



POLYTECH[®]
TOURS

Département Aménagement

1969
2009
Innover pour
aider à
l'aménagement
durable des
territoires



UNIVERSITÉ
FRANÇOIS - RABELAIS
TOURS

Projet de Fin d'Etudes

**Amélioration d'un outil
d'évaluation énergétique à
l'échelle urbaine (modèle
SCALP) : travail sur les
apports internes**



2011-2012

Directeur de recherche

MAIZIA Mindjid

GUIBOUX Aurore

GUICHE Théophile

**Amélioration d'un outil d'évaluation
énergétique à l'échelle urbaine
(modèle SCALP) : travail sur les
apports internes**

2011-2012

Directeur de recherche

MAIZIA Mindjid

GUIBOUX Aurore

GUICHE Théophile

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures et enquêtes. Tout emprunt à des contenus d'enquêtes, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover, tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel ou en binôme de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer tout une partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement,
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

C'est dans le cadre de ce premier objectif que s'inscrit ici notre P.F. E.

REMERCIEMENTS

Notre reconnaissance va à toutes les personnes qui nous ont encadrés, suivi et soutenu lors de la réalisation de ce projet de recherche.

A cet effet, nous remercions tout d'abord Mindjid Maizia, tuteur de ce projet, qui a su nous guider pas à pas dans l'élaboration de ce projet et nous initier à la réalisation d'un mémoire de recherche.

Ensuite, nous souhaitons remercier l'ensemble des acteurs rencontrés durant la réalisation de ce projet, notamment dans le cadre de notre recherche de données. Leur disponibilité et leur intérêt sont à l'origine même des données et des éléments de réflexions présentés dans ce mémoire.

SOMMAIRE

Avertissement	4
Formation par la recherche et projet de fin d'études	5
Remerciements	6
Sommaire.	7
Introduction	9
Partie 1 : Etat de l'art	10
1. Impact de l'équipement des ménages sur les apports Internes et leurs évolutions	11
2. Les méthodes existantes de calcul des Apports Internes à l'échelle urbaine	14
21. Le JO du 28 septembre 2005	14
22. La méthode CLTD-CLF, Ashrae 1985.....	15
23. La méthode RTS 2005/2009	16
3. La réglementation thermique	18
31. La réglementation 1988	19
32. La réglementation 2000	19
33. La réglementation 2005	19
34. La réglementation 2012	21
4. Segmentation du secteur du bâtiment dans les études énergétiques urbaines.....	21
Partie 2 : La méthode de calcul des apports internes a l'échelle urbaine	23
1. Calcul des apports internes à partir de la méthode Th-BCE 2012.....	24
11. En période d'occupation	25
12. Hors période d'occupation	25
13. Calcul des apports internes totaux.....	26
14. Le cas particulier des logements	26
2. Typologie de bâtiment retenue.....	27
3. Calcul du nombre de bâtiments et de surface moyenne pour chaque catégorie de bâtiment	28
Partie 3 : Collecte des données	29
1. Calcul du nombre de bâtiment de chaque catégorie.....	30

2. Définition de la surface moyenne pour chaque type de bâtiment	31
21. Hôpitaux et établissements de santé de jour, hôpitaux de nuit et établissements sanitaires avec hébergement.....	31
22. Les logements.....	32
23. Foyers, services d'action sociale et résidences universitaires	32
24. Les hôtels.....	32
25. Les établissements d'accueil petite enfance et d'enseignements	34
26. Bureaux et commerces.....	35
27. Restauration	35
28. Etablissements sportifs et tribunaux.....	36
Partie 4 : Modèle de calcul obtenu : résultats et limites	37
1. Le modèle de calcul	38
2. Observations, résultats, et limites.....	39
21. Test du modèle pour la ville de Tours	39
22. Autres limites.....	43
Conclusion.....	45
Annexes... ..	46
Bibliographie	59
Table des figures.....	61
Table des matières.....	62

INTRODUCTION

Dans le contexte actuel, où les économies d'énergies sont devenues un objectif prioritaire, la réalisation de bilans énergétique à l'échelle des bâtiments est de plus en plus fréquente, si ce n'est systématique, dans le but de calculer les besoins en chauffage et éventuellement tenter de les minimiser.

Lorsqu'on effectue ces bilans, il s'agit d'une part d'évaluer les différentes déperditions du bâtiment, qui peuvent être par l'enveloppe ou par la ventilation. D'autre part, il s'agit également de définir les différents apports énergétiques du bâtiment. On distingue deux types d'apports : les apports solaires et les apports internes. Ce sont à ces derniers que nous allons particulièrement nous intéresser.

Les apports internes représentent l'énergie fournie gratuitement au bâtiment, à la fois par ses occupants, dont le métabolisme dégage de la chaleur¹, par l'éclairage et par les équipements électriques. En effet, on considère que l'intégralité de la consommation électrique d'un appareil est restituée au bâtiment par ce qu'on appelle « l'effet Joule ». Les apports internes induits par l'utilisation d'un appareil correspondent donc au produit de sa puissance par sa durée d'utilisation.

L'objectif de ce projet de fin d'études est de concevoir un modèle de calcul simplifié des apports internes à l'échelle urbaine pour les secteurs résidentiels et tertiaires, et ce en fonction de données aisément accessibles pour un opérateur urbain.

On peut définir un opérateur comme une personne morale qui est chargée de la gestion au sens large des villes et du milieu urbain. Cette « gestion au sens large » englobe les différentes thématiques liées à la Ville (transports, logement,...) et des activités variées qui peuvent s'étendre de la production de documents d'urbanisme à la conception et l'aménagement de nouveaux quartiers.

Il s'agira donc, dans ce présent rapport, de faire tout d'abord le bilan des connaissances actuelles sur les apports internes et la manière dont ils peuvent être calculés à l'échelle urbaine, en revenant également sur la représentation sectorielle de l'énergie telle qu'elle figure dans les documents de planification² et sur l'impact de l'augmentation du taux d'équipement des ménages sur la consommation électrique. Il s'agira ensuite d'expliquer comment ces apports ont été estimés dans le cadre de ce projet, en détaillant à la fois la méthode de calcul utilisée ainsi que toutes les hypothèses émises pour permettre à un opérateur urbain de pouvoir utiliser l'outil de calcul élaboré. Enfin, nous reviendrons sur le travail effectué, ses limites ainsi que les résultats obtenus.

¹ Entre 75 et 100W pour une personne au repos. (*Ecobati, évaluer les consommations d'énergie d'un logement et sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre*, M.Maizia.)

² Notamment les Plans Climat Energie Territoriaux (PCET)

PARTIE 1

ETAT DE L'ART

Cette première étape essentielle vise à étudier les apports internes du point de vue de leurs évolutions (causes, conséquences,...) mais aussi du point de vue des méthodes existantes à l'échelle urbaine, tout en prenant en compte les connaissances d'un opérateur urbain et ce, afin de constituer le point de départ de la réflexion de ce projet de recherche.

1. Impact de l'équipement des ménages sur les apports Internes et leurs évolutions

Comme chacun sait, la consommation électrique en France croît d'année en année. En effet, en 2010, la consommation totale d'électricité est de 490 TWh. En 20 ans, elle a presque été multipliée par 1.5, passant de 345 TWh en 1990 à 490 TWh en 2010. (*Bilan de l'énergie électrique en France, RTE juin 2011 – chiffre de production 2010*) L'augmentation de la consommation électrique en France, et donc par la même occasion des apports internes (ou apports gratuits) peut être expliquée par plusieurs phénomènes majeurs :

- Tout d'abord, l'augmentation du nombre d'appareils électroménagers par ménage en est une des causes principales. En effet, 52% de la consommation électrique des ménages concerne aujourd'hui les usages spécifiques (audiovisuel, lavage, éclairage, informatique, etc.). En 2008, la consommation moyenne d'un ménage français hors chauffage et ECS (Eau Chaude Sanitaire) atteint 2700 kWh/an (dont 23,3% pour la production de froid, 20% pour l'audiovisuel, 14,9% pour le lavage, 14,5% pour l'informatique, 12,8% pour l'éclairage et 14,4% pour les autres usages.) (*CEREN et REMODECE 2008*).

Même si l'efficacité énergétique de nos équipements s'améliore depuis quelques années (écolabel¹, étiquettes énergie², etc.), la consommation qui découle de l'utilisation de ces équipements continue quant à elle d'augmenter (multiplié par deux entre 1985 et 2008), en dépit du fait que la consommation énergétique des appareils électroménagers représente aujourd'hui, pour 8 français sur 10, le second critère de choix d'achat. (*Enquête SOFRES 2008 pour l'ADEME*).

Cette augmentation peut être expliquée de plusieurs manières.

Premièrement, l'usage fait des appareils électroménagers n'est pas toujours économe. En effet, il peut être parfois judicieux d'éteindre complètement un

¹ Il garantit à la fois la qualité d'usage d'un produit et ses caractéristiques écologiques. Il est délivré à la demande des industriels intéressés et certifié par un contrôle indépendant. A l'heure actuelle, il peut être attribué aux lave-vaisselle, lave-linge, réfrigérateurs, congélateurs, lampes, ordinateurs et télévisions.

² Elle renseigne sur les consommations des différents modèles. Elle est désormais valable pour tous les pays européens et est obligatoire pour les réfrigérateurs, congélateurs, combinés, lave-linge, sèche-linge, les lampes, les fours électriques, les climatiseurs et les téléviseurs.

appareil (type ordinateur/télévision ou petit électroménager) en le débranchant pour éviter une « veille cachée », ou de faire tourner son lave-linge lors des heures creuses afin d'éviter une surconsommation électrique à l'échelle de l'immeuble, du quartier ou même de la ville aux heures de pointes (au moment des pics).

Deuxièmement, le dimensionnement des équipements n'est pas toujours adapté aux besoins des ménages. En effet, à titre d'exemple, il est évident que les besoins en taille d'un réfrigérateur varient d'un ménage à l'autre. Pour une personne célibataire, un volume de 100 à 150l suffira alors qu'il devra faire entre 150 et 250l pour 2 ou 3 personnes, entre 250 et 350l pour 3 ou 4 personnes et plus de 350l pour un ménage dépassant les 4 personnes. (*Volumes donnés à titre indicatif par l'ADEME, 2008*). Malgré cela, on constate que le volume moyen des réfrigérateurs achetés en France est en constante évolution et souvent mal adapté aux besoins des utilisateurs. Par conséquent on observe une surconsommation.

Troisièmement, le nombre d'équipement par ménage augmente de manière significative surtout dans le secteur de l'audiovisuel, de la téléphonie et d'internet. En effet, la quasi-totalité des ménages est équipée d'un réfrigérateur, d'un téléviseur et d'un lave-vaisselle et près de 9 ménages sur 10 d'un téléphone fixe. A côté de ça, en 2009, 66,6% des ménages possédaient un ordinateur contre 58,9% en 2007, 60,4% une connexion à internet contre 48,5% en 2007 et 80% un téléphone portable contre 76,9% en 2007. Pris séparément, les équipements de type multimédia sont souvent moins énergivores que les équipements électroménagers. Mais, leur multiplication dans chaque logement et le nombre croissant de ménages équipés expliquent la forte croissance de ces postes de consommation. Aujourd'hui, ce sont les Home cinéma, les écrans plasma, les lecteurs DVD, les décodeurs, les paraboles, les chaînes hi-fi, les ordinateurs, l'ADSL et les jeux électroniques qui représentent la part de la consommation à la croissance la plus rapide. (*Insee, SRCV-SILC 2009 et 2007, ADEME.*)

Enfin, la durée d'utilisation de certains équipements a largement augmenté au cours de ces dernières années. C'est le cas notamment du temps passé devant les écrans. En moyenne, les français passeraient 17 minutes de plus sur internet pour leurs loisirs en 2010 qu'en 1999.

- La deuxième cause principale à l'augmentation de la consommation électrique en France est la décohabitation des ménages. Selon des statistiques menées par l'Insee, le nombre de ménages tend à croître plus vite que la population, +1,24% par an en moyenne pour le nombre de ménages entre 1975 et 2005 contre +0,48% pour la population. Alors que le nombre moyen de personnes par ménage était de 2,9 en 1975, il n'est plus que de 2,4 en 1999 et de 2,3 en 2005. Cette décohabitation est principalement due à deux facteurs.

D'une part, le vieillissement de la population, qui entraîne une augmentation du nombre de ménages de personnes âgées, qui n'ont plus d'enfants à charge.

Les générations du baby-boom (nées entre 1945 et 1965) vont accentuer cette décohabitation. En effet, ces générations arrivent à un âge où leurs enfants vont quitter le foyer familial. Ainsi, il y aurait en moyenne 159 000 ménages supplémentaires par ce biais chaque année d'ici à 2030.

D'autre part, la « désaffectation » dont souffrent les modes de vie « traditionnels » de cohabitation. Alors qu'en 1982, 83% des hommes de 35 ans vivaient en couple, ils ne sont que 71% en 2005. Depuis 20 ans, la vie en couple cède du terrain et de plus en plus de personnes vivent seules. C'est la tranche des 25-50 ans qui est la plus concernée par ce phénomène. Les unions libres concernent une proportion croissante des couples et le nombre de divorces a augmenté ses dernières années (43% en 2005 contre 33% en 1990). Les tendances laissent à croire que ce phénomène devrait se poursuivre à un rythme soutenu. (*Projection des ménages pour la France métropolitaine à l'horizon 2030, Insee*).

- L'éclairage et notre dépendance à la lumière des lampes électriques jouent également un rôle important dans notre consommation électrique. A eux seuls, les secteurs du tertiaire et du résidentiel absorbent les trois quarts de la consommation d'électricité pour l'éclairage. D'après les travaux réalisés par la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), nous savons que les besoins en éclairage continue de croître (+ 5% par an de lumen.heure entre 1980 et 1987).

Aujourd'hui (2008), parmi les 180 millions d'ampoules vendues au grand public en France, 23 millions sont des ampoules basses consommation et 152 des incandescences. La majorité des ampoules restent donc des incandescences. Il est important de préciser qu'une telle ampoule transforme 5% de l'énergie qu'elle reçoit en lumière et 95% en chaleur. Un effort a cependant été fait sur l'éclairage public, avec 57% des lampes qui sont Basse Consommation, 22% des LED et 21% des lampes à incandescence ou halogène

Par conséquent mêmes si les consommations électriques dues à l'éclairage continuent de croître, les apports internes dus à l'éclairage eux, ont tendance à diminuer depuis une vingtaine d'année.

Les apports internes dus à l'utilisation des appareils électroménagers, des équipements de type multimédia, mais également de l'éclairage, devraient tendre à la hausse dans les vingt prochaines années, de même que les consommations électriques. Afin d'évaluer au mieux ces consommations, il est donc aujourd'hui primordial de mesurer/calculer le plus précisément possible les apports internes et ce, à toutes les échelles possibles. Quelles sont les méthodes existantes de calcul des apports internes ? Quelles sont leurs points forts mais aussi leurs limites ?

C'est à ces questions que nous allons essayer de répondre dans la partie suivante.

2. Les méthodes existantes de calcul des Apports Internes à l'échelle urbaine

L'échelle qui nous intéresse ici est celle qu'utilise l'opérateur urbain dans son travail au quotidien. En effet, l'outil que nous devons réaliser doit répondre aux besoins de l'opérateur urbain en matière de calculs énergétiques. C'est pourquoi, dans cette partie, nous ne nous intéresserons qu'aux méthodes existantes à l'échelle urbaine. Mais avant cela, nous allons faire un point sur la réglementation en vigueur.

21. Le JO du 28 septembre 2005

Le ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement s'intéresse également au calcul des apports internes dans le texte n°11 de son « arrêté relatif aux méthodes et procédures applicables au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine » du 15 septembre 2006.

Le taux de couverture des apports gratuits (apports internes et apports solaires) est défini comme suit :

$$F = (X - X^m) / (1 - X^m)$$

Avec m : inertie du bâtiment. Elle varie entre 2,9 et 3,6. Pour connaître la valeur de m dans un bâtiment donnée, se reporter au fascicule Th-I des règles Th-Bât.

La valeur de X quant à elle dépend du type d'habitation et de la zone géographique. En effet, la France métropolitaine est découpée en 3 zones thermiques : H1, H2 et H3¹. Ces zones sont arbitraires et tentent de traduire aux mieux les variations climatologiques et pluviométriques.

X =

X	Maison individuelle
H1	$\frac{22,9 + Sse \times E}{GVxDHcor}$
H2	$\frac{21,7 + Sse \times E}{GVxDHcor}$
H3	$\frac{18,1 + Sse \times E}{GVxDHcor}$

X	Immeuble collectif
H1	$\frac{22,9 + Sse \times E}{GVxDHcor}$
H2	$\frac{21,7 + Sse \times E}{GVxDHcor}$
H3	$\frac{18,1 + Sse \times E}{GVxDHcor}$

¹ Voir en Annexe 2 la carte des zones.

