



SOLutions for Low Energy Neighbourhoods



Utilisateurs de l'outil, chercheurs



Logement, évaluation énergétique



SOLEN.BAT02

## Comment sont calculées les consommations relatives au logement dans l'outil SOLEN ?

### Les points principaux

- Des méthodes ont été développées pour évaluer les consommations d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> relatives au chauffage, à la ventilation, à l'eau chaude sanitaire, aux appareils électriques et aux cuissons de différents types de logements.
- Ces méthodes sont exploitées pour développer l'outil interactif SOLEN.
- Différents paramètres sont pris en compte dans l'évaluation des bâtiments comme le type de logement, la mitoyenneté, l'orientation, la période de construction, l'épaisseur d'isolation dans les parois, le type de vitrage, la ventilation, etc.
- Des simulations thermiques dynamiques ont été réalisées pour évaluer les besoins nets de chauffage des différents logements proposés.
- Des coefficients applicatifs ont été déterminés pour tenir compte du système de chauffe et surtout de la forme urbaine suivant le type de quartier étudié.

### Résumé

L'outil interactif ([www.solen-energie.be](http://www.solen-energie.be)) développé dans le cadre du projet SOLEN (Solutions for Low Energy Neighborhoods) et dans la continuité du projet SAFE (Suburban Areas Favoring energy efficiency, [www.safe-energie.be](http://www.safe-energie.be)) doit permettre à différentes catégories d'utilisateurs d'évaluer, d'une part, les consommations énergétiques relatives à leurs déplacements et à leur logement et, d'autre part, la production d'énergie renouvelable sur site, de comparer ces trois postes et de trouver des pistes d'amélioration concrètes et une quantification des gains énergétiques potentiels relatifs à plusieurs stratégies dans le but de tendre vers les objectifs « basse énergie » et « zéro énergie ». L'outil interactif comprend trois outils d'évaluation distincts : une évaluation individuelle rapide, une évaluation individuelle détaillée et une évaluation à l'échelle de tout un quartier. Cette fiche présente les méthodes et paramètres pris en compte pour évaluer les consommations énergétiques relatives au chauffage, à la ventilation, à l'eau chaude sanitaire, aux appareils électriques et aux cuissons des bâtiments dans ces trois outils d'évaluation.

**SOLEN : SOLutions for Low Energy Neighbourhoods**



Financé par la Wallonie, DGO4, programme mobilisateur erable

Juillet 2014



## ● Développement de méthodes d'évaluation énergétique des logements

Les trois outils d'évaluation proposés sur le site SOLEN ([www.solen-energie.be](http://www.solen-energie.be)) proposent entre autres d'évaluer les consommations d'énergie relatives au chauffage, à la ventilation, à l'eau chaude sanitaire, aux appareils électriques et aux cuissons. Les consommations pour les postes de l'eau chaude sanitaire, des appareils électriques et des cuissons sont basées sur des moyennes et statistiques régionales. Les consommations relatives au chauffage et à la ventilation des différents types de logements proposés sont basées sur les besoins nets obtenus au moyen de simulations thermiques dynamiques. Les résultats présentés prennent en compte différents paramètres comme le type de logement, la mitoyenneté, l'orientation, l'épaisseur d'isolation des parois, le type de vitrages, le système de chauffage, la ventilation, la forme urbaine, etc. L'intérêt est de pouvoir composer des logements et de les comparer entre eux, de tester différentes compositions de quartier, de tester l'intégration de certaines énergies renouvelables et de trouver des pistes d'amélioration concrètes et une quantification des gains énergétiques potentiels relatifs à plusieurs stratégies dans le but de tendre vers les objectifs « basse énergie » et « zéro énergie ».

### L'évaluation individuelle rapide

L'outil d'évaluation individuelle rapide permet une première approche des consommations énergétiques relatives aux bâtiments. Cet outil s'adresse principalement à un individu ou un ménage désireux d'estimer de façon très rapide ses consommations énergétiques et d'obtenir quelques pistes d'améliorations concrètes et chiffrées. Les informations à compléter pour obtenir les résultats sont volontairement limitées en nombre et relativement simples de façon à pouvoir compléter le formulaire rapidement et facilement.

Après avoir choisi le type de quartier habité, l'utilisateur caractérise son logement en choisissant son type, la mitoyenneté, l'orientation et la surface chauffée de celle-ci. Ensuite, il détermine l'année de construction (qui définit les paramètres d'isolation, vitrage, ventilation et thermostat par défaut) ou un standard (standard PEB actuel, basse énergie, très basse énergie ou passif). Finalement, il fixe le système de chauffage ou l'appoint. Les données relatives aux consommations pour l'eau chaude sanitaire, les appareils électriques et les cuissons ainsi que les prix des produits énergétiques utilisés par le ménage sont fixés par défaut dans cette évaluation.

La première page de résultats présente, sous forme de graphe, des valeurs qui sont issues de simulations de cas types qui permettent de donner une idée des consommations d'un bâtiment, malgré que ces résultats restent cependant peu représentatifs des cas particuliers. Les résultats sont présentés en kWh/m<sup>2</sup>an ou encore de kWh par an sous forme de consommations de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, d'appareils électriques et de cuissons. Ils présentent également les





consommations équivalentes en énergie primaire, les émissions de CO<sub>2</sub> associées à ces consommations et une estimation du coût annuel des différents postes énergétiques du ménage.

