



**HAL**  
open science

# Influence de la modélisation des occupants sur l'évaluation du confort d'été dans un bâtiment très basse consommation

Gilles Fraisse, Sekaina El Khattabi, Antoine Leconte, Simon Rouchier

## ► To cite this version:

Gilles Fraisse, Sekaina El Khattabi, Antoine Leconte, Simon Rouchier. Influence de la modélisation des occupants sur l'évaluation du confort d'été dans un bâtiment très basse consommation. Conférence IBPSA France 2022, May 2022, Châlons en Champagne, France. hal-04771909

**HAL Id: hal-04771909**

**<https://hal.science/hal-04771909v1>**

Submitted on 7 Nov 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

## Influence de la modélisation des occupants sur l'évaluation du confort d'été dans un bâtiment très basse consommation

Sekaina El Khattabi\*<sup>1,2,3</sup>, Gilles Fraisse<sup>2</sup>, Antoine Leconte<sup>3</sup>, Simon Rouchier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ADEME, 20, avenue du Grésillé- BP 90406 49004 Angers Cedex 01

<sup>2</sup> Univ. Savoie Mont-Blanc, LOCIE UMR CNRS 5271, Campus Scientifique Savoie Technolac, 73376 Le Bourget-du-Lac, France

<sup>3</sup> Univ. Grenoble Alpes, CEA, Liten, Campus Ines, 73375 Le Bourget-du-Lac, France

\*[sekaina.el-khattabi@univ-smb.fr](mailto:sekaina.el-khattabi@univ-smb.fr)

---

*RESUME. Avec le changement climatique, le confort d'été est devenu une préoccupation majeure dans la conception des nouveaux bâtiments. Parmi les facteurs qui influencent l'évaluation du confort estival, la présente étude s'intéresse au type de modélisation des occupants et au choix du critère de confort. Pour cela, à partir de simulations thermiques dynamiques, nous analysons deux indicateurs de confort (les degrés.heures et le nombre d'heures d'inconfort) pour deux modèles d'occupants, d'une part des scénarii fixes et d'autre part un modèle stochastique à base d'agents (NoMASS). Sur un cas d'étude correspondant à un bâtiment très basse consommation, les résultats montrent que, parmi les comportements modélisés avec NoMASS, l'ouverture des fenêtres a le plus d'influence sur l'amélioration du confort d'été contrairement à la gestion des volets car le modèle utilisé dépend de l'éclaircissement et ne tient donc pas compte directement du confort thermique. L'analyse des deux indicateurs en parallèle est recommandée pour mieux caractériser la durée et l'intensité de l'inconfort.*

*MOTS-CLÉS : comportement des occupants, confort d'été, modèle à base d'agents.*

---

*ABSTRACT. With climate change, summer comfort has become a major concern in the design of new buildings. Among the factors that influence the evaluation of summer comfort, this study focuses on occupants' behaviour and the indicators to be calculated. For this, from dynamic thermal simulations, we analyse two comfort indicators (the degree hours and the number of hours of discomfort) for two models of occupants' behaviour, the first one is fixed scenarios (SF) and the second one is a stochastic agent-based model (NoMASS) which estimates the actions on windows, shutters and interior lighting by probabilistic models. On a case study corresponding to a nearly zero-energy building, the results show that, among the behaviours modelled with NoMASS, opening the windows has the most influence on the improvement of summer comfort unlike the shutters because the model used depends on the illumination and therefore does not directly take thermal comfort into account. The analysis of the two indicators in parallel is recommended to better characterize the duration and intensity of the discomfort.*

*KEYWORDS : occupants' behaviour, summer comfort, agent-based model.*

---

### 1. INTRODUCTION

Afin de réduire ses consommations énergétiques en hiver, la conception des nouveaux bâtiments a souvent visé la maximisation des apports solaires et la minimisation des déperditions thermiques ; ce qui pourrait en contrepartie augmenter le risque des surchauffes en été. Les modèles dynamiques utilisés dans les réglementations constituent des approches simplifiées du comportement des bâtiments (enveloppe, systèmes) avec des scénarios d'occupation et des conditions climatiques prédéfinies. L'évaluation du confort estival peut être réalisée de façon plus précise par des simulations thermiques dynamiques (STD) intégrant plusieurs facteurs comme les conditions météorologiques locales, le