Avec $S_{se} = 0,045$ pour les maisons individuelle avec un vitrage dégagé au sud et $S_{se} = 0,028$ dans les autres cas. Et $S_{se} = 0,030$ pour les immeuble collectifs avec un vitrage dégagé au sud et $S_{se} = 0,023$ sinon. E représente l'ensoleillement en kWh/m^2 , selon le département et est défini selon la méthode DEL.2¹

$DH_{cor} = D_{href} + ((N_{ref} / C_2) + 5) \times dN$ avec $C_2 = 340$ si $C_4 = -$; sinon $C_2 = 400$ et $dN = C_3 \times \text{altitude (m)}^2$ et $GV = \text{déperditions par les parois (W/K)} + \text{déperditions par renouvellement d'air (W/K)}$.

Il est important de préciser que ce calcul nous permet d'appréhender la valeur globale des apports gratuits (comprenant les apports internes et les apports solaires) et non pas uniquement les apports internes. Par conséquent, les valeurs calculées à l'aide de cette méthode ne pourront pas être comparés directement aux deux méthodes suivantes, à savoir la méthode CLTD-CLF (Ashrae 1985) et la méthode RTS 2005/2009.

22. La méthode CLTD-CLF, Ashrae 1985

Cette méthode est un essai de simplification des anciennes méthodes TFM et TETD/TA. Elle se base sur un calcul des Apports Internes en trois étapes : Les apports par les occupants, les apports par l'éclairage et les apports par les appareils. Elle fait intervenir un facteur de charge Clf (cooling load factor) qui s'applique aux trois composantes des apports internes. Ce dernier est défini selon les tableaux Ashrae 1997 et dépend de la classe d'inertie, de la durée totale d'occupation et du temps écoulé depuis le début de l'occupation, de l'éclairage ou de l'utilisation de l'appareil. Le calcul est effectué heure par heure sur l'ensemble des mois/années de calcul.

Les apports par les occupants sont calculés de la manière suivante :

$$\text{Appintocc} = \text{Appsocc} + \text{Applocc}$$

$$\text{Avec Appsocc} = N_{\text{bocc}} \times A_{\text{socc}} \times Cl_{\text{focc}} \text{ (en W)}$$

N_{bocc} : Nombre d'occupant pour la période donnée

A_{socc} : Apport sensible par occupant pour la période considérée (en W)

Cl_{focc} : Facteur de charge pour les occupants

$$\text{Et Applocc} = N_{\text{bocc}} \times A_{\text{locc}} \text{ (en W)}$$

N_{bocc} : Nombre d'occupant pour la période donnée

A_{locc} : Apports latents (dégagement d'humidité sous forme de vapeur d'eau) par occupant pour la période considérée (en W)

¹ $E = Pref \times N_{ref} / 1000$, cf. Annexe 3 pour connaître les valeurs.

² Ces valeurs sont défini par les données météorologiques de la méthode DEL.2, cf. Annexe 3.

Les apports par l'éclairage eux, sont calculés de la manière suivante (le système d'éclairage ne crée pas d'apports latents) :

$$\text{Appsecl} = \text{Pécl} * \text{Sh} * \text{Clfécl} \text{ (en W)}$$

Pécl : Puissance d'éclairage en W/m²

Sh : Surface habitable du local en m²

Clfécl : Facteur de charge pour l'éclairage

Pour les apports par les appareils, la méthode CLTD-CLF définit trois catégories d'appareils ; les appareils de bureautique, les appareils électriques et les machines. Par appareils de bureautique on entend les ordinateurs individuels, les écrans et tous les équipements dont le nombre est proportionnel au nombre d'occupant. Les appareils électriques eux sont définis comme identiques aux appareils bureautiques mais au nombre proportionnel à la surface du local. Enfin, les machines comprennent les appareils porteurs d'apports latents (ex : les plaques de cuisson) ainsi que les appareils dont la puissance ne peut être rapportée ni à la surface du local, ni au nombre d'occupants.

Les apports internes pour les machines sont donnés comme suit :

$$\text{Appsmach} = [\text{Asb} * \text{Nbocc} + \text{Asapp} * \text{Sh} + \text{Asmach}] * \text{Clfmach} \text{ (en W)}$$

Asb : Apports pour la bureautique entrés par l'utilisateur (en W/occ)

Nbocc : Nombre d'occupant pour la période donnée

Asapp : Apports sensibles par l'appareillage électrique (W/m²)

Sh : Surface habitable du local

Asmach : Apports sensibles par les machines saisis par l'utilisateur

ClfMach : Facteur de charge pour les machines

23. La méthode RTS 2005/2009

Cette méthode est plus récente que la précédente. Elle s'appuie sur le Fundamentals Ashrae de 2005 et de 2009. La méthode CLTD-CLF n'est pas rejetée pour autant. L'Ashrae 2005 et l'Ashrae 2009 stipulent que « En pratique, la précision des méthodes de calcul des apports dépend en premier lieu de la précision de l'information disponible et du jugement de l'ingénieur lorsqu'il interprète les données. Ces facteurs ont sur la réussite du calcul une bien plus grande influence que n'en a le choix d'une méthode particulière ».

Entre la méthode de 2005 et celle de 2009, les différences sont minimes. La méthode de calcul est la même et seuls certains coefficients changent. Le total des charges sur 24 heures est pratiquement identique et même les apports instantanés ne diffèrent pas beaucoup.

En effet, la principale différence concerne la répartition des charges entre la partie amortie et la partie non-amortie ; la méthode 2009 conduit ainsi en général à un maximum un peu plus fort. En ce qui nous concerne, cette répartition n'a pas d'influence sur les apports internes.

Les apports internes sensibles sont calculés au moyen d'un vecteur de puissance établi sur 24 heures. La puissance ainsi calculée est divisée en une part radiative et une part convective. La part radiative est soumise au vecteur RTS, la part convective à un effet immédiat. Les apports latents eux, sont directement entrés par l'utilisateur.

On a donc $App_{int,h} = Apps_{int,h} + Appl_{int,h}$

Les apports internes sensibles à l'heure h sont donnés par la sommation des apports sensibles provenant des différentes sources (occupants, éclairage, machines, bureautique et appareillage électrique), décomposés préalablement en leurs parties radiative et convective :

$$App_{int,h} = \sum [Rd * Apps * (r_0 Apps_h + r_1 Apps_{h+1} + r_2 Apps_{h+2} + \dots + r_{23} Apps_{h+23}) + (1 - Rd) * Apps]$$

Apps : Apports internes sensibles bruts (saisis par l'utilisateur) à l'heure du calcul pour la source d'apports considérée

Rd : part radiative des apports pour la source considérée. La part radiative dépend du type d'apports : occupants, éclairage, machines, bureautique et appareillage électrique

$r_0, r_1, \dots, r_{23}$: vecteur RTS associé (donné par la table 30.20 (Ashrae 2005) ou 18.19 (Ashrae 2009)). Ce vecteur est lié au local et prend la même valeur pour tous les types d'apports.

Les Apps (Apports internes sensibles bruts) correspondent à la somme des apports sensibles par les occupants, des apports sensibles par l'éclairage et des apports sensibles par les appareils avec :

$$Apps_{occ} = Nb_{occ} * As_{occ} \text{ (enW)}$$

Nb_{occ} : Nombre d'occupants pour la période considérée

As_{occ} : Apport sensible par occupant pour la période considérée¹ (enW)

$$Apps_{écl} = P_{écl} * Sh \text{ (enW)}$$

$P_{écl}$: Puissance d'éclairage en W/m²

Sh : Surface habitable du local en m²

¹ Valeurs présentées dans la table 30.1 du Fundamentals 2005

$$Apps_{mach} = As_b * Nbocc + As_{app} * Sh + As_{mach} (enW)^1$$

As_b : apports pour la bureautique saisis par l'utilisateur (en W/occupant)

$Nbocc$: nombre d'occupants pour la période considérée

As_{app} : apports sensibles par l'appareillage électrique saisis par l'utilisateur (en W/m²)

Sh : surface habitable du local

As_{mach} : apports sensibles par les machines saisis par l'utilisateur (en watts)

Les apports internes latents correspondent à la somme des apports latents par les occupants et par les machines. Les apports latents des occupants sont définis comme suit :

$$Appl_{occ} = Nbocc * Al_{occ} (en W)$$

$Nbocc$: nombre d'occupants pour la période considérée

Al_{occ} : apports latents par occupant pour la période considérée (en W – valeur saisie par l'utilisateur)

Dans cette méthode les apports latents dus aux machines ne sont pas pris en compte.

Les deux méthodes présentées ci-dessus (la méthode CLTD-CLF (Ashrae 1985) et la méthode RTS 2005/2009) présentent de nombreuses similitudes dans le calcul des apports internes. Seule la séparation en une part radiative et une part convective, qui permet de préciser le calcul et d'avoir ainsi des valeurs plus exactes, diffère d'une méthode à l'autre. Nous allons maintenant nous intéresser à la réglementation thermique qui, au cours de ces différentes versions, a évolué et fixé des valeurs pour les apports internes, la plupart du temps suivant le type de locaux (à partir de 2000).

3. La réglementation thermique

La réglementation thermique française a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. C'est suite au choc pétrolier de 1973 que la France adopte, dès 1974, une réglementation thermique afin de réduire la facture énergétique.

¹ Comme pour la méthode CLTD-CLF, les appareils se distinguent en trois catégories : les appareils de bureautique, les appareils électriques et les machines. Seules les machines sont porteuses d'apports latents.

31. La réglementation 1988

La réglementation thermique de 1988 est la première à définir des valeurs pour les apports internes. Cependant, ces valeurs ne dépendent pas encore du type de local. Elles sont nationales et varient selon la zone géographique d'étude (zone H1 à H3). Cette réglementation prend des apports internes égaux à 100Wh par jour et par mètre carré habitable. La durée de la période de chauffage elle, varie selon la zone. On obtient les valeurs de A_i suivantes (en kWh):

Zone H1 : $A_i = 22,9 \text{ Sh}$

Zone H2 : $A_i = 21,7 \text{ Sh}$

Zone H3 : $A_i = 18,1 \text{ Sh}$

Avec Sh, la surface habitable du logement exprimée en m^2

32. La réglementation 2000

Elle fixe la valeur des apports internes selon trois types de locaux. C'est la première réglementation à s'intéresser à l'usage du local pour définir les apports internes qui en résulte. Elle donne les valeurs suivantes :

Types de locaux	Apports internes (W/m^2)
Logement, hôtellerie, enseignement, restauration (+)	4
Bureaux, salles de spectacle, conférences, commerces, restauration (++)	7
Etablissement sportif, stockage, industrie, transport	2

Il est important de noter que les valeurs obtenues sont en W/m^2 et non en Wh/m^2 . Il sera donc nécessaire ensuite de définir la période de chauffe prise en compte pour obtenir une valeur en Wh/m^2 .

33. La réglementation 2005

Cette dernière fait suite à la RT 2000. Elle est fondée sur un renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment. Elle s'applique aux bâtiments neufs résidentiels et tertiaires, à l'exception de ceux dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12°C des constructions provisoires (d'une durée d'utilisation inférieure à deux ans), des bâtiments d'élevage ainsi que des bâtiments chauffés ou climatisés en raison de contraintes liées à leur usage. Elle est définie par les articles L.111-9, R.111-6 et R.111-20 du code de la construction et de l'habitation.

Elle définit pour chaque type d'usage identifié, des horaires de maintien en température (des horaires d'occupation) et des apports internes en W/m² en occupation, comme suit :

Types d'usages	Horaires de maintien en température	W/m ² en occupation	kg/h/m ² en occupation
Établissements sanitaires avec hébergement	Longs	5	0,006
Logement	Longs	5	0,002
Hôtellerie et autres hébergements	Longs	3	0,004
Locaux où il n'est pas possible pour des raisons de conservation des objets entreposés de laisser dériver sensiblement la température	Longs	3	0,004
Établissements sanitaires sans hébergement	Moyens	7	0,004
Enseignement	Moyens	7	0,004
Bureau	Moyens	14	0,006
Salles de spectacles et conférences	Courts	28	0,012
Commerces	Moyens	14	0,006
Restauration plusieurs repas par jour	Moyens	14	0,006
Locaux non compris dans une autre catégorie	Moyens	7	0,004
Établissements sportifs	Moyens	2	0,002
Stockage	Moyens	2	0,002
Industrie	Moyens	2	0,002
Transport	Moyens	2	0,002
Restauration un repas par jour	Courts	14	0,006

Hypothèse : la production de vapeur d'eau en cuisines, WC et salles de bains n'intervient pas dans le bilan hydrique car l'extraction est considérée comme directe.

Un deuxième tableau précise ce que l'on doit comprendre par période longue, moyenne et courte :

Horaires d'occupation	Heures par jour	Jours par semaine
Longs	16 (de 0h à 10h et de 18h à 24h)	5 (lundi au vendredi)
	24h	Samedi et dimanche
Moyens	10 (8h à 18 h)	5 (lundi au vendredi)
Courts	5 (9h à 14 h)	5 (lundi au vendredi)

Tableau 5 : scénarios d'occupation

Comme nous pouvons le lire dans le premier tableau, les types d'usage des bâtiments sont au nombre de 16 selon cette réglementation thermique. De plus, les bâtiments industriels alors qu'ils ne font pas parti du tertiaire et de l'habitat. Enfin, les apports d'humidité, donnés par la dernière colonne du tableau ne nous intéressent pas dans le cas de ce travail de recherche.

34. La réglementation 2012

Elle s'inscrit dans la continuité de celle de 2005. Les objectifs auxquels elle répond sont globalement les mêmes. Cependant, elle est renforcée. En effet, elle reprend le niveau de performance énergétique défini par le label BBC-Effinergie et est définie par la loi sur la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Par conséquent, les constructions neuves devront présenter en moyenne une consommation d'énergie primaire inférieure à 50 kWh/m²/an contre 150 kWh/m²/an avec la RT 2005.

Pour les apports internes de chaleur, elle définit deux scénarios conventionnels au niveau des locaux. Le premier concerne les apports internes de chaleur liés à la présence humaine. Ils dépendent du nombre d'occupants du bâtiment. La méthode de calcul Th-BCE 2012, relative à la réglementation thermique 2012, prend en compte le fait que, dans les logements d'habitation, les apports sont différents pour les adultes et les enfants, et, pour les deux, ils sont plus faibles durant la période de sommeil en introduisant notamment la notion de nombre d'adultes équivalents. En ce qui concerne les autres usages, suivant le type de bâtiments, le taux d'occupation (nombre de personnes par m²) est déterminé conventionnellement par cette méthode de calcul, ce qui permet d'en déduire directement les niveaux d'apports internes de chaleur.

Le deuxième, concerne les apports internes de chaleur dus aux équipements. Ils représentent la chaleur dégagée par l'ensemble des équipements « mobiliers » (électroménagers, ordinateurs ...) qui ont un impact important sur les besoins énergétiques de chaleur et de refroidissement. Ces apports internes dépendent du taux d'équipement des bâtiments. Cette méthode de calcul distingue les apports internes de chaleur, liés aux équipements en fonctionnement permanent et ceux liés aux équipements qui fonctionnent uniquement lors des périodes de présence des occupants. En ce qui concerne les maisons individuelles ou accolées et les logements collectifs, conventionnellement, la puissance de chaleur dégagée par l'ensemble des équipements en occupation est prise de manière égale à 5,7 W/m² et celle dégagée par les équipements, en période de sommeil et en inoccupation, est prise de manière égale à 1,1 W/m². Cette puissance moyenne a été définie en prenant en compte la présence de plaques de cuisson, de matériel informatique et audiovisuel, d'appareils ménagers, d'équipements générant du froid en continu et de machines de lavage.

4. Segmentation du secteur du bâtiment dans les études énergétiques urbaines

Afin de réaliser un outil pratique et cohérent avec les besoins d'un opérateur urbain, il est important de s'informer sur la manière dont l'opérateur urbain découpe le secteur du bâtiment. Pour cela, nous nous sommes intéressés aux documents qu'il avait à sa disposition d'une part et aux documents qu'il rédigeait dans le cadre de son exercice professionnel d'autre part.

Tout d'abord, il est important de souligner que le site de l'INSEE (Institut Nationale de la Statistique et des Etudes Economiques) est très souvent utilisé par les urbanistes et aménageurs dans la recherche de données.

En dehors du secteur du logement, dans son découpage, l'INSEE définit six catégories distinctes : l'hébergement hôtelier, les bureaux, le commerce et l'artisanat, l'industrie et les entrepôts, l'agriculture et le forestier, et le service public ou d'intérêt collectif qui comprend le transport, l'enseignement et la recherche, l'action sociale, la santé, la culture-loisirs et les ouvrages spéciaux. Ce découpage est basé sur les données SOeS (Service de l'observatoire et des Statistiques de l'Etat) et Sitadel2 dont dispose l'INSEE.

Nous reviendrons sur les nomenclatures INSEE dans la partie 3, collecte des données.

Afin de connaître plus précisément le découpage sectoriel utilisé dans les documents stratégiques et notamment les PCET (Plan Climat Energie Territorial) nous nous sommes intéressés au Plan Climat de Paris et au Diagnostic Climat de Lyon.