Ensuite, l'utilisateur peut intégrer des énergies renouvelables à son logement s'il le désire. Puis l'évaluation permet de comparer les consommations du logement et des transports et la production d'énergie renouvelable du ménage. Finalement, la dernière page propose des améliorations adaptées au logement en fonction des paramètres entrés.

## L'évaluation individuelle détaillée

L'outil d'évaluation individuelle détaillée permet, quant à lui, d'estimer plus précisément les consommations énergétiques relatives aux logements. En effet, il permet de tenir compte plus facilement des éventuelles rénovations qui auraient été effectuées depuis la construction du bâtiment. Les informations à compléter pour obtenir les résultats sont, à la demande, plus importantes que celles de l'outil d'évaluation rapide. Cet outil s'adresse principalement à un individu ou un ménage désireux d'estimer de façon plus précise ses consommations énergétiques et d'obtenir quelques pistes d'améliorations concrètes et chiffrées.

Les données à entrer dans cette évaluation détaillée sont les mêmes que pour l'évaluation rapide, mais la possibilité est donnée de changer quelques valeurs par défaut. Ainsi, suivant l'année de construction ou le standard choisi, six paramètres peuvent être adaptés : l'isolation de la dalle de sol, l'isolation des murs extérieurs, l'isolation dans la toiture, le type de vitrage, le type de ventilation et la consigne de température. Les valeurs proposées proviennent des mêmes simulations thermiques dynamiques que pour le test rapide. De même, une page supplémentaire est présente et permet à l'utilisateur de choisir un système de production d'eau chaude sanitaire, un type de raccordement électrique et un type d'appareil de cuisson. Pour terminer le formulaire, l'utilisateur peut modifier, s'il le désire, les prix en c€/kWh des énergies en encodant ceux de ses propres fournisseurs.

Les mêmes genres de résultats que pour l'évaluation individuelle rapide sont présentés au moyen de graphes présentant les consommations de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, des appareils électriques et des cuissons, leurs équivalents en énergie primaire et les émissions de CO<sub>2</sub> qui en découlent ainsi qu'une estimation du coût annuel. Cet ensemble de résultats est mis en parallèle avec ceux d'un cas référent correspondant à ce bâtiment s'il avait été construit en 2014. L'évaluation des consommations et de la performance de ce même logement est ensuite présentée à travers les consommations de ce logement suite à différentes mesures de rénovation.

Tout comme dans l'évaluation rapide, l'utilisateur peut ensuite intégrer des énergies renouvelables à son logement comme des panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques. Les systèmes renouvelables tels que la pompe à chaleur, la micro-cogénération ou tous les types de systèmes à la biomasse font l'objet d'une note pour attirer l'attention de l'utilisateur. Puis, la page suivante permet de comparer les consommations de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, des appareils électriques et des cuissons avec celles issues du transport et avec la production d'énergie renouvelable dont les données d'entrée ont également été introduites de manière plus précises et personnalisées. Enfin, la dernière page présente des propositions d'améliorations, mais qui seront d'autant plus précises et adaptées au bâtiment concerné que les données introduites le permettent.



## L'évaluation d'un quartier

L'outil d'évaluation d'un quartier permet de réaliser une évaluation énergétique de tout un quartier, au niveau des consommations énergétiques relatives aux logements. Cet outil s'adresse principalement aux professionnels de la construction et de l'aménagement du territoire désireux d'estimer de façon rapide les consommations énergétiques d'un quartier existant, en projet ou sujet à une rénovation globale, énergétique, dans un but de densification, etc. et d'obtenir quelques pistes d'améliorations concrètes et chiffrées.

L'évaluation propose de rentrer maximum 5 types différents de maisons et 5 types différents d'appartements pour composer le quartier. Chaque type est introduit à tour de rôle dans un formulaire qui lui est propre et est défini en choisissant le type d'habitation, la surface chauffée, la mitoyenneté et l'orientation de celle-ci, son année de construction ou sa performance sous forme de standard, si l'isolation du toit a été renforcée, le type de vitrage, la consigne de température, le système de chauffage ou l'appoint et pour finir l'utilisateur doit indiquer le nombre de logements représentatifs de ce type.

La page de résultats présente sous forme de graphe les consommations totales de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, des appareils électriques et des cuissons suivant chaque type de logements. De même que dans les deux autres évaluations, les consommations en énergie primaire, les émissions de CO<sub>2</sub> associées et une estimation du coût annuel sont également présentés. Finalement, la consommation totale pour le chauffage du quartier est comparée à celle de ce même quartier mais modifiée suivant les exigences PEB actuelles ainsi qu'à un niveau basse énergie, très basse énergie et, pour finir, au standard passif.

Ensuite, la page suivante permet d'intégrer certaines énergies renouvelables de manière globale au quartier. Puis, l'utilisateur peut comparer les consommations du logement avec celles issues du transport au niveau du quartier et avec la production d'énergie renouvelable sur site. La dernière page présente des possibilités d'améliorations des bâtiments composant le quartier en tenant compte des qualités et faiblesses des différents types de logements.

