

Talence, le 2 février 2006



UNION EUROPEENNE

Fonds européen  
de développement régional



## Evaluation de la qualité environnementale de bâtiments d'enseignement

### Résumé du rapport scientifique de la campagne de mesures et des résultats de l'étude sur l'école maternelle Bellegrave



Auteur de l'évaluation : Céline Mandallena, laboratoire TREFLE, Université Bordeaux I  
Esplanade des Arts et Métiers 33406

Nous remercions :

La Communauté Urbaine de Bordeaux :  
Le service de M.Olives,  
M.Payssan.

La Mairie de Pessac :  
M. Pierre Langrand, et M. Michel Lerrede, Directeur Général des Services,  
Mme. Christine Quinton, des services techniques de la ville,  
M. Jérôme Clair, du service éducation,  
Les techniciens du Centre Technique de la Commune.

M<sup>me</sup> Sylvie Vieu, directrice de la maternelle Bellegrave.

## Sommaire

1- Introduction.....	3
2- Quelles sont les problématiques environnementales liées au bâtiment ?.....	3
3- Campagnes de mesures.....	4
4- Thèmes d'évaluation des bâtiments.....	5
6- Résultats particuliers : analyse des taux de composés organiques volatils dans les classes.....	6
7- Résultats des enquêtes.....	7
7-1 Enquête auprès des adultes (année 2004).....	7
7-2 Enquête auprès des enfants.....	8
8- Conclusion.....	9

## 1- Introduction

Dans le cadre de son engagement dans la démarche Haute Qualité Environnementale des bâtiments, et de l'amélioration de la gestion de son patrimoine, la Communauté Urbaine de Bordeaux et la Mairie de Pessac ont accepté de participer au projet FEDER. Il s'agissait de construire puis de tester une méthode simple pour évaluer les performances environnementales de bâtiments en situation d'exploitation, à savoir : consommations d'eau, d'énergie, impacts environnementaux engendrés, émissions de déchets d'activités, confort des occupants (confort thermique, acoustique, visuel), habitudes des usagers sur les divers systèmes asservis du bâtiment (eau, électricité, consommables), et enfin qualités de gestion (réglage du système de chauffage et de ventilation par exemple, mais aussi mise à disposition d'informations aux usagers).

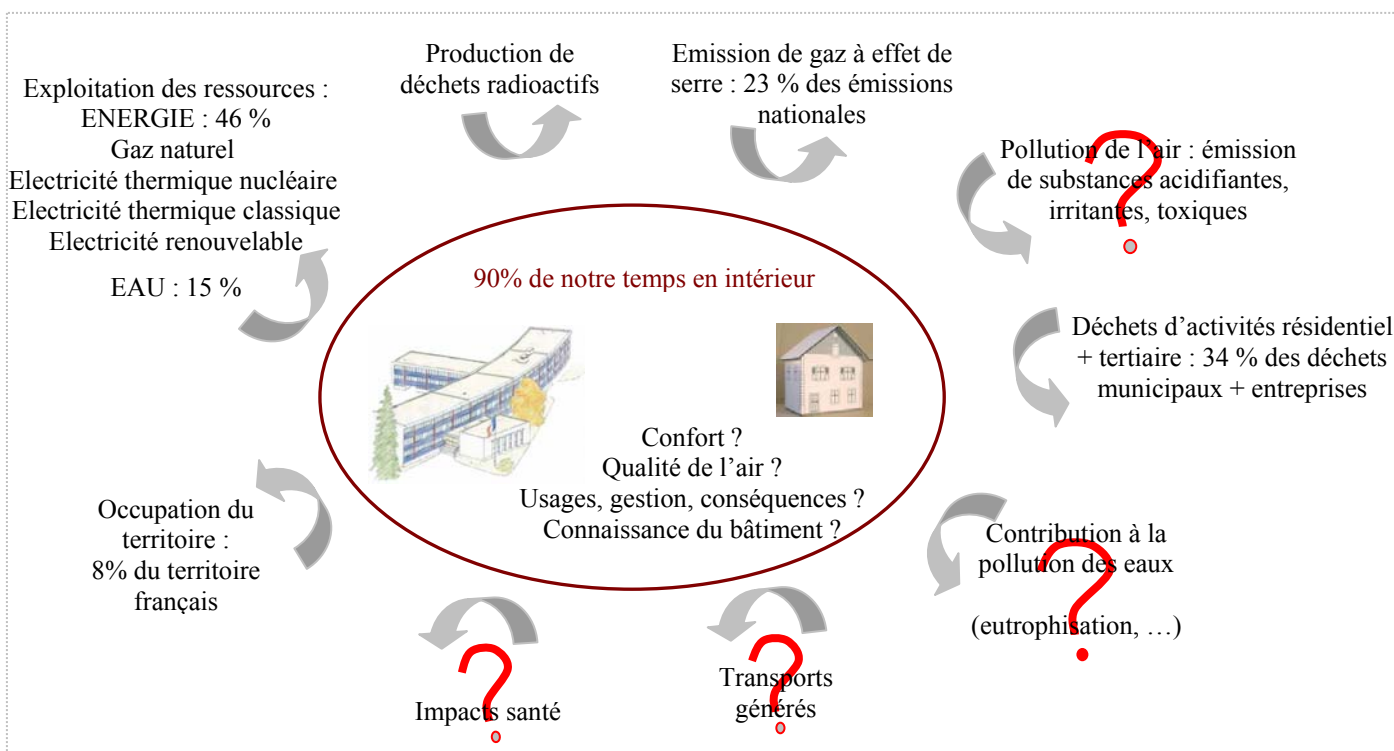
Ce travail s'est déroulé sur deux ans, avec l'aimable participation des usagers de l'école maternelle et des gestionnaires techniques et administratifs de la commune de Pessac.

