

Etude pour quantifier la part des apports internes dans bâtiment tertiaire BBC. Application au bâtiment de PREDIS

Hervé Chenailler, Frédéric Wurtz, Stéphane Ploix, Florence Joussellin, André Bontemps

▶ **To cite this version:**

Hervé Chenailler, Frédéric Wurtz, Stéphane Ploix, Florence Joussellin, André Bontemps. Etude pour quantifier la part des apports internes dans bâtiment tertiaire BBC. Application au bâtiment de PREDIS. IBPSA, Nov 2010, Moret-sur-Loing, France. hal-00540345

HAL Id: hal-00540345
https://hal.science/hal-00540345

Submitted on 26 Nov 2010

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.

Etude pour quantifier la part des apports internes dans bâtiment tertiaire BBC. Application au bâtiment de PREDIS

Hervé CHENAILLER[1], Frédéric WURTZ[1], Stéphane PLOIX[2], Florence JOUSSELLIN[3], André BONTEMPS[3]

[1] *G2Elab, ENSE3 Bat. D. 961, rue de la Houille Blanche BP 46 38402 Saint-Martin-d'Hères*

herve.chenailler@g2elab.grenoble-inp.fr

[2] *GSCOP 46, avenue Félix Viallet 38031 Grenoble Cedex 1*

[3] *LEGI 1023, rue de la piscine 38400 Saint-Martin-d'Hères*

RESUME. *La conception de bâtiments a longtemps été réduite à la conception de leurs enveloppes, reléguant ainsi la représentation des usages à des courbes d'apports internes gratuits. Or, la recherche de meilleures performances en termes d'efficacité énergétique, qui se traduit par le rapport entre les besoins en énergie non gratuite sur le confort pour les occupants, pose le problème de conception en des termes nouveaux. Il s'agit dès lors de vérifier que l'énergie consommée correspond bien à un besoin de confort et ce même pour le confort thermique, ce qui tend à rendre la consommation totalement dépendante des usages.*
Ce travail s'appuie sur l'expérience de la plateforme Monitoring et Habitat Intelligent PREDIS pour mettre en évidence le rôle prépondérant des usages dans les bâtiments basse consommation énergétique **.**

MOTS-CLÉS : Apports interne, usage, gestion énergétique

ABSTRACT.. Building conception has been, since long time, limited to building envelope conception, reducing the use aspect to internal gain curves. Studying better performances on energy efficiency, defined as the ratio between "no-free" energy needs and occupant's comfort, re fit the conception methodology with new paradigms. It must be confirmed that consumed energy deal with comfort needs and especially thermal comfort which link totally energy consumption and use. This work rest on the Monitoring and Tertiary Habitat Platform PREDIS in order to highlight the preponderant role of use in passive house.

KEYWORDS :.Internal gain, Use, energy management

1. INTRODUCTION

Dans le contexte du réchauffement climatique, les bâtiments basse consommation énergétique deviendront la norme pour la conception de bâtiment neuf selon la RT2012. Ces bâtiments sont conçus de manière à la fois à réduire les déperditions thermiques et également à profiter au maximum des apports internes liés à l'usage afin de réduire la facture énergétique. Dans de tels bâtiments, on s'attend à ce que la consommation énergétique des équipements électriques soit du même ordre que le poste de chauffage du bâtiment. (Quenard *et al*, 2009) Il est donc nécessaire d'intégrer la dimension usager et son comportement énergétique à la conception et l'exploitation du bâtiment.

De nombreux travaux portent, dans le domaine résidentiel, sur la modélisation (Van Raaij *et al*, 1983) et la compréhension (Seryak *.et al*, 2000) de l'usager ainsi que l'impact énergétique de son activité (Page, 2007) (Jenkins *et al*. 2007) (Masoso, 2010). L'objectif est d'implémenter le modèle de l'usager dans des stratégies de contrôle commande permettant de gérer de façon optimale l'énergie dans les bâtiments basse consommation (Ha, 2007). Nous étudierons ici quel est l'impact énergétique

des apports internes liés à l'usage (apports thermique des occupants et des équipements électriques) que nous validerons au travers de notre plateforme expérimentale de type tertiaire.

2. PRESENTATION DE LA PLATEFORME MAISON HABITAT INTELLIGENT (MHI) PREDIS

Le centre PREDIS est un ensemble de plateformes de recherche et de formation qui réunissent acteurs industriels et universitaires autour de travaux portant sur le génie électrique et la gestion énergétique.