microclimat (îlot de chaleur urbain (Parker 2021)) et une modélisation plus fine du comportement thermique du bâtiment (Gresse et al. 2021). Par ailleurs, les interactions des occupants avec le bâtiment ont d'importantes conséquences sur le confort qu'ils ressentent chez eux non seulement parce qu'ils constituent une source d'apports internes mais aussi parce qu'ils interagissent avec les systèmes et composants d'enveloppe comme l'éclairage artificiel, les équipements électriques ou encore les volets et les fenêtres. De nombreux modèles existent pour modéliser ces comportements (Gaetani, Hoes, et Hensen 2016). Dans cette étude, nous nous intéressons au modèle stochastique à base d'agents (NoMASS) développé par (Chapman, 2017). D'autre part, Pour évaluer le confort, plusieurs indicateurs existent dans la littérature (Enescu 2017). Dans cette étude, nous analysons le confort selon le nombre d'heures d'inconfort et les degrés.heures DH pour des périodes et scénarios différents. Nous présentons dans un premier temps NoMASS et les indicateurs de confort étudiés. Ensuite, sont présentés le cas d'étude et les hypothèses de modélisation du comportement des occupants. Le confort d'été est ensuite analysé selon les deux types de modélisation des occupants et selon les deux indicateurs de confort.

## 2. METHODOLOGIE

La présente étude concerne l'évaluation du confort estival du cas d'étude avec deux modèles de comportement d'occupants. Le premier correspond à des scénarios fixes (SF) tandis que le deuxième est un modèle stochastique à base d'agents (NoMASS). La démarche consiste à réaliser des STD pour pouvoir calculer les indicateurs de confort. Les simulations sont réalisées sur une année. Dans NoMASS, les modèles utilisés pour représenter le comportement des occupants étant stochastiques, il est nécessaire de simuler le même modèle plusieurs fois (en modifiant le paramètre *seed*<sup>1</sup>) afin d'obtenir une distribution des résultats. Ces multi-simulations sont lancées à l'aide d'un script python.

### 2.1. MODELISATION STOCHASTIQUE A BASE D'AGENTS DU COMPORTEMENT DES OCCUPANTS AVEC L'OUTIL NOMASS

NoMASS est un outil de simulation du comportement des occupants développé par (Chapman 2017). Il associe des sous-modèles stochastiques existants pour prévoir les comportements des occupants. Les conflits entre les occupants d'une même zone sont gérés en attribuant à chaque occupant un pouvoir décisionnel. L'outil intègre aussi des règles de croyance-désir-intention (BDI<sup>2</sup>) pour modéliser d'autres interactions importantes qui manquent dans les modèles stochastiques utilisés (qui étaient initialement développés pour les bâtiments tertiaires) comme la fermeture des volets pendant la prise d'une douche ou l'extinction de la lumière pendant le sommeil. La Figure 1 décrit le schéma d'utilisation de NoMASS en cosimulation avec EnergyPlus via l'interface FMI (*Functional Mockup Interface*). La simulation commence par une phase de pré-processus où les occupants sont créés selon leurs caractéristiques sociodémographiques<sup>3</sup>. Sont ensuite générés les profils de présence et d'activités<sup>4</sup> de chaque occupant (Jaboob 2015). Ces profils servent à déterminer les localisations des occupants dans le bâtiment qui seront transmises à EnergyPlus pour commencer la cosimulation. A chaque pas de temps, les deux logiciels échangent les données dynamiquement entre eux. Pour déterminer les actions des occupants, NoMASS a besoin des données environnementales ainsi que d'autres données<sup>5</sup>. Connaissant les

<sup>1</sup> *Seed* ou graine aléatoire est un nombre utilisé pour contrôler la génération de nombres aléatoires.

<sup>2</sup> *Belief-Desire-Intention* en anglais

<sup>3</sup> Âge, statut civil, genre, retraite, chômage, niveau d'éducation, situation familiale et possession d'ordinateur

<sup>4</sup> 10 activités sont considérées : sommeil, passif, audio-visuel, métabolique, bureautique, cuisine, nettoyage, vaisselle et machine à laver, toilette corporelle et absence

