

Fiabilisation des ACV urbaines : outils et base de données pour la prise en compte des incertitudes

Gouraud Benoit, Pannier Marie-Lise

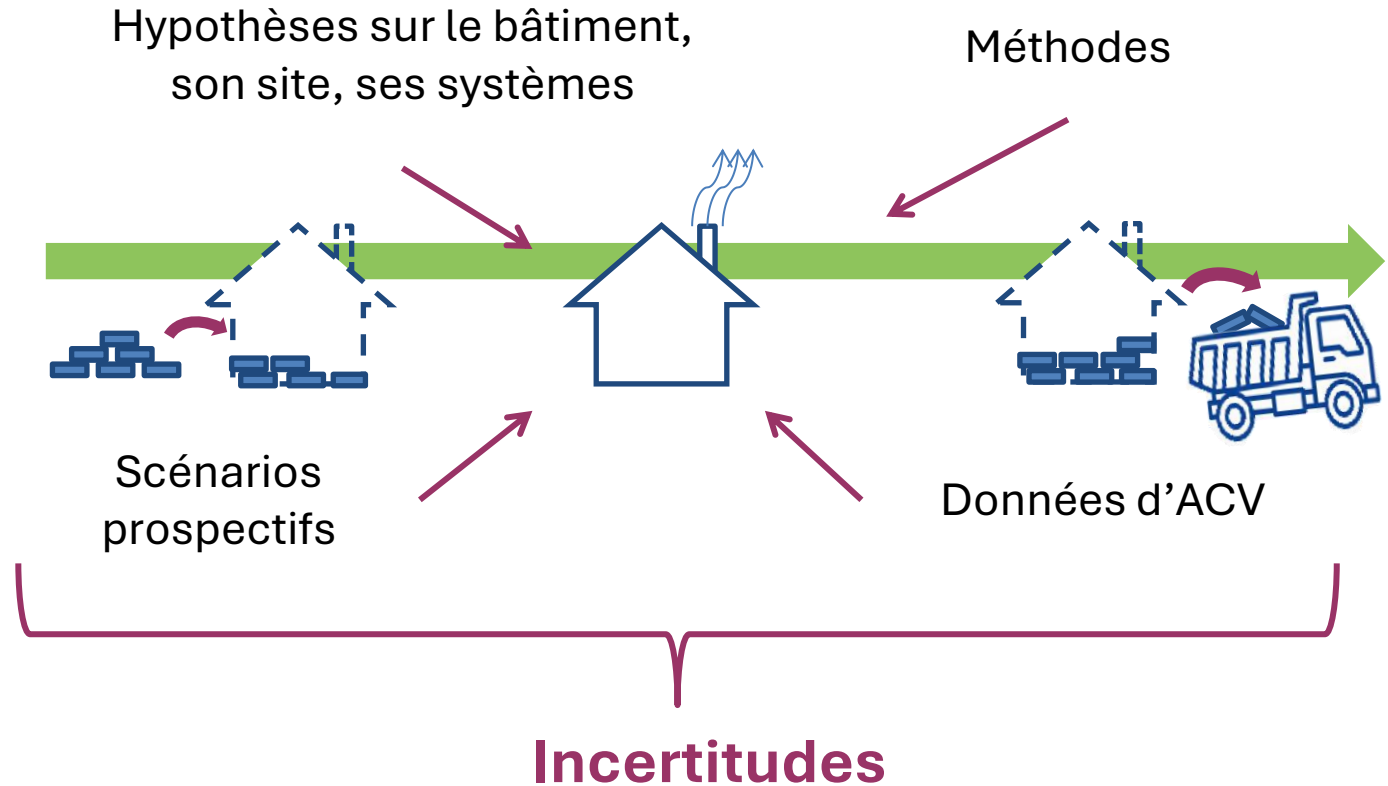
Univ Angers, LARIS, SFR MATHSTIC, F-49000 Angers, France

Contexte

- ACV est l'outil de référence pour la conception durable en milieu urbain => Holistique et multicritère
- Les incertitudes ont un impact très important (ex : variabilité des propriétés d'un isolant → ×4 sur la conso. énergétique, *Su et al., 2016*)
- Peu d'ACV du bâtiment (10%) mentionnant les incertitudes et seul 1% les quantifiant, *Feng et al., 2022*

Problème central : Manque de fiabilité de l'ACV


Comment fiabiliser l'ACV malgré ces incertitudes ?



