

1. Introduction

La multiplicité des indicateurs issus des différents concepts intervenant dans le modèle conceptuel de la transparence ainsi que la variété de leur nature rend bien compte de la spécificité de la notion de transparence.

Ayant comme objectif d'établir un rapport de causalité, il serait opportun d'avoir recours à l'approche expérimentale. Cette dernière permettra en effet de mettre en relation les variables relevant simultanément de la paroi et de l'efficacité requises en termes de confort thermique et lumineux et de la vue vers l'extérieur dans l'espace de bureau.

Cette relation sera testée au moyen de simulations informatiques :

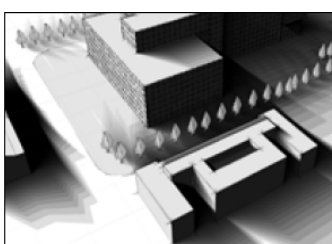
- Des niveaux d'éclairage sur le plan de travail et les rapports de luminances dans le champ visuel d'un usager assis au fond du local et regardant vers la paroi transparente.
- Des surfaces exposées aux radiations directes sur la façade transparente
- Des ratios d'ouverture dans le mur de la façade et le contenu de la vue vers l'extérieur.

2. Modèle expérimental : (voire chap.III).

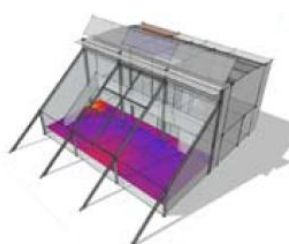
3. Les logiciels utilisés pour l'expérimentation :

3.1 Ecotect (V5.50)

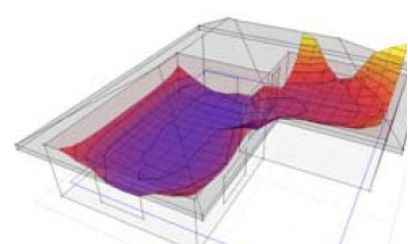
Ecotect (V5.50) est un logiciel de simulation complet de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à celle de détail qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. Ecotect offre un large éventail de fonctionnalités de simulation et d'analyse. C'est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. Il a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design (voir annexe B).



(a)



(b)



(c)

Figure V.1: Résultats de simulation sous Ecotect, ombrage (a), lumière du jour (b) et performances thermique (c). (Source : www.autodesk.com/ecotect-analysis)

3.2 Radiance (2.0 BETA) :

Le logiciel Radiance est un logiciel de création d'images réalistes sur le plan de la lumière naturelle. La très grande qualité et la précision de ses résultats en fait un des références dans le monde. Le rendu d'images réalistes avec un niveau de précision et de similitude très fort (entre les résultats d'une simulation numérique de l'éclairage et la réalité).cet outil peut être aussi rattaché à d'autres logiciels de simulation comme Ecotect (voir annexe B).

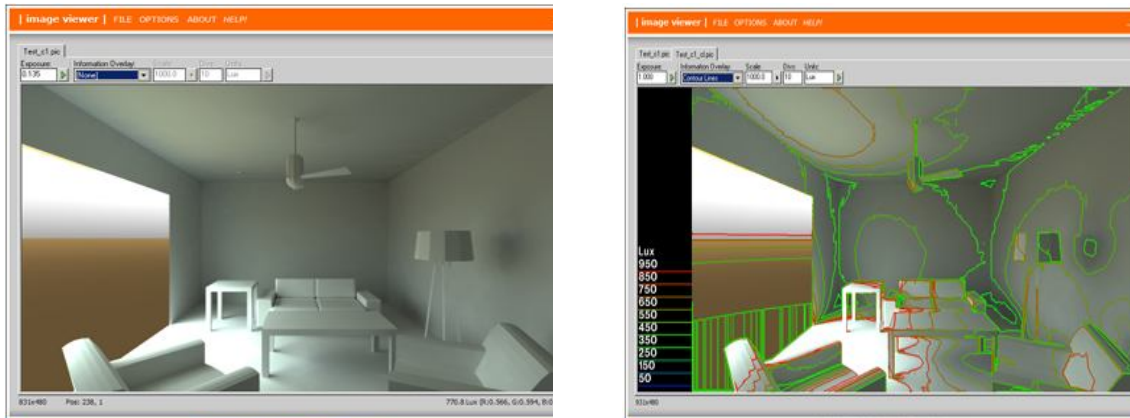


Figure V.2: Rendu d'image avec Radiance (à gauche rendu des gris, à droite rendu iso-lux)
(Source : http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Import_Radiance_Calculations_Tutorial)

3.3 Réalisation du model à simulé et intégration des donnée météorologique propre a la ville Biskra :

La réalisation des modèles à simulées à été effectué l'aide du logiciel Ecotect .Une première étape consiste à concevoir le volume (Fig.V.3) avec ces dimensions géométriques soit 7.87m de longueur ,5.25m de largeur et 3.5m de hauteur sous plafond.

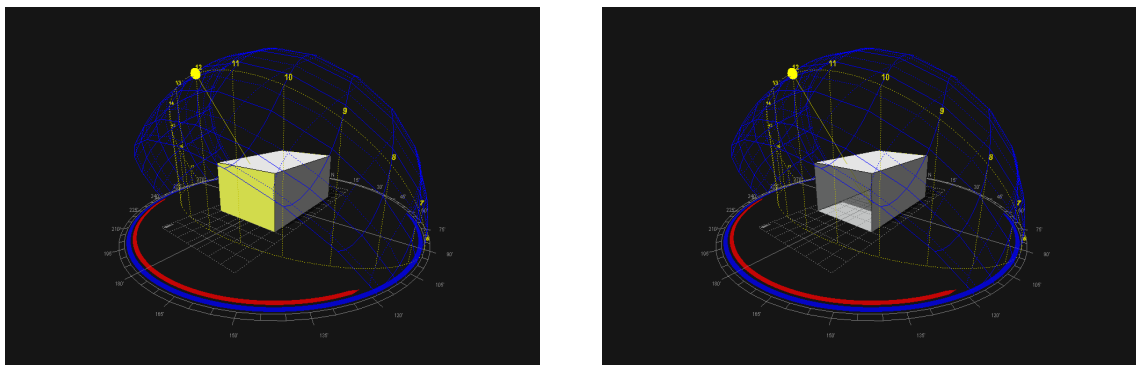
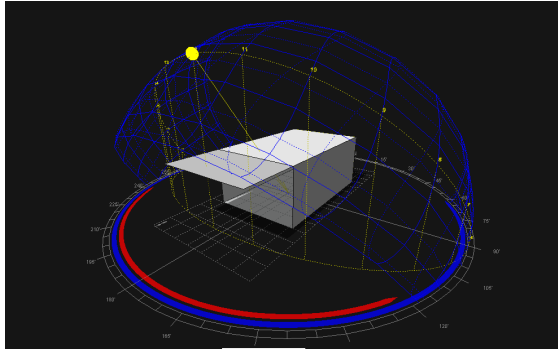


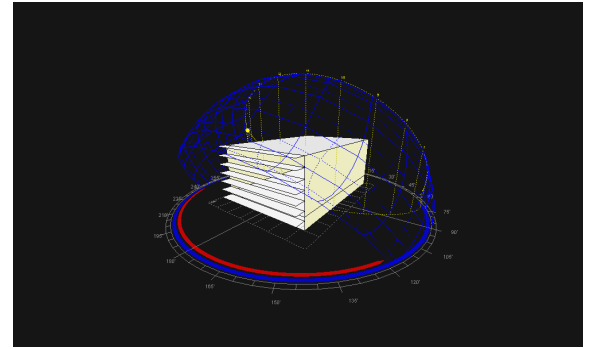
Figure V.3: Model du bureau à simulé (a gauche), et l'insertion du Mur rideau (à droite)

Une deuxième étape consiste à intégrer le mur rideau sur la façade du bureau.

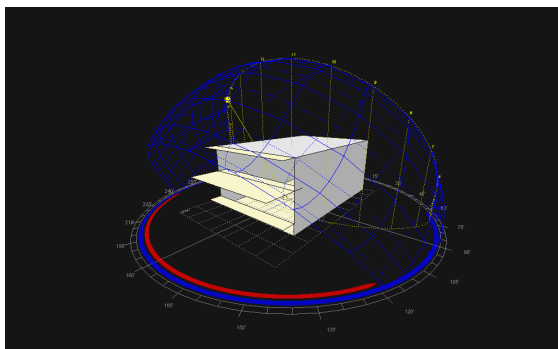
Une troisième étape consiste à intégrer les différentes protections associées aux différentes orientations pour Chaque modèle (voir section 6 ;chap.III).



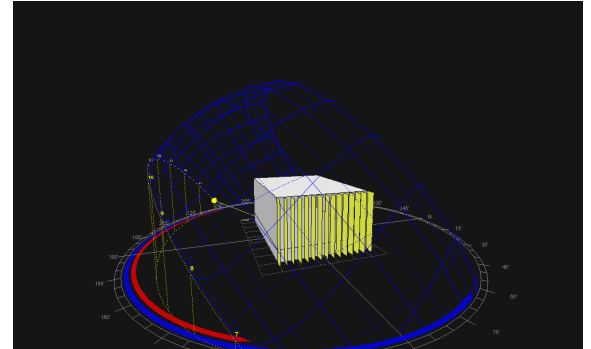
(a)



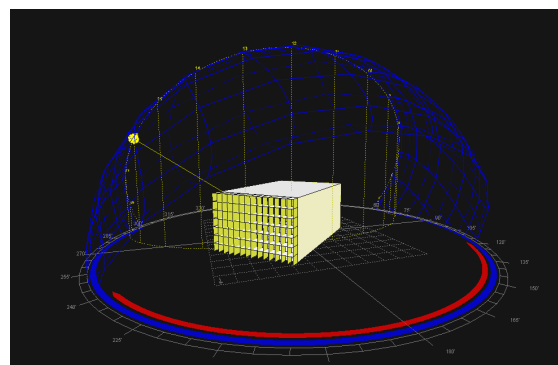
(b)



(c)



(d)



(e)

Figure V.4 : intégration des protections solaires aux modèles de bureau à simulés. (a) Auvent unique,(b) Auvent subdivisé,(c) Light shelf,(d) Flans ,(e) Nid d'abeille (Source : Auteur)

3.3.1. Intégration des données météorologiques :

Après la réalisation des modèles à simulés il a été nécessaire d'intégrer les données météorologiques de la ville de Biskra dans le logiciel Ecotect après avoir converti le fichier à un fichier (Wether data).Les étapes d'intégration des données sont comme suite :

Étape 1 : cliquer sur projet et chercher (Weather Data File)

Etape 2 : sélectionné le fichier (Weather Data) de la ville de Biskra sur le tableau (load Climate Data File) et cliquer sur ouvrir (Fig.V.5).

