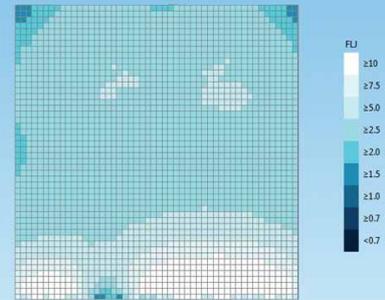


« Partager ce que l'on sait  
et apprendre du savoir des autres »



## DOSSIER



# Comparaison des outils de simulation de l'éclairage naturel

Dossier du groupe de travail « outil » de VAD

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Illustrations :

Page de garde (photo de gauche) : école François Mitterrand (Ville de Montpellier), p. 3 : Cité de l'Environnement (For Home, Atelier Thierry Roche et Associés).

## SOMMAIRE

1) ÉLÉMENTS DE CONTEXTE	03
2) DÉFINITIONS	05
3) PRÉSENTATION DES OUTILS DE SIMULATION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL	08
3.1) Présentation générale	
3.2) Analyse comparative des logiciels	
4) RETOUR D'EXPÉRIENCE DE SIMULATION D'ÉCLAIRAGE NATUREL	15
5) CONCLUSION	18
6) ANNEXES	18

## REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement l'ensemble des participants au groupe de travail « outil » pour leur contribution à ce dossier et pour leur implication à l'ensemble des travaux menés tout au long de l'année.

### Membres :

- Pauline GELIN - KATENE
- Franck JANIN - HELIASOL
- Sébastien MENU - EEGENIE
- Ewen RABALLAND - ETAMINE
- Mylène LE GAC - HOLIS CONCEPT
- David SOUCHAUD - CAP TERRE

**Retrouvez à tout moment l'ensemble des informations des groupes de travail sur le portail de VAD.**

**Des rubriques dédiées, l'ensemble des productions, les actualités, les compte-rendus des ateliers, des ressources bibliographiques...**

The screenshot shows the VAD website interface. At the top, there is a navigation menu with items: Accueil, Présentation, Offres Rhône-Alpes, Manifestations VAD, Recrutement d'opérateurs, Groupes de travail (highlighted), Rapports d'atelier, Dossier technique / actualités, Forum et synergie. The main content area is titled 'GROUPE DE TRAVAIL' and contains the text: 'Ville et Aménagement Durable mobilise ses adhérents dans le cadre de groupes de travail thématiques. N'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez avoir plus d'informations sur ces groupes, ou si vous souhaitez connaître les conditions de participation.' Below this text is a list of thematic work groups, each with a plus sign to its right: Groupe de travail Référentiel, Groupe de travail Evaluation, Groupe de travail Aménagement, Groupe de travail Réhabilitation, Groupe de travail Outil, Groupe de travail Enveloppe, Groupe ressources Santé Bâtiment, Groupe de travail Energie Grise, Groupe de travail Formation, and Groupe de travail RT 2012.

Retrouver l'ensemble des dossiers réalisés par VAD sur notre site internet : [www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org) et sur l'enviroBOITE : [www.enviroboite.net](http://www.enviroboite.net)

## 1) ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Dans le cadre de son groupe de travail « outil », VAD s'est intéressé à l'approche méthodologique de l'utilisation des outils de simulation environnementale des bâtiments puis a réalisé un travail comparatif de différents outils de simulation thermique dynamique. Le groupe s'intéresse aujourd'hui à l'éclairage naturel.

### LA LUMIÈRE NATURELLE, DE MULTIPLES BÉNÉFICES

La lumière est une composante essentielle de notre vie quotidienne. Evidemment nécessaire pour pratiquer toute activité impliquant notre sens visuel, la lumière a également une incidence psychologique et physiologique importante sur les êtres humains.

Les bénéfices de la lumière naturelle sur la santé sont très nombreux :

- Sur le plan purement visuel, la lumière naturelle apporte un confort indéniable, car elle est de bien meilleure qualité que n'importe quelle source de lumière artificielle. Elle a notamment la propriété de ne pas modifier la perception des couleurs.
- Sur le plan physiologique, l'alternance quotidienne de la lumière diurne et de l'obscurité nocturne est le meilleur régulateur de fonctions essentielles telles que le sommeil, la production d'hormone ou encore la température corporelle.
- Enfin, l'accès à la lumière naturelle a également un effet psychologique bénéfique indéniable, il agit sur la vigilance et les performances des individus.

Dans le monde du travail, certaines études ont par ailleurs montré que la productivité était nettement améliorée en augmentant l'accès à la lumière naturelle.

### ACCÈS À LA LUMIÈRE NATURELLE VERSUS RÉDUCTION DES BESOINS DE CHAUFFAGE ET DE RAFRAÎCHISSEMENT

Depuis le durcissement des réglementations thermiques, la surface des baies a souvent tendance à être réduite dans un but de diminution des besoins de chauffage et de maîtrise du confort d'été. Mais il ne faut pas oublier que le bon éclairage naturel



*Aller plus loin sur la thématique santé-bâtiment via un onglet spécifique dédié à ce sujet sur le portail de VAD.*

d'un bâtiment permet d'importantes baisses des consommations d'éclairage, souvent supérieures aux surconsommations induites par l'introduction de baies supplémentaires, en particulier en tertiaire. La quantité et le positionnement des ouvertures dans un bâtiment associées à des protections solaires est donc le fruit d'un compromis entre confort visuel, réduction des consommations d'éclairage, réduction

des consommations de chauffage, et bien sûr les coûts.

**C'est dans ce contexte que les outils de modélisation de l'éclairage naturel permettent au concepteur de simuler son bâtiment et d'effectuer des variantes pour identifier le meilleur projet possible compte tenu des objectifs du programme.**

## 1. ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

### PLACE DES OUTILS DE SIMULATION DANS LES PROJETS DE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE

Ils sont une aide au dessin de la géométrie des pièces (trame...), au dimensionnement des surfaces vitrées, au choix de dispositifs de protections solaires et de revêtements intérieurs proposés par l'architecte et sont couplés (parfois par le biais du même outil) avec la STD pour prendre en compte l'apport d'éclairage naturel dans les consommations et pour l'évaluation du confort d'été.

Leur utilisation n'est pas généralisée à l'ensemble des projets mais ces outils se révèlent pertinents :

- pour des bâtiments à usage sensible vis-à-vis de la gestion de l'éclairage naturel (ex : piscine, gymnase...) ou présentant une géométrie particulière (ex : amphithéâtre)
- à des fins pédagogiques auprès du maître d'ouvrage pour justifier certains dispositifs (ex : seconds jours, puits de lumière, etc.)
- pour permettre une aide à la conception pour l'aménagement de certains types de locaux tels que les bureaux, les bibliothèques, les classes...
- pour les projets certifiés (référentiels exigeant la réalisation de calculs d'éclairage naturel).

### APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Le tableau ci-dessous précise le moment propice à la réalisation des études de simulation d'éclairage naturel et le temps à y passer.

- ! Le temps à passer sur chaque étude peut être très variable puisque fonction des caractéristiques du projet. Ainsi, les valeurs présentées dans le tableau sont indicatives. Par ailleurs, elles n'incluent pas le temps de récolte des données qui peut être conséquent.

<b>Phase esquisse</b>	Comparaison rapide de variantes basées sur des scénarii de projets	Précalcul sur quelques locaux représentatifs (min. 0,5 j)
<b>Phase APS</b>	Optimisation de la conception	Calcul plus approfondi sur quelques locaux représentatifs (env. 2 à 3 j) et impact sur la performance du bâti et la consommation énergétique
<b>Phase APD</b>	Suite de l'optimisation de la conception	Mise à jour des calculs pour prendre en compte des variantes permettant l'amélioration du FLJ ou selon décisions sur les solutions de gestion, de protection solaire, de couleur de paroi... (env. 1 à 2 j.)