Objectifs de travail

Cadre : ANR JCJC STUBE

Étape 1 :
Élaboration d'une
base de données
d'incertitudes.



Étape 2 :
Développement
d'une plateforme
d'analyse.



Étape 3 :
Application à des
cas d'études
concrets.

Étape 1 : Élaboration d'une base de données d'incertitudes

- Cahier des charges pour la base de données, dont une première version existe sur tableur
- Basée sur de la revue de littérature, principalement des états de l'art déjà existants (Li et al. (2023), Warrier et al. (2024), Bi et al. (2025))

Description de chaque facteur incertain	Nom, étape du cycle de vie du bâtiment concernée, composant ou processus de bâtiment concerné, caractérisation de l'incertitude
Type d'incertitude	Sur le paramètre, le modèle, le scénario... (basé sur des typologies déjà publiées)
Méthode de caractérisation de l'incertitude	DQI, revue de la littérature, jugement d'expert, non précisé
Méthode de quantification de l'incertitude	Type d'Analyse d'Incertitude (AI), Type d'Analyse de Sensibilité (AS), Analyse de scénario, ...
Prise en compte des corrélations	Oui / Non
Contexte de l'étude	Objet de l'étude (certification, comparaison d'alternatives, ...), Type de bâtiment, Phase du projet (conception, ...), Acteurs concernés, Pays, DOI de l'article
Résultats de l'étude	Facteurs les plus influents (si AS réalisée), Principales conclusions, Catégories d'impacts les plus touchées, ...

Étape 2 : Plateforme d'analyse de sensibilité et d'analyse d'incertitude

Simulation Thermique Dynamique (STD) Déterministe,
Peuportier et Blanc-Sommereux 1990



