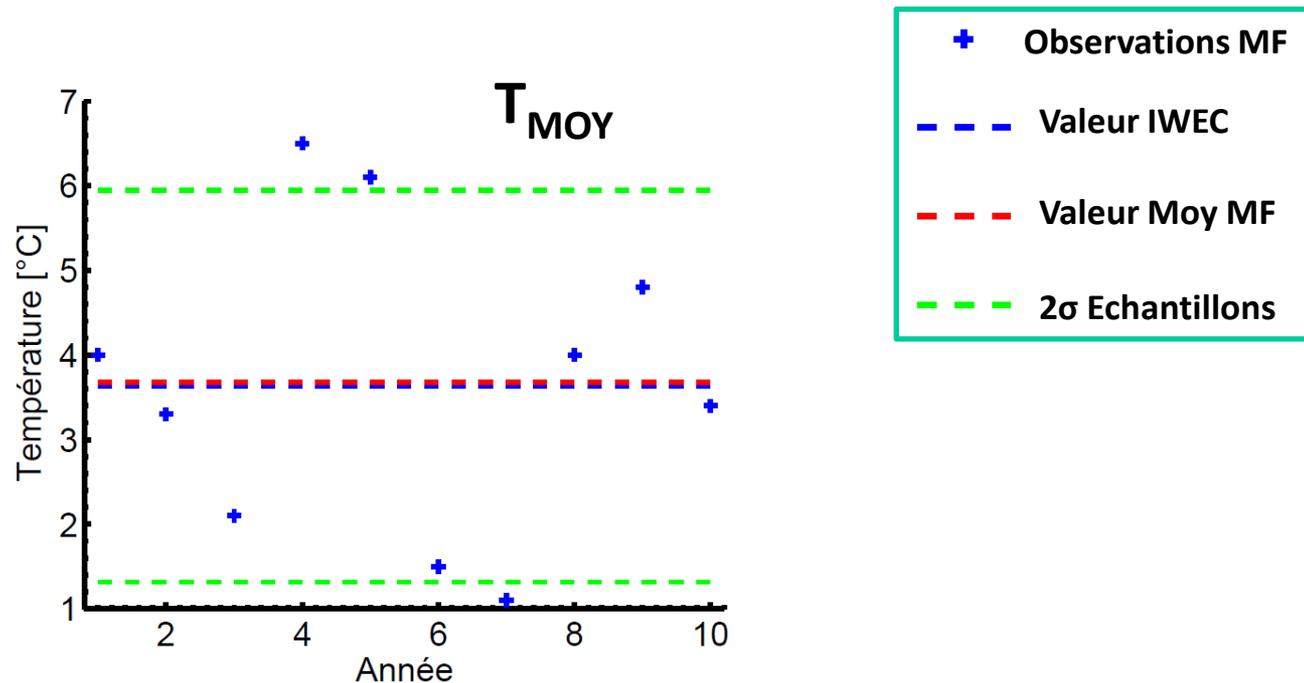
(Rabouille,2013): M. Rabouille, E. Wurtz, and P. Perrotin. Analysis of dynamic thermal simulation for refurbishment. In *Thirteenth International IBPSA Conference Proceedings*,, Chambery, France, 2013.

Variabilité des échantillons réaliste?

Phase de validation : travaux de thèse (Goffart, 2013)

Température moyenne mensuelle

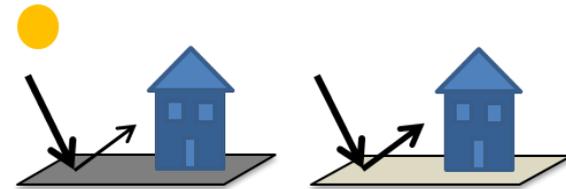
Janvier Lyon 10 ans Météo-France (MF) 2004-2013



→ janvier: représentatif de la variabilité sur 10 ans

Etude mixte: statiques et dynamiques

- 6 entrées météorologiques
- 49 entrées statiques représentatives des composants de INCAS-DM (loi normale 10 % à 95 % de niveau de confiance)
 - + infiltration (loi uniforme 10 %)
 - + albédo : loi uniforme 33 %
 - min → 0,2
 - max → 0,4

