

FEDER - PROGRAMMATION 2007-2013
PORTEFEUILLE DE PROJETS SIMBA - LOT 1

RAPPORT DE RECHERCHE

COMPILATION DE GAINS INTERNES :
VALEURS GLOBALES ET DÉTAILLÉES

AUTEURS :

SOPHIE OBYN ET GEOFFREY VAN MOESEKE
(UCL/LOCI/ARCHITECTURE ET CLIMAT)

PUBLIÉ LE 13 AVRIL 2015

Ce document rassemble les valeurs de gains internes disponibles dans la littérature, sans prétendre à l'exhaustivité. On y retrouve des valeurs globales par types de programme et des valeurs détaillées selon le type de gains (métabolique, dû à l'éclairage artificiel ou aux équipements). Les auteurs de la présente compilation ne prennent aucune responsabilité quant à la qualité des valeurs ou expression proposées, qui sont proposées sans autre traitement qu'un classement par type et programme. Le lecteur est invité à se référer aux documents sources pour identifier, le cas échéant, l'origine des valeurs.

Préface

Ce document a pour vocation de rassembler et d'organiser les données en matière de gains internes disponibles dans la littérature. Il s'agit d'une compilation de données proposées et validées par ailleurs.

Il a été réalisé dans le cadre du projet de recherche FEDER SIMBA (<http://www.project-simba.eu/>), financé par la Région Wallonne et l'Union Européenne (<http://europe.wallonie.be/>).

En règle générale, nous pouvons définir les gains internes de chaleur dans un bâtiment comme les sommes des gains de chaleurs liés à la présence des occupants, l'utilisation d'appareils et l'éclairage artificiel. Le Guide A du CIBSE propose que les gains internes de chaleur soient obtenus à l'aide de l'équation suivante :

$$Q_{int} = Q_{occupants} + Q_{éclairage} + Q_{équipements\ électriques} + Q_{cuisson}$$

Dès lors, se document se divise en cinq parties.

La partie 1 rassemble, sous forme synthétique, les valeurs de gains internes et les formules permettant de les calculer en distinguant les bâtiments résidentiels des autres types de bâtiments.

La partie 2 reprend l'ensemble des données concernant les gains métaboliques. On y retrouve des informations sur le nombre d'occupant et les taux horaires d'occupation ainsi que les valeurs correspondantes de gains internes.

La partie 3 traite des gains internes liés à l'éclairage artificiel. Ceux-ci sont caractérisés d'une part par les puissances installées (distinction faite entre bâtiments résidentiels ou non) et, d'autre part, par les taux d'utilisation de ces éclairages.

Ensuite, la partie 4 discute des valeurs de gains internes liés aux équipements.

Table des matières

Préface.....	i
Table des matières	ii
Table des tableaux.....	iv
Table des figures.....	ix
Introduction.....	1
1. Valeurs génériques par programme.....	2
1.1. Bâtiments résidentiels.....	2
1.2. Immeubles de bureaux.....	12
1.3. Autres programmes.....	21
2. Gains métaboliques.....	32
2.1. Nombre d'occupants / densités d'occupation	32
2.1.1. Densité d'occupation – valeurs générales.....	32
2.1.2. Densité d'occupation des écoles	36
2.1.3. Résidentiel - Composition des ménages	36
2.2. Taux de présence.....	42
2.2.1. Valeurs génériques	42
2.2.2. Absentéisme au travail	43
2.2.3. Absentéisme à l'école.....	44
2.3. Puissance par occupant.....	46
2.4. Horaire d'occupation.....	51
3. Gains liés à l'éclairage	58
3.1. Puissances installées	58
3.1.1. Bâtiment résidentiel.....	59
3.1.2. Bâtiment non résidentiel.....	59
3.2. Taux d'utilisation	68
4. Gains liés aux équipements.....	73

4.1.	Equipements résidentiels (CIBSE, 2006; Liébard and De Herde, 2005; PHPP, 2007)	73
4.2.	Equipements d'immeubles de bureaux (ASHRAE, 2009; CIBSE, 2004; ISO13791, 2004).....	76
5.	Références.....	82

Table des tableaux

Tableau 1-1 : Formules de calculs des gains internes de locaux résidentiels	1
Tableau 1-2 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)	2
Tableau 1-3 : Le numéro du jour, la longueur du mois, la température extérieure moyenne et l'ensoleillement total et diffus moyen sur une surface horizontale non ombragée. (Gouvernement-wallon, 2008)	1
Tableau 1-4 : Valeurs de référence des gains internes de locaux résidentiels	2
Tableau 1-5 : Flux de chaleur des occupants et des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs détaillées pour les bâtiments résidentiels. (ISO13790, 2008)	3
Tableau 1-6 : Gains internes par type d'unité de logement social. (pmp, consulté le 23 août 2013)	4
Tableau 1-7 : Valeurs de gains d'humidité considérées pour chaque pièce de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013).....	5
Tableau 1-8 : Valeurs considérées pour les gains d'humidité pour certaines activités des occupants. (Firląg and Murray, 2013).....	5
Tableau 1-9 : Charges thermiques et électriques installées. (CIBSE, 2004)	6
Tableau 1-10 : Gains de chaleur utile et consommation d'énergie électrique des appareils ménagers selon (Pujol-Nadal et al., 5-7 April, 2006). (Firląg and Murray, 2013).....	8
Tableau 1-11 : Valeurs considérées pour les gains d'humidité pour certaines activités des occupants. (Firląg and Murray, 2013).....	9
Tableau 1-12 : Valeurs de gains thermiques considérées dans les zones de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013).....	9
Tableau 1-13 : Valeurs de gains d'humidité pour chaque pièce de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013).....	10
Tableau 1-14 : Formules de calcul des gains internes des bureaux	13
Tableau 1-15 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)	15

Tableau 1-16 : Gains de chaleur internes résultant des appareils et fraction d'occupation réelle en fonction de la destination. (Gouvernement-wallon, 2008).....	16
Tableau 1-17 : Profil conventionnel d'occupation pour des bureaux. ((Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014).....	16
Tableau 1-18 : Valeurs de référence des gains internes de bureaux	17
Tableau 1-19 : Flux de chaleur des occupants et des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs détaillées pour les immeubles de bureaux. (ISO13790, 2008)	18
Tableau 1-20 : Gains internes dans des bureaux. (pmp, consulté le 23 août 2013)	19
Tableau 1-21 : Valeurs de benchmark de gains internes pour des bâtiments typiques de bureaux. (CIBSE, 2006)	19
Tableau 1-22 : Charges thermiques et électriques installés. (CIBSE, 2004)	20
Tableau 1-23 : Forums de référence pour le calcul des gains internes dans des espaces tertiaires autres que les bureaux	22
Tableau 1-24 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)	24
Tableau 1-25 : Gains de chaleur internes résultant des personnes et des appareils et fraction d'occupation réelle, par fonction. ((Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014)	25
Tableau 1-26 : Profil conventionnel d'occupation pour chaque fonction. ((Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014).....	26
Tableau 1-27 : Valeurs de référence des gains internes des espaces tertiaires autres que bureaux ...	27
Tableau 1-28 : Flux de chaleur des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs globales en fonction du l'usage du bâtiment non résidentiel. (ISO13790, 2008)	28
Tableau 1-29 : Gains internes dans les bâtiments du secteur tertiaire. (pmp, consulté le 23 août 2013)	29
Tableau 1-30 : Valeurs de benchmark de gains internes pour des bâtiments typiques. (CIBSE, 2006)	30
Tableau 1-31 : Charges thermiques et électriques installés. (CIBSE, 2004)	31
Tableau 2-1 : Surface de plancher nette par personne. (ISO13790, 2008; NBN-EN-13779, 2007; NBN-EN-15251, 2007).....	33
Tableau 2-2 : Nombres d'élèves par instituteur dans le primaire et par classe dans le secondaire. (Enseignons.be, 2010b; Gouvernement, 2012).....	36

Tableau 2-3 : Structure de la population selon les ménages : taille moyenne par année et par région - Taille moyenne des ménages privés au 1er janvier, par année (1991 – 2008) et par région. (Belgian-Federal-Government, 2013b)	37
Tableau 2-4 : Indices synthétiques de fécondité (ISF) dans quelques pays européens en 2002-2003. (Deboosere et al., 2009)	38
Tableau 2-5 : Noyaux familiaux au premier janvier 2008, par région et selon le nombre d'enfants. (Belgian-Federal-Government, 2013a)	39
Tableau 2-6 : Pourcentage d'adultes (18-59 ans) vivant dans un ménage au sein duquel personne n'exerce d'emploi rémunéré. (Belgian-Federal-Government, 2013c)	40
Tableau 2-7 : Pourcentage d'enfants (0-17ans) vivant dans un ménage au sein duquel personne n'exerce d'emploi rémunéré. (Belgian-Federal-Government, 2013c)	41
Tableau 2-8 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)	42
Tableau 2-9 : Nombres d'heures de travail des belges. (Heyse, 2012)	42
Tableau 2-10 : Nombres d'heures de travail en fonction du niveau hiérarchique du travailleur. (Heyse, 2012)	43
Tableau 2-11 : Croisement des catégories ouvriers – employé, homme – femmes et travailleurs temps plein – temps partiel. (SD-Worx, 2013)	44
Tableau 2-12 : Nombre de dossiers d'absences ouverts au cours des années 2007-2008 et 2011 en Communauté française.	45
Tableau 2-13 : Taux représentatifs auxquels la chaleur et l'humidité sont émises par les êtres humains dans différents états d'activité (ASHRAE, 2009; CIBSE, 2006; ISO7730, 2005; Liébard and De Herde, 2005; NBN-EN-13779, 2007)	47
Tableau 2-14 : Gains internes liés aux occupants dans des espaces conditionnés. (DGO4 and Architecture-et-Climat, 2013)	49
Tableau 2-15 : Gains internes liés aux enfants dans une crèche (données de Jacques Giroul en 2009).	50
Tableau 2-16 : Valeurs estimées des émissions de chaleur sensible et latente des corps d'animaux à la température normale du corps. (CIBSE, 2006)	50
Tableau 2-17 : Résultats de l'enquête sur l'emploi du temps (heures/semaines) : Emploi du temps en fonction de la situation professionnelle. (Politique-scientifique-fédérale, 2013)	51
Tableau 2-18 : Résultats de l'enquête sur l'emploi du temps (heures/semaines) : Emploi du temps en fonction de l'âge. (Politique-scientifique-fédérale, 2013)	52

Tableau 2-19 : Nombre de capteurs d'occupation par type d'espace. (Duarte et al., 2013)	54
Tableau 3-1 : Densités de puissance d'éclairage pour la méthode pièce par pièce. (ASHRAE, 2009) ..	59
Tableau 3-2 : Densités de puissance d'éclairage pour la méthode pièce par pièce, pour des locaux spécifique. (ASHRAE, 2009)	61
Tableau 3-3 : Objectifs énergétiques de l'éclairage. (CIBSE, 2004, 2006; Liébard and De Herde, 2005)	63
Tableau 3-4 : Repères généraux d'éclairage pour les bureaux. (CIBSE, 2004)	64
Tableau 3-5 : Repères généraux d'éclairage pour les bureaux – Densité de puissance moyenne. (CIBSE, 2006)	65
Tableau 3-6 : Exemples de niveaux retenus pour le calcul de l'éclairement de quelques bâtiments et espaces d'après l'EN 12464-1. (NBN-EN-15251, 2007)	66
Tableau 3-7 : Apports dus à l'éclairage des bureaux. (ISO13791, 2004)	67
Tableau 3-8 : Valeur conventionnelle pour le calcul du nombre d'heures d'utilisation annuelles diurnes tday et nocturnes tnight . (Gouvernement-wallon, 2008)	68
Tableau 3-9 : Heures de service de l'éclairage artificiel dans des bureaux. (CIBSE, 2004, 2006)	69
Tableau 3-10 : Puissances d'éclairages installées, proposées et obtenues suite au calibrage. (Fernandes et al., 2014)	71
Tableau 4-1 : Estimation des apports internes : puissance nominale des équipements. (CIBSE, 2006; Liébard and De Herde, 2005)	74
Tableau 4-2 : Valeurs de gains d'humidité considérées pour les activités choisies menées par les habitants. (Firląg and Murray, 2013)	75
Tableau 4-3 : Valeurs de gains d'humidité considérées pour chaque pièce de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013)	75
Tableau 4-4 : Puissances liées aux équipements de bureaux – Mesures sur des ordinateurs de 2006. (ICEDD, 2006)	77
Tableau 4-5 : Apports dus aux équipements (hors éclairage) de bureaux, durant l'occupation. (ISO13791, 2004)	77
Tableau 4-6 : Résumé du dispositif et des agents humains. (Klein et al., 2012)	78
Tableau 4-7 : Conception des gains de chaleur internes sensibles pour un bureau individuel. (Saelens et al., 2011) ^b	78

Tableau 4-8 : Niveaux typiques d'énergie utilisée par le matériel de bureau. (CIBSE, 2004, 2006)	79
Tableau 4-9 : Utilisation quotidienne typique et nombre d'employés probable minimum par matériel de bureau. (CIBSE, 2004)	79
Tableau 4-10 : Puissances électriques d'équipements de bureau, avec et sans le label Energy Star. (Energy Star)	80
Tableau 4-11 : Puissance moyenne mesurée de moteurs d'ascenseur de passagers. (CIBSE, 2006) ...	80
Tableau 4-12 : Flux de chaleur des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs globales en fonction de l'usage du bâtiment, non-résidentiels. (ISO13790, 2008).....	81

Table des figures

Figure 1-1 : Gains internes de chaleurs du nouveau cadre de certification. (DiPietrantonio and Van Loon, 2013).....	6
Figure 1-2 : Comparaison des valeurs mesurées et simulées avec différentes variantes, sur la période du 29/01/2001 au 11/02/2001 : (a) humidité absolue de l'air extrait (kg/kg) ; (b) capacité du corps de chauffe (W). (Firląg and Murray, 2013)	11
Figure 2-1 : Facteur de diversité d'occupation recommandés par l'ASHRAE 90.1 en 2004. (Duarte et al., 2013).....	52
Figure 2-2 : Occupation moyenne proposée comme donnée pour des applications de simulation de performance des bâtiments (de bureaux). (Mahdavi and Pröglhöf, 2009a, b)	53
Figure 2-3 : (a) Profils de facteur d'occupation moyen pour les bureaux individuels en semaine (hors weekends et jours fériés) et (b) moyenne des niveaux haut, moyen et bas d'occupation pour tous les mois de l'année. (Duarte et al., 2013).....	55
Figure 2-4 : Facteur d'occupation pour chaque type d'espace (hors weekends, vacances et jours fériés). (Duarte et al., 2013)	56
Figure 2-5 : Comparaison entre ASHRAE 90.1 2004 et les résultats de Duarte et al. (Duarte et al., 2013).....	56
Figure 2-6 : Profils d'utilisation de différents types de programmes. (NBN-EN-15232, 2007).....	57
Figure 3-1 : Modèle de probabilité d'allumage de l'éclairage artificiel basé sur le niveau d'éclairement du plan de travail immédiatement avant l'arrivée de l'occupant. (Mahdavi and Pröglhöf, 2009a).....	70
Figure 3-2 : Probabilité d'extinction de l'éclairage artificiel proposée en fonction de la durée d'absence du poste de travail. (Mahdavi and Pröglhöf, 2009a, b)	70
Figure 3-3 : Energie consommée pour l'éclairage annuellement (kWh/m ² .an) et parts d'économies pour tous les jours de travail de l'année, entre 9h00 et 17h00 uniquement. (Fernandes et al., 2014)71	

Introduction

La simulation énergétique est un moyen efficace pour aider à évaluer les consommations énergétiques des bâtiments, aussi bien en phase de conception d'un nouveau projet que pour l'évaluation d'une rénovation profonde. Néanmoins, un certain nombre d'input est nécessaire pour réaliser une telle évaluation et ces inputs peuvent varier en fonction du temps, comme l'éclairage, les charges électriques, la position des protections solaires et la présence des occupants par exemple. Aussi, certains inputs dépendent du comportement des occupants.

Il existe donc des profils de gains, comme repris dans ce document, et des modèles comportementaux, comme décrit dans le guide *'Compilation de modèles comportementaux : Modélisation du comportement des occupants'* réalisé dans le cadre du projet de recherche SIMBA.

L'exactitude des horaires d'occupation pour chaque zone du bâtiment est importante pour la détermination et le choix des systèmes adéquats et leur puissance, de la configuration du bâtiment, et des stratégies de contrôle. En effet, Firlag et Murray (Firlag and Murray, 2013) ont réalisé une étude visant à analyser l'impact des hypothèses de gains internes de chaleur et d'humidité, ainsi que de débits d'air entre les locaux sur l'exactitude du calcul de la performance énergétique, des températures intérieures et de l'humidité absolue dans un bâtiment passif unifamilial. Les résultats et leur analyse ont montré que la différence d'énergie nécessaire pour le chauffage calculée en utilisant des méthodes simplifiées et des méthodes précises de détermination des gains de chaleur interne était de 30,1%.

Il a été confirmé par les résultats des mesures effectuées dans une maison passive que les gains internes de chaleur jouent un rôle très important dans la structure du bilan thermique des bâtiments passifs (Firlag and Murray, 2013). Pendant la période de deux semaines de mesures, la quantité d'énergie remise à la maison par le système de chauffage était inférieure à l'énergie électrique consommée par les équipements électriques - éclairage, système de ventilation, et équipements.

Pour réaliser des calculs de simulation corrects, il est donc très important de définir précisément la taille, l'emplacement et l'occurrence des gains de chaleur.

1. Valeurs génériques par programme

Dans cette première partie, nous détaillons les valeurs de gains internes en distinguant les bâtiments résidentiels, les immeubles de bureaux et les autres bâtiments. Les valeurs des gains métaboliques, d'éclairage et des équipements sont détaillés dans les parties suivantes.

1.1. Bâtiments résidentiels

Le Tableau 1-1 fait l'inventaire des formules de calcul disponibles pour l'évaluation des gains internes dans des espaces résidentiels. Ce tableau est complété des Tableau 1-2 et Tableau 1-3.

Le Tableau 1-4 propose non plus des formules mais des valeurs de référence pour les gains internes des espaces résidentiels. Il est complété des Tableau 1-5 à Tableau 1-8 et de la Figure 1-1

Le Tableau 1-9 présente les valeurs du Guide F du CIBSE (CIBSE, 2004) qui établit des règles générales pour les puissances maximales de charges internes par surface brute de plancher. En l'absence de données spécifiques au projet, ces chiffres peuvent être utilisés comme indicateurs approximatifs mais il est possible qu'ils soient considérablement plus élevés que ceux correspondant à des conceptions modernes basse-énergie. Par ailleurs, ils peuvent être utilisés pour mettre en évidence un surdimensionnement significatif qui pourrait conduire à une forte consommation d'énergie. Plus de valeurs de benchmark sont disponibles (notamment pour les bureaux, les banques, les hôtels, les bâtiments industriels ou de sport et de récréation, les hôpitaux) dans la partie C du Guide F (CIBSE, 2004).

Tableau 1-1 : Formules de calculs des gains internes de locaux résidentiels

Source	Gains considérés	Formules	Définition paramètres
(ASHRAE, 2009)	Les contributions des gains des occupants, de l'éclairage, et des appareils sur les charges sensibles et latentes	$q_{ig,s} = 136 + 2,2 A_{cf} + 22 N_{oc}$ $q_{ig,l} = 20 + 0,22 A_{cf} + 12 N_{oc}$	$q_{ig,s}$ = charge de refroidissement sensible des gains internes (W) $q_{ig,l}$ = charge de refroidissement latente des gains internes (W) A_{cf} = surface de plancher climatisée du bâtiment (m ²) N_{oc} = nombre d'occupants (inconnu, estimé à $N_{br} + 1$) N_{br} = nombre de chambres
(ISO13790, 2008)	La chaleur métabolique des occupants et la chaleur dissipée par les appareils, la chaleur dissipée par les dispositifs d'éclairage, la chaleur dissipée par ou absorbé par l'eau chaude, eau froide et d'égouts, la chaleur dissipée par ou absorbée par les systèmes de ventilation de chauffage, de refroidissement et, la chaleur dissipée par ou absorbé par des processus et des biens	$Q_{int} = A_f \left(\frac{Q_p}{A_p} + f_E q_E \right)$	Q_{int} = valeur moyenne de gain interne de chaleur normalisée selon la surface de plancher climatisée d'un bâtiment (W) A_f = surface de plancher climatisée utilisée pour le calcul A_p = surface de plancher par personne (taux d'occupation) Q_p = gain de chaleur moyen par personne q_E = quantité d'électricité utilisée par unité de surface de plancher f_E = fraction de la consommation électrique totale utilisée dans le bâtiment (= 1 si aucun appareil n'est utilisé à l'extérieur du volume protégé) voir exemple de données dans le Tableau I-2.
(Gouvernement-wallon, 2008)	Les gains de chaleur internes dans un secteur énergétique i pendant un mois donné	$Q_{i,sec\ i,m} = (0,67 + 220/V_{PER}) \cdot V_{sec\ i} \cdot t_m$	$Q_{i, sec\ i, m}$ la valeur de gains internes (MJ) V_{PER} le volume total du 'volume PER' (m ³) $V_{sec\ i}$ le volume du secteur énergétique i (m ³) T_m la longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau I-3.