<sup>5</sup> Chaque variable est surlignée par la couleur qui correspond au modèle utilisé

localisations des occupants, le calcul des gains métaboliques est réalisé selon le modèle de (Fanger 1970). Le modèle de (Haldi et Robinson 2009) détermine l'état des fenêtres en fonction des températures intérieure et extérieure et des durées de présence ou d'absence en tenant compte d'un facteur de pluie et d'un autre facteur de sécurité (fenêtre au RDC). L'utilisation de l'éclairage artificiel et la gestion des volets sont fortement interdépendantes. Dans NoMASS, le modèle de (Haldi et Robinson 2010) lié à la gestion des volets est couplé avec le modèle de (Reinhart 2004) pour l'utilisation de l'éclairage artificiel. Le premier détermine l'état des volets en fonction des éclairagements lumineux intérieur et extérieur et de l'état initial des volets. L'éclairage lumineux intérieur est la seule variable explicative de l'utilisation de l'éclairage artificiel.

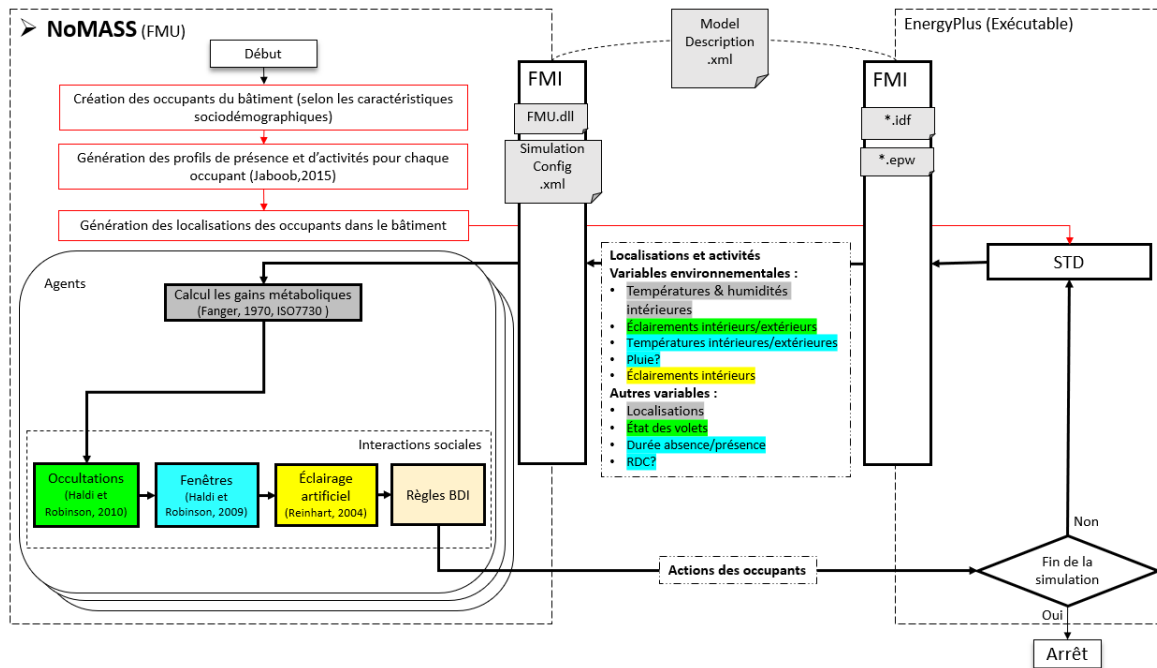


Figure 1: Fonctionnement général de NoMASS en cosimulation avec EnergyPlus (Chapman 2017)

## 2.2. INDICATEURS DE CONFORT EN ETE

Les indicateurs de confort estival considérés sont le nombre d'heures et le nombre de degrés-heures (DH) d'inconfort. Le premier indicateur permet de mesurer la durée de l'inconfort tandis que le deuxième tient compte à la fois de sa durée et de son intensité. L'inconfort est calculé à partir de la température de confort adaptatif ( $T_{conf}$ ) définie dans la norme (NF EN 16798-1 2019) (équation 1) majorée par 2°C (qui correspond à la limite supérieure d'inconfort pour un pourcentage d'insatisfaits (PPD) inférieur à 6%). Cette température de confort est dite adaptative parce qu'elle dépend de la moyenne glissante sur 7 jours des températures extérieures ( $T_{moy,ext}$ ). Le calcul est effectué pour chaque zone. Finalement, le calcul des indicateurs dépend des durées pour lesquelles on s'intéresse à l'étude de l'inconfort (à chaque pas de temps ou uniquement en période d'occupation).

$$T_{conf} = 0,33 * T_{moy,ext} + 18,8 \quad (1)$$

## 3. CAS D'ETUDE

L'objectif principal de cette étude est de comparer les performances estivales de notre cas d'étude pour deux types de modélisation des occupants : SF et NoMASS. Dans ce cadre, nous avons choisi de travailler sur le modèle de la maison expérimentale INCAS Double Mur (IDM) décrite ci-dessous.

