
Evaluation et amélioration des performances environnementales d'un bâtiment tertiaire en exploitation

Céline Mandallena*,** — Philippe Lagière*,** — Jean Rodolphe Puiggali*

**Laboratoire TREFLE Université Bordeaux 1, Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence*

jean-rodolphe.puiggali@bordeaux.ensam.fr

***Cellule d'Innovation ECOCAMPUS, Site TREFLE-ENSAM, Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence*

c.mandallena@ecocampus.u-bordeaux1.fr; p.lagiere@ecocampus.u-bordeaux1.fr

RÉSUMÉ. Différentes analyses des cycles de vie des bâtiments montrent que plus de 80% des impacts environnementaux des bâtiments résultent de sa phase d'exploitation. Cette étude propose la construction d'une méthode de suivi et d'évaluation des performances environnementales, puis sa mise en œuvre sur deux bâtiments d'enseignement. L'objectif principal est de disposer d'une méthode opérationnelle d'évaluation des qualités environnementales du bâtiment, d'en opérer un retour efficace vers les usagers et gestionnaires afin d'améliorer les performances. Un nouveau système de mesure des paramètres d'ambiance intérieure est mis en œuvre : capteur d'ambiance TEHOR et son système d'acquisition ECOSYS. On montre qu'un bâtiment construit avec des efforts de conception est plus performant que les autres bâtiments sur un certain nombre de critères, mais qu'il ne peut atteindre les performances prévues sans une formation et une discipline des usagers, ainsi qu'un management environnemental au niveau de la gestion.

ABSTRACT. The main part of environmental impacts (more than 80%) due to public buildings lies in the use phase. The purpose of this study was the development of an operational environmental assessment method used to evaluate as well as improve the environmental quality of public buildings in use. We present the method and the results of its application for 2 schools. On a technical matter, this work has validated the building scale use and advantages of a new monitoring system for energy and comfort optimisation : the TEHOR® multisensor and its database acquiring system ECOSYS®. It clearly sets that a green building has better performances than a regular building, with same uses, but that without a regular and adapted environmental management, which includes involvement of the users, the green building qualities are wasted.

MOTS-CLÉS : Qualité environnementale des bâtiments, réduction des émissions, évaluation, exploitation, management, usages

KEYWORDS: Green building, environment, assessment, existing stocks, management, uses, environmental awareness.

1. Introduction

Dans le domaine des constructions, les acteurs professionnels proposent en France des démarches de conception avancées, relativement élaborées (réglementation indispensable mais lourde, référentiels de la démarche HQE®). Cependant sur le terrain opérationnel peu de constructions sont réellement évaluées en terme de performance énergétique, de gestion de l'eau et des déchets, de qualité d'usage, de sensibilisation et de satisfaction des usagers. De plus, l'enjeu majeur, au plan environnemental mais aussi économique et social, est l'exploitation du parc existant. Dans le but de quantifier les postes de consommation les moins efficaces, et également de qualifier les améliorations directement accessibles, nous avons instrumenté deux bâtiments d'enseignement préscolaire pour effectuer un suivi original sur l'année 2005, par un nouveau système de mesure des conditions d'ambiance intérieure du bâtiment, ainsi que des consommations énergétiques.

Le but est d'investir les deux questions suivantes :

- quelles sont, dans les consommations, les parts liées à l'enveloppe, aux équipements thermiques et énergétiques, et aux occupants du bâtiment,
- quels sont les potentiels d'économie et les réductions d'impacts environnementaux possibles en modifiant, à confort égal, les comportements des usagers, et en proposant des critères de gestion plus performants et cohérents aux gestionnaires techniques ?

2. Où agir pour réduire les impacts environnementaux du bâtiment

Responsable de l'émission d'un quart des gaz à effet de serre et de 46 % de la consommation nationale d'énergie, le bâtiment constitue un secteur d'intervention prioritaire pour la réduction des impacts environnementaux, avec les transports. Nous passons également la majorité de notre vie dans les bâtiments, ce qui renforce la préoccupation des conditions intérieures sur la santé et le confort des hommes.

Les objectifs de cette étude focalisent sur les usages et la gestion de bâtiments tertiaires, avec une application aux écoles.

De cette analyse découle la méthodologie appliquée ci-dessous, qui consiste à :

- développer un nouveau système permettant l'évaluation de la Qualité Environnementale (QE) et l'optimisation de la gestion du bâti,
- construire un outil, à terme exploitable, développé en lien et pour les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre de bâtiments tertiaires,
- informer le gestionnaire et sensibiliser de l'occupant, afin d'optimiser les gestes d'utilisation des services du bâtiment,
- valider par sa mise en œuvre et son utilisation un nouveau système de suivi, le macrocapteur TEHOR et le logiciel d'acquisition et de traitement ECOSYS.

