

ETUDE D'UN IMMEUBLE DE BUREAUX PASSIF AU MOYEN DU LOGICIEL PHPP 2007 ET DE LA SIMULATION DYNAMIQUE TRnsys16

GEOFFREY VAN MOESEKE¹, FABRICE DERNY²

¹ Architecture et climat, UCL, www-climat.arch.ucl.ac.be

Place du levant,1, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

Phone: +32 10 47 21 42 Fax: +32 10 47 21 50

E-mail: geoffrey.vanmoeseke@uclouvain.be

² MATRiciel sa, www.matriciel.be

Place de l'université, 25/2, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

Phone: / Fax: +32 10 24 15 70 Fax: +32 10 24 15 60

Email: derny@matriciel.be

ABSTRACT [Arial 8, CAPITALS]

Ce papier décrit un projet de bâtiment tertiaire passif en cours de réalisation à Ottignies-Louvain-la-Neuve pour l'administration communale. L'objet est de confronter les deux évaluations du confort d'été réalisées pour le bâtiment, l'une au moyen de l'outil statique PHPP2007 et l'autre de l'outil dynamique Trnsys16. Les conclusions des deux évaluations montrent des différences importantes en terme de recommandations constructives, l'évaluation PHPP selon les règles établies par le vade-mecum tertiaire 2009 paraissant particulièrement contraignante. Enfin, nous profitons de ce papier pour pointer deux éléments du vade-mecum tertiaire qui nous semblent inadéquatement formulés pour l'évaluation du confort, à savoir le niveau de charges internes recommandé (particulièrement bas) et la référence imprécise à la norme EN15251.

1. DESCRIPTIF DU PROJET

Cette étude concerne un futur bâtiment de l'administration communale d'Ottignies-Louvain-la-Neuve (Figures 1 et 2). Ce bâtiment de 1300 m², dessiné par l'atelier d'architecture Delta, abritera sur 4 niveaux, des bureaux, une salle polyvalente et une cafétéria avec une orientation NO – SE de ses façades principales. La configuration en pente du terrain, les bâtiments voisins élevés, ainsi que les arbres jouent un rôle non négligeable sur l'ensoleillement du bâtiment.



FIGURE 1: PLANS ET ZONAGE THERMIQUE. DE GAUCHE À DROITE ET DE HAUT EN BAS : NIVEAU ENTRÉE BASSE, NIVEAU ENTRÉE HAUTE, ÉTAGE 1, ÉTAGE 2. L'AXE PRINCIPAL DU BÂTIMENT EST SO-NE, LE VOLUME DE CIRCULATION ÉTANT AU SO

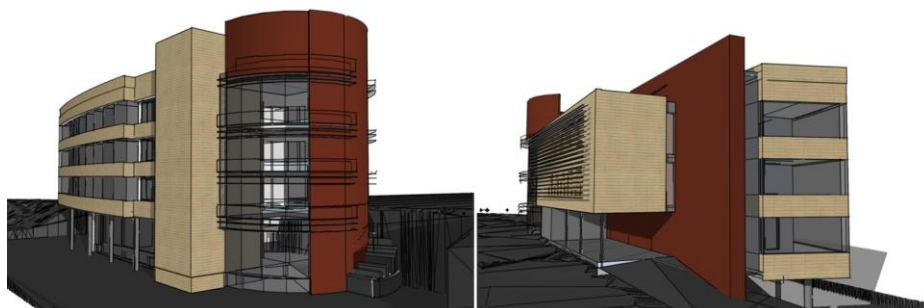


FIGURE 2: VUES DE L'ESQUISSE

Paroi	Performance	Composition
Toiture plate	$U=0.128\text{W/m}^2\text{K}$	Toiture chaude en béton armé – 30cm LM
Dalle sur sol	$U=0.299\text{ W/m}^2\text{K}$	Foamglass 15cm sous dalle béton armé
Dalle vers l'extérieur	$U=0.127\text{ W/m}^2\text{K}$	30cm LM en sous-face
Façade	$U=0.148\text{ W/m}^2\text{K}$	Maçonnerie lourde + enduit sur isolant
Mur contre terre	$U=0.378\text{ W/m}^2\text{K}$	10cm Foamglass sur maçonnerie lourde
Fenêtres	$U_{w,\text{moyen}}=0.9\text{W/m}^2\text{K}$	
Ponts thermiques	$\Psi_{\text{global}}=28.5\text{W/K}$	20 détails évalués au moyen de TRISCO

TABLE I: DONNÉES CONSTRUCTIVES

L'objectif est d'obtenir le label PassivHaus sur base des critères définis dans le vade-mecum tertiaire 2009 [1]. Les mesures constructives retenues sont détaillées dans le tableau I. La valeur K calculée est K17 pour une compacité de 2.3. Le niveau E n'a pas été évalué à ce stade.

