

Prise en compte simultanée des exigences en éclairage naturel et des protections solaire dans les bâtiments en climat tropical

Murielle Martin¹, François Garde², Mathieu David², Laetitia Adélard², Gilbert Achard¹

¹LOCIE - Université de Savoie Campus scientifique - Savoie Technolac
73376 Le Bourget du Lac - CEDEX - France

²LPBS. –Laboratoire de Physique du Bâtiment et des Systèmes
Université de La Réunion. 40 avenue Soweto 97410 Saint-Pierre
murielle.martin@educ.univ-savoie.fr

RESUME.

Dans le domaine de la construction en climat tropical, la qualité de la protection solaire des vitrages est souvent privilégiée au détriment de l'éclairage naturel. Très peu de règles de conception existent par ailleurs dans ce domaine.

Ce papier se propose d'apporter des premiers éléments de réflexion sur la prise en compte des protections solaires efficaces couplées à un éclairage naturel de qualité. La protection solaire étudiée est de type débord. Dans un premier temps, le coefficient d'ensoleillement et le facteur solaire ont été calculés pour diverses orientations et différentes valeurs de débord, puis comparés aux exigences du référentiel PERENE. Dans un second temps, les niveaux d'éclairement moyens et l'autonomie en éclairage naturel de la salle sont déterminés pour différentes valeurs de débord. Il s'avère non seulement que les exigences de PERENE sont trop contraignantes en termes de facteur solaire à atteindre pour une solution de type débord mais également qu'il y a incompatibilité entre niveaux d'éclairement et protection solaire efficace. Il est proposé de rabaisser le niveau d'éclairement à 250 lux et de fixer un seuil minimum d'autonomie énergétique des locaux.

MOTS-CLÉS : Éclairage naturel, protection solaire, climat tropical.

ABSTRACT.

In the building sector in tropical climates, the quality of solar shading of windows is often preferred to a good natural lighting. Few design guides exist in the field of natural lighting/solar shading in tropical climates.

This paper deals with the taking into account of efficient solar protections coupled with an efficient natural lighting. We focused on overhangs solar shading type. First the solar factor of windows is determined for different size of overhangs then compared to the design values of PERENE -Building design guide for Reunion Island. Second, the daylight autonomy and the luminance level are calculated for different size of overhangs. The paper concludes that the PERENE design rules are too demanding in terms of solar factor to meet and that it is impossible to have an efficient solar shading of windows and an acceptable mean luminance level. It is thus proposed to reduce the luminance level to 250 lux and to set a minimum daylight autonomy percentage.

KEYWORDS : Daylighting, solar shading, tropical climate.

1. INTRODUCTION

La conception des bâtiments à faible consommation énergétique en climat tropical et en climat chaud porte généralement sur la qualité des protections solaires en priorité. Celles-ci constituent un paramètre prédominant pour éviter les surchauffes à l'intérieur des bâtiments et ainsi diminuer les charges thermiques de climatisation, voire retarder son usage dans l'année si le local étudié dispose d'une ventilation naturelle traversante.

A l'heure où la réduction des consommations dans le bâtiment constitue maintenant un objectif prioritaire à atteindre, la prise en compte de l'éclairage naturel dans les phases d'études s'avère également primordiale. Pas ou peu d'étude prennent à ce jour en compte la conception de l'éclairage naturel. L'impact des protections solaires sur l'éclairage naturel est peu, voire pas du tout abordé. Dans certains cas, il est même possible d'avoir recours à l'éclairage artificiel à cause de protections solaires trop efficaces. Ceci entraîne donc une surconsommation énergétique alors que l'on pensait avoir fait le nécessaire avec les protections solaires pour réduire les charges de climatisation. Un compromis doit donc être trouvé entre des protections solaires efficaces et un éclairage naturel convenable à l'intérieur des locaux.

Ce papier se propose de présenter des travaux préliminaires qui vont dans le sens d'une prise en compte couplée des protections solaires et des performances en éclairage naturel d'un local. Le local type étudié est une salle de classe traversante dont la porosité est de 20%. La protection solaire étudiée est de type casquette. Après une réflexion sur les indicateurs utilisés en métropole de type Facteur de Lumière du Jour, nous présenterons dans un premier temps les valeurs de coefficient d'ensoleillement d'un vitrage en fonction de la longueur de la casquette. Puis nous présenterons pour deux orientations préférentielles les valeurs d'autonomie en éclairage naturel en fonction des dimensions de la protection solaire.

