

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