### 3.1. DESCRIPTION GENERALE

La maison IDM se situe sur le site de l'INES au Bourget du Lac (Savoie). Le fichier météorologique utilisé pour les STD est celui de la ville de Chambéry (73). La maison a une surface habitable de 97,5m<sup>2</sup> et est composée de deux niveaux : le RDC, où se trouvent le séjour et la cuisine, et le R+1 où se trouvent les trois chambres et la salle de bain. Ce niveau est bordé d'un balcon en façade Sud de 1,3 m de profondeur. La maison dispose d'un vide sanitaire de 80cm de hauteur et de combles non chauffés. Sa structure est composée de deux rangées de parpaing avec un isolant au milieu ( $U=0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) et des dalles en béton armé. Les vitrages de la façade nord sont du triple vitrage. Le double vitrage est utilisé pour les autres façades. La ventilation mécanique est simple flux avec un débit de 0,5 vol/h. Le débit d'infiltrations est considéré égal à 0,0372 vol/h.

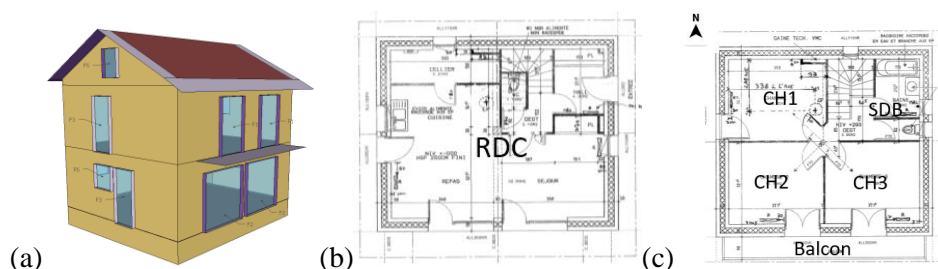


Figure 2 : IDM a) représentation 3D (façades ouest et sud), b) plan du RDC, c) plan du R+1

### 3.2. MODELISATION AVEC DES SCENARII FIXES (SF)

**Gains métaboliques :** Quatre occupants sont considérés avec les activités métaboliques suivantes<sup>6</sup> : repos couché (chambres) : 80W, repos assis (RDC) : 120 W, et activité légère debout (SDB) : 160W.

**Périodes d'occupation :** Au RDC : en semaine, 2 personnes présentes de 13h à 14h et de 18h à 19h, 3 personnes présentes de 7h à 8h et de 19h à 21h et 4 personnes présentes de 21h à 23h. En weekend, 2 personnes présentes de 10h à 13h et de 14h à 18h, 3 personnes présentes de 9h à 10h et 4 personnes présentes entre 13h et 14h et de 18h à 23h. Dans la chambre 1, 2 personnes présentes de 23h à 7h en semaine et à 9h en weekend. Dans les chambres 2 et 3, 1 personne présente de 23h à 7h en semaine et à 9h en weekend. Dans la SDB, 1 personne présente de 7h à 8h en semaine et de 9h à 10h en weekend.

**Volets :** Fermés jusqu'à 7h en semaine et 9h en weekend, et puis ouverts jusqu'à 21h.

**Eclairage :** Dans les chambres, 20W de 23h à minuit. Dans la cuisine, 20W de 20h à 21h. Dans le séjour, 40W de 18h à 23h. Dans la SDB, 100W de 7h à 8h en semaine et de 9h à 10h en weekend.

**Consigne de chauffage :** la période de chauffe est du 15/10 au 14/04. Hors période d'occupation, la consigne de chauffage est fixée à 15°C pour toutes zones chauffées. En période d'occupation, la consigne est fixée à 19°C dans le RDC et la SDB et à 18°C dans les chambres.