2. REGLES DE CONCEPTION ET INDICATEURS EN ECLAIRAGE NATUREL

2.1. L'OUTIL PERENE ET FACTEURS SOLAIRES DE VITRAGES

Des règles expertes de conception ont été élaborées pour La Réunion sous le nom du programme PERENE-- PERformances ÉNERgétiques des bâtiments, mais celles-ci portent essentiellement sur la conception de l'enveloppe et des performances de système (Garde, 2005). Concernant les protections solaires des vitrages, des préconisations existent et fixent les niveaux de performance de protections solaires à atteindre en terme de facteur solaire pour différentes orientations et différentes zones climatiques (voir Tableau 1). Les zones Z1 et Z2 sont des zones littorales sous le vent et au vent. Les zones Z3 et Z4 sont respectivement les zones des Hauts (altitude comprise entre 400 et 800m) et d'altitude >800m. Les exigences portent pour le moment sur des protections de type débord/casquette.

Zones climatiques	S été				S hiver
	Nord	Sud	Est	Ouest	
Z1 et Z2	0,3	0,5	0,3	0,25	0
Z3	0,36	0,5	0,35	0,3	0,7
Z4	0,5				1

Tableau 1 : Exigences de facteurs solaire S de vitrage de PERENE selon les zones climatiques et l'orientation des vitrages.

Concernant les exigences sur l'éclairage naturel à La Réunion, le seul document qui traite de ce point est l'adaptation au contexte des DOM de la cible « Confort visuel » du référentiel Haute Qualité Environnementale de Certivea (Adelard, 2008). Le document fixe des exigences en terme d'autonomie en éclairage naturel fonction du niveau de performance de la cible requis.

D'autres documents relatifs à l'éclairage naturel dans le bâtiment existent mais s'attachent très peu à des études dans les climats de type tropicaux. En effet, les études sont pour la plupart focalisées sur

des climats tempérés et utilisent des méthodes de calculs ne s'appliquant pas nécessairement à La Réunion. (Fontoyont,2004) ; (INRS, 2005).

2.2. DES INDICATEURS DE CONCEPTION NON ADPATES AU CLIMAT TROPICAL

En Europe, l'éclairage sur le plan de travail est défini selon le Facteur de Lumière du Jour, FLJ, qui peut être apprécié selon deux méthodes, l'une établie de façon expérimentale par des données de site sous ciel couvert et l'autre définit de façon théorique sous ciel clair. Mais dans tous les cas, les exigences fixées à partir de ce facteur établit pour la Métropole, semblent ne pas pouvoir s'appliquer au climat de l'île de La Réunion. En effet, le FLJ déterminé par le Comité International d'Eclairage, prend sous les conditions d'un ciel couvert, l'éclairage disponible à l'intérieur de la pièce et celui à l'extérieur. Le facteur de comparaison obtenu respectivement entre ces deux grandeurs est appelé Facteur de Lumière du Jour et s'exprime en pourcentage.

Dans le tableau suivant (Marchio, 1998), sont répertoriés pour trois valeurs d'éclairage extérieur, le pourcentage de fois où ces valeurs sont atteintes durant une année type. Alors qu'en Métropole, la valeur d'un éclairage extérieur de 5000 lux est préférée dans les calculs, cette valeur doit quasiment être triplée pour les DOM. La valeur de référence appliquée en Métropole qui est de 2.5% (Fontoyont, 2004) ne s'applique donc pas à un climat fortement ensoleillé toute l'année et devrait pour ces régions être revu à la baisse. A l'heure actuelle, des valeurs de FLJ de 1.5% sont recommandées par Adelard (Adelard 2008).

	$E_{\text{ext}} = 15\ 000\ \text{lux}$	$E_{\text{ext}} = 10\ 000\ \text{lux}$	$E_{\text{ext}} = 5\ 000\ \text{lux}$
La Réunion	87%	92%	>95%
Guyane	96%	95% <... >100%	95% <... >100%
Antilles	90%	95%	95% <... >100%
Métropole	55%	72%	87%

Tableau 2 : Comparatifs des probabilités de niveaux d'ensoleillement dans les DOM et en métropole.