Extrait du dossier du groupe de travail « outil » : « Utilisation des outils de simulation dans le cadre d'une conception environnementale des bâtiments » - 2012

### PARAMÈTRES DE CONCEPTION IMPACTANT LES RÉSULTATS D'ÉCLAIRAGE NATUREL

Masques	Typologie de vitrage (dimension, ratio de clair, facteur de transmission lumineuse) et son positionnement
Géométrie de la pièce (largeur de la trame...)	Facteurs de réflexions des revêtements (ex : couleurs claires plus favorables que des couleurs foncées)

### COMPARAISON DES OUTILS DE SIMULATION

Par habitude, un bureau d'études en charge du volet « qualité environnementale » travaille avec un voire deux logiciels de simulation d'éclairage naturel (suivant la géométrie – simple ou complexe – du bâtiment). L'objectif du travail mené par le groupe de travail « outil » de VAD, regroupant plusieurs bureaux d'études de la région, est de confronter les différentes façons de faire, d'apporter un éclairage méthodologique à l'utilisation de ces outils et de réaliser des études comparatives de logiciels. Par le biais d'un atelier organisé le 25 juin 2013 à Lyon, les professionnels de la région ont également été invités à réagir aux travaux du groupe sur le sujet de l'éclairage naturel.

Les sujets suivants seront ainsi traités dans ce dossier :

- Définitions des notions essentielles intervenant dans les logiciels de simulation d'éclairage naturel (autonomie, FLJ ...)
- Présentation des principaux outils de simulation d'éclairage naturel : DIALux, Relux, DIAL+, RadianceIES et DesignBuilder
- Retour d'expérience de simulation d'éclairage naturel dans un projet de groupe scolaire
- Base de données et outils.

- ! Mise en garde : Les éléments présentés ci-après ne reflètent que l'avis des professionnels ayant réalisé ce dossier, basé sur leurs pratiques, à un moment donné (les logiciels ayant pu évoluer depuis). Ils n'ont pas vocation à préciser de manière exhaustive l'ensemble des fonctionnalités de ces logiciels. Pour de plus amples informations concernant les logiciels, nous vous conseillons de vous adresser directement à leurs développeurs.

## 2) DÉFINITION

Les logiciels de simulation de l'éclairage naturel font intervenir certaines notions qu'il est important d'explicitier en amont : facteur de lumière de jour, ciel couvert CIE, facteur de réflexion lumineuse, autonomie, éclairement. En revanche les notions physiques telles que l'intensité lumineuse, l'ensoleillement ne seront pas abordées.

### FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR

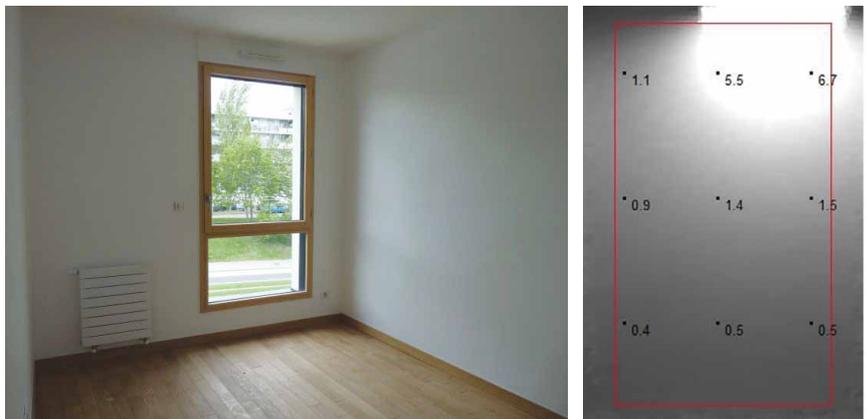
Le premier paramètre calculé par les logiciels de simulation est le facteur de lumière du jour. Il s'agit du rapport entre l'éclairement naturel intérieur reçu en un point et l'éclairement extérieur sur une surface horizontale en site dégagé et par **ciel couvert**.

$$FLJ = \frac{E_{\text{intérieur}}}{E_{\text{extérieur}}} \times 100 \text{ en \%}$$

Plus le FLJ est grand, plus l'apport en lumière naturelle est important.

### ORDRE DE GRANDEUR DE FLJ

Afin de disposer d'un ordre de grandeur de FLJ, les valeurs obtenues avec le logiciel IES VE sur la chambre de l'appartement de Vénessieux (voir p. 11) sont présentées ci-contre, en parallèle de la photo de cette même chambre.



### CIEL COUVERT CIE ET ÉCLAIREMENT

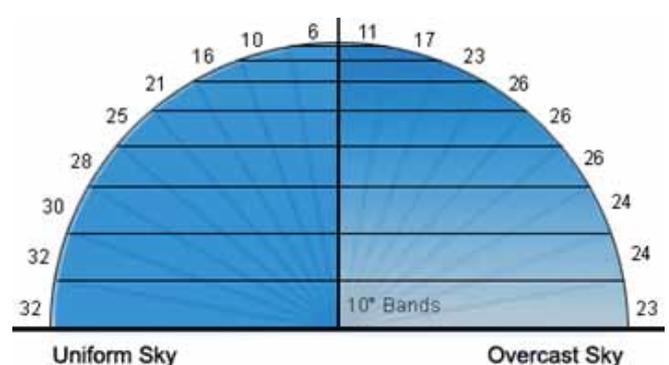
Ce type de ciel est utilisé pour les calculs de FLJ et est un ciel couvert normalisé : « CIE overcast », établi par la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). La position du soleil n'est pas apparente, l'orientation Nord, Sud, Est, Ouest n'a pas d'impact. Néanmoins, l'éclairement au zénith est plus important qu'à l'horizontal.

L'éclairement en un point varie en fonction de sa position sur la voûte céleste, suivant la loi :

$$L = \frac{L_z \times 1 + 2 \times \sin(\theta)}{3} \text{ en lux}$$

Avec :

- $L_z$  l'éclairement au zénith, qui dépend de la latitude et qui vaut environ 10 000 lux ;
- $\theta$  angle entre le sol et le point considéré de la voûte.



Comparaison d'un ciel uniforme et du ciel « overcast »  
(source : [http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Sky\\_Illuminance](http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Sky_Illuminance))

## 2. DÉFINITION

Il existe d'autres types de ciel : ciel clair sans soleil, ciel clair avec soleil (cf. définition « autonomie »).

### ORDRE DE GRANDEUR D'ÉCLAIREMENT

En éclairage naturel :

- éclairage direct au soleil : 50 000 - 100 000 lux
- ciel couvert : 10 000 - 25 000 lux.

En éclairage artificiel :

- bureau - salle de cours : 300-500 lux
- rue piétonne : 2-20 lux.

### FACTEUR DE RÉFLEXION LUMINEUSE

Le facteur de réflexion lumineuse ( $\rho$  ou LRV) permet de caractériser la quantité de lumière réfléchi par un matériau sur l'ensemble du spectre du visible. Il dépend de la couleur ainsi que de l'aspect du matériau (lisse ou rugueux).



Ci-dessous une liste de valeurs typiques :

Peintures	
blanc	0,70 à 0,80
jaune	0,50 à 0,70
vert	0,30 à 0,60
gris	0,35 à 0,60
brun	0,25 à 0,50
bleu	0,20 à 0,50
rouge	0,20 à 0,35
noir	0,04
Bois	
bouleau clair, érable	0,55 à 0,65
chêne vernis clair	0,40 à 0,50
chêne vernis foncé	0,15 à 0,40
acajou, noyer	0,15 à 0,40
Papiers peints	
très clairs (blanc, crème)	0,65 à 0,75
clairs (gris, jaune, bleu)	0,45 à 0,60
foncés (noir, bleu, gris, vert, rouge)	0,05 à 0,36

Autres matériaux de construction	
plâtre blanc	0,7 à 0,80
marbre blanc propre	0,80 à 0,85
brique blanche propre	0,62
brique rouge	0,10 à 0,20
brique rouge usagée	0,05 à 0,15
aluminium poli	0,65 à 0,75
aluminium mat	0,55 à 0,60
émail blanc	0,65 à 0,75
Vitrages	0,08 à 0,40
crépis blanc neuf	0,70 à 0,80
crépis blanc usagé	0,30 à 0,60
béton neuf	0,40 à 0,50
béton ancien	0,05 à 0,15



Attention : ne pas confondre le coefficient de réflexion avec la clarté ( $L^*$ ) d'un matériau, valeur souvent donnée par les fabricants et généralement plus favorable que le coefficient de réflexion.