3. Construction de la méthode d'évaluation

3.1. Principe et indicateurs

La méthode d'évaluation construite doit répondre à plusieurs contraintes :

- Tout d'abord refléter de façon complète les performances environnementales du bâtiment en liaison avec les usages et la gestion. Ensuite elle doit être suffisamment synthétique et lisible pour être acceptée et utilisée par les usagers et les gestionnaires.
- Nous avons proposé la structuration suivante pour 26 indicateurs de performance (figure 1), regroupés à travers 6 thèmes. Le premier groupe d'indicateurs donne un état des lieux annuel concernant les points suivants : coûts d'exploitation, consommations, et émissions à l'environnement, confort et santé.

Le deuxième groupe d'indicateurs vise un diagnostic sur les usages et la gestion.

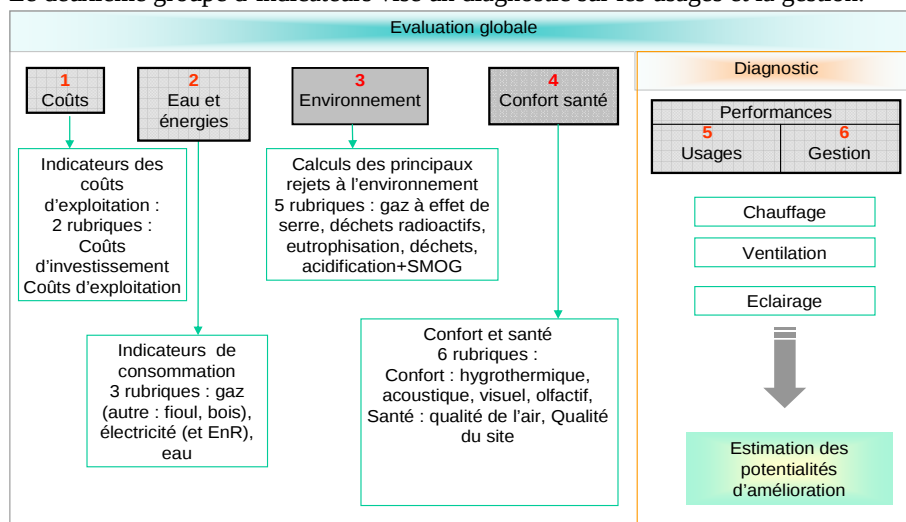


Figure 1 : Organisation des indicateurs en 6 thèmes d'évaluation

3.2. Définition du système et référentiels

La définition et la recherche du périmètre du système étudié dépendent des indicateurs. Globalement, pour les indicateurs environnementaux liés aux consommations des fluides, eau-énergies-déchets, la base de données des facteurs d'émissions Okoinventare [Frischknecht R., Jungbluth N., 2003] permet une analyse en cycle de vie. Pour les autres thèmes d'évaluation, les indicateurs concernent le système bâtiment-site et occupants, en lien avec les gestionnaires.

4. Campagne de suivi

Les deux bâtiments suivis ont été sélectionnés sur des critères à la fois de proximité, de qualité de conception et de motivation des gestionnaires et occupants à un suivi long terme. Les deux bâtiments sont orientés au sud.

Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques des deux écoles étudiées

	Ecole Bellegrave	Ecole Jules Ferry
Date construction	Démarche HQE 2002	1956, rénovation 1986
SHON (m ²)	R0, 1710	R0, 648
Volume (m ³)	4352	1690
Energie chauffage	gaz	gaz
Capacité (élèves)	196 (7 classes)	140 (5 classes)
Puissance chaudière	160 kW	2 fois 98 kW
Type de chauffage	Sol basse température	Mural classique
Nombre de pièces	27	12
Système de ventilation	VMC double flux	Aucune
Enveloppe	Monomur en facades nord, toiture végétale, isolation laine de verre	Parpaing de 18, toiture classique isolation laine de verre, tuiles brique
Menuiseries	Bois-aluminium, double vitrage très basse émissivité. Brises soleils	Bois, simple vitrage Volets roulants manuels

Chaque bâtiment a été instrumenté de façon à pouvoir obtenir les données nécessaires suivants les objectifs d'évaluation. Sont suivis en continu (mesures au pas de temps de 10 minutes) : énergie (gaz), électricité, eau, température, éclairage naturel, éclairage artificiel, humidité relative, occupation, dioxyde de carbone. Et ont fait l'objet d'une campagne spécifique sur des périodes courtes : acoustique, éclairage naturel et artificiel, ventilation (figure 2).