Il s'avère donc que le critère du seul FLJ ne soit pas suffisant pour caractériser les performances en éclairage naturel. Le pourcentage d'autonomie en éclairage naturel proposé par Reinhardt nous semble à ce titre plus adapté. Ces choix sont par ailleurs en phase avec les objectifs de la tâche 31 de l'International Energy Agency, concernant l'établissement de performances et de stratégies pour utiliser au mieux l'éclairage naturel dans les bâtiments (OFEN, 2003).

3. METHODOLOGIE

3.1. ENVIRONNEMENT DE MODELISATION

La détermination des solutions de protections solaires adéquates en terme de confort visuel a été réalisée à l'aide de l'environnement Energy Plus, Daysim et Google Sketchup. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce choix :

- le modeleur 3D Google Sketchup est en train de s'imposer à l'échelle internationale comme un outil de conception de référence (Sketchup, 2008). Par ailleurs, sa prise en main intuitive est très facile et permet de modéliser rapidement les locaux que l'on souhaite modéliser ;
- Les développeurs dans le domaine de la thermique du bâtiment et de l'éclairagisme ne s'y sont pas trompés puisque Energy Plus peut être appelé dans Sketchup via un plugin inclus dans

Sketchup. De même, Daysim peut être appelé un fois le bâtiment décrit sous Sketchup (Daysim, 2007)

- Les simulations sont effectués à l'aide de fichiers horaires annuels de type TMY.

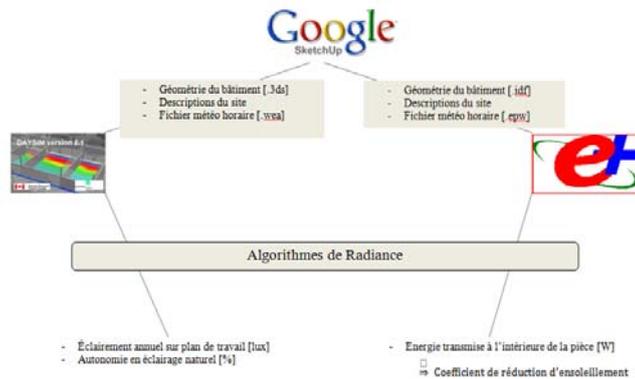


Figure 1 : Environnement de simulation et sorties utilisées : autonomie en éclairage naturel (Daysim) et énergie transmise à l'intérieur de la pièce (Energy Plus)

3.2. INDICATEURS DE SORTIE UTILISES

3.2.1. Coefficient de réduction C_m

Le facteur solaire d'un vitrage, S_{eq} , est défini comme le produit du coefficient d'ensoleillement, C_m qui dépend de la qualité de la protection solaire par le coefficient de transmission du vitrage, S , qui dépend essentiellement du type de vitrage mis en œuvre. Le coefficient C_m permet de déterminer la performance de la protection solaire sur le vitrage. Il est caractérisé par le rapport entre l'énergie totale transmise sur le vitrage avec utilisation de la protection solaire et l'énergie totale transmise sur le vitrage sans protection au cours d'une période donnée. Cette énergie comprend l'énergie diffuse, directe et réfléchi. Le C_m quantifie donc la performance de la protection solaire. Lorsque les valeurs sont proches de 0, la protection solaire est efficace.