Tableau 1-2 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)

Données	Maison unifamiliales	Blocs d'appartements	Unités
Température de consigne hivernale	20	20	°C
Température de consigne estivale	26	26	°C
Surface par personne (occupation)	60	40	m ² /pers.
Flux de chaleur moyen par personne	70	70	W/pers.
Gains métaboliques par surface de plancher climatisé	1,2	1,8	W/m ²
Période de présence par jour (moyenne mensuelle)	12	12	h
Consommation électrique annuelle par surface de plancher climatisé ^a	20	30	kWh/m ²
Part d'électricité utilisée dans le volume climatisé du bâtiment	0,7	0,7	-
Débit d'air extérieur par surface de planché climatisé ^a	0,7	0,7	m ³ /(h.m ²)
Débit d'air extérieur par personne	42	28	m ³ /(h.pers)
Besoin de chaleur pour l'eau chaude par surface de planché climatisé ^a	10	20	kWh/m ²

^a Ces chiffres se réfèrent à la zone conditionnée brute, calculée avec des dimensions extérieures du bâtiment. Cette zone comprend tous les espaces climatisés contenus à l'intérieur de la couche d'isolation thermique. Par exemple, un escalier intérieur non chauffé (mais chauffé indirectement) est inclus dans cette zone, mais une cave ne l'est pas.

Tableau 1-3 : Le numéro du jour, la longueur du mois, la température extérieure moyenne et l'ensoleillement total et diffus moyen sur une surface horizontale non ombragée. (Gouvernement-wallon, 2008)

Mois	Jour caractéristique	Longueur du mois t_m (Ms)	Température extérieure moyenne du mois $\theta_{e,m}$ (°C)	$I_{s,tot,hor,m}$ (MJ/m²)	$I_{s,dif,hor,m}$ (MJ/m²)
Janvier	15	2,6784	3,2	71,4	51,3
Février	46	2,4192	3,9	127,0	82,7
Mars	74	2,6784	5,9	245,5	155,1
Avril	105	2,5920	9,2	371,5	219,2
Mai	135	2,6784	13,3	510,0	293,5
Juin	166	2,5920	16,2	532,4	298,1
Juillet	196	2,6784	17,6	517,8	305,8
Août	227	2,6784	17,6	456,4	266,7
Septembre	258	2,5920	15,2	326,2	183,6
Octobre	288	2,6784	11,2	194,2	118,3
Novembre	319	2,5920	6,3	89,6	60,5
Décembre	349	2,6784	3,5	54,7	40,2

Tableau 1-4 : Valeurs de référence des gains internes de locaux résidentiels

Source	Gains considérés	Valeurs
(ISO13790, 2008)	La chaleur métabolique des occupants et la chaleur dissipée par les appareils, la chaleur dissipée par les dispositifs d'éclairage, la chaleur dissipée par ou absorbé par l'eau chaude, eau froide et d'égouts, la chaleur dissipée par ou absorbée par les systèmes de ventilation de chauffage, de refroidissement et, la chaleur dissipée par ou absorbé par des processus et des biens	Voir Tableau I-4.
(pmp, consulté le 23 août 2013) Annexe 8 du Vade-mecum PHPP	Gains internes forfaitaires pour logements sociaux suivant règles de la Société Flamande de Logements Sociaux	Voir Tableau I-5. Voir également: www.vmsw.be pour la Flandre, www.slr.birisnet.be pour Bruxelles et www.swl.be pour la Wallonie.
(Firląg and Murray, 2013)	Gains d'humidité	Voir Tableaux I-6 et I-7.
PHPP(DiPietrantonio and Van Loon, 2013)	Gains internes pour la certification dans le résidentiel	Voir Figure I-1.
(Massart and De Herde, 2010)	Gains internes dans une maison unifamiliale. Deux scénarios : gains faibles et gains élevés	Tableaux V-7 à V-8
Valeur de terrain : Maison Pleiade (Jaspard, 1993)	Les simulations effectuées avant la construction considèrent une valeur de 5,42 W/m ² chauffé à prendre en compte comme gains internes dus à l'occupation de la maison. Les différentes campagnes de mesure ont montré que cette valeur moyenne, déterminée d'après la littérature, est fortement surestimée pour la maison PLEIADE : en effet, la valeur obtenue est de 2,57 W/m ² chauffé (tous les jours confondus, week-ends et jours de semaine). Il faut signaler ici que plusieurs appareils électriques (lave-linge, sèche-linge et frigo) sont installés dans la cave et que celle-ci est isolée du volume chauffé de la maison.	

Tableau 1-5 : Flux de chaleur des occupants et des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs détaillées pour les bâtiments résidentiels.
(ISO13790, 2008)

Bâtiments résidentiels			
Jours	Heures	Séjour et cuisine	Autres pièces climatisées (p-e les chambres)
		$(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})/A_f$ (W/m²)	$(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})/A_f$ (W/m²)
Du lundi au vendredi	De 07h00 à 17h00	8,0	1,0
	De 17h00 à 23h00	20,0	1,0
	De 23h00 à 07h00	2,0	6,0
	Moyenne	9,0	2,67
Samedi et dimanche	De 07h00 à 17h00	8,0	2,0
	De 17h00 à 23h00	20,0	4,0
	De 23h00 à 07h00	2,0	6,0
	Moyenne	9,0	3,83
Moyenne		9,0	3,0
$(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})$ est le flux de chaleur des occupants et des appareils, exprimé en Watts A_f est la surface de plancher climatisé, exprimée en mètres carrés			

Notez que $\Phi_{int,A}$ n'inclus pas les gains liés à l'éclairage. Pour des calculs détaillés, les parts de gains convectifs et radiatifs sont chacune de 50 %, sauf indication contraire.

Tableau 1-6 : Gains internes par type d'unité de logement social. (pmp, consulté le 23 août 2013)

Type de l'unité de logement	# chambres	# personnes	Surface (m ²)	Gains internes émis (W)	Gains (W/pers)	Gains (W/m ²)
0/1	0	1	30-44	118	118	3,2
0/2 ou 1/1	0 à 1	2 ou 1	44-52	119	59,5-119	2,5
1/2	1	2	52-62	165	82,5	2,9
2/3	2	3	62-76	212	70,7	3,1
2/4	2	4	70-86	258	64,5	3,3
3/4	3	4	76-94	258	64,5	3,0
3/5	3	5	86-105	305	61	3,2
3/6	3	6	94-114	351	58,5	3,4
4/5	4	5	94-114	305	61	2,9
4/6	4	6	100-122	351	58,5	3,2
4/7	4	7	106-130	397	56,7	3,4
4/8	4	8	112-138	444	55,5	3,6
5/7	5	7	114-140	398	56,9	3,1
5/8	5	8	122-148	444	55,5	3,3
5/9	5	9	128-154	490	54,4	3,5
5/10	5	10	132-160	537	53,4	3,7
Moyenne :					66,3	3,2

Tableau 1-7 : Valeurs de gains d'humidité considérées pour chaque pièce de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013)

Type de pièce	Surface (m²)	Gains permanents d'humidité (g/h)
Séjour	39,4	27,0
Cuisine	9,0	6,2
Vestibule	2,9	2,0
Buanderie	4,9	3,4
WC	2,4	5,0
Hall et escaliers	9,5	6,5
Chambre d'enfant	9,8	6,7
Chambre d'enfant	13,7	9,4
Salle-de-bain	8,1	15,0
Chambre	18,0	12,3
Buanderie	2,4	1,6
Local technique	-	-

Tableau 1-8 : Valeurs considérées pour les gains d'humidité pour certaines activités des occupants. (Firląg and Murray, 2013)

Activité	Gain d'humidité
Cuisine	500 g/h
Séchage du linge	72 g/h
Ouverture du lave-vaisselle	200 g
Ouverture de la machine à laver	250 g

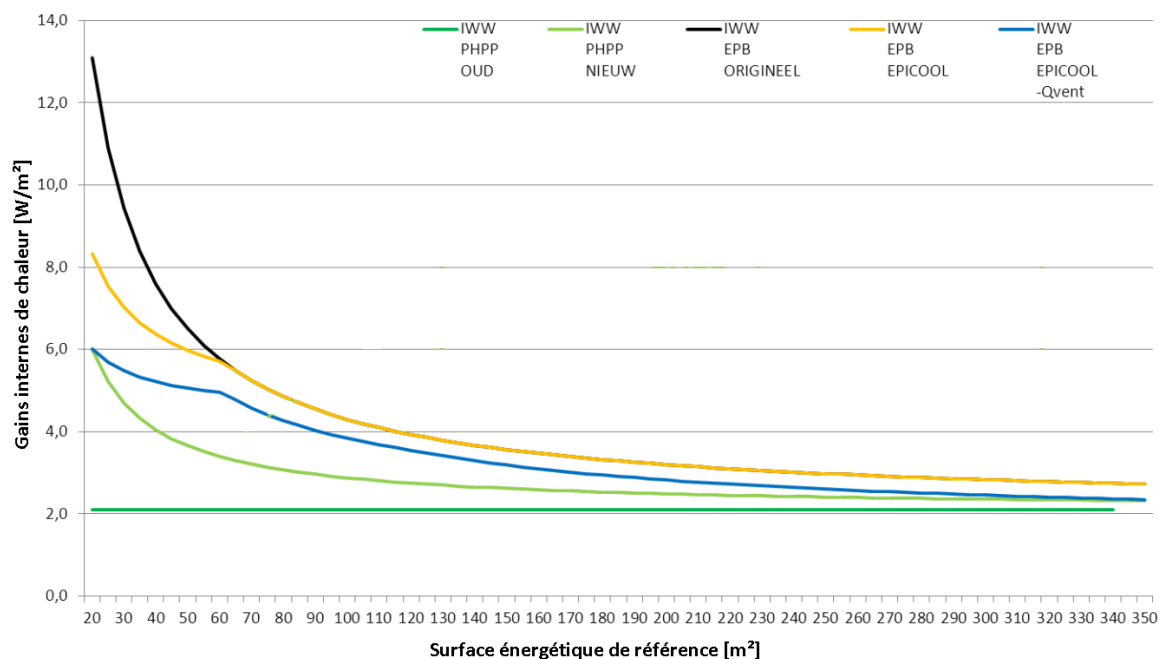


Figure 1-1 : Gains internes de chaleurs du nouveau cadre de certification. (DiPietrantonio and Van Loon, 2013)

Tableau 1-9 : Charges thermiques et électriques installées. (CIBSE, 2004)

Charges	Type de bâtiment (ou de charge)	Charge (W/m ²)
Charges de chauffage	Résidentiels	60
Gains de chaleur solaire	Fenêtre avec stores intérieurs :	
	Façade Sud (juin-sept)	250 (W/m ² de vitrage)
	Façades Est-Ouest (juin-sept)	150 (W/m ² de vitrage)
Autres gains de chaleur (bureaux)	Occupants	10
	Éclairage	12
Charges électriques de service	Éclairage	10-12 (2,5 W/m ² /100lux)
	Petite puissance	15-45
	Conditionnement de l'air	60
	Ascenseurs	10
	Petites pièces informatiques	200-400 (surface nette)
	Centrale téléphonique / centre d'appel	500-1000 (surface nette)

Firlag et Murray (Firlag and Murray, 2013) ont réalisé des mesures durant 2 semaines en 2001 dans la maison 'Jangster de Lux' située dans un lotissement passif à Hannover-Kronsberg, en Allemagne. L'ampleur des gains a été déterminée par Firlag et Murray sur base de mesures détaillées, de questionnaires et de données de conception. En effet, durant les deux semaines de mesures en 2001, les habitants étaient obligés de remplir des protocoles particuliers d'utilisation aussi précisément que possible. Ils devaient alors noter la pièce dans laquelle ils étaient et ce qu'ils y faisaient (par exemple : regarder la télévision) avec une précision de 15 min. Par ailleurs, les gains périodiques des appareils ménagers ont été enregistrés. Ces valeurs (du frigo-congélateur, de la cuisinière, du lave-vaisselle, du lave-linge, de l'aspirateur et de la télévision) sont présentées dans le Tableau 1-10.

Sur base de ces résultats et de la littérature, Firlag et Murray ont réalisé une répartition des gains de chaleur dans les locaux. Leurs hypothèses sont les suivantes :

- Certains des gains de chaleur sont permanents, comme par exemple ceux du système d'eau chaude, et certains sont périodiques comme la présence des personnes ou les appareils ménagers.
- Ils considèrent comme types de sources de chaleur : deux occupants adultes et des visiteurs avec des enfants, le système d'eau chaude sanitaire et les appareils électriques et d'éclairage.
- Les gains de chaleur des occupants, en supposant que les gains de chaleur sensible d'un adulte sont de 80 W et ceux d'un enfant de 60 W (ISO7730, 2005), sont rejetés dans l'environnement et peuvent être utilisés pour chauffer la maison.
- Les gains d'humidité liés aux occupants sont de 45g/h pour un adulte et 35g/h pour un enfant (Mijakowski, 2001). Les gains d'humidité liés à une femme dans la salle de bain sont de 740 g/h, contre 790g/h pour un homme (Mijakowski, 2001).
- Le séchage des draps de bain dans la salle de bain génère 15g/h d'humidité (autres gains d'humidité voir Tableau 1-11).
- La production d'humidité dans des WC est de 5g/h.
- Les gains d'humidité liés aux plantes et à l'évaporation sont considérés comme constants dans l'ensemble de la maison et s'élèvent à 75g/h, soit 1,8kg d'eau par jour.
- Seulement 25% de l'électricité consommée par le lave-vaisselle et la machine à laver sont considérés comme un gain de chaleur utile (Ebel, 1997).
- Les gains de chaleur provenant d'autres appareils ménagers tels que la cuisinière électrique, le lave-vaisselle, le lave-linge et la télévision sont attribués conformément aux protocoles d'utilisation.
- Les gains provenant de l'aspirateur durent environ 45 minutes et sont répartis dans l'ensemble du bâtiment.
- Les gains de chaleur des occupants durant les périodes de nettoyage du bâtiment ont été augmentés de 20 W par rapport à leur valeur standard.
- Les appareils ménagers (frigo-congélateur, cuisinière, lave-vaisselle, lave-linge, aspirateur et télévision) représentent environ 35% de la consommation électrique (27,92 kWh sur 79,0 kWh) mesurée au cours de la période de surveillance de deux semaines.

- 95% des autres 65% de l'énergie consommée pourrait être transformés en gains de chaleur utile (Ceper et al., 2001), soit environ 49 kWh (ce qui correspond à un gain de chaleur constant pour l'ensemble du bâtiment égal à environ 144 W).
- Sur la base de la littérature (Ebel, 1997), Firlag et Murray supposent que 40% de ces gains proviennent de l'éclairage et 60 % des autres équipements électriques.
- Sur base des protocoles d'utilisation et les données météorologiques, ils ont considéré que l'éclairage est allumé dans toutes les pièces environ 6 h par jour, 1 heures le matin de 4h00 à 5h00 et 5 heures le soir de 16h30 à 21h30.

Les valeurs présumées des gains de chaleur et d'humidité pour chaque zone sont présentées dans les Tableau 1-12 et Tableau 1-13.

L'impact des gains d'humidité sur le bilan énergétique d'une maison n'est cependant pas important, selon (Firlag and Murray, 2013) : Les changements de gains internes de chaleur n'ont eu aucune influence sur la variation de l'humidité absolue de l'air extrait (Figure 1-2 a). Par contre, le fait de ne pas tenir compte des gains d'humidité et des pertes de chaleur liées à l'évaporation rend l'évaluation moins précise avec des valeurs de température calculées plus élevées que celles mesurées, particulièrement dans les WC et salles de bain. Néanmoins, l'absence de gains d'humidité a un impact minime sur les consommations énergétiques (Figure 1-2 b).

Tableau 1-10 : Gains de chaleur utile et consommation d'énergie électrique des appareils ménagers selon (Pujol-Nadal et al., 5-7 April, 2006). (Firlag and Murray, 2013)

Appareils ménagers	Gain de chaleur utile (W)	Puissance électrique (W)	Durée d'utilisation (h)	Consommation d'énergie (kWh)
Frigo-congélateur	35	35	336,0	11,76
Cuisinière	800	800	1,0	0,80
Lave-vaisselle	200	800	5,25	4,20
Machine à laver	200	800	9,25	7,40
TV allumée	120	120	17,08	2,05
TV en veille	3	3	318,92	0,96
Aspirateur	1000	1000	0,75	0,75
Total				27,92

Tableau 1-11 : Valeurs considérées pour les gains d'humidité pour certaines activités des occupants. (Firląg and Murray, 2013)

Activité	Gain d'humidité
Cuisine	500 g/h
Séchage du linge	72 g/h
Ouverture du lave-vaisselle	200 g
Ouverture de la machine à laver	250 g

Tableau 1-12 : Valeurs de gains thermiques considérées dans les zones de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013)

Type de pièce	Surface (m ²)	Gains permanents de chaleur des appareils électriques (W)	Gains permanents du système d'eau chaude sanitaire (W)	Gains périodiques de chaleur de l'éclairage (de 4h00 à 5h00 et de 16h30 à 21h30) (W)
Séjour	39,4	21,8 + 3,0		75,6
Cuisine	9,0	5,0 + 35,0	10	17,3
Vestibule	2,9	1,6	-	5,6
Buanderie	4,9	2,7	-	9,4
WC	2,4	1,3	5	4,6
Hall et escaliers	9,5	5,3	-	18,2
Chambre d'enfant	9,8	5,4	-	18,8
Chambre d'enfant	13,7	7,6	-	26,3
Salle-de-bain	8,1	4,5	15	15,5
Chambre	18,0	10	-	34,5
Buanderie	2,4	1,3	-	4,6
Local technique	-	20	110 + 71,4 + 80	-

Tableau 1-13 : Valeurs de gains d’humidité pour chaque pièce de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013)

Type de pièce	Surface (m ²)	Gains permanents d’humidité (g/h)
Séjour	39,4	27,0
Cuisine	9,0	6,2
Vestibule	2,9	2,0
Buanderie	4,9	3,4
WC	2,4	5,0
Hall et escaliers	9,5	6,5
Chambre d’enfant	9,8	6,7
Chambre d’enfant	13,7	9,4
Salle-de-bain	8,1	15,0
Chambre	18,0	12,3
Buanderie	2,4	1,6
Local technique	-	-

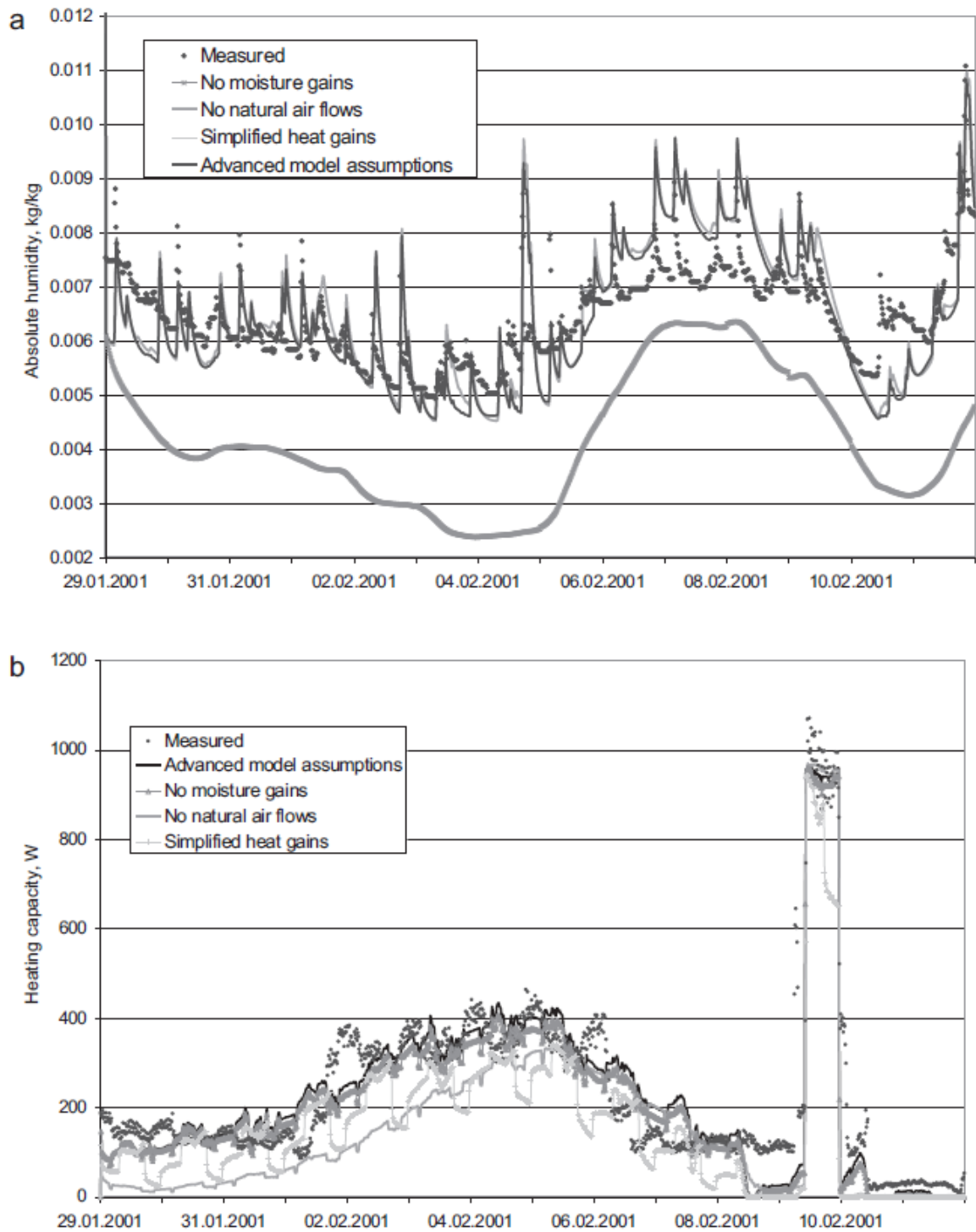


Figure 1-2 : Comparaison des valeurs mesurées et simulées avec différentes variantes, sur la période du 29/01/2001 au 11/02/2001 : (a) humidité absolue de l'air extrait (kg/kg) ; (b) capacité du corps de chauffe (W). (Firlag and Murray, 2013)

1.2. Immeubles de bureaux

Selon l'ASHRAE (ASHRAE, 2009), les gains de chaleur internes des occupants, de l'éclairage, des moteurs, des appareils et des équipements peuvent contribuer à la majorité de la charge de refroidissement dans un bâtiment moderne. Si les enveloppes des bâtiments se sont améliorées en réponse aux codes de plus en plus restrictifs de l'énergie, les charges internes ont augmenté en raison de facteurs tels que l'utilisation accrue des ordinateurs et l'avènement des espaces denses d'occupation (par exemple, les centres d'appels).