Le plan climat de Paris de 2004 distingue six secteurs pour les émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) : le secteur du bâtiment, du transport de personnes, du transport de marchandises, de l'industrie, des espaces verts et de la consommation de déchets. Le secteur du bâtiment comprend les locaux résidentiels, tertiaires et commerciaux.

Le Diagnostic Climat de Lyon quant à lui, répartit les émissions de CO₂ du Grand Lyon en cinq secteurs : l'industrie et l'énergie, le transport routier, l'habitat, les activités tertiaires et l'agriculture. Le tertiaire est ensuite lui-même redécoupé en 7 sous secteurs dans le diagnostic : les bureaux, l'enseignement et la recherche, la santé, le commerce, l'hôtellerie et la restauration, le sport les loisirs et la culture et les transports.

Enfin le rapport GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) définit lui aussi sept secteurs en ce qui concerne les pratiques différentes d'atténuation : l'énergie, le transport, le bâtiment, l'industrie, l'agriculture, la foresterie et les déchets. Dans le secteur du bâtiment, des mesures de réduction des GES ont fait la preuve de leur efficacité. On peut citer les normes et labellisations de l'électroménager qui influent sur les apports Internes.

Nous remarquons que d'un document à l'autre la segmentation est très variable. Cependant, le secteur de l'habitat ou logement semble incontournable, et est clairement identifié dans chacun des diagnostics énergétiques. Il est cependant parfois présenté sous l'appellation « bâtiment » qui englobe les secteurs de l'habitat et du tertiaire (cf. découpage du GIEC). Seul le Diagnostic Climat de Lyon présente une étude du tertiaire détaillée en sous-secteurs. L'INSEE, par contre, réalise un inventaire des bâtiments non résidentiels ce qui concrètement revient à présenter différentes catégories de bâtiments tertiaires.

Pour notre projet, nous nous intéresserons à ce que nous appellerons le secteur du bâtiment, c'est-à-dire aux secteurs du tertiaire et de l'habitat. Nous n'étudierons pas les secteurs du transport, des déchets et de l'industrie puisqu'à nos yeux, l'étude des apports internes pour ces secteurs nous semble peu utile pour un opérateur urbain.

PARTIE 2

LA METHODE DE CALCUL DES APPORTS INTERNES A L'ECHELLE URBAINE

Les apports internes se séparent en deux ou trois catégories selon les méthodes : ceux liés au métabolisme des occupants, ceux liés à l'utilisation d'appareils électriques et parfois ceux liés à l'éclairage.

Afin de les calculer précisément, il est donc nécessaire de connaître, puisque celle-ci n'est pas constante, l'évolution de la puissance dégagée par les occupants du bâtiment ainsi que la période pendant laquelle ce bâtiment est occupé. Il faut également connaître les différents appareils électriques utilisés et leurs données d'utilisation respectives : durée de fonctionnement, puissance,...

Si la collecte de ces données à l'échelle d'une pièce, voire d'un nombre restreint de bâtiments, peut être réalisable, le faire à l'échelle urbaine paraît plus difficilement réalisable.

Une possibilité pour simplifier cette estimation consisterait à établir une liste des appareils électriques les plus courants avec leurs caractéristiques d'usage respectif, ainsi qu'à définir la puissance moyenne dégagée par le métabolisme humain et un nombre moyen d'occupants pour différentes catégories de bâtiments (logements, commerces, écoles, hôpitaux, ...). Il s'agirait ensuite de répertorier les différents bâtiments sur le territoire étudié, afin d'obtenir une estimation des apports internes totaux.

Cette méthode s'avère avoir certaines limites ; par exemple, le nombre d'appareils électriques d'un bâtiment serait fixé par la catégorie à laquelle il appartient et ne varierait pas en fonction de la surface utile de ce dernier. Il faudrait également mener de nombreuses études empiriques, pour connaître les différents paramètres du calcul (périodes d'occupation, énergie du métabolisme, puissance et durée d'utilisation des appareils, ...).

Etant donnée l'impossibilité de réaliser ce type d'études, nous avons décidé de baser nos estimations sur les valeurs forfaitaires admises par la réglementation thermique 2012, qui figurent dans la méthode de calcul Th-BCE, déjà citée plus haut. Les apports internes dus à l'éclairage ne seront alors pas pris en compte.

1. Calcul des apports internes à partir de la méthode Th-BCE 2012

La méthode de calcul Th-BCE 2012¹ définit, pour différents types de bâtiments, des périodes d'occupations, des ratios nombre d'occupants/m² et des ratios d'apports internes en W/m² en occupation et hors occupation. Ces données sont répertoriées

¹ Publiée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et approuvée par le ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement pour vérifier la conformité des bâtiments à la Réglementation Thermique 2012

dans un tableau de scénarios conventionnels¹. Quant à l'énergie dégagée par le métabolisme humain, elle y est fixée à 90W/m².

Ces différents ratios sont définis à l'échelle d'un local, un bâtiment étant composé de différents locaux. Cependant, on peut calculer ces mêmes ratios pour l'ensemble du bâtiment étudié, étant donné que le tableau fourni la proportion occupée par chaque type de local au sein d'un bâtiment. Pour chaque type de bâtiment, on peut alors définir un ratio d'apports internes (en W/m²) pendant et hors de sa période d'occupation.

11. En période d'occupation

En occupation, les apports internes sont la somme des apports liés aux occupants et de ceux liés aux appareils :

$$AI_{occupation} = AI_{occupants} + AI_{appareils_occ}$$

Les apports internes liés aux occupants sont le produit du nombre d'occupants par la puissance dégagée par le métabolisme d'un occupant (ici fixée à 90W, conformément à la méthode Th-BCE 2012) :

$$AI_{occupants} = \text{Nombre d'occupants/m}^2 * \text{Puissance d'un occupant}$$

Pour connaître le nombre d'occupants/m² d'un bâtiment, on multiplie le ratio nombre d'occupants/m² par la proportion occupée par ce-même local au sein du bâtiment. On réalise ce calcul pour chaque local du même bâtiment puis on additionne les résultats obtenus pour obtenir un ratio à l'échelle du bâtiment entier :

$$\begin{aligned} \text{Nombre d'occupants/m}^2 \\ = \sum_{i=1}^n (\text{Nombre d'occupants/m}^2_{local\ i} * \text{Proportion}_{local\ i}) \end{aligned}$$

En occupation, les apports internes provenant de l'usage d'appareils électriques sont égaux à la somme des apports internes provenant d'appareils électriques de chacun des locaux du bâtiment, pondérée par la proportion de chaque local au sein du bâtiment :

$$AI_{appareils_occ} = \sum_{i=1}^n (AI_{appareils_occ\ local\ i} * \text{Proportion}_{local\ i})$$

12. Hors période d'occupation

Lorsqu'un bâtiment est inoccupé, ses apports internes sont égaux à la somme des apports internes provenant de l'utilisation d'appareils, hors occupation, de chacun de ses locaux, pondérée par la proportion des locaux au sein du bâtiment :

¹ Voir tableau complet en Annexe 4

$$AI_{hors\ occupation} = \sum_{i=1}^n (AI_{appareils_inocc\ local\ i} * Proportion_{local\ i})$$

13. Calcul des apports internes totaux

Les ratios d'apports internes en occupation et hors occupation ($AI_{occupation}$ et $AI_{hors\ occupation}$) sont en W/m². Il faut maintenant les multiplier par la surface utile du bâtiment étudié afin d'obtenir des Watts, puis respectivement par le nombre d'heures d'occupation et le nombre d'heures d'inoccupation du bâtiment. On obtient alors deux résultats en Wattheures(Wh), qu'il faudra additionner pour connaître la quantité totale d'apports internes fournie au bâtiment durant l'année (8760 heures) :

$$AI = (AI_{occupation} * période\ occupation + AI_{hors\ occupation} * durée\ inoccupation) * surface$$

14. Le cas particulier des logements

Dans le tableau des scénarios conventionnels de la méthode Th-BCE 2012, il n'est pas indiqué de nombre d'occupants/m² pour les logements, qu'ils soient collectifs ou individuels. Le tableau renvoie à la « fiche algorithme »¹ dans laquelle est expliquée la méthode de calcul à employer pour définir le nombre d'occupants d'un logement. Celle-ci est la suivante :

-Pour un logement individuel, avec N_{adeq} le nombre d'adultes équivalents par logement et A_{gr} la surface utile du logement :

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{gr} < 30m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (70 - A_{gr}) & \text{si } 30m^2 \leq A_{gr} < 70m^2 \\ 0.025 A_{gr} & \text{si } A_{gr} \geq 70m^2 \end{cases}$$

$$N_{adeq} = \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases}$$

Figure 1 : Calcul du nombre d'adultes équivalents pour les logements individuels, Méthode Th-BCE 2012

-Pour un logement collectif, avec N_{adeq} le nombre d'adultes équivalents par logement et A_{lgt} la surface utile du logement :

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt} < 10m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (50 - A_{lgt}) & \text{si } 10m^2 < A_{lgt} < 50m^2 \\ 0.035 A_{lgt} & \text{si } A_{lgt} > 50m^2 \end{cases}$$

Le nombre maximal d'adultes équivalent est défini par

$$N_{adeq} = Nb_{lgt} \times \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases}$$

Figure 2 : Calcul du nombre d'adultes équivalents pour les logements collectifs, Méthode Th-BCE 2012

2. Typologie de bâtiment retenue

Afin d'établir ces ratios, nous avons utilisé la base de données locales de l'INSEE, qui existe pour l'ensemble des communes de France et est également disponible à l'échelle IRIS.

Les données disponibles dans cette base ne permettant pas toujours de respecter la typologie utilisée dans la méthode Th-BCE 2012, des changements ont dû être opérés à partir de cette typologie initiale. Par conséquent, des catégories ont été supprimées et d'autres ont été fusionnées. Par exemple : les catégories « Etablissement Sportif Municipal » et « Etablissement Sportif Scolaire » ont été fusionnées en une unique catégorie « Etablissement sportif » en gardant la période d'occupation la plus large, soit celle de « Etablissement Sportif Municipal ». Les autres caractéristiques (nombre d'occupants, proportions de chaque local, ratios d'apports internes,...) étant identiques pour les deux catégories initiales, elles n'ont pas été modifiées.

Au final, nous avons retenu la typologie ci-dessous, qui regroupe 27 catégories de bâtiments et dont la correspondance avec les nomenclatures INSEE est détaillée en Annexe 1.

- Hôpitaux et établissement de santé de jour
- Hôpitaux de nuit
- Etablissements sanitaires avec hébergement
- Logements individuels
- Logements collectifs
- Foyers et services d'action sociale
- Résidences universitaires
- Hôtels 0 et 1 étoile (nuit)
- Hôtels 0 et 1 étoile (jour)
- Hôtels 2 étoiles (nuit)
- Hôtels 2 étoiles (jour)
- Hôtels 3 étoiles (nuit)
- Hôtels 3 étoiles (jour)
- Hôtels 4 et 5 étoiles (nuit)
- Hôtels 4 et 5 étoiles (jour)
- Etablissements accueil petite enfance
- Etablissements d'enseignement maternel ou primaire
- Etablissements d'enseignement secondaire (jour)
- Etablissements d'enseignement secondaire (nuit)
- Enseignements d'enseignement supérieur et universitaire
- Bureaux
- Commerces, magasins et zones commerciales

- Restauration scolaire 1 repas/jour 5j/7
- Restauration scolaire 3 repas/jour 5j/7
- Restauration commerciale continue
- Etablissements sportifs
- Tribunaux

3. Calcul du nombre de bâtiments et de surface moyenne pour chaque catégorie de bâtiment

L'estimation des apports internes à l'échelle urbaine se base donc sur les valeurs et la typologie de bâtiments présentées dans la méthode de calcul Th-BCE 2012. Il reste cependant à définir, pour un territoire donné, la quantité de chaque type de bâtiment ainsi que leurs surfaces moyennes respectives.

Pour permettre à un opérateur urbain d'utiliser facilement le modèle de calcul, nous avons souhaité limiter le nombre de variables exogènes. Ainsi, nous n'en avons retenu que trois :

- La population
- Le nombre de logements
- Le nombre d'entreprises.

Nous avons ensuite souhaité établir des ratios permettant, à partir de ces données d'entrée, de définir la quantité respective de chaque type de bâtiment. Ces ratios peuvent être de trois formes différentes :

- Le nombre de bâtiments par habitant
- Le nombre de bâtiment par logement
- Le nombre de bâtiment par entreprise

PARTIE 3

COLLECTE DES DONNEES

1. Calcul du nombre de bâtiment de chaque catégorie

Grace aux données locales de l'INSEE, nous avons pu établir un ratio exprimant le nombre de bâtiments en fonction des données d'entrée pour chaque catégorie de la typologie utilisée. Les ratios sont exprimés en nombre de bâtiments par habitant, sauf pour les logements (individuels et collectifs) où le nombre de bâtiments est exprimé en fonction du nombre total de logements et pour les bureaux dont le nombre est exprimé en fonction du nombre d'entreprises.

- 0,00017 Hôpital et établissement de santé de jour/habitant
- 0,000127 Hôpital de nuit/habitant
- 0,000227 Etablissement sanitaire avec hébergement/habitant
- 0,531 Logement individuel/logement
- 0,454 Logement collectif/logement
- 0,000105 Foyer et service d'action sociale/habitant
- 0,000010163 Résidence universitaire/habitant
- 0,0000459 Hôtel 0 et 1 étoile/habitant
- 0,000141 Hôtel 2 étoiles/habitant
- 0,0000682 Hôtel 3 étoiles/habitant
- 0,00001748 Hôtel 4 et 5 étoiles/habitant
- 0,000147 Etablissement accueil petite enfance/habitant
- 0,000689 Etablissement d'enseignement maternel ou primaire/habitant
- 0,000189 Etablissement d'enseignement secondaire/habitant
- 0,000137 Enseignement d'enseignement supérieur et universitaire/habitant
- 0,47 Bureau/entreprise
- 0,005047132 Commerce, magasin et zone commerciale/habitant
- 0,00692 Restaurant scolaire 1 repas/jour 5j/7 /habitant
- 0,0000591 Restaurant scolaire 3 repas/jour 5j/7 /habitant
- 0,00273 Restaurant commercial continue/habitant
- 0,000644 Etablissements sportif/habitant
- 0,0000132 Tribunal/habitant

Ces chiffres sont des moyennes à l'échelle nationale. Pour calculer ces moyennes nous avons utilisé les chiffres suivants, qui sont à donnés par l'INSEE à l'échelle communale :

- Population française en 2008
 - Nomenclature INSEE : *Population en 2008, P08_POP ou Population municipale en 2008, POP_mun_2008*
- Nombre d'entreprises en France en 2010
 - Nomenclature INSEE : *Etablissements en 2010, ETNTOT10*
- Nombre de logements en France en 2008
 - Nomenclature INSEE : *Logements en 2008, P08_LOG*

2. Définition de la surface moyenne pour chaque type de bâtiment

Afin de faire « tourner notre modèle de calcul », et donc de calculer au plus près de la réalité les apports internes à l'échelle urbaine, il nous fallait également connaître les surfaces moyennes des bâtiments de chaque typologie citée plus haut. Afin d'homogénéiser le calcul, nous avons recherché une surface moyenne pour chacune des typologies. Seule la typologie université ne répond pas à ce critère. En effet, nous avons défini un ratio par étudiant et non pas une surface moyenne de bâtiment. Ceci s'explique par la différence de taille et de nombre des bâtiments constituant les universités françaises.

Nous allons exposer dans cette partie les surfaces moyennes retenues (ratio par étudiant dans le cas des universités) ainsi que les sources dont elles proviennent.

Nous avons essayé, autant que faire ce peut, de collecter les données les plus récentes possibles, à l'échelle nationale.

21. Hôpitaux et établissements de santé de jour, hôpitaux de nuit et établissements sanitaires avec hébergement

- Hôpitaux et établissements de santé de jour

Dans le cas de cette collecte de données, les établissements de santé de jour ainsi que les hôpitaux de jour sont assimilés au traditionnel cabinet médical. D'après l'AMIFORM (Association Médicale Indépendante de FORMation)¹, la surface conseillée pour un cabinet médical est de 60m² (entrée de 4m², salle d'attente de 15m², bureau de 15m², salle de soin de 20m², sanitaires de 3m² et local de rangement de 3m²).

Nous prendrons donc une **surface moyenne de 60m²** pour les hôpitaux et établissements de santé de jour.

- Hôpitaux de nuit

D'après une étude de l'ANAP (L'Agence Nationale d'Appui à la Performance des établissements de santé et médico-sociaux) intitulée Observatoire des coûts de la construction hospitalière, traitement statistique de 2004 à 2010.

Pour les 357 opérations recensées dans l'étude, le nombre total de m² de SU est de 3 061 881m² ; ce qui nous fait une moyenne de 8577m² par opération.