Ce document synthétise les résultats du rapport scientifique remis aux partenaires du projet, dont la Mairie de Pessac. Il présente les résultats des mesures et d'enquêtes réalisées auprès des usagers.

## 2- Quelles sont les problématiques environnementales liées au bâtiment ?

Les impacts des activités humaines sur l'environnement sont de plus en plus manifestes, du niveau local au niveau planétaire. L'exploitation des bâtiments participe de façon très significative à ces problématiques. Pour illustration, la vie d'un bâtiment entraîne l'émission de gaz à effet de serre par combustion pour le chauffage, la consommation d'eau de nappes phréatiques préservées, ou encore la production de déchets radioactifs (78 % de l'électricité du réseau est d'origine nucléaire en 2005).

Le schéma ci-dessous résume les grandes problématiques environnementales liées à la vie d'un bâtiment, avec des domaines peu connus. Les chiffres sont ceux du parc de bâtiments résidentiels et tertiaires (écoles, bureaux, bâtiments publics) nationaux de l'année 2002 donnés par l'ADEME<sup>1</sup>.



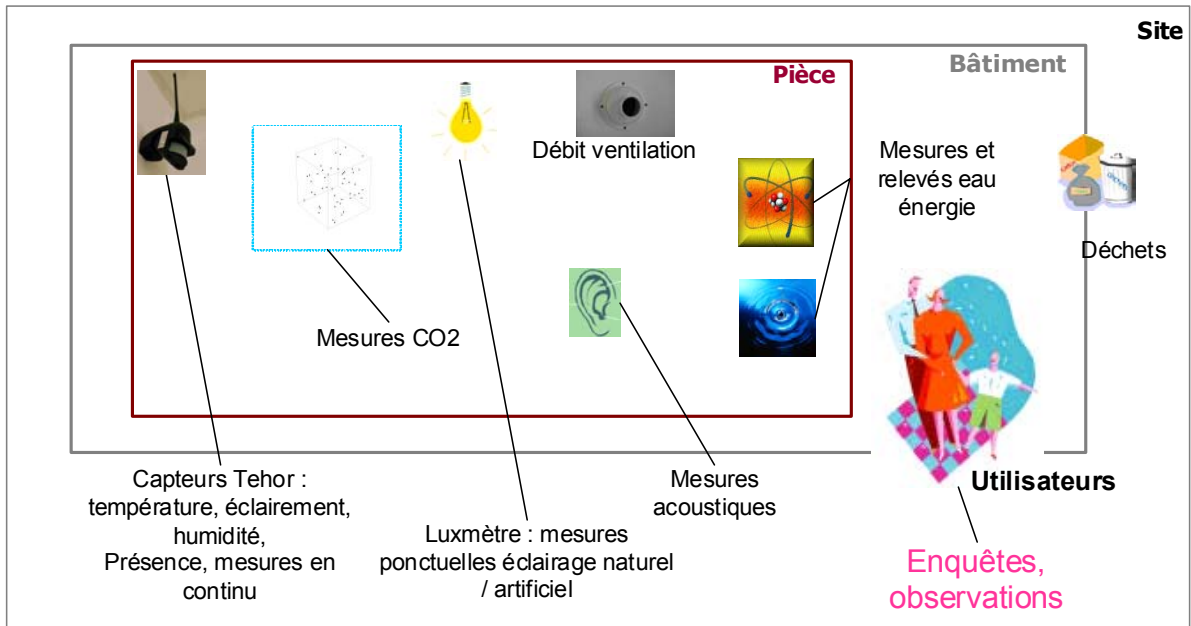
Les indicateurs présentés ci-après sont fonction de ces problématiques, ainsi que des différents rôles et contraintes des acteurs de la vie d'un bâtiment : usagers, gestionnaires administratifs et techniques, prestataires.