Modélisation du bâtiment



Utilisateur

Scénarios d'occupation, fichiers météo

Tirages paramètres STD

Besoins de chauff., d'élec. et
quantitatif de matériaux

Résultats d'AI ou d'AS

Définition des paramètres
incertains

**Plateforme
Python**



Tirages paramètres ACV

Indicateurs
environnementaux



Modèle d'occupation,
Vorger et al 2014



Editeur Pléiades



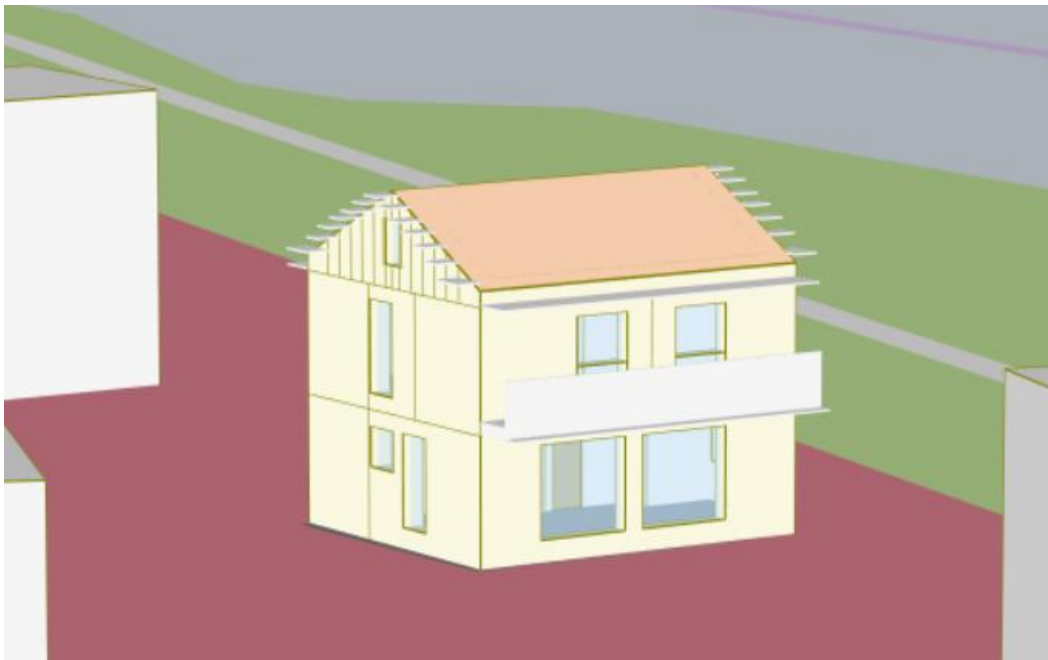
Modèle climatique,
Ligier et al., 2017



ACV du bâtiment,
Popovicci 2005

Étape 3 : Cas d'étude

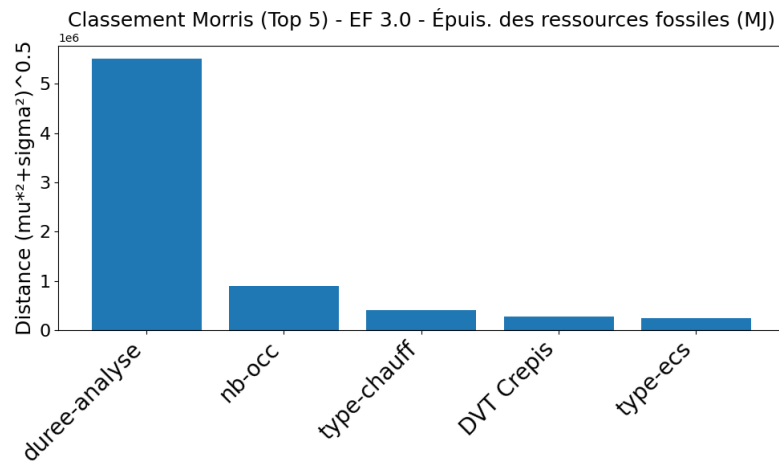
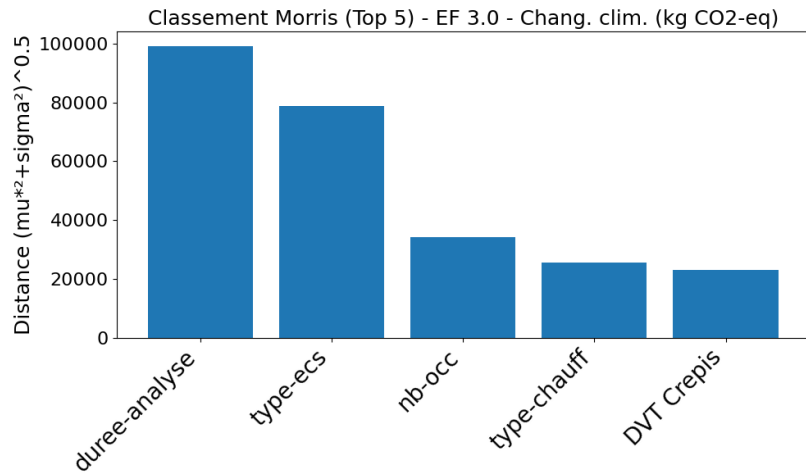
- Démarche :
 - 1) Détermination de plage de données