Pour les hôpitaux de nuit, nous nous baserons sur une **surface moyenne de 8577m²**

- Etablissements sanitaires avec hébergement

La superficie moyenne d'une chambre en EHPAD ou établissement sanitaire avec hébergement est de 20m² (loi sur la réforme des EHPAD d'avril 1999). Les parties

¹ Dans son étude sur l'hygiène et les soins ambulatoires – hygiène au cabinet médical

communes représentent 50% de la SHON d'un EHPAD (Theisen Patrimoine Conseil). Ainsi la surface par personne hébergée est de 40m².

Sachant que le nombre de lits en EHPAD en France est de 460 735 et que le nombre d'établissement est de 6 644 (données DRASS - FINESS - SAE - 2008), on en déduit que le nombre moyen de lits par EHPAD est de 69,34. Par conséquent, la surface moyenne d'un EHPAD est de 2773,6m².

Pour notre projet, la surface moyenne d'un établissement sanitaire avec hébergement sera de **2773,6m²**.

22. Les logements

En ce qui concerne les logements, nous nous sommes basés sur les données de la ville de Tours que nous a fourni l'agence d'Urbanisme de Tours.

- Logements individuels

La surface moyenne d'un logement individuel à Tours est de **102m²**.

- Logements collectifs

Pour les logements collectifs la surface moyenne est de **62m²**.

23. Foyers, services d'action sociale et résidences universitaires

- Foyers et services d'action sociale

Dans le cadre de ce projet de recherche on assimilera la SHON d'un foyer d'action sociale à celle d'un établissement sanitaire avec hébergement. En effet, même si ces établissements ne visent pas la même clientèle ils répondent globalement aux mêmes besoins et sont de taille similaire.

- Résidences universitaires

Pour les résidences universitaires, nous nous sommes appuyés sur les données du CROUS d'Orléans-Tours. Ce dernier compte 39 résidences pour 90 776.5m². Une résidence en région Centre représente donc en moyenne 2327,6m².

Nous prendrons donc une **surface moyenne de 2327,6m²** pour les résidences universitaires.

24. Les hôtels

Les données de l'HTR-MKG Hospitality 2011 présentes dans le portrait France 2011 du FAFIH (Fonds d'Assurance Formation de l'Industrie Hôtelière) et la réglementation des hôtels de tourisme de 2009, nous ont permis d'établir les tableaux suivants :

	Nombre d'hôtel	Nombre de chambre	Superficie min. chambre	Surface salle de bain
0 et 1*	4034	123418	9	(1,5)
2*	10012	284558	9	1,75
3*	4083	180279	10	2,5
4* et plus	919	65855	12	3

	Nombre moyen de par hôtel	Nombre moyen de personnes par hôtel ¹	Surfaces totales min. des chambres	Surface totale moyenne des chambres par hôtel
0 et 1*	30,6	45,6	1110800	275,4
2*	28,4	42,6	2561000	255,6
3*	44,2	66,3	1802800	442
4* et plus	71,7	108	790300	860,4

- Hôtels 0 et 1 étoile (nuit) et hôtels 0 et 1 étoile (jour)

D'après la réglementation, la surface du hall pour les hôtels 0 et 1* est de 9m² et il est prévu une douche commune minimum pour 30 personnes. On considère également que 20% des douches sont dans les chambres.

Les parties communes font 22,5m² (9m² de hall + 13,5m² (9*1,5) de douches). Par conséquent, la surface totale moyenne par hôtel est de **297,9m²** pour les hôtels 0 et 1 étoile.

- Hôtels 2 étoiles (nuit) et hôtels 2 étoiles (jour)

La surface de hall est ici de 20m² et le nombre de douches est fixé à 1 douche commune pour 20 personnes. 40% des douches sont dans les chambres.

Les parties communes représentent 44,5m² (20m² de hall + 24,5m² (14*1,75) de douches). La surface totale moyenne est donc de **300,1m²**.

- Hôtels 3 étoiles (nuit) et hôtels 3 étoiles (jour)

¹ On considère que l'occupation moyenne d'une chambre est de 1,5 personne.

La réglementation fixe la surface du hall à 80m². Elle impose 1 douche commune pour 20 personnes et 80% des douches dans les chambres.

Les parties communes s'élèvent ici à 172,5 m² (80m² de hall + 92,5m² (37*2,5) de douches). Nous avons donc une surface moyenne par hôtel de **614,5m²**.

- Hôtels 4 et 5 étoiles (nuit) et hôtels 4 et 5 étoiles (jour)

La surface du hall est établie à 120m². Toutes les douches doivent être présentes dans les chambres.

Les parties communes représentent 336m² (120m² de hall + 216m² (72*3) de douches). La surface moyenne pour un hôtel 4* ou plus est donc de **1196,4m²**.

25. Les établissements d'accueil petite enfance et d'enseignements

- Etablissements accueil petite enfance

En France, le nombre de places en crèches s'élève à 92 853 au 1^{er} janvier 2011 (INSEE). Le nombre de crèches quant à lui est de 2276 (INSEE 2005). Par conséquent, on compte en moyenne 40,79 enfants par crèche.

La réglementation actuelle (Article R.180.1 du code de la Santé Publique) impose 10m² par enfant (pour les moins de 3 ans), ce qui nous fait une superficie de **408m²** par crèche en moyenne en France.

- Etablissements d'enseignement maternel ou primaire

En 2010, le nombre d'élèves scolarisés dans le 1^{er} degré est de 6 664 300 (Direction de l'évaluation et de la performance, 2010). Le nombre d'établissements publics et privés du 1^{er} degré est de 53 800 (Depp, 2010). Une école accueille donc en moyenne 123,87 élèves.

D'après le Ministère de l'Education nationale et de la formation professionnelle, la surface conseillée des locaux scolaires pour 360 élèves est de 81,2 m² (583,2 m² pour les locaux d'enseignements généraux, 100m² pour les locaux spéciaux, 90m² pour les locaux administratifs et 44m² pour les locaux complémentaires¹) soit 2,27 m² par élève (Normes de construction scolaire – Direction du génie scolaire, nov. 2010).

Une surface moyenne d'une école est donc de **123,87 m²**.

- Etablissements d'enseignement secondaire (jour) et établissements d'enseignement secondaire (nuit)

Le nombre d'établissements dans le secondaire est de 7797 en 2011 et la SDHO (Surface Développée Hors Œuvre) de 80 756,8 milliers de m² (Les établissements -

¹ Inclus les sanitaires, la loge du gardien, le local d'entretien, et le local du tableau technique. Les cuisines et le réfectoire seront comptés dans la restauration scolaire.

Repères et références statistiques – 2011 - DEPP - RERS). La surface moyenne par établissement est de **10 357,4m²**.

- Enseignements d'enseignement supérieur et universitaire

Le Ministère de l'Education Nationale et de l'Enseignement supérieur et de la Recherche fixe des ratios en m² par étudiant selon les filières, que voici :

Filières	Ration m ² /étudiant	Nombre étudiants en France ¹
Lettres/Langues/Art	3,85	200 686
Sciences Humaines et Sociales	3,24	222 500
Droit, Economie et Gestion	3,26	386 830
Sciences Fondamentales	3,79	157 059
Sciences Expérimentales	5,04	276 307

En faisant une moyenne pondérée, on obtient un ratio de **3,81 m² par étudiant**.

26. Bureaux et commerces

- Bureaux

Par bureaux, on entendra ici les entreprises de services et de transport. Ces entreprises sont au nombre de 2 098 408 (INSEE 2010) et représentent 197 110 milliers de m² (chiffres clés bâtiment 2005). La surface moyenne d'un bureau est donc de **93,9 m²**.

- Commerces, magasins et zones commerciales

Les commerces sont au nombre de 340 679 d'après l'INSEE en 2010. Ils totalisent une surface de 188 300 milliers de m² (chiffres clés bâtiment 2005). On en déduit une surface moyenne de **538m²**.

27. Restauration

- Restauration scolaire 1 repas/jour 5j/7 et restauration scolaire 3 repas/jour 5j/7

Pour 360 élèves, la surface de cuisine recommandée est de 35 m² et la surface de réfectoire recommandée de 100m² (Normes de construction scolaire – Direction du

¹ Source : Observatoire de la Vie Etudiante (OVE), Enquête Conditions de Vie des étudiants 2010. Le nombre total d'étudiants (cf. partie 3, 1.) est défini en fonction de la population totale étudiée (1 980 000 étudiants inscrits en France en 2009-2010), ce qui représente environ 2.9% de la population française.

génie scolaire, nov. 2010), ce qui nous donne une surface de 135m² pour 360 élèves soit 0,375m² par élève.

Une école accueille en moyenne 123,87 élèves (cf. partie 3, 25.), ce qui fait une taille de réfectoire moyenne (cuisines incluses) de **46,45m²**.

- Restauration commerciale continue

Le guide du libre-service en restauration collective préconise 1,60 m² par place assise pour un confort normal.

En Charente Maritime, la capacité moyenne d'accueil en salle est de 52 places assises (la restauration en Charente maritime - commerces et services - octobre 2008). La surface moyenne d'un restaurant commercial est donc de **83,2m²**.

28. Etablissements sportifs et tribunaux

- Etablissements sportifs

Les 465 équipements recensés représentent une surface de 1 388 479m² avec 1 094 826m² d'équipements de plein air et 293 653m² d'équipements couverts. (Enquête sur les équipements sportifs appartenant aux établissements d'enseignement supérieur 2002)

On en déduit donc une moyenne de **631,5m²** par complexe sportif.

- Tribunaux

Selon la chancellerie [ministère de la justice et le ministre qui lui ait attaché], la surface judiciaire utile par agent est à Paris de 13 m² alors qu'elle est de 25 m² à 30 m² dans la plupart des grands tribunaux. On prendra ici une moyenne de 27,5m² par personne travaillant dans les tribunaux.

Il y a 819 juridictions (tous types de tribunaux confondus, greffes détachés et conseil des prud'hommes) en France en 2011 (Portail du gouvernement). En tout, 72 023 agents travaillent pour le ministère de la justice. (Chiffres clés de la justice, Ministère de la justice, 2007).

En moyenne, on a donc 87,94 agents par juridiction. Ce qui nous fait une superficie moyenne de **2418,35m²** par bâtiment.

PARTIE 4

MODELE DE CALCUL OBTENU : RESULTATS ET LIMITES

1. Le modèle de calcul

Le modèle de calcul réalisé permet un calcul des apports internes totaux pour le territoire étudié et une visualisation des variations horaires de ces apports au cours de l'année. Ces mêmes résultats peuvent également être observés séparément pour les secteurs résidentiel et tertiaire.

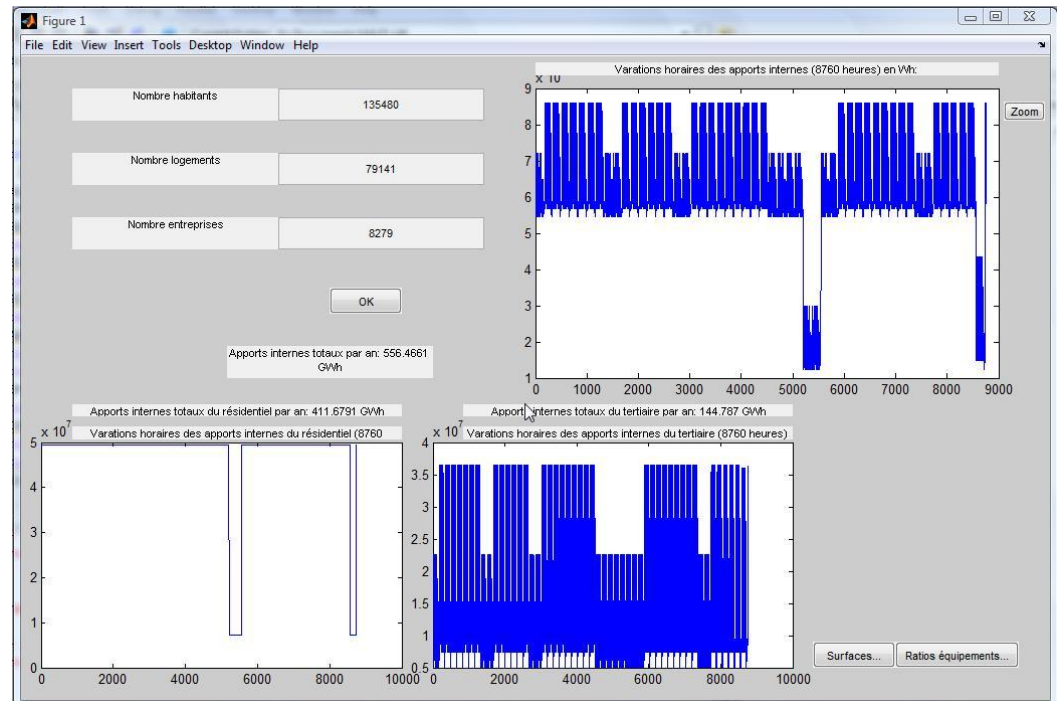


Figure 3 : Fenêtre principale du modèle de calcul réalisé

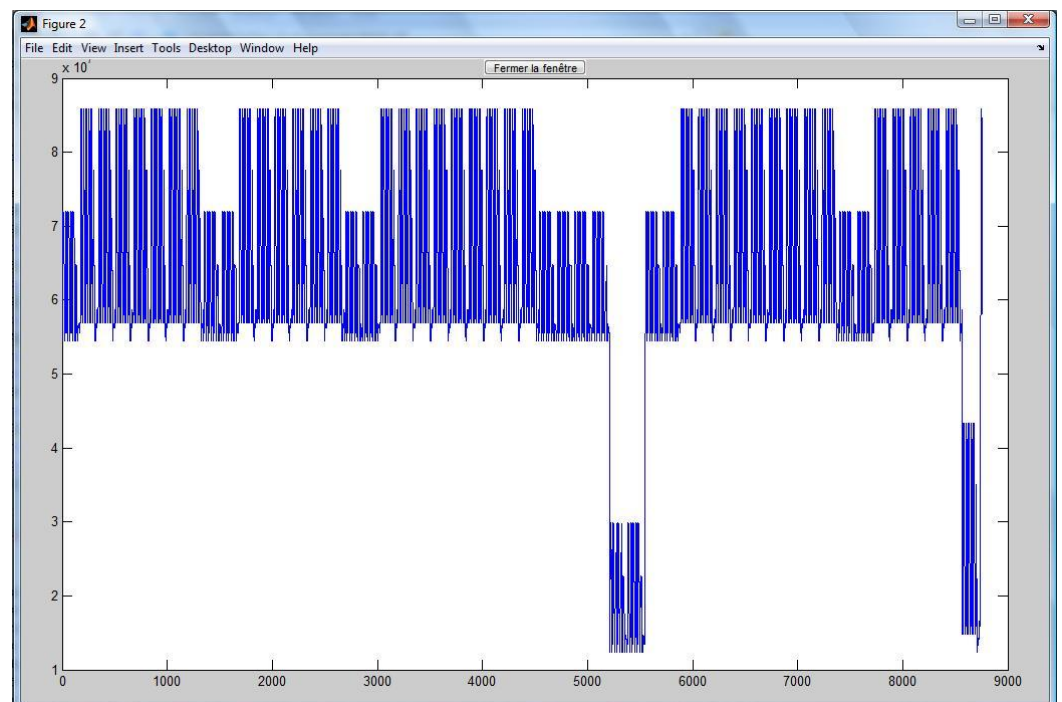


Figure 4 : Fenêtre de zoom sur le graphe des variations horaires des apports internes

L'utilisateur a également la possibilité de modifier certains paramètres de calcul : les ratios et les surfaces moyennes des bâtiments. Les paramètres par défaut pourront ensuite être à nouveau établis.

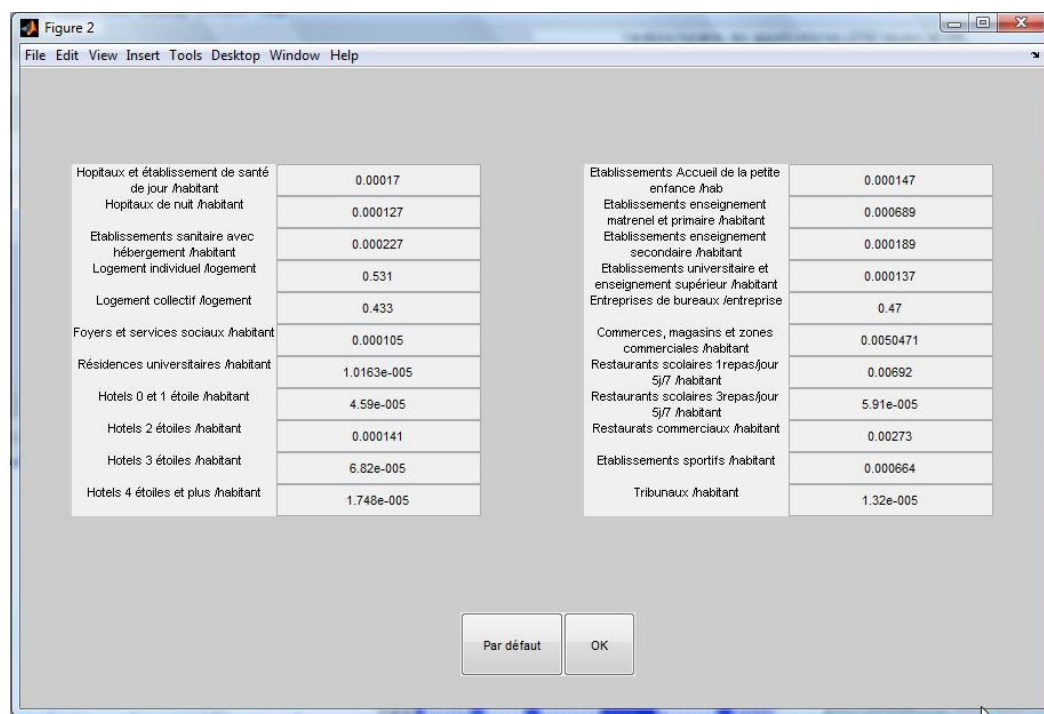


Figure 5 : Fenêtre permettant la modification des ratios nombre de bâtiments/données d'entrée

2. Observations, résultats, et limites

21. Test du modèle pour la ville de Tours

Observons les résultats obtenus à partir du modèle pour une ville comme Tours (135 480 habitants, 79141 logements et 8279 entreprises, données INSEE 2007).