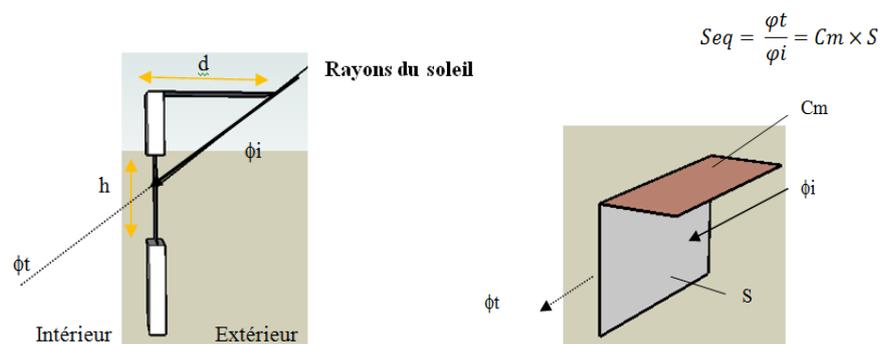


Figure 2 : Énergie transmise dans la pièce et calcul du facteur solaire S_{eq}

3.2.2. Pourcentage d'autonomie en éclairage naturel

Comme il a été défini précédemment, les valeurs de FLJ de référence ne représentent pas un facteur adapté pour quantifier l'éclairement dans une pièce à l'île de La Réunion. C'est ainsi que l'utilisation d'un paramètre tel que l'autonomie en éclairage naturel s'avère plus juste. En effet, ce coefficient quantifie sur une année type, le pourcentage de fois où l'éclairement requis est disponible sur le plan de travail.

Ainsi, grâce à la complémentarité des trois logiciels cités précédemment, il est possible d'obtenir pour chaque étude, l'autonomie en éclairage naturel, l'éclairement sur le plan de travail ainsi que des valeurs de coefficients d'enseillement sur le vitrage. En terme d'indicateur de sortie, le logiciel Daysim permet d'obtenir un mapping de l'éclairement en chaque point pris sur le plan de travail ainsi que l'autonomie en éclairage naturel de la pièce donnée en pourcentage (DaySim, 2007). Le logiciel Energy Plus quant à lui permet d'obtenir l'énergie transmise sur le vitrage ce qui donne des valeurs du coefficient d'enseillement (Energy Plus, 2007).

3.3. LE LOCAL TYPE ETUDIE

Les études ont été effectuées pour une salle de classe type, c'est-à-dire ayant pour géométrie 7 x 7 x 2.7m avec 0.18 m d'épaisseur de mur.

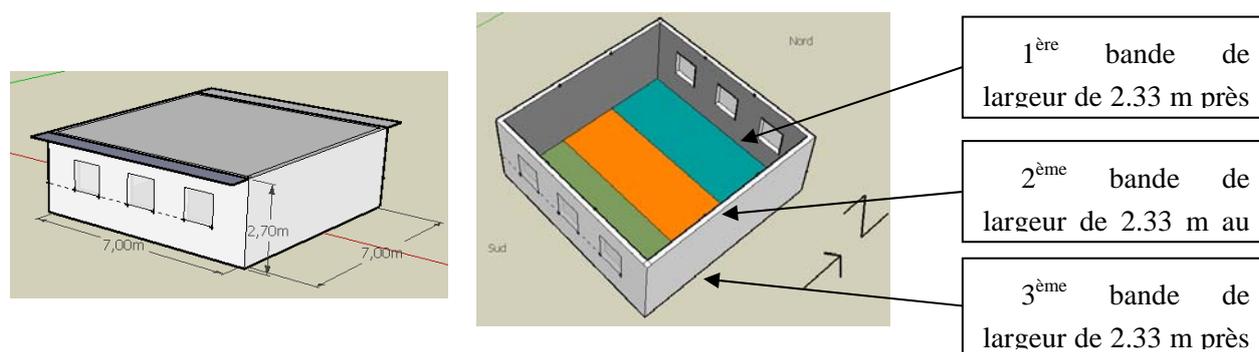


Figure 3 : Salle de classe type et zonage de la pièce en trois zones de largeur égale.

Les configurations d'orientation Nord/Sud et Est/Ouest ont été privilégiées pour les études avec l'utilisation de trois fenêtres centrées sur chacune des deux façades considérées. Toutes les études ont été effectuées pour un débord de type horizontal avec un fichier météo horaire de la zone de Saint-Pierre de type TMY. Nous avons également fait varier la porosité (pourcentage d'ouverture par rapport à la façade) afin de voir l'impact sur l'autonomie en éclairage naturel.

3.4. HYPOTHESES DE CALCULS

Les normes d'éclairage naturel prévoient sur un plan de travail au minimum une valeur de 200 lux pour des travaux de type bureau (INRS, 2005). Dans les études menées, la valeur d'éclairement admissible sur le plan de travail a été définie égale à 300 lux. Pour quantifier l'autonomie en éclairage naturel et donc pouvoir appréhender sa répartition vis-à-vis des ouvertures, la pièce a été divisée en trois bandes de largeur égale (voir figure 3). Les indices de réflectivité des murs, du sol et du plafond sont respectivement de 0.75, 0.45 et de 0.75.