**Equipements :** Dans la SDB : 500W pour le lave-linge et 800W pour le sèche-linge. Dans la Cuisine : 40W pour le réfrigérateur en permanence, 500W aux heures d'occupation matinales, 1000W aux heures d'occupation midi et soir, et 500W pour le lave-vaisselle. Au Séjour : 10W pour la box internet en permanence, 50W pour un ordinateur et 50W pour la télévision. Les équipements sont une source d'apport interne (d'environ 1900 kWh/an) commune entre les deux modèles d'occupants.

<sup>6</sup> Ce qui correspond à environ 0,8 Met (repos couché), 1 Met (repos assis) et 1,6 Met (activité légère debout) selon la norme (ISO7730, 2006), 1 Met=58,2 W/m<sup>2</sup> pour une surface moyenne du corps humain de 1,8m<sup>2</sup>.

### 3.3. MODELISATION AVEC NOMASS

Dans la modélisation avec NoMASS, nous avons également considéré quatre occupants. Les chambres 1 et 2 sont dédiées au sommeil. La chambre 3 est dédiée à l'activité bureautique. La SDB est pour la toilette corporelle. Finalement, le RDC rassemble les activités : passif, métabolique, audiovisuel, cuisine, nettoyage, vaisselle et machine à laver. La gestion des volets est déterminée à partir du modèle stochastique de (Haldi and Robinson, 2010) intégré dans NoMASS. Ce modèle donne en sortie des fractions de fermeture des volets. La version actuelle d'EnergyPlus (9.5) ne permet de modéliser que des volets totalement ouverts ou totalement fermés. Nous avons donc discrétisé ces fractions en cinq niveaux 0 (totalement ouvert), 25%, 50%, 75% et 100% (totalement fermé). Tous les volets d'une zone sont ajustés simultanément de façon identique. L'utilisation de l'éclairage artificiel est déduite du modèle stochastique de (Reinhart, 2004) mais en la désactivant pour les activités « sommeil » et « audiovisuelle » avec les règles BDI. L'ouverture et la fermeture des fenêtres est déduite du modèle stochastique de (Haldi and Robinson, 2009). Pour cela, les surfaces des fenêtres autorisées sont celles de chaque chambre (2,15m<sup>2</sup> de la chambre 1, 3m<sup>2</sup> pour les chambres 2 et 3), une seule au RDC (0,84m<sup>2</sup>) et aucune dans la SDB. Le renouvellement d'air qui en résulte est calculé avec le module « *ZoneVentilation:WindandStackOpenArea* ».

### 3.4. RESULTATS

#### 3.4.1. Evolution dynamique des interactions occupants-bâtiment

L'analyse des résultats de simulations dynamiques permet de vérifier la cohérence des interactions entre les modèles de comportement des occupants et du bâtiment. Pour cela, nous avons choisi d'analyser sur une période de quelques jours (du 28 juillet au 3 août) l'ensemble des variables significatives issues de nos modèles de comportement des occupants. Nous avons sélectionné la chambre 1 située au R+1 dont la fenêtre est orientée Ouest. Cette chambre est occupée par deux occupants de 23h à 7h en semaine et de 23h à 9h le weekend. Afin d'analyser l'influence de l'aspect stochastique de NoMASS, nous avons choisi deux valeurs de *seed* (0 et 1000) contrôlant la génération de nombres aléatoires. La Figure 3 résume les évolutions dynamiques des variables influencées par le comportement des occupants dans la chambre sur la période indiquée.