Le bâtiment sera chauffé par une chaudière gaz à condensation, tandis que son refroidissement sera assuré par un système de free cooling nocturne. Celui-ci fonctionnera grâce à des ouvertures motorisées en façade et des cheminées d'extraction naturelle intégrées dans un « mur technique », élément majeur du projet architectural.

L'encodage du bâtiment dans le logiciel PHPP2007 [2] conformément au vade-mecum tertiaire 2009, avec l'ensemble de ses ponts thermiques (plus de 20 détails étudiés au moyen du logiciel TRISCO), conduit à une évaluation du besoin de chauffage et de refroidissement du bâtiment de, respectivement, 14,3 et 4 kWh/m²an, ce qui respecte les critères de labellisation.

	Réalité du projet – valeurs lissées	Occupation théorique selon standards de calcul – valeurs lissées	Vade-Mecum tertiaire 2009
Occupation	Moyenne faible : 44m ² /pers. sans tenir compte de visiteurs. 75% de présence. 55h/semaine. Total : 0.4W/m ²	20m ² /personne, 42h/semaine. valeurs suggérées par [2]. 75% de présence. Total : 0.7W/m ²	-
Équipements	100W/travailleur. 55h/semaine Total : 0.9W/m ² .	Même proportion. Total : 1.2W/m ²	-
Eclairage	10W/m ² dans les bureaux, 6W/m ² ailleurs. 55h/semaine. Réduction de 40% par dimming dans bureaux. Total : 2.7W/m ²	Idem. Total : 2.7W/m ²	-
Total	4W/m ² net	4.6W/m ² net	4W/m ² net

TABLE II: CHARGES INTERNES

2. SURCHAUFFE ESTIVALE – EVALUATION STATIQUE PHPP

Niveau de charges internes

Dans un premier stade de conception, le risque de surchauffe dans le bâtiment a été évalué par PHPP 2007, avec des apports internes de 4 W/m² (valeur lissée dans le temps et entre locaux) [1]. Cette valeur est basse et ne peut être atteinte que par un taux d'occupation particulièrement bas des locaux. En outre, elle néglige les phénomènes spécifiques liés à l'accumulation de charges importantes sur une courte période de temps. Le vade-mecum tertiaire 2009 justifie cette valeur par une référence au tableau

G.12 de la norme ISO13790. Or, il est précisé dans ce tableau qu'il s'agit d'une valeur instantanée de gains métaboliques [3]. Elle n'est donc pas représentative de la réalité des charges lissées d'un bâtiment de bureaux.

Critère de confort statique

Le manuel d'utilisation du logiciel PHPP précise un critère de confort estival sur base d'une fréquence de surchauffe évaluée par PHPP : « Pour des bâtiments administratifs (...) on veillera à atteindre une fréquence de surchauffe nettement en-dessous de 10% » [3]. Par ailleurs, le vade-mecum tertiaire 2009 propose une valeur $\theta_{>25}$ de maximum 5%.

Cette méthode de calcul du risque de surchauffe étant développée et validée pour le logement [4], elle ne s'applique normalement pas aux immeubles de bureaux, de l'aveu même des concepteurs : « La feuille de calcul refroidissement a été développée pour une application au niveau des maisons d'habitation passives. Pour des affectations divergentes (...) nous ne disposons d'aucune expérience pratique. » [3]. Son utilisation pour des locaux tertiaires est donc a priori risquée car elle peut mener soit à des investissements inconsidérés, soit à des dérives de consommation d'énergie, soit à des inconforts importants en mi-saison et en été. En outre, la généralisation des outils et critères « logement » aux bureaux pourrait éloigner les projets de l'optimum économique recherché par la démarche PassveHaus.