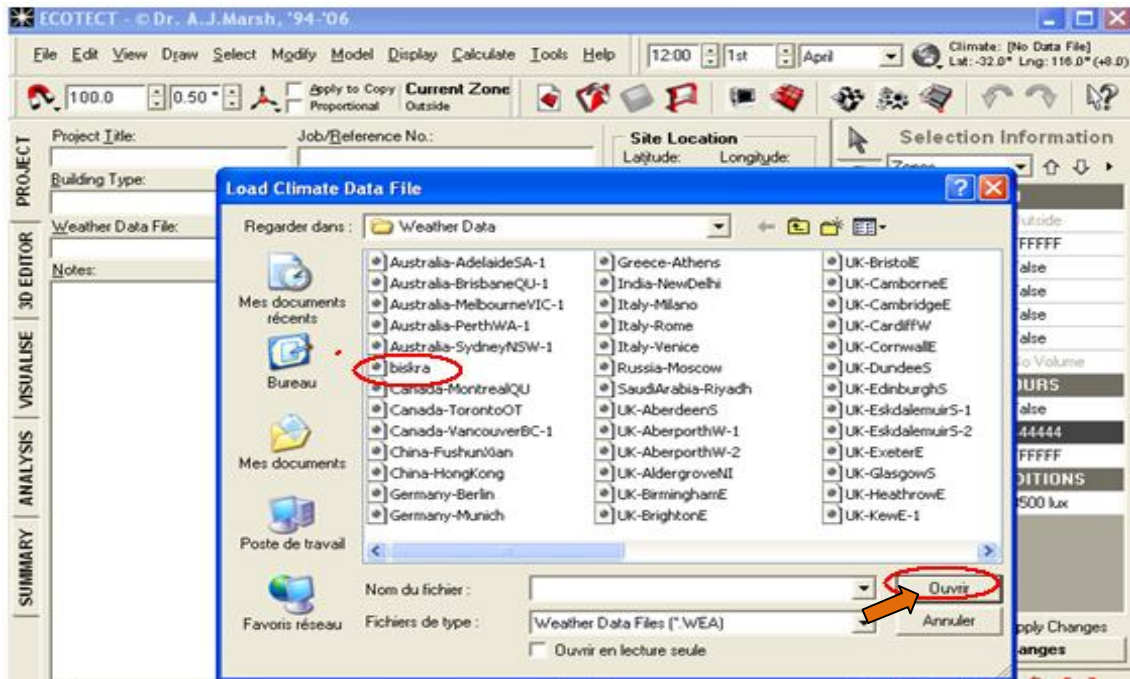


Figure V.5 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix des données climatiques de la ville de Biskra. (Source :Auteur)

Etape 3 : sauvegarder le nouveau changement des données climatiques en cliquant sur « oui » (Fig.V.6).

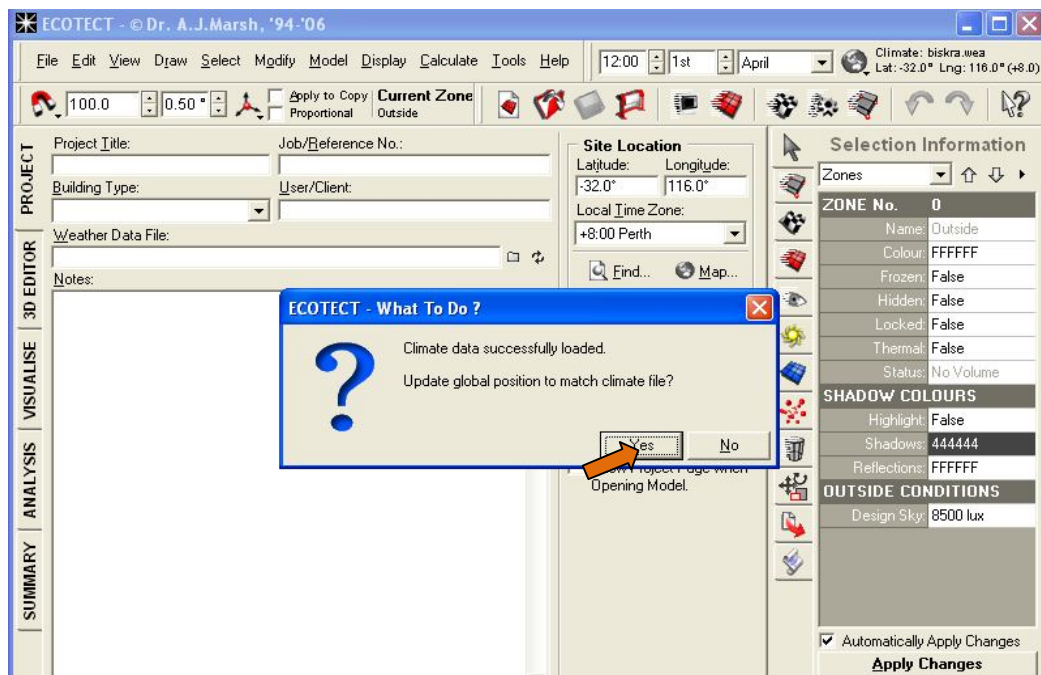


Figure V.6 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Confirmation de choix des données climatiques. (Source : Auteur)

Etape 4: les données climatiques de la ville de Biskra vont être affichées sur le logiciel Ecotect(Fig.V.7)

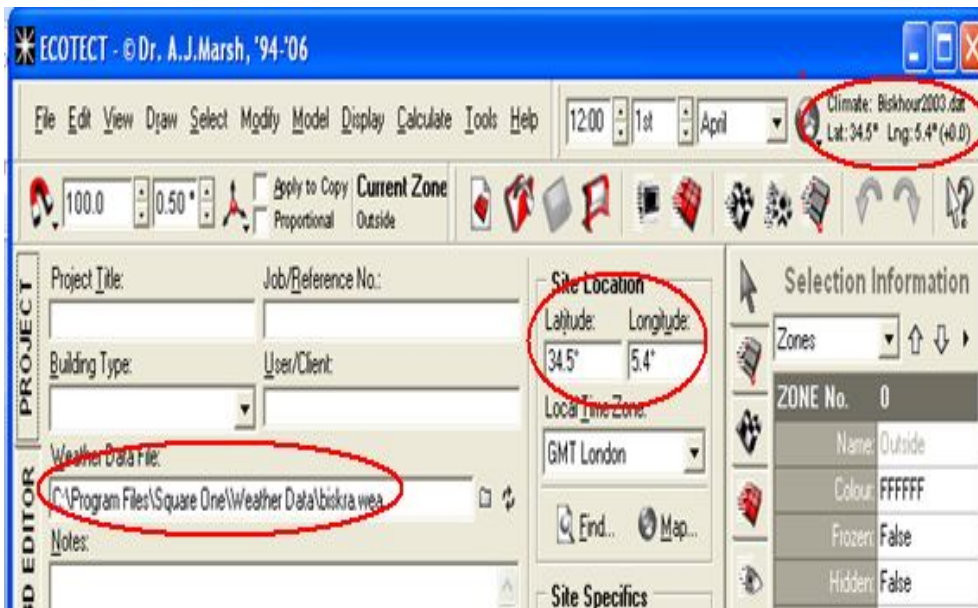


Figure V.7 : Affichage des données climatiques de la ville de Biskra sur l'interface logicielle Ecotect. (Source : Auteur)

3.4. Etude de l'éclairage naturel:

Les simulations pour l'étude des niveaux d'éclairages et des luminances ont été effectuées à l'aide du logiciel Radiance 2.0 BETA. Ci-dessous nous allons présenter les différentes étapes de la simulation :

Etape1 : consiste à importer Radiance dans l'interface du logiciel Ecotect. l'icône 'calculer' nous mène à notre choix de « analyse de la lumière »(Fig.V.8) cette dernière va afficher le point d'accès au logiciel Radiance « Exporte to Radiance for more detailed analysis »(Fig.V.9).