Dans cette partie sont répertoriés les résultats de l'étude pour ainsi pouvoir mettre en évidence un compromis entre les protections solaires et l'éclairage dans la pièce.

3.5. COEFFICIENT D'ENSOLEILLEMENT C_m MOYEN SELON LES ORIENTATIONS DES OUVERTURES

Les valeurs des coefficients d'ensoleillement sont ici présentées en fonction de l'orientation des vitrages et en fonction du ratio d/h , d étant la dimension du débord de la protection et h la hauteur de la fenêtre. Ces valeurs de C_m sont également comparées par rapport aux indications de PERENE.

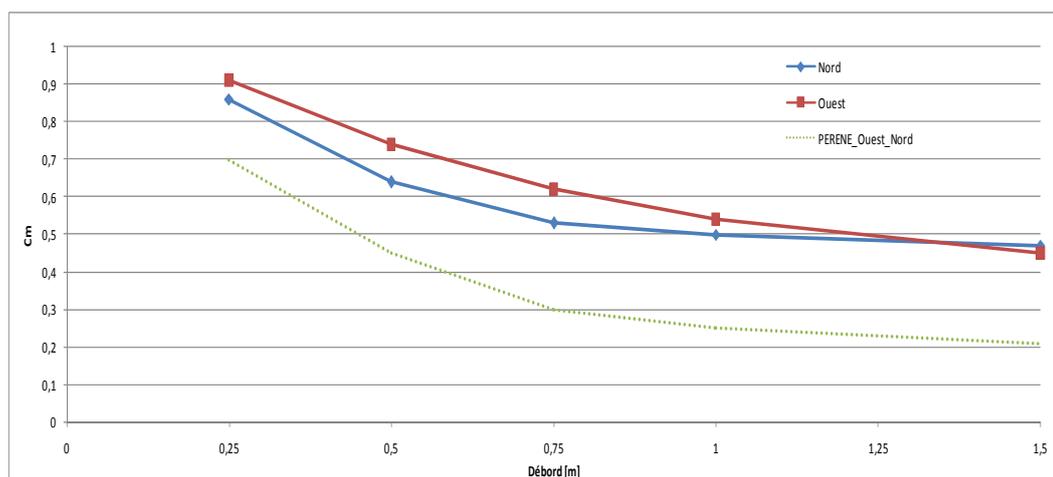


Figure 4 : Valeurs de C_m en fonction du ratio d/h pour des orientations Nord et Ouest

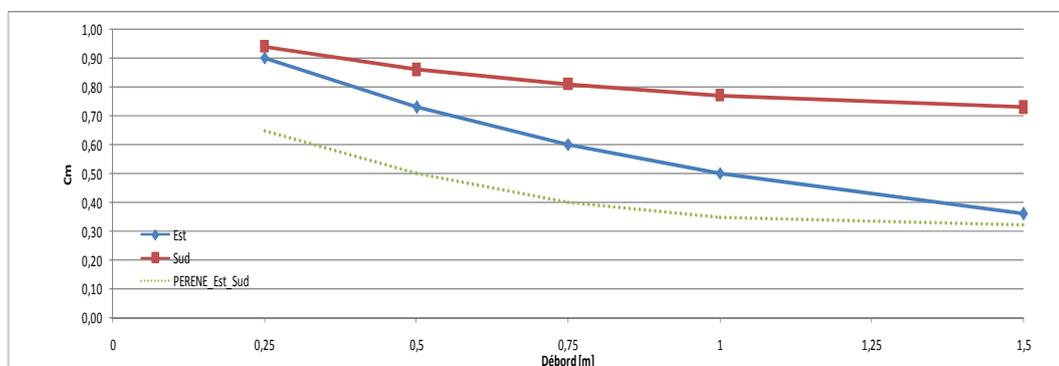


Figure 5 : Valeurs de C_m en fonction du ratio d/h pour des orientations Sud et Est

Nous pouvons remarquer que les objectifs fixés dans le référentiel PERENE ne sont presque jamais atteints si l'on suppose que le vitrage a un facteur de transmission égal à 1 (cas où l'ouverture est utilisée en ventilation naturelle et où celle-ci est donc ouverte). Rappelons que PERENE exige des valeurs de C_m de 0,3 et 0,25 respectivement pour les ouvertures Nord et Ouest. Des valeurs de C_m de 0,3 et 0,5 sont exigées respectivement pour des ouvertures Est et Sud. Seul un ratio d/h de 1,5 pourrait permettre d'atteindre PERENE pour une ouverture orientée Est.