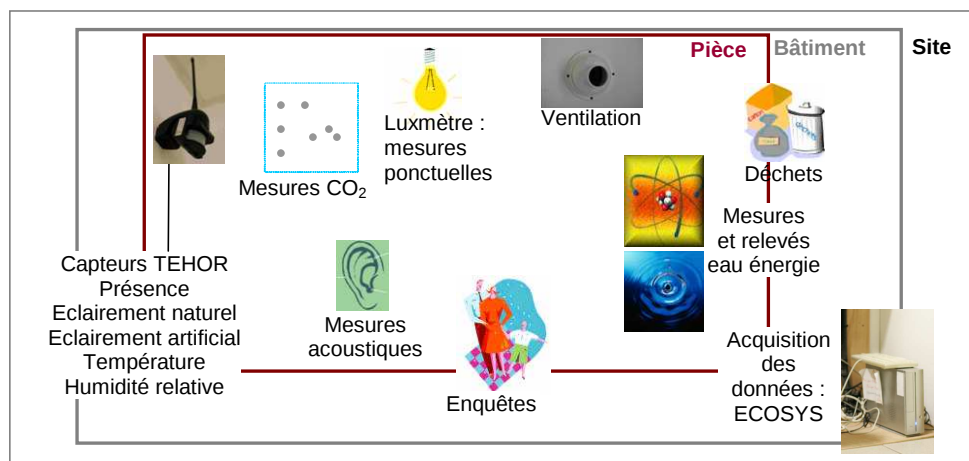


Figure 2 : Représentation de la campagne de mesure

Les données (capteurs TEHOR, débitmètres, pinces thoriques, compteur de calories, données météo) sont stockées et organisées par un système nommé ECOSYS. Chaque capteur disposé dans le bâtiment transmet sa mesure à une passerelle radio qui émet l'information vers le récepteur et enregistreur, une unité centrale, où un logiciel spécialement développé classe et enregistre toutes les données, avec transmission possible par Internet.

5. Résultats : analyse des consommations d'eau et d'énergie

5.1. Eau

Les usages de l'eau qui ont été instrumentés sont les sanitaires (WC et fontaines séparément), les éviers des classes, les cuisines (figure 4). La consommation optimale que nous avons proposée pour le calcul de l'indicateur de potentiel d'économies d'eau correspond, par personne et en moyenne pour une journée passée dans le bâtiment : 4 chasses d'eau soit 12 litres, 4 lavages de mains soit 2 litres, 1,2 litres de boisson, 0,8 litres pour le reste (lavage, extérieur), soit en tout 16 litres par personnes et par jour. Le potentiel d'amélioration est calculé sur cette base et sur le nombre de personnes. Il est de 188 m³, soit à minima de 7 litres par personne et par jour sur l'école Jules Ferry, et 7,3 litres par personnes et par jour sur l'école Bellegrave.

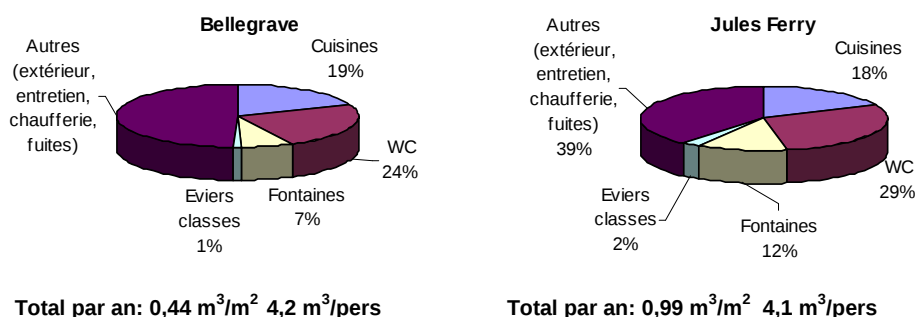


Figure 4 : Proportions des postes de consommation d'eau, année 2005

5.2. Electricité

Les postes de consommation d'électricité que nous avons suivis concernent la ventilation, les convecteurs personnels, les éclairages, les appareils de cuisine. Les jours ouvrés, la consommation du bâtiment « au repos » est constante, et d'environ 8 kVAh. Cette consommation permanente de fond est due aux auxiliaires de sécurité, aux pompes du système de chauffage et aux extracteurs de ventilation en régime