## Les consommations en énergie pour le chauffage et la ventilation

Les résultats des trois évaluations présentent donc les différentes consommations relatives au logement ou quartier testé. La consommation finale d'énergie est ainsi séparée suivant le chauffage, la ventilation, l'eau chaude sanitaire, les appareils électriques et les cuissons. L'étude a réalisé pour chacune de ces consommations une méthode spécifique permettant de calculer, d'intégrer et de présenter les résultats sur l'outil internet SOLEN.

La consommation finale d'énergie nécessaire au chauffage du logement est fonction de nombreux paramètres qui sont liés à sa typologie (mitoyenneté, nombre d'étage, orientation, type de logement, etc.), à la performance thermique de ses parois (épaisseur



des isolants, type de vitrage, etc.), aux systèmes mis en place (système de chauffe, type de ventilation, consigne de température, etc.) et au milieu dans lequel prend place le logement (densité du quartier, climat, etc.). Tous ces paramètres vont influencer la demande en énergie primaire avec plus ou moins d'importance.

Les résultats présentés proviennent de simulations thermiques dynamiques permettant d'intégrer directement la majeure partie de ces paramètres et fournissant des besoins nets d'énergie pour le chauffage et la ventilation en fonction du climat extérieur. Ceux qui ne peuvent être implémentés ont été introduits dans le calcul final de la consommation effective via des coefficients permettant de rendre compte de rendements (pour le système de chauffe, par exemple) ou qui sont de l'ordre de coefficients correctifs comme ceux pour tenir compte de la forme urbaine du quartier (densité du bâti et masques d'ombrages) ou encore de la variation du climat (température principalement) au sein de la Wallonie.

Finalement les consommations obtenues ont été étendues aux consommations en énergie primaire et puis converties pour obtenir l'équivalent de ces consommations en émissions de CO<sub>2</sub> et en une estimation du coût annuel.

## Hypothèses des simulations et des résultats

Sur base de l'évolution des techniques constructives et des réglementations thermiques actuelles, et sur une analyse de typologie des bâtiments (Kints, 2008) ainsi que sur base des résultats et conclusions du projet SAFE ([www.safe-energie.be](http://www.safe-energie.be)), des typologies de logements ont été modélisées. Ces typologies, englobant à la fois des maisons et des appartements, ont été définies suivant leur forme et leur nombre d'étage puis simulées sous différentes tailles, mitoyennetés et orientations. Des gains internes moyens ont été définis selon un horaire, ainsi que des compositions de parois types. La variation de la mitoyenneté, de l'orientation, des épaisseurs d'isolants, différents types de vitrages, de ventilations, etc. a été développée et analysée. Ces paramètres une fois combinés ont donc fait l'objet de simulations thermiques dynamiques afin d'analyser les besoins de chauffage et/ou de ventilation de tous les cas traités. L'étude s'est également intéressée à l'élaboration de « bâtiments référents » répondant aux exigences actuelles pour les nouvelles constructions (U<sub>max</sub> depuis janvier 2014, E 80 et Espec 130 depuis septembre 2011). Pour compléter ces données, les standards de rénovation « basse énergie » et « très basse énergie » et le standard « passif » ont été considérés à la fois comme référents, mais également et surtout en tant qu'objectif potentiel à atteindre en rénovation. Les besoins nets connus (en kWh/m<sup>2</sup> et en kWh), les différents cas ont été associés à des systèmes de chauffages permettant de définir en fonction de leurs rendements respectifs, les consommations effectives des bâtiments. Finalement, celles-ci ont été corrigées via des coefficients applicatifs permettant de tenir compte de la forme urbaine du quartier et du climat de la commune.

## Les bâtiments simulés

La recherche a proposé une méthodologie systématique et générique de manière à grandement automatiser le processus des simulations thermiques dynamiques réalisées avec le logiciel TRNSys et ainsi de fournir plus de 250 000 résultats. Un grand nombre de paramètres et leurs variations ont donc pu entrer en compte et être évalués.





Des logements types ont été modélisés pour en effectuer des simulations paramétrées. Ces logements ont été créés de toutes pièces, ils sont donc fictifs. L'outil propose deux types de logement : d'une part la maison, caractérisée par une double toiture inclinée, et d'autre part l'appartement, modélisé sous la forme d'un parallélépipède rectangle. Dans chaque cas, 3 surfaces de chauffe de logements ont été étudiées. Le volume chauffé, qui comprend également les combles, et les caractéristiques géométriques ont alors été calculés. Lors de cette modélisation, la hauteur d'un étage et l'angle de la toiture en pente ont été fixé respectivement à 2,4m et 35°. Finalement, seule l'enveloppe extérieure du logement a été modélisée et testée. Dès lors, les simulations ont été réalisées de façon mono-zone. L'habitation est donc prise comme un seul volume sans compartimentation intérieure. La simulation mono-zone ne permet pas de rendre compte des phénomènes de surchauffe qui peuvent survenir en été. Toutefois, même si simuler en mono-zone ne permet pas de rendre compte du climat particulier d'une pièce, cela a peu d'impact sur l'évaluation générale du besoin de chauffe du logement qui a été l'objectif principal poursuivi par les simulations thermiques dynamiques