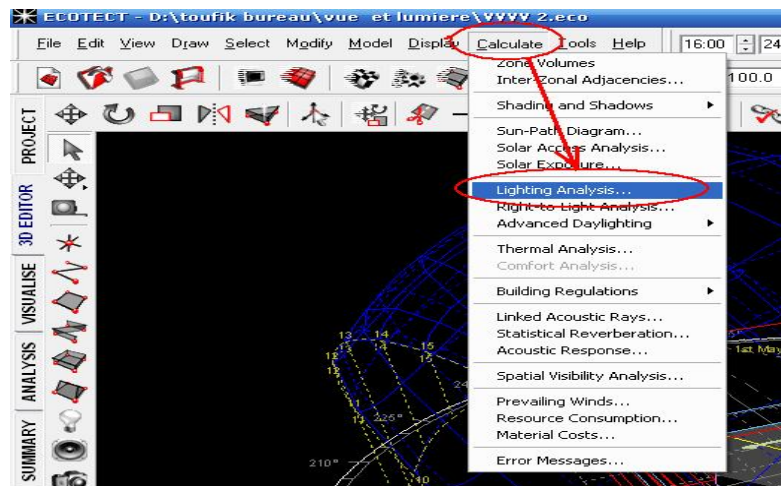


Figure V.8 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Rattaché Radiance à Ecotect. (Source : Auteur)

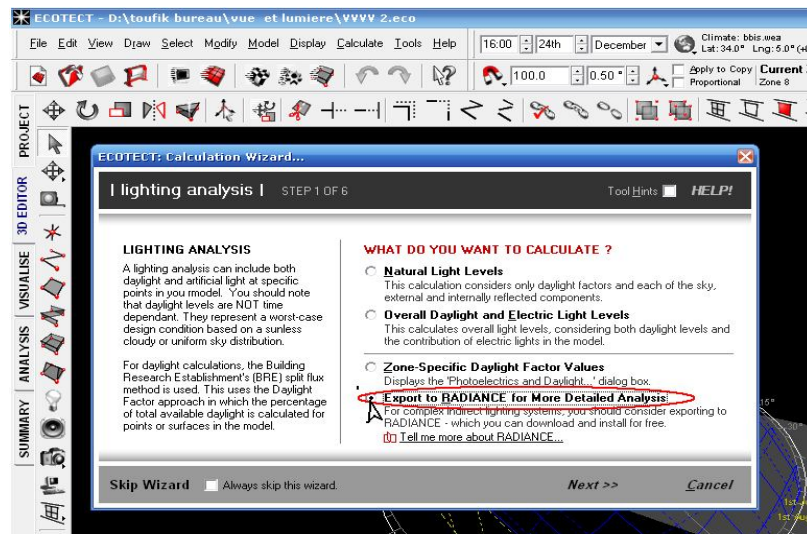


Figure V.9: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Point d'accès au logiciel Radiance. (Source : Auteur)

Étape 2 :Après avoir exporté le modèle a simulé à Radiance, nous obtenant un tableau de choix d'analyse (Fig.V.10) soit l'éclairement, la luminance ou le facteur de lumière du jour ,ensuite le choix sera porté sur le type de ciel « ciel claire ensoleillé(Fig .V.11).

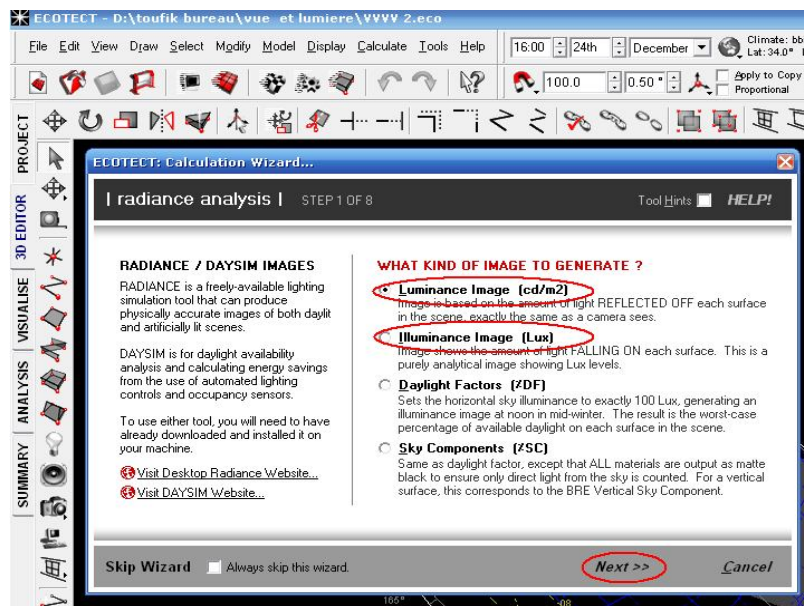


Figure V.10 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de type d'analyse de lumière. (Source : Auteur)

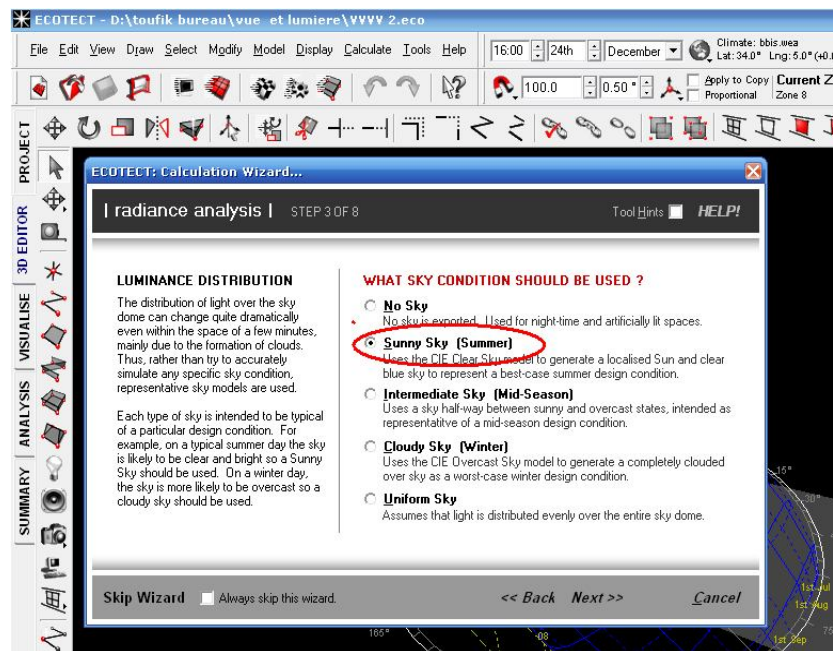


Figure V.11 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de type ciel.
(Source : Auteur)

Etape 3 : choisir l'heure le jour et le mois de simulation (Fig.IV.1), ainsi l'espace a simulé (intérieur ou extérieur)(Fig V.13).

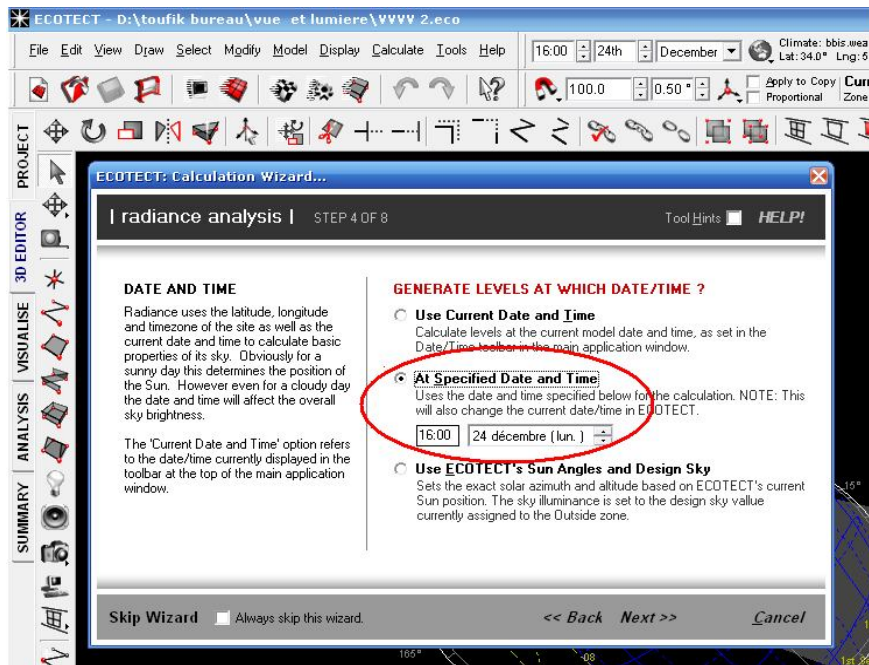


Figure V.12 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix du jour, l'heure et le mois de simulation. (Source : Auteur)

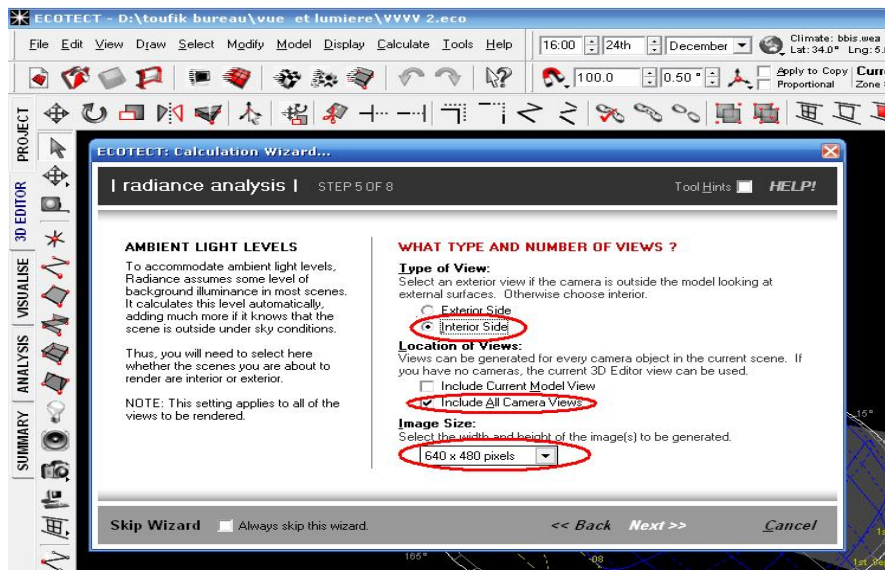


Figure V.13 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix d'espace a simulé. (Source : Auteur)

Etape 4 : sur le tableau 'Radiance analysis' on choisit la qualité de notre rendu (bas, moyenne ou supérieur (Fig V.14).

Etape 5 : Un tableau va nous indiqué que toutes les données reçus sont correcte, si non les données incorrecte seront indiqués par une croix rouge (Fig V.15).

