

# COMPTE RENDU

## JOURNÉE TECHNIQUE CONFORT-SANTÉ : ÉCLAIRAGE NATUREL

En partenariat  
avec



Lyon (69)  
14 / 11 / 2013



### SOMMAIRE

INTRODUCTION	p.2
PRÉSENTATION GÉNÉRALE	p.2
Fiche environnement lumineux	p.2
Guide Bio-tech « éclairage naturel »	p.3
Dossier « comparaison des outils de simulation de l'éclairage naturel »	p.3
ENSEIGNEMENTS	p.4
APPROCHE ARCHITECTURALE DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL	p.6
TABLE RONDE ET ÉCHANGES AVEC LA SALLE	p.8

## PROGRAMME :

- 1) Présentation de la fiche « Environnement lumineux » du guide VAD « santé et confort »  
Par **Héloïse Couvert (Etamine)**
- 2) Présentation de l'ICEB et du guide Bio-tech « l'éclairage naturel »  
Par **Emmanuelle Patte (vice-présidente, ICEB) et Yannick Sutter (LUMIBIEN)**
- 3) Groupe de travail VAD « Les outils de simulation d'éclairage naturel : présentation, comparaison et études de cas »  
Par **Ewen Raballand (ingénieur, ETAMINE) et Sébastien Menu (ingénieur, EEGENIE)**
- 4) Approche architecturale de l'éclairage naturel  
Par **Max Rolland (architecte associé, TECTONIQUES)**
- 5) Table ronde en présence des intervenants
- 6) Cocktail de clôture



De g. à d. : Yannick Sutter, Ewen Raballand, Héloïse Couvert, Sébastien Menu et Max Rolland.

## 1) INTRODUCTION

La problématique de l'éclairage naturel est traitée à travers la vision croisée de l'ICEB qui rédige actuellement un guide sur cette thématique (enjeux, éléments de contexte, approche physiologique, solutions et méthodes) et du groupe de travail Outil (guide sur les logiciels de simulation d'éclairage naturel). Elle est complétée par celle du groupe de travail VAD en charge de la rédaction de la fiche « environnement lumineux » du guide VAD « santé et confort » et par le point de vue de l'architecte, Max Rolland, qui aborde, à travers le retour d'expériences de son agence, la traduction de cette notion dans l'écriture architecturale.

Retrouver :

- les supports des intervenants
- le dossier « Analyse comparative des logiciels de simulation de l'éclairage naturel »
- la fiche « environnement lumineux » sur le site internet de VAD : [www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org)
- prochainement le guide Bio-tech « éclairage naturel » sur le site de l'ICEB et de l'ARENE IDF : [www.asso-iceb.org](http://www.asso-iceb.org) [www.areneidf.org](http://www.areneidf.org)

## 2) PRÉSENTATION GÉNÉRALE

### FICHE ENVIRONNEMENT LUMINEUX

Intervention de Soline Collin (VAD) et Héloïse Couvert (ETAMINE)

Dans le cadre du programme Santé-bâtiment mis en œuvre depuis 2012, VAD réalise un guide « santé - confort » à destination de la maîtrise d'œuvre. Ce guide se présentera sous la forme d'un classeur de 9 thèmes (3 à 7 pages par thème) et aura pour objectif de :

- Sensibiliser les MOE à une approche multicritère intégrant la santé et le bien-être
- Apporter des repères, des réponses concrètes et des retours d'expériences sur chacun des thèmes.

Les deux premières fiches seront diffusées fin 2013.

La fiche présente la structure suivante :

- Contexte et enjeux
- Santé et bien-être
- Textes de référence
- Outils
- Indicateurs par usages
- Valeurs repères
- Quelles exigences ?
- Optimiser l'éclairage naturel
- Optimiser l'éclairage artificiel
- Chantier
- Exploitation
- Etudes
- Bibliographie
- Retours d'expérience, témoignages.

## GUIDE BIO-TECH « ÉCLAIRAGE NATUREL »

Intervention de Emmanuelle Patte (vice-présidente, ICEB) et Yannick Sutter (LUMIBIEN)



Emmanuelle Patte.

Depuis 2 ans, l'ICEB a mis en place des groupes de travail pour accompagner la réalisation pour le compte de l'ARENE IDF de guides Bio-tech. Ceux-ci sont téléchargeables sur le site de l'ICEB et de l'ARENE. Il en existe 4 :

- L'énergie grise des matériaux et des ouvrages
- Confort d'été passif
- L'éclairage naturel
- Ventilation naturelle et mécanique

Un des objectifs de ces guides est de traiter de thématiques généralement peu abordées et pour lesquelles il n'y a pas d'intérêt financier.