Parmi ces plateformes se trouve la plateforme MHI. Cette plateforme a pour vocation d'étudier l'usage de l'énergie, en particulier électrique, dans un bâtiment de type tertiaire.

2.1. DESCRIPTION ARCHITECTURALE



Figure 1 : Vue face intérieur du bâtiment rénové et shed

Le bâtiment dans lequel est intégrée la plateforme MHI a la particularité d'être un bâtiment où il a été choisi de garder la façade Sud du bâtiment ainsi que l'enveloppe externe du bâtiment existant et de construire à l'intérieur de celui-ci un bâtiment rénové avec des matériaux permettant une isolation thermique performante. Cela permet de réduire l'impact de la température extérieure et du flux solaire externe. Un tel choix se justifie par le fait que le but des travaux de recherche se concentre principalement sur l'étude de la consommation électrique et sur la gestion des flux énergétiques associée.



Figure 2 : Vue face Sud du bâtiment en contact avec l'extérieur

Ce bâtiment est composé de 2 étages :

- Au rez de chaussée se trouve une partie du laboratoire G2ELab composée d'une salle de manipulation, d'une plateforme informatique, une zone d'expérimentation d'électronique de puissance ainsi que 2 bureaux

-Au 1er étage est l'espace étudié, composée d'une Salle Informatique Libre service, d'un Espace Bureaux et de deux locaux techniques

2.1.1. Composition des parois

Ce projet étant une rénovation de bâtiment, un certain nombre d'éléments du bâtiment existant ont été conservé (mur béton, composition de la façade sud externe etc.) et intégré dans le projet actuel. Pour les nouveaux murs construits, des murs à ossature bois avec comme isolant 14 cm de ouate de cellulose ont été retenu.

2.2. SYSTEME DE CHAUFFAGE

Le rez de chaussée dispose d'un chauffage central relié au réseau d'eau industriel du site du G2ELab. Pour la partie qui nous intéresse, une VMC double flux est installé permettant ainsi le chauffage au moyen d'une batterie chaude raccordée sur le réseau d'eau chaude industriel et par récupération de chaleur par temps froid. Le bâtiment ne dispose pas de climatisation mais simplement un système de freecooling a été retenu pour les périodes d'été.

2.3. INSTRUMENTATION

La plateforme dispose de 2 ensemble d'instrumentation : la GTC (Gestion technique centralisée) livrée avec le bâtiment, et de l'instrumentation expérimentale sans fil que nous avons installé en plus.

2.3.1. Gestion technique centralisée (GTC)

Cette GTC mesure et contrôle différentes températures et des débits d'air dans le bâtiment. Elle comporte des régulations sur l'ouverture des stores et sur l'éclairage. Les zones concernées par ce monitoring énergétique sont les 2 bureaux du rez de chaussée, la salle informatique et l'espace bureaux du 1er étage (sur lesquels nous nous focaliserons)

2.3.2. Instrumentation expérimentale

Afin de pouvoir avoir des modèles plus fins à la fois des pièces étudiées et des consommations électriques des différents appareils, nous avons rajouté des capteurs de températures et des consommètres d'énergie électrique à chaque prise électrique.

Le bâtiment rénové nous a été livré et est en fonctionnement depuis le 1er septembre 2009, date à partir de laquelle nous avons commencé les différentes mesures. La plateforme du 1er étage est habitée depuis le 25 avril 2010

3. HYPOTHESES DU MODELE THERMIQUE ET DE LA FORME DES APPORTS INTERNES - VALIDATION SUR LA PLATEFORME

Dans la réalisation du projet, une simulation énergétique du bâtiment sous COMFIE Pléiades (Peuportier, 1990) avait été réalisé par le bureau d'étude CET afin de dimensionner les différents éléments du bâtiment rénové (système de ventilation etc.…) et d'établir un cahier des charges pour les différentes phases du projet. Cette modélisation du bâtiment a été reprise et affinée afin de pouvoir par la suite mener des études énergétiques plus poussées et, avec nos mesures, valider ce modèle.

3.1. HYPOTHESES DE MODELISATION

Lors de la modélisation d'un système complexe comme celui de la plateforme MHI, il est nécessaire d'idéaliser la réalité compte tenu des limites de la connaissance du système réel et des limites du logiciel de simulation.