## Les paramètres liés à la typologie et à l'environnement du bâtiment

- **Le climat** : Les logements ont été testés avec un climat normé basé sur les mesures faites ces dernières années à la station météorologique d'Uccle. De manière à rendre compte de la position géographique du logement et donc de la variation du climat d'un point à l'autre de la Wallonie, un coefficient de correction fonction du nombre de degrés-jour normaux de différence entre la zone géographique considérée et les degrés-jour de l'année météo normée est utilisé via le choix de la commune au début des différentes évaluations.
- **Le quartier** : Un coefficient applicatif permet de rendre compte de l'impact de la morphologie du quartier sur le besoin de chauffe de l'habitation. Il prend en compte la densité bâtie et les masques d'ombrage. Ce coefficient est fonction du type de quartier choisi lors de l'évaluation du logement et permet la correction des gains solaires pris en compte dans le calcul du besoin de chauffe final.
- **La typologie du logement** : Deux types de logement sont testés : la maison et l'appartement. Pour les maisons, les 6 gabarits disponibles permettent de choisir parmi deux types de longueur de façade (plus longue ou plus étroite que le pignon) et le nombre d'étage (de R+1/2 à R+3) que comporte le logement. Dans le cas de l'appartement, les 5 gabarits ont été établis suivant la caractéristique des façades. En effet, le besoin de chauffe sera différent suivant la superficie, le nombre et l'orientation de la ou des façade(s). Ainsi sont proposés des appartements traversant étroits, des traversant larges, des 3 façades, des mono-façades et des 2 façades sur le coin.
- **La mitoyenneté** : Les maisons modélisées peuvent être définies soit comme des maisons mitoyennes (2 façades), semi-mitoyennes (3 façades) ou isolées (4 façades). Pour les appartements, c'est la mitoyenneté « verticale » au sein de l'immeuble qui est à choisir. Ainsi, soit il se trouve au rez-de-chaussée, soit il se trouve en toiture, soit il se trouve à un niveau intermédiaire.



- **L'orientation** : Au départ, le logement est modélisé avec la façade à rue au Nord ce qui donne la référence de base. Dans le cas des logements 3 et 4 façades, l'orientation est fixe. Dans les cas 2 façades (maison) et traversant (appartement), il est proposé à l'utilisateur d'orienter son logement suivant l'axe Nord-Sud ou Est-Ouest, la façade à rue se retrouve alors à l'Est. Finalement pour les appartements mono-façade et les appartements en coin, les quatre orientations principales ont été testées à rue : Nord, Est, Sud et Ouest.

- **La surface des fenêtres** : Le pourcentage d'ouverture des façades varie suivant la façade considérée. Il est fixe suivant la typologie et la mitoyenneté du logement testé et ne varie pas lorsque l'on change l'orientation, c'est-à-dire que la façade à rue (considérée Nord dans le cas de base) garde la même surface vitrée peu importe l'orientation et idem pour les pignons et la façade côté jardin (voir Tableau 1).

Tableau 1 : Pourcentage d'ouverture des façades

		Nord [%]	Sud [%]	Est [%]	Ouest [%]
Maison	4 façades	15	25	10	10
	3 façades	20	25	15	-
	2 façades	25	25	-	-
Appartement	3 façades	20	35	15	-
	Traversant	25	35	-	-
	Mono-façade	35	-	-	-
	Façade en coin	25	-	35	-

Ce pourcentage comprend l'entièreté de la fenêtre, vitrage plus châssis. Pour obtenir le pourcentage de surface vitrée par façade, il faut considérer une surface de châssis de 15% par surface de fenêtre.

- **Les gains internes** : Les gains internes permettent de tenir compte de l'activité interne du ménage soit de la chaleur dégagée par les occupants ainsi que par les équipements électriques, les luminaires et lors de cuisson.

Les gains internes ont été calculés à partir de la surface chauffée du logement et du nombre d'occupants. Une famille moyenne de quatre personnes, deux adultes et deux enfants, a été considérée pour calculer les gains internes dans le cas d'une maison et une famille de trois personnes, deux adultes et un enfant, dans le cas d'un appartement. Un profil horaire de gains internes unique pour chaque semaine de l'année a été fixé. Les vacances scolaires ne sont pas prises en comptes mais on a distingué un jour de semaine d'un jour du weekend dans l'occupation de l'habitation.

Les valeurs des gains internes se basent sur le travail de C. Massart « Elaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie : Conception de maisons neuves durables » (Massart C., 2010).





## Les paramètres liés aux parois et aux systèmes

### ● Les parois (type, isolations et vitrage)

Pour rendre compte des réalités constructives du bâti wallon, deux types de murs sont disponibles pour les maisons : le mur plein en brique et le mur creux. Ceux-ci ne sont pas au choix directement dans l'outil mais via le choix de l'année de construction. En effet, le mur plein a été modélisé pour les maisons construites avant 1951 et le mur creux pour les périodes de constructions suivantes.