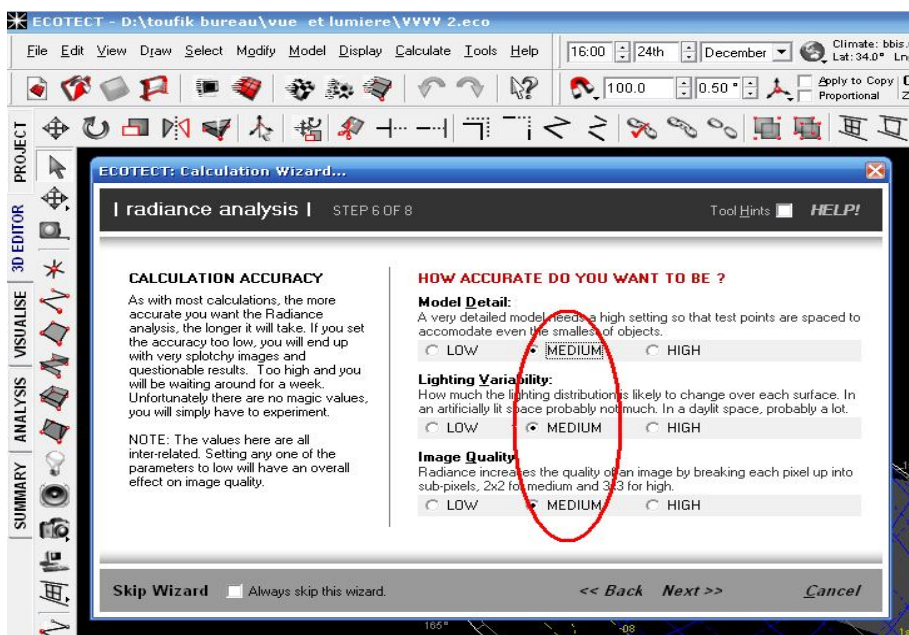


Figure V.14 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de la qualité du rendu. (Source : Auteur)

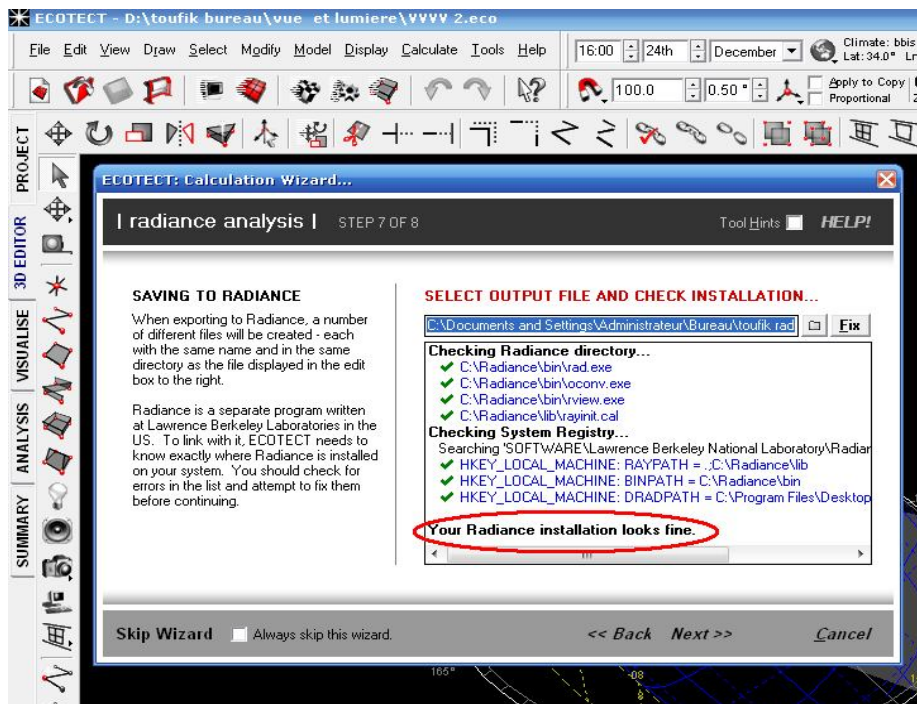


Figure V.15 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Installation correctes des in-put. (Source : Auteur)

Etape 6 : Tout les paramètres cités dans les étapes précédentes seront afficher sur le tableau « Radiance analysis » ci-dessus

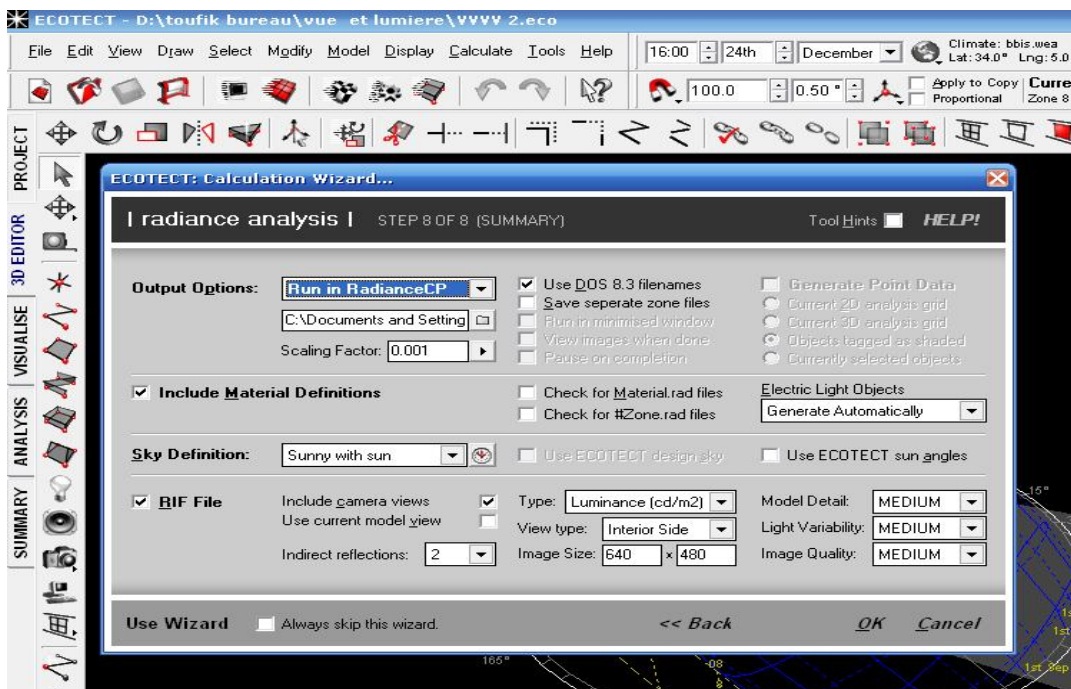


Figure V.16 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Module final d'importation entre Ecotect et Radiance . (Source : Auteur)

Ensuite on aura la vue en gris (Fig V.17) ou nous pouvons choisir le type de rendu soit i) ligne isolux ii) bandes isolux et iii) fausse couleur(Fig V.18a,18b,18c).

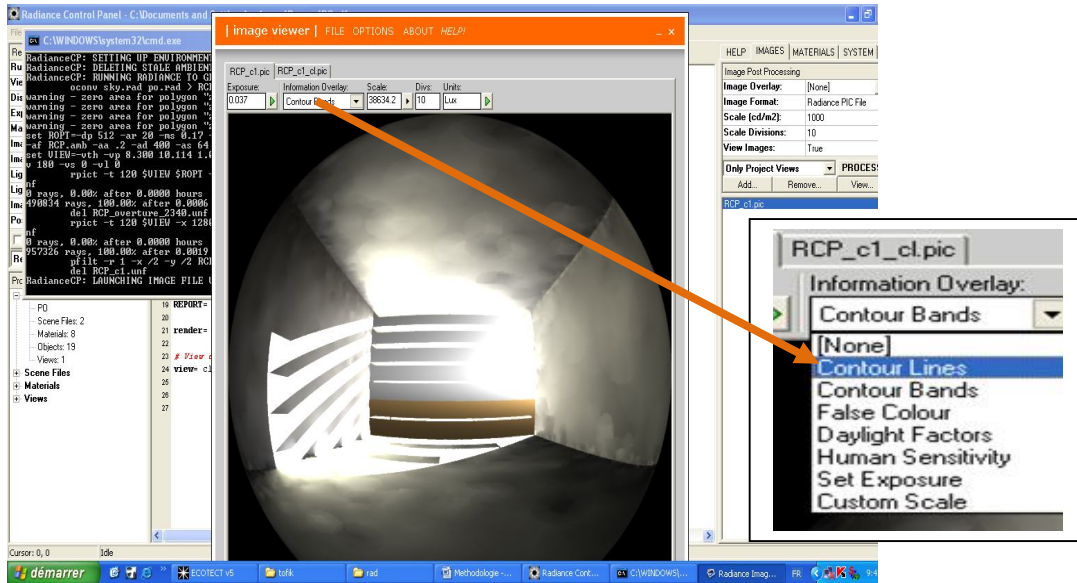
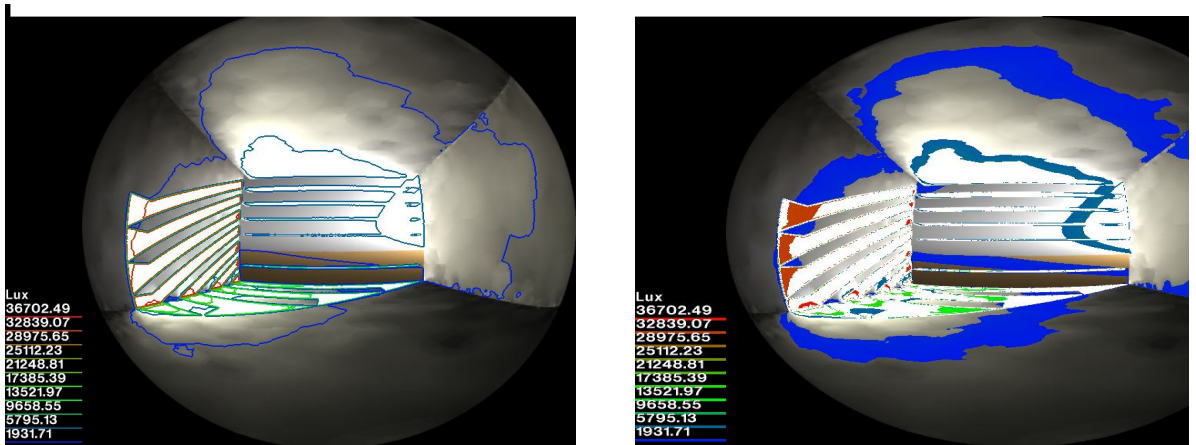
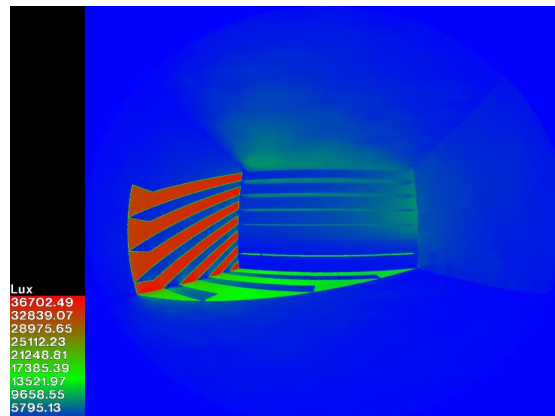


