



HAL
open science

Indicateurs de durabilité pour la conception préliminaire de bureaux du point de vue énergétique

Ernesto Efrén Velázquez Romo, Jean-Pierre Nadeau, Denis Bruneau, Philippe
Lagière

► **To cite this version:**

Ernesto Efrén Velázquez Romo, Jean-Pierre Nadeau, Denis Bruneau, Philippe Lagière. Indicateurs de durabilité pour la conception préliminaire de bureaux du point de vue énergétique. 21ème Congrès Français de Mécanique (Bordeaux; 2013), Jun 2013, France. pp.1-6. hal-01070195

HAL Id: hal-01070195

<https://hal.science/hal-01070195v1>

Submitted on 30 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers ParisTech researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://sam.ensam.eu>
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/8665>

To cite this version :

Ernesto Efrén VELÁZQUEZ ROMO, Jean-Pierre NADEAU, Denis BRUNEAU, Philippe LAGIÈRE
- Indicateurs de durabilité pour la conception préliminaire de bureaux du point de vue
énergétique - 2013

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : archiveouverte@ensam.eu

Indicateurs de durabilité pour la conception préliminaire de bureaux du point de vue énergétique

E. VELÁZQUEZ^a, J.-P. NADEAU^a, D. BRUNEAU^a, P. LAGIÈRE^b

a. Arts et Metiers ParisTech, I2M, UMR 5295, F-33400 TALENCE (FRANCE)

b. Univ. Bordeaux, I2M, UMR 5295, F-33400 TALENCE (FRANCE)

Résumé :

Le secteur du bâtiment représente actuellement 40% de la consommation d'énergie et un des premiers émetteurs de gaz à effet de serre dans le monde. Ceci, combiné avec la longue durée de vie caractéristique des bâtiments, signifie que les décisions de conception des bâtiments ont des impacts à longue durée et de type multidimensionnel sur la société et l'environnement. En conséquence, il y a un intérêt croissant pour l'évaluation des bâtiments à travers le concept de la durabilité, en considérant ses trois dimensions fondamentales : les aspects économiques, écologiques et sociétaux. Cependant, les systèmes d'évaluation actuels sont généralement développés dans le contexte de la déclaration ou de la certification du bâtiment, tandis qu'un nombre réduit visent à fournir de l'aide à la décision au cours des phases de conception préliminaire. C'est au cours de ces premières étapes que des décisions clés tels que les principes de construction et les stratégies globales d'opération sont définies, généralement avec un degré limité d'informations disponibles. Afin d'aider à la prise de décisions lors de la conception préliminaire, un ensemble d'indicateurs est proposé visant à évaluer les alternatives de conception préliminaires, basé sur une approche de type cycle de vie et selon les 3 piliers fondamentaux de la durabilité. Le choix des indicateurs est basé sur le consensus entre les projets et initiatives de niveau international qui conforment l'état de l'art, ainsi que sur des aspects opérationnels tels que la disponibilité de bases de données pour les paramètres de calcul, l'évolution de l'information disponible et de la spécificité des décisions de conception à chaque étape de la conception. Les conclusions de cette étude sont axées sur la conception énergétique des bâtiments tertiaires, les bureaux en particulier, dans le contexte français.

Abstract :

The building sector currently represents 40% of the energy consumption and one of the major emitters of greenhouse gases in the world. This, combined with the characteristic long lifespan of buildings, means that the decisions behind building design have long-term and multidimensional impacts on both society and the environment. As a result, there is a growing interest in the assessment of buildings based on the concept of sustainability, considering its three basic dimensions: economic, ecological and social. However, current evaluation systems are usually developed in the context of the declaration or certification of buildings, while only a limited number are designed to provide decision-support during the preliminary design phase. It is during these early design stages that key decisions such as construction principles and operation strategies are defined, usually with a limited amount of information available. In order to assist in decision-making during the preliminary building design, a set of indicators is proposed in this present work to evaluate early design alternatives by following a life-cycle analysis approach and according to the three pillars of sustainability. Indicator selection is based on consensus from the international projects and initiatives that compose the state of the art, as well as operational aspects such as database availability for calculation parameters, the evolution of information available and of specific design decisions at every stage of the design process. The conclusions of this study are focused on the energy design of commercial buildings, specifically offices, in the French context.