Le Tableau 1-14 fait l'inventaire des formules de calcul disponibles pour l'évaluation des gains internes dans des bureaux. Ce tableau est complété des Tableau 1-15, Tableau 1-16Tableau 1-3.

Le Tableau 1-18 propose non plus des formules mais des valeurs de référence pour les gains internes des espaces de bureau. Il est complété des Tableau 1-19 à Tableau 1-21.

Enfin, le Tableau 1-22 présente les valeurs du Guide F du CIBSE (CIBSE, 2004) qui établit des règles générales pour les puissances maximales de charges internes par surface brute de plancher. En l'absence de données spécifiques au projet, ces chiffres peuvent être utilisés comme indicateurs approximatifs mais il est possible qu'ils soient considérablement plus élevés que ceux correspondant à des conceptions modernes basse-énergie. Par ailleurs, ils peuvent être utilisés pour mettre en évidence un surdimensionnement significatif qui pourrait conduire à une forte consommation d'énergie. Plus de valeurs de benchmark sont disponibles dans la partie C du Guide F (CIBSE, 2004).

Tableau 1-14 : Formules de calcul des gains internes des bureaux

Source	Gains considérés	Formules	Définition paramètres
(ISO13790, 2008)	La chaleur métabolique des occupants et la chaleur dissipée par les appareils, la chaleur dissipée par les dispositifs d'éclairage, la chaleur dissipée par ou absorbé par l'eau chaude, eau froide et d'égouts, la chaleur dissipée par ou absorbée par les systèmes de ventilation de chauffage, de refroidissement et, la chaleur dissipée par ou absorbé par des processus et des biens	$Q_{int} = A_f \left(\frac{Q_P}{A_P} + f_E q_E \right)$	Q_{int} = valeur moyenne de gain interne de chaleur normalisée selon la surface de plancher climatisée d'un bâtiment (W) A_f = surface de plancher climatisée utilisée pour le calcul A_P = surface de plancher par personne (taux d'occupation) Q_P = gain de chaleur moyen par personne q_E = quantité d'électricité utilisée par unité de surface de plancher f_E = fraction de la consommation électrique totale utilisée dans le bâtiment, à savoir la part d'électricité qui est transformée en chaleur dans le volume protégé du bâtiment. Ce facteur est égal à 1 si aucun appareil n'est utilisé à l'extérieur du volume protégé voir exemple de données dans le Tableau 1-15
(Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014.	Les sources de chaleur internes considérées sont : les personnes, l'éclairage, les ventilateurs et autres appareils. On détermine la production mensuelle interne de chaleur de la partie fonctionnelle <i>f</i> pour les calculs de chauffage et les calculs de refroidissement comme ci-contre. Il existe une	$Q_{i,heat,fct f,m} = \psi_{i,heat,fct f,m} \cdot t_m \text{ et } Q_{i,cool,fct f,m} = \psi_{i,cool,fct f,m} \cdot t_m$ où : $\psi_{i,heat,fct f,m} = 0,8 \left(f_{real,fct f} \cdot f_{pres,fct f} \cdot n_{design,fct f} \cdot 100 + q_{i,app,fct f} \cdot A_{f,fct f} + \frac{(r_{light,fct f} \cdot W_{light,fct f,m} \cdot 3,6)}{t_m} + \frac{r_{fans,heat,fct f} \cdot W_{fans,fct f,m} \cdot 3,6}{t_m} \right)$ $\psi_{i,cool,sec i,m} = \frac{f_{real,fct f} \cdot f_{pres,fct f} \cdot n_{design,fct f} \cdot 100 + q_{i,app,fct f} \cdot A_{f,fct f} + \frac{(r_{light,fct f} \cdot W_{light,fct f,m} \cdot 3,6)}{t_m} + \frac{r_{fans,cool,fct f} \cdot W_{fans,fct f,m} \cdot 3,6}{t_m}}{t_m}$ avec :	

	méthode détaillée pour les gains internes liés aux ventilateurs, que nous ne reprenons pas ici. Notons également qu'il s'agit ici d'une méthode statique de calcul des gains internes.	$Q_{i,heat,fct f,m}$ = production mensuelle interne de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage (MJ) $Q_{i,cool,fct f,m}$ = production mensuelle interne de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de refroidissement (MJ) $\psi_{i,heat,fct f,m}$ et $\psi_{i,cool,fct f,m}$ = flux de chaleur moyen, dû à la production interne de chaleur dans de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage ou refroidissement (W) $f_{real,fct f}$ = rapport conventionnel entre l'occupation réelle moyenne pendant les heures d'utilisation et l'occupation maximale de conception (-). Il est déterminé par partie fonctionnelle selon les valeurs reprises au Tableau 1-16. $f_{pres,fct f}$ = fraction de temps conventionnelle pendant laquelle des personnes sont présentes dans le bâtiment, déterminée par partie fonctionnelle selon les valeurs reprises au Tableau 1-16. $n_{design,fct f}$ nombre de personnes qui se trouvent dans la partie fonctionnelle f conformément à l'occupation maximale pour laquelle les systèmes de ventilation ont été conçus (-). $q_{i,app,fct f}$ = production interne spécifique moyenne de chaleur dans la partie fonctionnelle considérée, résultant des équipements (W/m²) reprise au Tableau 1-16 $A_{f,fct f}$ = surface d'utilisation de la partie fonctionnelle f considérée (m²). $r_{light,fct f}$ = facteur de réduction de la partie fonctionnelle f dont la valeur est égale à : 0.3 si la consommation d'énergie pour l'éclairage de la partie fonctionnelle f est déterminée selon la méthode forfaitaire ; 0.5 s'il y a une extraction sur au moins 70% des armatures d'éclairage présentes dans la partie fonctionnelle f, pondérées par la puissance absorbée ; 1.0 dans les autres cas ; $W_{light,fct f,m}$ = production de chaleur interne mensuelle dans la partie fonctionnelle f, fournie par l'éclairage (kWh) $r_{fans,heat,fct f}$ et $r_{fans,cool,fct f}$ = facteur de réduction respectivement pour le chauffage et le refroidissement, dont la valeur est égale à : 0 s'il y a uniquement une extraction mécanique ; 0.6 s'il y a une ventilation mécanique double flux ; 0.8 s'il y a recyclage ou récupération de chaleur ; 0.3 s'il y a insufflation mécanique d'air et que la puissance des ventilateurs est déterminée selon la méthode forfaitaire ; 0.5 dans les autres cas ; $W_{fans,fct f,m}$ = production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f considérée, fournie par les ventilateurs (kWh). t_m = longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau I-3.
--	---	---

Remarque : dans (ISO13790, 2008), la quantité q_e est utilisée afin de calculer les gains internes de chaleur. Il s'agit de l'électricité consommée sans tenir compte du chauffage, du refroidissement et de la production d'eau chaude sanitaire.

Tableau 1-15 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)

Données	Bureaux	Unités
Température de consigne hivernale	20	°C
Température de consigne estivale	26	°C
Surface par personne (occupation)	20	m ² /pers.
Flux de chaleur moyen par personne	80	W/pers.
Gains métaboliques par surface de plancher climatisé	4,0	W/m ²
Période de présence par jour (moyenne mensuelle)	6	h
Consommation électrique annuelle par surface de plancher climatisé ^a	20	kWh/m ²
Part d'électricité utilisée dans le volume climatisé du bâtiment	0,9	-
Débit d'air extérieur par surface de planché climatisé ^a	0,7	m ³ /(h.m ²)
Débit d'air extérieur par personne	14	m ³ /(h.pers)
Besoin de chaleur pour l'eau chaude par surface de planché climatisé ^a	10	kWh/m ²
^a Ces chiffres se réfèrent à la zone conditionnée brute, calculée avec des dimensions extérieures du bâtiment. Cette zone comprend tous les espaces climatisés contenus à l'intérieur de la couche d'isolation thermique. Par exemple, un escalier intérieur non chauffé (mais chauffé indirectement) est inclus dans cette zone, mais une cave ne l'est pas.		

Tableau 1-16 : Gains de chaleur internes résultant des appareils et fraction d'occupation réelle en fonction de la destination. (Gouvernement-wallon, 2008)

Destination	Charge de chaleur interne des équipements : $Q_{i, app, fct f}$ (W/m ²)	Fraction d'occupation réelle : $f_{real, fct f}$ (-)
Bureau	3	0,30
École		

Tableau 1-17 : Profil conventionnel d'occupation pour des bureaux. ((Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014)

Destination	Fraction d'occupation par semaine $f_{pers, fct f}$ (-)
Bureau	0,30

Tableau 1-18 : Valeurs de référence des gains internes de bureaux

Source	Gains considérés	Valeurs
(ISO13790, 2008)	La chaleur métabolique des occupants et la chaleur dissipée par les appareils, la chaleur dissipée par les dispositifs d'éclairage, la chaleur dissipée par ou absorbé par l'eau chaude, eau froide et d'égouts, la chaleur dissipée par ou absorbée par les systèmes de ventilation de chauffage, de refroidissement et, la chaleur dissipée par ou absorbé par des processus et des biens : $(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})/A_f$ avec $(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})$ = flux de chaleur des occupants et des appareils (W) et A_f = surface de plancher climatisé (m²)	Voir Tableau I-12.
(pmp, consulté le 23 août 2013) Annexe 21 du vade-mecum PHPP: Tertiaire - Apports internes - Après 6 mars 2012	Actuellement les apports internes considérés pour les bureaux restent identiques aux vadémécums précédents.	Voir Tableau I-13.
(ISO7730, 2005)	Valeurs de gains internes liés à l'activité pour la conception pour des Bureau individuel, bureau paysager, salle de conférence, auditoire, cafétéria/restaurant, salle de classe	70 W/m²
(CIBSE, 2006)	Valeurs de gains internes issues d'un benchmark pour des bureaux	Voir Tableau I-14.

**Tableau 1-19 : Flux de chaleur des occupants et des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs détaillées pour les immeubles de bureaux.
(ISO13790, 2008)**

Immeubles de bureaux			
Jours	Heures	Bureaux (60 % de la surface climatisée)	Autres pièces climatisées, halls, couloirs (40 % de la surface climatisée)
		$(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})/A_f$ (W/m²)	$(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})/A_f$ (W/m²)
Du lundi au vendredi	De 07h00 à 17h00	20,0	8,0
	De 17h00 à 23h00	2,0	1,0
	De 23h00 à 07h00	2,0	1,0
	Moyenne	9,50	3,92
Samedi et dimanche	De 07h00 à 17h00	2,0	1,0
	De 17h00 à 23h00	2,0	1,0
	De 23h00 à 07h00	2,0	1,0
	Moyenne	2,0	1,0
Moyenne		7,4	3,1
$(\phi_{int,Oc} + \phi_{int,A})$		est le flux de chaleur des occupants et des appareils, exprimé en Watts	
A_f		est la surface de plancher climatisé, exprimée en mètres carrés	

Notez que $\phi_{int,A}$ n'inclus pas les gains liés à l'éclairage. Pour des calculs détaillés, les parts de gains convectifs et radiatifs sont chacune de 50 %, sauf indication contraire.

Tableau 1-20 : Gains internes dans des bureaux. (pmp, consulté le 23 août 2013)

Affectation	Calcul du besoin net de chaud (W/m ²)	Calcul du besoin net de froid (W/m ²)
Bureaux	3,5	4

Tableau 1-21 : Valeurs de benchmark de gains internes pour des bâtiments typiques de bureaux. (CIBSE, 2006)

Utilisation	Densité d'occupation (m ² /pers)	Gains de chaleur sensible (W/m ²)			Gains de chaleur latente (W/m ²)	
		Occupant	Eclairage	Equipements	Occupants	Autre
Normale (à 24°C et 50% d'humidité relative)	4	20	12	25	15	-
	8	10	12	20	7,5	-
	12	6,7	12	15	5	-
	16	5	12	12	4	-
	20	4	12	10	3	-
Générale	12	6,7	8-12	15	5	-
	16	5	8-12	12	4	-
Centre urbain	6	13,5	8-12	25	10	-
	10	8	8-12	18	6	-
Négociation	5	16	12-15	40+	12	-
Etage 'call-center'	5	16	8-12	60	12	-
Salle de conférence	3	27	10-10	5	20	-
Salle informatique	0	0	8-12	200	0	-

Tableau 1-22 : Charges thermiques et électriques installés. (CIBSE, 2004)

Charges	Type de bâtiment (ou de charge)	Charge (W/m ²)
Charge de chauffage	Classiques	90
	De bureaux	70
Charges de refroidissement totales	Immeuble de bureaux classique	125
	Zones intérieures (à plus de 7 m des fenêtres)	75
	Zones périphériques (jusqu'à 6 m) :	
	65 % vitrage	180
	60 % vitrage	120
	Bâtiment classique :	
	Vente au détail	140
	Banques	160
	Restaurants	220
	Hôtels	150-300
	Cyber café	400 (approximativement)
Gains de chaleur solaire pour fenêtre avec stores intérieurs :	Façade Sud (juin-sept)	250 (W/m ² de vitrage)
	Façades Est-Ouest (juin-sept)	150 (W/m ² de vitrage)
Autres gains de chaleur (bureaux)	Occupants	10
	Éclairage	12
	Machines de bureau	15-25
Charges électriques de service	Éclairage	10-12 (2,5 W/m ² /100lux)
	Petite puissance	15-45
	Conditionnement de l'air	60
	Ascenseurs	10
	Petites pièces informatiques	200-400 (surface nette)
	Centrale téléphonique / centre d'appel	500-1000 (surface nette)

1.3. Autres programmes

Le Tableau 1-23 fait l'inventaire des formules de calcul disponibles pour l'évaluation des gains internes dans des bureaux. Ce tableau est complété des Tableau 1-24 à Tableau 1-26 et du Tableau 1-3.

Le Tableau 1-27 propose non plus des formules mais des valeurs de référence pour les gains internes des espaces de bureau. Il est complété des Tableau 1-28 à Tableau 1-30.

Enfin, comme pour les programmes précédents, les valeurs du Guide F du CIBSE (CIBSE, 2004) sont présentées au Tableau 1-31.

Tableau 1-23 : Formules de référence pour le calcul des gains internes dans des espaces tertiaires autres que les bureaux

Source	Gains considérés	Formules	Définition paramètres
(ISO13790, 2008)	La chaleur métabolique des occupants et la chaleur dissipée par les appareils, la chaleur dissipée par les dispositifs d'éclairage, la chaleur dissipée par ou absorbé par l'eau chaude, eau froide et d'égouts, la chaleur dissipée par ou absorbée par les systèmes de ventilation de chauffage, de refroidissement et, la chaleur dissipée par ou absorbé par des processus et des biens	$Q_{int} = A_f \left(\frac{Q_p}{A_p} + f_E q_E \right)$	Q_{int} = valeur moyenne de gain interne de chaleur normalisée selon la surface de plancher climatisée d'un bâtiment (W) A_f = surface de plancher climatisée utilisée pour le calcul A_p = surface de plancher par personne (taux d'occupation) Q_p = gain de chaleur moyen par personne q_E = quantité d'électricité utilisée par unité de surface de plancher f_E = fraction de la consommation électrique totale utilisée dans le bâtiment, à savoir la part d'électricité qui est transformée en chaleur dans le volume protégé du bâtiment. Ce facteur est égal à 1 si aucun appareil n'est utilisé à l'extérieur du volume protégé voir exemple de données dans le Tableau I-16.
(Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014	Les sources de chaleur internes considérées sont : les personnes, l'éclairage, les ventilateurs et autres appareils. On détermine la production mensuelle interne de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage et les calculs de refroidissement comme ci-contre. Il existe une méthode détaillée pour les gains internes liés aux ventilateurs, que nous ne reprenons pas ici. Notons également qu'il s'agit ici d'une méthode statique de calcul des gains internes.	$Q_{i,heat,fct f,m} = \psi_{i,heat,fct f,m} \cdot t_m$ $Q_{i,cool,fct f,m} = \psi_{i,cool,fct f,m} \cdot t_m$ où : $\psi_{i,heat,fct f,m} = 0,8 \left(f_{real,fct f} \cdot f_{pres,fct f} \cdot n_{design,fct f} \cdot q_{i,pers,fct f} + q_{i,app,fct f} \cdot A_{f,fct f} + \frac{(r_{light,fct f} \cdot W_{light,fct f,m} \cdot 3,6)}{t_m} + \frac{r_{fans,heat,fct f} \cdot W_{fans,fct f,m} \cdot 3,6}{t_m} \right)$ $\psi_{i,cool,sec i,m} = f_{real,fct f} \cdot f_{pres,fct f} \cdot n_{design,fct f} \cdot q_{i,pers,fct f} + q_{i,app,fct f} \cdot A_{f,fct f} + \frac{(r_{light,fct f} \cdot W_{light,fct f,m} \cdot 3,6)}{t_m} + \frac{r_{fans,cool,fct f} \cdot W_{fans,fct f,m} \cdot 3,6}{t_m}$ $Q_{i,heat,fct f,m}$ et $Q_{i,cool,fct f,m}$ = production mensuelle interne de chaleur de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage ou refroidissement (MJ)	

		$\psi_{i,heat,fct f,m}$ et $\psi_{i,cool,fct f,m}$ = flux de chaleur moyen, dû à la production interne de chaleur dans de la partie fonctionnelle f pour les calculs de chauffage ou refroidissement (W) $q_{i,pers,fct f}$ = production de chaleur interne spécifique moyenne dans la partie fonctionnelle f considérée, résultant des personnes, reprise au Tableau I-17 (W/pers) $f_{real,fct f}$ = rapport conventionnel entre l'occupation réelle moyenne pendant les heures d'utilisation et l'occupation maximale de conception (-). Il est déterminé par partie fonctionnelle selon les valeurs reprises au Tableau I-17. $f_{pres,fct f}$ = fraction de temps conventionnelle pendant laquelle des personnes sont présentes dans le bâtiment, déterminée par partie fonctionnelle selon les valeurs reprises au Tableau I-18. $n_{design,fct f}$ nombre de personnes qui se trouvent dans la partie fonctionnelle f conformément à l'occupation maximale pour laquelle les systèmes de ventilation ont été conçus (-). $q_{i,app,fct f}$ = production interne spécifique moyenne de chaleur dans la partie fonctionnelle considérée, résultant des équipements (W/m²) reprise au Tableau I-17. $A_{f,fct f}$ = surface d'utilisation de la partie fonctionnelle f considérée (m²). $r_{light,fct f}$ = facteur de réduction de la partie fonctionnelle f dont la valeur est égale à : 0.3 si la consommation d'énergie pour l'éclairage de la partie fonctionnelle f est déterminée selon la méthode forfaitaire ; 0.5 s'il y a une extraction sur au moins 70% des armatures d'éclairage présentes dans la partie fonctionnelle f considérée, pondérées par la puissance absorbée ; 1.0 dans les autres cas ; $W_{light,fct f,m}$ = production de chaleur interne mensuelle dans la partie fonctionnelle f, fournie par l'éclairage (kWh) $r_{fans,heat,fct f}$ et $r_{fans,cool,fct f}$ = facteur de réduction respectivement pour le chauffage et le refroidissement, dont la valeur est égale à : 0 s'il y a uniquement une extraction mécanique ; 0.6 s'il y a une ventilation mécanique double flux ; 0.8 s'il y a recyclage ou récupération de chaleur ; 0.3 s'il y a insufflation mécanique d'air et que la puissance des ventilateurs est déterminée selon la méthode forfaitaire; 0.5 dans les autres cas ; $W_{fans,fct f,m}$ = production de chaleur interne dans la partie fonctionnelle f considérée, fournie par les ventilateurs (kWh). t_m = longueur du mois considéré, en Ms, voir Tableau I-3.
--	--	---

Remarque : dans (ISO13790, 2008), la quantité q_E est utilisée afin de calculer les gains internes de chaleur. Il s'agit de l'électricité consommée sans tenir compte du chauffage, du refroidissement et de la production d'eau chaude sanitaire.

Tableau 1-24 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)

Données	Bâtiments d'éducation	Hôpitaux	Restaurants	Services commerciaux	Installations sportives	Salles de réunion	Bâtiments industriels	Entrepôts	Piscines intérieures	Unités
Température de consigne hivernale	20	22	20	20	18	20	18	18	28	°C
Température de consigne estivale	26	26	26	26	26	26	26	26	28	°C
Surface par personne (occupation)	10	30	5	10	20	5	20	100	60	m²/pers.
Flux de chaleur moyen par personne	70	80	100	90	100	80	100	100	60	W/pers.
Gains métaboliques par surface de plancher climatisé	7,0	2,7	20,0	9,0	5,0	16,0	5,0	1,0	3,0	W/m²
Période de présence par jour (moyenne mensuelle)	4	16	3	4	6	3	6	6	4	h
Consommation électrique annuelle par surface de plancher climatisé ^a	10	30	30	30	10	20	20	6	60	kWh/m²
Part d'électricité utilisée dans le volume climatisé du bâtiment	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	-
Débit d'air extérieur par surface de planché climatisé ^a	0,7	1,0	1,2	0,7	0,7	1,0	0,7	0,3	0,7	m³/(h.m²)
Débit d'air extérieur par personne	7	30	6	7	14	5	14	30	14	m³/(h.pers)
Besoin de chaleur pour l'eau chaude par surface de planché climatisé ^a	10	30	60	10	80	10	10	1,4	80	kWh/m²
^a Ces chiffres se réfèrent à la zone conditionnée brute, calculée avec des dimensions extérieures du bâtiment. Cette zone comprend tous les espaces climatisés contenus à l'intérieur de la couche d'isolation thermique.										

