

Sélection de fichiers météo extrêmes représentatifs du changement climatique et impact sur le confort d'été

Nicolas LAUZET^{1,2}, Thibaut COLINART*¹, Marjorie MUSY³, Karine LAPRAY²

¹ Univ. Bretagne Sud, UMR CNRS 6027, IRDL, Lorient, France

² TRIBU, Lyon, France

³ Cerema, Equipe-Projet BPE, Nantes, France

*thibaut.colinart@univ-ubs.fr

RESUME. Le changement climatique est un défi majeur auquel vont faire face les bâtiments de demain. Aussi est-il nécessaire de le prendre en compte lors des simulations thermiques dynamiques (STD) réalisées en phase de conception. Actuellement, des fichiers de type TMY peuvent être générés avec le logiciel Meteonorm sur la base des scénarii du GIEC. Toutefois, ces données sont construites de manière stochastique sur la base de moyennes mensuelles. Pour disposer de données climatiques plus réelles, incluant des événements extrêmes, une méthodologie est développée afin de sélectionner des fichiers météo passés représentatifs du changement climatique. Une application est proposée pour identifier deux fichiers météo mesurés sur l'agglomération lyonnaise pour les horizons 2050 et 2080. Renseignés lors de STD d'un bâtiment résidentiel, ces fichiers conduisent à des performances des bâtiments en termes de confort d'été très différentes de celles obtenues avec les fichiers de type TMY actuellement utilisés.

MOTS-CLÉS : changement climatique, STD, confort d'été.

ABSTRACT. Climate change is great challenge for current and newly built buildings. Therefore, it should be taken into account when building performance simulations are run in the design phase. Nowadays, TMY weather file can be easily generated with software like Meteonorm following the IPCC scenarios. Nevertheless, these data are extrapolated stochastically from monthly mean values. In order to get more representative data, including extreme events, a methodology is proposed to select measured files from a large database. It is applied to the city of Lyon to have weather files projected for the time slices 2050 and 2080. When used in building performance simulation of residential building, these files lead to very different summer comfort performance and overheating risks if compared to usual TMY files.

KEYWORDS: climate change, building performance simulation, summer overheating.

1. INTRODUCTION

Le fichier météo est une des données d'entrée importante lors d'une étude de simulation thermique dynamique (STD) d'un bâtiment. En effet, les variables météo ont un impact significatif sur la performance du bâtiment (Goffart 2013). Par exemple, la température sèche et le rayonnement conditionnent les besoins de chauffage ou de refroidissement, alors que l'humidité relative influence les charges latentes. Comme les données météo présentent de grandes variabilités sur des échelles spatiales et temporelles, la communauté de la thermique du bâtiment s'est appuyée sur des fichiers météo annuels « types » au pas de temps horaire pour concevoir les bâtiments et dimensionner les systèmes dans un souci de rationalisation. Ces fichiers peuvent se présenter sous différents formats (TRY, TMY, IWEC, WYEC, etc.) et répondent à des logiques précises de construction (soit par analyse statistique, soit par

génération stochastique) à partir de données mesurées sur plusieurs années (Herrera et al. 2017). Du fait de leur construction, ces fichiers « types » ne sont toutefois pas adaptés pour tenir compte des changements climatiques globaux en cours et de la recrudescence des événements extrêmes.

Concernant le changement climatique, les modèles climatiques globaux fournissent actuellement des données mensuelles à une échelle régionale (env. 300 km²) sur la base des scénarii d'émission de gaz à effet de serre validés par le GIEC. Des techniques de réduction d'échelle dynamiques (à l'aide de modèle climatique régionaux) ou statistiques (« morphing » ou stochastique) permettent d'affiner la résolution spatiale et temporelle de ces données et ainsi d'élaborer des fichiers météo utilisables en STD (Moazami et al. 2019). Aussi, les études sur des bâtiments individuels situés à des endroits donnés prolifèrent. Globalement, les résultats montrent une diminution (resp. augmentation) des besoins énergétiques pour les climats froids (resp. tropicaux) et un transfert des besoins de chauffage vers des besoins de refroidissement pour les climats tempérés (Crawley 2008). Toutefois, les techniques de réduction d'échelle, en particulier statistiques, ne permettent pas de reproduire des événements extrêmes.