Pour atteindre des valeurs de C_m comparable à PERENE, il faudrait jouer sur la transmission du vitrage, ce qui n'est pas possible si celle-ci est utilisée en ventilation naturelle. Il faudrait donc revoir les exigences du référentiel PERENE, du moins pour ce type de protection solaire.

3.6. ÉCLAIREMENT ET AUTONOMIE DES FENETRES NORD/SUD AVEC POROSITE DE 10%

L'éclairage disponible sur le plan de travail et les autonomies pour les trois bandes définies précédemment ont été déterminés. Seules les résultats des zones centrales seront présentés dans les Figures 4 et 5 car cette zone est la plus défavorable.

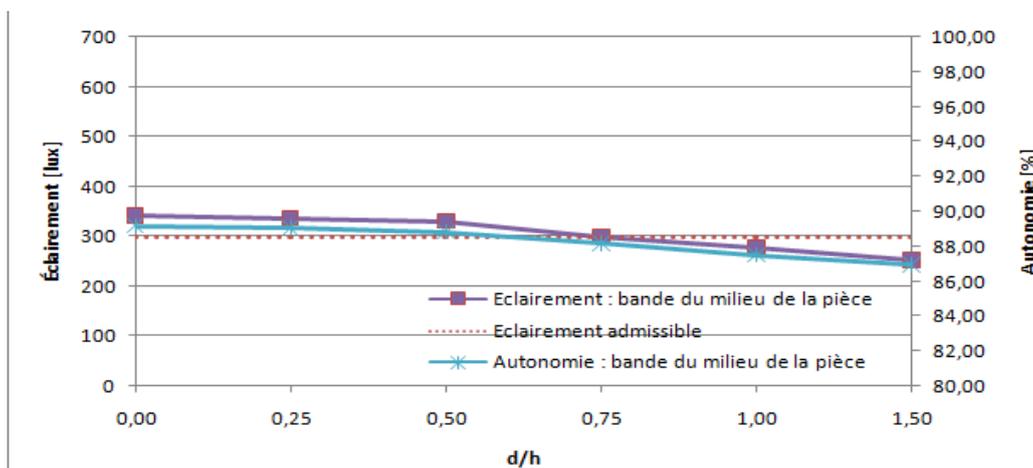


Figure 6 : Autonomie en éclairage naturel et niveau d'éclairage au centre de la pièce pour une orientation des ouvertures Nord-Sud.

On constate que l'éclairage disponible dans une salle de classe ayant 10% de porosité de vitrage, est supérieure à la valeur de 300 lux requis sur le plan de travail pour une valeur de débord d/h inférieur à 0,65. Ces valeurs de débord sont incompatibles avec les exigences de PERENE en terme de protection solaire. Au-delà, c'est-à-dire pour des valeurs de d/h supérieures à 0,75, le niveau d'éclairage est aux alentours de 250 lux. On voit donc qu'il y a incompatibilité entre protection solaire et éclairage naturel. Il faudrait donc revoir à la baisse les valeurs d'éclairage exigibles au centre de la pièce, peut être en fixant un seuil à 250 lux et fixer un pourcentage minimum d'autonomie en éclairage naturel. Une valeur acceptable pourrait se situer aux alentours de 88%.

Ces valeurs d'autonomie déterminées précédemment sont élevées (proche de 90%). Ces valeurs ne sont vraies que pour un éclairage de référence de 300 lux et chute lorsque cette valeur est revue à la hausse (cf Figure 5).