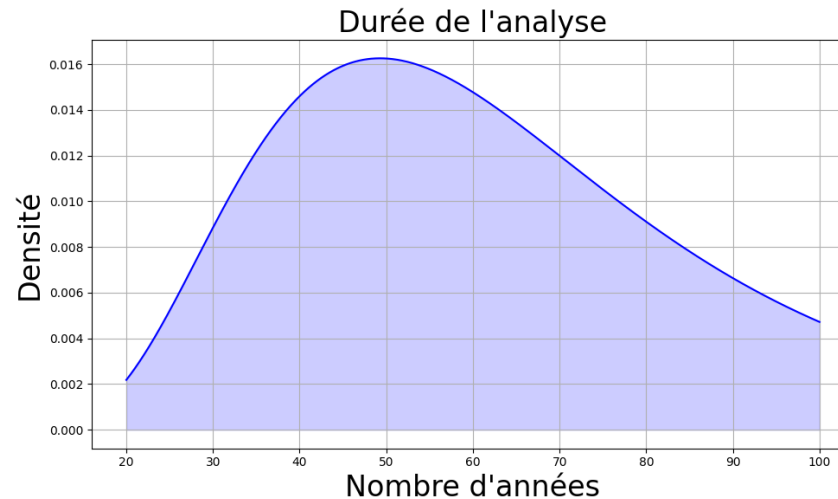
Catégorie	Nombre de paramètres	Description	Plage de données
STD	88	Ponts thermiques, facteurs solaires de fenêtre (Sw et Uw), conductivité thermique, masse volumique, capacité thermique massique, Albédo	+/- 10%
STD	13	Épaisseurs d'éléments de paroi	+/- 20%
ACV : Durée de vie des composants	46		Goulouti et al 2020
ACV	12	Paramètres ACV (choix du système de chauffage, rendement, perte sur des réseaux...)	-
Occupation	1	Variation du nombre d'occupants	-

Étape 3 : Cas d'étude et résultats d'analyse de sensibilité

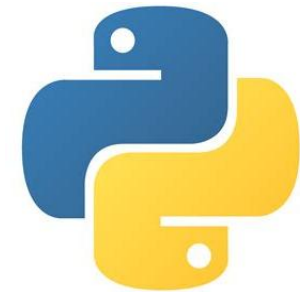
2) Identification des facteurs les plus sensibles via la méthode d'A.S. de Morris