Différentes parois types ont donc été définies : deux types de murs extérieurs, de murs mitoyens et de toitures ainsi qu'un type de plancher et de dalle sur sol. Leur épaisseur d'isolation peut varier soit indirectement par le choix de l'année de construction soit directement par un choix personnel (comme dans l'évaluation détaillée). Pour l'isolation dans les murs extérieurs, pleins ou creux, huit épaisseurs d'isolant sont proposées : 0 cm, 3 cm, 6 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm et 30 cm. Le choix de l'épaisseur d'isolation en toiture est alors fonction de l'épaisseur choisie pour les murs et consiste en une épaisseur identique ou en une surépaisseur de 10 cm ou plus (voir Tableau 3 : Combinaisons et choix possibles sur l'outil SOLEN déterminant la consommation pour le chauffage et la ventilation).

Dans un souci de réduction de cas à simuler, la dalle de rez-de-chaussée a été considérée sur sol uniquement, soit le cas le plus défavorable. À nouveau les mêmes huit épaisseurs d'isolation que pour les murs sont disponibles mais sans lien fixe. Le tableau ci-dessous reprend les compositions de parois utilisées pour les simulations. Les différentes couches jouant un rôle thermique sont présentées de l'intérieur vers l'extérieur ou du haut vers le bas.

Tableau 2 : Composition des parois

Nom de la paroi	Composition	Epaisseur [mm]
Mur extérieur creux	Enduit de plâtre	15
	Blocs de béton semi-lourd	140
	(isolation ; U=0.04W/mK)	(60)
	Vide ventilé	50
Mur extérieur plein	Brique	90
	Enduit de plâtre	15
	Brique	320
	(isolation ; U=0.04W/mK)	(60)
Mur mitoyen en brique	Enduit	15
	Enduit plâtre	15
	Brique	32
	Enduit plâtre	15





Mur mitoyen en blocs de béton	Enduit plâtre	15
	Blocs de béton semi-lourd	140
	Enduit plâtre	15
Toiture en pente	Tuiles	-
	(Isolation ; U=0.04W/mK)	(160)
	Plancher collé	15
Toiture plate	(Isolation ; U=0.04W/mK)	160
	Hourdis	160
	Plaque de plâtre	15
Plancher intérieur	Plancher collé	10
	Chape de béton	70
	Hourdis	160
	Enduit plâtre	15
Dalle de sol	Carreaux de grès	10
	Chape de béton	70
	(isolation ; U=0.04W/mK)	(60)
	Hourdis	160

Quatre types de vitrage ont été modélisés et simulés en fonction de l'épaisseur d'isolant choisi : le simple vitrage (SV ;  $U_g = 5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), le double vitrage ancien (DVA ;  $U_g = 2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), le double vitrage performant (DVP ;  $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) et le triple vitrage (TV ;  $U_g = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). À faible niveau d'isolation (entre 0 et 6 cm dans les murs) seuls le simple vitrage et les doubles vitrages sont disponibles. Tandis que lorsque l'isolation est supérieure ou égale à 10 cm, le simple vitrage n'est plus proposé et le triple vitrage est alors disponible au choix avec toujours les deux doubles vitrages (voir Tableau 3 : Combinaisons et choix possibles sur l'outil SOLEN déterminant la consommation pour le chauffage et la ventilation).

### ● La ventilation

La ventilation détermine la qualité de l'air intérieur du logement, celle-ci peut être naturelle ou mécanique. Dans certains cas, elle peut aussi servir de système de chauffe. Trois types de ventilations ont été simulés et sont proposés :

- UN SYSTEME DE TYPE A : une ventilation naturelle caractérisée par une circulation et extraction de l'air qui se fait naturellement par les jeux de pressions et l'infiltration d'air au travers de l'enveloppe ou par l'ouverture d'une fenêtre. Il n'y a donc pas de contrôle mécanique ni de consommation d'électricité.
- UN SYSTEME DE TYPE C : une ventilation avec extraction mécanique où l'extraction de l'air vicié est contrôlée par des ventilateurs motorisés. Les ventilateurs d'extractions sont positionnés de manière à rejeter l'air vicié dans la cuisine, les toilettes et les salles d'eau.





- UN SYSTEME DE TYPE D + RC : une ventilation avec double flux mécanique et récupérateur de chaleur (rendement de 85%). L'air extrait sortant de l'habitation et l'air pulsé extérieur passent dans un récupérateur de chaleur type échangeur à plaques qui permet de préchauffé l'air pulsé.

Dans le cas de la ventilation naturelle, système A, la fenêtre est considérée ouverte si la température intérieure est supérieure à la température extérieure et qu'elle dépasse les 25°C. La fenêtre est refermée si la température intérieure repasse sous les 23°C. Dans le cas de la ventilation de type C, les ventilateurs d'extraction sont considérés actifs lorsque la pièce est occupée. Tandis que pour le système D, la ventilation reste constante. Les différents débits ont été calculés selon la norme D50-001 (NORME D50-001, 2008).

#### ● Le thermostat

Trois systèmes de thermostat sont proposés de façon à assurer le confort thermique des habitants :

- THERMOSTAT 1 : Une température de consigne horaire continue de 18°C jour et nuit en semaine et le weekend.
- THERMOSTAT 2 : Une température de consigne horaire continue de 20°C jour et nuit en semaine et le weekend.
- THERMOSTAT 3 : Un thermostat 20-16°C, soit une température de consigne horaire de 20°C de 6h à 8h et de 16h à 23h avec une diminution à 16°C pendant la nuit et la journée en semaine

#### ● Les systèmes de chauffage

Le système de chauffe n'est pas directement un paramètre de simulation. En effet, les simulations permettent de déterminer une demande de chauffe réel uniquement fonction des caractéristiques physiques du bâtiment (comportement thermique des parois principalement) et des habitudes des habitants.