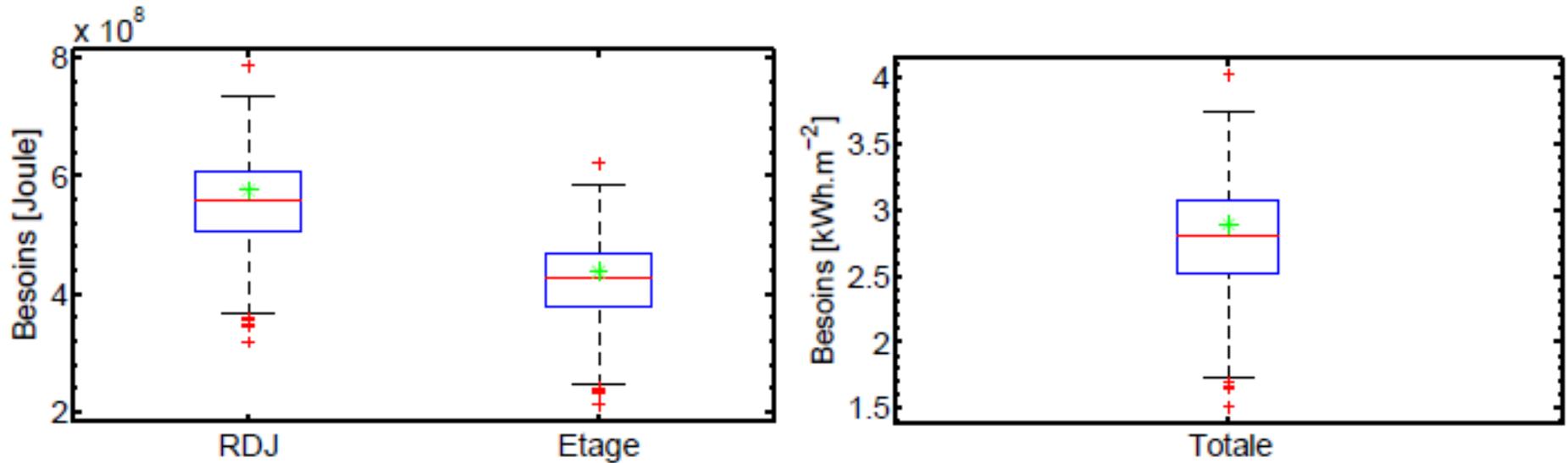


Dispersion besoins chauffage (janvier): $2,80 \pm 1,17 \text{ kWh/m}^2 \rightarrow 42\%$

	RDJ		Etage		Total	
Rang	Variable	S_i	Variable	S_i	Variable	S_i
1	<i>albédo</i>	0,545	<i>albédo</i>	0,402	<i>albédo</i>	0,488
2	R_{Dir}	0,161	T	0,266	T	0,190
3	T	0,139	R_{Dir}	0,187	R_{Dir}	0,173
4	<i>fact.sol.sud</i>	0,077			<i>fact.sol.sud</i>	0,064

Attention aux entrées statiques qui régulent les données météo.

Dispersion: besoins refroidissement

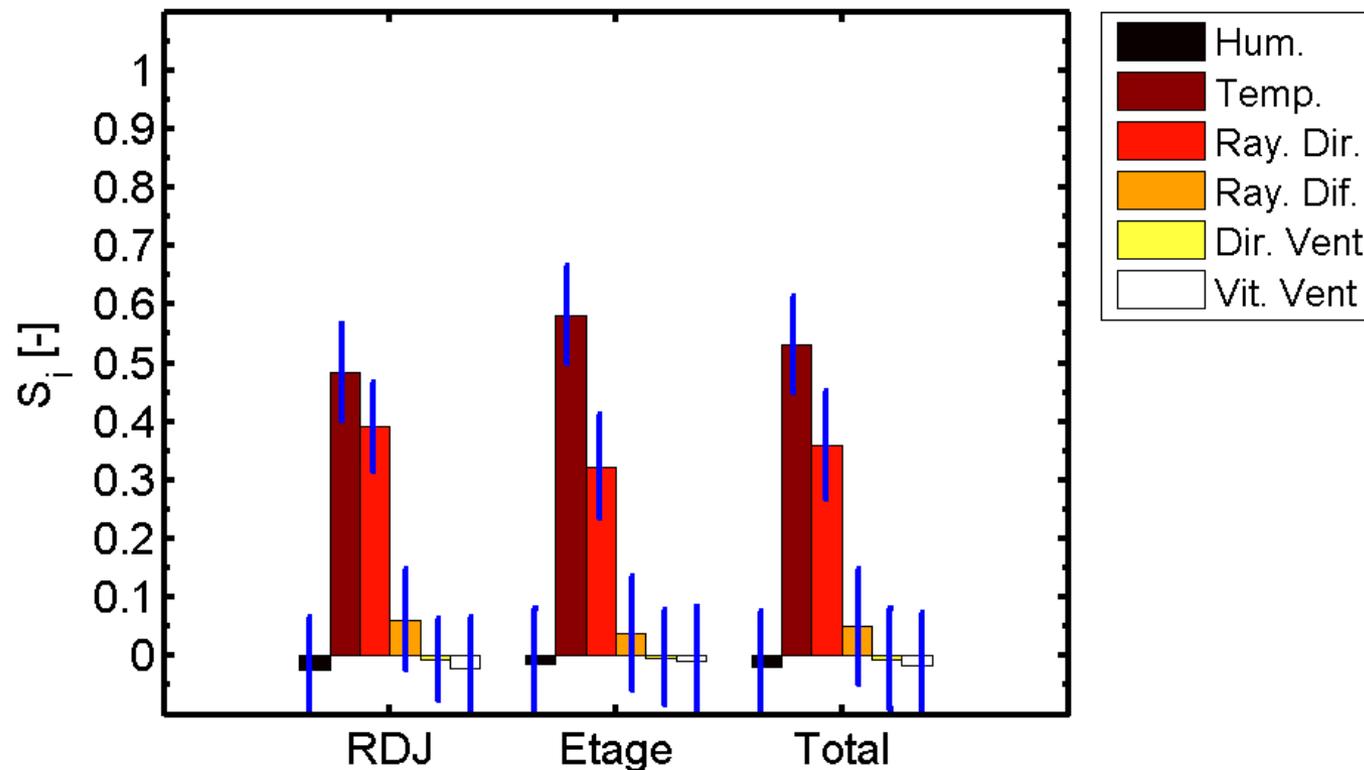


Dispersion besoins refroidissement totaux : $2,79 \pm 0,75 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{mois}^{-1}$

→ Incertitude relative: **27%**

à 95% de niveau de confiance

Sensibilité: besoins refroidissement



- $\sum S_i \approx 1$
- Rayonnement Direct et Température