Pour représenter ces événements extrêmes, des approches analogues à la construction des fichiers « types » sont souvent retenues, mais avec des critères de sélection et des poids sur les variables météorologiques différents. Les fichiers DSY sont construits comme des fichiers TMY en retenant l'année au milieu du dernier quartile des températures sèches estivales (d'avril à septembre). Narowski et al. (2013) ont développé des fichiers UMY (Unotypical Meteorological Year) sur la base des fichiers WYEC2 en modifiant le poids sur la température sèche minimale et maximale, la vitesse de vent maximale et le rayonnement solaire. Pernigotto et al. (2020) ont préparé des fichiers ERYc/h (Extreme Reference Year cold/hot) sur la base de la norme EN 15927-4 en accentuant le poids sur la température sèche et le rayonnement solaire. Nik (2016) définit des fichiers EHY/ECY (Extreme Hot/Cold Year) suite à une analyse statistique des températures horaires. Enfin, Crawley et Lawrie (2015) proposent un fichier XMY (eXtreme Meteorological Year) intégrant les mois d'été les plus chauds et les mois d'hiver les plus froids sur la base des minimum, maximum et moyenne journalière de chaque variable météorologique. Récemment, ces mêmes auteurs Crawley et Lawrie (2019) ont toutefois modifié leur approche en raisonnant à l'échelle des saisons plutôt que des mois et en ne retenant que la température sèche et du rayonnement solaire dans leur critère de sélection. Utilisés en STD, tous ces fichiers induisent des différences sur les besoins et les appels de puissance par rapport aux fichiers « types ». On peut regretter néanmoins que ces études ne s'intéressent pas aux extrêmes des données utilisées (définis comme des événements intenses et rares) et à leurs conséquences en termes de risques.

Dans cette étude, nous proposons une méthodologie de sélection de données météorologiques mesurées présentant un caractère extrême en les mettant également en regard du changement climatique. La méthodologie est appliquée sur des données acquises sur l'agglomération lyonnaise. Les données sélectionnées sont ensuite utilisées lors d'une STD d'un bâtiment de logement collectif.

2. VERS DES FICHIERS METEO EXTREMES REPRESENTATIFS DU FUTUR

2.1. PRESENTATION DES DONNEES METEO DISPONIBLES

La base de données météorologiques s'appuie sur les mesures d'une station météo localisée à l'ENTPE (Vaulx-en-Velin). Cette station météo a été installée dans le cadre du programme international IDMP (International Daylight Measurement Programme) et fournit des données à l'échelle de la minute

depuis 1994 en libre accès (<http://idmp.entpe.fr/stafr.htm>). En complément, les données de la station Météo France de Lyon Bron ont été récupérées pour les années 2003 et 2004.

Ces données sont comparées à celles générées de manière stochastique par le logiciel Meteonorm (version 7.1) pour la ville de Lyon. Quatre temporalités sont considérées : celles d’Hier et d’Aujourd’hui se basent respectivement sur les normales climatiques des périodes 1961-1990 et 2000-2009 ; celles de Demain et d’Après-demain s’appuient sur un modèle climatique global (Hadley CM3 model) validé dans le 4^{ème} rapport d’évaluation du GIEC. Il est ainsi possible de générer des fichiers météo futurs selon les différents scénarii d’émission (B1, A1B ou A2) pour chaque décennie jusqu’à 2100. Dans cette étude, le scénario le plus défavorable A2 (équivalent au nouveau scénario RCP 8.5) et les horizons 2050 et 2080 sont retenus.