Les apports internes totaux pour la ville sont estimés à 556,47 GWh/an dont 411,68 GWh/an pour le secteur résidentiel et 144,79 GWh/an pour le secteur tertiaire ; soit respectivement 73,98% et 26,02% des apports internes totaux. On constate une baisse notable des apports internes durant les semaines d'inoccupation des logements (2 semaines en Août et la dernière semaine de Décembre).

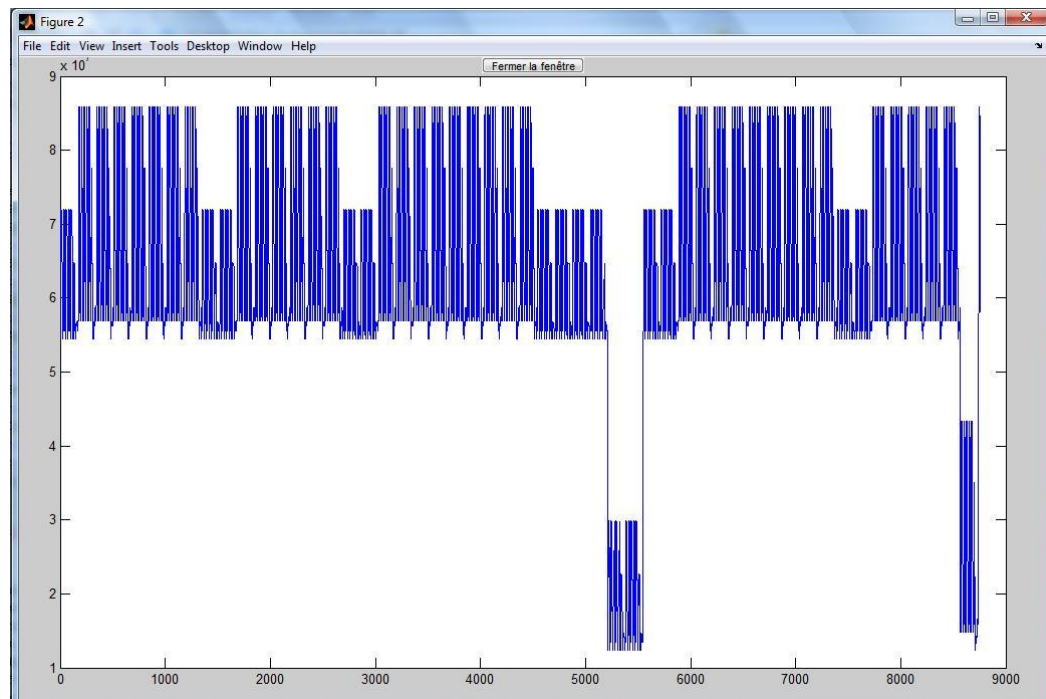


Figure 6 : Graphe de variations horaires d'apports internes sur l'année (8760h) pour la ville de Tours d'après le modèle établi

On peut également observer une baisse des apports internes en périodes de vacances scolaires, ce qui montre que les différents établissements scolaires ont un poids relativement important sur les apports internes totaux. Ces variations, liées aux périodes prolongées d'inoccupation des établissements d'enseignement, sont d'autant plus visibles sur le graphe des apports internes du secteur tertiaire.

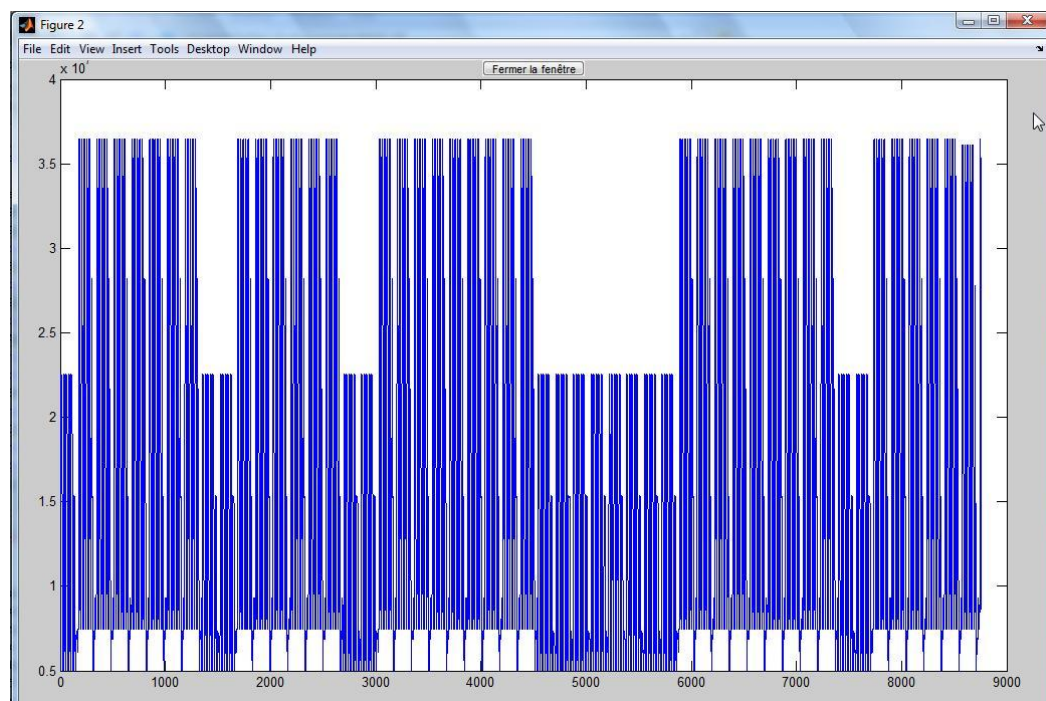


Figure 7 : Graphe de variations horaires d'apports internes du tertiaire sur l'année (8760h) pour la ville de Tours d'après le modèle établi

Si on observe le graphe du secteur résidentiel, on constate que les seules variations visibles sont celles liées aux trois semaines d'inoccupation de l'année. Ceci s'explique par une occupation des logements 24h/24 et 7j/7 en dehors de cette période de vacances.

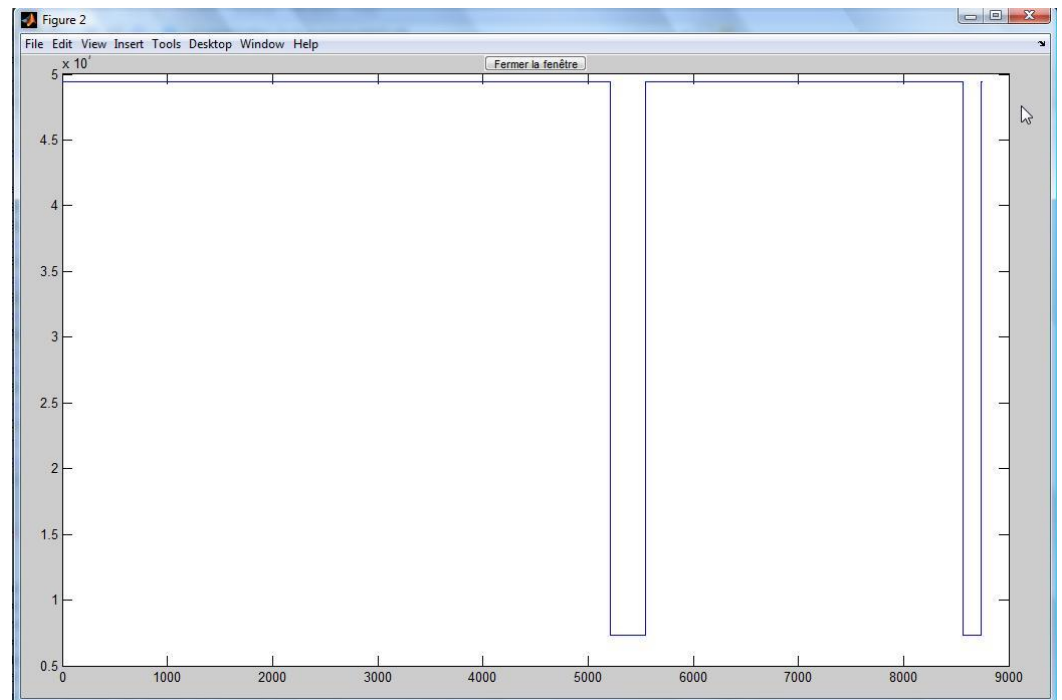


Figure 8 : Graphe de variations horaires d'apports internes du résidentiel sur l'année (8760h) pour la ville de Tours d'après le modèle établi

Le scénario d'occupation utilisé pour les logements est conforme à celui de la méthode Th-BCE 2012, mais peut être considéré comme une limite de ce modèle. En effet, on peut penser que les logements ne sont pas véritablement occupés toute la journée : la majeure partie de la population étant au travail la journée, il paraît invraisemblable que cela puisse être le cas.

A titre comparatif, nous avons réalisé une simulation en modifiant le scénario d'occupation des logements et avons considéré qu'ils étaient inoccupés de 8h à 18h 5j/7 et occupés le reste de la semaine, et ce durant toute l'année. Il s'agit en réalité du scénario d'occupation inverse à celui des bureaux.

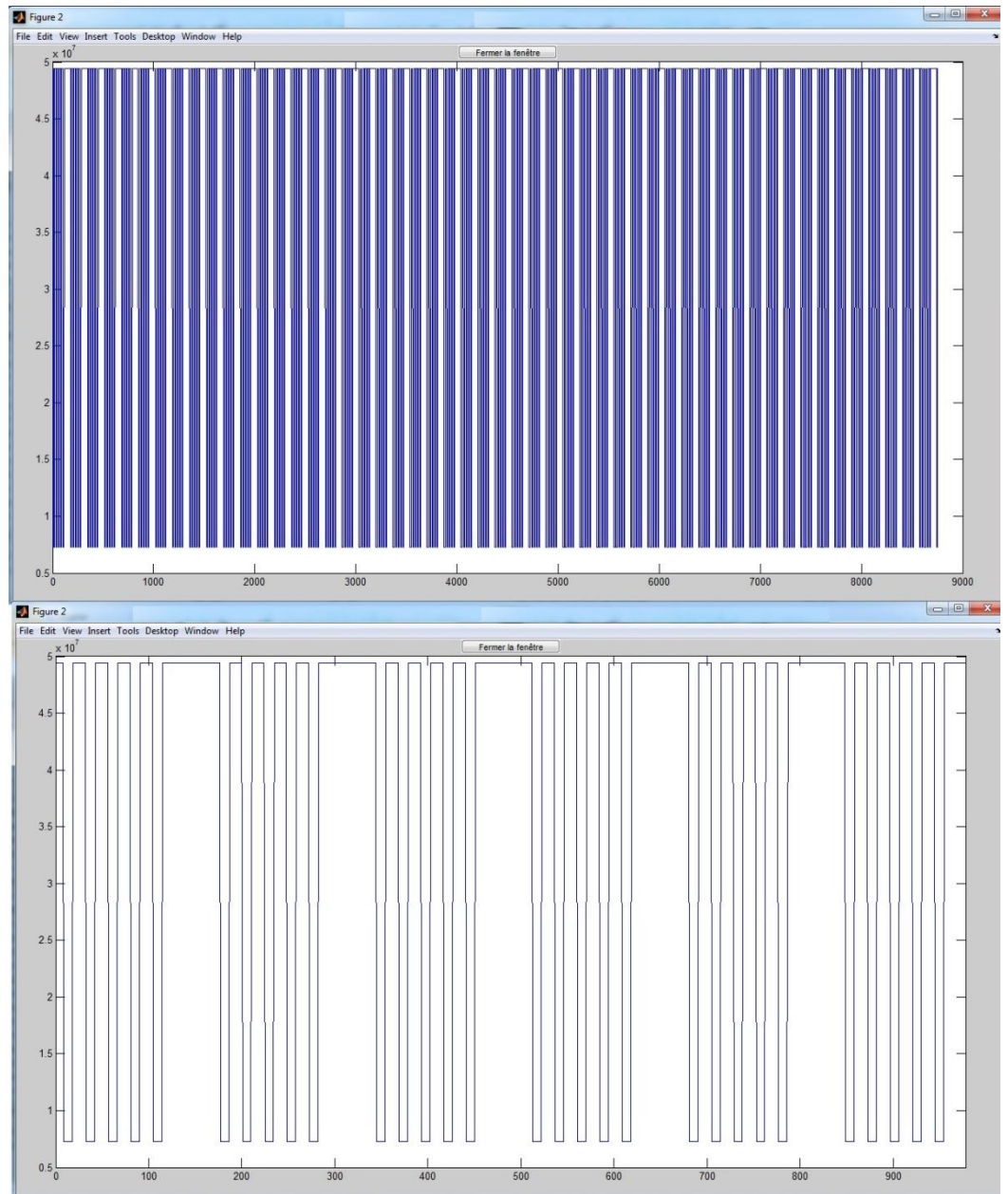


Figure 9 : Modification du scénario d'occupation des logements : inoccupé de 8h-18h 5j/7

Observons alors les résultats obtenus, toujours pour la ville de Tours :

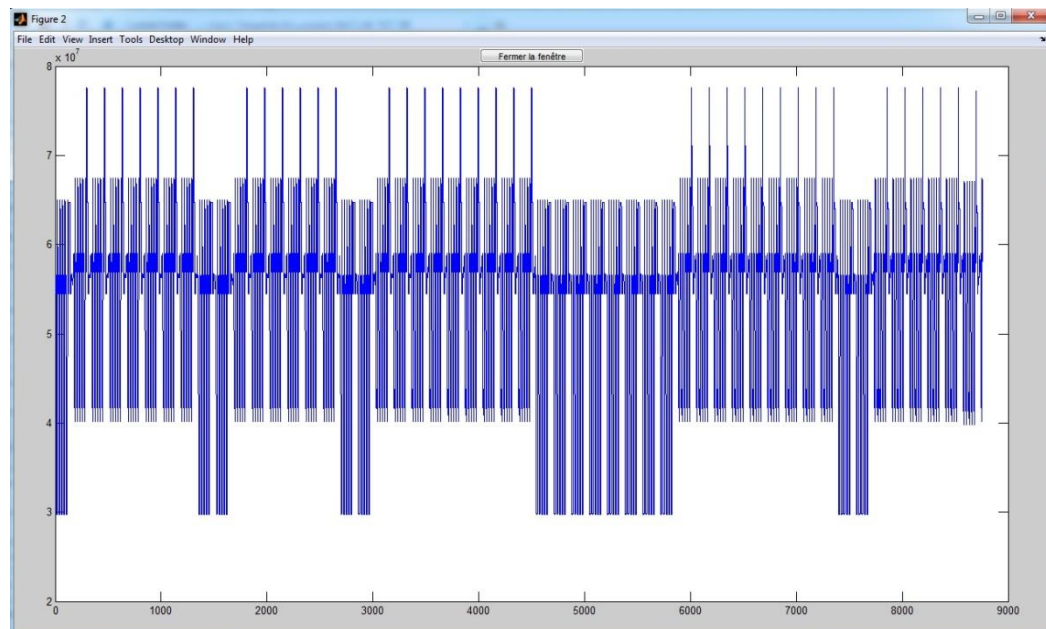


Figure 10 : Graphe de variations horaires d'apports internes du résidentiel sur l'année (8760h) pour la ville de Tours avec un scénario d'occupation des logements modifié

Les apports internes totaux sont désormais de 467,78 GWh/an, ce qui constitue une baisse de 15,94% par rapport au scénario d'origine. Les apports internes du secteur résidentiel sont quant à eux de 323,00 GWh/an, soit une baisse de 21,54%. Les apports du secteur tertiaire restent identiques.

Ces différences soulignent bien l'importance des scénarios d'occupation et donc la nécessité de les définir avec précision afin qu'ils coïncident autant que possible avec la réalité.