Facteur de réflexion lumineuse (source : énergie +, Architecture et Climat, Université catholique de Louvain)



# 3) PRÉSENTATION DES OUTILS DE SIMULATION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL

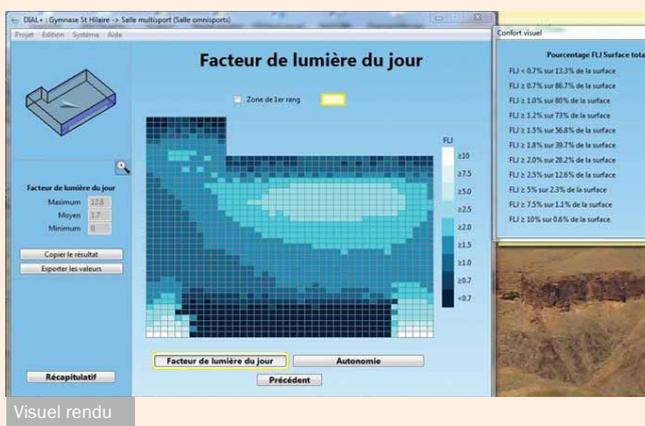
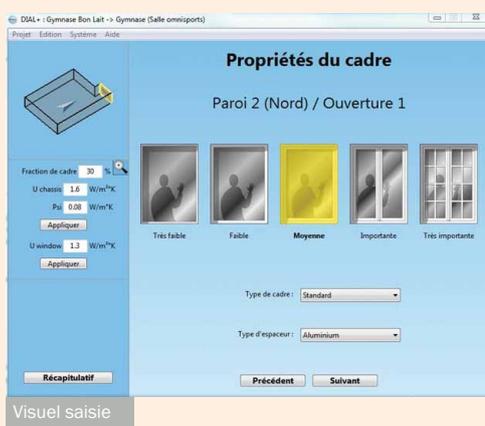
Ci dessous sont présentés les principaux logiciels de simulation de l'éclairage naturel. Ceux-ci sont ensuite comparés dans leurs usages, leurs fonctionnalités et dans les résultats obtenus suite à des simulations sur une même étude de cas.

## 3.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

### DIAL+

Outil développé dès l'origine pour des simulations d'éclairage naturel. Valeurs calculées avec les dernières versions du logiciel (à partir de 1.8) se rapprochant des autres logiciels et possibilités de modélisation étendues. Logiciel ayant évolué dans ces dernières versions et permettant des simulations d'éclairage artificiel (approximatives) et des calculs thermiques dynamiques et de ventilation naturelle.

- >> DÉVELOPPEUR ESTIA SA (SUISSE)
- >> MOTEUR DE CALCUL Radiance
- >> TARIF 1 250 € TTC

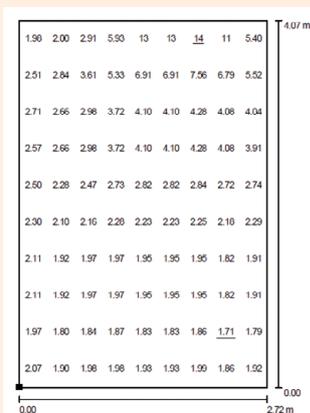
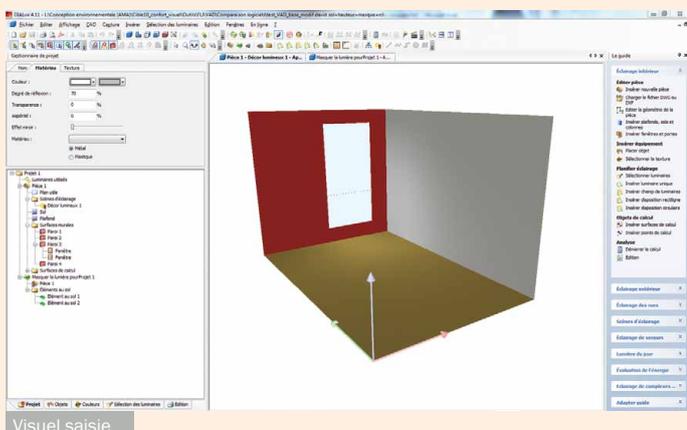


Planifie l'éclairage artificiel à l'intérieur et à l'extérieur des pièces en calculant et vérifiant tous les paramètres des installations d'éclairage selon les dernières réglementations.

Par extension, intègre certaines notions d'éclairage naturel, notamment le calcul de FLJ et peut réaliser des calculs de consommations d'éclairage artificiel tenant compte de l'éclairage naturel.

- >> DÉVELOPPEUR DIAL GmbH (Allemagne)
- >> MOTEUR DE CALCUL Radiance
- >> TARIF Gratuit

### Dialux

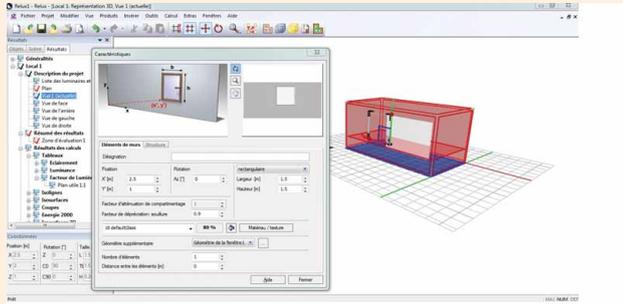


3. Présentation des outils de simulation de l'éclairage naturel

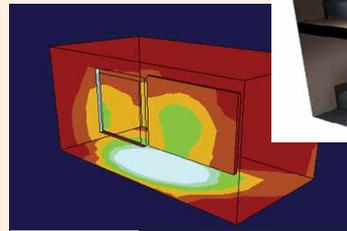
Relux

Logiciel de planification de l'éclairage et des capteurs. Permet de réaliser des simulations d'éclairage aux normes de salles intérieures ou installations extérieures et d'éclairage naturel. Conçu pour des rendus graphiques de qualité (base de données de matériaux, possibilité d'utiliser des images numériques sur toute surface, modification de la brillance et de la granulosité, etc).

- >> DÉVELOPPEUR Relux Informatik AG (Suisse)
- >> MOTEUR DE CALCUL Radiance
- >> TARIF Gratuit



Visuel saisie



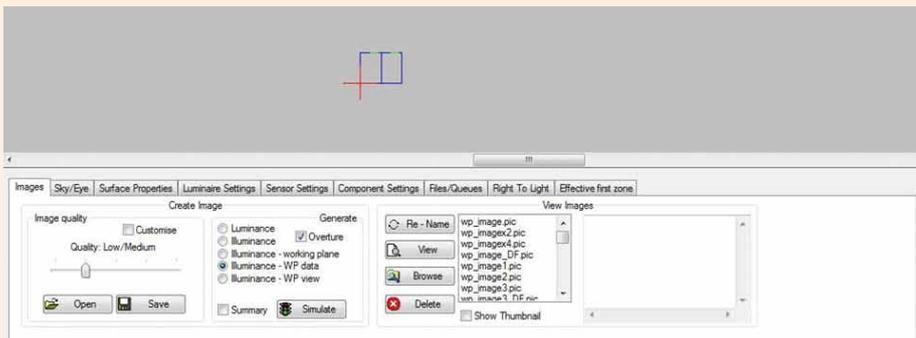
Visuel rendu



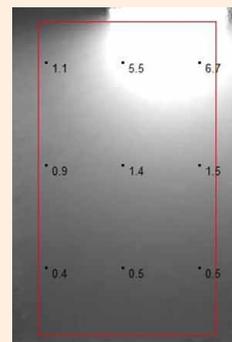
Logiciel de STD proposant un module complémentaire de rendu d'éclairage en 3D ainsi que de calcul de FLJ sur un plan de travail. Possible en mode couplage STD, de calculer les consommations d'éclairage artificiel, tenant compte de l'éclairage naturel.

