

Développement d'un modèle sous TRNSYS de l'impact énergétique de murs végétalisés sur une maison ancienne en période hivernale

Kenai Mohamed-Amine¹, Libessart Laurent², Lassue Stéphane², Defer Didier²

¹ YNCREA-HEI, ULR 4515, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE), F-59000 Lille, France

² Univ.Artois, ULR 4515, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE), F-62400 Béthune, France

RESUME Cette étude s'intéresse à l'évaluation de l'influence des murs végétalisés extensifs (MV) sur le bilan énergétique des bâtiments avec un code global de simulation thermique dynamique de bâtiment (TRNSYS). A cet effet, le « Type » développé a été utilisé pour apporter une nouvelle contribution à la prédiction du comportement thermique des murs végétalisés. La première partie présente la description du logiciel de simulation thermique dynamique utilisé et des modalités d'intégration du modèle développé. Puis, la modélisation de l'influence des MV à une échelle plus globale est détaillée. Elle mettra en avant l'influence thermique des MV en période hivernale sur une maison située à Lille. Il s'agira donc d'une application à un cas d'étude représentatif d'un bâtiment d'habitation existant en milieu urbain.

Mots-clés murs végétalisés extensifs, simulation dynamique, bâtiment, TRNSYS

I. INTRODUCTION

L'intégration des murs végétalisés (MV) dans les codes de simulation thermique dynamique n'est pas ou peu utilisée pour le calcul du bilan énergétique. Les recherches faites sur l'occultation radiative par des murs végétalisés ont montré de bonnes conclusions. Le modèle numérique pour la prédiction de l'influence thermique des murs végétalisés extensifs (Lierre et Vigne vierge) a été validé à l'échelle d'une maquette expérimentale. L'analyse quantitative doit être extrapolée à une échelle réelle. Ceci a été possible par le couplage du modèle de paroi végétalisée avec un code global de simulation thermique dynamique de bâtiment (TRNSYS). La modélisation de l'influence des MV à une échelle plus globale mettra en avant, à travers plusieurs scénarii, l'influence thermique des MV sur le bilan thermique d'une maison située à Lille en période hivernale. Il s'agit donc d'une application à un cas d'étude représentatif d'un bâtiment d'habitation existant en milieu urbain.

II. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE DES BÂTIMENTS VÉGÉTALISÉS

A. Modélisation des bâtiments sur TRNSYS

Le choix du logiciel de simulation s'est porté vers l'environnement de simulation « TRNSYS », ce qui signifie « Programme de simulation de systèmes transitoires » (TRAnsient SYstem Simulation program). Le point fort de TRNSYS est sa modularité. En effet, les simulations sous TRNSYS sont basées sur des liaisons entre plusieurs systèmes dynamiques créés par l'intermédiaire de l'interface graphique (TRNStudio). Chaque système est représenté par une composante ouverte (TYPE) contenant un code pré-implémenté pour la modélisation de celui-ci. Cette flexibilité permet à TRNSYS d'intégrer toutes les caractéristiques du bâti (géométrie, matériaux de construction, architecture globale...), les équipements (système de chauffage ou de climatisation, ventilation, ...) et le comportement des usagers. La simulation des bâtiments sous TRNSYS est réalisée ici avec un modèle de bâtiment multizone. Il s'agit du « Type 56 » qui fait appel à un programme externe « TRNBuild » lors des simulations. Le « TRNBuild » permet à l'utilisateur de définir la géométrie du bâtiment (la géométrie peut également être importée à partir d'un dessin 3D), le nombre de zones thermiques à modéliser et les différentes caractéristiques des matériaux.

B. Intégration des équations de bilans dans la simulation

L'étude numérique de l'intérêt thermique des murs végétalisés a mis en évidence l'impact d'une occultation par de la végétation sur les échanges énergétiques superficiels aux niveaux des parois de cellules prototypes. La liaison entre les deux programmes, permet alors l'estimation des besoins énergétiques annuels d'un bâtiment en présence de parois végétalisées. Il s'agit ici de compléter la liaison initiale entre le fichier des données météorologiques « Type 99 ou Type 15 » et le code multizone du bâtiment « Type 56 ». Cela passe par l'ajout d'un composant intermédiaire, qui modélise les interactions entre le fichier météo, les parois végétalisées et le bâtiment. En d'autres termes, la nouvelle composante doit assurer la continuité entre le flux de chaleur qui passe à travers un mur végétalisé, et le flux de chaleur à la surface extérieure de la façade du bâtiment. Notre code de simulation sur le transfert thermique des murs végétalisés a été développé sous Matlab, il peut être appelé par l'intermédiaire du « Type 155 » dans la procédure de calcul TRNSYS.