3.1.1. Hypothèses architecturales

La spécificité de l'implantation du bâtiment nous a obligé à modéliser le contact de murs intérieurs (murs 1 à 3) avec le shed par un contact mitoyen identique et modélisant le shed par une zone sans chauffage. Ce shed étant sur plusieurs hauteurs (allant du R+1 au R+3) et le logiciel COMFIE modélisant mal l'absence de plancher entre étages, un plancher très fin a été choisi.

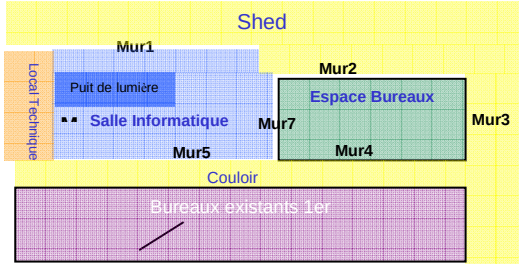


Figure 3 : Modèle des zones Thermiques du 1er étage

La même technique a été employée pour modéliser le puits de lumière de la Salle Informatique. D'autre part, notre plateforme MHI étant à l'intérieur d'un autre bâtiment, nous avons modélisé ses fenêtres par des portes ayant le même coefficient U (car COMFIE n'accepte pas de fenêtres internes)

3.1.2. Environnement climatique

Dans l'optique de travailler avec le modèle à partir de données réelles, nous avons créé notre propre fichier météo en y indiquant la température extérieure mesurée sur notre site et en prenant l'irradiation de Chambéry parmi les archives car nous ne disposons pas de telles mesures sur site à l'heure actuelle.

3.1.3. Hypothèses de scénarios

La modélisation sous COMFIE nécessite de définir un certain nombre de scénario de chauffage, climatisation, ventilation, occupation et puissance dissipée (ce scénario correspond à l'énergie thermique dégagé par les équipements électriques. On supposera ici que 1W électrique consommé = 1 W thermique dissipé)

Les différentes valeurs sont synthétisées dans le tableau ci-dessous pour chaque zone définie habitée dans COMFIE. A noter que les consignes relatives à la plateforme MHI ainsi que les scénarios sont définis à partir de la configuration du moi de Mai, date à partir de laquelle la plateforme MHI était occupée et les scénarios d'occupation ont été extrapolés pour le reste de l'année (Tableau 1).

Etage	Zones thermiques	Périodes d'activité des scénarios	Chauffage /Climatisation	Ventilation	Occupants	Puissance dissipée
RDC	Bureau A et B	8h à 19h Pause entre 12h et 13h	Inoccupation : 17°C Occupation : 20°C	0.43 Vol/h	2 par bureau	2 PC fixe :-activité : 100W -veille : 5W Eclairage: 42 W
RDC	Zone PC	8h à 19h Pause entre 12h et 13h	Inoccupation : 17°C Occupation : 20°C Climatisation : 29°C	0.6 Vol/h	6	8 PC fixe :-activité : 100W -veille : 5W Eclairage: 168 W
RDC	Zone Manip	8h à 19h Pause entre 12h et 13h	Inoccupation : 17°C Occupation : 20°C Climatisation : 29°C	0.55 Vol/h	6	Machine EP : 4 kW (fonctionnement court non prévisible) Eclairage : 900W
R+1	Espace Bureau	8h à 19h Pause entre 12h et 13h	Double flux coefficient d'échange 0,8	0.65 Vol/h	6	7 PC fixe :-activité : 100W -veille : 5W Eclairage (graduable en fonction luminosité naturelle) : 192 W
R+1	Salle Informatique	8h à 19h Pause entre 12h et 13h	Double flux coefficient d'échange 0,8	1.2 Vol/h		15 PC portable :-activité : 30W 1PC + imprimante : 250W Eclairage (graduable) 290 W

Tableau 1 : Scénarios de simulation des zones thermiques habitées

3.2. VALIDATION EXPERIMENTALE DU MODELE THERMIQUE UTILISE POUR LA QUANTIFICATION DES APPORTS INTERNES

Afin de pouvoir valider notre modèle COMFIE, et valider par là même les performances énergétiques annoncées, nous avons comparé les températures en Salle Informatique et Espace Bureaux mesurées par la GTC et les températures simulées par COMFIE.