2.2. METHODOLOGIE DE SELECTION

La méthodologie proposée vise à sélectionner des années passées présentant un caractère extrême, en particulier durant la période estivale, au regard de leur capacité à représenter des horizons futurs en lien avec le changement climatique global. La sélection se fait en deux temps. En premier lieu, une présélection est effectuée en analysant le cumul d’heures sur l’année où la température sèche est supérieure à 28°C. Le choix de la température sèche s’impose pour deux raisons : d’une part, c’est une grandeur influente sur les sorties de STD ; d’autre part, les effets du changement climatique semblent être clairement identifiés sur la température sèche et les précipitations, moins sur le vent et le rayonnement solaire (Nik 2016). Les résultats sont présentés sur la Figure 1. Sur les années 2003 et 2004, les résultats des stations de Lyon Bron et de l’ENTPE concordent, même si leur environnement de mesure ne sont pas identiques. Comme attendu, aucune année ne recoupe la météo d’Hier, compte tenu des changements en cours. Les années 1999, 2000, 2002, 2004, 2010 et 2013 comptent des nombres d’heures de dépassement de seuil de 28 °C proches de celui de la météo d’Aujourd’hui. De même, les années 1995, 2001, 2005, 2006, 2009, 2016 et 2017 sont proches de la météo de Demain. Enfin, seule l’année 2003 atteint et même excède les 600h de dépassement de seuil de 28 °C prévu dans la météo d’Après-demain. Ainsi cette étape permet de présélectionner 14 des 25 années de mesure.

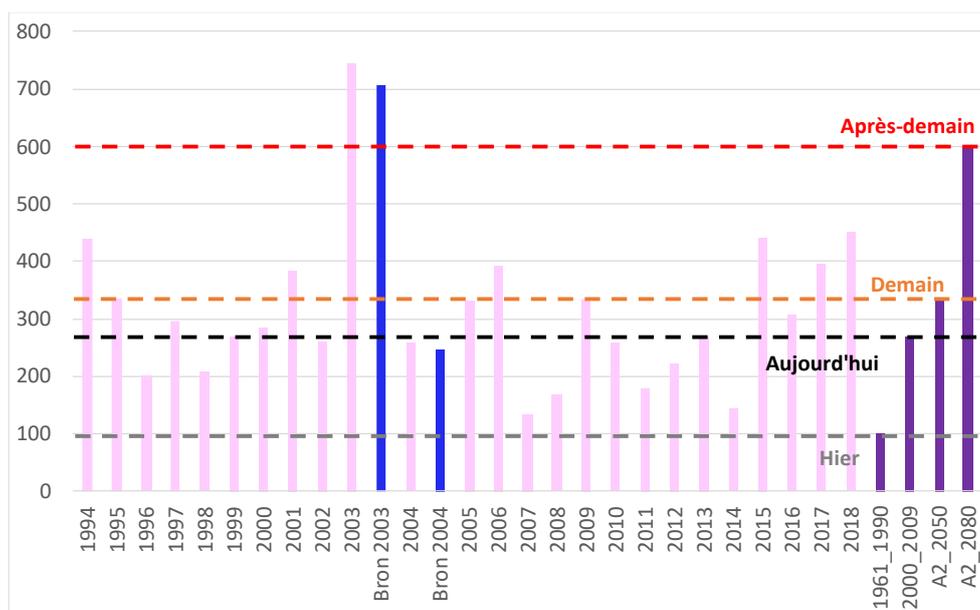


Figure 1 : Cumul d’heures de dépassement du seuil de 28 °C de la température sèche extérieure.