Les groupes de travail décryptent la communication faite autour des chiffres et des données communément diffusés.

Il s'agit aussi de replacer les logiciels à leur juste place. Que cherche-t-on à prouver ? Quel outil est le plus approprié pour atteindre cet objectif ? Au-delà du chiffre, il faut réaffirmer que les outils doivent être uniquement au service de l'homme et de l'architecture.

D'une manière générale, il est important pour l'ICEB de se poser les questions même si on n'a pas les réponses.

Avec le thème de l'éclairage naturel, l'intelligence est mise en avant par rapport à la technologie.

En 2008, un ICEB café avait déjà abordé cette thématique en se focalisant sur le calcul du FLJ.

Le guide Bio-tech « éclairage naturel » a pour objectif de comprendre et maîtriser les enjeux de l'éclairage naturel afin de concevoir des bâtiments confortables et

performants à l'heure des bâtiments passifs, voire à énergie positive.

Il comporte 8 chapitres :

- Enjeux et contexte
- Evolution de la prise en compte de la lumière naturelle dans l'architecture
- Rappel des notions de base d'éclairagisme
- Paramètres de caractérisation des ambiances lumineuses
- Méthode de prédétermination de l'éclairage naturel
- Recommandations, réglementation et certifications environnementales
- Solutions pour une bonne conception de l'éclairage naturel
- Exemples d'application.

Retrouver les vidéos, comptes-rendus et/ou supports des intervenants des ICEB café sur le site internet de l'ICEB.

## DOSSIER « COMPARAISON DES OUTILS DE SIMULATION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL »

Intervention de Ewen Raballand (ingénieur, ETAMINE) et Sébastien Menu (ingénieur, EGENIE)

Le groupe de travail « Outil » de VAD a pour objectif d'apporter un éclairage méthodologique à l'utilisation des outils de simulation environnementale des bâtiments et de réaliser des études comparatives de logiciels. En 2013, il a réalisé le dossier « comparaison des outils de simulation de l'éclairage naturel ». Le sommaire est le suivant :

- Introduction (enjeu, place des outils dans les projets de QE)
- Définition (FLJ, autonomie, ciel couvert et éclairement, facteur de réflexion lumineuse, méthode de calcul d'éclairement)
- Présentation des différents outils de simulation de l'éclairage naturel (outils comparés : DIALux, Relux, DIAL+, RadianceIES et DesignBuilder)
- Retour d'expérience de simulation d'éclairage naturel dans un projet de groupe scolaire
- Conclusion
- Annexes



### 3) ENSEIGNEMENTS

Les enseignements suivants sont tirés de l'ensemble des présentations.

#### ENJEUX

Au-delà de l'impact sur les consommations, l'éclairage naturel a un impact sur la **santé et le bien-être**. En effet, la lumière est vitale et répond à des besoins physiques et psychologiques. Elle intervient dans la synthèse de la vitamine D et permet d'avoir une relation avec l'extérieur.

Elle intègre les notions suivantes :

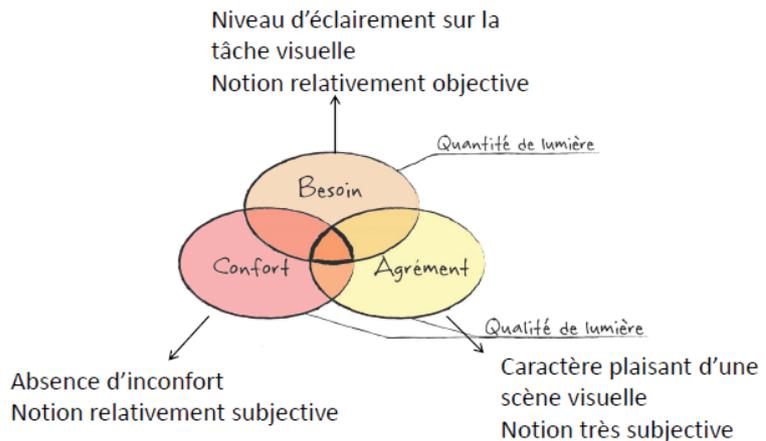
- Vision
- Régulation des rythmes biologiques
- Capacités psychomotrices
- Relation avec l'environnement extérieur
- Synthèse de la vitamine D
- Confort : contraste et éblouissement.