Mots clefs : conception préliminaire, aide à la décision, bâtiments tertiaires, analyse de cycle de vie, performance énergétique et environnementale

1 Contexte et objectifs

Le secteur du bâtiment est caractérisé par des taux élevés de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre. Selon les chiffres du World Business Council for Sustainable Development, le secteur représente plus de 40% de la consommation d'énergie primaire dans le monde, ainsi dépassant les impacts liés aux transports [1]. Ceci, combiné avec la caractéristique longue durée de vie des bâtiments, signifie que les décisions prises au cours de leur processus de conception ont des impacts à longue durée et de type multidimensionnel sur la société et l'environnement.

Ces dernières années, il y a un intérêt croissant pour l'étude de la nature multidimensionnelle des impacts liés aux bâtiments à travers le concept de la durabilité, compte tenu de ses trois piliers ou dimensions fondamentales : les aspects économiques, écologiques et sociétaux. C'est le cas des systèmes de certification, qui permettent l'analyse de la conception d'un bâtiment à travers une approche holistique et intégrée. Cependant, ces méthodes d'évaluation ont été élaborées dans le cadre de déclarations environnementales ou énergétiques, qui sont faites lorsque les bâtiments sont déjà dans les dernières étapes de conception ou pendant leur phase d'exploitation. D'autre part, c'est dans les premiers stades du processus de conception où il existe un potentiel majeur pour influencer sur la performance énergétique d'un bâtiment. Dans ces stades, des décisions clés telles que les principes de construction et les stratégies globales d'opération sont généralement prises avec un degré limité d'informations disponibles [2]. Un nombre réduit des méthodes d'évaluation actuellement disponibles vise à aider à la prise de décisions dans ces phases de conception préliminaire. Dans certains cas, ces méthodes se limitent à une ou deux dimensions du concept de la durabilité.

Dans ce contexte, cette étude propose une série d'indicateurs pour l'évaluation d'alternatives de conception énergétique des bâtiments dans les phases de conception préliminaire, basée sur une approche de type cycle de vie et en accord avec les trois dimensions de la durabilité. Ceci représente la première étape dans le développement d'une méthodologie d'aide à la décision pour la conception énergétique des bâtiments. Dans ce travail, la conception énergétique d'un bâtiment est définie comme la sélection et le dimensionnement des éléments architecturaux et des systèmes techniques ayant une influence directe sur sa performance énergétique. Les conclusions de cette étude sont axées sur la conception énergétique des bâtiments tertiaires, les bureaux en particulier, dans le contexte français. Cette étude est divisée en deux sections: d'abord, une étude de l'état de l'art des indicateurs de durabilité dans les bâtiments est présentée ; ensuite, l'ensemble des indicateurs sélectionnés est présenté et discuté. Conclusions et perspectives futures de travail sont également présentées.

2 Etat de l'art des indicateurs de durabilité dans les bâtiments

En plus des systèmes de certification énergétiques et environnementaux, qui visent à valider la conception finale du bâtiment et comme tels ne sont pas adaptés pour guider le concepteur dans la prise de décisions, d'autres méthodes d'évaluation sont proposées dans la littérature. Il s'agit notamment de projets de coopération internationale, lesquels semblent plus adaptés pour être utilisés dans la conception préliminaire de bâtiments, et qui ont été utilisés comme point de départ pour la sélection des indicateurs de durabilité dans cette étude.