En second lieu, la sélection est affinée en regard des vagues de chaleur, et plus précisément des périodes de canicules. Conformément aux approches retenues par Météo France, ces dernières sont identifiées lorsque les moyennes glissantes sur trois jours des températures minimales et maximales excèdent des seuils définis par le « Système d'Alerte Canicule et Santé ». Ces épisodes caniculaires sont caractérisés par une durée, une intensité maximale et une sévérité (Soubeyroux et al. 2015). Les résultats sont présentés sous forme de graphique à bulles sur la Figure 2. Globalement, les données Météonorm ne présentent que peu d'épisodes caniculaires : aucun pour la temporalité d'aujourd'hui, un pour Demain et trois pour Après-demain, dont un de 6 jours. Cela reste très en deçà des projections faites avec les modèles climatiques globaux et régionaux (Soubeyroux et al. 2015). A contrario, les données de l'ENTPE présentent un nombre d'épisodes caniculaires plus important. Pour l'année 2003, 4 épisodes sont recensés, dont un de 13 jours. Cela confirme bien la représentativité de cette année pour la temporalité d'Après-demain. Pour la temporalité de Demain, 5 des 7 années présélectionnées présentent des épisodes caniculaires et seuls ceux des années 2006 et 2009 ont une durée supérieure à 5 jours. Notre choix s'est porté sur l'année 2006 en raison d'une plus grande intensité et sévérité des canicules. Pour la temporalité d'aujourd'hui, le choix est quand même fait de retenir une année présentant uniquement un épisode caniculaire, en cohérence avec les observations de la dernière décennie. Seule l'année 2004 répond à ce critère.

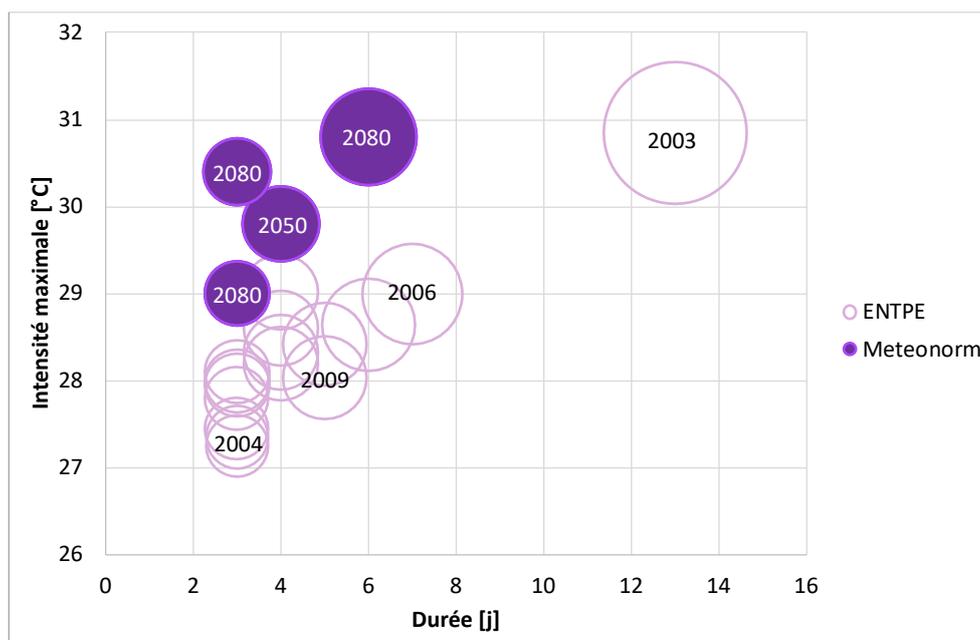


Figure 2 : Durée, intensité et sévérité des épisodes caniculaires.

Une analyse statistique plus complète sur la période estivale (de mai à septembre) des données météorologiques sélectionnées est disponible dans Lauzet (2019). Nous en reprenons ici les principales conclusions. Logiquement, les températures mesurées à l'ENTPE présentent des extrêmes plus importants que celles générées par Météonorm. En revanche, leurs moyennes sont sensiblement équivalentes et augmentent sur les temporalités futures. L'humidité relative moyenne évolue de façon diverse avec les temporalités futures : elle diminue pour les fichiers ENTPE (mais l'humidité absolue moyenne reste constante), alors que les fichiers Météonorm prédisent des climats de plus en plus humides. De même, les vitesses de vent mesurées à l'ENTPE sont plus faibles que celles prédites en

raison de la rugosité de la ville autour de la station météo. A l'inverse, aucune différence n'est à constater sur le rayonnement solaire. Enfin, la cohérence des fichiers sélectionnés a été mise en regard des projections effectuées à l'échelle de la région Rhône-Alpes (<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>).