Pour déterminer la consommation effective annuelle d'énergie, il faut donc prendre en considération le système de chauffe qui intervient au moyen d'un coefficient qui s'applique sur le résultat de la simulation. Ce coefficient correspond au rendement global qui va être fonction de l'unité de production de chaleur et du système installé. La consommation d'énergie est ainsi établie en prenant en compte les diverses pertes de rendement (production, distribution, régulation, émission, ...).

Pour chacun des 48 systèmes de chauffage proposés, le rendement global a été calculé suivant la méthode PEB (PEB, août 2008, annexe I).

## Les possibilités de combinaison

Le nombre de paramètres intervenant dans le calcul du besoin de chauffe est conséquent, tout comme le nombre de leurs variations respectives. Toutefois l'ensemble des croisements théoriquement possibles entre variations de paramètres n'est pas





disponible au niveau de l'outil et n'a pas été évalué lors de la recherche. Ceci, afin, dans un premier temps, d'approcher au mieux des réalités constructives et de rénovation et, dans un deuxième temps, de réduire le nombre de cas à tester. Ainsi, les possibilités de choix sont conditionnées par certains choix. Par exemple si une maison étroite de 2 étages a été choisie alors la possibilité de choisir « 4 façades » pour la mitoyenneté n'est plus possible. Le tableau ci-dessous (voir Tableau 3) présente l'ensemble des combinaisons de choix possibles au niveau de l'outil SOLEN.

Tableau 3 : Combinaisons et choix possibles sur l'outil SOLEN déterminant la consommation pour le chauffage et la ventilation

VARIATIONS ET COMBINAISONS DES PARAMETRES																		
ENVIRONNEMENT		TYPOLOGIE				PERFORMANCES THERMIQUES ET SYSTEMES												
Climat	Quartier	Logement	Nombre d'étage	Mitoyenneté	Orientation	Type de mur	Isolation Dalle [cm]	Isolation Murs [cm]	Isolation Toiture [cm]	Vitrage	Ventilation	Thermostat	Système de chauffe	Combustible				
Choix parmi 1347 localités wallonnes et leurs degrés-jours associés	Centre-ville dense	Maison large	1,5	4 ou 3 façades	Nord	Plein	0	0	0	SV - DVA - DVP	A	18°C	Chaudière à eau chaude à condensation	Gaz naturel				
				Mitoyenne	Nord ou Est				16				Chaudière à eau chaude non à condensation		Mazout			
	Urbain continu	2	4 ou 3 façades	Nord	3				3				16	Chauffage électrique par résistance	Propane			
			Mitoyenne	Nord ou Est	6				6				16	Pompe à chaleur	Butane			
	Urbain semi-continu	1,5	4 ou 3 façades	Nord	10				10				10	DVA - DVP - TV	20°C	Cou D	Micro-cogénération	LPG
			Mitoyenne	Nord ou Est	15				15				15	DVA - DVP - TV				
	Semi-continu homogène ou cité sociale	2	4 ou 3 façades	Nord	20		20	20	DVA - DVP - TV	20-16°C	Radiateur ou convecteur électrique	Bois (4 formes)						
			Mitoyenne	Nord ou Est				25	25				25	DVA - DVP - TV				
	Village ou noyau rural	3	3 façades	Nord	30		30	30	DVA - DVP - TV	Chauffage électrique à accumulation	Electricité							
			Mitoyenne	Nord ou Est				35	35			DVP - TV						
	Lotissement périurbain	4	Mitoyenne	Nord ou Est	1		1	1	Toiture - Milieu - Rdc	Nord ou Est	Poêle	Charbon						
			Ap. traversant large	Toiture - Milieu - Rdc				Nord ou Est										
	Rural isolé	1	Toiture - Milieu - Rdc	Nord ou Est	1		1	1	Toiture - Milieu - Rdc	Nord								
			Ap. trois façades	Toiture - Milieu - Rdc				Nord										
	"Grands ensemble"	1	Toiture - Milieu - Rdc	Nord, Est, Sud ou Ouest	1		1	1	Toiture - Milieu - Rdc	Nord, Est, Sud ou Ouest								
			Ap. sur le coin	Toiture - Milieu - Rdc				Nord, Est, Sud ou Ouest										
	1347	8	60 combinaisons				2	8	68 combinaisons + 4 niveaux PEB (2009 + 2014)				3	8	11			
	85 605 combinaisons suivant les simulations thermiques + 3 standards (BE, TBE, Passif)													48				

## Les cas référents

Pour chacune des typologies de maisons et d'appartements une version PEB est également proposée. C'est-à-dire que le logement a été évalué en appliquant pour chaque paroi le coefficient de transmission thermique U<sub>max</sub> à appliquer à partir du 1er janvier 2014 et définis par la norme en vigueur (PEB, arrêté du gouvernement wallon du 10 mai 2012, annexe III).