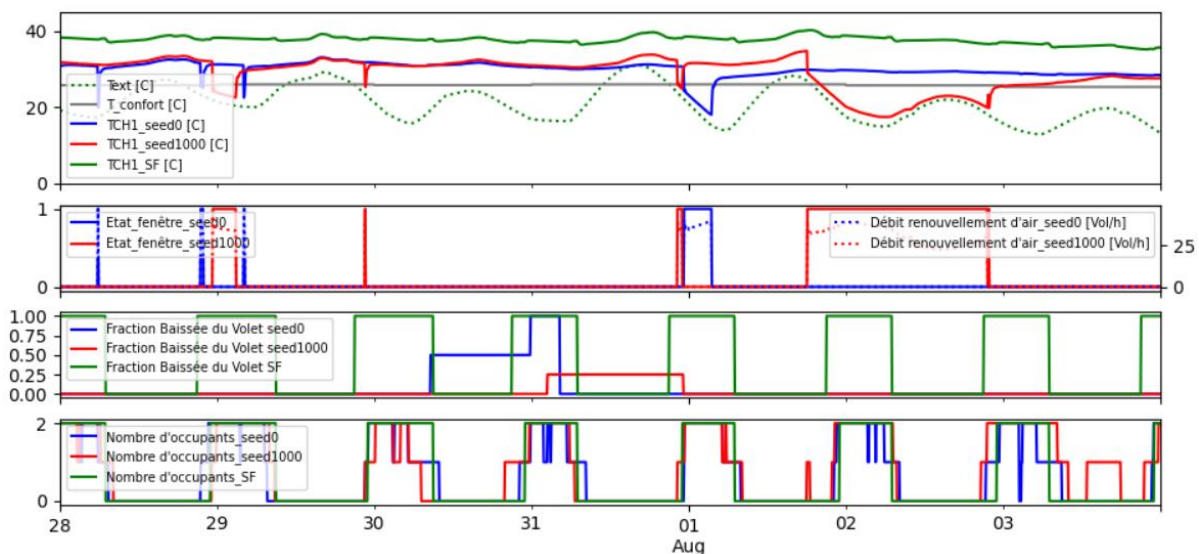


Figure 3 : Evolution de la température intérieure de la chambre 1 en fonction des comportements des occupants (entre le 28/07 et le 03/08)

La température intérieure dans la chambre varie de manière cohérente avec la température extérieure. Même si cette dernière baisse pendant la nuit, la chambre garde une température élevée (elle peut même dépasser les 40 °C pour le SF) quand il n'y a aucune ventilation naturelle pour évacuer la chaleur stockée dans la maison pendant les jours chauds consécutifs. La gestion de l'ouverture des fenêtres par les occupants dans NoMASS permet de gérer correctement les surchauffes. Pendant les jours où la fenêtre s'ouvre (l'aspect probabiliste fait que la fenêtre ne s'ouvre pas toujours au même moment), la température baisse et suit la variation de la température extérieure. Par exemple, l'ouverture de la fenêtre la nuit du 01/08 dans la simulation seed0 a permis de bien libérer la chaleur du jour précédent contrairement à la simulation seed1000 où la chambre était très peu ventilée cette nuit-là. La fermeture du volet à 50% le 30 juillet (seed0) n'a réduit que légèrement la température par rapport à la simulation seed1000 où le volet est resté ouvert.

### 3.4.2. Evaluation de l'inconfort estival

En réalisant des simulations annuelles (une seule pour les SF et 100 simulations pour NoMASS<sup>7</sup>), nous avons pu calculer les indicateurs de confort décrits dans la section 2.2 et représentés sur la figure 4. Ils sont calculés sur l'année hors période de chauffage (du 15/04 au 14/10 : 4392 heures) et sur l'été (du 21/06 au 22/09 : 2256 heures). Les surfaces hachurées correspondent au calcul pendant les périodes d'occupation présentées dans la figure 5-b. NoMASS diffère des SF au niveau des gains métaboliques, de l'utilisation de l'éclairage, des fenêtres et des volets. Le tableau 2 compare les taux d'occupation, les gains métaboliques des occupants, les apports de l'éclairage et les apports solaires annuels. Les gains métaboliques sont surestimés par les SF même si le taux d'occupation est plus élevé avec NoMASS. Les apports de l'éclairage artificiel ne sont pas très différents entre les deux. Baisser les volets contribue légèrement à la limitation des surchauffes parce qu'il réduit les apports solaires annuels par les fenêtres de 13% par rapport aux SF. Il est à noter que le modèle de gestion des volets (Haldi et Robinson, 2010) est développé pour le tertiaire où les motivations des usagers sont principalement liées au confort visuel ; ce modèle ne prend pas en compte le confort thermique. Finalement, c'est l'ouverture des fenêtres qui contribue le plus à la réduction de l'inconfort.