Deux telles initiatives sont les projets de la Commission Européenne SuPerBuildings [3] et Perfection [4], qui ont été dirigés en collaboration par diverses agences européennes de l'énergie. L'objectif principal de ces deux projets est l'identification d'indicateurs de durabilité dans les bâtiments et la normalisation de leurs définitions et méthodes de calcul. Les conclusions de ces travaux sont proposées comme point de départ pour des nouvelles méthodologies dans l'analyse comparative et la certification de bâtiments. Ces deux initiatives européennes sont fortement complémentaires. Le projet SuPerBuildings explore les trois dimensions de la durabilité, donc fournissant une base complète d'indicateurs. Le projet Perfection se concentre uniquement sur la catégorie sociétale, ce qui permet une dissection plus profonde de ce pilier souvent ignoré. Une autre initiative remarquable est le SBA Framework for Common Metrics, actuellement en cours de développement par la Sustainable Building Alliance (SBA) [5]. Ce projet vise à identifier des indicateurs communs qui peuvent être utilisés au niveau international pour l'évaluation, la classification et la comparaison de la performance des bâtiments. En proposant un nombre concis d'indicateurs et en se concentrant sur les dimensions écologiques et sociétales, ce projet présente un cadre simple mais pratique pour l'évaluation de la durabilité des bâtiments. Enfin, le comité technique TC350 du Comité Européen de Normalisation a été mis en place pour le développement d'une série de normes européennes traitant l'évaluation de la durabilité des produits de construction, les bâtiments et l'environnement bâti en général. La norme européenne EN 15804

[6] et la série de normes EN 15643 [7] constituent la base d'une série de documents de référence à l'échelle européenne pour l'évaluation de la contribution respective des produits de construction et des bâtiments au développement durable. Ces normes considèrent les trois dimensions de la durabilité et sont prévues d'être adoptées dans l'avenir dans chaque pays sous la forme de politiques nationales et d'outils d'évaluation.

De manière générale, l'objectif de ces initiatives est la proposition d'indicateurs pertinents pour quantifier la performance des bâtiments, ainsi que l'homologation du vocabulaire et les définitions de base. Ces méthodes d'évaluation conviennent que dans l'application de la notion de durabilité dans les bâtiments, chacune des trois dimensions fondamentales est liée à un aspect de performance : la dimension économique est caractérisée par le coût financier, la dimension écologique à travers la dégradation de l'environnement et la dimension sociale est représentée par le bien-être des occupants et leur interaction avec le bâtiment. Diverses sous-catégories composent cette dernière dimension, y compris la sécurité, l'adaptabilité, l'accessibilité ainsi que la santé et le confort des occupants.

D'autres initiatives, telles que les méthodes d'analyse multicritère ou les outils de simulation, sont disponibles dans la littérature, mais elles ne sont pas traitées en détail dans cette étude. L'objectif de ces initiatives est d'offrir des éléments de décision pour accompagner le concepteur pendant la conception énergétique des bâtiments. Ceci est fait par exemple à travers la recherche d'alternatives de conception pertinentes grâce à l'utilisation d'algorithmes d'optimisation [8–11] ou la modélisation des besoins énergétiques et les impacts environnementaux associés [12–14]. Il faudrait noter que ces approches sont généralement limitées à deux des trois dimensions de la durabilité. Cela représente une opportunité potentielle pour le développement des outils d'aide à la décision dans le domaine de la conception énergétique des bâtiments.

3 Indicateurs de durabilité du bâtiment sélectionnés

Sur la base de l'étude de l'état de l'art présentée précédemment, un ensemble d'indicateurs pour l'évaluation de la durabilité des bâtiments a été choisi. Il est présenté dans le tableau 1. Le choix de ces indicateurs se base sur le consensus entre les projets et les initiatives mentionnées ci-dessus ainsi qu'en fonction de divers aspects opérationnels qui seront décrits dans chaque cas.