<sup>1</sup> Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

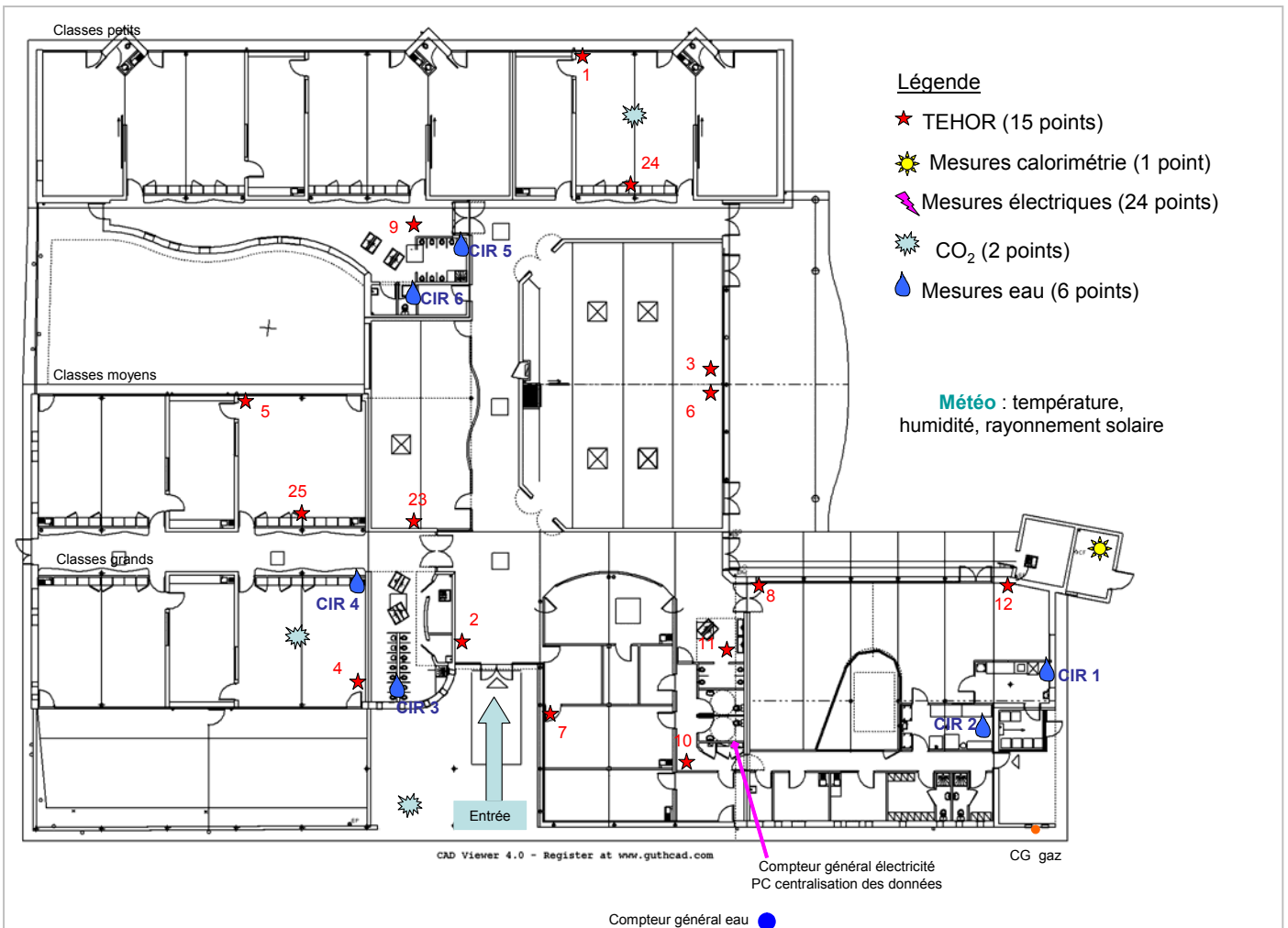
### 3- Campagnes de mesures

Une campagne de mesures a été développée sur les deux écoles en 2004 et 2005 ; elle est résumée sur les trois figures ci-dessous.

Synoptique de la campagne de mesures

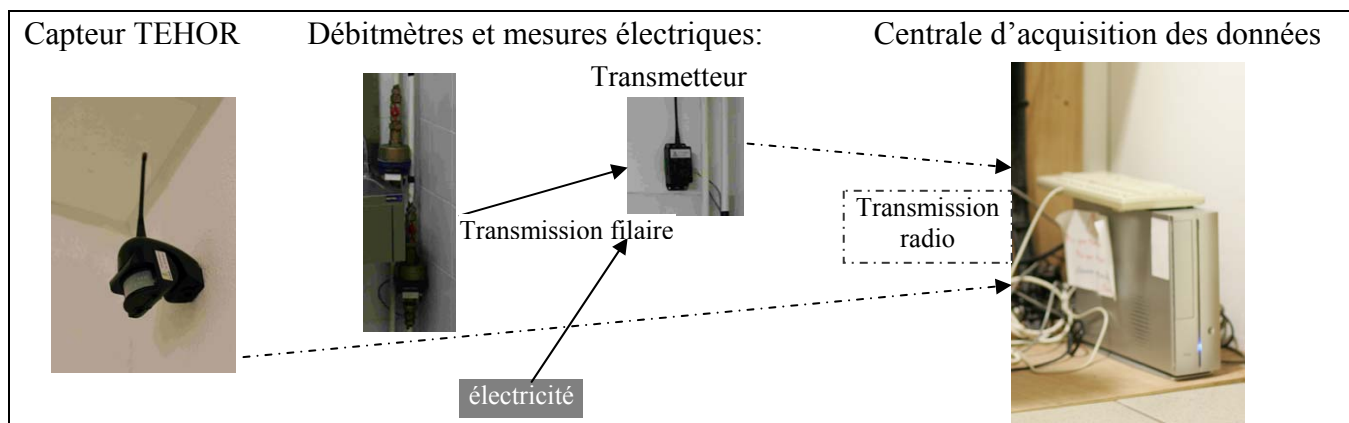


Implantation des capteurs sur l'école Ecole Bellegrave



Pour cette campagne, nous avons utilisé les capteurs TEHOR et le système d'acquisition de données ECOSYS, tous deux récemment développés par la cellule de transfert ECOCAMPUS. Les capteurs TEHOR mesurent en continu la température, l'humidité, la présence, ainsi que l'éclairage artificiel et naturel. Ils ont permis de qualifier le confort thermique, les densités d'occupation, l'efficacité d'utilisation des éclairages. Nous avons ainsi pu valider l'utilisation de ce système de suivi du bâtiment à grande échelle.

### Système d'acquisition des données d'ambiance intérieure



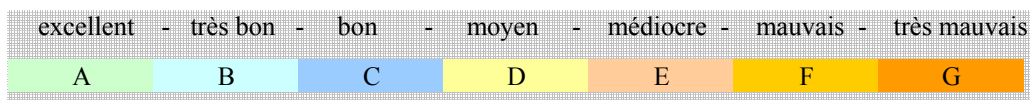
La campagne de mesures a duré de juin 2004 à décembre 2005, avec des mesures toutes les dix minutes ; une base de données de quatre giga octets en a résulté. L'exploitation de cette base a donné une partie des résultats présentés ici. D'autres exploitations menées pour des objectifs de recherche sont réalisées en parallèle.