Nous apercevons que dans l'allure générale de simulation (figure 4) (de Septembre à Mai) la tendance est bonne (avec un écart moyen de 2°C). On remarque une période hivernale durant laquelle la simulation s'écarte des mesures. Cela est dû au fait que, la plateforme MHI n'ayant pas été occupée à cette période, la VMC a été coupée. A noter que les creux de températures correspondent à des trous dans la mesure de température due à une panne du système de supervision des données

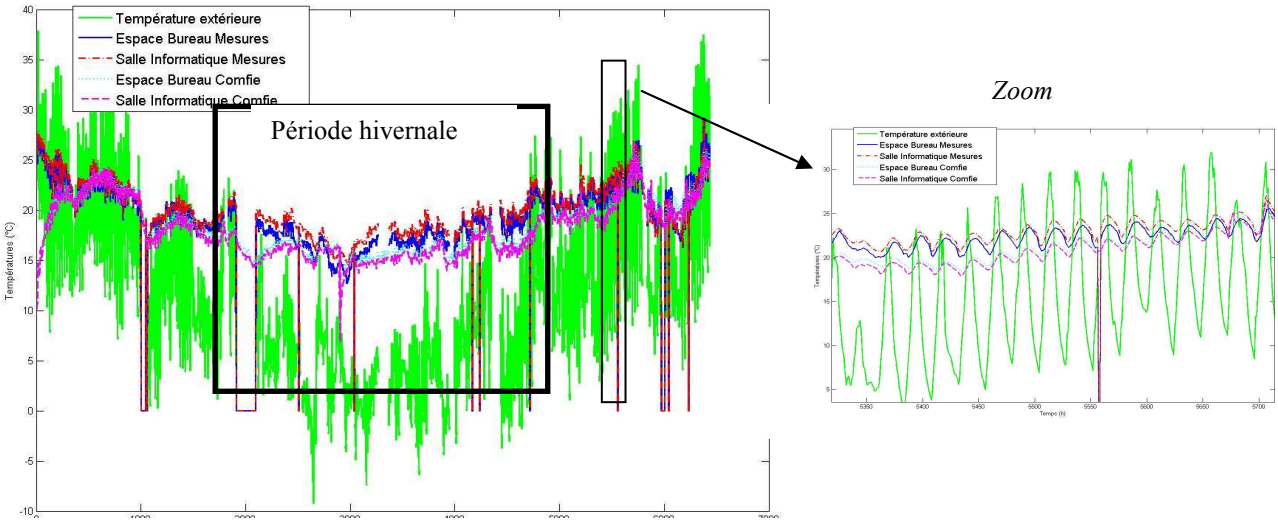


Figure 4 : comparaison de l'évolution des températures des zones Salle Informatique et Espace Bureau entre le modèle et les données mesurées entre le 1er Septembre 2009 et le 27 mai 2010

Cet écart peut être considéré comme globalement bon au vu des nombreux aléas qui peuvent parasités les mesures ou au vu des approximations du modèle (calibrage des sondes de températures, hypothèses de modélisation, dysfonctionnement de la ventilation…)

Nous avons mené une étude plus approfondie pour 3 jours en particulier où l'on a pu mesurer le nombre d'occupants exact ainsi que relever la consommation électrique par poste. Pour ces journées là, on a donc redéfini un scénario plus proche de la réalité et implémenté dans COMFIE pour une nouvelle simulation où les différents scénarios sont :

-Ventilation en mode manuel avec comme consignes : Salle Informatique 600m^3/h et Espace Bureau 220m^3/h

- Occupation : 26 élèves utilisant de 13h30 à 17h30 la Salle Informatique et 5 personnes toute la journée avec pauses dans l'Espace Bureaux

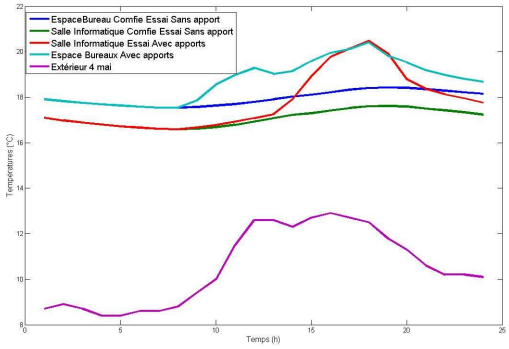


Figure 5 : Evolution des températures des zones entre essais Avec et Sans apports