Dimension	Sous-catégorie	Indicateur	Unités
Economique	Coût financier	Coût global	€
Ecologique	Consommation de ressources physiques	Utilisation d'énergie primaire non renouvelable	kWh _p
		Consommation d'eau	m ³
	Génération de déchets	Déchets dangereux	Tonnes
		Déchets non dangereux	Tonnes
		Déchets radioactifs	Tonnes
	Impacts sur l'environnement	Potentiel de réchauffement climatique	kg CO ₂ -eq.
		Potentiel d'acidification du sol et de l'eau	kg SO ₂ -eq.
Potentiel de formation d'oxydants photochimiques de l'ozone troposphérique		kg C ₂ H ₄ -eq.	
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		kg CFC 11-eq.	
Sociétale	Confort hygrothermique	Pourcentage de temps de dépassement d'une plage de confort hygrothermique	% de temps
	Confort visuel	Facteur de lumière du jour	%
	Confort acoustique	Isolement acoustique standardisé pondéré, pour un bruit de trafic à l'émission	dB
	Qualité de l'air intérieur	Pourcentage attendu d'insatisfaits	% d'occupants

TAB. 1 – Indicateurs de durabilité du bâtiment sélectionnés.

Étant donné que l'objectif de cette étude est la sélection d'indicateurs pertinents pour la conception énergétique du bâtiment, seulement les catégories directement liés à la performance énergétique ont été prises en compte. En particulier, dans le cas de la dimension sociétale, seulement la catégorie de santé et confort des occupants a été prise en compte, car elle a été considérée comme la seule à être directement liée aux décisions associées à la conception énergétique d'un bâtiment. Dans cette dimension de la durabilité,

chacune des sous-catégories caractérise à travers leur indicateur au moins un élément lié à la performance énergétique du bâtiment : par exemple, le facteur de lumière du jour est principalement déterminé par le type de fenêtre et son dimensionnement, le pourcentage attendu d'insatisfaits par les paramètres de fonctionnement du système de ventilation, et l'isolement acoustique standardisé pondéré pour un bruit de trafic à l'émission par la composition de l'enveloppe. Ces trois éléments affectent considérablement les besoins de chauffage et de climatisation qui, à leur tour, affectent le confort hygrothermique des occupants.

En ce qui concerne la dimension économique, l'indicateur financier du coût global a été choisi pour caractériser la performance du bâtiment selon une perspective économique, tel que proposé par les normes EN 15643 et le projet SuPerBuildings. Cet indicateur représente la somme de tous les coûts associés au bâtiment tout au long de son cycle de vie, compte tenu d'un taux d'actualisation des coûts différés dans le temps. L'utilisation du coût global permet une comparaison objective entre les alternatives de conception avec des structures de coûts différentes. Ceci est une situation récurrente lorsque l'on compare des solutions énergétiques traditionnelles, associées à des investissements initiaux relativement réduits mais avec des coûts d'exploitation considérables, contre des solutions énergétiques de type bioclimatique, caractérisées par des investissements initiaux plus importants mais faibles coûts d'exploitation. En outre, cet indicateur peut être exprimé séparément en termes des coûts d'investissement et d'exploitation, ce qui permet une dissection explicite de la répartition des coûts d'une alternative de conception donnée.