#### VALEURS REPÈRES

- Eclairage naturel direct du soleil : 50 000 à 100 000 lux
- Eclairage naturel par ciel couvert : 10 000 à 25 000 lux (temps moyen)
- Eclairage artificiel dans la rue : 2 à 20 lux
- En règle générale : un masque de 30° réduit de 30 % le niveau d'éclairage moyen dans le local
- A surface égale, les ouvertures zénithales fournissent 2 à 3 fois plus de lumière que les ouvertures en façade
- Un vitrage sale peut réduire la quantité de lumière naturelle de 30 %
- La lumière artificielle est jusqu'à 500 fois moins intense que la lumière naturelle.



Ecole à Rilleux-la-Pape (source : Tectoniques)



Ambiance lumineuse : une combinaison de 3 paramètres (source : ICEB)

#### LUMIÈRE NATURELLE ET ARCHITECTURE

Dans l'antiquité, l'apport en lumière naturelle se faisait par des percements d'où des intérieurs plutôt sombres. Le Moyen-Age voit l'arrivée du vitrail. Aujourd'hui, cette technique est toujours utilisée pour faire des motifs. Au siècle des Lumières apparaissent les premiers vitrages transparents et les miroirs de grandes dimensions.

Le 20<sup>ème</sup> siècle et la période moderne se caractérisent par de la lumière naturelle en continu. Au 21<sup>ème</sup> siècle, l'architecture contemporaine met l'ingénierie au service de l'architecture.

#### NOTIONS DE BASE

Pour l'ICEB, les ambiances lumineuses sont une combinaison de l'ensemble des paramètres qui caractérisent un environnement lumineux :

- **Besoin** (ou quantité de lumière) : niveau d'éclairage sur la tâche visuelle, notion objective pour laquelle il existe des normes.
- **Confort** (ou absence d'inconfort) : notion subjective mais pour laquelle des indicateurs sont développés depuis 50 ans (indicateurs d'éblouissement...)
- **Agrément** (ou qualité de lumière) : notion extrêmement subjective, traduisant le caractère plaisant d'une scène visuelle... Celle-ci explique par exemple qu'en éclairage naturel, la tolérance à l'éblouissement soit plus grande qu'en éclairage artificiel. Ce paramètre est très subtil et souvent oublié. On essaie de développer des outils permettant de caractériser cette ambiance.

#### PREDETERMINATION DE L'ECLAIRAGE NATUREL

Cela peut se faire par :

- **La mesure** : des homothéties sont possibles via la création d'une maquette ou d'un modèle réduit, des mesures sous ciel artificiel ou des mesures sous ciel réel
- **Des méthodes de calcul simplifiées** : FLJ moyen, indices de vitrage et de profondeur, échelle de clarté
- **Des méthodes de calcul avancées** : répartition des FLJ ponctuels (méthode universelle, mieux connue), autonomie lumineuse en éclairage naturel (à savoir la capacité d'un local à être autonome, cette notion prenant un peu le dessus par rapport au FLJ).

L'ICEB conseille de bien s'assurer que le logiciel de simulation d'éclairage naturel intègre un des algorithmes de calcul suivants : radiosité, lancer de rayons ou photo-mapping.

#### RECOMMANDATIONS, RÉGLEMENTATIONS & CERTIFICATIONS ENVIRONNEMENTALES

Il n'y a pas d'obligations réglementaires quantifiées relatives à l'éclairage naturel. Il existe une grande diversité d'indicateurs et de seuils pour évaluer la qualité de l'éclairage naturel dans les référentiels de certifications environnementales.

La réponse architecturale diffère selon les niveaux de performance visés et les certifications environnementales appliquées au projet.

*Exemple : le référentiel HQE fixe des exigences différentes pour le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> rang, alors que le référentiel BREEAM, plus strict, intègre la notion de FLJ moyen et d'uniformité dans toute la pièce.*

## CONCEPTION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL

Elle passe par une définition du cahier des charges qui implique :