Tableau 4 : Valeurs U maximales à réaliser à partir du 1er janvier 2014 suivant la réglementation PEB de 2008 et leur équivalent en termes de composition

Parois	$U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> K]	Equivalent en termes de composition
Vitrage	1,1	Double vitrage performant
Murs extérieurs	0,24	Mur creux avec 14 cm d'isolant
Toiture	0,24	Toiture avec 16 cm d'isolant
Dalle	0,30	Dalle avec 12 cm d'isolant
Mur mitoyen	1	Mur mitoyen avec 3 cm d'isolant

La version PEB permet de poser un cas référent. Ainsi l'utilisateur pourra toujours se situer par rapport à une valeur actuelle. Le cas référent représente donc le même bâtiment que celui introduit mais correspondant à ce bâtiment s'il avait été construit en 2014. Les « bâtiments référents » sont conçus pour répondre aux exigences actuelles pour les nouvelles constructions (E 80 et Espec 130, depuis septembre 2011). Ils sont évalués avec un système de chauffage de type chaudière à condensation au mazout et un système de ventilation mécanique double flux avec récupérateur de chaleur (type D + RC).

## Les standards

Dans le cas des standards, le besoin net de consommation est imposé peu importe la composition des parois ou encore la typologie du logement. Aucune simulation n'a été réalisée. Trois standards sont proposés : la basse énergie (besoin net de chauffage  $\leq 60$  kWh/m<sup>2</sup>an), la très basse énergie (besoin net de chauffage de  $\leq 30$  kWh/m<sup>2</sup>an) et le standard maison passive (besoin net de chauffage de  $\leq 15$  kWh/m<sup>2</sup>an). Le besoin net exigé étant imposé, la consommation finale de chauffage est calculée en multipliant par le rendement du système de chauffe choisi.

## Les consommations en énergie pour l'eau chaude sanitaire

La consommation annuelle pour l'eau chaude sanitaire est obtenue en multipliant le volume d'eau nécessaire annuellement par l'ensemble des habitants du logement ou du quartier par la différence en température entre l'eau chaude et l'eau froide et un facteur de conversion de façon à obtenir des kWh. On considère, sur base de moyennes régionales, qu'un occupant utilise 40 litres d'eau chaude et 100 litres d'eau froide par jour. Les températures de l'eau chaude et de l'eau froide sont respectivement fixées à 60°C et 10°C. Finalement, comme pour le chauffage, l'utilisateur a le choix parmi 11 systèmes de production d'eau chaude sanitaire pour prendre en compte le rendement du système. Ces coefficients sont également calculés sur base de la réglementation PEB (PEB, août 2008, annexe I).



## Les consommations en énergie pour les appareils électriques et la cuisson

Ces deux postes énergétiques sont calculés sur base de statistiques régionales. L'ICEDD(2008) estime ainsi que chaque ménage utilise 2.827kWh par an pour les appareils électriques et 461kWh par an pour la cuisson. La CWaPE (2003) a également présenté des consommations électriques de type URE (Utilisation Rationnelle de l'Energie) par usages et par composition du ménage (nombre de personnes) de clients-types. Les consommations pour les appareils électriques et la cuisson sont ainsi calculées sur base des statistiques de l'ICEDD mais pondérées suivant le nombre de personnes, comme le fait la CWaPE, pour affiner le résultat. L'utilisateur peut par ailleurs choisir entre deux types de raccordement électrique (simple ou bi-horaire) et parmi deux types d'appareils de cuisson (gaz ou électrique) ce qui modifie le prix des combustibles employés.

## Les consommations en énergie primaire

Le calcul de la consommation en énergie primaire permet de tenir compte de toute la chaîne de conversion nécessaire entre l'énergie telle qu'elle est directement disponible dans la nature et le produit final utilisé dans le logement. Cette chaîne de transformation peut en effet, elle aussi, consommer de l'énergie. Les consommations pour les différents postes énergétiques sont donc converties en consommation d'énergie primaire suivant la réglementation PEB au moyen de coefficients. Ainsi, lorsque le vecteur énergétique est l'électricité, il faut multiplier par 2,5 pour tenir compte du rendement des centrales de productions et du réseau de distribution collectif. Le coefficient est égal à 1 pour les autres vecteurs énergétiques.

## Les émissions de CO<sub>2</sub>

Les évaluations des émissions de CO<sub>2</sub> sont calculées en fonction de facteurs de conversion (sources : CWaPE, SPW et Energie+) à partir des consommations en énergie primaire. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont présentées en kg de CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère par an et par m<sup>2</sup> de surface chauffée.

## L'estimation du coût

L'estimation du coût annuel lié aux différentes consommations énergétiques est calculée en prenant en compte les prix des combustibles en euro cent par kWh. Les prix du combustible bois sont ceux de décembre 2012 et proviennent de l'asbl ValBiom. Ceux du gaz naturel et de l'électricité proviennent de la CWaPE et sont calculés grâce à un simulateur effectué en mars 2014. Les prix du mazout, du charbon, du propane, du butane et du GPL, déterminés en mars 2014, sont issus et moyennés de différents revendeurs. Ces prix sont fixés par défaut pour les évaluations rapide et quartier mais l'utilisateur peut, s'il le souhaite, encoder ses propres prix en se référant aux factures de ses fournisseurs dans l'évaluation détaillée.