Afin de caractériser la performance environnementale d'un bâtiment, une série d'indicateurs a été sélectionnée sur la base du travail du comité technique TC350. Comme il a été mentionné précédemment, le travail de ce comité a fourni les bases pour la définition du format et la structure des profils de déclaration environnementale des produits de construction et des bâtiments. Ces profils environnementaux sont largement utilisés dans l'élaboration d'évaluations de cycle de vie dans l'industrie de la construction. En France, la base de données INIES [15] donne actuellement un accès libre et public à un catalogue de profils environnementaux des produits de construction basé sur le format défini par la norme française NF P 01-010, également développé par ce comité technique [16]. L'introduction de la norme EN 15804, récemment publiée, annonce un changement dans le format de ces profils à partir de janvier 2014 [17]. Dans ce travail, les indicateurs environnementaux qui sont communs aux deux normes ont été sélectionnés, garantissant ainsi la disponibilité des données pour l'évaluation du bâtiment pendant et après cette période de transition. Les indicateurs choisis englobent trois sous-catégories: la consommation des ressources physiques, la génération de déchets et les impacts sur l'environnement. Ces indicateurs conviennent en général avec ceux proposés par les projets SuPerBuildings et SBA Framework for Common Metrics. Ils diffèrent simplement par une répartition plus détaillée de la consommation d'énergie primaire et de la génération de déchets, ainsi que l'ajout de trois indicateurs dans la sous-catégorie d'impacts sur l'environnement. Similairement, il faut mentionner qu'en plus des produits de construction, l'autre contributeur principal à la performance écologique d'un bâtiment est la consommation d'énergie pendant la phase d'exploitation. Les profils environnementaux des sources d'énergie typiquement utilisées dans les bâtiments, tels que l'électricité et le gaz naturel, sont nécessaires pour l'évaluation des impacts environnementaux associés à cette consommation d'énergie. Ces profils environnementaux sont actuellement disponibles en France sous le format défini par la norme NF P 01-010. Ce format devrait être mis à jour selon la nouvelle norme en même temps que pour les produits de construction [18].

Pour les indicateurs des dimensions écologique et économique, une approche de type analyse de cycle de vie a été envisagée dans cet étude. Cette approche prend en compte les impacts environnementaux et les coûts financiers liés au bâtiment et ses composants au cours de toutes ses étapes de vie, y compris la construction, l'exploitation et la fin de vie. Ceci convient avec la philosophie d'analyse des normes du comité technique TC350 et du projet SuPerBuildings.

Comme il a été mentionné précédemment, la dimension sociétale a été caractérisée par la catégorie de santé et confort des occupants, tel que proposé par les projets SuPerBuildings et SBA Framework for Common Metrics. Cette catégorie est divisée en quatre sous-catégories: confort hygrothermique, confort visuel, confort acoustique et qualité de l'air intérieur. D'une part, le confort hygrothermique représente la satisfaction des conditions adaptées de critères de qualité de l'environnement intérieur tels que la température de l'air, l'humidité relative et la vitesse de l'air dans un espace du bâtiment. Le nombre de facteurs à prendre en compte peut varier en fonction du modèle de confort choisi par le concepteur, de telle façon qu'un indicateur général qui prend en compte cette considération a été sélectionné : le pourcentage de temps de dépassement d'une plage de confort hygrothermique. En outre, le facteur de lumière du jour a été choisi comme indicateur

pour le confort visuel. Cette mesure représente d'une part le potentiel d'utilisation de la lumière naturelle, qui est associé à une perception de bien-être des occupants, et d'autre part la minimisation des besoins en éclairage artificiel, qui est liée à une réduction de la consommation d'électricité. Ces deux sujets sont particulièrement pertinents dans les immeubles de bureaux, car le bien-être des employés est directement lié à la productivité [3] et l'éclairage artificiel représente l'un des principaux contributeurs de la consommation d'électricité dans les bureaux [19]. En ce qui concerne le confort acoustique, un indicateur qui caractérise la capacité de l'enveloppe d'un bâtiment à bien l'isoler des sources sonores externes a été sélectionné : le niveau d'isolement acoustique standardisé pondéré, pour un bruit de trafic à l'émission. L'enveloppe du bâtiment est un élément clé du point de vue de sa performance énergétique, puisque sa composition est directement liée au comportement thermique du bâtiment. Une bonne compatibilité entre les décisions de conception au niveau des isolements thermique et acoustique est donc nécessaire. Enfin, le pourcentage attendu d'insatisfaits a été choisi pour caractériser la qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment. Cette valeur caractérise la perception de la qualité de l'air en fonction du taux de renouvellement d'air, qui est la quantité d'air frais introduit dans un espace de construction pour l'élimination des polluants de l'air intérieur. Ces polluants comprennent les émissions biologiques, tels que le dioxyde de carbone, ou des produits chimiques libérés par les produits de construction, tels que le formaldéhyde. D'autres indicateurs possibles pour cette sous-catégorie sont les concentrations de ces polluants dans l'environnement intérieur, tel que proposé par les projets européens SuPerBuildings et Perfection. Cependant, il n'existe actuellement aucun consensus scientifique sur une méthodologie pour estimer correctement ces valeurs au cours des phases préliminaires de la conception [3]. C'est pour cela que le pourcentage attendu d'insatisfaits, un indicateur de type opérationnel, a été choisi dans ce travail.