3. CONSEQUENCES SUR LES PREDICTIONS DE CONFORT D'ETE

3.1. PRESENTATION DU BATIMENT ETUDIE ET DES CRITERES DE CONFORT D'ETE RETENUS

L'impact des fichiers météo sélectionnés est évalué sur l'estimation du confort d'été dans un bâtiment résidentiel au travers de simulations thermiques dynamiques. Le bâtiment étudié a été livré en 2016 dans le quartier de Lyon Confluence. Il présente une structure « R+5 + Attiques » et comprend 42 logements allant du T2 au T4 en plus de commerces au rez-de-chaussée. La surface de plancher totale est de 3920 m², l'indice d'ouverture de 15 % et l'indice de compacité de 1,12.

L'ensemble des locaux du bâtiment est modélisé sur Design Builder (version 6.1.1) suivant les plans transmis par l'architecte à la phase de conception PRO-DCE. Deux modes constructifs tirés du projet PEBIOS sont étudiés :

- Une variante lourde en béton avec une isolation par l'extérieur,
- Une variante légère en bois avec une isolation répartie en matériaux biosourcés.

Les scénarii d'usage sont détaillés dans (Lauzet 2019) et correspondent à ceux classiquement utilisés par le bureau d'étude TRIBU. En particulier, une ventilation hygiénique de 0,5 vol.h⁻¹ est retenue et une sur-ventilation allant jusqu'à 3,5 vol.h⁻¹ est imposée pendant les périodes nocturnes.

Trois critères de confort sont évalués. Le premier est le cumul d'heures où la température opérative est supérieure à 28 °C en occupation. Ce seuil est souvent retenu dans les programmes de conception dans lesquels un dépassement annuel maximum de 50h est permis. Le second et le troisième sont respectivement les nombres d'heures passées en dehors de la zone de confort de Givoni (définie pour une vitesse d'air de 1 m.s⁻¹ qui peut être assurée avec des brasseurs d'air) et de celle définie dans la norme EN 15251 pour les bâtiments non climatisés (catégorie II applicable aux bâtiments neufs et rénovés). Ces deux critères permettent d'intégrer d'une part l'humidité relative et d'autre part l'adaptabilité des usagers dans l'évaluation du confort.

3.2. RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse porte sur le séjour d'un logement traversant de type T4 situé au R+4 avec une orientation Sud-Ouest. Ce local est occupé 5h par jour (1h le matin et le midi, 3h le soir). Du fait de la forte exposition au rayonnement solaire en fin de journée (absence de masque), ce local est jugé comme défavorable vis-à-vis du confort d'été. Ici, les critères de confort sont évalués en occupation sur la période allant de mai à septembre (soit 765h d'occupation).

Les résultats des trois indicateurs sont présentés sur la Figure 3 pour l'ensemble des fichiers météo sélectionnés et les modes constructifs lourd (béton) et léger (bois). On note en premier lieu que l'indicateur de dépassement de seuil de 28 °C présente systématiquement des valeurs supérieures aux deux autres indicateurs. Si la contrainte d'un nombre d'heure d'inconfort inférieur à 50h est bien respectée pour les météos d'Aujourd'hui pour un mode constructif inertiel, elle est en revanche dépassée pour tous les autres cas, où des durées d'inconfort supérieures à 400h sont parfois rencontrées (soit plus

de la moitié du temps d'occupation). Ces valeurs importantes appellent à un questionnement de la pertinence du seuil de 50 h défini dans les programmes opérationnels et plus généralement de la pertinence de cet indicateur qui ne tient pas compte des autres facteurs influençant le confort.