## 4- Thèmes d'évaluation des bâtiments

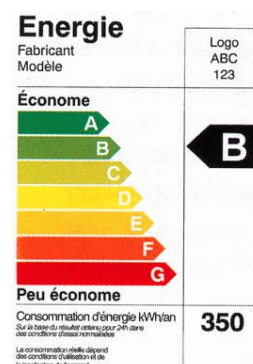
Les indicateurs développés par notre méthode d'évaluation sont pour partie des indicateurs d'émissions à l'environnement, donc des quantités, et d'autres sont des indicateurs qualifiant les conditions de confort, d'usages et de gestion. Ces derniers peuvent expliquer les quantités émises à l'environnement, mais qualifient aussi la qualité de vie dans le bâtiment, et donc l'environnement de confort des occupants.

Pour chaque indicateur, une échelle d'évaluation a été construite. Elles se basent sur les performances d'un parc d'une vingtaine de bâtiments d'enseignement, qui ont permis de construire ces échelles d'évaluation : elles sont basées sur la meilleure performance observée, la plus mauvaise, et la répartition entre les deux. Nous avons, tout comme pour l'efficacité énergétique des appareils ménagers, utilisé une présentation commune à tous les indicateurs, allant de A à G.

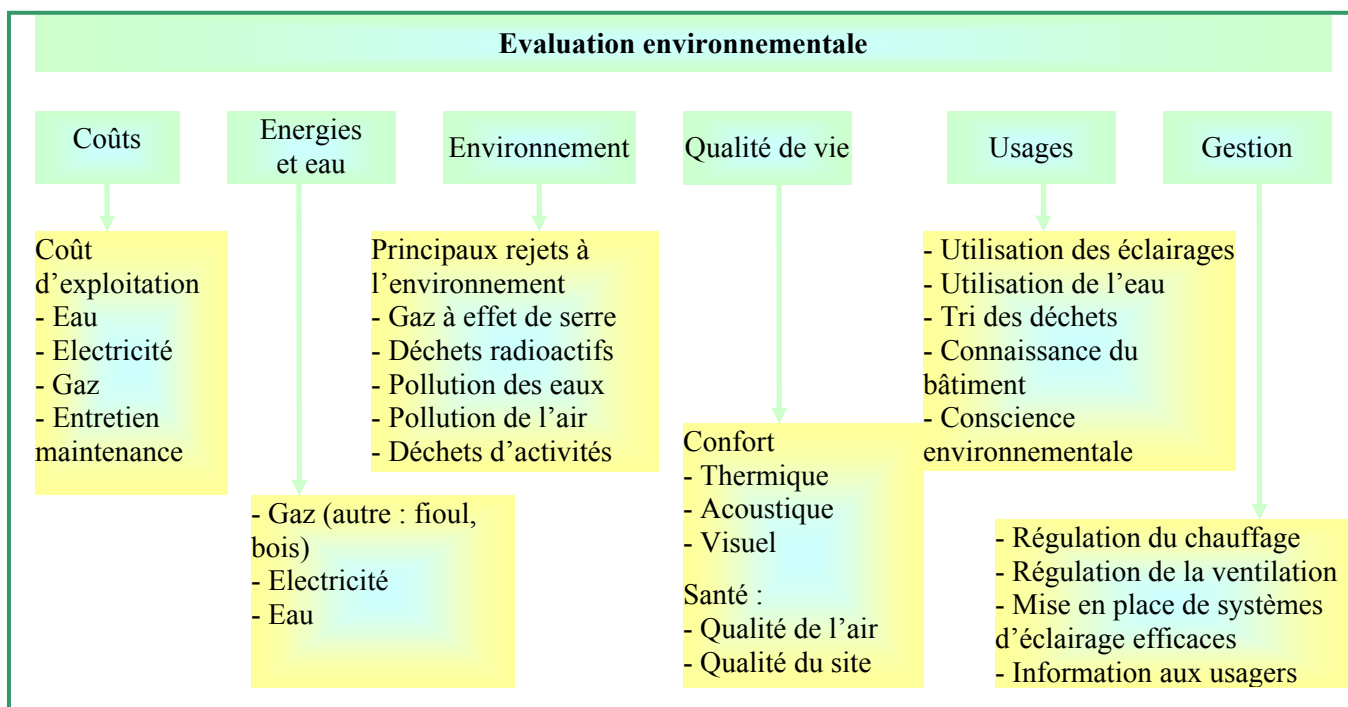
Exemple d'affichage de la performance énergétique



Appareil électroménager



## Synoptique des indicateurs



La méthode présente pour chaque indicateur un **potentiel d'amélioration**, calculé par rapport à la performance du meilleur bâtiment. C'est donc un objectif maximum d'amélioration sans modifier les structures existantes (c'est-à-dire sans rénovation).