L'ensemble des indicateurs dans ce travail représente une base solide pour l'évaluation des alternatives de conception énergétique à travers le concept de la durabilité. Cette évaluation a été basée sur la caractérisation de la performance énergétique du bâtiment par l'utilisation d'indicateurs objectifs et quantitatifs. Cette approche est utilisée dans les plus récentes initiatives dans le domaine de l'évaluation de la durabilité dans le bâtiment, comme on le voit dans l'étude de l'état de l'art présentée ci-dessus et dans d'autres sources telles que la nouvelle démarche française HQE Performance [20]. Ceci est en contraste avec d'autres approches, qui font souvent appel à la simple mise en œuvre de moyens d'action comme méthode de validation d'une alternative de conception. Le principe principal de ces approches est d'encourager l'utilisation de technologies ou matériaux considérés comme compatibles avec les principes de la construction durable. C'est le cas de plusieurs systèmes de certification tels que la démarche Haute Qualité Environnementale [21], qui pourrait être complétée dans l'avenir par la nouvelle initiative HQE Performance.

L'évaluation de ces indicateurs de durabilité doit être adaptée à l'évolution de l'information disponible et de la spécificité des décisions de conception à chaque étape de la conception. Dans ce travail, ceci est principalement prévu par l'adaptation des hypothèses de calcul aux différentes étapes de conception ainsi que par l'identification des typologies de solutions énergétiques. Ces deux approches permettront de simplifier la description et l'évaluation des alternatives de conception tout au long de la conception préliminaire, quand les détails spécifiques des solutions énergétiques à considérer ne sont pas connus ou peuvent être modifiés postérieurement.

4 Conclusions et perspectives de travail

Un ensemble d'indicateurs visant à évaluer la durabilité des bâtiments a été présenté dans cette étude, ce qui représente la première étape dans le développement d'un outil d'aide à la décision pour les premières étapes du processus de conception énergétique des immeubles de bureaux. Ces indicateurs ont été sélectionnés à partir de l'état de l'art du domaine et sont basés sur une perspective d'analyse de cycle de vie et selon les trois dimensions fondamentales du concept de la durabilité. L'une des motivations principales de ce présent travail est donnée par l'identification d'une opportunité potentielle dans le développement d'outils d'aide à la décision dans le domaine de la conception énergétique des bâtiments, en prenant en compte les trois dimensions qui composent le concept de la durabilité.

Suite à l'identification de ces indicateurs de durabilité, les activités futures se concentreront sur le développement d'autres aspects de la construction de la méthodologie d'aide à la décision en conception énergétique préliminaire. L'étape suivante est donnée par l'identification des méthodes d'évaluation adaptées pour l'estimation de ces indicateurs. Les méthodes sélectionnées doivent prendre en compte l'état et l'évolution de l'information dans les premières phases de conception du bâtiment. Une autre étape est la

définition de valeurs de référence pour l'interprétation correcte des résultats de l'évaluation de ces indicateurs. Ces valeurs de référence représentent d'une part l'effort minimum acceptable (représentant la pratique courante), et d'autre part une valeur recommandée (représentatif de projets hautement durables). En outre, une troisième initiative est l'application de cette méthode d'évaluation dans un cas d'étude simplifié, par exemple pour une famille de solutions énergétiques en particulier. Cela permettrait de valider la logique de la méthodologie d'évaluation, et plus particulièrement la pertinence des indicateurs de performance ici présentés.