22. Autres limites

Mises à part celles liées au scénario d'occupation des logements, d'autres limites relatives à l'utilisation de la méthode Th-BCE 2012 peuvent être identifiées :

- La non prise en compte de l'éclairage dans les ratios d'apports internes présentés. En effet, cette dernière calcule les apports internes sans prendre en compte l'éclairage. En décidant de se baser sur cette méthode, nous réalisons donc une approximation, et basons notre modèle de calcul uniquement sur les apports dus aux équipements et au métabolisme humain.
- Le fait que les ratios d'apports internes utilisés ne puissent prendre que deux valeurs : en occupation et hors occupation. En réalité, cela est plus complexe puisque le bâtiment peut être occupé par seulement une partie de ses occupants habituels et les appareils peuvent ne pas tous fonctionner à la fois.
- La difficulté qui a parfois pu être observée lorsqu'il s'agissait de faire correspondre les catégories de bâtiments présentées dans la méthode Th-BCE 2012 avec les catégories/nomenclatures INSEE. Cela a donné lieu à de nombreuses approximations lors de la définition des ratios exprimant le nombre de bâtiments de chaque catégorie en fonction des données d'entrée (population, nombre de logements et nombre d'entreprises).

- Les ratios qui, même pour une toute petite commune comptabilisent des « bouts » d'hôpitaux, d'écoles, d'université, etc. en fonction du nombre d'habitants.
- La typologie de bâtiments utilisée par ce modèle, bien qu'elle soit légèrement différente de celle de la méthode Th-BCE 2012, n'est pas forcément idéale pour décrire les secteurs résidentiel et tertiaire à l'échelle urbaine. Nous avons néanmoins pris le parti de l'utiliser car celle-ci était la plus détaillée parmi toutes celle que nous avons pu trouver.

Ce modèle d'estimation des apports internes possède également des limites liées aux approximations qui ont dû être effectuées lors de la définition des surfaces moyennes de chaque type de bâtiment. En effet, il s'est parfois avéré difficile d'obtenir des données ou des études relatives à celles-ci.

- Les valeurs moyennes nationales utilisées dans la plupart des cas (sauf pour les logements, les résidences universitaires et la restauration commerciale) représentent une moyenne et ne prennent pas en compte les disparités territoriales existantes entre les communes rurales d'une part et les communes urbaines de l'autre.
- Lorsque les réglementations ont servi de bases à la définition des surfaces moyennes, les valeurs de références retenues étaient alors les valeurs minimales fixées par la réglementation et non pas des valeurs moyennes.
- Les données récoltées ne sont pas toujours très récentes (2005 pour certaines), et au sein d'un même calcul nous avons parfois utilisé des données ne datant pas de la même année (cf. calcul de la surface moyenne d'une crèche).

CONCLUSION

L'objectif de ce projet de fin d'études était de concevoir un outil de calcul des apports internes à l'échelle urbaine pour le secteur du bâtiment.

Afin d'avoir une estimation de ces apports nous nous sommes appuyés sur les valeurs forfaitaires présentes dans la méthode de calcul Th-BCE 2012. En effet, parmi les différentes méthodes envisageables, celle-ci nous est apparue comme la mieux appropriée de par les nombreuses catégories de bâtiments étudiées qu'elle présentait et de par le fait qu'elle ait été approuvée par le ministère de l'Environnement et du Développement Durable pour vérifier la conformité des bâtiments à la Règlementation Thermique 2012.

Ainsi, après avoir défini une typologie de 27 catégories de bâtiments, nous avons établi des ratios permettant de définir la quantité de chacun de ces bâtiments en fonction, des données entrées par l'opérateur urbain d'une part et, de leurs surfaces « moyennes » respectives d'autre part. Il est important de noter que ces données, notamment les surfaces, ont parfois été très difficiles à obtenir étant donné le manque d'études réalisées sur le sujet.

Le modèle de calcul que nous avons ainsi obtenu permet donc d'avoir une estimation des apports internes du secteur du bâtiment au cours d'une année. En revanche, de nombreuses questions et limites persistent quant à la précision des résultats obtenus.

En effet ceux-ci dépendent directement du nombre de bâtiments et des surfaces utilisés pour le calcul. Ces deux derniers paramètres ont été fixés avec le plus de données qu'il nous a été possible de collecter, mais restent néanmoins approximatifs. Ils pourront cependant être modifiés par l'utilisateur lorsque celui-ci le jugera nécessaire.

Les scénarios d'occupation des bâtiments ont également un rôle important dans le calcul, et même si nous avons décidé de conserver majoritairement ceux fournis par la méthode Th-BCE 2012, leur précision pourrait tout à fait être discutée.

Par conséquent, si ce modèle de calcul est effectivement opérationnel, il conviendra, afin de l'optimiser, d'étudier plus attentivement chacun des paramètres du calcul et de les faire davantage coïncider avec la réalité.

.

Annexe 1 : Correspondance de la typologie de bâtiment utilisée avec la nomenclature INSEE.

Hôpitaux et établissements de santé de jour :

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : établissements de santé
 - Centre de santé NB_108
 - Structures psychiatriques en ambulatoire NB_D109
 - Centre médecine préventive NB_D110
 - Dialyse NB_D111
 - Laboratoire d'analyse médicale NB_D302
 - Transfusion sanguine NB_D304

Hôpitaux de nuit

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : établissements de santé
 - Etablissement de santé court séjour NB_D101
 - Etablissement de santé moyen séjour NB_D102
 - Etablissement de santé long séjour NB_D103
 - Etablissement psychiatrique NB_D104
 - Centre de lutte contre le cancer NB_D105
 - Urgences NB_D106
 - Maternité NB_D107

Etablissements sanitaires avec hébergement

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : établissements de santé
 - Etablissement thermal NB_D305
 - Etablissement de lutte contre l'alcoolisme NB_D306
- BPE 2010 - Base permanente des équipements : services d'action sociale
 - Adultes handicapés : hébergement NB_D603
 - Personnes âgées : hébergement NB_D401

Logement individuel

- Chiffres clés - Logement
 - Maisons en 2008 P08_MAISON

Logement collectif

- Chiffres clés - Logement
 - Appartements en 2008 P08_APPART

Foyers et services d'action sociale

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : services d'action sociale
 - Aide sociale à l'enfance : hébergement NB_D701
 - Travail protégé NB_D605
 - CHRS : Centre d'Hébergement et de Réadaptation Sociale NB_D703

- Centre provisoire d'hébergement NB_D704
- Centre d'accueil de demandeurs d'asile NB_D705
- Autres établissements pour adultes et familles en difficulté NB_D709

Résidences universitaires

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement supérieur, formation et services de l'éducation (secteur public et secteur privé)
 - Résidences universitaires NB_C701

Hôtels 0 et 1 étoile

- Chiffres clés - Tourisme
 - Hôtels classés sans étoile en 2011 HC011
 - Hôtels classés 1 étoile en 2011 HC111
 - Résidences universitaires NB_C701

Hôtels 2 étoiles

- Chiffres clés - Tourisme
 - Hôtels classés 2 étoiles en 2011 HC211

Hôtels 3 étoiles

- Chiffres clés - Tourisme
 - Hôtels classés 3 étoiles en 2011 HC311

Hôtels 4 et 5 étoiles

- Chiffres clés - Tourisme
 - Hôtels classés 4 étoiles ou plus en 2011 HC411

Etablissements d'accueil de la petite enfance

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : services d'action sociale
 - Garde d'enfant préscolaire

Etablissements d'enseignement maternel ou primaire

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement du 1er degré (secteur public et secteur privé)
 - Ecole maternelle NB_C101
 - Ecole primaire NB_C104

Etablissements d'enseignement secondaire

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement du 2ème degré (secteur public et secteur privé)
 - Collège NB_C201
 - Lycée d'enseignement général et/ou technologique NB_C301
 - Lycée d'enseignement professionnel NB_C302
 - Lycée technique et/ou professionnel agricole NB_C303

Etablissements d'enseignement supérieur et universitaire

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement supérieur, formation et services de l'éducation (secteur public et secteur privé)
 - Section technicien supérieur, classe préparatoire aux grandes écoles NB_C401
 - Formation santé NB_C402
 - Formation commerce NB_C403
 - Autre formation post-bas non universitaire NB_C409
 - Unité de formation et de recherche NB_C501
 - Institut universitaire NB_C502
 - Ecole d'ingénieurs NB_C503
 - Enseignement général supérieur privé NB_C504
 - Autre enseignement supérieur NB_C509
 - Centre formation d'apprentis NB_C601
 - GRETA NB_C602
 - CFPPA NBA_C603
 - Formation aux métiers du sport NB_C604
 - Centre de formation d'apprentis agricoles NB_C605
 - Autre formation continue NB_C609

Bureaux

- Chiffres clés - Démographie des entreprises
 - Etablissements de commerces, transports, services divers en 2010, ETNGU10 - Etablissements du commerce en 2010, ETNGZ10 (Faire la soustraction)

Commerces, magasins et zones commerciales

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : commerce
 - Hypermarché NB_B101
 - Supermarché NB_B102
 - Grandes surfaces de bricolage NB_B103
 - Supérette NB_B201
 - Epicerie NB_B202
 - Boulangerie NB_B203
 - Boucherie, Charcuterie NB_B204
 - Produits surgelés NB_B205
 - Poissonnerie NB_B206
 - Librairie papeterie journaux NB_B301
 - Magasin de vêtements NB_B302
 - Magasin d'équipement du foyer NB_B303
 - Magasin de chaussure NB_B304
 - Magasin d'électroménager et de matériel audio-vidéo NB_B305
 - Magasin de meubles NB_B306
 - Magasin d'articles de sports et de loisirs NB_B307
 - Magasin de revêtements murs et sols NB_B308
 - Droguerie quincaillerie bricolage NB_B309

- Parfumerie NB_B310
- Horlogerie Bijouterie NB_B311
- Fleuriste NB_B312

Restauration scolaire 1 repas/jour 5j/7

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement du 1er degré (secteur public et secteur privé)
 - Ecole maternelle avec cantine NB_C101_NB_CANT
 - Ecole élémentaire avec cantine NB_C104_NB_CANT
- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement du 2ème degré (secteur public et secteur privé)
 - Collège avec cantine NB_C201_NB_CANT
 - SET : Section d'Enseignement Technologique avec cantine NB_C203_NB_CANT
 - Lycée d'enseignement général ou technologique avec cantine NB_C301_NB_CANT
 - Lycée d'enseignement professionnel avec cantine NB_C302_NB_CANT
- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement supérieur, formation et services de l'éducation (secteur public et secteur privé)
 - Restaurants universitaires NB_C702

Restauration scolaire 3 repas/jour 5j/7

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : enseignement du 2ème degré (secteur public et secteur privé)
 - Collège avec internat NB_C201_NB_INT
 - Lycée d'enseignement général ou technologique avec internat NB_C301_NB_INT
 - Lycée d'enseignement professionnel avec internat NB_C302_NB_INT
 - Lycée technique ou professionnel agricole avec internat NB_C303_NB_INT

Restauration commerciale continue

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : services aux particuliers
 - Restaurant NB_A504

Etablissements sportifs

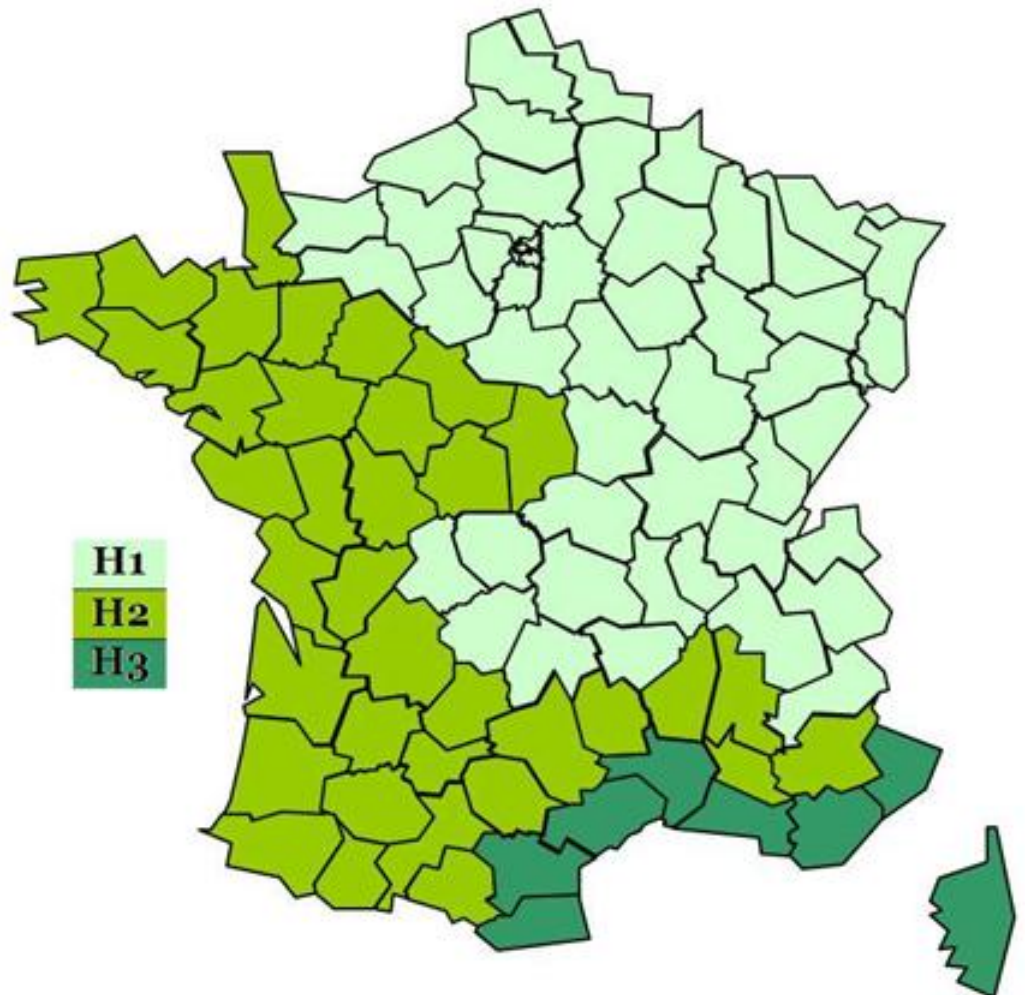
- BPE 2010 - Base permanente des équipements : sports, loisirs et culture
 - Bassin de natation avec au moins un bassin couvert NB_F101_NB_COU
 - Athlétisme avec au moins une aire de pratique couverte NB_F107_NB_COU
 - Sports de glace avec au moins une aire de pratique couverte NB_F110_NB_COU
 - Plateau extérieur ou salle multisports avec au moins une aire de pratique couverte NB_F111_NB_COU
 - Salle ou terrain de petits jeux avec au moins une aire de pratique couverte NB_F112_NB_COU

- Terrain de grands jeux avec au moins un terrain couverts
NB_F113_NB_COU
- Salle de combat NB_F114
- Salle ou terrain spécialisé avec au moins un aire de pratique couverte
NB_F115_NB_COU
- Salle non spécialisée NB_F116

Tribunaux

- BPE 2010 - Base permanente des équipements : services aux particuliers
 - Cour d'appel NB_A105
 - Tribunal de grande instance NB_A106
 - Tribunal d'instance NB_A106
 - Conseil des prud'hommes NB_A108
 - Tribunal de commerce NB_A109