IES VE

- >> DÉVELOPPEUR IES VE (ROYAUME-UNI)
- >> MOTEUR DE CALCUL Radiance
- >> TARIF Dépendant de l'achat du logiciel IES VE. Le module vaut : 1100 €TTC



Visuel saisie

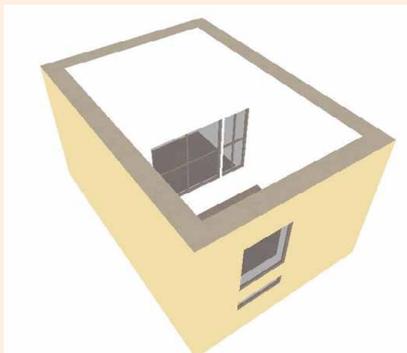


Visuel rendu

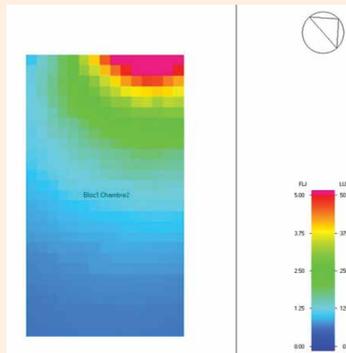
DesignBuilder

Logiciel de STD et CFD, auquel a été ajouté un module d'éclairage naturel. Module pouvant être utilisé seul. Possible en mode STD, de calculer les consommations d'éclairage artificiel, tenant compte de l'éclairage naturel.

- >> DÉVELOPPEUR DesignBuilder Software Ltd (UK)
- >> MOTEUR DE CALCUL Radiance
- >> TARIF Module éclairage : 480 €TTC.



Visuel saisie



Visuel rendu

3. Présentation des outils de simulation de l'éclairage naturel

RÉSUMÉ CONCERNANT LES POTENTIALITÉS DES OUTILS

Logiciels	Autonomie	Estimation des consommations électriques simplifiées, sans recours à la modélisation avec maillage	Estimation précise des consommations électriques avec sonde (gestion fractionnée), utilisant les résultats du calcul avec maillage	Rendu éclairage artificiel et naturel	Couplage avec STD	Calculs d'éclairage artificiel séparément
DIAL+	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
DIALux	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Relux	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Oui
IES VE	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
DesignBuilder	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non

3.2. ANALYSE COMPARATIVE DES DIFFÉRENTS LOGICIELS

RETOUR D'EXPÉRIENCE EN TERME D'USAGE

**POINTS FORTS**

DIAL+	DIALux	Relux	IES VE	DesignBuilder
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très bonne ergonomie.</li> <li>- Temps de calcul rapide.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilité de modéliser des géométries relativement complexes.</li> <li>- Reprise de la géométrie utilisée pour un calcul d'éclairage artificiel validé par l'AFE.</li> <li>- Possibilité de lancer le calcul sur plusieurs locaux simultanément.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne ergonomie</li> <li>- Possibilité de modéliser des géométries relativement complexes.</li> <li>- Temps de calcul assez rapide.</li> <li>- Possibilité de lancer le calcul sur plusieurs locaux simultanément.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de limite sur le type de géométrie.</li> <li>- Reprise de la géométrie déjà définie pour une STD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de limite sur le type de géométrie.</li> <li>- Reprise de la géométrie déjà définie pour une STD.</li> </ul>

DIAL+	DIALux	Relux	IES VE	DesignBuilder
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitations en terme de géométries.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergonomie de la saisie non intuitive et parasitée par des paramètres non impactants.</li> <li>- Seconds jours et géométries circulaires non modélisables.</li> <li>- Récupération des résultats un peu fastidieuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque de message d'erreur en cas de problème dans la modélisation.</li> <li>- Différenciation difficile des paramètres impactant le calcul d'éclairage naturel ou d'éclairage artificiel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergonomie de la saisie non intuitive.</li> <li>- Difficulté pour avoir une vision synthétique</li> <li>- Temps de calcul assez long.</li> <li>- Impossibilité de lancer le calcul sur plusieurs locaux simultanément.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergonomie de la saisie non intuitive et parasitée par des paramètres non impactants.</li> </ul>

**POINTS FAIBLES**

**DANS QUEL CADRE L'UTILISER**

DIAL+	DIALux	Relux	IES VE	DesignBuilder
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Géométries assez simples.</li> <li>- Calculs de FLJ et d'autonomies, et donc calculs de consommations prévisionnelles d'éclairage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Besoin d'informations en éclairage naturel et artificiel (saisie unique).</li> <li>- Exigences de certification.</li> <li>- A ne pas utiliser pour de la conception de façades ou de protections solaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout type de simulation : simple à moyenne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si géométrie déjà réalisée dans le cadre d'une STD et que le dessin convient à un calcul de FLJ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si une STD doit être réalisée.</li> </ul>

DIAL+	DIALux	Relux	IES VE	DesignBuilder
Env. 30 sec	Env. 3 min	< 1 min	Env. 2 min	Env. 30 sec

**TEMPS DE SIMULATION\***

\* pour un local simple (sur base du modèle de l'étude présentée en p.11)

## 3. Présentation des outils de simulation de l'éclairage naturel

## RETOUR D'EXPÉRIENCE EN TERME DE FONCTIONNALITÉS

Les outils sont également comparés sur la base des critères suivants :

## &gt;&gt; Entrées (méthode générale et détaillée, limite)

- Saisie de la géométrie du bâtiment
- Météo-rayonnement
- Masques proches (casquette)
- Masques lointains
- Protection solaire, facteur solaire
- Parois opaques
- Vitrages et parois vitrées
- Couplage éclairage artificiel/naturel
- Architecture spécifique (serre, second jour, double peau, rue intérieure)
- Ouverture toiture (shed, spot solaire)

## &gt;&gt; Sorties (description, limite)

THEME	CRITERE	SOUS-CRITERE	DIAL+	DIALUX
METEO/ RAYONNEMENT	METHODE GENERALE		Beaucoup de villes dans la version de base.	Choix de la localisation (possible de définir l'emplacement exact du projet) puis par défaut sélection du ciel couvert selon CIE (si par erreur on sélectionne un autre type de ciel, les surfaces de calcul FLJ ne sont pas disponibles à l'édition).
	METHODE DETAILLEE	Type de ciel disponible	Ciel couvert CIE.	3 ciels disponibles selon CEI 110-1994 : - Ciel couvert (calcul du FLJ) - Ciel intermédiaire - Ciel clair.
		Possibilité d'importer des fichiers météo ?	Oui, au format .dat, ou .txt	Non, données météo intégrées au logiciel.
		Fichier en base ?	43 pays, 49 villes françaises,	Plus de 500 grandes villes dans le monde intégrées de base au logiciel.
LIMITES		Limité aux villes prédéfinies, pas d'importation.	Limité aux villes prédéfinies, pas d'importation.	

Le tableau complet est à consulter sur le site VAD, rubrique « Dossier technique ».

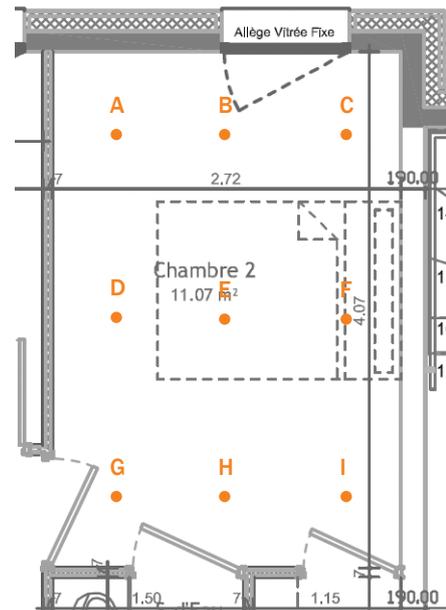
## RETOUR D'EXPÉRIENCE D'UNE ÉTUDE MENÉE SUR UN APPARTEMENT À VÉNISSIEUX (69)

L'objectif de l'étude est de pouvoir comparer les résultats d'éclairage naturel de ces différents logiciels sur un cas réel, à savoir la chambre d'un immeuble collectif situé à Vénissieux (69).

Sur cette chambre, de géométrie simple, des mesures d'éclairage sont réalisées en parallèle, afin de pouvoir les comparer aux valeurs calculées.

Les hypothèses d'entrée sont précisées en Annexe 1.

Les résultats des calculs d'éclairage sont obtenus sur 9 points de mesure. Le FLJ moyen est également donné.