Signalons que le potentiel d'économie sur les coûts est exprimé hors coûts de maintenance.

*Remarque : la méthode d'évaluation a été baptisée OPALE, (Optimisation des Performances par Actions de Limitations des Emissions).*

## 5- Résultats particuliers : analyse des taux de composés organiques volatils dans les classes

La qualité de l'air intérieur dépend de la présence en quantité et qualité d'un certain nombre de composés.

### Facteurs et sources influant sur la qualité de l'air

Facteur	Source
Dioxyde de carbone	Respiration humaine, combustion de combustibles fossiles (p. ex. chaudières au gaz et à l'essence, dispositifs de chauffage)
Monoxyde de carbone	Gaz d'échappement des automobiles (garages, quais de chargement, prises d'air), combustion, fumée de tabac
Formaldéhyde	<b>Panneaux de contreplaqué</b> ou de particules non scellés, isolant d'urée-formaldéhyde, <b>tissus, colles, tapis, meubles, papier autocopiant</b>
Particules	<b>Fumées</b> , prises d'air, papier, isolant des conduites, résidus aqueux, tapis, filtres pour ventilation, <b>ménage des locaux</b>
Composés organiques volatils (COV)	Machines à copier ou imprimantes, ordinateurs, tapis, <b>meubles, produits de nettoyage</b> , fumée, peintures, <b>adhésifs</b> , produits de calfeutrage, <b>parfums d'ambiance, solvants</b>
Matière microbienne	Eau stagnante dans le système de ventilation, matières humides et mouillées, humidificateurs

Le CO<sub>2</sub> est un composé facile à mesurer et caractérise en plus l'occupation et le renouvellement de l'air. En revanche, les COV et le formaldéhyde sont présents et dangereux à l'état de trace, c'est-à-dire à très basses concentrations, ce qui requiert un protocole d'échantillonnage et d'analyse sophistiqué.

Ces analyses ont été réalisées sur deux classes.

Elles concluent à des **concentrations basses et inférieures aux recommandations de l'Organisme Mondial de la Santé**, tant pour les COV que pour les aldéhydes. Seules les analyses réalisées après avoir fait le ménage montrent des concentrations délétères pour la santé, à moyen terme. Cependant la ventilation, même naturelle sur l'école Jules Ferry, permet de dissiper ces composés de 17h au lendemain matin.

## 6- Résultats des enquêtes

### Conditions générales de l'enquête

Les enquêtes ont été réalisées sur deux semaines, une en mars et une en juin 2004. Les questionnaires ont été présentés à chaque personne adulte le jeudi de la semaine précédente pour permettre de mieux répondre aux questions, de raccourcir et de faciliter l'entretien la semaine suivante.

L'école Bellegrave comporte 6 institutrices, 6 ATSEM, trois personnes pour l'accueil périscolaire, 3 employées en CDD pour l'entretien du bâtiment, soit 19 adultes.

### 6-1 Enquête auprès des adultes (année 2004)

Le premier constat général sur les **espaces extérieurs** est une relative homogénéité des résultats entre les deux bâtiments, et ce malgré l'aspect neuf et moderne de l'école ayant fait un effort de qualité environnementale, en particulier d'insertion dans le site. Cependant l'école Bellegrave a une meilleure appréciation sur l'organisation des espaces extérieurs, les matériaux et les vues autour du bâtiment.

Un certain nombre de critères d'évaluation apparaissent nettement contrastés : le confort acoustique, le confort visuel, le confort thermique d'été, la qualité de l'air. Ces caractéristiques font toutes partie des points de traitement de l'opération par la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage de l'école Bellegrave.

Les critères d'organisation des espaces et de confort thermique d'hiver ne présentent pas de divergence marquée. L'organisation des espaces est sans doute difficile à appréhender pour les usagers, qui n'ont pas recours à toutes les zones du bâtiment (aires de service, ...) et donc ne sont pas forcément à même de juger correctement ce critère.