Pour les indicateurs de Givoni et de confort adaptatif (EN 15251), trois tendances sont observées. Premièrement, la variante légère en bois présente systématiquement un nombre d'heures d'inconfort supérieure à la variante lourde en béton. En effet, l'absence d'inertie rend le logement plus sensible aux sollicitations extérieures, notamment de température et de rayonnement solaire. Cela se traduit par de fortes variations de la température opérative et des situations d'inconfort rencontrées principalement le soir et parfois le midi. Pour atténuer cet inconfort, il conviendrait d'apporter de l'inertie thermique dans les cloisons en utilisant des briques de terre crue par exemple. De par sa nature hygroscopique, ce matériau pourrait également atténuer les variations d'humidité relative, ce qui aurait un effet positif sur l'analyse du confort au travers de l'indicateur de Givoni. Deuxièmement, l'inconfort augmente significativement avec la temporalité des fichiers météo : on passe ainsi de quelques heures d'inconfort à l'horizon d'Aujourd'hui à près de 270 h d'inconfort à l'horizon d'Après-Demain. Cela tient principalement dans le fait que la température extérieure moyenne augmente de 1,5 à 3 °C en été selon les typologies de fichiers météo. Troisièmement, l'utilisation des fichiers météo mesurés à l'ENTPE conduit systématiquement à plus d'inconfort. En particulier, même si les niveaux d'humidité relative extérieur plus faibles des fichiers météo de l'ENTPE limitent le niveau d'humidité relative intérieur, cela reste insuffisant pour avoir un effet bénéfique sur l'indicateur de Givoni. En revanche, la présence d'extrêmes de température, notamment sur des périodes longues, dans ces fichiers météo semble être pénalisant au regard du renouvellement d'air et donc de la température opérative.

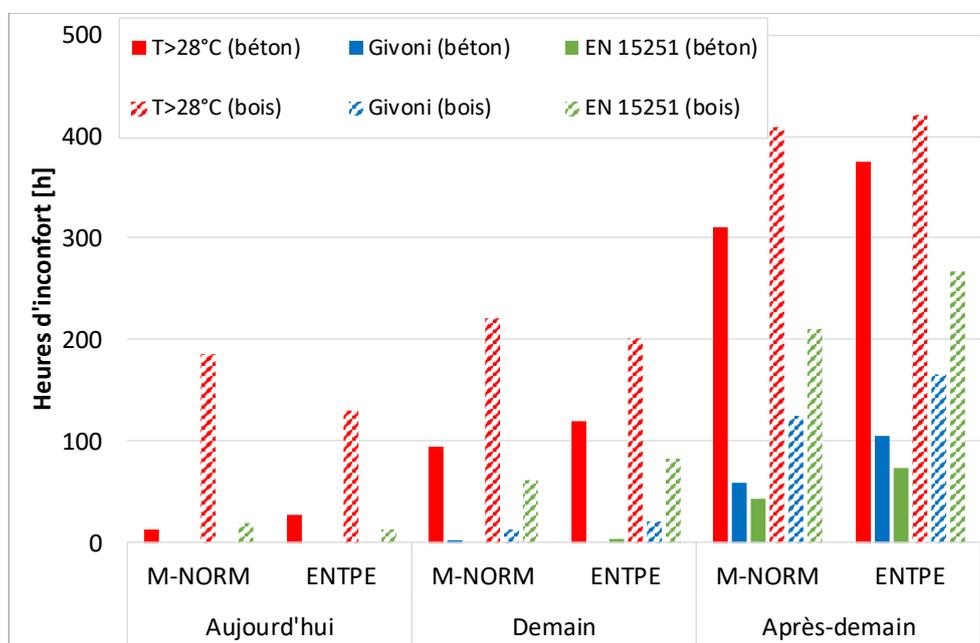


Figure 3 : Évaluation du nombre d'heures d'inconfort selon différents indicateurs pour les deux modes constructifs et l'ensemble des fichiers météo retenus.