3) Caractérisation plus précise des paramètres influents via la base de données



4) Intégration dans la plateforme

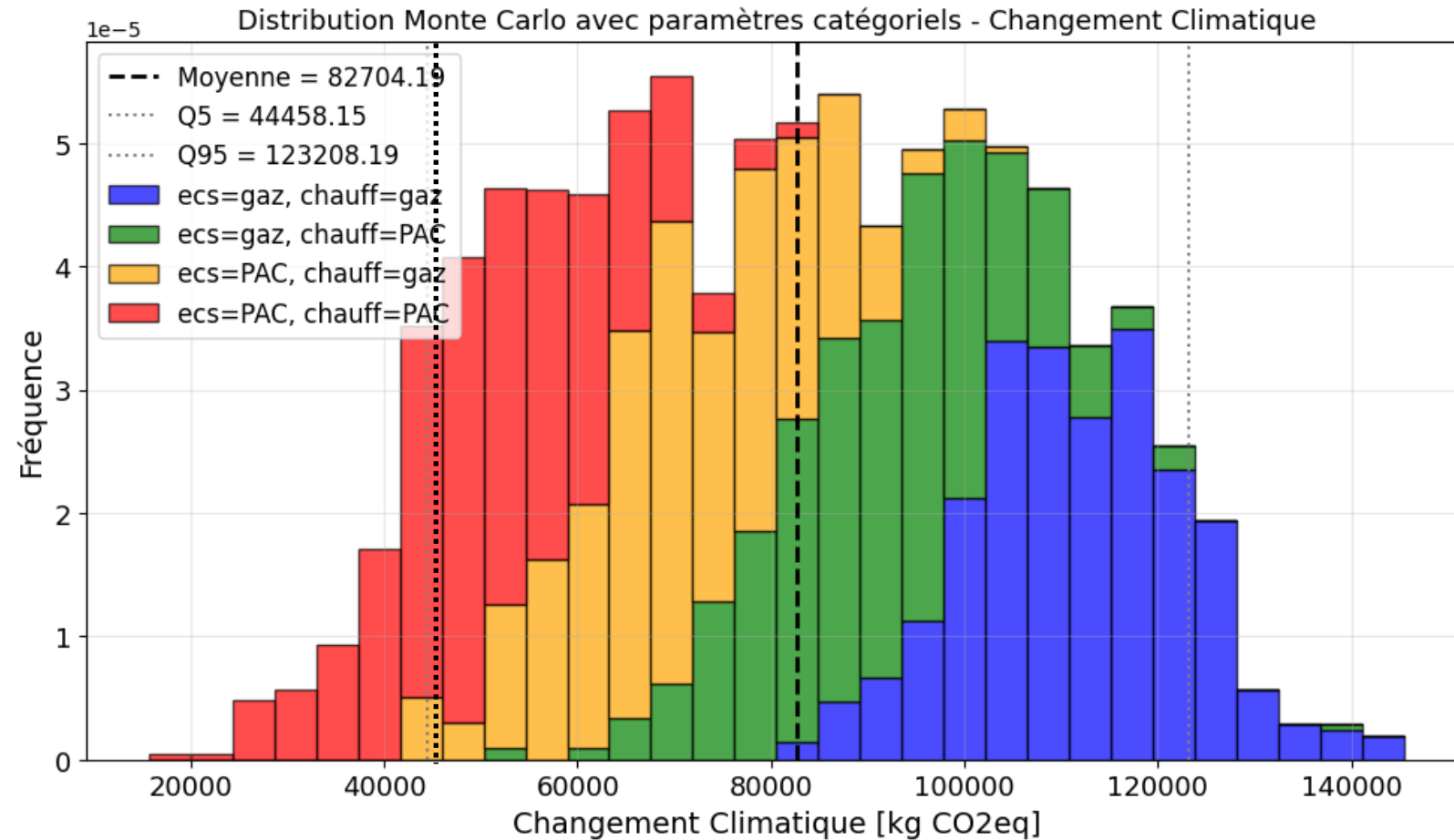


5) Pour une Analyse d'Incertitude

Résultat

Passage d'une ACV déterministe à probabiliste

- Effet visible des incertitudes sur les impacts environnementaux.
- Gain de représentativité significatif
- Aide à la prise de décision



..... Résultat déterministe : 45832 kg CO2 eq.

A retenir

Une ACV fiable
implique de **quantifier**
et maîtriser
l'incertitude.

Outils et BDD sont des
leviers pour une éco-
conception plus
robuste.

Perspectives :

- Consolidation de la plateforme d'incertitude.
- Mettre en place une aide à la prise de décision avec la création d'un protocole pour sélectionner les principaux paramètres d'incertitude.
- Créer une base de données ouverte qui référence les incertitudes.
- Enquête auprès des praticiens pour adapter les outils à leurs usages.

Sources :

- Feng, H., Zhao, J., Zhang, H., Zhu, S., Li, D., Thuraiajah, N., 2022. Uncertainties in whole-building life cycle assessment: A systematic review. Journal of Building Engineering 50, 104191. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104191>
- Goulouti, K., Favre, D., Giorgi, M., Padey, P., Galimshina, A., Habert, G., Lasvaux, S., 2021. Dataset of service life data for 100 building elements and technical systems including their descriptive statistics and fitting to lognormal distribution. Data in Brief 36, 107062. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107062>
- Ligier, S., Robillart, M., Schalbart, P., Peuportier, B., 2017. Energy Performance Contracting Methodology Based upon Simulation and Measurement, in: Building Simulation 2017. IBPSA, San Francisco, United States.
- Morris, M.D., 1991. Factorial Sampling Plans for Preliminary Computational Experiments. Technometrics 33, 161–174. <https://doi.org/10.1080/00401706.1991.10484804>
- Pannier, M.-L., Schalbart, P., Peuportier, B., 2018. Comprehensive assessment of sensitivity analysis methods for the identification of influential factors in building life cycle assessment. Journal of Cleaner Production 199, 466–480. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.070>
- Peuportier, B., Sommereux, I.B., 1990. SIMULATION TOOL WITH ITS EXPERT INTERFACE FOR THE THERMAL DESIGN OF MULTIZONE BUILDINGS. International Journal of Solar Energy 8, 109–120. <https://doi.org/10.1080/01425919008909714>
- Popovici, Emil. 2005. « Contribution to the life cycle assessment of settlements ». Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des MINES de Paris: École Nationale Supérieure des Mines de Paris
- Su, X., Luo, Z., Li, Y., Huang, C., 2016. Life cycle inventory comparison of different building insulation materials and uncertainty analysis. Journal of Cleaner Production 112, 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.113>
- Vorger, É., 2014. Étude de l'influence du comportement des habitants sur la performance énergétique du bâtiment (phd thesis). Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.