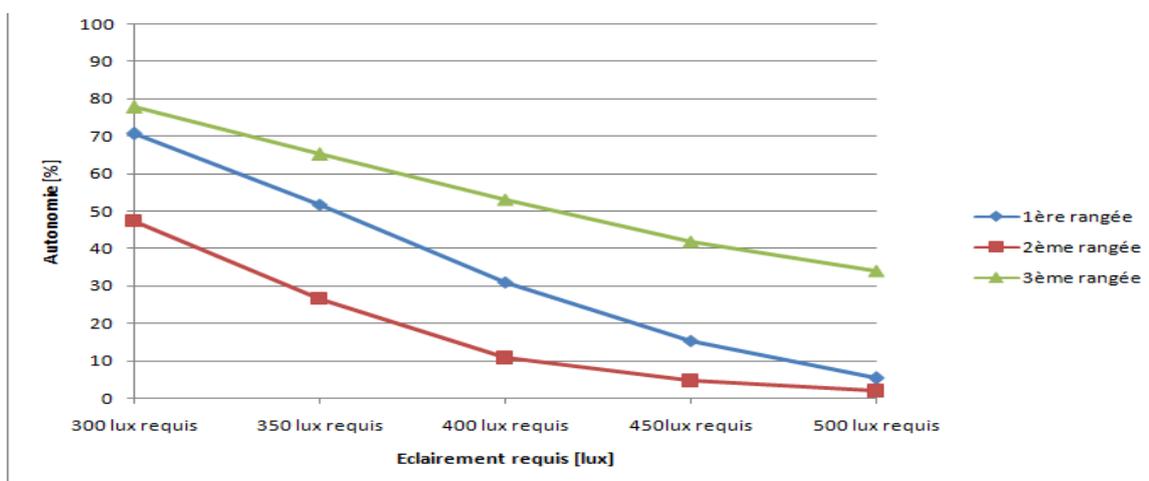


Figure 5 : Autonomie en fonction d'éclairage requis différent

4. CONCLUSION

Cette étude a permis d'appréhender les valeurs d'éclairage dans une pièce de type salle de classe en fonction des dimensions d'une protection solaire horizontale et de déterminer son influence mais aussi ses performances face à l'éclairage. Il est vrai qu'il existe une contradiction entre l'usage de l'éclairage naturel et celle des protections solaires. Nous avons vu que l'autonomie en éclairage naturel est atteinte pour des valeurs de débord d/h de 0,6 qui sont incompatibles avec les exigences de PERENE en terme de protection solaire. Il faudrait donc revoir à la baisse les valeurs d'éclairage exigibles au centre de la pièce, peut être en fixant un seuil à 250 lux et fixer un pourcentage minimum d'autonomie en éclairage naturel. Une valeur acceptable pourrait se situer aux alentours de 88%.

De plus, grâce à cette étude, nous sommes en mesure d'affirmer que les valeurs de PERENE utilisées en termes de protection solaire sont trop contraignantes vis-à-vis d'un apport de l'éclairage lumineux suffisant. Une protection de type débord ne permet pas d'atteindre les exigences actuelles en terme de facteur solaire

Pour permettre un compromis entre l'utilisation de protection solaire et une autonomie suffisante d'autres études doivent encore être menées, notamment en ce qui concerne les risques d'éblouissement et les seuils minimaux exigibles en terme d'éclairage sur le plan de travail. Par ailleurs, les travaux futurs vont également porter sur d'autres types de protections et d'autres locaux d'étude, notamment les locaux à usage de bureaux.

5. BIBLIOGRAPHIE

Adelard L. Garde F. (2008). Adaptation des cibles 04, 08 09 et 10 du référentiel HQE du CSTB au contexte des DOM. Actualisation Février 2008. Convention ADEME/UR.

Garde F. et al (2005). Elaboration of Thermal Standards for French Tropical Islands : Presentation of The PERENE Project, *Clima 2005*, october, 2005, Lausanne.

DaySim, (2007). http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/lighting/daylight/daysim_e.html

Energy Plus, (2007). <http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/getting.html>

Fontoyont.M, Tsangrassoulis.A, Synnefa.A (2004). *Synthlight Handbook : chapter 2 : daylighting.*

INRS. (2005), Soudry C., aide mémoire juridique TJ 13 : Éclairage des locaux de travail.

Marchio, Abdessalam, Casari. (1998) Guide pratique pour le tertiaire : maîtriser les apports par l'architecture (1998). Editeur : EDF

OFEN., Morel N., Scartezzini J.L . (2003). *Daylighting Buildings in the 21st century, IEA Solar task 31: rapport annuel 2003*

Sketchup, (2008). <http://sketchup.google.com>