Annexe 2 : Carte des zones thermiques en France



Annexe 3 : Extrait de la méthode DEL.2

	Nref (h)	Dhref	Pref (W/m²)	C3 (h/m)	C4 (h/km)	Zone été	Zone Hiver Hx	T°ext de base	E (kWh/m²)	cl alt max
01 - Ain	4900	55000	80	1,5	-	Ec	1	-10	392	5
02 - Aisne	5800	67000	73	-	-	Ea	1	-7	423	1
03 - Allier	5100	55000	79	1,5	-	Ec	1	-8	403	4
04 - Alpes de Haute Provence	4100	45000	132	1,5	-	Ed	2	-8	541	6
05 - Hautes Alpes	4200	47000	130	1,5	-	Ed	1	-10	546	6
06 - Alpes Maritimes	3900	31000	135	1,8	5	Ed	3	-5	527	6
07 - Ardèche	4900	53000	100	1,5	-	Ed	2	-6	490	5
08 - Ardennes	5600	64000	71	-	-	Eb	1	-10	398	2
09 - Ariège	4400	41000	110	1,5	-	Ec	2	-5	484	6
10 - Aube	5500	64000	74	-	-	Eb	1	-10	407	1
11 - Aude	4000	36000	110	1,8	5	Ed	3	-5	440	6
12 - Aveyron	4400	45000	100	1,5	-	Ec	2	-8	440	4
13 - Bouches du Rhône	4000	36000	132	1,8	5	Ed	3	-5	528	3
14 - Calvados	4700	61000	79	-	5	Ea	1	-7	371	1
15 - Cantal	5000	54000	87	1,5	-	Ec	1	-8	435	5
16 - Charente	5000	48000	87	-	-	Ec	2	-5	435	1
17 - Charente Maritime	5000	48000	88	-	5	Ec	2	-5	440	1
18 - Cher	5300	58000	79	-	-	Eb	2	-7	419	2
19 - Corrèze	5000	48000	85	1,5	-	Ec	1	-8	425	3
2A - Corse du Sud	4200	34000	126	1,8	5	Ed	3	-2	529	6
2B - Haute Corse	4000	32000	126	1,8	5	Ed	3	-2	504	6
21 - Côte d'Or	4900	57000	73	1,5	-	Ec	1	-10	358	2
22 - Côtes d'Armor	5400	51000	79	-	5	Ea	2	-4	427	1
23 - Creuse	5200	56000	84	1,5	-	Ec	1	-8	437	3
24 - Dordogne	5000	48000	87	-	-	Ec	2	-5	435	2
25 - Doubs	5000	57000	71	1,5	-	Ec	1	-12	355	4
26 - Drôme	4800	53000	110	1,5	-	Ed	2	-6	528	6
27 - Eure	5500	58000	78	-	5	Ea	1	-7	429	1
28 - Eure et Loir	5600	63000	78	-	-	Eb	1	-7	437	1
29 - Finistère	5800	55000	79	-	5	Ea	2	-4	458	1
30 - Gard	4000	36000	125	1,8	5	Ed	3	-5	500	4
31 - Haute Garonne	4500	44000	98	1,5	-	Ec	2	-5	441	6
32 - Gers	4800	50000	92	-	-	Ec	2	-5	442	1
33 - Gironde	4500	41000	91	-	5	Ec	2	-5	410	1
34 - Hérault	4100	38000	120	1,8	5	Ed	3	-5	492	3
35 - Ile et Vilaine	4300	53000	79	-	5	Ea	2	-5	340	1
36 - Indre	4300	59000	84	-	-	Eb	2	-7	361	2
37 - Indre et Loire	4300	57000	85	-	-	Eb	2	-7	366	1
38 - Isère	4800	55000	100	1,5	-	Ec	1	-10	480	6
39 - Jura	4900	55000	74	1,5	-	Ec	1	-10	363	4
40 - Landes	4400	42000	94	-	5	Ec	2	-5	414	1
41 - Loir et Cher	5400	59000	82	-	-	Eb	2	-7	443	1
42 - Loire	4900	52000	83	1,5	-	Ec	1	-10	407	5
43 - Haute Loire	5000	54000	92	1,5	-	Ec	1	-8	460	5
44 - Loire Atlantique	4900	48000	82	-	5	EB	2	-5	402	1
45 - Loiret	5400	61000	78	-	-	Eb	1	-7	421	1
46 - Lot	4600	45000	88	1,5	-	Ec	2	-6	405	2
47 - Lot et Garonne	5000	53000	87	-	-	Ec	2	-5	435	1
48 - Lozère	4600	48000	100	1,5	-	Ed	2	-8	460	5
49 - Maine et Loire	5200	55000	83	-	-	Eb	2	-7	432	1

50 - Manche	5700	56000	76	-	5	Ea	2	-4	433	1
51 - Marne	5600	65000	74	-	-	Eb	1	-10	414	1
52 - Haute Marne	5200	59000	73	1,5	-	Eb	1	-12	380	2
53 - Mayenne	5200	56000	81	-	-	Eb	2	-7	421	2
54 - Meurthe et Moselle	5800	71000	69	-	-	Eb	1	-15	400	2
55 - Meuse	5600	68000	71	-	-	Eb	1	-12	398	2
56 - Morbihan	5100	48000	79	-	5	Ea	2	-4	403	1
57 - Moselle	5600	68000	69	-	-	Eb	1	-15	386	3
58 - Nièvre	5200	56000	76	1,5	-	Eb	1	-10	395	3
59 - Nord	5500	60000	69	-	5	Ea	1	-9	380	1
60 - Oise	5700	65000	75	-	-	Ea	1	-7	428	1
61 - Orne	5600	62000	79	-	-	Ea	1	-7	442	2
62 - Pas de Calais	5500	60000	69	-	5	Ea	1	-9	380	1
63 - Puy de Dôme	4800	50000	83	1,5	-	Ec	1	-8	398	5
64 - Pyrénées Atlantiques	5200	35000	98	1,8	5	Ec	2	-5	510	6
65 - Hautes Pyrénées	5600	43000	98	1,5	-	Ec	2	-5	549	6
66 - Pyrénées Orientales	3700	30000	130	1,8	5	Ed	3	-5	481	6
67 - Bas Rhin	5200	63000	66	1,5	-	Eb	1	-15	343	3
68 - Haut Rhin	5300	64000	69	1,5	-	Eb	1	-15	366	4
69 - Rhône	4900	54000	80	1,5	-	Ec	1	-10	392	3
70 - Haute Saône	5300	62000	71	1,5	-	Eb	1	-12	376	4
71 - Saône et Loire	5200	57000	74	1,5	-	Ec	1	-10	385	3
72 - Sarthe	5300	57000	82	-	-	Eb	2	-7	435	1
73 - Savoie	4600	55000	100	1,5	-	Ec	1	-10	460	6
74 - Haute Savoie	4900	58000	80	1,5	-	Ec	1	-10	392	6
75 - Paris	5100	55000	66	-	-	Eb	1	-5	337	1
76 - Seine Maritime	5500	58000	76	-	5	Ea	1	-7	418	1
77 - Seine et Marne	5500	62000	72	-	-	Eb	1	-7	396	1
78 - Yvelines	5800	66000	72	-	-	Eb	1	-7	418	1
79 - Deux Sèvres	5300	56000	85	-	-	Eb	2	-7	451	1
80 - Somme	5800	64000	73	-	5	Ea	1	-9	423	1
81 - Tarn	4400	45000	100	1,5	-	Ec	2	-5	440	4
82 - Tarn et Garonne	4800	51000	90	-	-	Ec	2	-5	432	2
83 - Var	3900	31000	132	1,8	5	Ed	3	-5	515	5
84 - Vaucluse	4600	44000	126	1,5	-	Ed	2	-6	580	5
85 - Vendée	5200	50000	85	-	5	Eb	2	-5	442	1
86 - Vienne	5300	56000	86	-	-	Eb	2	-7	456	1
87 - Haute Vienne	5200	54000	86	1,5	-	Ec	1	-8	447	2
88 - Vosges	5300	62000	71	1,5	-	Eb	1	-15	376	4
89 - Yonne	5400	62000	76	-	-	Eb	1	-10	410	2
90 - Territoire de Belfort	5300	63000	70	1,5	-	Eb	1	-15	371	4
91 - Essonne	5500	61000	72	-	-	Eb	1	-7	396	1
92 - Hauts de Seine	5300	58000	66	-	-	Eb	1	-7	350	1
93 - Seine Saint Denis	5300	58000	66	-	-	Eb	1	-7	350	1
94 - Val de Marne	5300	58000	66	-	-	Eb	1	-7	350	1
95 - Val d'Oise	5500	61000	72	-	-	Eb	1	-7	396	1

Annexe 4 : Tableau complet méthode Th-BCE 2012

Zone	Plage d'occupation /zone - Horaire chauffage/climatisation	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par défaut surface utile du local/surface utile du groupe (%)	Nombre occupants nominal /m² utile par local	Chaleur : apports interne en occupation (hors éclairage) W/m² utile	Chaleur : Apports interne équipement hors occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C
Bâtiment à usage d'habitation - logement collectif	24h/24; 7j/7 (innocupée 2 semaines en août et une en décembre)	19	16	7	28	30	30	Eclairé de 7h à 9h et de 19h à 22h	idem occupation	logements	90	Voir fiche algo	5,7	1,14	
										circulation	10		0	0	
Bâtiment à usage d'habitation - maison individuelle ou accolée	24h/24; 7j/7 (innocupée 2 semaines en août et une en décembre)	19	16	7	28	30	30	Eclairé de 7h à 9h et de 19h à 22h	idem occupation	maison individuelle	100	Voir fiche algo	5,7	1,14	
Bureaux	Lun - Ven 8h-18h	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Bureau	60	0,1	16	1,6	1,25 L/m² de surface utile
										salle de réunion	10	0,42	10	0	
										Circulation Accueil	26	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	3	0	0	0	
										salles de jeux	30	0,25	0	0	
Etablissement d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie)	Lun-Ven 7h-19h	21	18	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	salle de repos	20	0,67	0	0	52,5 L/nb de lits
										Bureau	15	0,067	16	1,6	
										salle de réunion	10	0,42	10	0	
										Circulation Accueil	15	0	0	0	
										Sanitaires vestiaire	10	0	0	0	
										salles de classe	55	0,66	0	0	
										Bureau	10	0,067	16	1,6	
										salle de réunion	5	0,42	10	0	
Enseignement Primaire	Lun - Ven 8h-17h innocupée en vacances scolaires	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	salle de repos	15	0,67	0	0	0,2 L/m² de surface utile
										Circulation Accueil	10	0	0	0	
										Sanitaires vestiaire	5	0	0	0	
										salles de classes	25	1	0	0	
										salle de réunion	10	0	10	0	
Enseignement secondaire (partie jour)	Lun - Ven 8h-18h; Sam 8h-12h - innocupée en vacances (vacances lycée)	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	salles enseignement informatique	5	0	26	2,60	0,2 L/m² de surface utile
										Salle de conférence salle polyvalente	15	0,33	10	0	
										Bureau standard	10	0,1	16	1,60	
										centre de documentation	5	0,1	5	0,05	
										Salle des professeurs	5	0,67	0	0	
										Circulation Accueil	20	0	0	0	
										Sanitaire collectifs	5	0	0	0	
										douches collectives	10	0	0	0	
										Sanitaire collectifs	10	0	0	0	
										Circulation	20	0	0	0	
Enseignement secondaire (partie nuit)	Lun-Ven 18h-8h; Sam : présence jusqu' à 12h; Dim : présence à partir de 18h; innocupée en vacances (vacances lycée)	19	16	7	26	30	30	Eclairé de 7h à 9h et de 19h à 22h	idem occupation	chambre sans cuisine ni salle de bain	60	0,17	0	0	330 L/nb de lit
										salles de classe	35	1	0	0	
										amphithéâtres, salle de conférence	15	0,33	10	0	
										salles enseignement informatique	5	0	26	2,60	
Enseignement - université	Lun-Ven 8h-18h; Sam 8h-12h	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	centre de documentation	5	0,1	5	0,05	0,2 L/m² de surface utile
										Bureaux	10	0,1	16	1,60	
										salle de réunion	5	0,42	10	0	
										Accueil hall d'entrée circulation	20	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	

Zone	Plage d'occupation /zone - Horaire chauffage/climatisation	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par défaut surface utile du local/surface utile du goupe (%)	Nombre occupants nominal /m² utile par local	Chaleur : apports interne en occupation (hors éclairage) W/m² utile	Chaleur : Apports interne équipement hors occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C
Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs	24h/24h; 7j/7	19	16	7	28	30	30	semaine : 7h-9h et 19h-22h	idem occupation	Salle de conférence	10	0,33	10	0	330 L/nb de lit
										Chambre sans cuisine avec salle de bain	50	0,17	6,8	0	
										Bureau standard	5	0,1	16	1,60	
										Circulation Accueil	15	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Foyer	10	0,1	6	0	
										Douches collectives	5	0	0	0	
Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire	24h/24h; 7j/7	19	16	7	28	30	30	semaine : 7h-9h et 19h-22h	Idem occupation	Chambre sans cuisine avec salle de bain	60	0,17	6,8	0	330 L/nb de lit
										Bureau standard	5	0,1	16	1,60	
										Circulation/Accueil	15	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	10	0	0	0	
										Douches collectives	10	0	0	0	
Hôtel 0 étoile et 1etoile (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacance	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilé 24h/24h	chambre sans cuisine avec salle de bain	73	0,075	5,3	0,80	420,6 L/chambre
										sanitaires collectifs	1	0	0	0	
										Locaux de services	3	0	0	0	
										Circulation	23	0	0	0	
Hôtel 2 etoiles (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacance	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilé 24h/24h	chambre sans cuisine avec salle de bain	73	0,05	4	0,60	586,2 L/chambre
										sanitaires collectifs	1	0	0	0	
										Locaux de services	3	0	0	0	
										Circulation	23	0	0	0	
Hôtel 3 etoiles (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacance	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilé 24h/24h	chambre sans cuisine avec salle de bain	73	0,0428	4,428	1,67	655,2 L/chambre
										sanitaires collectifs	1	0	0	0	
										Locaux de services	3	0	0	0	
										Circulation	23	0	0	0	
Hôtel 4 etoiles 5 etoiles (partie nuit)	18h-9h ; 7j/7 ; pas de vacance	19	16	7	26	30	30	7h à 9h et 19h à 23h y compris le WE	Ventilé 24h/24h	chambre sans cuisine avec salle de bain	73	0,0375	4,625	1,57	902,7 L/chambre
										sanitaires collectifs	1	0	0	0	
										Locaux de services	3	0	0	0	
										Circulation	23	0	0	0	
Hôtel 0 etoile, 1 etoile et 2 etoiles (partie jour)	6h-20h ; 7j/7	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard	12	0,067	16	0	0,24 L/m² de surface utile
										sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Circulation Accueil	43	0	0	0	
										Salle petits déjeuners	40	0,5	88,9	7	
Hotel 3 etoiles, 4 etoiles et 5 etoiles (partie jour)	6h-20h ; 7j/8	19	16	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	Bureau standard	10	0,067	16	0	0,24 L/m² de surface utile
										sanitaires collectifs	4	0	0	0	
										Circulation Accueil	17	0	0	0	
										Bar	9	0,1	34,4	4,7	
										Salle petis déjeuners	17	0,5	44,3	2,3	
										salle de séminaires réunion	43	0,42	10	0	
										Salle restaurant	70	0,77	0	0	
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Restauration - 1repas/jour, 5j/7	Lun-Ven : 9h -15h - innocupée dernière semaine de décembre	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Salle restaurant	70	0,77	0	0	45 L/nombre de repas servis pour un self
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Restauration scolaire - 1repas/jour, 5j/7	Lun-Ven : 9h -15h - innocupée vacances scolaires	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Salle restaurant	70	0,77	0	0	45 L/nombre de repas servis pour un self
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Restauration scolaire 3 repas/jour, 5j/ 7	Lun - Ven 6h-15h + 16h-20h - innocupée en vacances lycée	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Salle restaurant	70	1,11	0	0	95 L/nombre de repas servis pour un self
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	

Zone	Plage d'occupation / zone - Horaire chauffage/climatisation	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par défaut surface utile du local/surface utile du groupe (%)	Nombre occupants <i>nominal</i> /m² utile par local	Chaleur : apports interne en occupation (hors éclairage) W/m² utile	Chaleur : Apports interne équipement hors occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C
Restauration 2 repas/jour, 6j/7	Lun-Sam : 10h-15h + 17h-23h	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Salle restaurant	70	0,59	0	0	306 L/nb de repas servis
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Restauration 2 repas/jour, 7j/7	Lun-Dim : 9h-15h + 17h-23h	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Salle restaurant	70	0,59	0	0	357 L/nb de repas servis
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/7)	Lun-Dim : 6h-24h	19	16	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Salle restaurant	70	0,59	0	0	189 L/nb de repas servis
										Cuisine	20	négligé*	négligé*	négligé*	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Etablissement sportif scolaire	Lun - Ven 8h-18h; innoupée en vacances (vacances lycée)	15	7	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	salle de sport	75	0,1	0	0	1.25 L/m² de surface chauffée
										Circulation Accueil	10	0	0	0	
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Douches collectives	10	0	0	0	
										salle de sport	75	0,1	0	0	
Etablissement sportif municipal ou privé	Lun-Ven 8h-22h et Sam-Dim 8h- 17h	15	7	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Circulation Accueil	10	0	0	0	1200 L/nb de douche
										Sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Douches collectives	10	0	0	0	
										chambres sans cuisine avec salle d'eau	50	0,063	6,8	1,20	
Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement	24h/24h ; 7j/7 ; pas de vacance	21	18	7	26	30	30	6h-10h et 16h-20h	Idem occupation	Circulation accueil	20	0	0	0	600 L/lit
										Douches collectives	10	0	0	0	
										sanitaires collectifs	10	0	0	0	
										bureau	10	0,1	16	1,60	
										Chambres sans cuisine avec	20	0,08	6,8	1,20	
Hôpital partie nuit	24h/24h - 7j/7	21	18	7	26	30	30	100% (de la puissance installée) d'éclairage de 8h à 19h puis diminution à 35% de 19h à 8h	Idem occupation	Douches collectives	5	0	0	0	820 L/lit
										sanitaires collectifs	5	0	0	0	
										Circulation accueil	15	0	0	0	
										Locaux soins et offices	20	0,06	0	0	
										Bureau	15	0,57	16	1,60	
										Salle d'attente et urgence	15	0,4	0	0	
										Aire de production	5	0,14	5	0	
										Aire de production	5	0,14	5	0	
Hôpital partie jour	8h-19h;6j/7	21	18	7	26	30	30	Idem occupation	Idem occupation	sanitaires collectifs	5	0	0	0	0,24 L/m² de surface utile
										Circulation accueil	25	0	0	0	
										Douches collectives	5	0	0	0	
										Salle d'attente et consultation	25	0,4	0	0	
										Bureau	20	0,57	16	1,60	
										salle de réunion	15	0,42	10	0	
										Bureaux standard	10	0,1	16	1,60	
Industrie - 3x8h	0h-24h 7j/7	15	7	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Circulation Accueil	10	0	0	0	0,2 L/m² de surface utile
										Aire de production	60	0,05	2	0	
										Sanitaire vestiaire	5	0	0	0	
										Douches collectives	5	0	0	0	
										Locaux de services	10	0	0	0	