Conclusions de l'étude PHPP

L'évaluation réalisée montre qu'un « pourcentage de surchauffe » inférieur à 10% ne peut être obtenu sans différentes mesures :

- la mise en place d'une ventilation nocturne et diurne traversante par les fenêtres (évaluées respectivement par la feuille « ventilation estivale » de PHPP à $0.08 \text{ volume}/(\text{heure} \cdot 1 \text{ kelvin})$ et $0.16 \text{ volume}/(\text{heure} \cdot 4 \text{ kelvin})$), en complément à la ventilation mécanique hygiénique.
- le bypass du récupérateur chaleur sur la ventilation mécanique ;
- un puits provençal d'un rendement théorique de 12% (optimisation par le logiciel GAEA - valeur basse liée à des contraintes géométriques) ;
- Outre les protections solaires fixes dessinées (lames horizontales en façade sud-est modélisées comme un auvent de profondeur égale à 3 fois la hauteur de la fenêtre), des protections solaires extérieures mobiles sont nécessaires au sud-est et au nord-ouest. Elles doivent permettre d'atteindre un facteur g (vitrage+ screen) de 0.4 pour les fenêtres équipées de

protections fixes et de 0.2 pour les autres. Notons que les ombres portées par l'environnement n'ont pas été prises en compte, faute d'un modèle de calcul souple dans PHPP.

3. SURCHAUFFE ESTIVALE – EVALUATION DYNAMIQUE

Critère de confort pour la labellisation passive

La récente (version mai 2009) méthode d'évaluation des bâtiments passifs tertiaires demande une vérification du niveau de confort par simulation dynamique. L'exigence à respecter est la suivante : « le niveau de confort à respecter doit suivre la NBN 15251 et doit prendre en considération la règle suivante : le nombre d'heures au-delà de 25°C ne peut dépasser 5% du temps de travail » [1]. Cette formulation laisse sous-entendre que la limite de 25°C et le dépassement de 5% sont issus de la NBN EN 15251 (2007) [5]. Or, cette norme se contente d'indiquer 25.5°C comme température opérative de dimensionnement dans des bureaux climatisés de classe de confort I. Le dépassement de 5% du temps n'est indiqué que comme exemple d'expression de recommandation. L'origine de la formulation du vade-mecum est plutôt à trouver dans une évolution du standard « TO-criterium » néerlandais des années 70, (100heures d'occupation au-dessus de 25.5°C.)

Selon nous, il est regrettable que le critère de labellisation Passivehaus ne se base pas plus explicitement sur l'annexe A de la NBN EN 15251 (2007) qui définit pour les locaux climatisés des classes de confort sur base de l'indicateur PMV (predicted mean vote) et pour les locaux non climatisés, des plages de confort sur base d'une relation entre température intérieure opérative et historique des conditions extérieures. Notamment, la classe II est supposée représentative d'exigences normalement attendues dans un bâtiment neuf. Une étude indique que la classe II offre en pratique, pour une population moyenne, une satisfaction équivalente à la classe I [6]. L'identification de ces classes de confort est aisée via l'utilisation d'outils de calcul dynamiques multizones.

Modélisation dynamique – hypothèses

Le bâtiment a été évalué au moyen du logiciel TRNsys 16 [3] suivant un modèle comprenant 16 zones et un pas de temps de 15 minutes, sur base d'un fichier météo « Météonorm-Uccle » et de l'été caniculaire de 1976. Les autres hypothèses étaient calquées sur l'encodage PHPP, sauf les suivantes :

- un profil d'occupation des différentes zones a été établi, différent pour chaque zone. A titre d'exemple, les charges internes modélisées pour

la zone 8 (bureaux nord-ouest.) sont reprises en figure 3. Elles intègrent une densité d'occupation de 8m²/personne. Ce profil équivaut à une charge moyenne journalière lissée de 7.4W/m²brut et hebdomadaire de 5.9W/m²brut. Une évaluation du potentiel de dimming réalisée au moyen du logiciel Daysim est intégrée ;

- les ouvertures automatiques de free cooling sont aussi opérationnelles en journée, avec un débit de 1.5 vol/h, lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure de la zone et que cette dernière dépasse 23,5°C et une interruption si la température intérieure redescend sous 22°C ;
- la ventilation nocturne est, elle, activée si la température de la zone dépasse 23,5°C et s'arrête si la température redescend sous 22°C. Les renouvellements d'air varient entre 2 et 4 vol/h en fonction des conditions de température ;
- l'ombrage des bâtiments et de la végétation voisins ou encore des débords du bâtiment lui-même est considéré. Aucune autre protection solaire n'est modélisée, ni les brise-soleil pourtant dessinés par le bureau d'architecture, ni les compléments d'ombrage présentés comme nécessaires suite à l'étude PHPP ;
- le puits provençal n'a pas été modélisé.