En revanche, le confort thermique d'hiver fait partie des exigences prioritaires du programme de l'école Bellegrave. Nous citerons ici l'opinion mitigée des utilisateurs de Bellegrave quand au chauffage par le sol, mal réglé (trop chaud selon les institutrices). Par ailleurs il est apparu un certain nombre de problèmes de réglage du système pendant cette année qui ont pénalisé le confort thermique.

Pour le personnel d'entretien, l'activité est plus intense sur l'école Bellegrave du fait des surfaces importantes ; les locaux techniques y sont en revanche très bien équipés et confortables.

Pour ce qui concerne les usages, le premier constat est la bonne utilisation que l'ensemble des usagers (>75 %) pensent faire de tous les services du bâtiment, (stores et ouvrants exclus).

Le deuxième constat réside dans la faible différence des opinions entre les deux sites, ce qui montre que nous avons affaire à la même catégorie d'usagers en ce qui concerne l'utilisation et la connaissance des systèmes du bâtiment.

L'école Bellegrave montre cependant une homogénéité de pourcentage de réponses positives de bonnes pratiques légèrement supérieures à l'école des années 60 (de 3 à 15 %). Il est trop tôt, et une seule étude ne suffit pas, mais on peut avancer l'hypothèse d'une influence du bâtiment lui-même sur les usages. Les stores et

les brises soleils sont largement plus présents sur l'école récemment construite, et sont à commande électrique, amenant les usagers à s'en servir et à y faire attention.

La conscience des usages des occupants présente une hiérarchie. Dans l'ordre décroissant : les éclairages, les déchets, l'eau, la veille des appareils et enfin l'utilisation des stores et ouvrants.

Une faible partie des usagers, entre 20 et 33 %, a une connaissance minimale des systèmes asservis au bâtiment. Cependant en fonction des postes cette méconnaissance des systèmes est nuancée.

Entre 90 et 100 % des personnes déclarent faire attention à ne pas laisser l'éclairage sous tension inutilement ou à limiter les veilles, et 75 à 90 % des personnes pensent utiliser l'eau ou l'énergie rationnellement.

Deux personnes sur trois seulement disent connaître les systèmes d'économie sur la distribution de l'eau et sont au courant de leur mise en place ou non sur leur site de travail (pour note, seules les chasses d'eau à deux vitesses semblent faire partie du paysage des systèmes connus).

Nous précisons ici qu'aucune sensibilisation ou campagne d'information n'a été réalisée auprès des occupants des deux écoles avant l'enquête.

## 6-2 Enquête auprès des enfants

Le questionnaire a préalablement été validé par le personnel enseignant. Le principe de l'enquête était simple : l'institutrice avait pour charge de poser 21 questions aux enfants et de leur demander de répondre en levant la main pour dire oui ou en s'abstenant pour dire non.

L'enquête a très bien marché d'une façon générale ; toutefois quand l'attention des enfants s'est relâchée, en particulier chez les petites sections, l'institutrice a déroulé l'enquête en deux temps.

Certaines questions ont eu des réponses multiples, ce qui a constitué la seule difficulté du dépouillement.

### Quelques conclusions :

Tout d'abord les enfants semblent malgré leur jeune âge capables de donner une opinion sur les locaux qui les abritent. Nous retrouvons en effet des différences significatives et faisant sens sur des critères simples : la végétation de la parcelle, plus abondante sur JF, est plus réclamée sur Bellegrave ; la place disponible par enfant, beaucoup plus importante sur Bellegrave, est demandée sur JF, tout comme les « petits coins pour être tranquilles » ; la sensation de chaleur et de froid est corrélée avec l'enquête des adultes (exemple sur Bellegrave : 57 et 36 % des adultes associent l'inconfort thermique respectivement au trop chaud et au trop froid, pour 43 et 20 % des enfants).

Prudence cependant : si l'adulte est influencé par ses acquis et sa condition du moment quand il répond à une enquête, cela est encore plus vrai pour l'enfant qui s'attache énormément aux côtés affectifs de sa perception pour donner une réponse. Ainsi même si à la question « aimes-tu ton école » plus d'enfants répondent « oui » sur l'école Bellegrave, la première réponse que l'enfant donne à « qu'est-ce que tu préfères à l'école » c'est « la maîtresse » (ou « les jeux »).