Tableau 1-25 : Gains de chaleur internes résultant des personnes et des appareils et fraction d'occupation réelle, par fonction. ((Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014)

Destination	Charge de chaleur interne due aux personnes $q_{i,pers,fct f}$ (W/pers)	Charge de chaleur interne des équipements : $Q_{i, app, fct f}$ (W/m ²)	Fraction d'occupation réelle : $f_{real, fct f}$ (-)
Hébergement	100	2	0,21
Bureaux	100	3	0,30
Enseignement	100	1	0,50
Soins de santé :			
Avec occ. noct.	100	4	0,80
Avec occ. noct.	100	3	0,50
Salle d'opération	100	4	0,20
Rassemblement:			
Occ. importante	100	2	0,30
Faible occupation	100	1	0,30
Cafétaria/réfectoire	100	2	0,30
Cuisine	100	5	0,80
Commerce	100	3	0,30
Inst. sportive			
Hall de sport/gym.	300	1	0,30
Fitness/danse	300	1	0,30
Sauna/piscine	300	1	0,30
Locaux techniques	100	5	0,05
Communs	100	1	0,15
Autre	100	3	0,30
Inconnue	100	2	0,30

Tableau 1-26 : Profil conventionnel d'occupation pour chaque fonction. ((Gouvernement-wallon, 2008) avec modifications de la version 8 du 07/07/2014)

Destination	Fraction d'occupation par semaine : $f_{pers, fct f} (-)$
Hébergement	1,00
Bureaux	0,30
Enseignement	0,30
Soins de santé :	
Avec occ. noct.	1,00
Avec occ. noct.	0,30
Salle d'opération	1,00
Rassemblement:	
Occ. importante	0,54
Faible occupation	0,54
Cafétaria/réfectoire	0,30
Cuisine	0,36
Commerce	0,43
Inst. sportive	
Hall de sport/gym.	0,50
Fitness/danse	0,50
Sauna/piscine	0,50
Locaux techniques	1,00
Communs	Le profil d'occupation dépend des fonctions desservies
Autre	0,30
Inconnue	0,54

Tableau 1-27 : Valeurs de référence des gains internes des espaces tertiaires autres que bureaux

Source	Gains considérés	Valeurs
(ISO13790, 2008)	La chaleur métabolique des occupants et la chaleur dissipée par les appareils, la chaleur dissipée par les dispositifs d'éclairage, la chaleur dissipée par ou absorbé par l'eau chaude, eau froide et d'égouts, la chaleur dissipée par ou absorbée par les systèmes de ventilation de chauffage, de refroidissement et, la chaleur dissipée par ou absorbé par des processus et des biens : $(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})/A_f$ avec $(\psi_{int,oc} + \psi_{int,A})$ = flux de chaleur des occupants et des appareils (W) et A_f = surface de plancher climatisé (m²)	Voir Tableau I-19.
(pmp, consulté le 23 août 2013) Annexe 21 : du Vade-mecum PHPP Tertiaire - Apports internes - Après 6 mars 2012	Nous avons fixé les apports internes pour les écoles en nous basant sur les données du PHPP et des annexes 17 et 18 du présent vademécum. Pour d'autres affectations, des valeurs partielles sont données dans le Tableau I-18. Pour les valeurs d'apports internes non définies dans le tableau, nous proposons de suivre la méthode suivante : La valeur des apports internes à considérer est différente en fonction qu'on réalise le calcul des besoins nets de chauffage ou celui des besoins nets de refroidissement. Pour le calcul des besoins nets de chauffage, les apports internes à considérer sont égaux à la somme des apports mentionnés dans les Tableaux I-20 (Average heat flow rate from appliance) et I-9 (page 15) (Metabolic gain per conditioned floor area) de la norme ISO 13790 (ISO, 2008) disponible plus haut dans ce document. Pour le calcul des besoins nets de refroidissement, les apports internes à considérer sont égaux à la somme des apports mentionnés dans les Tableaux I-20 (Average heat flow rate from appliance) et I-9 (page 15) (Metabolic gain per conditioned floor area) de la norme ISO 13790 (ISO, 2008) (disponible plus haut dans ce document) auquel on ajoute les apports liés aux équipements. Ces derniers sont évalués par le concepteur. Ce paramètre influence fortement les résultats, nous conseillons donc vivement au concepteur de faire valider les valeurs d'apports internes auprès de l'expert passif dès les premières esquisses du projet.	
(ISO7730, 2005)	Valeurs de gains internes liés à l'activité pour la conception de grands magasins et jardin d'enfants	81 W/m² 93 W/m²
(CIBSE, 2006)	Valeurs de gains internes issues d'un benchmarking pour des bâtiments typiques : aéroport, gare, commerce, enseignement, hôpital, loisir	Voir Tableau I-21.

Tableau 1-28 : Flux de chaleur des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs globales en fonction du l'usage du bâtiment non résidentiel. (ISO13790, 2008)

Utilisation du bâtiment	Chaleur produite par l'appareil durant son utilisation : $\psi_{int,A}/A_f$ (W/m²)	Fraction du temps présent : f_{app}	Flux de chaleur moyen des appareils $\psi_{int,A}/A_f$ (W/m²)
Education	5	0,15	1
Soin de santé, clinique	8	0,50	4
Soin de santé, hors clinique	15	0,20	3
Restauration	10	0,25	3
Commerces	10	0,25	3
Assemblée	5	0,20	1
Hébergement	4	0,50	2
Cellule et pénitenciaire	4	0,50	2
Sport	4	0,25	1
$\psi_{int,A}$	Flux de chaleur des appareils (W), considéré comme 50% convectif – 50% radiatifs dans les simulations		
A_f	Surface de plancher conditionnée (m²)		

Notez que $\psi_{int,A}$ n'inclus pas les gains liés à l'éclairage. Pour des calculs détaillés, les parts de gains convectifs et radiatifs sont chacune de 50 %, sauf indication contraire.

Tableau 1-29 : Gains internes dans les bâtiments du secteur tertiaire. (pmp, consulté le 23 août 2013)

Affectation	Calcul du besoin net de chaud (W/m ²)	Calcul du besoin net de froid (W/m ²)
École	2,8	8
Résidence assistée	4,1	-
Commerces	-	12
Hall de sport	6	-

Tableau 1-30 : Valeurs de benchmark de gains internes pour des bâtiments typiques. (CIBSE, 2006)

Type de bâtiment	Utilisation	Densité d'occupation (m²/pers)	chaleur sensible (W/m²)			chaleur latente (W/m²)
			Occupant	Eclairage	Equipements*	
Aéroport et gare ^{&}	Hall d'aéroport	0,83	75	12	5	4
	Check-in	0,83	75	12	5	50
	Porte d'embarquement	0,83	75	15	5	50
	Douane/ immigration	0,83	75	12	5	50
	Espaces de circulation	10	9	12	5	6
Commerce	Centres commerciaux	2-5	16-40	6	0	12-30
	Commerces au détail	5	16	25	5	12
	Aire de restauration	3	27	10	*	20
	Supermarchés	5	16	12	*	12
	Grands magasins :					
	Bijouterie	10	8	55	5	6
	Mode	10	8	25	5	6
	Éclairage	10	8	200	5	6
	Porcelaine/verre	10	8	32	5	6
	Parfum	10	8	45	5	6
	Autre	10	8	22	5	6
Enseignement	Amphithéâtres	1,2	67	12	2	50
	Espaces d'enseignement	1,5	53	12	10	40
	Salles de séminaire	3	27	12	5	20
Hôpital	Pavillon	14	57	9	3	4,3
	Salles d'examen	10	8	15	3	6
	Salles d'opération	5	16	25	60	12
Loisir	Réception d'hôtel	4	20	10-20	5	15
	Salle de banquet/conférence	1,2	67	10-20	3	50
	Restaurant	3	27	10-20	5	20
	Bars/salons	3	27	10-20	5	20

[&] : La densité exacte dépendra de l'aéroport, de la capacité de l'avion, du type de configuration et du débit de passagers. Le nombre de passagers absolu, s'il est disponible, est une base de conception plus appropriée.

* : Les gains d'équipements ne permettent pas compte de grands équipements dans les locaux de service tels que les photocopieurs lourds et machines distributrices.

Tableau 1-31 : Charges thermiques et électriques installés. (CIBSE, 2004)

Charges	Type de bâtiment (ou de charge)	Charge (W/m²)
Charge de chauffage	Classiques	90
	Industriels	80
	D'éducation	100
	De vente au détail	110
Charges de refroidissement totales	Zones intérieures (à plus de 7 m des fenêtres)	75
	Zones périphériques (jusqu'à 6 m) :	
	65 % vitrage	180
	60 % vitrage	120
	Bâtiment classique :	
	Vente au détail	140
	Banques	160
	Restaurants	220
	Hôtels	150-300
	Cyber café	400 (approximativement)
Gains de chaleur solaire (Fenêtre avec stores intérieurs)	Façade Sud (juin-sept)	250 (W/m² de vitrage)
	Façades Est-Ouest (juin-sept)	150 (W/m² de vitrage)
Autres gains de chaleur (bureaux)	Occupants	10
	Éclairage	12
	Machines de bureau	15-25
Charges électriques de service	Éclairage	10-12 (2,5 W/m²/100lux)
	Petite puissance	15-45
	Conditionnement de l'air	60
	Ascenseurs	10
	Petites pièces informatiques	200-400 (surface nette)
	Centrale téléphonique / centre d'appel	500-1000 (surface nette)

2. Gains métaboliques

Les gains métaboliques peuvent être vus comme :

$$Q_{\text{occupant}} = \#_{\text{occupants}} \cdot \tau_{\text{presence}} \cdot P_{\text{nominale/occupant}} \cdot F_{\text{ct}_{\text{horaire}}}$$

Des valeurs relatives au nombre d'occupants sont présentées au point 2.1. Des valeurs relatives au taux de présence sont présentées au point 2.2. Des valeurs de puissance nominale par occupant sont présentées au point 2.3. Enfin, afin d'établir l'emploi du temps des occupants, il est possible de se baser sur l'« Enquête emploi du temps des belges » disponible sur le site du SPF Economie¹ dont certains éléments sont repris au point 2.4.

2.1. Nombre d'occupants / densités d'occupation

2.1.1. Densité d'occupation – valeurs générales

Nous commençons par présenter, dans le Tableau 2-1 des valeurs de densité d'occupation pour tous types d'espaces. Ensuite, nous présentons des valeurs et considérations particulière d'une part pour les écoles (point 1.1.1) et, d'autre part, pour le résidentiel (2.1.3).

¹ <http://statbel.fgov.be/fr/statistiques/chiffres/travailvie/temps/emploi/>

Tableau 2-1 : Surface de plancher nette par personne. (ISO13790, 2008; NBN-EN-13779, 2007; NBN-EN-15251, 2007)

	(NBN-EN-13779, 2007)	(NBN-EN-15251, 2007)	(ISO13791, 2004)	(ISO13790, 2008)
Horeca	Surface au sol (m²/personne)			
Restaurants, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktails bars	1,5 (entre 1,2 et 5)	1,5		5
Cuisines, kitchenettes	10			
Résidentiels, Hôtels, motels, centres de vacance	Surface au sol (m²/personne)			
Chambre à coucher	10 (5 à 20)			
Dortoir de centre de vacances	5			
Lobby, hall d'entrée, Salle de réunion, espace de rencontre, salle polyvalente	2			
Maisons unifamiliales				60
Blocs d'appartements				40
Immeubles de bureaux	Surface au sol (m²/personne)			
Bureaux (fermé)	15	10	6	
Bureau paysager	12 (7<...<20)	15		20
Petit bureau	8<...<12			
Bureau de direction			33	
Locaux de réception, réception, salles de réunion, salle de conférence et aire de circulation	3 – 3,5 (2<... <5)	2	2	5
Entrée principale	10			
Lieux publics	Surface au sol (m²/personne)			
Hall des départs, salle d'attente	1			

Bibliothèque	10	
Lieux de rassemblement publics		Surface au sol (m²/personne)
Eglises et autres bâtiments religieux, bâtiments gouvernementaux, salles d'audiences, musées et galeries	2.5	
Commerce		Surface au sol (m²/personne)
Local de vente, magasin (sauf centres commerciaux)	7	7
Grand magasin	4 (3 à 8)	10
Centre commercial	2.5	
Salon de coiffure, institut de beauté	4	
Magasin de meubles, tapis, textiles...	20	
Supermarché, grand magasin, magasin spécialisé pour animaux	10	10
Laverie automatique	5	
Sports et loisirs		Surface au sol (m²/personne)
Hall de sports, stades (salles de jeux), salle de gymnastique	3.5	
Vestiaires	2	
Espace des spectateurs, tribunes, Discothèques, dancings	1	
Club sportif : salle d'aérobic, salle de fitness, club de bowling	10	20
Piscine intérieure		60
Locaux de travail		Surface au sol (m²/personne)
Studio de photographie, chambre noire, Pharmacie (local de préparation), Local de photocopie / local des imprimantes	10	
Salle des guichets dans les banques, salle des coffres destinées au public	20	

Local informatique (sans local des imprimantes)	25		
Etablissements d'enseignement		Surface au sol (m²/personne)	
Salle des cours	4		
Salle de classe	2,5 (2 à 5)	2	
Salle polyvalentes	1		10
Ecole maternelle		2	
Auditoire		0,75	
Soins de santé		Surface au sol (m²/personne)	
Salle commune	10		
Salle de traitement et d'examen, Salle d'opération et d'accouchement, salle de réveil et soins intensifs, salle de kinésithérapie, de physiothérapie	5		Hôpitaux : 30
Salle d'hôpital	10 (5 à 15)		
Etablissements pénitentiaires		Surface au sol (m²/personne)	
Cellules, salles communes	4		
Postes de surveillance	7		
Inscription, enregistrement, salle de garde	2		
Autres espaces		Surface au sol (m²/personne)	
Autres espaces	15		
Bâtiments industriels			20
Entrepôts			100

2.1.2. Densité d'occupation des écoles

Dans l'enseignement, les nombres d'élèves par instituteur dans le primaire et par classe dans le secondaire sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2-2 : Nombres d'élèves par instituteur dans le primaire et par classe dans le secondaire.
(Enseignons.be, 2010b; Gouvernement, 2012)

Type d'enseignement		Primaire	Secondaire			
			Général	T. transition	T. qualification	Professionnel
Nombre d'élèves		Par instituteur	Par classe			
1 ^{er} degré	Moyenne maximale	20	-	-	-	-
	Maximum	24	24	24	24	24
2 ^{ième} degré	Moyenne maximale	24	26	26	25	19
	Maximum	28 (RW) - 29 (BXL)	29	29	28	22
3 ^{ième} degré	Moyenne maximale	24	29	26	25	22
	Maximum	28 (RW) - 29 (BXL)	32	29	28	25

2.1.3. Résidentiel - Composition des ménages

Nous rassemblons ci-après des informations portant sur la composition des ménages, leur proportion et leur répartition.

Du communiqué de presse de la politique scientifique fédérale portant sur « Ménages et familles en Belgique » (La-politique-scientifique-fédérale-en-collaboration-avec-la-direction-générale-statistique-et-information-économique, 2009) et basé essentiellement sur la monographie du même nom (Deboosere et al., 2009) analysant l'évolution depuis 1970 mais surtout entre 1991 et 2006, on peut retenir les points suivants :

- La progression du nombre de ménages (+33%) est plus rapide que la croissance de la population (+7%), ce qui implique une diminution de la taille des ménages.
- La taille moyenne des ménages continue de baisser, passant de 2,98 membres en 1970 à 2,39 en 2001 (2,06 à Bruxelles, 2,46 en Flandre et 2,40 en Wallonie). Les chiffres de 2008 issus de (Belgian-Federal-Government, 2013a) sont disponible ci-après.
- La moitié des ménages bruxellois sont composés de personnes isolées.

Le Tableau II-3 présente l'évolution de la taille des ménages entre 1991 et 2008 par région. On observe alors que la taille de ménage tend à diminuer au niveau national. Ce phénomène apparaît également dans l'ensemble des régions à l'exception de la Région de Bruxelles-Capitale pour laquelle la tendance est moins nette. Par ailleurs, c'est en Région Flamande et dans la Communauté Germanophone que l'on retrouve les ménages les plus gros en moyenne. Par contre, les ménages sont en moyenne les plus petits à Bruxelles, avec 50% de ménages composés d'une seule personne. « En 2001, les ménages composés d'une ou deux personnes constituent 63,1 % de l'effectif, soit presque les deux tiers des ménages privés. » (Deboosere et al., 2009) Le Tableau II-5 décrit la répartition des ménages en fonction de leur composition par Région.

La monographie de Deboosere et al. (Deboosere et al., 2009) propose également des tableaux présentant la répartition des ménages en fonction du nombre de personnes qui les composent, au niveau national et par Région. On y trouve également des cartes présentant la répartition de la taille moyenne des ménages, le nombre de ménages d'isolés, le nombre de ménages composés de cinq personnes ou plus, les femmes mariées de 20 à 24 ans avec enfants ou les hommes de 25 à 29 ans vivant encore chez leurs parents, par commune. Aussi, certains graphiques présentent l'évolution de la situation familiale (en distinguant les hommes et les femmes) par tranche d'âge.

On dispose aussi d'informations sur les ménages sans emploi. Elles sont reprises aux Tableau 2-6 et Tableau 2-7.

Tableau 2-3 : Structure de la population selon les ménages : taille moyenne par année et par région - Taille moyenne des ménages privés au 1er janvier, par année (1991 – 2008) et par région. (Belgian-Federal-Government, 2013b)

ENTITÉ	1991 (1)	1998 (2)	2000	2004	2005	2006	2007	2008
Belgique	2,49	2,41	2,39	2,33	2,33	2,32	2,31	2,31
Région de Bruxelles-Capitale	2,04	2,02	2,03	2,03	2,03	2,04	2,04	2,05
Région flamande	2,58	2,48	2,45	2,40	2,39	2,38	2,37	2,36
Région wallonne	2,49	2,42	2,39	2,33	2,32	2,31	2,30	2,30
dont Com. germanophone	2,59	2,50	2,47	2,41	2,40	2,39	2,38	2,37

(1) Source : Recensements généraux au 1er mars 1991.

(2) La taille moyenne des ménages issue du traitement du Registre national des personnes physiques n'est disponible qu'à partir du 1er janvier 1998.

Le taux de fécondité des femmes belges et des autres pays européens est repris ci-dessous :

Tableau 2-4 : Indices synthétiques de fécondité (ISF) dans quelques pays européens en 2002-2003.
(Deboosere et al., 2009)

Pays	2002/2003	Pays	2002/2003
Belgique	1,62	Espagne	1,30
Pays-Bas	1,75	Italie	1,29
France	1,89	Royaume-Uni	1,71
Allemagne	1,31	Irlande	1,98
Danemark	1,76	Pologne	1,22
Suède	1,71	Hongrie	1,28
Autriche	1,38	Tchéquie	1,18
Suisse	1,39	Slovaquie	1,20
		Slovénie	1,20

Source : (Council-of-Europe/Conseil-de-l'Europe, 2005), p. 76

Tableau 2-5 : Noyaux familiaux au premier janvier 2008, par région et selon le nombre d'enfants. (Belgian-Federal-Government, 2013a)

Année au 1er janvier	Epoux sans enfants	Epoux avec enfants			Pères avec enfants			Mères avec enfants			Total	
		1 enfant	2 enfants	3 enfants et plus	1 enfant	2 enfants	3 enfants et plus	1 enfant	2 enfants	3 enfants et plus	Noyaux familiaux	Enfants
Belgique	983.136	450.160	454.664	225.724	129.966	62.924	17.511	282.011	138.427	56.460	2.800.983	3.185.620
Région de Bruxelles-Capitale	65.980	34.238	32.728	25.407	10.249	5.057	1.744	33.284	16.177	7.715	232.579	309.201
Région Flamande	635.170	279.742	288.690	128.047	70.323	33.814	8.320	135.150	66.835	23.998	1.670.089	1.800.378
Région Wallonne	281.986	136.180	133.246	72.270	49.394	24.053	7.447	113.577	55.415	24.747	898.315	1.076.041
Dont Communauté germanophone	6.847	3.197	3.984	1.835	684	320	88	1.560	840	278	19.633	22.961

(1) Source : Recensements généraux au 1er mars 1991.

(2) Les données des noyaux familiaux issues du traitement du Registre national des personnes physiques n'existent qu'à partir du 1er janvier 1998.

Tableau 2-6 : Pourcentage d'adultes (18-59 ans) vivant dans un ménage au sein duquel personne n'exerce d'emploi rémunéré. (Belgian-Federal-Government, 2013c)

Pourcentage d'adultes (de 18 à 59 ans)*	Région de Bruxelles-Capitale			Région flamande			Région wallonne			Total		
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total
2001	19,0%	22,7%	20,8%	7,9%	11,9%	9,8%	14,8%	19,8%	17,3%	11,1%	15,5%	13,3%
2002	20,5%	23,3%	21,9%	8,2%	12,2%	10,2%	15,5%	21,7%	18,6%	11,7%	16,4%	14,0%
2003	22,3%	25,2%	23,8%	9,0%	12,4%	10,7%	15,7%	20,6%	18,2%	12,4%	16,3%	14,4%
2004	19,8%	23,2%	21,5%	7,9%	11,7%	9,8%	15,9%	21,4%	18,6%	11,6%	16,0%	13,8%
2005	19,4%	23,4%	21,4%	8,0%	11,3%	9,6%	15,9%	20,6%	18,2%	11,6%	15,6%	13,6%
2006	21,2%	24,4%	22,8%	7,9%	10,5%	9,2%	15,8%	21,3%	18,5%	11,7%	15,4%	13,6%
2007	20,5%	23,4%	22,0%	6,8%	9,0%	7,9%	14,4%	19,6%	17,0%	10,6%	13,9%	12,3%
2008	17,5%	21,7%	19,6%	6,8%	9,1%	7,9%	14,6%	19,2%	16,9%	10,4%	13,7%	12,0%
2009	19,9%	22,3%	21,1%	7,3%	9,7%	8,5%	15,9%	19,4%	17,7%	11,4%	14,2%	12,8%
2010	19,4%	22,8%	21,1%	7,2%	9,5%	8,3%	15,1%	19,4%	17,2%	11,0%	14,1%	12,5%
2011	22,5%	23,2%	22,8%	7,4%	9,8%	8,6%	15,4%	19,1%	17,3%	11,5%	14,2%	12,9%
2012	20,6%	22,8%	21,7%	7,6%	9,7%	8,6%	15,7%	18,4%	17,0%	11,6%	13,9%	12,7%

*Les étudiants de 18-24 ans qui vivent dans un ménage constitué exclusivement d'étudiants de 18-24 ans ne sont pris en compte ni au numérateur ni au dénominateur.