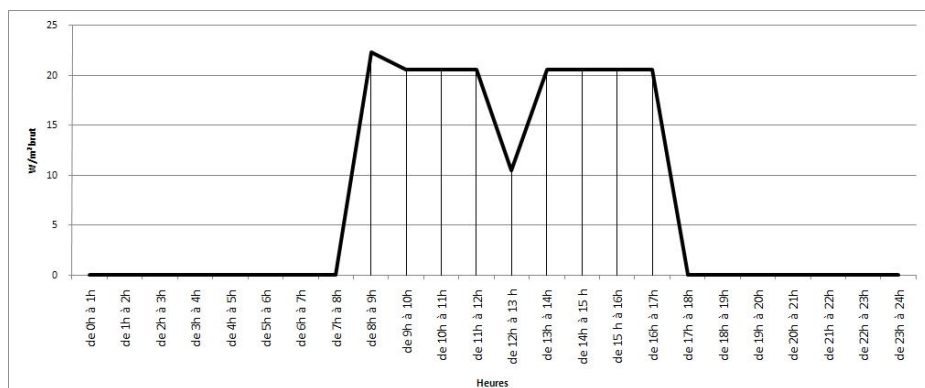


FIGURE 3: PROFIL DE CHARGES INTERNES CUMULÉES (BUREAUTIQUE, ÉCLAIRAGE ET MÉTABOLISMES) CONSIDÉRÉ POUR LA ZONE THERMIQUE 8

Modélisation dynamique – résultats pour une année moyenne

Les résultats de la simulation sont repris au tableau III (pour un fichier météo moyen). Ils montrent que le critère de la labellisation est respecté dans une

configuration sans brise-soleil, ni puits provençal, équipements envisagés lors de la pré-étude statique PHPP 2007.

zone	Description	Avec ombres portées par l'environnement distant		Sans ombres portées par l'environnement distant	
		% temps à T°amb.>25°C	% temps à T°opér.>25°C	% temps à T°amb.>25°C	% temps à T°opér.>25°C
2	Cafétéria NO niv0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
6	Bureaux service stationnement	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7	Salle polyvalente NO niv1	2.4%	0.6%	3.2%	1.9%
8	Bureaux NO niv2	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%
9	Salle de réunion SE niv2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10	Bureau NE niv2	1.1%	0.7%	1.5%	1.1%
12	Bureau service des étrangers et démographie NO niv3	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%
13	Salle de réunion et consultation urbanisme NO niv3	0.2%	0.1%	0.3%	0.1%
14	Bureaux d'urbanisme NE niv3	0.4%	0.3%	0.7%	0.6%

TABLE III: EVALUATION DU POURCENTAGE D'HEURES D'OCCUPATION PENDANT LESQUELLES LA TEMPÉRATURE INTÉRIEURE DÉPASSE 25°C (EN TEMPÉRATURE AMBIANTE ET EN TEMPÉRATURE OPERATIVE). TABLEAU CONSTRUIT SUR BASE DES HEURES D'OUVREMENT DU BÂTIMENT : 2548 HEURES/AN.

Pour une analyse plus stricte du niveau de confort, la norme NBN EN 15251 [5] définit 4 classes de confort (tableau III) par rapport auxquelles on peut situer le projet. Pour des bâtiments permettant une forte interaction entre l'occupant et l'ambiance thermique, typiquement les bureaux non climatisés basés sur un principe de free cooling avec gestion au moins partiellement manuelle, l'annexe A de cette norme propose l'évaluation de la classe de confort sur base d'une relation entre une image de la température extérieure (température de référence) et de la température intérieure ressentie (moyenne ambiance – parois). Cette méthode a l'avantage de tenir compte des capacités d'adaptation comportementale, physiologique et psychologique des personnes [6]. On constate que les locaux occupés représentés dans la figure 4 et le tableau II sont entre 90% et 100% de l'année en classes de confort I ou II.