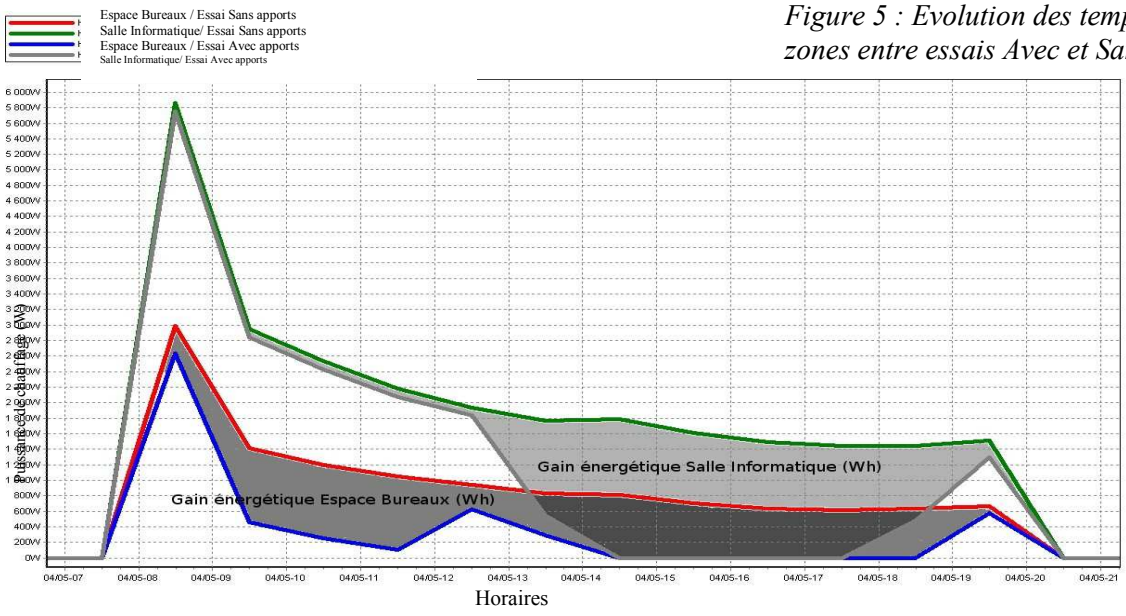


Figure 6 : Evolution puissances de chauffage des zones entre essais Avec et Sans apports internes le 4 mai 2010

Ainsi, on a pu constater que sur cette période, on visualisait nettement le pic de température (approximativement 3°C par rapport à la simulation sans apports (fig 5.)) correspondant à l'entrée de et l'utilisation de la Salle Informatique des 26 élèves. Le modèle COMFIE que l'on a essayé de fitter sur la réalité, permet de quantifier le gain énergétique des usages par rapport à un scénario sans apports. Afin d'étudier le gain énergétique que l'on obtient, on a mis une consigne de 21°C au moment de l'usage. En calculant l'aire entre les simulations de commande de chauffage Avec et Sans apports (fig. 6), on obtient le gain énergétique des apports internes. Pour la Salle Informatique, on a un gain énergétique moyen pour la journée autour de 18 Wh/m² et de 10Wh/m² pour l'Espace Bureau.

Si on prend comme hypothèses qu'un élève produit 80W de chaleur thermique et que, pour les appareils électriques, 1W thermique = 1W électrique, nous pouvions nous attendre en Salle Informatique à une énergie surfacique de (26*80+400)*1h/109m² =22Wh/m² et pour l'Espace Bureau, on a (5*80+5*110)*1h/76m²=12Wh/m². Ces résultats confirment globalement la simulation effectuée.

4. QUANTIFICATION ENERGETIQUE DES APPORTS INTERNES GRACE AU MODELE PROPOSE ET MISE EN EVIDENCE DE LEUR IMPORTANCE SUR LE BILAN ANNUEL

Afin de pouvoir étudier quelle est la part de contribution énergétique des apports internes (occupants, puissance dissipée par les équipements électriques et solaire (qui sera négligé car faible dans notre cas)) sur une plus longue période que précédemment, il est nécessaire de faire pour cela 5 simulations distinctes (Izard, 2006). Ces 5 simulations correspondent à un plan d'expérience où l'on appliquera le théorème de superposition. La méthode consiste à faire une simulation indépendante de chaque apport interne et d'étudier leur contribution par rapport à quand elles sont ensemble (c'est-à-dire simulation complète). Un tel découplage des apports ne peut être fait que par simulation, ne pouvant, par exemple, ne pas se soustraire à l'apport solaire en réalité