Tableau 2-7 : Pourcentage d'enfants (0-17ans) vivant dans un ménage au sein duquel personne n'exerce d'emploi rémunéré. (Belgian-Federal-Government, 2013c)

Pourcentage d'enfants (0-17ans)	Région de Bruxelles-Capitale			Région flamande			Région wallonne			Total		
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total
2001	22,5%	23,8%	23,1%	6,7%	6,8%	6,7%	16,8%	17,9%	17,3%	11,6%	12,2%	11,9%
2002	25,8%	25,0%	25,4%	7,3%	7,3%	7,3%	18,4%	19,3%	18,9%	13,0%	13,2%	13,1%
2003	28,5%	27,2%	27,9%	8,0%	7,8%	7,9%	17,9%	17,3%	17,6%	13,5%	13,0%	13,2%
2004	23,2%	25,0%	24,1%	6,9%	6,9%	6,9%	19,3%	20,0%	19,7%	12,8%	13,3%	13,0%
2005	27,1%	25,8%	26,5%	6,6%	7,0%	6,8%	17,6%	19,2%	18,4%	12,5%	13,1%	12,8%
2006	25,1%	25,8%	25,5%	6,9%	6,1%	6,5%	18,1%	19,5%	18,8%	12,6%	12,8%	12,7%
2007	24,6%	26,7%	25,7%	6,2%	5,2%	5,7%	17,5%	18,5%	18,0%	12,0%	12,0%	12,0%
2008	23,9%	24,0%	23,9%	5,8%	5,9%	5,9%	16,5%	15,7%	16,1%	11,4%	11,2%	11,3%
2009	23,4%	23,4%	23,4%	6,0%	6,1%	6,0%	17,4%	18,0%	17,7%	11,7%	12,0%	11,8%
2010	25,0%	24,0%	24,5%	5,7%	6,1%	5,9%	18,2%	19,2%	18,7%	12,0%	12,5%	12,2%
2011	27,7%	25,3%	26,5%	7,1%	7,2%	7,2%	17,2%	16,0%	16,6%	12,8%	12,2%	12,5%
2012	22,0%	23,4%	22,7%	6,7%	6,2%	6,4%	16,5%	16,7%	16,6%	11,7%	11,7%	11,7%

2.2. Taux de présence

2.2.1. Valeurs génériques

La norme (ISO13790, 2008) propose des périodes de présence par jour, en moyenne mensuelle. Ces valeurs sont reprises dans le Tableau II-8 ci-dessous.

Tableau 2-8 : Exemple de données conventionnelles liées à l'occupation. (ISO13790, 2008)

	Maisons unifamiliales	Blocs d'appartements	Bureaux	Bâtiments d'éducation	Hôpitaux	Restaurants	Services commerciaux	Installations sportives	Salles de réunion	Bâtiments industriels	Entrepôts	Piscines intérieures
Période de présence par jour (moyenne mensuelle) en heures	12	12	6	4	16	3	4	6	3	6	6	4

Par ailleurs, le journal Référence (Heyse, 2012) a publié un article traitant de temps de travail des belges. Il y est indiqué que si une semaine de travail compte officiellement 38 heures en Belgique, les choses sont différentes en pratique. En effet, il y a par exemple les entreprises qui optent pour une semaine de 40 heures et douze jours de congé supplémentaires et les travailleurs à temps partiel (volontaire ou non). En moyenne, selon une enquête menée auprès de 63.000 répondant, la semaine d'un travailleur belge est de 39,88 heures. Il apparaît que le nombre d'heures réellement prestées ainsi que le nombre d'heures supplémentaires augmentent avec le niveau hiérarchique du travailleur, comme illustré dans le Tableau II-10.

Tableau 2-9 : Nombres d'heures de travail des belges. (Heyse, 2012)

Heures de travail	À temps partiel	À temps plein	En moyenne
Heures effectivement prestées	30,51	42,76	39,88
Heures selon le contrat	27,35	38,08	35,90
Heures supplémentaires	3,14	4,66	3,94

Tableau 2-10 : Nombres d'heures de travail en fonction du niveau hiérarchique du travailleur. (Heyse, 2012)

Heures de travail	Cadre supérieur	Cadre moyen	Collaborateur professionnel	Personnel d'exécution	Personnel administratif
Heures effectivement prestées	49,67	45,31	42,19	40,49	39,05
Heures selon le contrat	38,09	37,96	38,03	37,51	37,79
Heures supplémentaires	11,37	7,32	4,16	2,93	1,26

Source : Enquête salariale KU Leuven/Références/Vacature, novembre 2012

Beyens (Beyens, 2013) présente les dispositions générales en matière de durée de travail aussi bien en termes de limites minimales et maximales que de dérogations aux limites normales du temps de travail, en passant par les modalités de travail flexible. Nous ne reprenons ici que les grandes lignes de ces dispositions.

Tout d'abord, « la durée de travail est le « temps pendant lequel le travailleur est à la disposition de son employeur », et n'est pas à confondre avec la notion de « travail effectif » (le temps de travail comprend notamment les périodes de formation, le temps de déplacement entre deux lieux de travail pour le même employeur, le temps d'attente dans un service de garde...) ».

Les limites minimales et maximales de temps de travail sont définies dans la loi du 16 mars 1971. Selon ces limites, entre autres, la durée du temps de travail ne peut pas dépasser 8 heures par jour et 38 heures par semaine (en moyenne).

De plus, « en principe, chaque travailleur a droit à une interruption de travail d'au moins 11 heures consécutives par 24 heures. Cela signifie que celui qui arrête son travail le soir à 20 heures, ne pourra le reprendre que le lendemain matin à 7 heures au plus tôt. » (Service-Public-Fédéral-Belge, 2010)

2.2.2. Absentéisme au travail

SD Worx (SD-Worx, 2013) publie annuellement un rapport sur l'évolution de l'absentéisme en Belgique. Ils ont observé que l'absentéisme augmente de manière constante en Belgique (4,77% d'absentéisme total en 2012). En effet, l'absentéisme de courte durée est passé de 2,02% à 2,44% en onze ans et l'absentéisme de longue durée (plus d'un mois mais moins d'un an) a augmenté de 1,60% à 2,33%.

Par ailleurs, le taux d'absentéisme varie fortement en fonction des secteurs. Le secteur le plus touché est celui du non marchand (quaternaire) et particulièrement les soins de santé et l'aide sociale.

Il apparaît également que les travailleurs à temps partiel présentent un plus grand nombre d'heures d'absence (56 heures) que les employés à temps plein (43 heures). Les ouvriers (61 heures de maladie), et particulièrement ceux qui travaillent en équipe (63 heures), sont les plus grands absents.

Les meilleurs élèves en 2012 en termes d'absentéisme sont les PME de moins de 20 travailleurs (33 heures) et les moins bons sont les entreprises de plus de 1.000 travailleurs (54 heures de maladies). Finalement, le Tableau II-12 résume les taux d'absentéisme par type de profil pour l'année 2012. Des informations complémentaires sont disponibles dans le rapport annuel de SD Worx.

Tableau 2-11 : Croisement des catégories ouvriers – employé, homme – femmes et travailleurs temps plein – temps partiel. (SD-Worx, 2013)

	% d'absents dans ce segment	% de maladie avec carence	% de maladie > 1 mois et < 1 an
Ouvrier temps plein	61%	2,77%	2,90%
Ouvrier temps partiel	52%	2,80%	4,61%
Ouvrière temps plein	69%	3,82%	4,75%
Ouvrière temps partiel	63%	3,66%	6,08%
Employé temps plein	51%	1,58%	0,83%
Employé temps partiel	52%	2,28%	2,43%
Employée temps plein	64%	2,44%	1,56%
Employée temps partiel	62%	2,78%	2,82%

2.2.3. Absentéisme à l'école

Dans l'enseignement, le terme 'absentéisme' ne reprend que les absences injustifiées. De plus, les données disponibles se basent sur le nombre de dossiers d'absentéisme ouverts au cours d'une année. Ce type de dossier est ouvert à partir de 9 demi-journées d'absence dans l'enseignement fondamental (depuis le premier septembre 2007)(Parlement-de-la-Communauté-française, 2009) et de 31 demi-journées dans l'enseignement secondaire (Enseignons.be, 2010a). Au cours de l'année académique 2007-2008, l'absentéisme scolaire concernait 1,5% des élèves.

Le tableau ci-dessous reprend les données rassemblées :

Tableau 2-12 : Nombre de dossiers d'absences ouverts au cours des années 2007-2008 et 2011 en Communauté française.

Type d'enseignement	2007-2008			2011		
	Absents ¹	Total ²	Taux d'absentéisme	Absents ³	Total ²	Taux d'absentéisme
Fondamental	6.219	304.178	2,04 %	7.465	307.637	2,43 %
Secondaire	3.548	339.902	1,04 %	3.451	334.973	1,03 %

¹ (Parlement-de-la-Communauté-française, 2009) ; ² (Fédération-Wallonie-Bruxelles, 2012) ; ³(Enseignons.be, 2010a)

Notez alors que la Région bruxelloise comptait 20% des « brosseurs » renseignés en 2007-2008 en Communauté française.

Par ailleurs, l'Association des agents PMS des Communautés française et germanophone indiquent dans leur brochure de novembre 2006 (Brandenberg, 2009), sur base des cas d'absentéisme signalés dans un Athénée au cours de l'année académique 2005-2006, que le taux d'absentéisme de l'enseignement général est inférieur à celui de l'enseignement technique, lui-même inférieur à celui de l'enseignement professionnel, avec un total de 5%.

2.3. Puissance par occupant

Le Tableau 2-13 : Taux représentatifs auxquels la chaleur et l'humidité sont émises par les êtres humains dans différents états d'activité (ASHRAE, 2009; CIBSE, 2006; ISO7730, 2005; Liébard and De Herde, 2005; NBN-EN-13779, 2007) donne les taux représentatifs auxquels la chaleur sensible et l'humidité sont émis par les humains dans différents états de l'activité. Dans les espaces à haute densité, tels que les auditoriums, les gains de chaleur sensible et latente comportent une large fraction de la charge totale. Même pour une occupation à court terme, la chaleur sensible et l'humidité supplémentaires introduites par les occupants peuvent être importantes. Le Tableau II-14 résume les données de conception pour des conditions courantes.

Notez que Firlage et Murray (Firlag and Murray, 2013) ont analysé l'impact des gains d'humidité. Leur étude est disponible au chapitre V-1.

NOTE : 1 unité métabolique = 1 met = 58,2 W/m² de surface corporelle

Des informations complémentaires concernant le métabolisme énergétique sont données dans l'ISO 8996. Il est à noter que les personnes âgées peuvent souvent avoir une activité moyenne plus faible que les personnes plus jeunes.

Selon la DIN1946-2 (2013), l'homme génère une production de chaleur sensible (par la température du corps plus élevée que celle de l'ambiance) et de chaleur latente (par la production de vapeur d'eau en respiration et transpiration). Différentes valeurs de ces gains sont données dans la littérature. La norme DIN 1946-2 (*VDI-Lüftungsregeln*) est intéressante parce qu'elle propose des valeurs de chaleur sensible et latente et d'apports en eau pour différentes activités des occupants, allant du repos au travail lourd (voir Tableau II-15). Par ailleurs, les gains internes dans une crèche ont été répertoriés dans le Tableau II-16.

Enfin, le guide A du CIBSE (CIBSE, 2006) propose les gains liés à la présence d'animaux, valeurs reprises au Tableau 2-16.

Tableau 2-13 : Taux représentatifs auxquels la chaleur et l'humidité sont émises par les êtres humains dans différents états d'activité (ASHRAE, 2009; CIBSE, 2006; ISO7730, 2005; Liébard and De Herde, 2005; NBN-EN-13779, 2007)

Degré d'activité		Métabolisme énergétique (met)	Chaleur totale (W) ^e		Chaleur sensible (W) ^e	Chaleur latente (W) ^e	% chaleur sensible rayonnée		Apport en eau (g/h)
			Homme adulte	Adaptée, H/F ^a			Faible ^b	Elevée ^b	
Repos, couché		0,8	80		55				
Assis au théâtre / assis au repos	Théâtre, en matinée	1,0	100*-114-115	95	65-70	30	60	27	37
Assis au théâtre, la nuit	Théâtre, la nuit		115	105	70	35			
Assis, travail très léger	Bureaux, hôtels, appartement, école*	1,2	125-130	115	70-75	45			
Debout au repos			128						46
Travail de bureau modérément actif	Bureaux, hôtels, appartement		140-145**	130	75	55			61
Debout, travail léger ; marche	Magasin, industrie légère, laboratoire	1,6	160-170*-174**	130	75-85	55	58	38	99
Marche, debout	Drugstore, banque		160	145	75	70			
Travail sédentaire	Restaurant c		145	160	80	80			
Travail modéré	Vendeur, travail ménager, travail sur machine	2,0	197**-210		105				116
Travail de laboratoire léger / travail actif	Usine		232-235	220	80	140	49	35	141
Danse modérée	Salle de danse		265	250	90	160			

Marche à plat à du 2 km/h		1,9						
Marche à plat à du 3 km/h		2,4						
Marche à plat à du 4 km/h		2,8						
Marche à 4,8-5* km/h ; travail léger sur machine / travail intense	Usine	3,4	290**-295-360	295	110-120	185		213
Bowling ^d	Allée de bowling		440	425	170	255		
Travail lourd / travail pénible	Usine		406-440	425	170	255		319
Travail lourd sur machine, levage	Usine		470	470	185	285	54	19
Athlétisme	Gymnase		585	525	210	315		

^a Le gain adapté de chaleur est basé sur le pourcentage normal d'homme, de femmes et d'enfants pour l'application concernée, en considérant que les gains liés à une femme adulte valent 85 % de ceux d'un homme adulte et que ceux d'un enfant sont de 75 % de ceux d'un homme adulte.

^b Valeurs approximatives où *V* est la vitesse de l'air.

^c La valeur adaptée de gain de chaleur comprend 18 W pour la nourriture par personne (9 W de chaleur sensible et 9 W de chaleur latente).

^d Chiffre pour une personne par allée jouant au bowling et tous les autres étant assises (117W) ou debout ou marchant lentement (231 W).

^e Valeur arrondie pour un corps humain avec une surface d'échange de 1,8 m² par personne.

*source NBN-EN-13779, 2007 pour une température intérieure de 24°C

**source Liébard and De Herde, 2005

Tableau 2-14 : Gains internes liés aux occupants dans des espaces conditionnés. (DGO4 and Architecture-et-Climat, 2013)

DIN 1946-2 : Du repos à l'activité légère				
Température ambiante (°C)	Chaleur totale (W)	Chaleur sensible (W)	Chaleur latente (W)	Apports en eau (g/s)
18	125	100	25	35
20 ou 21	120	95	25	35
22	120	90	30	40
23	120	85	35	50
24	115	75	40	60
25	115	75	40	60
26	115	70	45	65
DIN 1946-2 : De l'activité légère à l'activité soutenue				
Température ambiante (°C)	Chaleur totale (W)	Chaleur sensible (W)	Chaleur latente (W)	Apports en eau (g/s)
18	190	125	65	95
20 ou 21	190	115	75	110
22	190	105	85	125
23	190	100	90	135
24	190	95	95	140
25	190	85	100	145
26	190	85	105	150
DIN 1946-2 : Activité lourde				
Température ambiante (°C)	Chaleur totale (W)	Chaleur sensible (W)	Chaleur latente (W)	Apports en eau (g/s)
18	270	155	115	165
20 ou 21	270	140	130	185
22	270	120	150	215
23	270	115	155	225
24	270	110	160	230
25	270	105	165	240
26	270	95	175	

Tableau 2-15 : Gains internes liés aux enfants dans une crèche (données de Jacques Giroul en 2009).

Catégorie	Période active		
	Met (Met)	Durée (heures/j)	Puissance (W)
Enfant : < 1 an	1,5	5	30
Enfant : 1 < < 2 ans	2,5	6	64
Enfant : > 2 ans	2,5	7	78
Adulte : femme de 35 ans	2,0	8	189
Catégorie	Période inactive		
	Met (Met)	Durée (heures/j)	Puissance (W)
Enfant : < 1 an	1,0	4	20
Enfant : 1 < < 2 ans	1,0	3	26
Enfant : > 2 ans	1,0	2	31
Adulte : femme de 35 ans	1,0	2	95

Tableau 2-16 : Valeurs estimées des émissions de chaleur sensible et latente des corps d'animaux à la température normale du corps. (CIBSE, 2006)

Animal	Emission de chaleur * (W)	
	Sensible	Latente
Souris	0,5	0,3
Hamster	1,6	0,4
Rat	3,7	1,2
Cochon de Guinée	4,6	2,2
Lapin	8,5	2,5
Chat	11,0	3,8
Singe	24,0	14,0
Chien	40,0	13,0
Chèvre	62,0	21,0
Mouton	81,0	29,0
Cochon	317,0	106,0
Pigeon	2,2	0,5
Poule	9,2	1,8

* : Basé sur une moyenne de 24 heures. Pendant les périodes de haute activité, la production de chaleur peut être le double de la moyenne estimée sur 24 heures.

2.4. Horaire d'occupation

Afin d'établir l'emploi du temps des occupants, il est possible de se baser sur l' « Enquête emploi du temps des belges », disponible sur le lien suivant : <http://www.time-use.be/tostat/statbel/>. Deux exemples de tableaux que l'on peut créer à partir des résultats sont présentés ci-dessous. Nous y présentons l'emploi du temps hebdomadaire moyen en fonction de la situation professionnelle, d'une part, et de l'âge, d'autre part. Il est également possible de générer ce type de tableau en fonction de la situation familiale par exemple.

Tableau 2-17 : Résultats de l'enquête sur l'emploi du temps (heures/semaines) : Emploi du temps en fonction de la situation professionnelle. (Politique-scientifique-fédérale, 2013)

Situation professionnelle (5 cat)	Etudiant	Mi-temps	Full-temps	Non-travailleur	Pension
Travail rémunéré	2:41	19:37	33:29	1:54	0:42
Tâches ménagères	6:26	23:07	14:25	27:24	23:59
Soins et éducation des enfants	0:25	2:54	1:40	2:51	0:54
Soins personnels	14:42	15:33	15:00	16:57	17:26
Sommeil et repos	65:41	62:31	59:00	66:13	66:37
Education	25:23	0:42	0:36	0:56	0:18
Contacts sociaux	10:32	10:54	9:55	11:58	11:25
Loisirs	31:39	21:51	22:10	31:20	39:02
Déplacements	10:24	10:45	11:37	8:14	7:22
Autres	0:08	0:07	0:07	0:12	0:15
#	2060	1220	4964	2106	2410

Tableau 2-18 : Résultats de l'enquête sur l'emploi du temps (heures/semaines) : Emploi du temps en fonction de l'âge. (Politique-scientifique-fédérale, 2013)

Âge	12 à 17 ans	18 à 24 ans	25 à 39 ans	40 à 54 ans	55 à 64 ans	65 à 75 ans	76 à 99 ans
Travail rémunéré	1:02	12:56	25:27	23:33	8:36	1:00	0:20
Tâches ménagères	5:08	8:53	16:56	21:04	24:53	25:02	20:02
Soins et éducation des enfants	0:30	0:48	4:21	1:06	1:13	0:55	0:12
Soins personnels	14:49	14:36	15:01	15:46	16:59	17:12	18:41
Sommeil et repos	68:26	63:21	60:57	60:28	62:40	66:19	74:19
Education	25:08	15:52	1:09	0:30	0:15	0:21	0:10
Contacts sociaux	8:49	12:14	10:16	10:48	11:29	11:39	8:48
Loisirs	35:12	27:43	22:33	23:50	32:56	37:46	39:39
Déplacements	8:49	11:31	11:10	10:48	8:47	7:29	5:42
Autres	0:08	0:06	0:10	0:07	0:12	0:18	0:07
#	1282	1270	3342	3330	1762	1444	370

Par ailleurs, les facteurs d'occupation recommandés par l'ASHRAE 90.1 en 2004 sont repris à la Figure II-1 pour les espaces du bureau. Pour le logement, nous vous renvoyons vers la section 1.4.