- **Une analyse des contraintes :**
  - Besoins en fonction de la typologie de bâtiment et l'utilisation
  - Environnement extérieur : obstructions
  - Exigences des réglementations et certifications environnementales.
- **Une identification des paramètres d'action (solutions architecturales et techniques) :**
  - Positionnement des locaux en fonction de leur usage : optimisation de l'orientation
  - Volume du bâtiment et façades (profondeur, HSP, taille des baies)
  - Géométrie de la pièce en lien avec les activités
  - Ouvertures : forme et position influençant directement la distribution de la lumière dans l'espace
  - Menuiseries : réduction de l'emprise / adapter les proportions du cadre
  - Vitrages : choix du facteur de transmission lumineuse le plus élevé possible (> 70 %)
  - Protections solaires : régulation de l'apport de lumière, limitation des risques de surchauffe, maîtrise de l'ensoleillement direct...
  - Aménagement intérieur : réflexion sur un cloisonnement optimal / bureaux individuels ou paysagers, coloris clairs à privilégier tout en faisant attention aux contrastes et à l'éblouissement.

Le guide réalisé par l'ICEB énumère les avantages, inconvénients des dispositifs d'éclairage naturel ainsi que leurs modalités de mise en œuvre (conduits solaires, stores à projection, lanterneaux, shed, végétation...).

## LOGICIELS DE SIMULATION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL

L'utilisation d'outils de simulation de l'éclairage naturel n'est pas systématique mais rentre dans le cadre de projets présentant des usages sensibles vis-à-vis de la gestion de l'éclairage naturel, une géométrie particulière (ex : amphithéâtre) ou encore dans le cadre d'une certification. L'étude comparative des logiciels réalisée par le GT Outil de VAD a mis en avant que :

- Ces logiciels sont multiples et n'ont pas tous les mêmes potentialités et la même ergonomie
- Les FLJ moyens obtenus avec ces différents logiciels sont cohérents entre eux, mais la distribution de l'éclai-



rage dans la pièce est très variable d'un logiciel à l'autre.

Ces logiciels ne sont à considérer que dans une **approche comparative** (étude de variantes). La conception des ambiances lumineuses ne doit pas se réduire à l'utilisation de logiciels, elle nécessite également une **analyse qualitative**.

La spécialisation du bureau d'études réalisant les calculs est primordiale et une vraie **expertise** du logiciel est requise.

## OPTIMISER L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

Pour cela, il faut prendre en compte :

- **L'adaptation de l'éclairage à l'usage prévu.** A ce titre, la combinaison d'éclairages est à privilégier.
- **Le confort**
  - Éviter une luminance trop forte
  - Limiter la vision directe du faisceau émis
  - Ballasts électroniques haute fréquence (20 à 60 kHz) pour les lampes à décharge
  - Possibilité de reprendre la main sur les systèmes
- **Les jeux de lumière**
  - Rendu correct des couleurs
  - Lumière « chaude et froide » : température de couleur et éclairement.

## CHANTIER

Attention, tout ne s'arrête pas à la conception et il faut être vigilant en chantier :

- **Au suivi des préconisations des matériaux :** vérification des spécifications techniques : vitrages, luminaires...

- **A la vérification de la mise en œuvre des matériaux par les entreprises :** puissance des tubes et sources lumineuses, répartition des luminaires, contrôle des vitrages...
- **Au réglage des appareils d'éclairage.**

## ADAPTER LA CONCEPTION AUX BESOINS DES USAGERS

L'impact des usagers est très important. L'acceptation de ces systèmes passe par une conception adaptée aux usagers et par l'information des usagers.

Une conception adaptée aux besoins des usagers passe par :

- L'apport de lumière naturelle dans toutes les pièces
- Une vue directe à l'horizontale sur l'extérieur pour les espaces à occupation permanente
- Un niveau d'éclairement adapté aux activités et en compromis avec la performance énergétique
- L'adaptation/modulation possible de l'apport de lumière naturelle ou artificielle par l'utilisateur
- L'accessibilité des sources (maintenance et nettoyage)
- L'uniformité sur la tâche ou zone de travail (0,6 à 0,7)
- Un choix approprié des coefficients de réflexion des surfaces.

## EXPLOITATION

Pour garantir la pérennité des dispositifs mis en œuvre, une attention particulière doit être portée sur :

- L'entretien des vitrages
- Le nettoyage (grilles de protection éclairages artificiels...)
- L'accompagnement des usagers (emploi des protections solaires...)
- L'usage du bâtiment, par exemple, ne pas surcharger les murs (diminution de la réverbération).

## RÉGULATION

En éclairage artificiel comme naturel, la commande peut être manuelle, déportée avec télécommande ou automatisée (GTB et capteurs).

- Eclairage naturel : pilotage des stores
- Eclairage électrique : contrôle de l'éclairage artificiel.