Certains critères semblent indifférenciables chez l'enfant d'une école à l'autre : la lumière, pourtant très différente entre les deux sites, le bruit, également différent, la cantine, la taille de la cour de récréation. En revanche les enfants traduisent bien la différence de qualité entre une école des années 60 et une école ayant fait un effort de qualité environnementale sur les appréciations de place dans la classe, de confort thermique, d'équipements, de confort olfactif, de végétation, et sur l'appréciation générale de l'école.

Nous pouvons ici poser une hypothèse intéressante : peut-on considérer que les réponses dont la différence est faible entre les deux sites (<5% par exemple) sont des critères indépendants de la qualité du site au regard des jeunes usagers ?

Une dernière réflexion sur un critère qui apparaît important dans les résultats d'enquête, chez les enfants comme les adultes : la surface disponible par personne.

Le bâtiment Jules Ferry dispose de **4,3 m<sup>2</sup> par personne**, le bâtiment Bellegrave de **8,1 m<sup>2</sup> par personne** (restaurations non prises en compte, car seule une partie des enfants la fréquentent de 11h30 à 13h). Cette différence et les appréciations des occupants nous amènent à poser ces deux valeurs comme les deux bornes de la surface à prévoir par usager, pour un bâtiment neuf ou pour une restructuration. L'une témoigne d'une densité d'occupation au-delà de laquelle le bon déroulement des activités du bâtiment est compromis. L'autre se traduit par un meilleur confort, mais aussi par des émissions globales à l'échelle du site plus importantes, ce qui va à l'encontre des objectifs de réduction des impacts environnementaux, y compris du mitage du territoire, d'un bâtiment HQE<sup>®</sup>, et ce malgré de bonnes performances mises en évidence par les indicateurs (ratios de surface).

## 7- Conclusion

La ventilation, à savoir le renouvellement d'air au sein des locaux, constitue un point clé de notre évaluation, au sens de plusieurs critères : énergie, qualité de l'air intérieur, santé.

On peut constater que, malheureusement comme dans la majorité des écoles françaises, l'école Jules Ferry est dépourvue d'un système de ventilation mécanique ; un investissement dans un système de renouvellement d'air, idéalement couplé à un capteur de CO<sub>2</sub>, améliorerait la qualité de l'air intérieur, en particulier au niveau du dortoir où les mesures sont réellement mauvaises, et participerait au confort d'été, en minimisant les pertes énergétiques en hiver.

L'école Jules Ferry présente des performances assez basses (classe F), et des coûts élevés (classe G), de par sa conception ancienne mais aussi de par sa petite surface et son occupation importante. Toutefois la méthode d'évaluation montre que le bâtiment et ses usagers peuvent développer de bonnes potentialités d'améliorations, moyennant une formation et une implication quotidienne des usagers, et bien sûr une optimisation des réglages sur le bâtiment.

Le bâtiment Bellegrave montre des consommations (ratios par surface) plutôt réduites (classe B pour l'énergie primaire, classe D pour l'émission de gaz à effet de serre), et ce malgré une surchauffe moyenne du bâtiment de 2°C. Il a le profil type du bâtiment bien conçu, dont les usages et la gestion doivent être améliorés. Les postes principaux d'amélioration sont le chauffage, la ventilation à augmenter, et le réglage des débits et durée des fontaines des enfants sur les sanitaires communs.

D'autres postes sont importants pour améliorer les performances environnementales d'un bâtiment, et sont moins évidents car moins souvent identifiés comme responsables d'impacts environnementaux liés au bâtiment. La production de déchets d'activités, avec en amont la gestion intégrée des achats (consommables, produits d'entretien), dont la qualité, la quantité, les modes d'usages, et le tri, sont environnementalement conséquents.

Le calcul de l'indicateur d'émission de gaz à effet de serre montre que les déchets sont significatifs et contribuent à environ 20 % des émissions.

Pour conclure, la bonne conception d'un bâtiment, si elle est nécessaire, n'est pas suffisante, et il est incontournable de mettre en place un management environnemental à la fois au niveau de la gestion et des usages si on désire optimiser les performances d'un bâtiment.

Cette démarche a débuté sur l'école Bellegrave via un projet pédagogique englobant tout le cycle préscolaire ainsi qu'une campagne d'affichage impliquant enfants et personnels enseignants, soutenue par la Mairie, l'ADEME et la CUB . L'école JF s'est déclarée motivée par le projet mais ne l'a pas encore démarré.