Les différentes simulations s'effectuent avec certains scénarios actifs comme précisé dans le Tableau 3

Simulation/ Scénarios activés pour la simulation	Consigne de chauffage	Apports Solaires	Apports Occupants	Apports Equipements électriques
Simulation Sans apports (SSA)	**X**			
Simulation Apports solaires (SAS)	**X**	**X**		
Simulation Apports Occupants (SAO)	**X**		**X**	
Simulation Apport Electrique (SAE)	**X**			**X**
Simulation Tout Apports (STA)	**X**	**X**	**X**	**X**

Tableau 3 : Procédure de simulation en fonction des scénarios de fonctionnement COMFIE

Soit $BSSA_i$, $BSTA_i$, $BSAS_i$, $BSAO_i$ et $BSAE_i$ les besoins de chauffages de la zone thermique i associés respectivement à chacun des essais précédents. Afin de pouvoir calculer ces besoins de chauffage, on mettra la consigne à une température de confort de 20 °C durant les périodes d'activités

La part maximale de chaque apport interne se calcule à partir de la contribution de chaque apport L'équation s'écrit donc :

$$\text{Apport SolaireMax}_i = (BSSA_i - BSAS_i)/((BSSA_i - BSAS_i) + (BSSA_i - BSAE_i) + (BSSA_i - BSAO_i)) * (BSSA_i - BSTA_i)$$

$$\text{Apport ElectriqueMax}_i = (BSSA_i - BSAE_i)/((BSSA_i - BSAS_i) + (BSSA_i - BSAE_i) + (BSSA_i - BSAO_i)) * (BSSA_i - BSTA_i)$$

$$\text{Apport OccupantMax}_i = (BSSA_i - BSAO_i)/((BSSA_i - BSAS_i) + (BSSA_i - BSAE_i) + (BSSA_i - BSAO_i)) * (BSSA_i - BSTA_i)$$

Ce calcul est valable pour les périodes de chauffe. Pour les périodes de climatisation, il suffit d'inverser les tests STA et SSA dans la formule ci-dessus en simulant avec une consigne de température de climatisation.

Ainsi, pour la salle Informatique on obtient les apports thermiques dissipés suivants

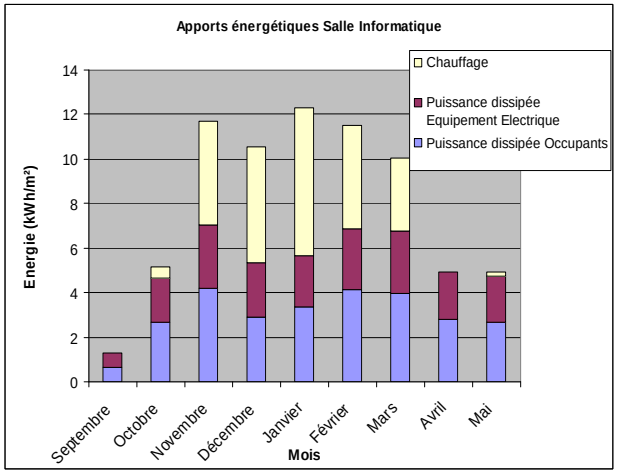


Figure 7 : Apports énergétiques des différentes sources thermiques

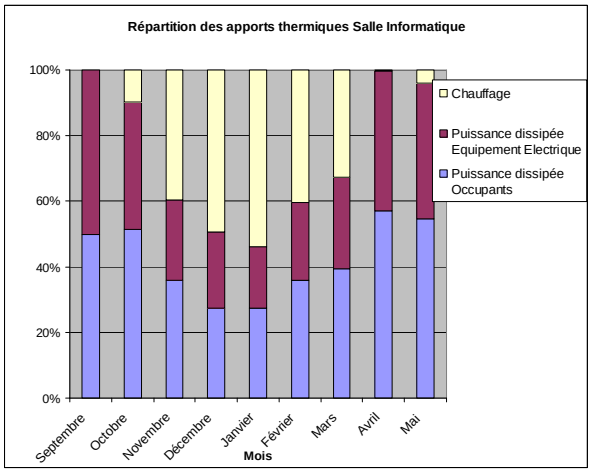


Figure 8 : Répartition énergétique des différentes sources thermiques

Sur la figure 7, les apports énergétiques de chaque source thermique sont représentés. Pour chaque mois, on calcule ensuite sa contribution à l'apport total de chauffage. Cette contribution en pourcentage est représentée sur la figure 8. Ainsi, on peut voir que les apports internes contribuent à plus de 50% au cours de l'année et que même de Juin à Septembre (période non mesurée encore) on peut s'attendre à une surchauffe dû à l'importance des apports interne. Notre plateforme n'ayant pas de climatisation, on a pu déjà expérimenter, de façon concrète, cette surchauffe.