## 4) APPROCHE ARCHITECTURALE DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL

### Intervention de Max Rolland (TECTONIKES)

Depuis de nombreuses années, l'agence Tectoniques s'est spécialisée dans la filière sèche, avec plusieurs sujets au cœur de ses préoccupations : la MDE, l'acoustique, la thermique d'été et la lumière naturelle.

Un zoom est réalisé ici sur les bâtiments de grande dimension et donc pour lesquels il est plus difficile de faire pénétrer la lumière.



### ECOLE MATERNELLE À NÎMES

Dans le Sud de la France, la relation avec la lumière naturelle est particulière car celle-ci est synonyme de grandes fenêtres et donc de risque d'inconfort thermique.

Le travail de concepteur est donc de gérer en permanence ce genre de paradoxe.

Il s'agit ici d'avoir un bâtiment très ouvert et d'y associer des dispositifs de protections permettant de réguler les apports solaires :

- Protection solaire extérieure (BSO)
- Brise soleil fixe extérieur de dimension importante pour protéger les façades en été
- Platane extérieur.

En couplage, un système de façades actives permet de réaliser de la ventilation nocturne.

L'arrière de la classe est équipé d'un dispositif de rétro-éclairage par des sheds orientés au nord qui apportent de l'éclairage en fond de classe et dans les couloirs par 2<sup>nd</sup> jour.

Ces dispositifs permettent de donner une transparence générale à la classe.

Cela est associé à un travail d'éclairage artificiel en biodynamie, à savoir que la couleur des murs évolue en fonction de la journée (couleur froide le matin, couleur chaude le soir), avec également une gradation de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairage naturel.

A noter que sur cette école, il a fallu plusieurs mois pour régler correctement les équipements d'éclairage artificiel.



Ecole maternelle à Nîmes : façades très ouvertes en association avec des dispositifs de protections solaires. En fond de classe : sheds permettant un rétro-éclairage (source : Tectoniques).

## ÉCOLE À RILLEUX-LA-PAPE

Cette école livrée en 2012 est réalisée en panneaux de bois massif de marque KLH (plancher, mur, plafond). De nombreuses ouvertures sur les façades principales (baies de 2,6 m de hauteur) sont associées à un rétro-éclairage à l'arrière de la pièce (shed).

Les circulations sont surdimensionnées pour amener de la lumière loin dans les locaux. Les puits de lumière traversent le bâtiment et éclairent le 1<sup>er</sup> étage et le RDC.



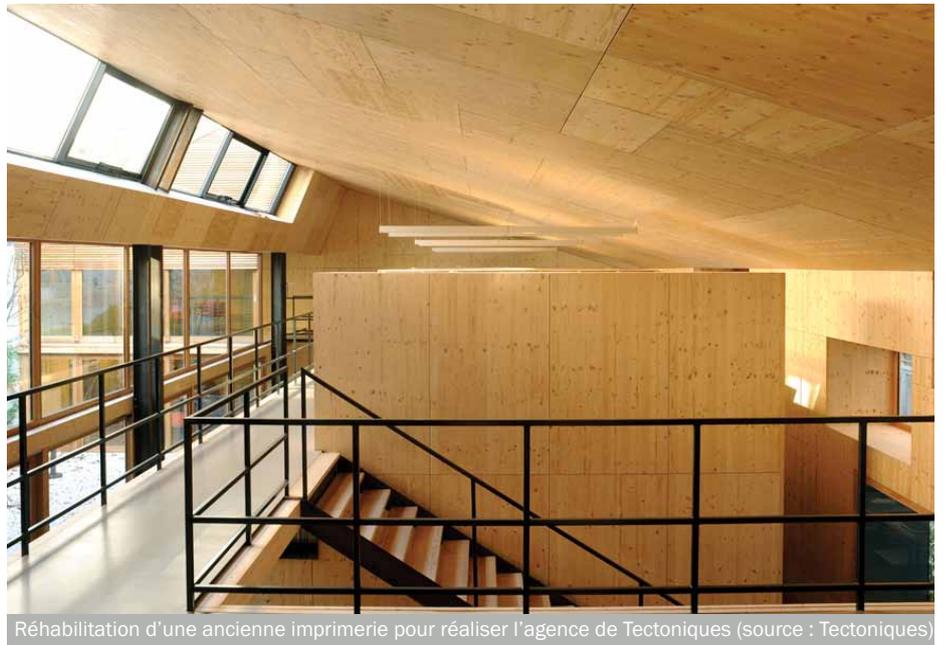
Ecole à Rilleux-la-Pape (source : Tectoniques) : grandes ouvertures sur la façade principale, brise-soleil fixe extérieur, larges circulations avec puits de lumière.