réduit. La « journée électrique » d'un bâtiment d'enseignement semble relativement reproductible, avec un appel de puissance s'échelonnant de 7 à 30 kVA en moyenne, qui est maximal en milieu de journée. Le mercredi ne voit qu'une activité d'utilisation de la salle d'évolution, la consommation est donc très probablement celle de l'éclairage. Sur l'école Bellegrave, la consommation due au poste ventilation et pompes du système de chauffage est la plus importante (46 %), suivie du poste éclairage (19 %), autres (21 %, dont notamment prises, pompe de la chaufferie), puis eau chaude sanitaire (8 %). Restent marginaux (<5%) les postes cuisines et convecteurs personnels. Les économies réalisables se situent principalement sur le poste ventilation et éclairages, où les durées d'utilisation inutiles vont jusqu'à plus de 180 heures par mois dans les circulations et plus de 80 heures par mois dans les classes (pour chacune des écoles).

5.3. Chauffage

Le coefficient U_{bat} calculé pour le projet, à partir des coefficients thermiques des parois et liaisons est de $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pour l'école Bellegrave. A partir des mesures de consommation du poste « chauffage » et de la température extérieure, on a déduit une valeur expérimentale des déperditions du bâtiment, estimée à $2,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pour Bellegrave et à $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pour l'école Jules Ferry. Les déperditions plus importantes sur le bâtiment Bellegrave peuvent s'expliquer par la mise en œuvre de l'enveloppe (création de ponts thermiques), la faible compacité, une ventilation importante et l'utilisation des multiples ouvrants (cours, classes avec cours privatives, grande entrée). Les consommations avaient été estimées à $68 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{an})$ pour le chauffage, l'ECS, les éclairages et les consommations spécifiques d'électricité, alors que les mesures de l'année 2005 montrent une consommation de $94 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{an})$. Nous en déduisons une utilisation peu économe des systèmes par les usagers, ou une mauvaise estimation préalable des besoins lors de la simulation.

6- Synthèse

Les indicateurs de chaque thème d'évaluation sont agrégés sans pondération ; chaque thème peut alors s'exprimer sur une échelle d'évaluation de A à G, en référence à l'étiquette de performance énergétique des bâtiments (figure 6). Une représentation graphique polaire permet d'isoler les thèmes d'usage et de gestion par rapport aux autres thèmes. Les résultats sont exprimés en ratios de surface et par effectif, afin de mieux appréhender l'efficacité d'utilisation du bâtiment. On voit ainsi que l'école Bellegrave est globalement plus performante en ratio par surface, mais ramenée en ratio par effectifs, sa performance n'est pas optimale.

En effet, les potentiels d'amélioration sont conséquents, en comparaison avec le parc des 20 écoles communales sur 3 ans d'exploitation. Pour l'école Jules Ferry, en prenant uniquement l'indicateur de consommation d'énergie primaire, l'écart à la meilleure performance est de plus de 100 kWh ep/(m².an), ce qui peut s'expliquer par la conception ancienne du bâtiment, mais qui est aussi étayé par l'écart des températures intérieures à la température de consigne : plus de 2°C sur la période de chauffe. Sur l'école Bellegrave le potentiel d'amélioration est beaucoup plus faible (11 kWh ep/(m².an)), mais néanmoins existant, alors que ce bâtiment est le plus récent du parc des écoles de la commune et que sa conception a fait l'objet d'une démarche de qualité environnementale. La même constatation y est faite sur l'écart à la température de consigne : 2 °C en plus. Une analyse du graphique polaire montre en conséquence que les performances de gestion, mais aussi d'usage sur les autres indicateurs, peuvent expliquer ces écarts.