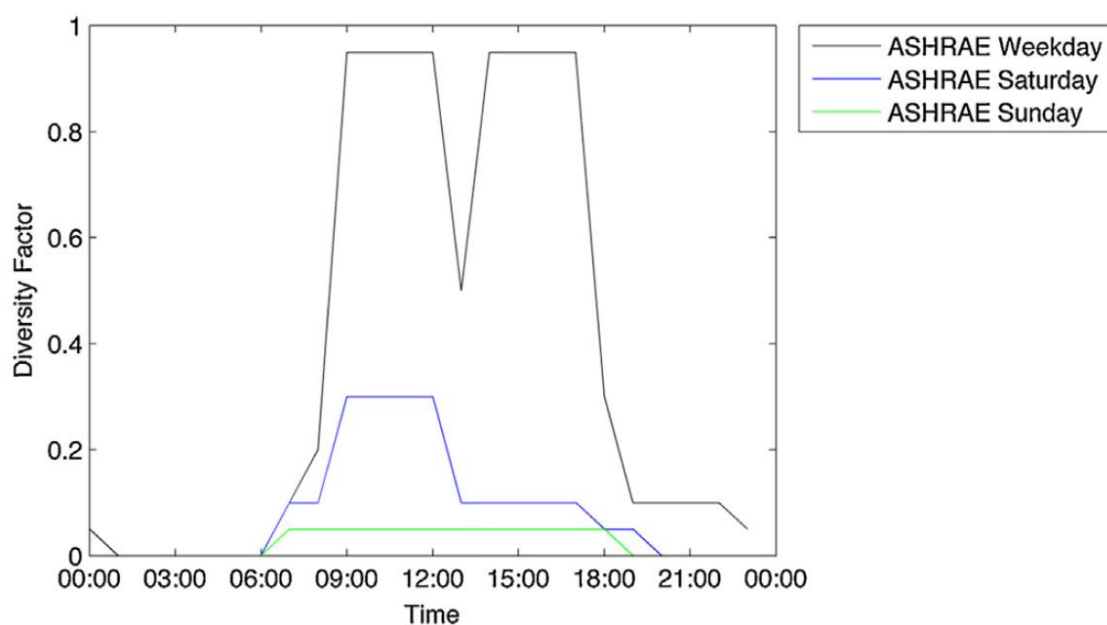


Figure 2-1 : Facteur de diversité d'occupation recommandé par l'ASHRAE 90.1 en 2004. (Duarte et al., 2013)

Sur base d’une campagne de mesure de 9 à 14 mois dans différents types de bureaux, Mahdavi et Pröglhöf (Mahdavi and Pröglhöf, 2008, 2009a, b) proposent des modèles généraux pouvant servir lors de simulations dynamiques pour représenter la présence des occupants et leurs actions, dont le modèle d’occupation moyenne présenté à la Figure II-2.

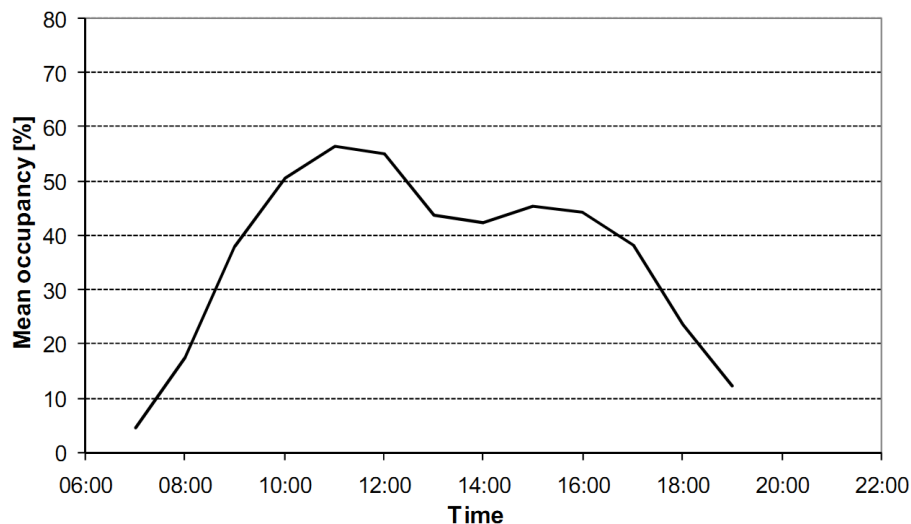


Figure 2-2 : Occupation moyenne proposée comme donnée pour des applications de simulation de performance des bâtiments (de bureaux). (Mahdavi and Pröglhöf, 2009a, b)

En 2013, Duarte et ses partenaires (Duarte et al., 2013) ont réalisé une campagne de mesure sur la présence des occupants dans 223 bureaux privés d’une exploitation multi-locataires d’un immeuble de bureaux commerciaux située à Boise dans la province de l’Idaho aux Etats-Unis. Des données d’occupation ont été recueillies pour des bureaux privés et des bureaux open-space, ainsi que pour d’autres types de locaux commerciaux. Le nombre de capteurs pour chaque type de local est repris dans le Tableau II-11 et les données ont été collectées entre les mois de novembre 2009 et octobre 2011. Le facteur de présence pour les bureaux individuels est obtenu en divisant le nombre de capteurs enregistrant une présence à chaque minute par le nombre total de capteurs. Les résultats sont présentés aux Figures II-3 à II-5. Notez que les données ont été filtrées afin d’exclure les weekends et jours fériés dans les Figures II-3 et II-4.

Quotidiennement (Figure II-3a), on observe que le plus haut niveau d’occupation est enregistré le lundi, que le plus bas niveau est observé le vendredi et qu’il n’y a pas de différence notable entre les mardis, mercredi et jeudi. On observe également que les niveaux d’occupation sont quasiment identiques l’avant et l’après-midi, sauf le vendredi où le niveau d’occupation de l’après-midi est inférieur d’environ 5% en moyenne. On note également des pics en fin de journée (après 19h). Ils correspondent aux périodes d’entretien des locaux. La présence de plusieurs pics indique une variabilité de l’horaire de nettoyage entre les différents locaux.

Tableau 2-19 : Nombre de capteurs d’occupation par type d’espace. (Duarte et al., 2013)

Type d’espace	Nombre de capteurs
Bureaux privés	223
Bureaux open-space	77
Stockage, archives, salle serveurs	74
Salles de conférence	64
Couloirs	52
Salles de bain	44
Locaux techniques	30
Escaliers	18
Salles de repos	17
Halls	17
Salles de travail	13
Total	629

Par ailleurs, le Figure II-3b indique que les occupants sont les moins présents au mois d’août et plus présents au mois d’octobre. On peut en déduire que la majorité des occupants prend ses congés en fin de période estivale (au mois d’août).

Par ailleurs, Duarte et ses partenaires (Duarte et al., 2013) ont observé que les jours avant et après les vacances présentent une moins grande densité d’occupation que les jours standards d’occupation. Le profil d’occupation est alors similaire à celui des vendredis, avec une occupation moins importante l’après-midi.

Finalement, les facteurs d’occupation pour tous les types de locaux sont présentés à la Figure II-4 et une comparaison entre les valeurs recommandées dans l’ASHRAE 90.1 en 2004 et les observations de Duarte et ses partenaires (Duarte et al., 2013) est illustrée à la Figure II-5.

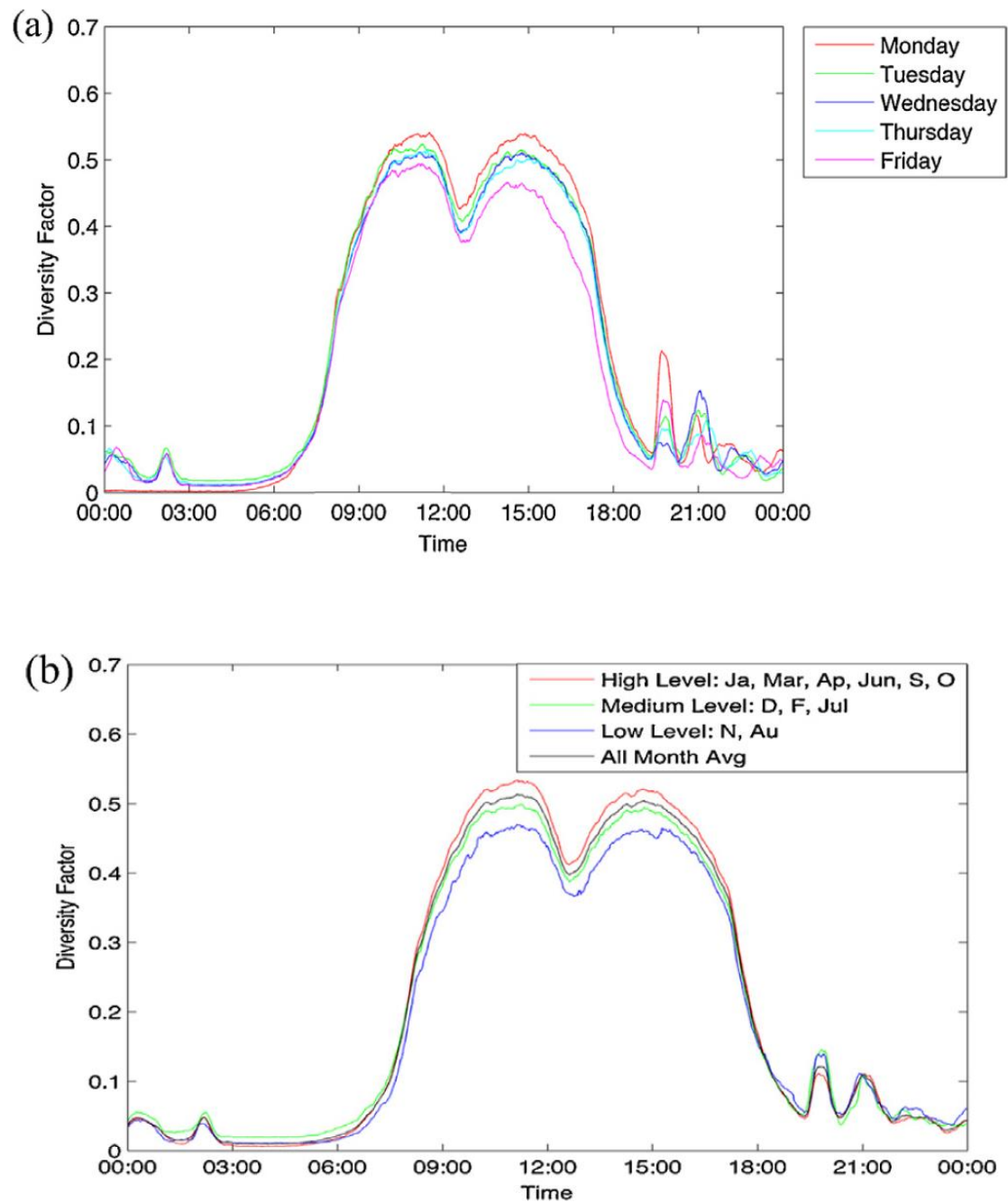


Figure 2-3 : (a) Profils de facteur d'occupation moyen pour les bureaux individuels en semaine (hors weekends et jours fériés) et (b) moyenne des niveaux haut, moyen et bas d'occupation pour tous les mois de l'année. (Duarte et al., 2013)

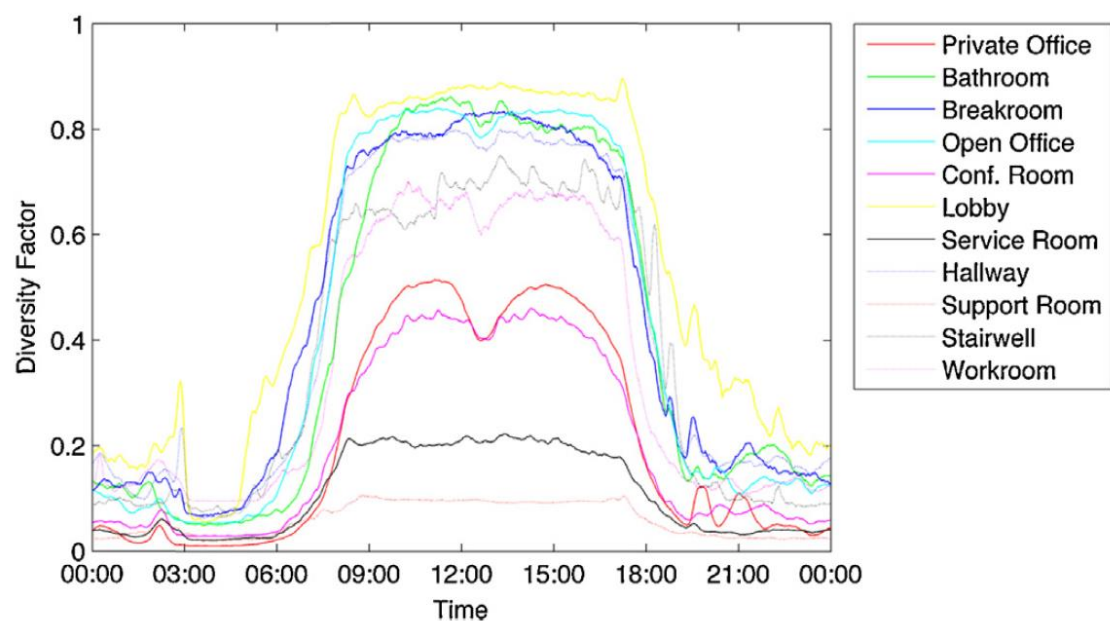


Figure 2-4 : Facteur d'occupation pour chaque type d'espace (hors weekends, vacances et jours fériés).
(Duarte et al., 2013)

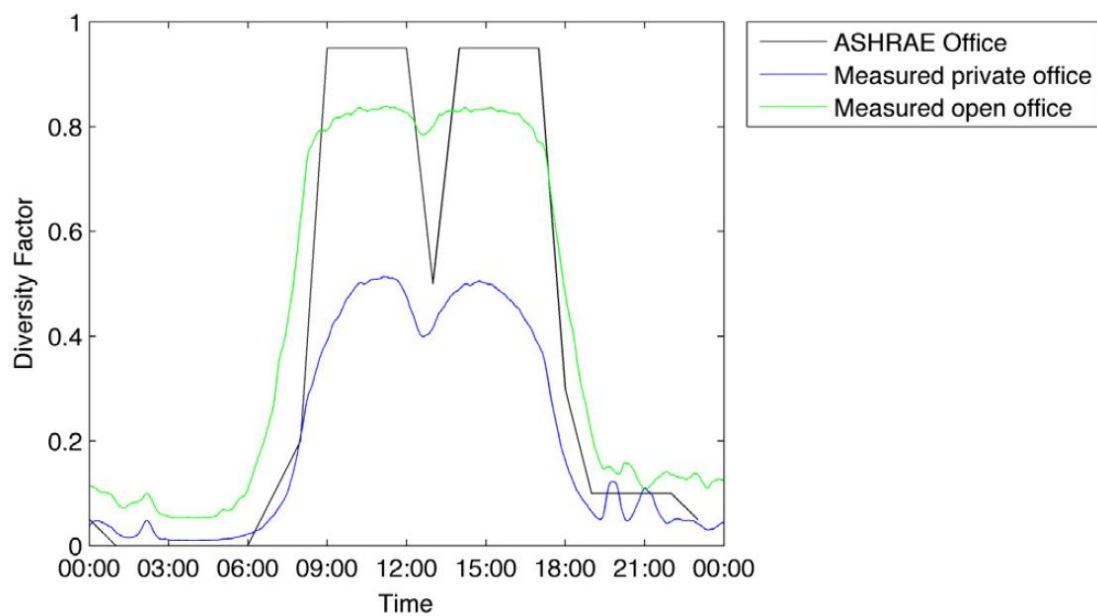


Figure 2-5 : Comparaison entre ASHRAE 90.1 2004 et les résultats de Duarte et al. (Duarte et al., 2013)

Enfin, la norme NBN 15332 (NBN-EN-15232, 2007) propose les horaires d'occupation suivants :

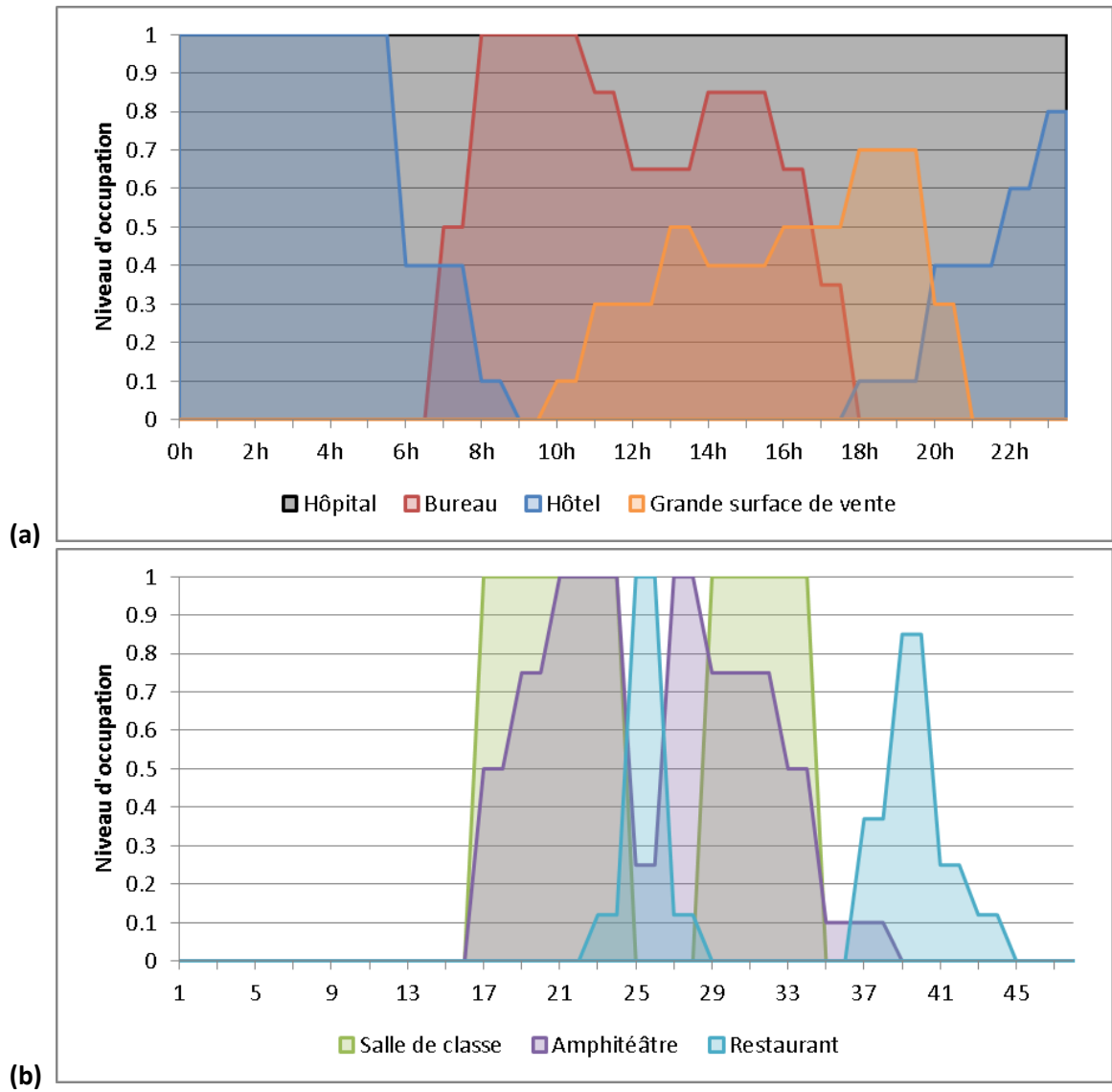


Figure 2-6 : Profils d'utilisation de différents types de programmes. (NBN-EN-15232, 2007)

3. Gains liés à l'éclairage

3.1. Puissances installées

L'ASHRAE (ASHRAE, 2009) définit deux méthodes de calcul pour les gains internes de chaleur liés à l'éclairage. La première méthode consiste en un calcul des gains instantané. Les gains internes de chaleur sensible de l'éclairage électrique peuvent être calculés avec l'équation suivante :

$$q_{el} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa}$$

Avec :

q_{el} = gain de chaleur (W)

W = puissance totale d'éclairage (W)

F_{ul} = facteur d'utilisation de l'éclairage (-)

F_{sa} = facteur d'allocation spécial de l'éclairage (-)

« Le facteur de l'allocation spéciale est le rapport entre la consommation d'énergie des appareils d'éclairage, y compris les lampes et ballast, à la consommation de puissance nominale des lampes. Pour les lampes à incandescence, ce facteur est 1. Pour les lampes fluorescentes, il représente la puissance consommée par le ballast ainsi que l'effet du ballast sur la consommation de puissance de la lampe. Le facteur de l'allocation spéciale peut être inférieur à 1 pour les ballasts électroniques qui réduisent la consommation d'électricité. (...) » (ASHRAE, 2009)

La seconde méthode consiste à « estimer le gain de chaleur lié à l'éclairage par mètre carré. Une telle approche peut être nécessaire lorsque les plans d'éclairage définitifs ne sont pas disponibles. Les Tableaux III-1 à III-3 montrent la densité de puissance d'éclairage maximum (LPD) (gains de chaleur par mètre carré liés à l'éclairage) permise par la norme ASHRAE 90.1-2007 pour une gamme de types d'espace. » (ASHRAE, 2009)

3.1.1. Bâtiment résidentiel

Tableau 3-1 : Densités de puissance d'éclairage pour la méthode pièce par pièce. (ASHRAE, 2009)

Types d'espace communs	Gains maximums de chaleur par mètre carré liés à l'éclairage (W/m ²)
Salle à manger familiale	23
Préparation des repas	13
Toilettes	10
Dressing / vestiaire / salle d'essayage	6
Couloir / transition	5

Dans leur traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (Liébard and De Herde, 2005), Alain Liébard et André De Herde proposent en 2005 des valeurs de gains internes liés à l'éclairage de 10 W/m² (utilisation de lampes incandescentes).

Néanmoins, suite à la recherche ECLOS (éclairage efficace de logements sociaux), clôturée en 2010, on pourrait considérer, en tous cas pour l'évaluation des besoins de chauffage, des gains dus à l'éclairage artificiel inférieurs à 10W/m². Le projet ECLOS montre qu'avec des bons luminaires et des bonnes lampes, la puissance serait plutôt d'environ 6W/m² (moyenne entre les différentes pièces, sans pondération).²

3.1.2. Bâtiment non résidentiel

Dans leur traité (Liébard and De Herde, 2005), Alain Liébard et André De Herde proposent des valeurs de gains internes liés à l'éclairage de 12 et 16 W/m² respectivement dans les écoles et dans les bureaux dans le cas de l'utilisation de lampes fluorescentes contre 25 et 30 W/m² si les lampes sont de type incandescent.