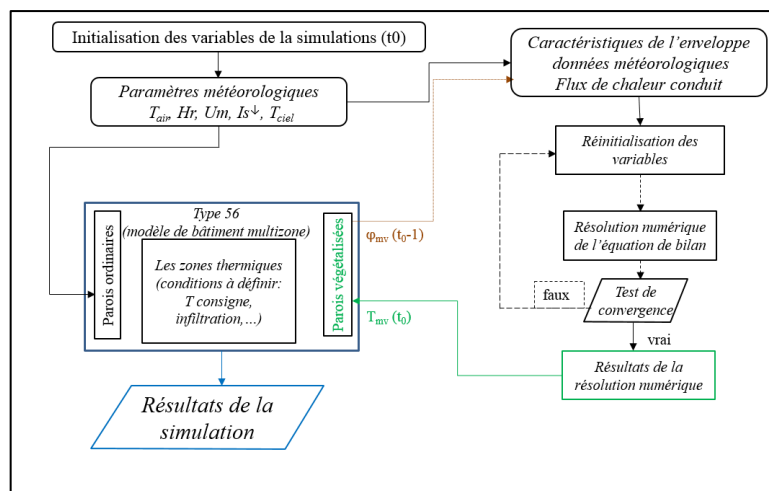


FIGURE 1. Principe du couplage entre le modèle du mur végétalisés et le modèle multizone du bâtiment

Pour chaque pas de temps, le programme exécute tous les Types. S'agissant des parois ordinaires les flux de chaleur reçus par celles-ci sont calculés par les composantes initiales de TRNSYS (liaison entre le fichier météo et le Type 56). En résumé, la nouvelle composante est appelée à travers le « Type 155 » à chaque pas de temps pour les parois « équipées » d'un mur végétalisé.

III. ETUDE D'UNE MAISON

Les simulations effectuées concernent une maison « virtuelle » située à Lille en milieu urbain et typique de construction en briques de terre cuite des années 30.

A. Paramètres d'étude

Pour notre cas d'étude, la maison est constituée de deux étages (RDC+1) d'une superficie totale de 100m². Son enveloppe extérieure est construite en murs de briques rouges de 24 cm d'épaisseur (coefficient de transmission $U=2.273 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$). Numériquement, les façades Sud et Ouest sont présumées végétalisées, quand il s'agit de simulations avec des MV. Elles sont considérées sans végétation quand il s'agit de simulations sur la maison de référence. En termes d'isolation, il a été supposé que les parois Sud et Ouest ne disposent d'aucune isolation supplémentaire. Tandis que les parois Nord et Est ont une couche d'isolation intérieure de 10 cm ($U_{\text{global}}=0.335 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$). Il a été considéré que le pourcentage de vitrages est de 20 % sur chacune des façades. Quant aux gains thermiques intérieurs, ils ont été supposés nuls et l'infiltration d'air a été fixée à 0.6 vol/h. Les simulations présentées concernent uniquement le rez-de-chaussée. L'étage est ajouté uniquement pour éliminer l'influence de la toiture sur le bilan énergétique de niveau considéré (Figure 2).

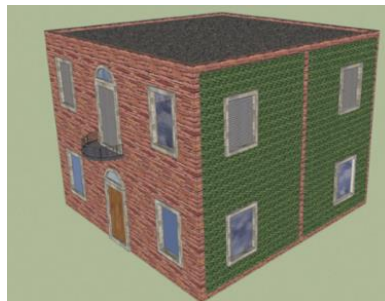


FIGURE 2. Cas d'étude numérique

Pour toutes les simulations, la température de consigne en hiver (période de chauffe : Octobre à Avril) est fixée à 19°C durant la journée et à 15°C durant la nuit. L'indice de surface foliaire (F) considéré pour les deux végétaux (Lierre et Vigne vierge) est de 4, tandis que leurs épaisseurs moyennes sont fixées à 12cm. Quant au taux de couverture (σ_{mv}), il est de 100% pour le lierre tout au long de l'année. En fonction des saisons, celui-ci fluctue entre 0 et 100% pour la vigne vierge.