Figure V.17: Image fiche-eye ,rendu en gris par le logiciel Radiance.(Source : Auteu)



(a)

(b)



(c)

Figure V.18 : Images fiche-eye , d'un bureau simulé par le logiciel Radiance. (a) Lignes iso-lux,(b) Bandes iso-lux,(c) rendu fausses couleurs (Source : Auteur)

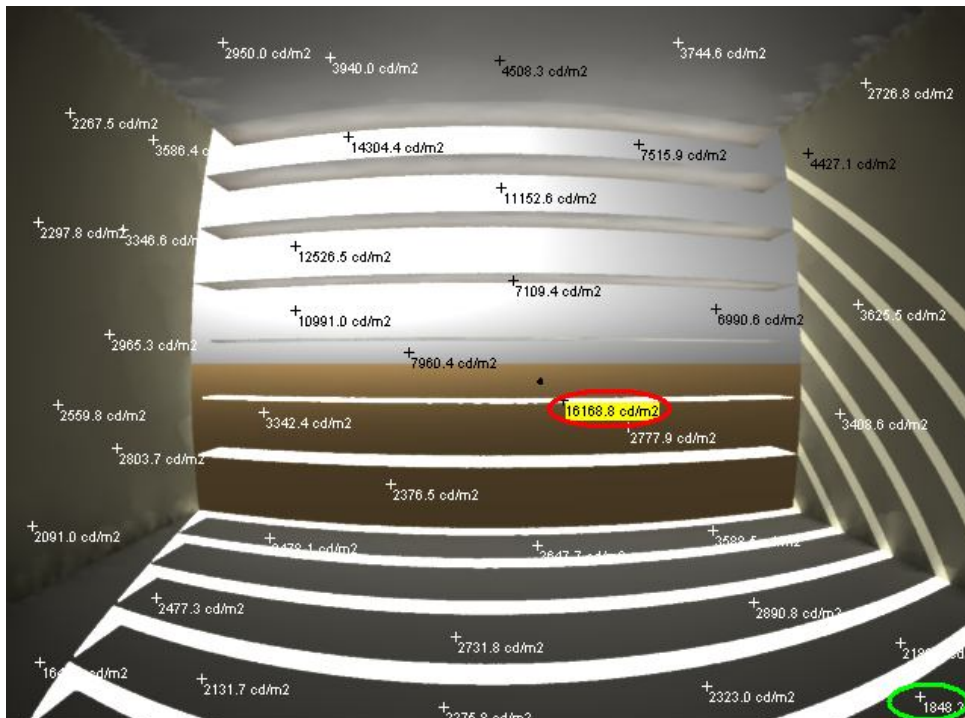


Figure V.19: Images fiche-eye , d'un bureau simulé par le logiciel Radiance.
Rendu en gris ,avec les valeurs de Luminance (Source : Auteur)

3.5. Études des performances thermiques :

L'étude des performances thermiques a été réalisée par la simulation des surfaces ensoleillées à l'aide du logiciel ECOTECT en suivant la trajectoire du soleil du levé au couché pour les journées du 21 Décembre, Mars et Juin.

3.5.1 Les étapes de calcul des surfaces ensoleillées

Pour afficher la façade du modèle on clic dans le menu sur 'vue' puis sur 'forant (xy)'

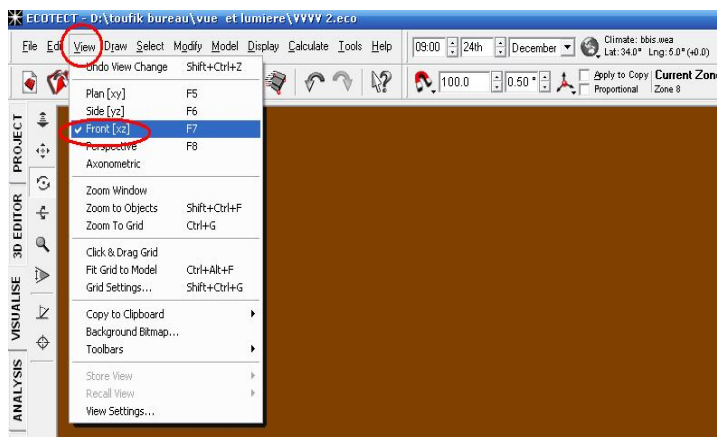


Figure V.20: Capture de l'interface logicielle Ecotect.
Choix de vue . (Source : Auteur)

Ensuite l'interface du logiciel affichera la façade du modèle en deux dimension (Fig .V.21).

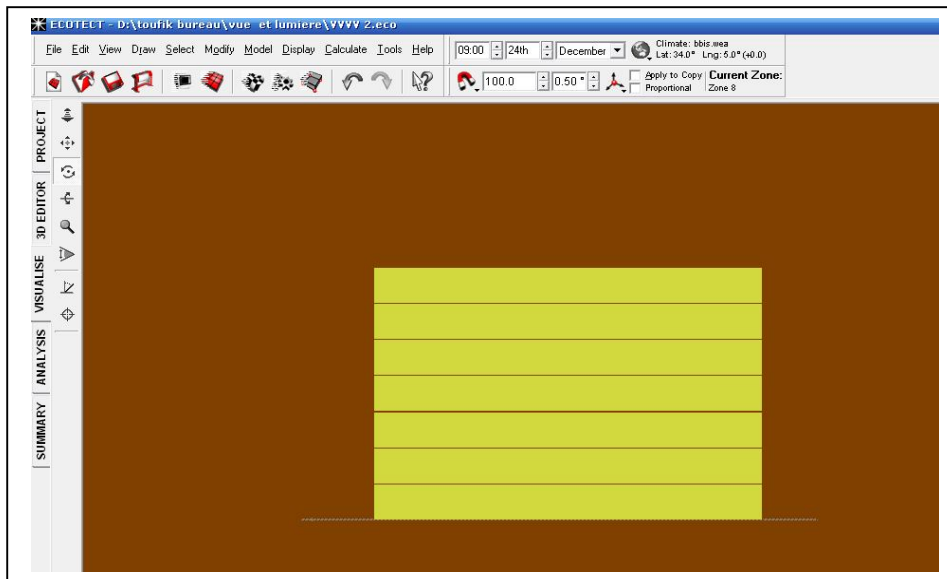


Figure V.21: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Façade du modèle à simulé. (Source : Auteur)

Une fois la façade crée on clic dans le menu sur 'display shading ' ce qui affiche la trajectoire du soleil avec l'ombre propre du modèle (Fig .V.22). On transfèrent l'image au logiciel Archicad qui va calculé les surface ensoleillées et ombragées.