Dans la PEB (Gouvernement-wallon, 2008), la valeur de la puissance spécifique pour l'éclairage dans les bureaux et les écoles est fixée à 20 W/m².

Des valeurs détaillées par type de local sont présentées dans le Tableau 3-2. Des niveaux de gains d'équipements réalistes sont typiquement de 10-15 W/m² pour des bureaux et ils peuvent être plus élevés ou plus bas dans des cas particuliers.

² <http://energie.wallonie.be/fr/l-eclairage-efficace-des-logements-guide-pratique-a-destination-du-particulier.html?IDC=6081&IDD=50660>

Le Tableau 3-3 présente des densités de puissance moyennes d'éclairage recommandées. Ces densités doivent être respectées pour satisfaire des exigences d'éclairage en vue de garantir une installation performante. Par ailleurs, des valeurs du CIBSE basées sur des monitorings dans des immeubles de bureau sont présentées aux Tableau 3-4 et Tableau 3-5.

Finalement, les valeurs de calcul de niveaux d'éclairage présentées dans la norme EN 15251 (NBN-EN-15251, 2007) sont disponibles dans le Tableau 3-6 et celles de la norme 13791 dans le Tableau 3-7.

Tableau 3-2 : Densités de puissance d'éclairage pour la méthode pièce par pièce, pour des locaux spécifique. (ASHRAE, 2009)

Type d'espace spécifique	Gains maximums de chaleur par mètre carré liés à l'éclairage (W/m²)	Type d'espace spécifique	Gains maximums de chaleur par mètre carré liés à l'éclairage (W/m²)
Palais de justice/police/prison		Bibliothèque	
Salle d'audience	20	Centre des cartes et catalogage	12
Cellule de confinement	10	Étagères	18
Local des juges	14	Aire de lecture	13
Pénitencier		Industrie	
Hôpital		Faible hauteur (<7,6m sous plafond)	13
Urgences	29	Grande hauteur (>7,6m sous plafond)	18
Salle de réveil	9	Manufacture détaillée	23
Local des infirmières	11	Salle de contrôle	5
Salle d'examen	16	Espaces culturels	
Pharmacie	13	Salle d'exposition	11
Chambre des patients	8	Hall de théâtre	36
Salle d'opération	24	Hall de cinéma	13
Garderie	6	Salle de restauration	18
Fournitures médicales	15	Hébergement	
Physiothérapie	10	Caserne : Quartier de repos	3
Radiologie	4	Chambre d'hôtel / motel	12
Espaces de travail		Dortoir - quartiers d'habitation	12

Bureau	16
Garage automobile	8
Caserne : Hangar des machines	9
Bureau de poste – aire de tri	12
Centre de congrès	14
Bâtiment religieux	
Salle de culte, chœur	26
Sport	
Ring de sport	29
Terrain de sport	25
Salle omnisport intérieure	15
Aire de jeu	15
Aire d'exercice	10

Commerces	
Aire de vente	18
Centre commercial	18
Entrepôt	
Stockage de matériaux fins	15
Stockage de matériaux moyens et encombrants	10
Transport	
Hall d'aéroport	6
Secteur des bagages (avion, train, bus)	11
Terminal - billetterie	16
Garage – aire de parking	2
Lavoir – entretien	6

Tableau 3-3 : Objectifs énergétiques de l'éclairage. (CIBSE, 2004, 2006; Liébard and De Herde, 2005)

Applications	Type de lampe	Éclairage de la tâche (lux)	Densité de puissance installée moyenne (W/m ²)
Commerciales et autres applications similaires, par exemple des bureaux, des commerces (hors magasin d'éclairage) et des écoles	Fluorescente (triphosphore)	300	7
		500	11
		750	17
	Fluorescente compacte	300	8
		500	14
		750	21
	Halogénure métallique	300	11
		500	18
		750	27
Applications industrielles et de fabrication	Fluorescente (triphosphore)	300	6
		500	10
		750	14
		1000	19
	Halogénure métallique	300	7
		500	12
		750	17
		1000	23
	Sodium haute pression	300	6
		500	11
		750	16
		1000	21

Tableau 3-4 : Repères généraux d'éclairage pour les bureaux. (CIBSE, 2004)

Paramètres	Benchmark pour le type de bureau indiqué							
	Bureau cloisonné ventilé naturellement		Bureau en plan libre ventilé naturellement		Bureau cloisonné climatisé		Bureau en plan libre climatisé	
	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif
Capacité installée (W/m ²)	12	15	12	18	12	20	12	20
Heures de service (h/an)	2500	2500	3000	3000	3200	3200	3500	3500
Utilisation (%)	45	60	60	70	70	85	70	85
Indicateur de consommation d'énergie (kWh/(m ² .an))	14	23	22	38	27	54	29	60

Tableau 3-5 : Repères généraux d'éclairage pour les bureaux – Densité de puissance moyenne. (CIBSE, 2006)

Paramètres	Benchmark pour le type de bureau indiqué							
	Bureau cloisonné ventilé naturellement		Bureau en plan libre ventilé naturellement		Bureau cloisonné climatisé		Bureau en plan libre climatisé	
	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif
Capacité installée par surface de plancher avec équipement informatique (W/m ²)	10	12	12	14	14	16	15	18
Heures de service (h/an)	2000	2500	2500	3000	2750	3250	3000	3500
Domaine informatique en % de surface de plancher traité (%)	60	60	65	65	60	60	50	50
Indicateur de consommation d'énergie des équipements de bureaux (kWh/(m ² .an))	12	18	20	27	23	31	23	32

Tableau 3-6 : Exemples de niveaux retenus pour le calcul de l'éclairage de quelques bâtiments et espaces d'après l'EN 12464-1. (NBN-EN-15251, 2007)

Type de bâtiment	Espace	Éclairage maintenu, E_m , dans les zones de travail (lux)
Immeuble de bureaux	Bureaux fermés	500
	Bureaux paysagés	500
	Salles de réunion	500
Bâtiment d'enseignement	Salles de classe	300
	Salles de classe pour adultes	500
	Amphithéâtres	500
Hôpitaux	Salle d'hôpital, éclairage général	100
	Consultation	300
	Consultation et soins	1000
Hôtels et restaurants	Restaurant, salle à manger	-
Etablissement sportif	Salles de sport	300
Locaux de commerce de gros et de détail	Zones de vente	300
	Caisses	500
	Couloir	100
Zones de circulation	Escaliers	150
Autres bâtiments	Voir l'EN 12464-1	

Tableau 3-7 : Apports dus à l'éclairage des bureaux. (ISO13791, 2004)

	Apport par superficie de plancher (W/m ²)	Fraction radiante de l'apport total (W/m ²)
Bureaux administratifs	15	6,8
Bureau de dessin	22	9,9
Salle bureautique	9	4,0
Bureau Direction	12	5,4
Salle ordinateurs / salle de conférence	9	4,0
Aire de circulation	5	2,3
Toilettes	7	3,2

3.2. Taux d'utilisation

Les Tableau 3-8 et Tableau 3-9 présentent les heures d'utilisation de l'éclairage artificiel dans des bureaux et des écoles selon les guides du CIBSE (CIBSE, 2004, 2006).

Sur base d'une campagne de mesure de 9 à 14 mois dans différents types de bureaux à Vienne en Autriche, Mahdavi et Pröglhöf (Mahdavi and Pröglhöf, 2008, 2009a, b) proposent des modèles généraux pouvant servir lors de simulations dynamiques pour représenter la présence des occupants et leurs actions. Ces modèles sont développés dans le guide pourtant sur le comportement des occupants. Nous reprenons néanmoins les profils principaux aux Figure 3-1 et Figure 3-2.

Notez qu'il existe différents systèmes de contrôle permettant de réduire la consommation (et donc les gains internes) liés à l'éclairage en ajustant la puissance d'éclairage (dimming) en fonction soit de l'éclairement naturel, soit de la présence des occupants, soit des deux, tout en maintenant un haut niveau de confort lumineux. Ces systèmes sont principalement utilisés dans le secteur tertiaire, en particulier dans les immeubles de bureaux.

Tableau 3-8 : Valeur conventionnelle pour le calcul du nombre d'heures d'utilisation annuelles diurnes t_{day} et nocturnes t_{night} . (Gouvernement-wallon, 2008)

Destination	Heures d'utilisation diurnes t_{day} (h)	Heures d'utilisation nocturnes t_{night} (h)
Bureau	2200	150
École		

Tableau 3-9 : Heures de service de l'éclairage artificiel dans des bureaux. (CIBSE, 2004, 2006)

Source	Paramètres	Benchmark pour le type de bureau indiqué							
		Bureau cloisonné ventilé naturellement		Bureau en plan libre ventilé naturellement		Bureau cloisonné climatisé		Bureau en plan libre climatisé	
		Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif	Bonne pratique	Représentatif
(CIBSE, 2004)	Heures de service (h/an)	2500	2500	3000	3000	3200	3200	3500	3500
	Utilisation (%)	45	60	60	70	70	85	70	85
(CIBSE, 2006)	Heures de service (h/an)	2000	2500	2500	3000	2750	3250	3000	3500
	Domaine informatique en % de surface de plancher traité (%)	60	60	65	65	60	60	50	50

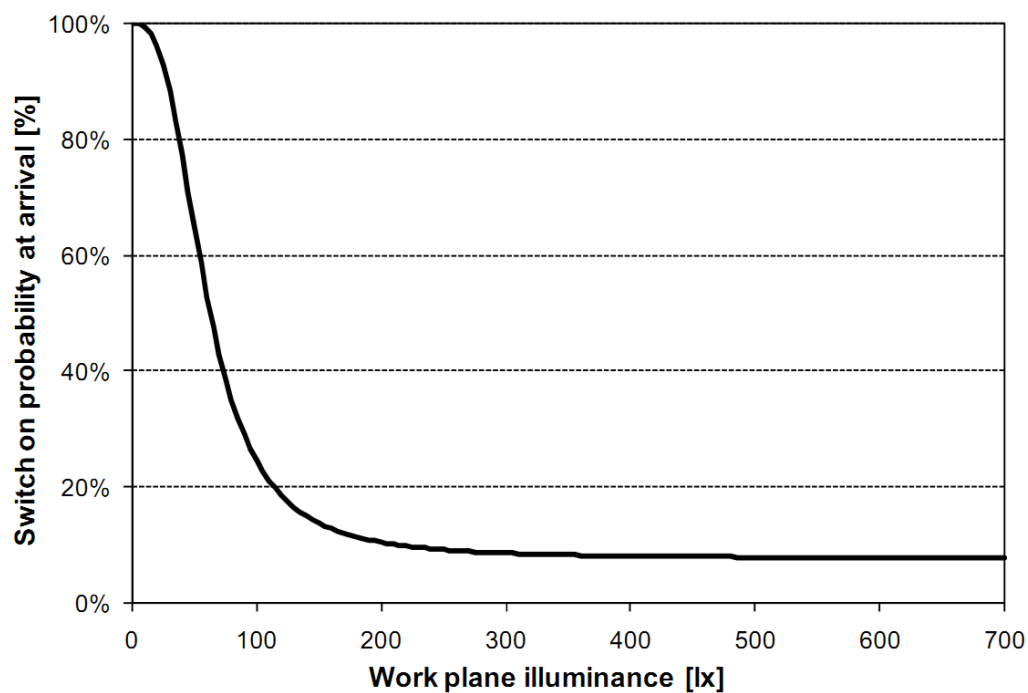


Figure 3-1 : Modèle de probabilité d'allumage de l'éclairage artificiel basé sur le niveau d'éclairement du plan de travail immédiatement avant l'arrivée de l'occupant. (Mahdavi and Pröglhöf, 2009a)

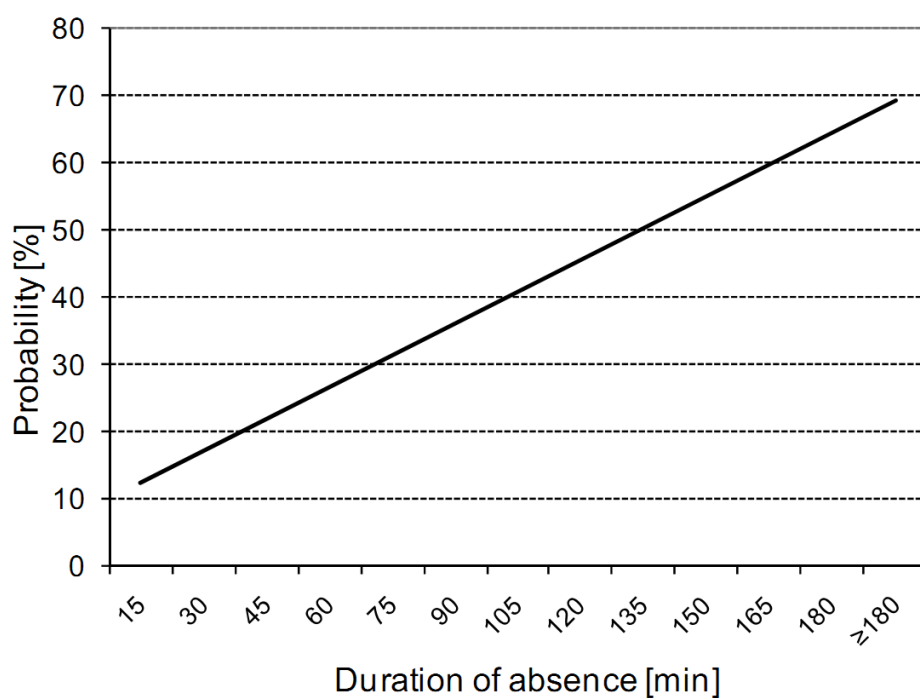


Figure 3-2 : Probabilité d'extinction de l'éclairage artificiel proposée en fonction de la durée d'absence du poste de travail. (Mahdavi and Pröglhöf, 2009a, b)

Différentes études illustrent les gains potentiels liés à ce type de système. On note néanmoins que les gains observés sont très variables :

1/ Fernandes et al. (Fernandes et al., 2014) ont réalisé une étude de post-monitoring d'un immeuble de bureaux à New York. Après une diminution de la puissance d'éclairage, en vue de garantir 323 lux sur le plan de travail contre 510 lux au départ, et la mise en place d'un dimming (diminution de la puissance localement) automatique en fonction de l'éclairement naturel dans les bureaux open-space en façade, ils ont mesuré des économies de consommation d'énergie liées à l'éclairage de 28 % par rapport aux valeurs données dans l'ASHRAE de 2001 (ASHRAE 90.1-2001) (en vigueur au moment de la construction) et de 20 % par rapport à celles de l'ASHRAE de 2007 (ASHRAE 90.1-2007). Les valeurs de puissances considérées sont présentée dans le Tableau 3-10. Les économies d'énergies sont représentées à la Figure 3-3.

Tableau 3-10 : Puissances d'éclairages installées, proposées et obtenues suite au calibrage. (Fernandes et al., 2014)

Type de local	Densité de puissance installée moyenne (ASHRAE 90.1-2001) (W/m ²)	ASHRAE 90.1-2007 niveau de pleine densité de puissance (W/m ²)	Densité de puissance d'éclairage (W/m ²)
Bureaux open-space	14,2	11,8	10,4
Salle de conférence	14,1	11,8	11,0

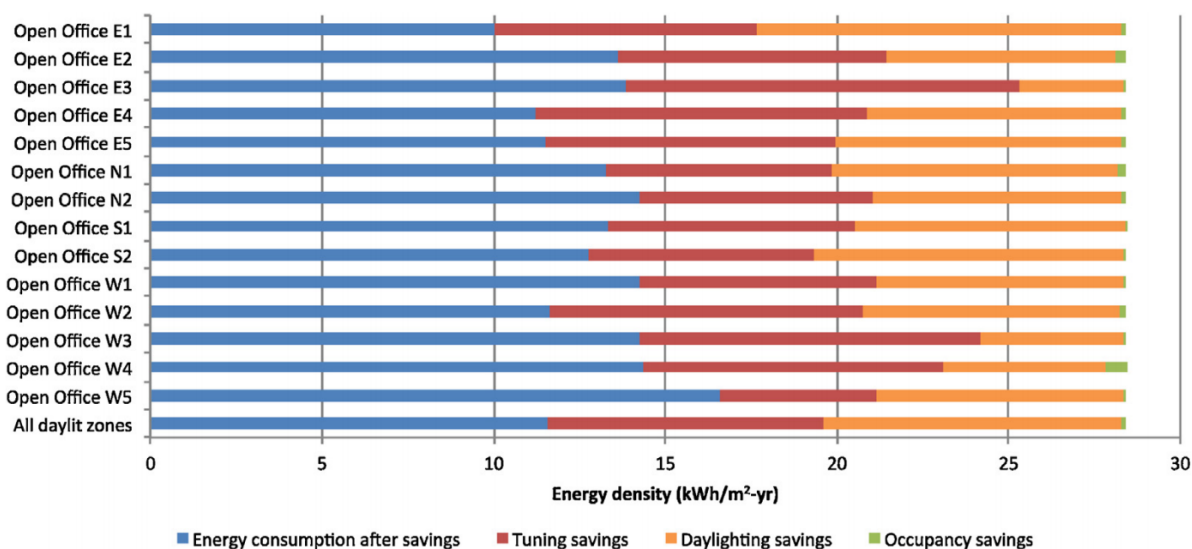


Figure 3-3 : Energie consommée pour l'éclairage annuellement (kWh/m².an) et parts d'économies pour tous les jours de travail de l'année, entre 9h00 et 17h00 uniquement. (Fernandes et al., 2014)

2/ Jennings et ses partenaires (Jennings et al., 2000) ont conclu que les consommations électriques liées à l'éclairage artificiel peuvent être réduites de 20% avec l'utilisation d'un capteur de présence et de 26% avec l'utilisation d'un variateur de puissance de l'éclairage en fonction de l'éclairage naturel, par rapport à une gestion manuelle par les occupants.

3/ Knight (Knight, 1999) a mesuré une économie d'énergie liée à l'éclairage artificiel variant de 44 à 76% suite à l'utilisation d'un variateur de puissance de l'éclairage en fonction de l'éclairage naturel.

4/ Li et ses partenaires (Li et al., 2006) ont conclu qu'un variateur de la puissance d'éclairage artificiel en fonction de l'éclairement naturel permet de réduire la consommation de l'éclairage artificiel de 33%.

5/ Finalement, Roisin et ses partenaires (Roisin et al., 2008) ont analysé l'ajustement de l'éclairage électrique en fonction de l'éclairage naturel disponible et de la présence des occupants. Ils ont observé que la réduction des consommations liées à l'éclairage artificiel par l'utilisation d'un dimming (variation de la puissance d'éclairage) en fonction de l'éclairement naturel est légèrement influencée par l'orientation du local et sa localisation. En effet, dans le cas d'un bureau situé à Athènes et orienté au sud, l'économie est potentielle s'élève à 61% de la consommation annuelle. Dans le cas le moins favorable, c'est-à-dire pour un bureau situé à Stockholm et orienté au nord, le gain potentiel est de 45%. L'ajout d'un détecteur de présence permet une réduction supplémentaire de 1 à 4% lorsque le bureau est occupé toute la journée, sauf durant une heure à midi. C'est résultats sont basés sur l'hypothèse d'une présence continue (sauf une heure à midi) et d'un comportement passif de l'occupant (c'est-à-dire qu'il allume l'éclairage en arrivant et ne l'éteint qu'à son départ).

Assez logiquement, Roisin et ses partenaires ont observé qu'il est préférable que le système de gestion en fonction de la présence des occupants éteigne complètement l'éclairage plutôt que de simplement diminuer la puissance d'éclairage en cas d'absence des occupants. Notez alors qu'un système qui éteint complètement l'éclairage est préférable dans des bureaux individuels et des salles de conférence mais qu'il est recommandé d'opter pour un système à variation d'intensité lumineuse dans des bureaux paysagés afin de maintenir un confort lumineux pour l'ensemble des occupants.

Finalement, Roisin et ses partenaires ont identifié les conditions dans lesquelles il est préférable d'utiliser un dimming en fonction de l'éclairage naturel ou un capteur de présence. Ils notent en effet que les taux d'occupation pour lesquels un dimming en fonction de l'éclairage naturel est plus économe qu'un système de détecteur de présence varient de 27 à 44% en fonction de la localisation et de l'orientation.

Notons pour finir qu'il est préférable d'utiliser des détecteurs d'absence plutôt que de présence. C'est-à-dire que les systèmes qui n'allument pas la lumière automatiquement à l'arrivée des occupants mais avec lesquels l'utilisateur doit appuyer lui-même sur l'interrupteur pour allumer permettent de générer de plus grandes économies d'énergie.

4. Gains liés aux équipements

4.1. Equipements résidentiels (CIBSE, 2006; Liébard and De Herde, 2005; PHPP, 2007)

Dans leur traité (Liébard and De Herde, 2005), Alain Liébard et André De Herde proposent les valeurs des puissances nominales liés aux équipements reprises dans le Tableau 4-11. Pour convertir ces puissances en gains internes, des facteurs d'utilisation issus du Guide A du CIBSE sont ajoutées à ce tableau.

Dans le logiciel PHPP 2007 (PHPP, 2007), la valeur des gains internes est fixée à une valeur standard de 2,1 W/m². Cette valeur est imposée pour la procédure de labellisation. Elle représente une puissance moyenne et non une puissance nominale. Notez qu'il s'agit d'une hypothèse très optimiste puisque qu'il est nécessaire de mettre en place une bonne stratégie de limitation des gains internes pour l'atteindre et elle n'est pas vérifiée en réalité puisqu'en Belgique car aucune imposition de limitation des gains internes n'existe en Belgique.