Pour les deux modèles d'occupants, l'inconfort n'est pas ressenti uniquement en été mais également en intersaisons. La connaissance des durées d'occupation et d'ouverture des fenêtres de chaque zone (figure 5) permet d'expliquer les différences d'inconfort entre les zones. Sur l'année hors période de chauffe avec les SF, toutes les zones sont inconfortables pour plus de 97% du temps d'occupation. Le nombre d'heures d'inconfort en période d'occupation est très proche entre NoMASS et SF car les durées d'occupation sont plus importantes avec NoMASS mais l'intensité (DH) est très réduite avec NoMASS (70%). Avec les SF, les indicateurs sont presque les mêmes pour toutes les zones. Quand on les calcule uniquement en période d'occupation, la SDB présente les indicateurs les plus faibles car elle est la moins occupée. Avec NoMASS, La SDB qui n'est jamais ventilée présente le plus grande inconfort, suivie du RDC où une seule fenêtre ne suffit pas pour rafraîchir toute la zone. En période d'occupation, l'inconfort dans la SDB devient inférieur à celui du RDC car elle est moins occupée par rapport au RDC. La CH3 présente le moindre inconfort car elle est la plus ventilée (un tiers du temps en été) et la moins occupée (activité bureautique). L'inconfort est réduit dans les autres chambres grâce à la ventilation naturelle par les fenêtres même pendant seulement 5,6% du temps en été.

---

<sup>7</sup> Les résultats présentés pour NoMASS par la suite correspondent aux moyennes des 100 simulations

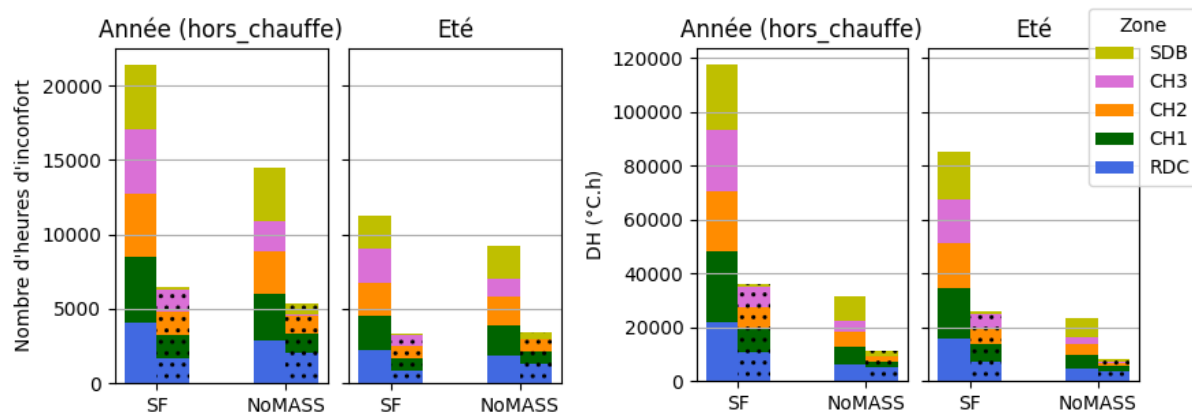


Figure 4 : Indicateurs de confort.

|        | Taux d'occupation | Gains métaboliques [kWh/an] | Eclairage artificiel [kWh/an] | Apports solaires par les fenêtres [kWh/an] |
|--------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| SF     | 2.64              | 1376.5                      | 147                           | 4957                                       |
| NoMASS | 3.12              | 847                         | 134                           | 4294                                       |

Tableau 2 : Taux d'occupation, gains métaboliques, apports de l'éclairage et solaires annuels.

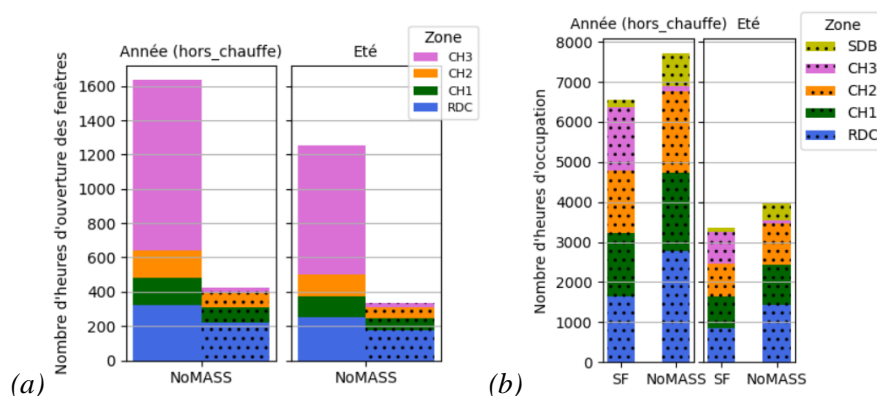


Figure 5 : (a) Nombre d'heures d'ouverture des fenêtres (b) Nombre d'heures d'occupation