### 3. Présentation des outils de simulation de l'éclairage naturel

4 simulations sont réalisées, sur la base des variantes suivantes, correspondant à des modifications de valeurs des coefficients de réflexion des revêtements.

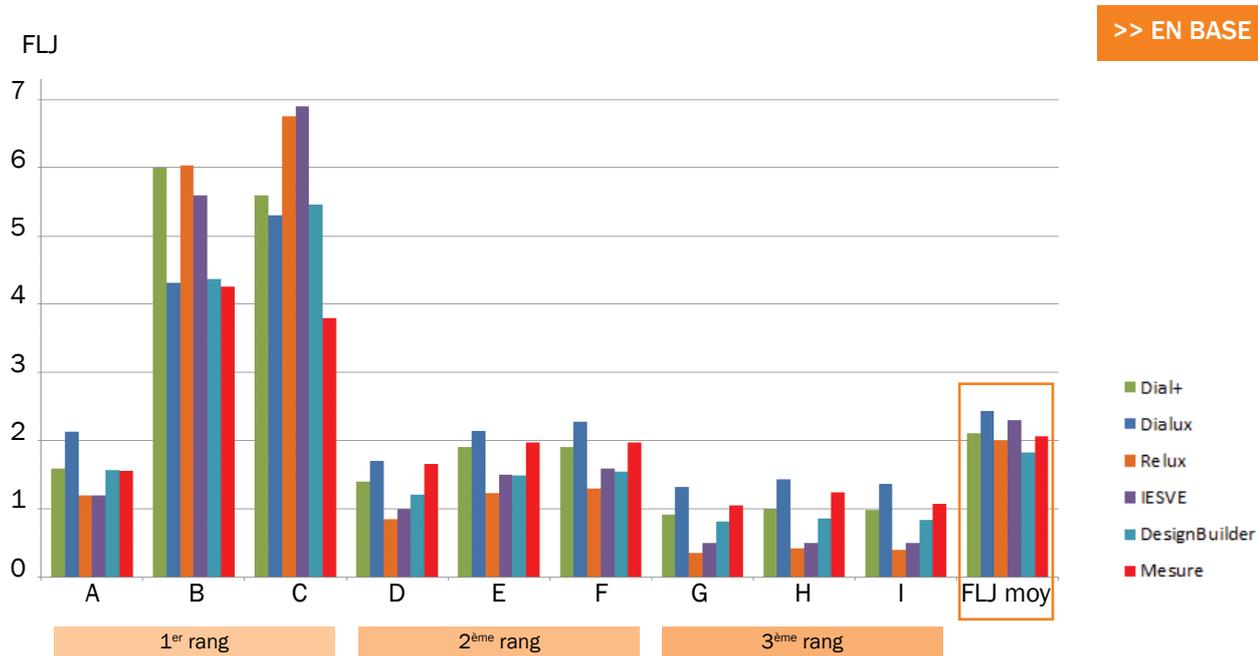
Revêtements	Coefficient de réflexion			
	Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Sol	32%	10%	Idem base	
Murs	70%	Idem base	30%	Idem base
Plafonds	75%	Idem base		60%
Extérieur	40%	Idem base		

Précision vis-à-vis des résultats :

- Les logiciels sont utilisés en mode "par défaut" c'est-à-dire un calcul dont la partie raytracing est faible et non paramétrable. Cela n'est pas possible avec DesignBuilder et IES VE pour lesquels de nombreux paramètres doivent être renseignés. A noter également que le nombre de paramètres sur lesquels il est possible d'intervenir avec DIAL+ est limité (il s'agit du seul logiciel pour lequel le mode raytracing n'est pas paramétrable).
- Les résultats sont obtenus avec des mailles suffisamment fines compte tenu de la pièce étudiée tout en veillant à ne pas trop augmenter le temps de calcul (exemple, pour le calcul Relux : maille de 0,4 m x 0,4 m).

**La finesse du maillage doit être en rapport avec la pièce étudiée.**

« e » représente l'écart entre la valeur calculée et la valeur mesurée sur le plan de travail.



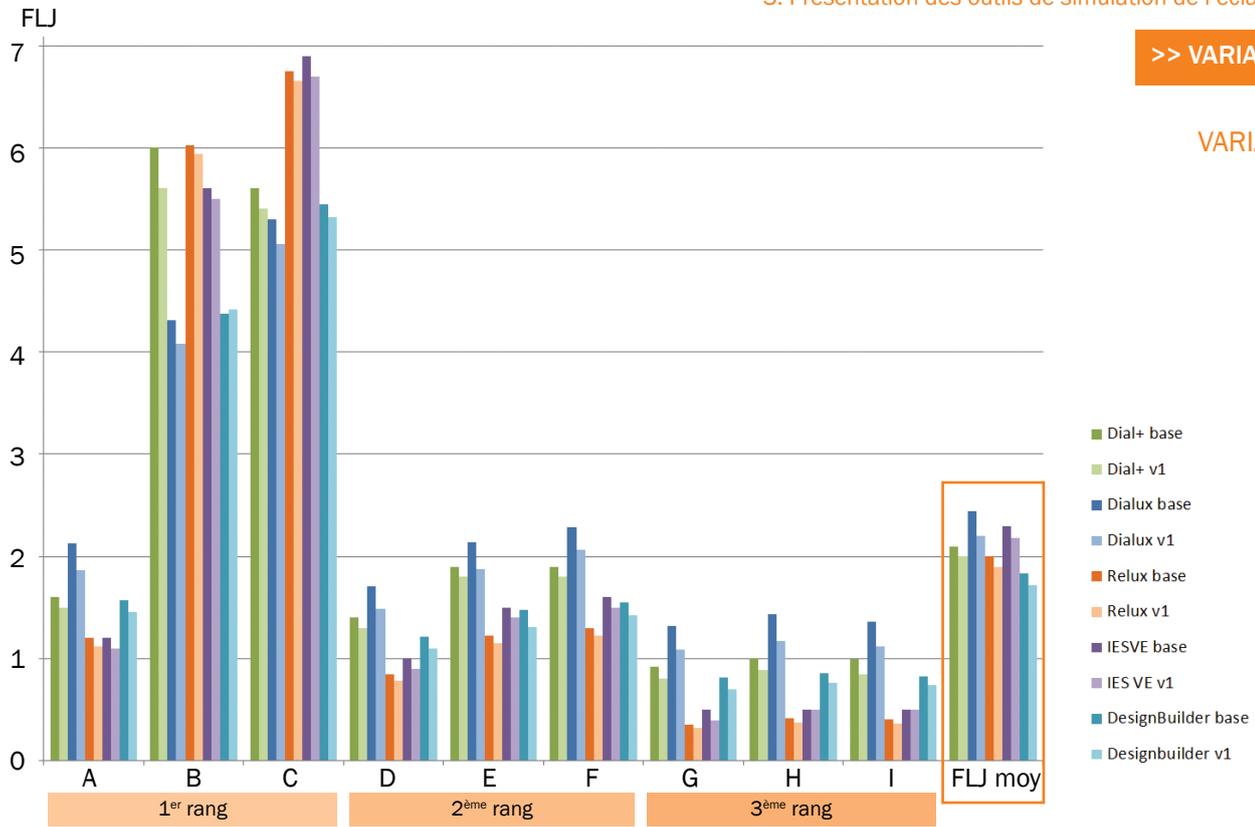
### Comparaison entre valeurs calculées et mesurées

- Les FLJ moyen mesuré et calculés par les différents logiciels sont globalement proches, ce qui n'est pas le cas aux différents points.
- Les valeurs mesurées sont plus homogènes que les valeurs calculées.
- Les valeurs calculées sont globalement plus élevées que les valeurs mesurées près de la fenêtre, et plus faibles en fond de pièces.
- Les valeurs très faibles de Relux et de IES VE en fond de pièce sont étonnantes.