Pour évaluer l'importance des épisodes caniculaires sur les périodes d'inconfort, un taux d'inconfort dû aux canicules est défini comme le rapport entre les durées d'inconfort rencontrées pendant les canicules et les durées totales d'inconfort. Comme observé sur la Figure 4, ce taux varie entre 25 et 75 % pour les deux modes constructifs à l'horizon d'Après-demain. Il est plus important lorsque les fichiers météo mesurés à l'ENTPE sont utilisés en raison d'évènements extrêmes plus longs et plus intenses (cf. Figure 2) durant lesquels le bâtiment peut plus difficilement se décharger thermiquement. Par conséquent, le mode constructif lourd en béton est plus sensible à ces épisodes caniculaires. A l'inverse, le mode constructif léger en bois est sensible à d'autres séquences météorologiques qui ne sont pas nécessairement extrêmes, comme l'atteste les fortes variations de température opératives sur la période estivale. Enfin, des taux moindres sont généralement observés pour l'indicateur de confort adaptatif : ce dernier étant basé sur une moyenne glissante sur les 7 derniers jours de la température journalière moyenne, cela peut conduire à un lissage des épisodes caniculaires.

Traduit en terme opérationnel, il conviendrait donc d'utiliser des fichiers météo (idéalement réels) incluant des épisodes extrêmes (en intensité et en durée), durant lesquels l'inconfort est le plus fréquemment rencontré. Une analyse fine de ces périodes permettrait ainsi de proposer des solutions de conception, voire d'adaptation, pour améliorer la question du confort d'été dans les bâtiments.

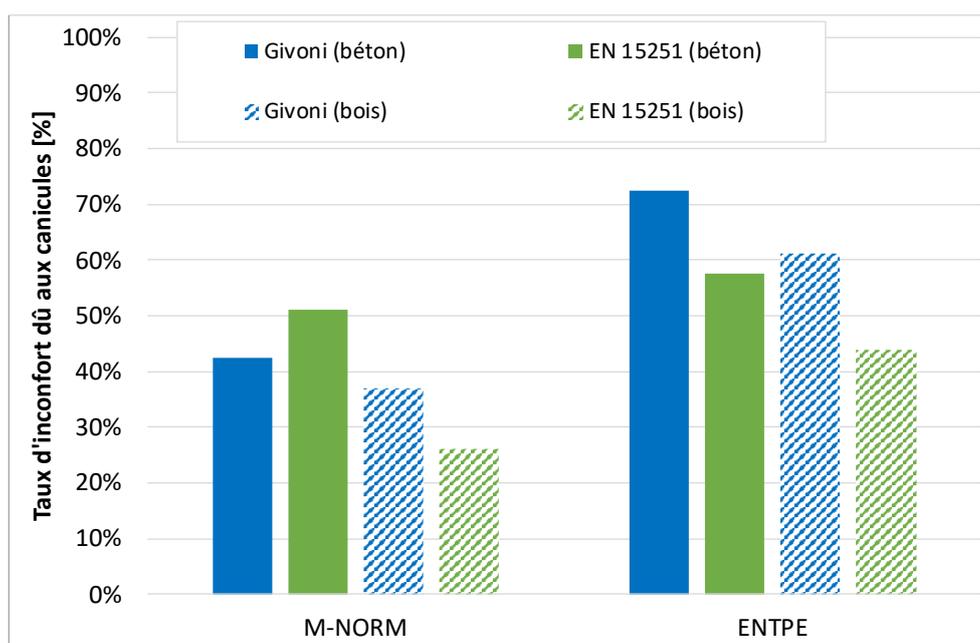


Figure 4 : Taux d'inconfort (Givoni et EN 15251) dû aux canicules pour les deux modes constructifs à l'horizon d'Après-demain.