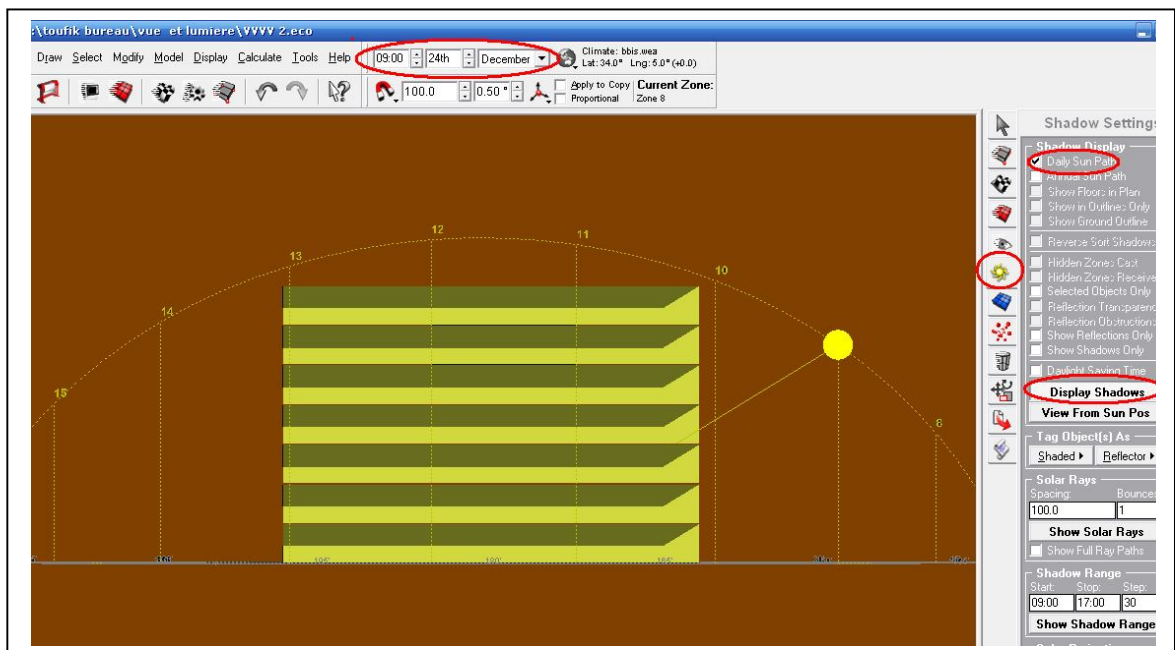
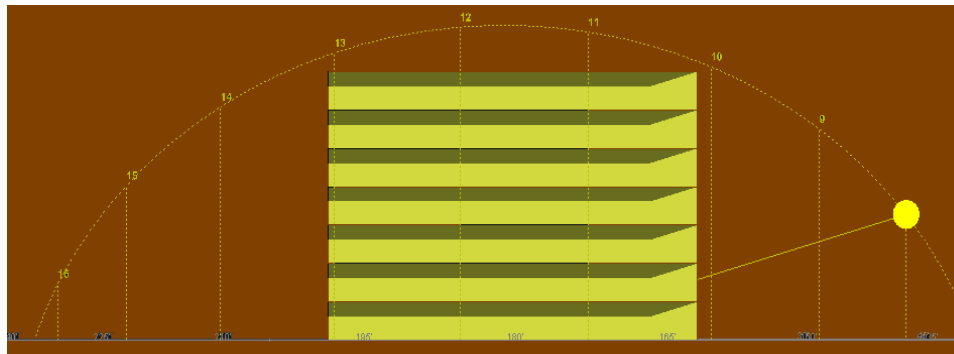
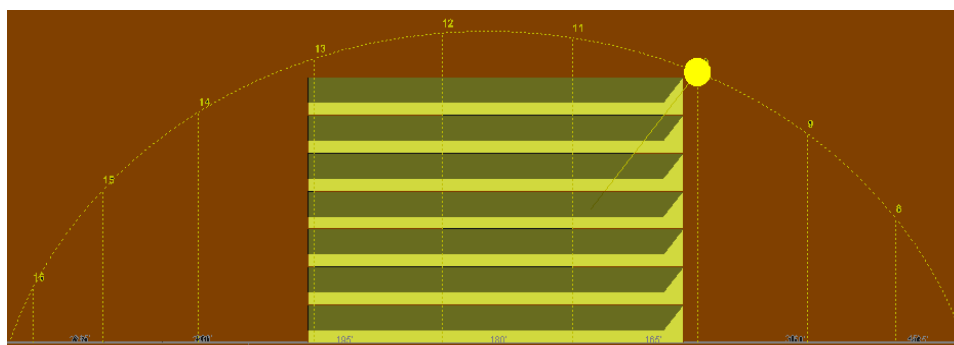


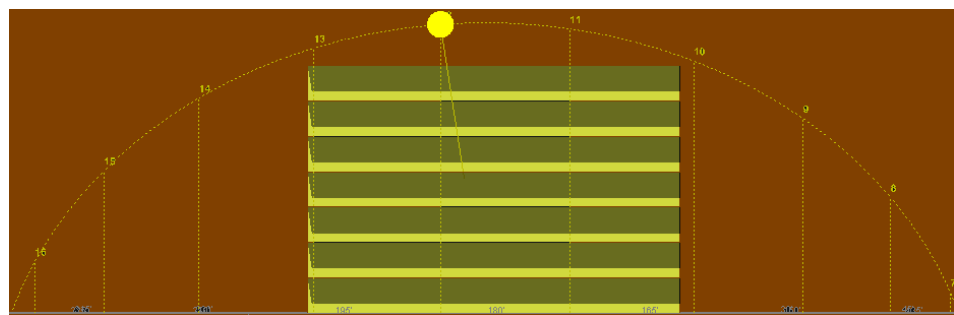
Figure V.22: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Simulation de l'ombrage propre. (Source : Auteur)



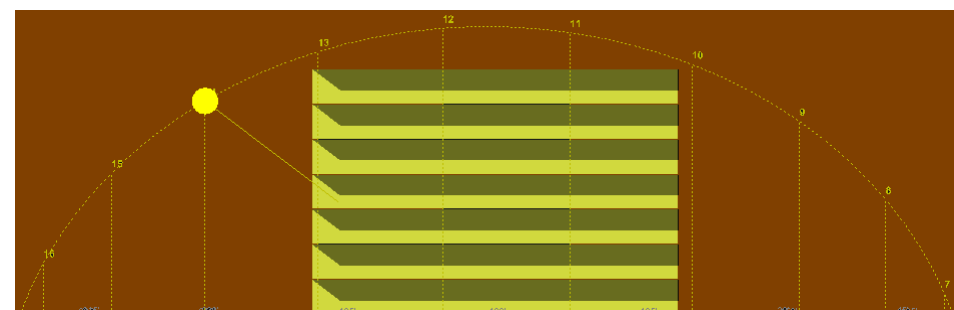
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure V.23: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Simulation de l'ombrage d'un bureau équipé d'auvent subdivisé orienté Sud .(a) a 8h,(b) a 10h,(c) a 12h,(d) a 14h (Source : Auteur)

3.6. Étude de la vue vers l'extérieure :

Pour le calcul du contenu de la vue, on a transféré l'image obtenue par le logiciel Ecotect de la vue sur l'extérieur du bureau (Fig.V.24) sur le logiciel de conception architecturale Archicad.14. Le logiciel va calculer les surfaces pleines et vides en (m²)(Fig.V.25).

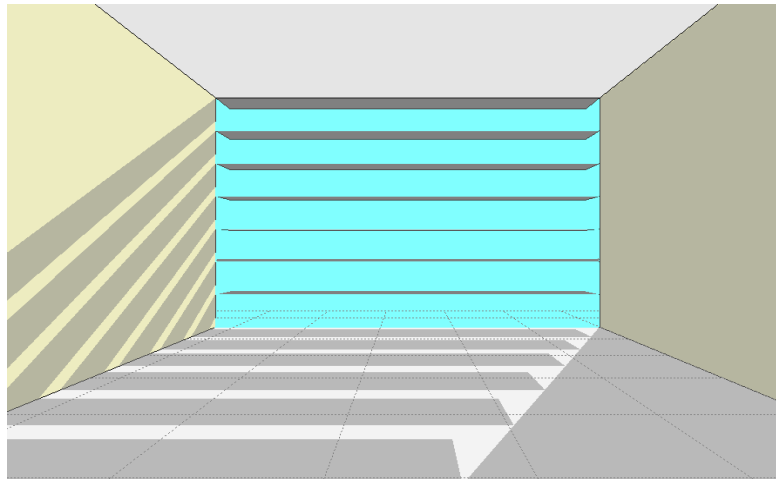


Figure V.24: Simulation de la vue sur l'extérieur par Ecotect (Source : Auteur)

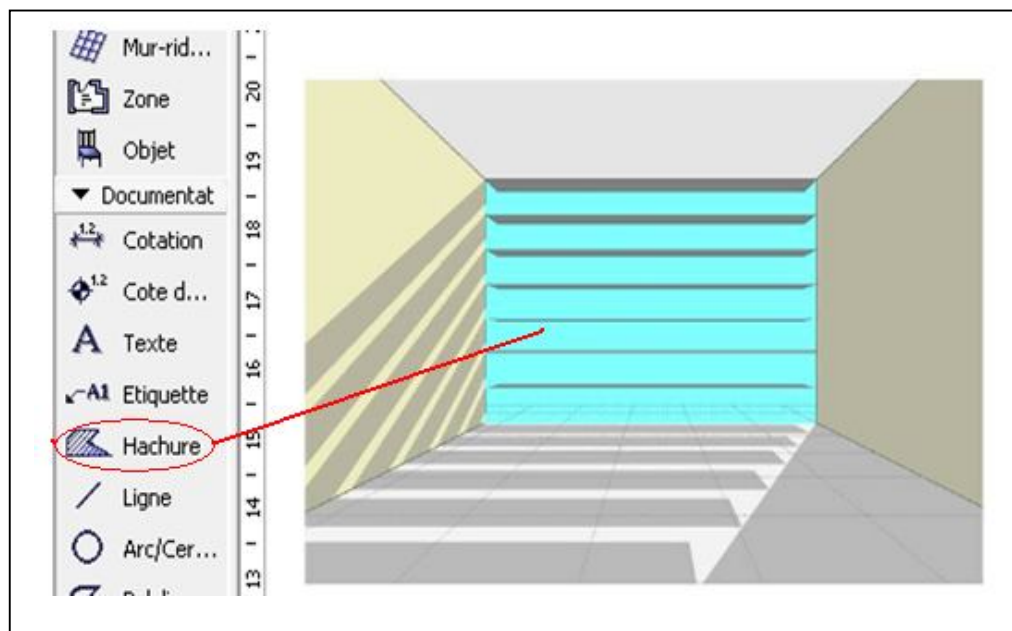


Figure V.25: Capture de l'interface logicielle Archicad.14. Calcul de la surface de la vue (Source : Auteur)

4. Valeurs référentielles :

4.1. Valeurs référentielles pour l'éclairage naturel :

Comme le font remarquer Veitch et Newsham (1996), il n'y a pas vraiment de consensus sur ce qui constitue une bonne qualité d'éclairage. De plus, tel que mentionné par Galasiu et Veitch (2006), le niveau d'éclairement préféré dans un bureau éclairé naturellement est très variable d'une personne à une autre.

Généralement, une bonne visibilité se définit par la présence d'une quantité adéquate de lumière permettant à l'occupant d'accomplir ses tâches, une distribution uniforme de l'éclairement et de la luminance, l'absence d'éblouissement (Fontoynt ;2002).