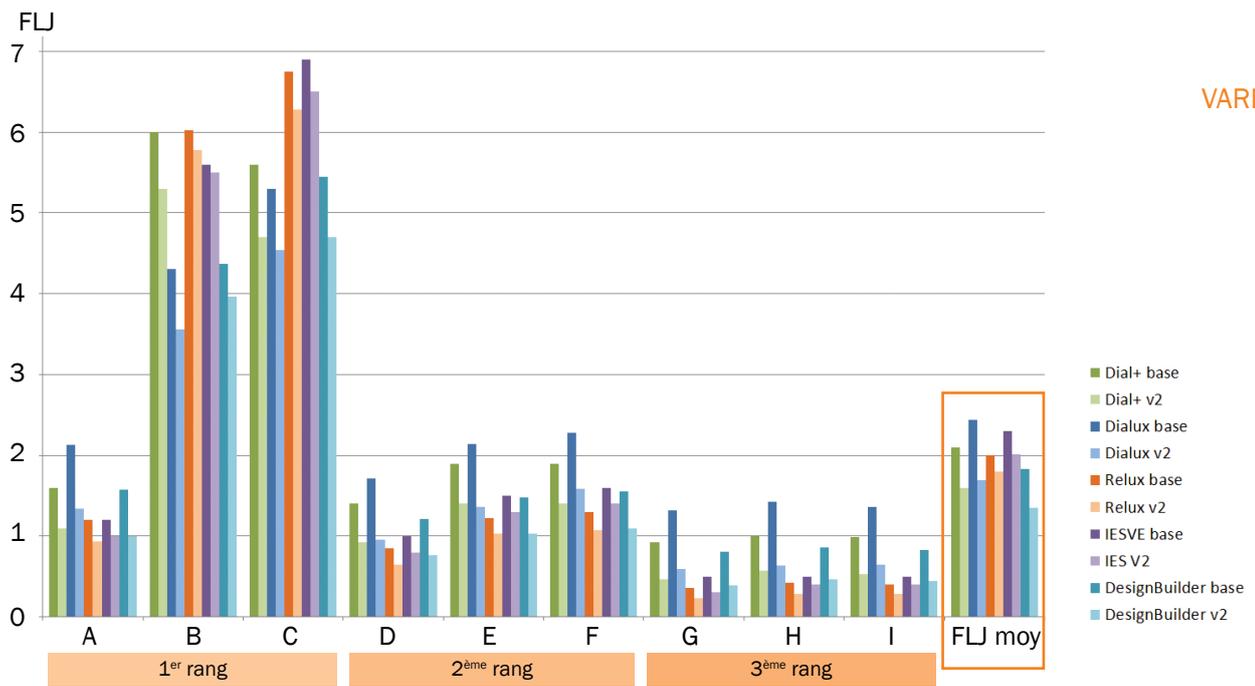
3. Présentation des outils de simulation de l'éclairage naturel

>> VARIANTES

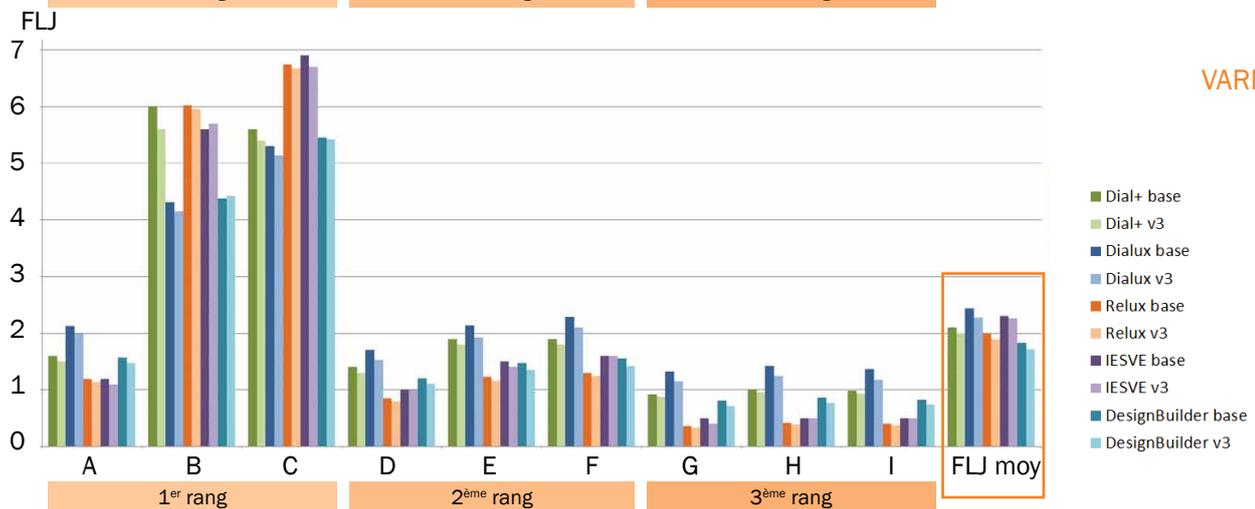
VARIANTE 1



VARIANTE 2



VARIANTE 3



## 3. Présentation des outils de simulation de l'éclairage naturel

## &gt;&gt; CONSTAT DE L'ÉTUDE

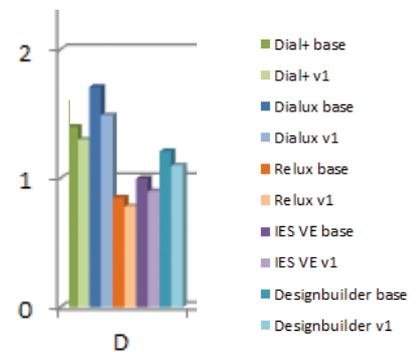
## Sensibilité aux variations des facteurs de réflexion

- Tous les logiciels varient dans le même sens suivant les variantes (à savoir FLJ plus faible quand les coefficients de réflexions diminuent), ce qui est rassurant !
- DIALux est le plus sensible vis-à-vis de ces variations, Relux le moins sensible, les autres logiciels variant sensiblement dans les mêmes proportions.
- Les FLJ moyen sont tous relativement identiques contrairement aux FLJ ponctuels, sachant que la configuration de la pièce est simple.

**L'entrée de lumière est identique mais la gestion des réflexions est différente. Ceci pourrait faire penser que cette notion doit être la seule à considérer si l'on ne veut pas favoriser l'un ou l'autre des logiciels, dont aucun n'est plus "réaliste" qu'un autre. Mais le principe, de plus en plus courant dans les certifications, de demander, en complément, un certain pourcentage supérieur à une valeur est pertinent dans le sens qu'il favorise l'uniformité de l'éclairage, gage de confort visuel, toute la question étant de fixer cette valeur.**

- Les écarts de valeurs sont plus importants en fond de pièce et près des murs (cf. gestion des réflexions différente).

Variante 1 : comparaison entre les FLJ calculées au point H



## Des données d'entrée et des paramètres par défaut impactant les résultats

- Les FLJ calculés sont variables mais dépendent de paramètres par défaut présents dans les logiciels sur lesquels le concepteur n'a pas forcément la main.

**D'où l'importance, lorsque la problématique de l'éclairage naturel dans un projet est très sensible, de participer à une formation des développeurs de logiciel et/ou de se "spécialiser" dans l'un des logiciels pour acquérir une expertise de celui-ci.**



## CONCLUSION GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE

- Ces outils restent cohérents entre eux dans leurs modélisations et vis-à-vis des valeurs mesurées, compte-tenu de l'incertitude sur les données d'entrée et sur les mesures et surtout tant que les configurations restent simples.
- Les valeurs mesurées sont généralement plus homogènes que les valeurs calculées
- Il serait nécessaire d'avoir plus de transparence sur les données/hypothèses prises en compte dans les logiciels.
- Ces outils restent avant tout une aide à la conception (comparaison de variantes entre elles) et il est hasardeux de vouloir retrouver en mesure des valeurs calculées comme demandé parfois dans les certifications.

## 4. RETOUR D'EXPÉRIENCE DE SIMULATION D'ÉCLAIRAGE NATUREL DANS UN PROJET DE GROUPE SCOLAIRE

### RÉHABILITATION DU GROUPE SCOLAIRE DU GRÉGOIRE À DARDILLY - 69



Bâtiment avant réhabilitation

Le projet s'inscrit dans la démarche volontaire de la ville de Dardilly en matière de développement durable : Grands Projets Agenda 21. L'objectif est ici très clair, et se veut exemplaire par la mise en place d'une démarche globale permettant d'atteindre une réduction des consommations de facteur 4, tout en améliorant le confort des usagers.