*« Pour l'ensemble des projets présentés, on peut remarquer que l'architecture est très marquée par ces dispositifs d'éclairage naturel ».*

**M. Rolland - TECTONIQUES**

## RÉHABILITATION D'UNE ANCIENNE IMPRIMERIE POUR RÉALISER L'AGENCE DE TECTONIQUES

Le local est éclairé sur toutes ses façades. L'éclairage au Nord est recherché. L'éclairage artificiel est gradable et couplé à l'éclairage naturel. La difficulté qui apparaît sur ce projet est la grande disparité en terme d'apport en éclairage naturel dans les locaux et donc de besoin en éclairage artificiel d'un mètre à l'autre (et donc d'un poste de travail à un autre).



Réhabilitation d'une ancienne imprimerie pour réaliser l'agence de Tectoniques (source : Tectoniques)

## LABORATOIRES DE L'INRA À NANCY

L'architecte a souhaité éclairer naturellement tous les locaux même les laboratoires et les sanitaires. Une mantille en bois entourant le bâtiment se détend en allant vers le sud et se densifie vers l'ouest.

Un patio central associé à une mantille gonflable extérieure en TPE de plus de 3 m (nappe surventilée en été) permet l'éclairage zénithal tout en se protégeant des surchauffes estivales.



Laboratoires de l'INRA à Nancy (source : Tectoniques)

*« La corrélation entre éclairage naturel et éclairage artificiel gradable en fonction de l'éclairage naturel est fondamentale pour faire un maximum d'économie d'énergie »  
M. Rolland - TECTONIQUES*

## 4) TABLE RONDE ET ÉCHANGES AVEC LA SALLE

### Eclairage naturel, une question culturelle

**Participant** - Il faut rappeler que la question de la lumière naturelle est très culturelle. La perception n'est pas la même dans les pays nordiques et dans les pays du Magreb.

**ICEB** - Le calcul de FLJ ne dépend pas du positionnement du projet au niveau planétaire ni de son orientation, ce qui pose question. Néanmoins, cet indicateur est utilisé depuis très longtemps et il a le mérite d'être simple.

**GT Outil** - Le FLJ permet de représenter « le pire des cas ».

**ICEB** - Cela prouve qu'il est très important que le concepteur sache à quoi sert l'outil qu'il utilise. La démocratisation des outils est une bonne chose mais ils peuvent être manipulés par des gens qui ne savent pas ce qu'il y a derrière chaque terme.

### Possibilité de se passer d'éclairage artificiel

**Participant (B. Paule - développeur de DIAL)** - Je pense que l'on peut affirmer

qu'à certains moments de la journée, on peut se passer totalement d'une installation d'éclairage artificiel (dans la journée, on doit pouvoir éteindre la lumière artificielle dans au moins 50% du temps). Les projets présentés par Tectoniques intègrent beaucoup de bois, matériau qui absorbe la lumière. Même si les locaux semblent clairs, des mesures mettraient en avant que cela n'est pas forcément le cas.

### BSO et automatisation

**Participant** - En complément d'une solution fixe, il faut toujours associer une solution mobile.

Certains participants constatent qu'en général, les utilisateurs ne savent pas utiliser les BSO (d'autant plus dans le scolaire) et que si ceux-ci ne sont pas automatisés, ils ne fonctionnent pas correctement.

A la décharge des usagers, il peut arriver également que ceux-ci ferment les stores, mais ne pensent pas ensuite à les ré-ou-

vrir car ils ne voient pas que la luminosité extérieure a changé (à savoir qu'il fait plus clair).

Une des problématiques est que l'on est de plus en plus « décorrélés » de l'extérieur (habit, confort) et que le fait de fermer les volets le soir, pour s'assurer d'un niveau de confort satisfaisant le lendemain matin, n'est pas forcément rentré dans les pratiques, d'où l'importance de la sensibilisation des usagers.

Pour B. Paule, l'éducation est certes importante mais l'automatisation des stores est le minimum de ce que l'on doit faire, même si cela doit se résumer à 3 mouvements par jours (matin, midi et soir). Même si la motorisation a un coût, elle peut parfois permettre de se passer d'une installation de climatisation.