## Les limites des résultats proposés

L'avantage des résultats présentés est de pouvoir quantifier les consommations d'énergie et émissions de CO<sub>2</sub> relatives aux logements de manière rapide et facile. Cela rend possible une comparaison des consommations d'énergie et émissions de CO<sub>2</sub> d'un logement avec le secteur du transport des personnes. Plus largement cela permet de confronter les consommations du ménage avec la production d'énergie renouvelable sur site et d'établir les émissions finales équivalentes en CO<sub>2</sub>. Néanmoins, rendre accessible aussi facilement et rapidement des résultats relatifs aux bâtiments nécessite d'être attentif et critique face aux résultats proposés dans le site :

- L'outil se base sur des simulations de bâtiments fictifs et génériques, soit simplifiés par rapport à la réalité et avec de nombreuses hypothèses, ce qui entraîne des résultats qui ne sont pas représentatifs de tous les types de bâtiments et peu représentatifs de cas particuliers (la compacité n'est pas prise en compte par exemple) ;
- Les évaluations des logements ont été réalisés en mono-zone, la recherche s'est orientée sur les consommations d'énergie, les risques de surchauffe et le confort des occupants n'ont pas été étudiés ;
- Les coefficients applicatifs pour les systèmes et ceux correctifs pour le quartier et le climat ainsi que l'extrapolation faite suivant la surface chauffée du logement entraîne également une marge d'erreur à prendre en compte ;
- De nombreux paramètres et leurs variations respectives ont été étudiés mais d'autres influant également sur les besoins d'énergie du logement ont dû être fixés comme la composition des murs, le comportement des habitants, le pourcentage de fenêtres, les débits de ventilation, la régulation, la présence de pont thermique et la qualité constructive, etc. ;
- Les consommations relatives à l'eau chaude sanitaire et à l'électricité se basent sur des moyennes et statistiques régionales. Ces moyennes peuvent donc s'écarter fortement des consommations réelles du ménage pour ces deux postes.

## Références

- Energie+ [2013]. Energie+ version 8, Architecture et Climat, Université catholique de Louvain (Belgique) 2013, réalisé avec le soutien de la Wallonie - DGO4 - Département de l'Énergie et du Bâtiment Durable. Disponible sur : <http://www.energieplus-lesite.be>
- Evrard A. et al. [2012]. Vade-mecum – Outils EPEEH, Evaluation du potentiel d'économie d'énergie par type d'habitat wallon, A. Evrard, C. Hermand, A. De Herde, UCL-Architecture et Climat, 2012.
- CWaPE [2003]. La consommation moyenne de clients résidentiels types, Comité de direction du 12 novembre 2003.
- ICEDD [2008]. Bilan énergétique wallon 2008. Consommations du secteur logement 2008, MRW, Direction générale des technologies, de la recherche et de l'énergie – Conception ICEDD asbl, Namur.
- Kints, C. [2008]. La rénovation énergétique et durable des logements wallons. Analyse du bâti existant et mise en évidence





des typologies de logements prioritaires, Architecture et Climat, UCL, Ministère de la Région Wallonne (MRW-DGTRE), International Energy Agency, Solar heating & cooling of Task 37 and Federal Science Policy, project LEHR ([www.lehr.be](http://www.lehr.be)).

- Marique A.-F., de Meester T., de Herde A., Reiter S. [2012]. SAFE, Rapport Scientifique et Technique relatif au projet de recherches SAFE, n°1 (2010), n°2 (2011) et n°3 (2012).
- Massart C., De Herde A. [2010]. Conception de maisons neuves durables, Elaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie, C. Massart, A. De Herde, Architecture et Climat – UCL, financé par Service Public Wallonie DG04 Département de l'Energie et du Bâtiment durable, 2010.
- NORME NBN D50-001 [2008]. NORME NBN D50-001, Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation, Bruxelles, NBN, 2008.
- PEB [2008]. Décret wallon sur la performance énergétique des bâtiments (2008), Annexe I : Méthode de détermination du niveau de consommation d'énergie primaire des bâtiments résidentiels, et Annexe III : Valeurs U maximales admissibles ou valeurs R minimales à réaliser (juin 2012).



## Pour aller plus loin

### Autres fiches

Découvrez nos autres fiches pratiques sur [www.solen-energie.be](http://www.solen-energie.be), en particulier celle sur la pompe à chaleur :

- SAFE.MOB01 : Comment sont calculées les consommations relatives au transport dans l'outil SAFE ?

### Liens utiles

- Notre site : [www.solen-energie.be](http://www.solen-energie.be)
- Département de l'énergie et du bâtiment durable : [mrw.wallonie.be/dgatlp](http://mrw.wallonie.be/dgatlp)
- LEMA : [www.lema.ulg.ac.be](http://www.lema.ulg.ac.be)
- Architecture et Climat : [www-climat.arch.ucl.ac.be](http://www-climat.arch.ucl.ac.be)





SOlutions for Low Energy Neighbourhoods



Utilisateurs de l'outil, chercheurs



Logement, évaluation énergétique



SOLEN.BAT02



## Auteurs de la fiche

### Architecture et Climat

Université catholique de Louvain

S. Cuvellier et Prof. A. De Herde

Place du Levant, 1

1348 Louvain-La-Neuve

simon.cuvellier@uclouvain.be

+32 10 47 23 34