Zone	Plage d'occupation /zone - Horaire chauffage/climatisation	Température de consigne chaud/zone			Température de consigne froid/zone			Horaire éclairage zone	Horaire ventilation zone	Locaux	Ratio par défaut surface utile du local/surface utile du groupe (%)	Nombre occupants nominal /m² utile par local	Chaleur : apports interne en occupation (hors éclairage) W/m² utile	Chaleur : Apports interne équipement hors occupation (hors éclairage) W/m² utile	Besoin unitaire hebdomadaire en ECS à 40°C
Industrie - 8h à 18h	8h18h;5j/7 (pas de vacances)	15	7	7	26	30	30	idem occupation	idem occupation	Bureaux standard	10	0,1	16	1,60	0,2 L/m² de surface utile
										Circulation Accueil	10	0	0	0	
										Aire de production	60	0,05	2	0	
										Sanitaire vestiaire	5	0	0	0	
										Douches collectives	5	0	0	0	
										Locaux de services	10	0	0	0	
Tribunal	5j/7; 8h-21h - pas de vacances	19	16	16	26	30	30	idem occupation	idem occupation	bureaux standards	58	0,1	16	0,00	0,24 L/m² de surface utile
										Accueil salle des pas perdus	8	0,2	0	0	
										Attente gardée	4	0	0	0	
										Salle d'audience correctionnelle	7	0,33	0	0	
										Salle d'audience civile	7	0,33	0	0	
										bibliothèque	2	0,1	5	0	
										circulation	6	0	0	0	
										Locaux de services	5	0	0	0	
										sanitaires vestiaires	3	0	0	0	
Transport - Aéroport	6h-24h;7j/7	19	7	7	26	30	30	Idem occupation sauf réduit à 33% de 0h à 5h	Idem occupation	Voyageurs	42	0,25	5	0	0,24 L/m² de surface utile
										Galeries de circulation	17,9	0,08	2	0	
										Commerces	10,9	0,12	5	0	
										Bureaux	14,3	0,1	16	1,6	
										Inspection filtrage	4,3	0,33	10	0	
										Sanitaire vestiaire	10,5	0	0	0	
Commerce, magasin, zones commerciales	Lun-sam : 7h-22h 6j/7	19	16	7	26	30	30	idem occupation sauf 50% de 7h à 8h	idem occupation	Petit magasin de vente (inférieure à 300m²)	40	0,25	48 (éclairage scénique)	0	0,24 L/m² de surface utile
										Aire de vente (supérieure à 300m²)	25	0,15	8 de 8h à 13h et 2 de 13h à 22h	0	
										Circulation (mail)	28	0,2	8	0	
										sanitaires collectifs	1	0	0	0	
										douches collectives	1	0	0	0	
										Locaux de services	5	0	0	0	

Méthode de calcul Th-BCE 2012

6.1.3.7.1 Calcul de N_{occ}

6.1.3.7.1.1

Calcul en maison individuelle ou accolée et logement collectif

Pour ces deux usages particuliers, on effectue alors le calcul suivant du nombre d'adultes équivalents N_{adeq} comme suit :

- **En usage « Bâtiment à usage d'habitation – maison individuelle ou accolée » :**

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{gr} < 30m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (70 - A_{gr}) & \text{si } 30m^2 \leq A_{gr} < 70m^2 \\ 0.025 A_{gr} & \text{si } A_{gr} \geq 70m^2 \end{cases} \quad (24)$$

Et

$$N_{adeq} = \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases}$$

- **En usage « Bâtiment à usage d'habitation – logement collectif » :**

Dans ces usages, il ne peut y avoir que deux locaux, un d'habitation, et un autre de circulation. On calcule la surface habitable qui est la surface du local d'habitation :

$$A_{hab} = Rat_{hab} A_z, \quad (25)$$

où Rat_{hab} correspond au Rat_1 du local d'habitation. On calcule ensuite la surface moyenne par logement :

$$A_{lgt} = \frac{A_{hab}}{Nb_{lgt}}. \quad (26)$$

Cette surface est utilisée pour calculer N_{max} comme suit :

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt} < 10m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (50 - A_{lgt}) & \text{si } 10m^2 < A_{lgt} < 50m^2 \\ 0.035 A_{lgt} & \text{si } A_{lgt} > 50m^2 \end{cases} \quad (27)$$

Le nombre maximal d'adultes équivalents est défini par

$$N_{adeq} = Nb_{lgt} \times \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases} \quad (28)$$

Le nombre d'adultes équivalents est défini au niveau du *local*. On commence par calculer la possibilité d'occupation au niveau de la zone en suivant l'algèbre $\times$.

Le nombre d'occupants du local d'habitation *hab* est donné par :

$$N_{occ}^{hab}(m, s, j, h) = N_{adeq} \cdot (p_{occ}^a(m, s) \times p_{occ}^s(j, h)) (t_{occ}^a(m, s) t_{occ}^s(j, h)), \quad (29)$$

et est nul pour l'autre local.

Annexe 6 : Fiche algorithmique « logements »

Scénarios d'occupation utilisés dans le calcul des apports internes				
Catégorie de bâtiment	Période d'occupation	Surface moyenne d'un bâtiment (m²)	Apports internes en occupation (W/m²)	Apports internes hors occupations (W/m²)
Hôpitaux et établissements de santé de jour	8h-19h 6j/7	60	30,51	0,32
Hôpitaux de nuit	24h/24 7j/7	8577	20,255	0,48
Etablissements sanitaires avec hébergement	24h/24 7j/7	2773,6	8,735	0,76
Logements individuels	24h/24 7j/7 (innocupé 2 semaines en Aout et une semaine en décembre)	102	7,41	1,14
Logements collectifs	24h/24 7j/7 (innocupé 2 semaines en Aout et une semaine en décembre)	62	8,31	1,14
Foyers et services d'action sociale	24h/24 7j/7	2773,6	17,77	0,08
Résidences universitaires	24h/24 7j/7 (innocupé en vacances scolaires)	2327,6	14,51	0,08
Hôtels 0 et 1 étoile (jour)	6h-20h 7j/7	297,9	8,7965	0,584
Hôtels 0 et 1 étoile (nuit)	18h-9h 7j/7	297,9	56,2036	2,8
Hôtels 2 étoiles (jour)	6h-20h 7j/7	300,1	6,205	0,438
Hôtels 2 étoiles (nuit)	18h-9h 7j/7	300,1	56,2036	2,8
Hôtels 3 étoiles (jour)	6h-20h 7j/7	614,5	6,0444	1,2191
Hôtels 3 étoiles (nuit)	18h-9h 7j/7	614,5	41,844	0,814
Hôtels 4 et 5 étoiles (jour)	6h-20h 7j/7	1196,4	5,84	1,1461
Hôtels 4 et 5 étoiles (nuit)	18h-9h 7j/7	1196,4	41,844	0,814
Etablissements accueil petite enfance	7h-19h 5j/7	407,9	26,8945	0,24
Etablissements d'enseignement maternel ou primaire	8h-17h 5j/7 (innocupé en vacances scolaires)	335,5	46,308	0,16
Etablissements d'enseignement secondaire (jour)	Lun-Ven 8h-18h; Sam 8h-12h (innocupé en vacances scolaires)	10357,4	36,97	0,2925
Etablissements d'enseignement secondaire (nuit)	Lun-Ven 18h-8h; Sam 0h-12h; Dim 18h-0h (innocupé en vacances scolaires)	10357,4	9,18	0
Etablissements d'enseignement supérieur et universitaire	Lun-Ven 8h-18h; Sam 8h-12h (innocupé en vacances scolaires)	3,8*	44,345	0,2925
Bureaux	8h-18h 5j/7	93,92	19,78	0,96
Commerces, magasins et zones commerciales	8h-22h 6j/7	538	21,8	0
Restauration scolaire 1 repas/jour 5j/7	9h-15h j/7 (innocupé dernière semaine de Décembre)	46,45	48,51	0
Restauration scolaire 3 repas/jour 5j/7	6h-15h 16h-20h 5j/7 (innocupé en vacances scolaires)	46,45	69,93	0
Restauration commerciale continue	6h-24h 7j/7	83,2	37,17	0
Etablissements sportifs	Lun-Sam 8h-22h; Dim 8h-13h (innocupé dernière semaine de Décembre)	631,5	6,75	0
Tribunaux	8h-21h 5j/7	2418,35	20,378	0

*Exprimé en m²/étudiant

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et PDF :

ADEME (2011), *Equipments électriques*, n°6842, 36p.

ANAP (2011), *Observatoire des coûts de la construction hospitalière, traitements statistiques*, 55p.

B.B.S. Slama (2012), *Les calculs d'apports par la méthode CLTD/CLF (ASHRAE 1985)*, ClimaWin, 46p.

B.B.S. Slama (2012), *Les calculs d'apports par la méthode RTS (ASHRAE 2005/2009)*, ClimaWin, 51p.

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (2005), *Méthode de calcul Th-CE 2005*, 159p.

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (2008), *Méthode de calcul Th-C-E ex*, 192p.

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (2010), *Méthode de calcul Th-BCE 2012*, 1421p.

CG Ardèche (2008), *Le guide de création d'établissement et de service d'accueil d'enfants de moins de 6 ans*, 55p.

Commissariat général au développement durable (2009), *Les opérateurs de services urbains en France (2004-2006)*, n°22, 4p.

CRAM Aquitaine (2002), *Guide sur la réforme des Etablissements Hébergement des Personnes Agées Dépendantes*, 34p.

Energy policy Statistical Support Unit (2008), *Energy in the Residential Sector*, 48p.

Explicit (2008), *Enquête sur les consommations d'énergie des commerces et services de proximité en région Ile-de-France*, 42p.

Insa Toulouse, COCKK A., DELUZET F., GALLEGRO S., HUARD A., LINE A., MICHELUCCI J-C., MORCHAIN J. et ROUSSEIER-MICHON V. (2007-2008), *Travaux pratiques de programmation Matlab*, 86p.

INSEE (2008), *Nomenclatures 2008 NAF rév. 2 – CPF rév.2*, 951p.

INRS, *Fiche pratique de sécurité DE 23*, 4p.

Le tourisme en France (2008), *Le tourisme dans l'économie*, 21p.

MAIZIA M. *Evaluer les consommations d'un logement et sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre*, ECOBATI, 65p.

MENJVA – MESR DEPP, *Les établissements - Repères et références statistiques – 2011*, 37 p.

Ministère des Sports (2004), *STAT-Info*, n° 04-01, 4p.

Ministère de la justice (2007), *Les chiffres-clés de la Justice*, 41p.

Ministère de l'Education Nationale et de Formation Professionnelle (2010), *Normes de construction scolaires*, 35p.

Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, *Annexes à l'arrêté portant approbation de diverses méthodes de calcul, méthode 3CL-DPE*, 100p.

Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, *Arrêté du 15 septembre 2006 relatif aux méthodes et procédures applicables au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine*, 17p.

National Renewable Energy Laboratory (2006), *Energy Sector Market Analysis*, 51p.

S.P. Borg et N.J. Kelly (2011), *The effect of appliance energy efficiency improvements on domestic electric loads in European households*, *Energy and Buildings*, 11p.

Synhorca (2006), *Le classement des hôtels de tourisme*, 12p.

Sites internet :

INSEE: <http://www.insee.fr/fr/>

Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

OVE: <http://www.ove-national.education.fr/>

ANAP : <http://www.anap.fr/>

AMIFORM : <http://www.amiform.com/>

Portail du Gouvernement : <http://www.gouvernement.fr/>

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Calcul du nombre d'adultes équivalents pour les logements individuels, <i>Méthode Th-BCE 2012</i>	26
Figure 2 : Calcul du nombre d'adultes équivalents pour les logements collectifs, <i>Méthode Th-BCE 2012</i>	26
Figure 3 : Fenêtre principale du modèle de calcul réalisé	38
Figure 4 : Fenêtre de zoom sur le graphe des variations horaires des apports internes.....	38
Figure 5 : Fenêtre permettant la modification des ratios nombre de bâtiments/données d'entrée.....	39
Figure 6 : Graphe de variations horaires d'apports internes sur l'année (8760h) pour la ville de Tours d'après le modèle établi.....	40
Figure 7 : Graphe de variations horaires d'apports internes du tertiaire sur l'année (8760h) pour la ville de Tours d'après le modèle établi.....	40
Figure 8 : Graphe de variations horaires d'apports internes du résidentiel sur l'année (8760h) pour la ville de Tours d'après le modèle établi.....	41
Figure 9 : Modification du scénario d'occupation des logements : inoccupé de 8h-18h 5j/7.....	42
Figure 10 : Graphe de variations horaires d'apports internes du résidentiel sur l'année (8760h) pour la ville de Tours avec un scénario d'occupation des logements modifié	43

TABLE DES MATIERES

Avertissement	4
Formation par la recherche et projet de fin d'études	5
Remerciements	6
Sommaire.	7
Introduction.....	9
Partie 1 : Etat de l'art	10
1. Impact de l'équipement des ménages sur les apports Internes et leurs évolutions	11
2. Les méthodes existantes de calcul des Apports Internes à l'échelle urbaine.....	14
21. Le JO du 28 septembre 2005.....	14
22. La méthode CLTD-CLF, Ashrae 1985	15
23. La méthode RTS 2005/2009	16
3. La réglementation thermique	18
31. La réglementation 1988	19
32. La réglementation 2000	19
33. La réglementation 2005	19
34. La réglementation 2012	21
4. Segmentation du secteur du bâtiment dans les études énergétiques urbaines	21
Partie 2 : La méthode de calcul des apports internes a l'échelle urbaine	23
1. Calcul des apports internes à partir de la méthode Th-BCE 2012	24
11. En période d'occupation	25
12. Hors période d'occupation.....	25
13. Calcul des apports internes totaux.....	26
14. Le cas particulier des logements	26
2. Typologie de bâtiment retenue	27
3. Calcul du nombre de bâtiments et de surface moyenne pour chaque catégorie de bâtiment.....	28
Partie 3 : Collecte des données	29
1. Calcul du nombre de bâtiment de chaque catégorie.....	30
2. Définition de la surface moyenne pour chaque type de bâtiment	31
21. Hôpitaux et établissements de santé de jour, hôpitaux de nuit et établissements sanitaires avec hébergement	31

22. Les logements.....	32
23. Foyers, services d'action sociale et résidences universitaires	32
24. Les hôtels.....	32
25. Les établissements d'accueil petite enfance et d'enseignements.....	34
26. Bureaux et commerces	35
27. Restauration.....	35
28. Etablissements sportifs et tribunaux.....	36
Partie 4 : Modèle de calcul obtenu : résultats et limites	37
1. Le modèle de calcul.....	38
2. Observations, résultats, et limites	39
21. Test du modèle pour la ville de Tours.....	39
22. Autres limites	43
Conclusion.....	45
Annexes... ..	46
Bibliographie	59
Table des figures.....	61
Table des matières.....	62

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement



Département Aménagement
35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Directeur de recherche :
MAIZIA Mindjid

GUIBOUX Aurore
GUICHE Théophile
Projet de Fin d'Etudes
DA5
2011-2012

Amélioration d'un outil d'évaluation énergétique à l'échelle urbaine (modèle SCALP) : **Travail sur les apports internes**

Résumé :

Dans un contexte énergétique en constante évolution, ce projet de recherche permet d'appréhender, de la manière la plus précise possible, les différentes méthodes de calcul des apports internes existantes. Il énumère et explique les unes après les autres les méthodes utilisées dans le passé ainsi que les différentes évolutions de la réglementation thermique.

En se basant sur l'une d'entre-elles (la méthode TH-BCE 2012), il propose ensuite un modèle de calcul des apports internes à l'échelle urbaine, au moyen de trois données d'entrées accessibles pour un opérateur urbain : le nombre d'habitants, le nombre de logements et le nombre d'entreprises. L'objectif est de fournir à un opérateur urbain un outil de calcul pratique et représentant au mieux la réalité.

Les données utilisées dans ce modèle de calcul sont principalement des données nationales et récentes, dans la mesure.

Mots-clés :

Apports internes, Énergétique, Modèle de calcul, Réglementation thermique, Opérateur Urbain, Surface Moyenne