Souvent, l'estimation des gains liés aux équipements ne considère que l'énergie sensible. Or, si les principales sources de l'humidité sont les émissions liées au métabolisme des occupants, celles liées aux activités peuvent ne pas être négligeables. Les valeurs des gains latents pour les activités individuelles ont été déterminées sur la base de (Chludzinska; Mijakowski, 2001) et sont présentés dans le Tableau 4-2.

« En plus des activités susmentionnées, des gains très importants d'humidité ont été associés au maintien de l'hygiène personnelle. Sur la base des données de mesure et de la littérature (Mijakowski, 2001), on a supposé que les gains d'humidité liés à une femme dans la salle de bain sont de 740g/h, alors que pour un homme ils s'élèvent à 790g/h. L'utilisation de la salle de bains cause des gains constants de séchage des serviettes égaux à 15 g/h. Un processus similaire mais moins intensif a lieu dans les WC où les gains d'humidité sont de 5 g/h. Les gains provenant des plantes situées dans les locaux sont supposés constants et égaux pour toute la maison. Ils atteignent 75 g/h, ce qui correspond à l'évaporation d'environ 1,8 kg d'eau par jour. Les gains d'humidité des plantes sont répartis au prorata de la surface habitable de chaque pièce (sauf la salle de bains, les WC et le local technique). » (Firląg and Murray, 2013) Sur cette base, des valeurs de gains latents par local sont proposés dans le Tableau 4-3.

Tableau 4-1 : Estimation des apports internes : puissance nominale des équipements. (CIBSE, 2006; Liébard and De Herde, 2005)

Équipement	Gains de chaleur sensible (W) (Liébard and De Herde, 2005)	Gains de chaleur latente (g/h) (Liébard and De Herde, 2005)	Facteurs d'utilisation (Fu) et de rayonnement (Fr) pour les appareils de cuisson (CIBSE, 2006)			
			Appareils électriques		Appareils au gaz	
			Fu	Fr	Fu	Fr
Four (électrique)	3.000	880	0,42	0,17	0,42	0,20
Grille-pain	500	140				
Réfrigérateur	100					
Machine à laver (5 kg)	6.000	4.320				
Fer à repasser	500	400				
Sèche-cheveux	500	230				
Ordinateur personnel	200					
Plaque de cuisson			0,16	0,45	0,25	0,25
Friteuse			0,06	0,43	0,07	0,35
Gril			0,83	0,29	0,62	0,18
Cuiseur vapeur			0,13	0,30	-	-

Tableau 4-2 : Valeurs de gains d'humidité considérées pour les activités choisies menées par les habitants. (Firląg and Murray, 2013)

Activité	Gains d'humidité
Cuisine	500 g/h
Séchage du linge	72 g/h
Ouverture du lave-vaisselle	200 g
Ouverture de la machine à laver	250 g

Tableau 4-3 : Valeurs de gains d'humidité considérées pour chaque pièce de la maison passive. (Firląg and Murray, 2013)

Type de pièce	Surface (m²)	Gains permanents d'humidité (g/h)
Séjour	39,4	27,0
Cuisine	9,0	6,2
Vestibule	2,9	2,0
Buanderie	4,9	3,4
WC	2,4	5,0
Hall et escaliers	9,5	6,5
Chambre d'enfant	9,8	6,7
Chambre d'enfant	13,7	9,4
Salle-de-bain	8,1	15,0
Chambre	18,0	12,3
Buanderie	2,4	1,6
Local technique	-	-

4.2. Equipements d'immeubles de bureaux (ASHRAE, 2009; CIBSE, 2004; ISO13791, 2004)

L'ICEDD a réalisé des mesures de puissances liées aux ordinateurs et a enregistré les valeurs reprises au Tableau 4-4. On peut en déduire qu'un ordinateur dont l'alimentation électrique n'est pas équipée d'un interrupteur consomme 40 kWh par an. De plus, ceux qui laissent leur écran en stand-by consomment 233 kWh en plus par an. Aussi, une journée de travail consomme 1,24 kWh et une année (1760 heures) consomme 270 kWh, sans compter les surconsommations liées au non-arrêt de l'ordinateur en fin de journée.

Cependant, les ordinateurs ne sont pas les seules sources de gains internes. Le Tableau 4-5- présente les valeurs de gains internes liés aux équipements de bureaux selon la norme ISO 13791 (ISO13791, 2004). Certains auteurs ont reformulé les hypothèses de gains internes présentées dans l'ASHRAE (ASHRAE, 2009) dans le cadre de leurs recherches. Ces auteurs et les hypothèses considérées sont présentés aux Tableau 4-6 et Tableau 4-7.

Les Tableau 4-8 et Tableau 4-9 du permettent d'évaluer les gains internes liés aux équipements de bureaux sur base des valeurs du Guide F du CIBSE (CIBSE, 2004). Les sondages indiquent que, pour la plupart des bâtiments de bureaux polyvalents, la demande de puissance du matériel informatique est de l'ordre de 5-30 W/m² ou 100-200 W/pers (8m²/ pers). Des valeurs plus faibles sont possibles lorsque les organisations appliquent des politiques efficaces en matière d'efficacité énergétique. Cependant, pour les utilisateurs intensifs, la charge peut atteindre jusqu'à 50 W/m².

Finalement, quelques valeurs de puissances liées aux équipements de bureaux, avec et sans le label Energy Star, sont présentées dans le Tableau 4-10 et les puissances des ascenseurs selon le guide A du CIBSE (CIBSE, 2006) sont reprises dans le Tableau 4-11.

Attention, les valeurs tabulées sont souvent des puissances installées, non représentatives des puissances réellement émises dans l'ambiance. La norme ISO 13790 et la réglementation PEB proposent de calculer la valeur de gain interne liée aux équipements en multipliant la production de puissance des appareils par leur taux d'utilisation. Des valeurs de taux d'utilisation sont identifiées dans le Tableau 4-12.

Tableau 4-4 : Puissances liées aux équipements de bureaux – Mesures sur des ordinateurs de 2006. (ICEDD, 2006)

Type d'équipement	Puissance mesurée (W)	Nombre d'heures concernées (heures)
Ordinateur branché mais éteint, seul	3,0	7000
Ordinateur et LCD branchés mais éteints	3,8	7000
Ordinateur, LCD et HP branchés mais éteints	5,7	7000
Idem avec les HP en stand-by	6,7	7000
Idem avec l'écran en stand-by	40	7000
Ordinateur, LCD et HP allumés	230	1760 (8 h/j et 220 jours)
Ordinateur, LCD et HP allumés avec PC au repos (sur bureau ou programme lancé)	150	1760
Ordinateur, LCD et HP allumés avec PC au repos avec musique de fond	155	1760
Idem mais on lance un nouveau programme	Pointe entre 175 et 250 puis repasse à 155	1760

Tableau 4-5 : Apports dus aux équipements (hors éclairage) de bureaux, durant l'occupation. (ISO13791, 2004)

	Apport total (W/m ²)	Fraction radiante de l'apport total (W/m ²)
Bureaux administratifs	16	4,9
Bureau de dessin	7	2,1
Salle bureautique	35	8,4
Bureau Direction	7	1,9
Salle ordinateurs	350	77,0
Salle de conférence/Aire de circulation	5	0,0

Tableau 4-6 : Résumé du dispositif et des agents humains. (Klein et al., 2012)

Agent	Modèle	Quantité	Type	Puissance des charges (W)		Charges thermiques (W) ^a
				Allumées	Éteintes ou en veille	
Appareils	Électronique de bureaux	1-2/bureau	Bureau	150	10	150
			Ordinateur	50	5	50

^a Source : ASHRAE, ASHRAE Handbook : Fundamentals, Atlanta, GA, 2009

Tableau 4-7 : Conception des gains de chaleur internes sensibles pour un bureau individuel. (Saelens et al., 2011) ^b

	Chaleur sensible totale (W)	Part de rayonnement (%)	Part de convection (%)	Gain convectif (W)	Gain radiatif (W)
Appareils	180	70	30	126	54

^b source : ASHRAE Fundamentals Handbook – 2009. Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc ; 2009

Tableau 4-8 : Niveaux typiques d'énergie utilisée par le matériel de bureau. (CIBSE, 2004, 2006)

Poste	Puissance (W)	Consommation électrique moyenne (W)	Consommation d'énergie de Stand-by (W)	Temps de récupération typique	Composante conduction/ convection – radiation (%)
PC et écran	300	120-175	30-100	immédiatement	
Ordinateur personnel	100	55-75	20-30	immédiatement	86-14
Ordinateur portable	100	20	5-10	immédiatement	
Écrans	200	55-80	10-15	immédiatement	65-35
Imprimante :					
Laser	1000	90-130	20-30	30 secondes	67-33
Jet d'encre	800	40-80	20-30	30 secondes	
Imprimante/scanner/ copieur modem	50	20-25	8-15	30 secondes	
Photocopieuse	1600	120-1000	30-250	30 secondes	
Fax	130	30-40	15	immédiatement	
Distributeur automatique	3000	350-700	300	Peut-être presque immédiatement	

Tableau 4-9 : Utilisation quotidienne typique et nombre d'employés probable minimum par matériel de bureau. (CIBSE, 2004)

Équipement	Temps par jour que l'équipement est en service	Nombre de personnes par machine
Ordinateur personnel	4 heures	1
Imprimantes	1-2 heures	3
Photocopies	1-2 heures	20
Fax	20-30 minutes	20
Distributeurs automatiques	8-10 heures	

Tableau 4-10 : Puissances électriques d'équipements de bureau, avec et sans le label Energy Star. (Energy Star)

	Avec Energy star label		Sans Energy star label	
	Puissance (W)	Gains * (W/m ²)	Puissance (W)	Gains * (W/m ²)
Workstation	190	21,6	460	51,5
LCD 21"	26		55	
PC économique	37	5,9	255	29,5
LCD 18"	22		40	
Portable (13" – 15")	7,9	0,79	65	6,5
Portable (15" – 17")	12,7	1,27	150	15,0

* : 1 personne / 10 m² de bureau

Tableau 4-11 : Puissance moyenne mesurée de moteurs d'ascenseur de passagers. (CIBSE, 2006)

Type d'entraînement	Vitesse (m/s)	Nombre de passagers									
		8		10		13		16		21	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Engrenage à tension variable	1,0	10,0	2,4	10,0	2,4	2,4	10,0	12,0	2,9	15,0	3,6
	1,6	15,0	3,6	15,0	3,6	15,0	3,6	17,6	4,2	22,0	5,3
Engrenage à fréquence variable	1,0	5,5	1,0	7,5	1,3	9,5	1,6	11,0	1,8	15,0	2,4
	1,6	9,5	1,6	11,0	1,8	13,0	2,2	18,5	3,0	22,0	3,6
Sans engrenages à entraînement direct statique	2,5	-	-	-	-	-	3,8	-	4,2	-	5,2
	4,0	-	-	-	-	-	6,7	-	7,6	-	8,6

A : Puissance du moteur (kW) ; B : Puissance moyenne (kW)

Tableau 4-12 : Flux de chaleur des appareils; valeurs par défaut en l'absence de données nationales; valeurs globales en fonction de l'usage du bâtiment, non-résidentiels. (ISO13790, 2008)

Usage du bâtiment	Production de chaleur par les appareils durant les périodes d'occupation $\Phi_{\text{int,A}}/A_f$ (W/m ²)	Taux de fonctionnement f_{app}	Flux moyen de chaleur des appareils $\Phi_{\text{int,A}}/A_f$ (W/m ²)
Bureaux	15	0,20	3
Education	5	0,15	1
Soins de santé, clinique	8	0,50	4
Soins de santé, non clinique	15	0,20	3
Restauration	10	0,25	3
Commerce	10	0,25	3
Association	5	0,20	1
Hébergement	4	0,50	2
Cellule et pénitenciaire	4	0,50	2
Sports	4	0,25	1

$\Phi_{\text{int,A}}$ est le flux de chaleur des appareils, exprimé en Watts

A_f est la surface de plancher climatisé, exprimée en mètres carrés

Notez que $\Phi_{\text{int,A}}$ n'inclus pas les gains liés à l'éclairage.

5. Références

Adam, C., 2006. André Ph validation exercise applied to some TRNSYS components in the context of IEA34/43, AIVC 27th Conference - EPIC2006AIVC, Technologies & Sustainable Policies for a Radical Decrease of the Energy Consumption in Buildings, Lyon, France.

ASHRAE, 2009. ASHRAE Handbook - Fundamentals (S-I Edition). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Belgian-Federal-Government, 2013a. Economie - Statistics Belgium - <http://statbel.fgov.be/fr/statistiques/chiffres/population/structure/menages/nmbrenoyaux/>.

Belgian-Federal-Government, 2013b. Economie - Statistics Belgium - <http://statbel.fgov.be/fr/statistiques/chiffres/population/structure/menages/taillemoyen/>.

Belgian-Federal-Government, 2013c. Economie - Statistics Belgium - http://statbel.fgov.be/fr/statistiques/chiffres/travailvie/emploi/famille_sans_emploi/.

Beyens, P., 2013. ***La Durée du travail : dispositions générales*** - http://www.droitbelge.be/fiches_detail.asp?idcat=25&id=639. DroitBelge.Net - Portail du droit belge.

Brandenberg, J., 2009. L'absentéisme scolaire: mal incurable? Quelques pistes de réflexion et tentatives de solution., in: Association-des-agents-PMS-des-Communautés-française-et-germanophone (Ed.), PMS 21.

Ceper, S., Feist, W., Kah, O., 2001. Messtechnische Untersuchung und Auswertung; Klimaneutrale Passivhaussiedlung in Hannover-Kronsberg, CEPHEUS-Projektinformation Nr. 19. Passivhaus Institut, Darmstadt.

Chludzinska, M., O kontroli wilgotnosci, czyli infiltracji i czynnika temperaturowym, Instalator, PW IOW.

CIBSE, 2004. Guide F: Energy Efficiency in Buildings, Second edition ed. CIBSE.

CIBSE, 2006. CIBSE guide A, Environmental design, 7th ed. ed. Chartered Institution of Building Services Engineers, London.

Council-of-Europe/Conseil-de-l'Europe, 2005. Household structures in Europe: Population Studies.

Deboosere, P., Lesthaeghe, R., Surkyn, J., Willaert, D., Boulanger, P.-M., Lambert, A., Lohlé-Tart, L., 2009. Enquête socio-économique 2001 - Monographies: Ménages et familles en Belgique. Direction générale Statistique et information économique.

DGO4, Architecture-et-Climat, 2013. Energie +: Les charges thermiques internes - L'apport des occupants: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11675>.

DiPietrantonio, M., Van Loon, S., 2013. PHPP Vademecum - Nieuw certificatiekader voor woningen: een toelichting, NZEB Symposium : Passive and beyond, AREA 42, Bruxelles, Belgium, p. 14.

Duarte, C., Van Den Wymelenberg, K., Rieger, C., 2013. Revealing occupancy patterns in an office building through the use of occupancy sensor data. Energy and Buildings 67, 587-595.

Ebel, W., 1997. Interne Wärmequellen - Erfahrungen aus dem Passivhaus, Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 5, Energiebilanz und Temperaturen. Passivhaus Institut, Darmstadt.

Enseignons.be, 2010a. L'absentéisme des élèves reste élevé - <http://www.enseignons.be/actualites/2012/06/17/absenteisme-eleve>.

Enseignons.be, 2010b. TAILLE DES CLASSES : LES PLAFONDS SONT FIXÉS - <http://www.enseignons.be/actualites/2011/11/30/taille-classes-2>, 2010 ed.

EN_15193-1, 2009. A.R. EN 15193-1 Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting - Part 1: Lighting energy estimation Ferro, et al., Effect of interior door position on room-to-room differences in residential pollutant concentrations after short-term releases. Atmospheric Environment 43, 706-714.

Fernandes, L.L., Lee, E.S., DiBartolomeo, D.L., McNeil, A., 2014. Monitored lighting energy savings from dimmable lighting controls in The New York Times Headquarters Building. Energy and Buildings 68, Part A, 498-514.

Firląg, S., Murray, S., 2013. Impacts of airflows, internal heat and moisture gains on accuracy of modeling energy consumption and indoor parameters in passive building. Energy and Buildings 64, 372-383.

Fédération-Wallonie-Bruxelles, 2012. Les indicateurs de l'enseignement, in: Enseignement-et-recherche-scientifiques (Ed.), 7 ed, p. 19.

Glicksman, L.R., Taub, S., 1997. Thermal and behavioral modeling of occupant-controlled heating, ventilating and air conditioning systems. Energy and Buildings 25, 243-249.

Gouda, M.M., Underwood, C.P., Danaher, S., 2002. Modeling the robustness properties of HVAC plant under feedback control, 6th International Conference of System Simulation in Buildings, Liège, Belgium, pp. 16-18.

Gouvernement, 2012. 1031 - Décret du 3 mai 2012 relatif à l'enseignement fondamental et à l'enseignement secondaire ordinaires, notamment en matière de taille des classes. Moniteur Belge 200, 33035-33041.

Gouvernement-wallon, 2008. Arrêté du Gouvernement wallon déterminant la méthode de calcul et les exigences, les agréments et les sanctions applicables en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments., Annexes 1 et 2.

Heyse, S., 2012. Combien d'heures le Belge travaille-t-il réellement ? - <http://www.references.be/carriere/combien-dheures-le-belge-travaille-t-il-reellement>. [Référence.

ISO7730, 2005. ISO 7730, Annexe B, p. 19.

ISO13790, 2008. ISO 13790, Annexe G.

ISO13791, 2004. NBN EN ISO 13791.

ISO, 2008. ISO 13790, Annexe G.

Jaspard, P., 1993. LES CONCLUSIONS DE PLEIADE, PASSIVE LOW ENERGY INNOVATIVE ARCHITECTURAL DESIGN. http://www-climat.arch.ucl.ac.be/pleiade/pleiade_intro.htm.

Jennings, J.D., Rubinstein, F.M., DiBartolomeo, D., Blanc, S.L., 2000. Comparison of Control Options in Private Offices in an Advanced Lighting Controls Testbed. Journal of the Illuminating Engineering Society 29, 39-60.

Klein, L., Kwak, J.-y., Kavulya, G., Jazizadeh, F., Becerik-Gerber, B., Varakantham, P., Tambe, M., 2012. Coordinating occupant behavior for building energy and comfort management using multi-agent systems. Automation in Construction 22, 525-536.

Knight, I.P., 1999. Measured energy savings due to photocell control of individual luminaires. Lighting Research and Technology 31, 19-22.

La-politique-scientifique-fédérale-en-collaboration-avec-la-direction-générale-statistique-et-information-économique, 2009. Communiqué de presse : Ménages et familles en Belgique.

Li, D.H.W., Lam, T.N.T., Wong, S.L., 2006. Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls. Energy Conversion and Management 47, 1133-1145.

Liébard, A., De Herde, A., 2005. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Éditions du moniteur ed. Observ'ER, Observatoire des énergies renouvelables, p. 86b.

Mahdavi, A., Pröglhöf, C., 2008. Observation-based models of user control actions in buildings, PLEA 2008 - 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin.

Mahdavi, A., Pröglhöf, C., 2009a. Toward empirically-based models of people's presence and actions in buildings, Building Simulation 2009 - Eleventh International IBPSA Conference, July 27-30, 2009, Glasgow, Scotland.

Mahdavi, A., Pröglhöf, C., 2009b. User behaviour and energy performance in buildings, IEWT 2009 - Internationalen Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, Vienne.

Massart, C., De Herde, A., 2010. Elaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie : Conception de maisons neuves durables. Architecture et Climat – UCL, Service Public Wallonie.

Mijakowski, M., 2001. Emisja wilgoci w pomieszczeniach mieszkalnych, in: Conference Proceedings, VI Problemy jakosci powietrza wewnetrznego w Polsce, Warszawa.

NBN-EN-13779, 2007.

NBN-EN-15232, 2007. NBN-EN-15232, Annexe A.

NBN-EN-15251, 2007. NBN-EN-15251, Annexe B.

Parlement-de-la-Communauté-française, 2009. CRI N°13 (2008-2009) - Compte rendu intégral - Session 2008-2009 - Séance du mardi 10 mars 2009 (après-midi), pp. 21-24.

PHPP, 2007. Logiciel PHPP.

pmp, consulté le 23 août 2013. Plate-forme Maison Passive a.s.b.l. <http://www.maisonpassive.be/>.

Politique-scientifique-fédérale, 2013. **Enquête belge sur l'emploi du temps** - http://www.time-use.be/tostat/config.php?lang=fr&easy&cxt=act0&ind=1&pool=1&extrapol=7&en_werkend&en_arbpos3&en_arbpos5&en_gezsit.

Pujol-Nadal, R., Martínez-Moll, V., Moià-Pol, A., 5-7 April, 2006. Prediction of the thermal behaviour of an office building using TRNSYS with proposal and evaluation of improvement action, ICREPQ'06, Palma de Mallorca,, p. 257.

Roisin, B., Bodart, M., Deneyer, A., D'Herdt, P., 2008. Lighting energy savings in offices using different control systems and their real consumption. Energy and Buildings 40, 514-523.

Rédaction-de-7sur7.be, 2011. Les mamans belges ont deux enfants en moyenne - <http://www.7sur7.be/7s7/fr/1523/Famille/article/detail/1339495/2011/10/26/Les-mamans-belges-ont-deux-enfants-en-moyenne.dhtml>. www.7sur7.be.

Saelens, D., Parys, W., Baetens, R., 2011. Energy and comfort performance of thermally activated building systems including occupant behavior. Building and Environment 46, 835-848.

SD-Worx, 2013. file:///E:/SIMBA/occupants/new-a-imprimer/SD%20Worx%20R&D%20-%202012%20%20Ann%C3%A9e%20record%20pour%20l'E2%80%99absent%C3%A9isme.htm.

Service-Public-Fédéral-Belge, 2010. Portail Belgium.be - Informations et services officiels: Durée du travail : règles.