#### 4. CONCLUSION

L'analyse du confort estival du cas d'étude a été réalisée. La maison présente un inconfort très élevé en été et même en intersaisons. Chaque indicateur seul présente des limites ; le nombre d'heures ne donne pas une idée sur l'intensité de l'inconfort, et les DH ne permettent pas de distinguer sa durée de son intensité. L'analyse des deux en parallèle est donc recommandée. La prise en compte de la présence des occupants est également un élément important pour donner plus d'importance aux zones les plus occupées lors de la conception. L'utilisation de NoMASS a permis de réaliser qu'une bonne gestion des fenêtres par les occupants permet de limiter les surchauffes de manière passive. L'influence de la gestion des volets doit être approfondie car, à notre connaissance, il n'existe pas de modèle développé pour le résidentiel sachant que leur influence sur le confort estival est bien mise en évidence dans plusieurs études (Gondian et al. 2018; Alders 2017). L'inconfort pourrait être davantage réduit si les comportements des occupants sont optimisés comme baisser les volets par anticipation des surchauffes, la mise en place d'une sur-ventilation nocturne davantage optimisée, etc. Par ailleurs, nous estimons que la gestion des surchauffes uniquement par les occupants n'est pas suffisante pour la maison étudiée,



l'amélioration du confort estival doit passer par une optimisation de la conception limitant les apports solaires pendant cette période. Étant donné que les modèles d'occupants influencent les performances de la maison, ils peuvent par ailleurs impacter les solutions optimales de conception.

## 5. REMERCIEMENTS

Ces travaux sont financés par l'ADEME et par le Conseil Savoie Mont Blanc.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

- Alders, E. E. 2017. « Adaptive Heating, Ventilation and Solar Shading for Dwellings ». *Architectural Science Review* 60 (3): 150-66. <https://doi.org/10.1080/00038628.2017.1300132>.
- Chapman, Jacob. 2017. « Multi-Agent Stochastic Simulation of Occupants in Buildings ». PhD Thesis, The University of Nottingham.
- Enescu, Diana. 2017. « A Review of Thermal Comfort Models and Indicators for Indoor Environments ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79 (novembre): 1353-79. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.175>.
- Fanger, P. O. 1970. « Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. » *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19722700268>.
- Gaetani, I., P. Hoes, et J. L. M. Hensen. 2016. « Occupant Behavior in Building Energy Simulation: Towards a Fit-for-Purpose Modeling Strategy ». *Energy and Buildings* 121 (mars): 188-204. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.038>.
- Gondian, Léa, Jeanne Goffart, Monika Woloszyn, Etienne Wurtz, Catherine Buhé, et Philippe Maréchal. 2018. « Évaluation de l'influence des occupants sur le confort estival : utilisation des analyses d'incertitude et de sensibilité ». In *Conférence IBPSA France 2018*. Bordeaux, France. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01825215>.
- Gresse, Teddy, Lucie Merlier, Jean-Jacques Roux, et Frédéric Kuznik. 2021. « Development of a 3D and high resolution dynamic thermal model of a room with sun patch evolution for thermal comfort applications ». In *BS21, Building Simulation 2021 Conference September 1-2-3, 2021 Bruges, Belgium*.
- Haldi, Frédéric, et Darren Robinson. 2009. « Interactions with Window Openings by Office Occupants ». *Building and Environment* 44 (12): 2378-95. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.03.025>.
- . 2010. « Adaptive actions on shading devices in response to local visual stimuli ». *Journal of Building Performance Simulation* 3 (2): 135-53. <https://doi.org/10.1080/19401490903580759>.
- Jaboob, Said. 2015. « Stochastic Modelling of Occupants' Activities and Related Behaviours ». PhD Thesis, The University of Nottingham.
- NF EN 16798-1. 2019. « Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 1 : données d'entrées d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique ». AFNOR.
- Parker, James. 2021. « The Leeds Urban Heat Island and Its Implications for Energy Use and Thermal Comfort ». *Energy and Buildings* 235 (mars): 110636. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110636>.
- Reinhart, Christoph F. 2004. « Lightswitch-2002: A Model for Manual and Automated Control of Electric Lighting and Blinds ». *Solar Energy* 77 (1): 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.04.003>.