5. LES PERSPECTIVES D'UNE NECESSAIRE INTEGRATION DE L'USAGER ET SON COMPORTEMENT ENERGETIQUE DANS LA GESTION ENERGETIQUE DU BATIMENT

Les outils de simulation actuels sont conçus pour du dimensionnement et ne prenne en compte l'usager qu'à travers des modèles grossiers des usagers ne prenant pas en compte le comportement et les réactions de l'usager. En effet, l'efficacité énergétique d'un bâtiment repose avant tout sur la « bonne utilisation » de celui-ci afin d'assurer un confort optimal pour l'usager (confort de température, de service électrique, etc..). La définition du « bon usage » d'un service est délicate mais pourrait correspondre au rapport : satisfaction du service d'un appareil / consommation énergétique de l'appareil. Une telle analyse permettrait de faire ressortir les potentiels d'économies d'énergies les plus importants et voir si l'on peut agir sur le facteur humain ou technologique du service

Afin de parvenir à une meilleure intégration de l'usager, il serait intéressant d'implémenter ces paramètres humains et technologiques dès la conception dans les outils de simulation énergétique par

le développement d'outils de modélisation de l'usager interagissant avec les outils de simulation actuels. Il serait dès lors nécessaire d'avoir un pas de simulation inférieur à l'heure car cela convient mal à l'étude de la gestion énergétique.

6. CONCLUSION

On a pu voir que la part des apports interne était très importante voire prépondérante dans un bâtiment basse consommation comme la plateforme MHI. L'intérêt de cette étude est qu'elle est basée sur une observation réelle de l'usage et de mesures issues d'une plateforme réelle (Plateforme MHI). On a pu cependant distinguer rapidement les limites des outils actuels pour modéliser l'usage dans le bâtiment, raison - d'être d'un bâtiment (celui-ci est conçu pour être habité).

Avec l'émergence des bâtiments basse consommation et à énergie positive, où la gestion énergétique sera le cœur du problème, la réactivité à l'usage sera nécessaire. Cela ne pourra se faire, en conception mais aussi en exploitation, que par un couplage fort entre les modèles du bâtiment (modèle thermique, aéraulique, etc..) et les modèles de l'usager (Wurtz, 2008). Pour cela, l'apport analytique des sciences humaines serait bénéfique pour la compréhension des grands mécanismes de consommation.

7. BIBLIOGRAPHIE

Ha D – L (2007) « Un système avancé de gestion d'énergie dans le bâtiment pour coordonner production et consommation ». Thèse de Doctorat. INPG

Izard J.L. (2006): « L'inertie dans le bâtiment : Principe de superposition » *Présentation Ecole d'architecture Marseille-Luminy*

Jenkins D, Yiu L, Peacoch A.D. (2007), « Climatic and internal factors affecting future UK office heating and cooling energy consumptions» *Energy and Buildings,* vol.40, p. 874-881

Masoso O.T, Grobler L.J. (2010) « The dark side of occupants' behaviour on building energy use» *Energy and Buildings* , vol. 42, n°2, pp. 173-177

Page J. (2007) « Simulating Occupant Presence and Behaviour in Buildings ». Thèse de doctorat. EPFL

Peuportier B, Blanc-Sommereux I., (1990), «Simulation tool with its expert interface for the thermal design of multizone buildings », *Int. J. Solar Energy* vol 8, p. 109–120

Quenard D *et al*. (2009). *« Bâtiments et occupants : Qui consomme quoi, quand et comment ? »* Journées TENERRDIS Solaire-Bâtiments et Gestion des Réseaux

Seryak J., Kissock K. (2000), « Occupancy and behavioral affects on residential energy use », *Proceedings of annual conference on American solar energy society*

Van Raaij W.F., Verhallen T.M.M. (1983), « A behavioral model of residential energy use », *Journal of Economic Psychology*, n°3, p. 39–63.

Wurtz E. (2008) « Projets Dynasimul et Siminthec. Développement d'une plateforme commune de simulation. Modèles thermiques et électriques » *Journées PREBAT*