S'appuyant sur le diagnostic énergétique et technique initial, et l'état existant des confort (ou inconforts), le projet prend forme sur la base d'une réflexion portée par la démarche Négawatt : Sobriété / Efficacité / Energies Renouvelables.

- La Sobriété s'incarne dans les systèmes isolatifs et la qualité des confort amenés par la transformation de l'architecture (notamment un travail important sur les baies mixant confort visuel / éclairage / ventilation naturelle / performance des vitrages)
- l'Efficacité est déclinée au niveau du réseau de chaleur, des émetteurs, de la ventilation
- le Renouvelable avec l'installation solaire photovoltaïque.

L'architecture n'est pas oubliée, et la démonstration de la démarche ne vaut que par la qualité de l'architecture retrouvée. L'ambition énergétique se trouve grandie par la transformation radicale des façades, dont la composition initiale des préfabriqués s'efface au profit d'un langage contemporain portant lui aussi les valeurs du durable.

#### ACTEURS DU PROJET

##### Maître d'ouvrage :

Ville de Dardilly

##### Equipe maîtrise d'œuvre :

Tekhnê Architectes, BE QEB : eEgénie,  
BE Fluide : Astrius, BE structure : DPI,  
économiste : Denizou

#### SURFACE

1970 m<sup>2</sup>

#### NIVEAU ÉNERGÉTIQUE VISÉ

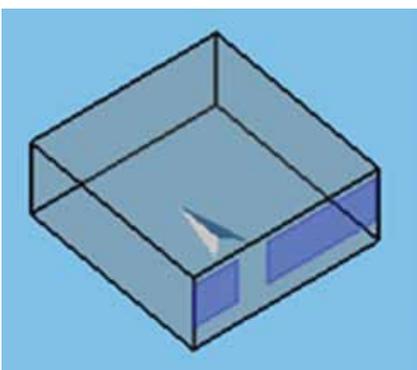
BBC-rénovation

#### LIVRAISON PHASES 3 ET 4

2014-15



Réhabilitation des phases 1 et 2 : salles de classe présentant la même typologie et travaux de réhabilitation de même nature que pour les classes des phases 3 et 4



<< Trame type d'une salle de classe avant rénovation : des classes carrées d'environ 7 m x 7 m, éclairées par des menuiseries de 1,7 m de haut sur la façade donnant sur l'extérieur.

## 4) RETOUR D'EXPÉRIENCE DE SIMULATION D'ÉCLAIRAGE NATUREL DANS UN PROJET DE GROUPE SCOLAIRE

## OBJECTIF EN TERME D'ÉCLAIREMENT NATUREL

Pour cette opération de réhabilitation, la maîtrise d'œuvre s'est fixée plusieurs objectifs ambitieux en matière d'éclairage naturel :

- Une autonomie proche de 90%
- Une uniformité maximale de l'éclairage naturel.

## RÉPONSE TECHNIQUE APPORTÉE PAR L'ÉQUIPE DE MOE

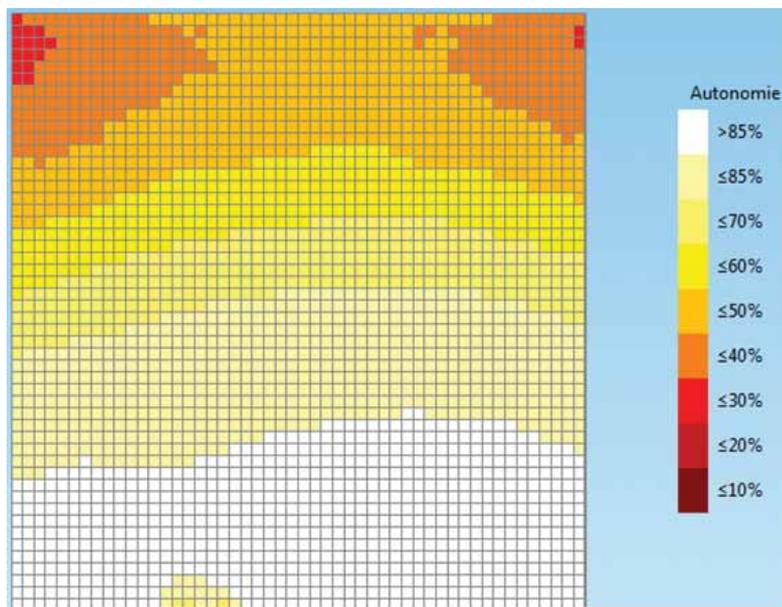
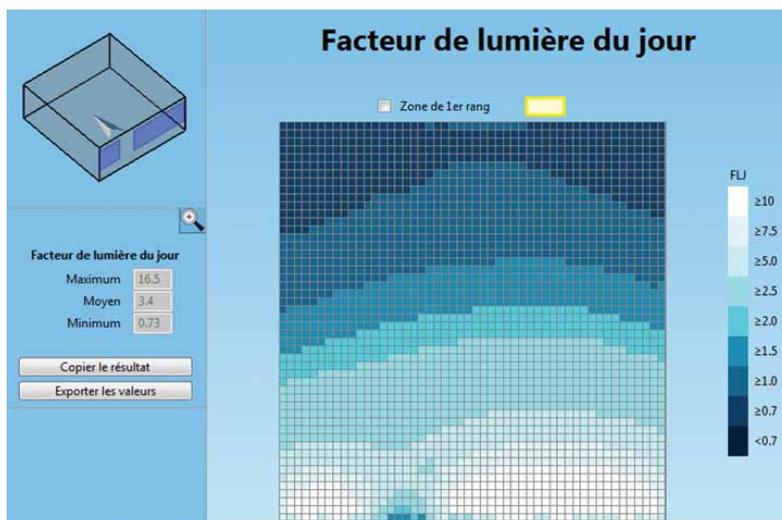
Suite au changement des menuiseries (passage du simple vitrage - transmission lumineuse  $TL = 0,9$  au double vitrage performant -  $TL=0,8$ ) et au traitement des ponts thermiques de tableaux avec retour de l'isolant extérieur sur les dormants (dormants des nouvelles menuiseries plus importants pour permettre les retours de l'isolant extérieur entraînant une réduction de 8% du clair de vitrage), l'accès à la lumière naturelle s'avère sensiblement réduit, ce qui a été vérifié par des simulations sous DIAL+. Le bâtiment de l'école élémen-

taire étant construit de plein pied, l'architecte a proposé l'installation de puits de lumière en fonds de classes.

Le bureau d'étude a ensuite simulé différentes variantes de manière à bien choisir la taille et le positionnement des puits de lumière. Au vu de la relative simplicité de la géométrie des locaux, les simulations ont été assez rapides, soit environ deux jours de travail pour l'ensemble de l'approche éclairage naturel de l'esquisse à l'APD.

Ci-dessous les calculs réalisés sous DIAL+ pour les solutions avec et sans puits de lumière :

## SANS PUIITS DE LUMIÈRE



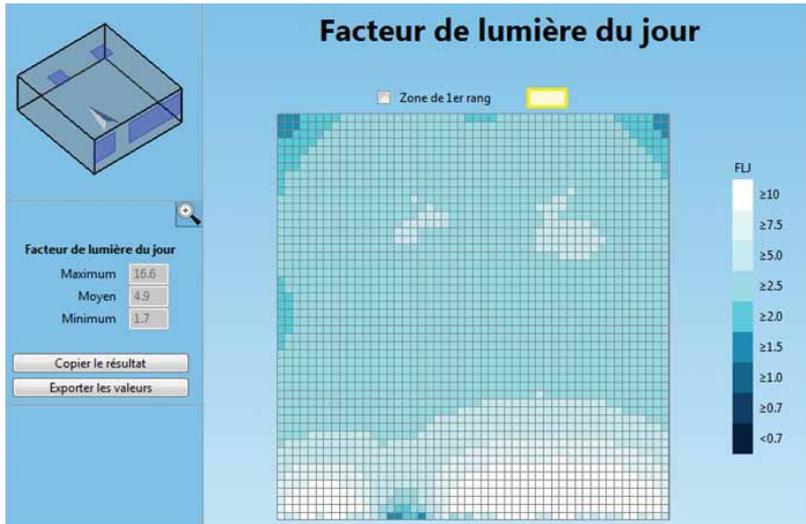
## Pourcentage FLJ Surface totale

FLJ < 0.7%	sur 0% de la surface
FLJ $\geq$ 0.7%	sur 100% de la surface
FLJ $\geq$ 1.0%	sur 82.4% de la surface
FLJ $\geq$ 1.2%	sur 70.4% de la surface
FLJ $\geq$ 1.5%	sur 60.1% de la surface
FLJ $\geq$ 1.8%	sur 52.9% de la surface
FLJ $\geq$ 2.0%	sur 49.1% de la surface
FLJ $\geq$ 2.5%	sur 41.8% de la surface
FLJ $\geq$ 5%	sur 22% de la surface
FLJ $\geq$ 7.5%	sur 12.7% de la surface
FLJ $\geq$ 10%	sur 7.4% de la surface