Classe de confort	Description
I	Niveau élevé attendu qui est recommandé pour les espaces occupés par des personnes très sensibles et fragiles avec des exigences spécifiques comme des personnes handicapées, malades, de très jeunes enfants et des personnes âgées.
II	Niveau normal attendu qu'il convient d'utiliser pour les bâtiments neufs et les rénovations.
III	Niveau modéré acceptable attendu qui peut être utilisé dans les bâtiments existants

TABLE IV: CLASSES DE CONFORT SELON LA NORME NBN EN 15251

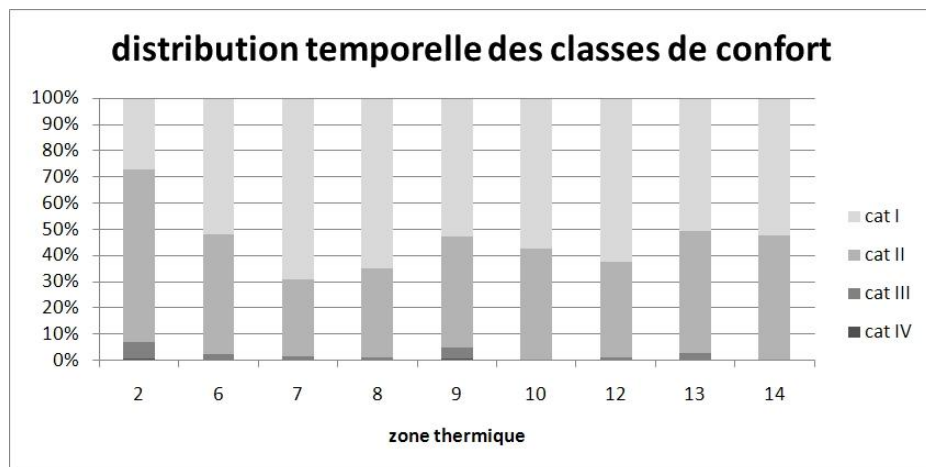


FIGURE 4: EVALUATION DU CONFORT EN FONCTION DE LA NORME NBN EN15251 POUR LES DIFFÉRENTES ZONES DU BÂTIMENT (UN POINT = UNE HEURE DE L'ANNÉE). ZOOM SUR UN ÉTÉ MOYEN.

Modélisation dynamique – résultats pour une canicule

Lors d'une canicule, la température des bureaux et salles de réunion reste inférieure de 5 à 6°C à la température extérieure qui, elle, varie entre 32 et 35°C (figure 5) et les locaux respectent quasi en permanence les limites supérieures des classes de confort 1 ou 2 (figure 6). Les points identifiés comme « trop froids » et relevant de la catégorie 3 ou 4 correspondent à des périodes de surrefroidissement matinal, qui nécessiteraient idéalement une adaptation de la gestion du free cooling.