4. CONCLUSIONS

Partant du constat que les fichiers météo utilisés actuellement lors de simulations thermiques dynamiques (STD) sont moyennés, et donc qu'ils ne traduisent pas les évènements extrêmes, une méthodologie de sélection de fichiers météo mesurés incluant ces extrêmes a été mise en place. Elle a été appliquée aux données météorologiques mesurées dans l'agglomération lyonnaise en se focalisant plus particulièrement sur les épisodes caniculaires. Trois années ont été retenues en lien avec les projections du changement climatiques. Utilisées lors de STD d'un bâtiment résidentiel, ces données

météo conduisent à prédire des niveaux d'inconfort estivaux en occupation généralement plus importants que les données moyennées, quel que soit l'indicateur de confort retenu. Par ailleurs, ces périodes d'inconfort sont rencontrées pour la moitié du temps durant les épisodes caniculaires, soulignant l'importance de ces épisodes. Ceux-ci étant amenés à être plus fréquents dans le futur, les concepteurs de bâtiment devront les prendre en compte et proposer de stratégies d'adaptation. Cela peut passer par la gestion (active ou passive) de l'inertie thermique, de la ventilation ou encore des apports solaires.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Crawley, Drury. 2008. “Estimating the impacts of climate change and urbanization on building performance”. *Journal of Building Performance Simulation* 1 (2):91-115.
<https://doi.org/10.1080/19401490802182079>
- Crawley, Drury, Linda Lawrie. 2015. “Rethinking the TMY: Is the 'Typical' Meteorological Year Best for Building Performance Simulation?”. In *BS2015:2655-2662*. Hyderabad
- Crawley, Drury, Linda Lawrie. 2019. “Should We Be Using Just ‘Typical’ Weather Data in Building Performance Simulation”. In *BS2019*. Rome
- Goffart, Jeanne. 2013. « Impact de la variabilité des données météorologiques sur une maison basse consommation. Application des analyses de sensibilité pour les entrées temporelles ». Thèse de Doctorat, Université de Savoie. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00982150>
- Herrera, Manuel, Sukumar Natarajan, David Coley, Tristan Kershaw, Alfonso Ramallo-Gonzalez, Matthew Eames, Daniel Fosas, Michael Wood. 2017. “A review of current and future weather data for building simulation”. *Building Services Engineering Research & Technology* 38(5):602-627.
<https://doi.org/10.1177/0143624417705937>
- Lauzet, Nicolas. 2019. « Prise en compte cumulée du réchauffement climatique et des surchauffes urbaines en phase amont de conception frugale des bâtiments centrée sur le confort des occupants. Des propositions méthodologiques ». Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Sud.
- Moazami, Amin, Vahid Nik, Salvatore Carlucci, Stig Geving. 2019. “Impacts of future weather data typology on building energy performance – Investigating long-term patterns of climate change and extreme weather conditions”. *Applied Energy* 238:696-720.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.085>
- Narowski, Piotr, Marcin Janicki, Dariusz Heim. 2013. “Comparison of untypical meteorological years (UMY) and their influence on building energy performance simulations”. In *BS2013:1414-1421*. Chambéry.
- Pernigotto, Giovanni, Alessandro Prada, Andrea Gasparella. 2020. “Extreme reference years for building energy performance simulation”. *Journal of Building Performance Simulation* 13:152-166.
<https://doi.org/10.1080/19401493.2019.1585477>
- Nik, Vahid. 2016. “Making energy simulation easier for future climate – Synthesizing typical and extreme weather data sets out of regional climate models (RCMs)”. *Applied Energy* 177:204-226.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.107>
- Soubeyroux, Jean-Michel, Michel Schneider, Gaëlle Ouzeau. 2015. “Recensement des vagues de chaleur en France à différentes échelles spatiales et évolution en contexte de changement climatique”. In *28th AIC:1-4*. Liège.