**Autonomie annuelle à 300 lux comprise entre 40 et 50% entre 8h et 18h en fond de salle.**

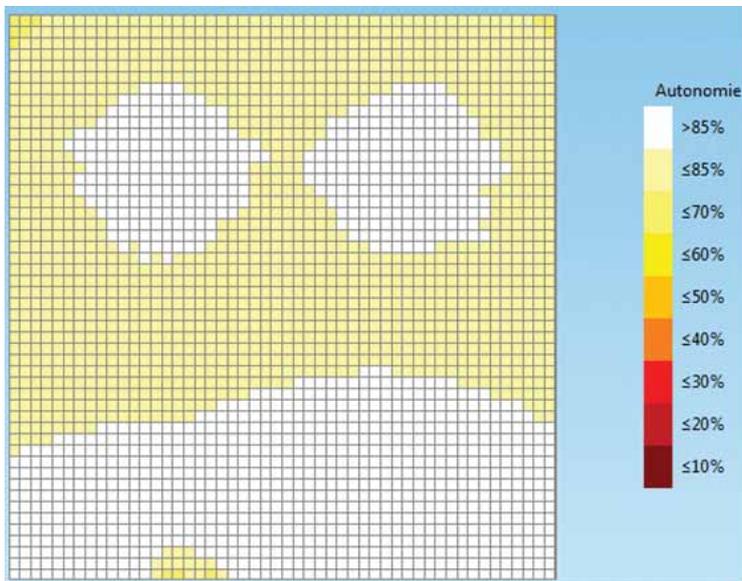
## 4) RETOUR D'EXPÉRIENCE DE SIMULATION D'ÉCLAIRAGE NATUREL DANS UN PROJET DE GROUPE SCOLAIRE

## AVEC PUIXS DE LUMIÈRE



**Pourcentage FLJ Surface totale**

FLJ $< 0.7\%$	sur 0% de la surface
FLJ $\geq 0.7\%$	sur 100% de la surface
FLJ $\geq 1.0\%$	sur 100% de la surface
FLJ $\geq 1.2\%$	sur 100% de la surface
FLJ $\geq 1.5\%$	sur 100% de la surface
FLJ $\geq 1.8\%$	sur 99.8% de la surface
FLJ $\geq 2.0\%$	sur 99.2% de la surface
FLJ $\geq 2.5\%$	sur 95.7% de la surface
FLJ $\geq 5\%$	sur 26.1% de la surface
FLJ $\geq 7.5\%$	sur 13.2% de la surface
FLJ $\geq 10\%$	sur 7.6% de la surface



Autonomie annuelle à 300 lux  $> 80\%$  entre 8h et 18h.

Une autonomie de près de 100% sur les horaires scolaires est attendue.

Pour atteindre les objectifs, le choix a été fait de mettre en œuvre deux puits de lumières au fond de chaque salle de classe. Cette solution s'accordait particulièrement bien à l'architecture du bâtiment construit de plein pied.

Les calculs d'éclairage naturel réalisés sous DIAL+ ont permis de bien mesurer que les classes avaient besoin d'ouvertures supplémentaires et également de valider leur taille et leur emplacement pour que leur efficacité soit maximale.

## 5) CONCLUSION

Ces outils représentent une aide à la conception pour l'optimisation du confort visuel : géométrie des pièces (trame...), dimensionnement des surfaces vitrées, choix de dispositifs de protections solaires et de revêtements intérieurs et sont couplés (parfois par le biais du même outil) avec la STD pour prendre en compte l'apport d'éclairage naturel dans les consommations et pour l'évaluation du confort d'été.

L'utilisation d'outils de simulation de l'éclairage naturel n'est pas systématique mais rentre dans le cadre de projets certifiés, ou présentant des usages ou géométries spécifiques. Ils sont aussi utilisés en bureau, pour permettre une aide à la conception pour l'aménagement des locaux ou à des fins pédagogiques.

Ces logiciels sont multiples et n'ont pas tous les mêmes potentialités et la même ergonomie. Certains logiciels sont très faciles d'accès car disposant de peu de paramètres d'entrée (ex : DIAL+), en revanche, d'autres logiciels tels que DesignBuilder et IES VE, compte tenu de leur complexité, ne sont

à utiliser que dans le cas de la réalisation d'une STD avec ces mêmes logiciels.

Les FLJ moyens obtenus avec ces différents logiciels sont cohérents entre eux, mais la distribution de l'éclairage dans la pièce est très variable d'un logiciel à l'autre, ce qui renforce le sentiment que ces logiciels ne sont à considérer que dans une approche comparative (étude de variantes).

La notion de premier et deuxième rang dont il est fait mention dans les référentiels (à savoir nécessité d'être supérieure à une certaine valeur de FLJ dans x% des locaux en 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> rang), peut conduire à de « fausses bonnes » idées en conception, ex : plafond bas, trame moins large.

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

Le couplage entre calcul d'éclairage naturel et STD sera étudié ultérieurement par le groupe de travail « outil ».

## 6) ANNEXES

### ANNEXE 1 : LISTE NON-EXHAUSTIVE D'OUTILS ET DE BASES DE DONNÉES

#### PUBLICATION ET NORMES

**Publication CIE 17.4** (Commission Internationale de l'Eclairage)

Vocabulaire International de l'Eclairage

**Normes AFNOR :**

<http://www.boutique.afnor.org>

- **NF EN 12665** (septembre 2011 – AFNOR)  
Lumière et éclairage - Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage
- **NF EN 12464-1** (juillet 2011 – AFNOR)  
Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieurs
- **NF EN 12193** (mars 2008 - AFNOR)  
Lumière et éclairage - Éclairage des installations sportives
- **NF EN 15193** (novembre 2007 – AFNOR)  
Performance énergétique des bâtiments - Exigences énergétiques pour l'éclairage
- **ISO 7724-2** (octobre 1984 – AFNOR)  
PEINTURES ET VERNIS - COLORIMÉTRIE - PARTIE 2 : MESURAGE DE LA COULEUR. - Peintures et vernis. Colorimétrie. Partie 2 : mesurage de la couleur.

#### OUTILS

**Vitrages décision** (CEBTP)

Calculs thermiques et mécaniques. Bibliothèque de verre (module de base : thermique des vitrages)

<http://vitrages-d-cision.software.informer.com/>

**Window 6.3** (Lawrence Berkeley National Laboratory - U.S. Department of Energy Office of Science national lab)

Création d'une base de données personnelle de vitrages (combinaison possible mais limitée avec protections solaires) à partir des informations fabricant pour utilisation sur logiciel type TRNSYS.

<http://windows.lbl.gov/software/window/6/index.html>

**PARASOL** (Lund University)

Fourni les facteurs solaires/transmission et coefficients de déperdition pour une combinaison de vitrage/protection et pièce mais le choix des protections facilement exploitables semble limité à des fabricants peu courants dans le marché français.





*« Partager ce que l'on sait  
et apprendre du savoir des autres »*

**VILLE ET AMÉNAGEMENT DURABLE**  
19 rue Victorien Sardou – 69007 Lyon  
Tel : 04 72 70 85 59  
associationvad@orange.fr  
www.ville-amenagement-durable.org

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Avec les partenaires de nos actions

Rhône-Alpes Région