4.1.1 Valeurs d'éclairement minimal et maximal recommandé:

Le micro-champ visuel d'un usager de bureau englobe le plan horizontal de son poste de travail et aussi le plan vertical dans le cas de travail sur ordinateur. Les mesures effectuées dans ce micro-champ visuel sont Le niveau d'éclairement horizontal reçu sur le plan de travail horizontal exactement à l'endroit où l'utilisateur regarde lorsqu'il effectue des tâches visuelles comme la lecture ou l'écriture. Dans le tableau V.1 nous présentant quelques valeurs d'éclairement recommandées et qui sont fondées sur les expériences réalisées dans la pratique.

4.1.2 Uniformité des zones d'éclairement

Pour l'analyse de l'uniformité des zones d'éclairages il a été nécessaire de construit une échelle suivant le nombre de zone sur le plan de travail i) une zone (éclairage uniforme) ii) deux zones (éclairage moyennement uniforme) iii) trois zones (éclairage non uniforme) comme illustré dans le tableau V.2 .

Éclairage min	Éclairage max	Référence
500 lux	2000 lux	Robbins C.L., <i>Daylighting Design and Analysis</i> , Van Nostrand Reinhold, New York, 1986.
100 lux	2000 lux	Nabil, A., Mardaljevic, J. (2005) Useful daylight illuminance : a new paradigm for assessing daylight in buildings, <i>Lighting Research and Technology</i> , vol. 37, no. 1, pp. 41-59.
200 lux	2000 lux	Fontoynt M. (Ed.), (1999). <i>Daylight Performance of Buildings</i> . James and James, London.
500 lux	1000 lux	A.F.E., <i>Recommandations relatives à l'éclairage intérieur</i> , 10 ^e édition-octobre 1977.PP.12-14
300 lux	1500 lux	<i>Basic Data for the design of buildings :Daylight</i> .Draft for Development,DD73 :1982,British Standards Inst.
200 lux	2000 lux	Shanus,M.D.,Windhein ,L.S.,Riegel,R.J.,Davy,K.V.,Going beyond the perimeter with daylight.Conference proceeding :IES Annual Conference,Los Angles,1983.(IES,New York,1983) ;and Lighting Design and application,14,(3),pp.30-40 ;1984.

Tableau V.1: Valeurs d'éclairage recommandées sur le plan de travail (Source : Auteur)

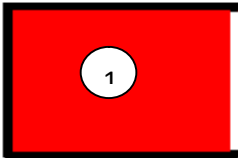
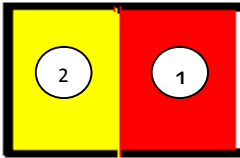
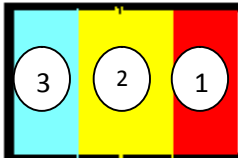
Éclairage sur le Plan de travail			
Nombre de zone	1 zone	2 zones	3 zones
Observation	Uniforme	Moyennement uniforme	Non uniforme

Tableau V.2: Tableau illustrant l'échelle de l'uniformité des valeurs d'éclairages sur le plan de travail (Source : Auteur)

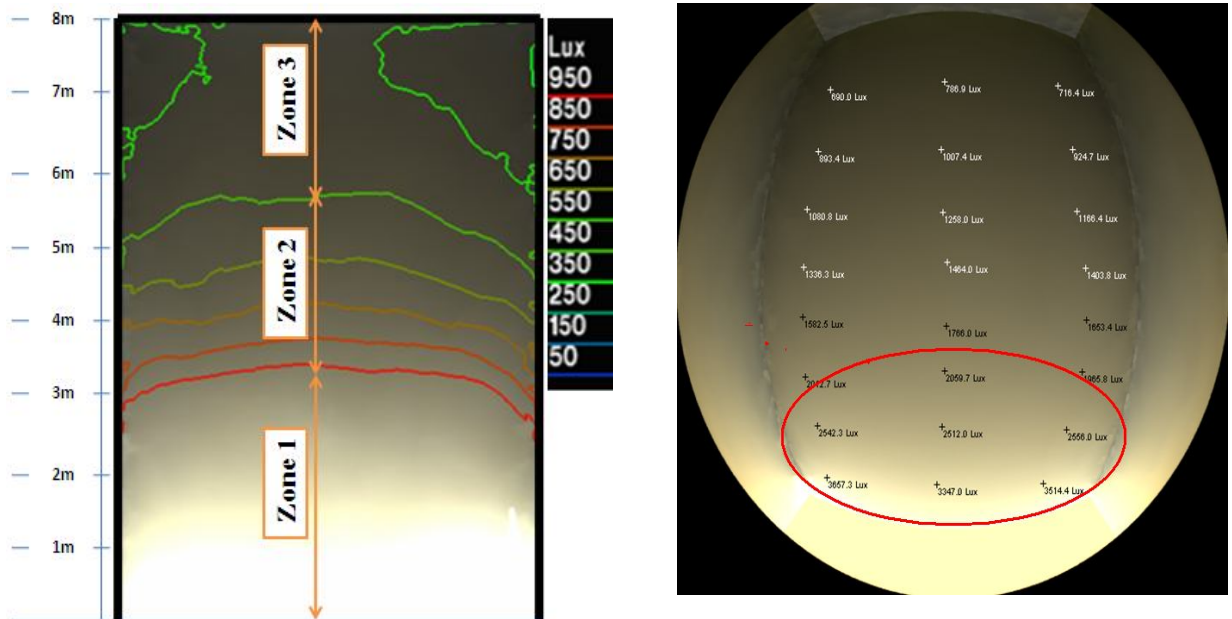


Figure V.26: simulation de nombre de zones d'éclairage sur le plan de travail (courbes iso-lux a gauche ,image fish-eye a droite) (Source : Auteur)

4.1.3 Luminance dans le macro-champ visuel :

4.1.3.1 Détermination du macro-champ visuel :

En pratique, la mesure du champ visuel n'est pas sans complexité. Une revue des travaux de recherche expérimentaux ou in situ dévoile la difficulté de la subdivision du champ visuel en trois zones. En effet, il serait non aisé et temporellement coûteux de le répartir sur la base de cônes et d'angles. Les chercheurs dans le domaine de l'éclairage du bâtiment ont donc recours à des simplifications qui facilitent ce fractionnement sans pour autant réduire de sa significativité.

Piccoli et *al.* (2004) présentent une méthode d'évaluation portant sur les ratios de luminance dans l'espace. Cette procédure délimite les zones du micro-champ de vision où le regard est dirigé de manière prédominante (Fig.V.27).

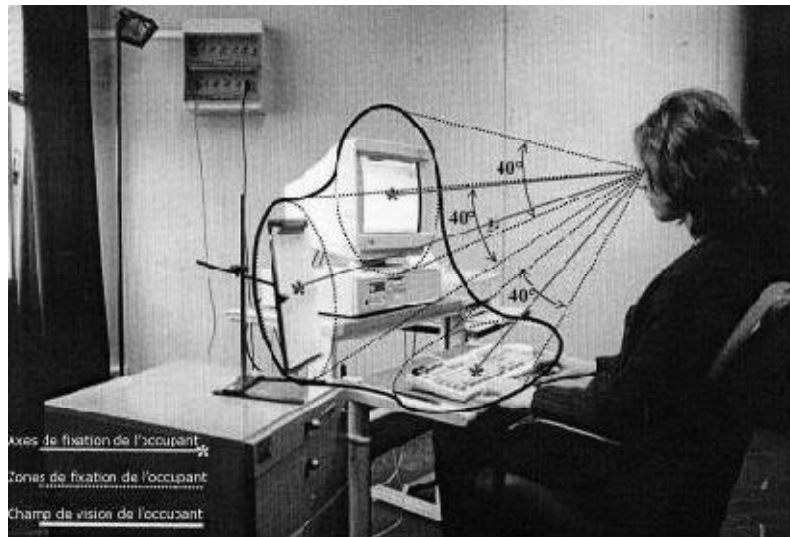


Figure V.27: Micro-Champ visuel de l'occupant (Source: Piccoli, 2004, p.33).

On constate de manière générale que le champ de vision est divisé en deux zones plutôt que trois. La première englobe à la fois le champ central et l'entourage immédiat. La seconde inclut le reste du champ visuel. V. Berruto (1996) désigne la première zone tout simplement par Ergorama et la seconde par Panorama et les insère toutes les deux au sein d'une même image fish-eye à 180°. D. Loe (1998) parle, quant à lui, de lumière de la tâche et lumière du bâtiment correspondant respectivement au micro-champ visuel (celui de la tâche) et au macrochamp visuel (celui l'environnant) (Fig.V.28). Le 'champ visuel total sur l'axe principal de la vue' introduit par T. Moore et al (2002 ; 2003) est réparti en deux zones aussi. La première 'champ proche' comprend le poste de travail dont l'utilisateur contrôle l'éclairage et inclut le bureau, l'écran de l'ordinateur ainsi que toutes partitions et surfaces verticales qui délimitent l'espace de travail. La seconde zone appelée 'champ lointain' concerne les régions les plus éloign

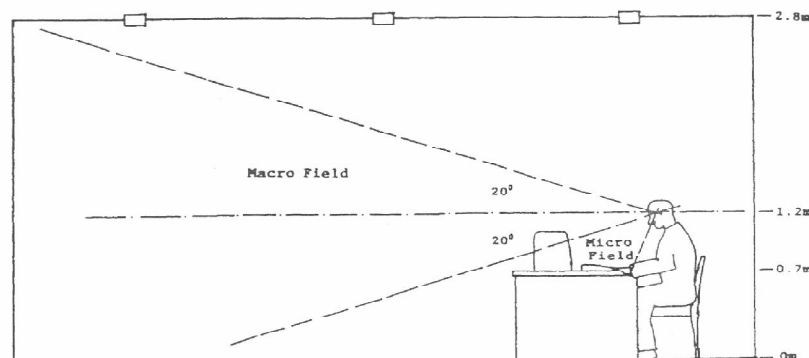


Figure V.28: Macro -champ et micro-champ visuels (Source : Loe, 1998)

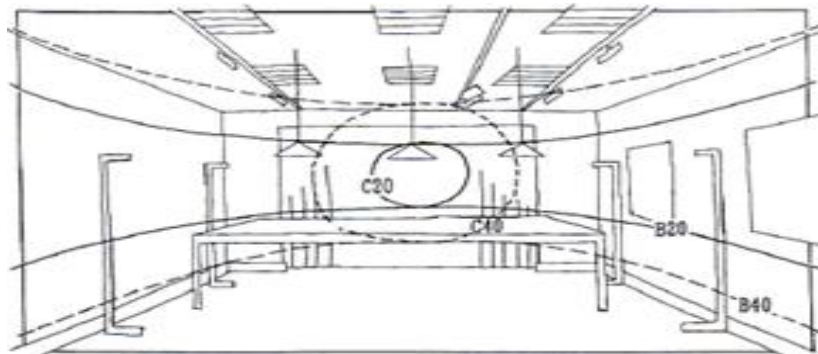


Figure V.29: Schéma illustre le champ visuel horizontal 40° de Loe (Source : Loe et al.,2000)

Peu d'études qui on suggérer d'utiliser les valeurs des luminances pour un angle moins de 40° pour évaluer les scènes de contrastes (Fig.V.30) .