Références

- [1] World Business Council for Sustainable Development, Energy Efficiency in Buildings: Transforming the market, Août 2009.
- [2] International Energy Agency – Task 23: Optimization of solar energy use in Large buildings, Integrated Design Process: A guideline for Sustainable and Solar-Optimised Building Design, Avril 2003.
- [3] SuPerBuildings Consortium, SuPerBuildings: Sustainability and Performance assessment and Benchmarking of Buildings, Site web : <http://cic.vtt.fi/superbuildings>
- [4] Perfection, Perfection: Coordination action for Performance Indicators for Health, Comfort and Safety of the Indoor Environment, Site web : <http://ca-perfection.eu>
- [5] Sustainable Building Alliance, A Framework for Common Metrics of Buildings 2010, 2010, Site web : <http://www.sballiance.org>
- [6] Comité technique CEN/TC 350 – Comité Européen de Normalisation, EN 15804: Sustainability of construction works – Environmental product declarations: Core rules for the product category of construction products, Août 2012.
- [7] Comité technique CEN/TC 350 – European Committee for Standardization, EN 15643-1 – EN 15643-4: Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings, 2010-2012.
- [8] Hamdy M., Hasan A., Siren K., A Multi-Stage Optimization Method for Cost-optimal and Nearly-Zero-Energy Building Solutions in Line with the EPBD-Recast 2010, Energy and Buildings, (56) 89-203, Janvier 2013.
- [9] da Silva S., Guedes M., Using a Multi-Criteria Analysis to Select Design Alternatives: Aiming Energy Efficiency and Indoor Environmental Quality, EuroSun 2010, Octobre 2010.
- [10] Pernodet F., Lahmidi H., Michel P., Use of Genetic Algorithms for Multicriteria Optimization of Building Refurbishment. 11th International IBPSA Conference, Juillet 2009.
- [11] Diakaki C., Grigoroudis E., Kabelis N., Kolokotsa D., Kalaitzakis K., Stavrakakis G., A multi-objective decision model for the improvement of energy efficiency in buildings, Energy, (35) 5483-5496, Aout 2010.
- [12] MINES ParisTech - Département Energétique et Procédés, COMFIE : Outil de simulation thermique des bâtiments multizones, Site web : <http://www.dep.mines-paristech.fr/Valorisation/Logiciels/COMFIE/>
- [13] MINES ParisTech - Département Energétique et Procédés, EQUER : Outil de simulation du cycle de vie du bâtiment, Site web : <http://www.dep.mines-paristech.fr/Valorisation/Logiciels/EQUER/>
- [14] Lawrence Berkeley National Lab, Building Design Advisor, Site web : <http://gaia.lbl.gov/BDA/>
- [15] Base de données française de profils environnementaux de produits de construction INIES, Site web : <http://www.inies.fr>
- [16] Comité technique CEN/TC 350 – Comité Européen de Normalisation, NF P 01-010: Environmental quality of construction products – Environmental and health declaration of construction products, Décembre 2004.
- [17] Comité technique INIES, Compte rendu du comité technique INIES N°33, 8 février 2012.
- [18] Outil en ligne d'analyse de cycle de vie des bâtiments ELODIE, Site web : <http://www.elodie-cstb.fr>
- [19] Observatoire BBC. Indicateurs issus de l'observatoire BBC réalisés sur 104 projets (Rapport annuel 2010), 25 novembre 2010.
- [20] Association pour la haute qualité environnementale, HQE Performance : Annexe Technique – Bâtiments neufs, Décembre 2010.
- [21] Certivéa, Référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments : Bâtiments tertiaires – Septembre 2011, 20 janvier 2012.