B. Influence de la végétation sur la demande énergétique en période hivernale

Dans l'objectif de l'évaluation de l'incidence des murs végétalisés sur la demande énergétique annuelle de la maison étudiée, les résultats des simulations des demandes énergétiques en chauffage pour chaque type de végétation (lierre ou vigne vierge) sont confrontés avec ceux de la maison de référence (Figure 3).

Dans le cas de l'utilisation des MV de type « lierre » (plante à feuilles persistantes), la demande énergétique en chauffage est plus importante que celle de la maison ordinaire.

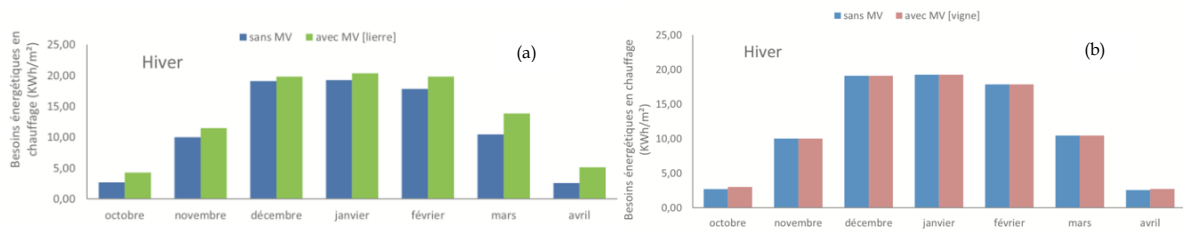


FIGURE 3. Comparaison des besoins en énergie de chauffage entre une maison ordinaire et une maison avec murs végétalisés (Lierre (a), Vigne vierge (b))

Pour la maison équipée de MV de type vigne vierge, du fait que celle-ci perd son feuillage pendant l'hiver et permet ainsi aux façades de bénéficier de l'apport énergétique solaire, la consommation énergétique en termes de chauffage était similaire à celle de la maison ordinaire. En termes de consommation énergétique annuelle, les simulations montrent que les besoins en chauffage pour la maison ordinaire sont de 81.9 kWh/m²/an. La présence des MV de type lierre fait augmenter ces besoins de 18.14%, soit une consommation annuelle de 96.9 kWh/m²/an. Ce n'est pas le cas des MV de type vigne vierge qui n'ont amplifié la demande énergétique en chauffage que de 0.45 kWh/m²/an, soit une surconsommation de seulement 0.54% par rapport à la maison de référence. Le choix du type de plantes a donc une grande importance, il doit être effectué selon les conditions climatiques régionales (locales).

IV. CONCLUSION

L'intégration d'un modèle développé dans un environnement TRNSYS a permis l'évaluation de l'incidence thermique de l'utilisation des MV sur les bâtiments. Les résultats des simulations ont souligné l'impact négatif dû à la présence des végétaux sur la consommation de chauffage en période hivernale. L'augmentation relative des besoins en énergie de chauffage était très importante pendant les journées ensoleillées pour les maisons avec MV en raison de la limitation des apports solaires par les végétaux. Ceci a permis de préconiser l'utilisation des plantes à feuilles caduques sur les façades exposées au soleil afin qu'elles profitent du rayonnement solaire en hiver et limite ainsi la demande énergétique en chauffage. L'utilisation des MV à feuilles sempervirentes est fortement déconseillée sur les façades qui captent le plus de rayonnement solaire en raison de leur influence négative sur le bilan énergétique en hiver.

REFERENCES

- Kenai, M.A., Libessart, L., Lassue, S., Defer, D. (2018). Impact of plants occultation on energy balance: Experimental study. *Energy and Buildings*, 162, 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.12.024>
- Kenai, M.A., Libessart, L., Lassue, S., Defer, D. (2020). Impact of plants obscuration on energy balance: Theoretical and numerical study. *Journal of Building Engineering*, vol. 29. <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.101112>