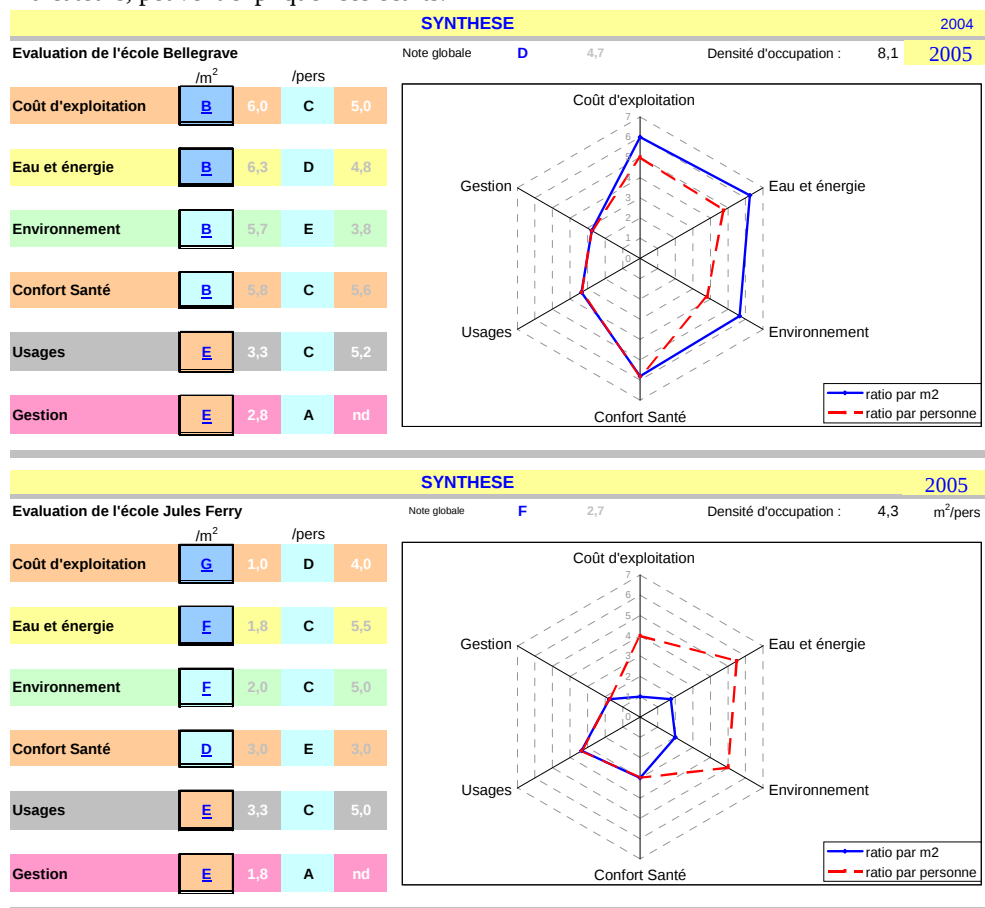


Figure 6 : Signature environnementale des deux bâtiments évalués, année 2005

7- Conclusion

Dans cette étude, on a proposé une méthode d'évaluation de la qualité environnementale et quantifié les émissions à l'environnement liées à l'exploitation d'un bâtiment tertiaire.

L'application de la méthode sur deux bâtiments comparables présente l'importance et l'intérêt de la mise en œuvre de la qualité environnementale et montre aussi les bonnes performances obtenues. Cependant, la démarche est insuffisante pour garantir des performances continues sur la phase d'exploitation; les résultats observés montrent aussi une gestion insuffisante des bâtiments, ainsi qu'une méconnaissance des systèmes mis à disposition dans le bâtiment (résultats d'enquête). Les enjeux environnementaux liés aux consommations d'énergie comme de matières premières sont de plus, très peu assimilés et identifiés à leurs usages par les occupants. La formation et la sensibilisation des acteurs de la vie du bâtiment (usagers, gestionnaires, prestataires, administration) sont incontournables si nous voulons parvenir à des résultats environnementaux conformes à nos objectifs de réduction d'émissions vers l'environnement.

Références :

ADEME, 2005, Bilan carbone d'une activité industrielle ou tertiaire, version 3, 220 p.

Barlet A., Merida E., Sémidor C., 2005, Du confort global au confort sonore dans les écoles maternelles, impact de modifications des ambiances acoustiques, Colloque européen « construire avec les sons ».

Breton P., 1996, L'argumentation dans la communication, Collection Repères, Ed. La Découverte, 120 p.

Dehausse R., 1988, Energétique des bâtiments, Situation, besoins, PYC ED., 275 p.

Devel C., 2003, Elaboration et expérimentation d'outils interactifs basés sur les NTIC et appliqués à la maîtrise de la demande de l'énergie dans le secteur « grand tertiaire », thèse de doctorat, Université Bordeaux 1.

Devel C., Lagièrre P., 2005, Etude des bâtiments de la Ville de Pessac.

Frischknecht R. et al., 1996, Oekoinventare von Energiesystemen, 3, Auflage, ETH Zurich / PSI Villigen, 1817 p.

Frischknecht R., Jungbluth N. (Eds), 2003, en collaboration avec Althaus H.J., Doka R., Hellweg S., Hirschier R., Nemenecek T., Rebitzer G., Spielmann M., Eco invent reports, Swiss center for life cycle inventories, Dübendorf.

Peuportier B., 2003, Eco-Conception des bâtiments : bâtir en préservant l'environnement, Ecole des Mines de Paris, 275 p.