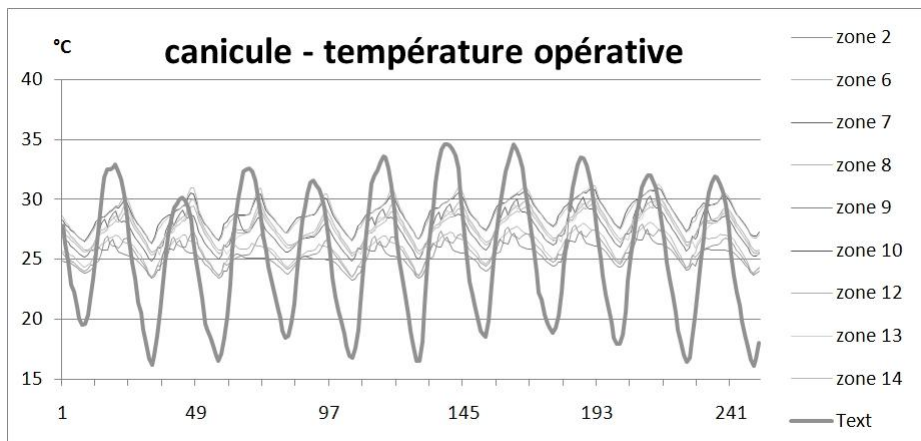


FIGURE 5 : TEMPÉRATURE AMBIANTE DES LOCAUX POUR UNE TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE CANICULAIRE

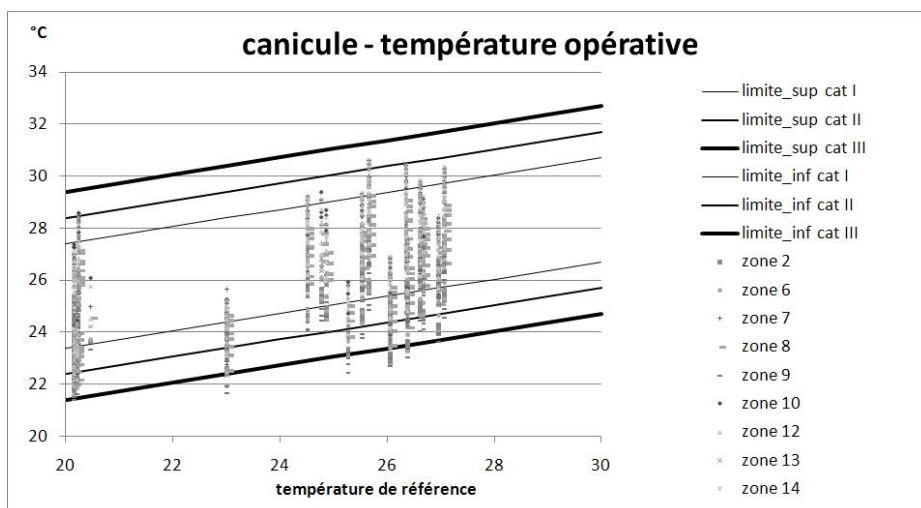


FIGURE 6 : EVALUATION DU CONFORT EN FONCTION DE LA NORME NBN EN15251 POUR LES DIFFÉRENTES ZONES DU BÂTIMENT (UN POINT = UNE HEURE DE L'ANNÉE). ZOOM SUR UN ÉTÉ CANICULAIRE

4. CONCLUSIONS

De ce cas d'étude, il ressort différents points :

Premièrement, le niveau de charges internes de 4W/m^2 proposé pour l'étude statique PHPP est relativement faible. Outre une sobriété des équipements de bureautique et une grande qualité de conception de l'éclairage artificiel, il n'est

représentatif de la réalité que si la densité d'occupation est faible. Or, il nous semble que le confort d'été ne peut être évalué avec des hypothèses de charges internes non représentatives de l'usage qui sera effectivement fait des locaux. Nous estimons pertinent de remettre en question le choix de cette valeur de 4W/m^2 . En conservant la référence au tableau G12 de la norme ISO13790, une valeur de 1W/m^2 pour les charges liées à la présence et 9.1W/m^2 liées à la consommation électrique pourraient être considérée. Sans aller aussi loin, il nous semble que des valeurs intermédiaires, de l'ordre de 5W/m^2 seraient plus réalistes. Au minimum, il nous semble qu'une évaluation des charges internes réaliste doit être réalisée pour chaque projet afin de situer la réalité du projet par rapport à cette valeur.

Deuxièmement, vu les capacités d'interprétation offertes par les outils dynamiques et l'existence de l'annexe A de la norme EN 15251, il est possible de reformuler les critères de confort de façon à mieux correspondre aux développements actuels et à la réalité du sentiment de confort (notamment via la distinction entre locaux climatisés et non-climatisés).

Troisièmement, ce cas d'étude suggère que l'évaluation PHPP2007 de l'inconfort dans des bureaux mène à des investissements remis en doute par l'évaluation dynamique. Ceci peut venir d'une inadéquation de ce modèle de calcul pour l'évaluation du confort d'été des locaux tertiaires (subissant une variation de charges internes plus importante que les logements), de consignes d'encodage inadéquates ou d'un niveau de performance (% de surchauffe) demandé inadéquat. Nous ne recommandons cependant pas l'abandon de PHPP2007 pour ces évaluations, d'une part parce que le constat posé ici doit être confirmé par d'autres retours d'expérience, et d'autre part parce qu'il reste pertinent de disposer tôt dans l'avant projet d'un outil simple d'évaluation du confort. Or, vu la difficulté pour un bureau d'architecture d'intégrer des compétences en simulation dynamique, un outil de calcul statique reste pertinent. Nous recommandons plutôt la réalisation d'un travail de collecte de confrontations telles que celle menée ici pour affiner les consignes d'encodage et l'expression d'exigences indicatives de confort par calcul statique.

REFERENCES

[1] Plateforme Maison Passive asbl. (2009) Vade-Mecum PHPP 2007 (tertiaire) Version Juin 2009.

- [2] NBN EN ISO 13790 (2008). Performance énergétique des bâtiments - Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des locaux
- [3] Passivhaus Institut (2004). PHPP 2004. Information PHI-2004/1
- [4] Passivhaus Institut (1999) Passivhaus-Sommerfall. Protokollband nr.15
- [5] NBN EN 15251 (2007). Critères pour l'environnement intérieur et évaluation des performances énergétiques des bâtiments couvrant la qualité d'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique
- [6] E.Arens et al. (2010). Are 'class A' temperature requirements realistic or desirable?. In Building and Environment 45 4-10