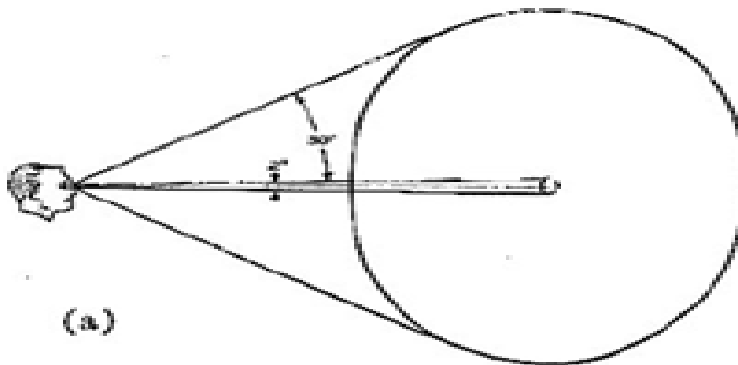


Figure V.30: Schéma illustre le champ visuel horizontal 30° (Source : IESNA,1952)

Pour leur part, I.Vorapat (2005) et Sutter et al (2006) et font référence aux travaux de Dubois (2003) qui, suite à une recension de la littérature, a pu définir deux champs de vision comme suit i) cône de 60° pour le micro-champs et ii) cône de 120° pour le macro-champs visuel (Fig.V.31)

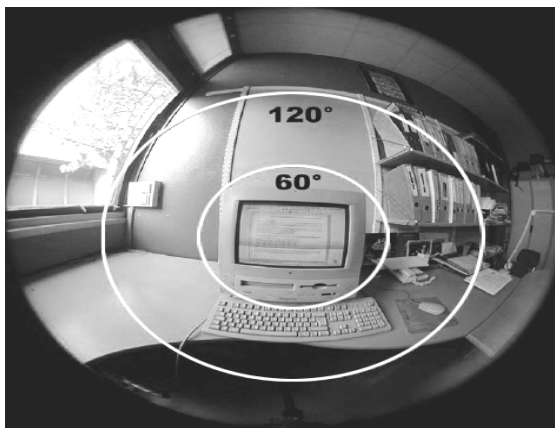


Figure V.31: Délimitation des zones pour l'étude des ratios de luminance (Source: Sutter et al., 2006, p.784).

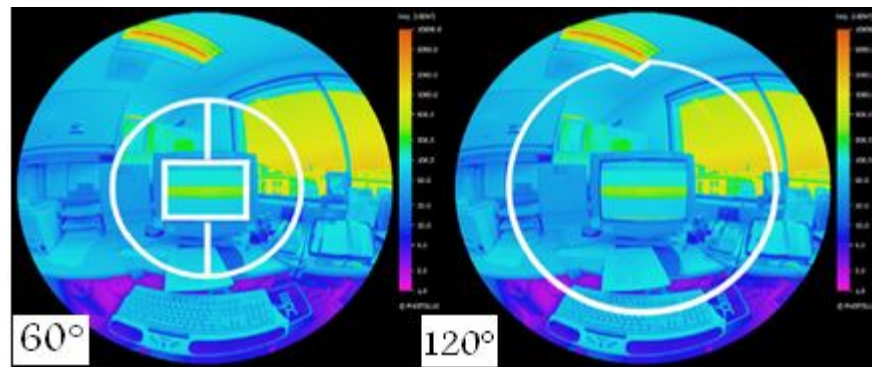


Figure V.32: Délimitation des zones pour l'étude des ratios de luminance (Source: Vorapat , 2005)

La définition des champs de vision demeure imprécise. Afin de pallier à ce problème, et étant que notre simulation prend en compte un employé assis au fond du bureau et regardant vers la fenêtre, le champ de vision proposé par D. Loe (1998) sera le plus approprié à notre cas d'étude.

4.1.3.2 Ratios de luminance dans le champ de vision

L'importance de considérer les ratios de luminance présents dans l'environnement découle

du fait que l'œil, malgré sa capacité à supporter de grandes variations de luminance, ne peut s'adapter simultanément à plusieurs niveaux différents (Marty et *al.*, 2003). De plus, tel que mentionné par Athienitis et Tzempelikos (2002), un contraste trop élevé entre deux surfaces juxtaposées peut constituer une source d'inconfort et de fatigue visuelle pour l'occupant.

Ainsi, comme le souligne Moore et *al.* (2002), un large consensus au sein de la communauté des chercheurs indique que la définition de la qualité lumineuse doit tenir compte de la perception de la luminance des surfaces composant l'espace.

Sutter et *al.* (2006) mentionnent que de manière générale la littérature reconnaît le ratio 1:3:10 entre la zone de la tâche (écran ou papier), les zones avoisinantes à la tâche et les zones plus éloignées de la tâche. Cependant, la définition de ces zones demeure imprécise. Afin de pallier à ce problème, Sutter et *al.* (2006) font référence aux travaux de Dubois (2003) qui, suite à une recension de la littérature, a pu définir ces zones comme suit :

- La luminance dans le champ de vision (cône de 60 degrés) ne doit pas excéder trois fois la luminance de la tâche visuelle ou être inférieure à un tiers de cette même luminance.
- La luminance dans une cône de 120 degrés ne doit pas excéder Dix fois la luminance de la tâche visuelle ou être inférieure à un dixième de cette même luminance.

De leurs parts (Baker et al, 1993). Les valeurs recommandées pour le Rapport luminance minimale / luminance maximale), dans le macro-champ visuel sont de 1/20 à 1/40 entre une source lumineuse et importe qu'elle point dans le champ visuel.

Ratios des luminances	Références
Entre tâche et obscurité environnante 1/3 Entre tâche et surface obscure éloignée 1/10 Entre une source lumineuse et surface environnante 1/20 Un contraste maximum 1/40	Baker N. et al (1993). <i>Daylighting in Architecture. A European Reference Book.</i> James and James, London.
Entre papier et tâche : 1/3 Entre tâche et surface voisine : 1/3 Entre tâche et surface environnante : 1/10	Illuminating Engineering Society of North America. (2000). <i>IESNA Lighting Handbook</i> (9 th Edition). New York, NY: IESNA.

Tableau V.3: Ratios de luminances recommander (Source: Auteur)

Vu que notre étude pour les rapports de luminances est limitée au macro-champ visuel, ont utilise la référence de (baker, 1993)

Pour notre cas d'étude la durée de la journée est équivalente au nombre des périodes de mesure par simulation. Ce nombre a été fixé à 4. Notre échelle d'évaluation a été conçue par l'évaluation des nombres de fois dont le ration est inferieur ou égale à 1/40.

- Une fois sur 4 : inconfortable
- Deux fois sur 4 : moyennement confortable
- Trois fois sur 4 : confortable
- Quatre fois sur 4 : très confortable

4.2. Valeurs référentielles pour les performances thermiques :

Après avoir simulé l'effet de l'ombrage pour toutes les protections, un tableau récapitulatif permettant la collecte de ces données et préparant leur synthèse a été élaboré (Tab.V.4) . Ce tableau contient :

En rangées, les heures pour lesquelles les simulations ont été réalisées.

En colonnes, il contient respectivement :

- 1- La valeur en m² de la surface A qui représente, pour notre cas, la surface de la façade sans protection solaire, et ayant donc un facteur de transmission de 100%.
- 2- La valeur B en Wh/m² de l'énergie des radiations solaires directes relativement aux orientations principales et celles secondaires. Les valeurs considérées pour le calcul sont celles de Biskra (Michel Capderou,85).
- 3- La valeur C en m² des surfaces ensoleillées de chaque cas de protection.
- 4- Le produit de la surface A avec B, dont la somme est de (TG).
- 5- Le produit de la surface ensoleillée C avec B, dont la somme est de (TH) .

	A (m ²)	Energies (Wh /m ²)	Surface ensoleillées (m ²)	G	H
heure	Surface	B	C	A*B	B*C
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

Tableau V.4: Feuille de calcul du Coefficient d'ombrage optimal (Source: Auteur)

$$H/G = \%$$

$$\text{Coefficient d'ombrage optimal (\%)} = 100 - H/G$$

4.3. Valeurs de références pour la vue sur l'extérieur

L'analyse d'une vue est principalement basée sur les informations contenues dans l'image qu'elle offre à l'utilisateur (Tabet Aoul, 1991). Pour l'analyse de ces informations, T. A. Markus (1967) propose une subdivision de la vue en strates horizontales (Figure V.33). Ces dernières sont au nombre de trois et sont classées selon leur contenance de i) ciel, ii) silhouette urbaine ou iii) de sol. Le ciel informe respectivement sur les changements saisonniers, journaliers et instantanés, sur la présence de soleil. La silhouette urbaine, quant à elle, renseigne sur le monde inerte des constructions. Et enfin, le sol est le lieu des diverses activités humaines et rapporte donc les informations relatives à l'aspect social.

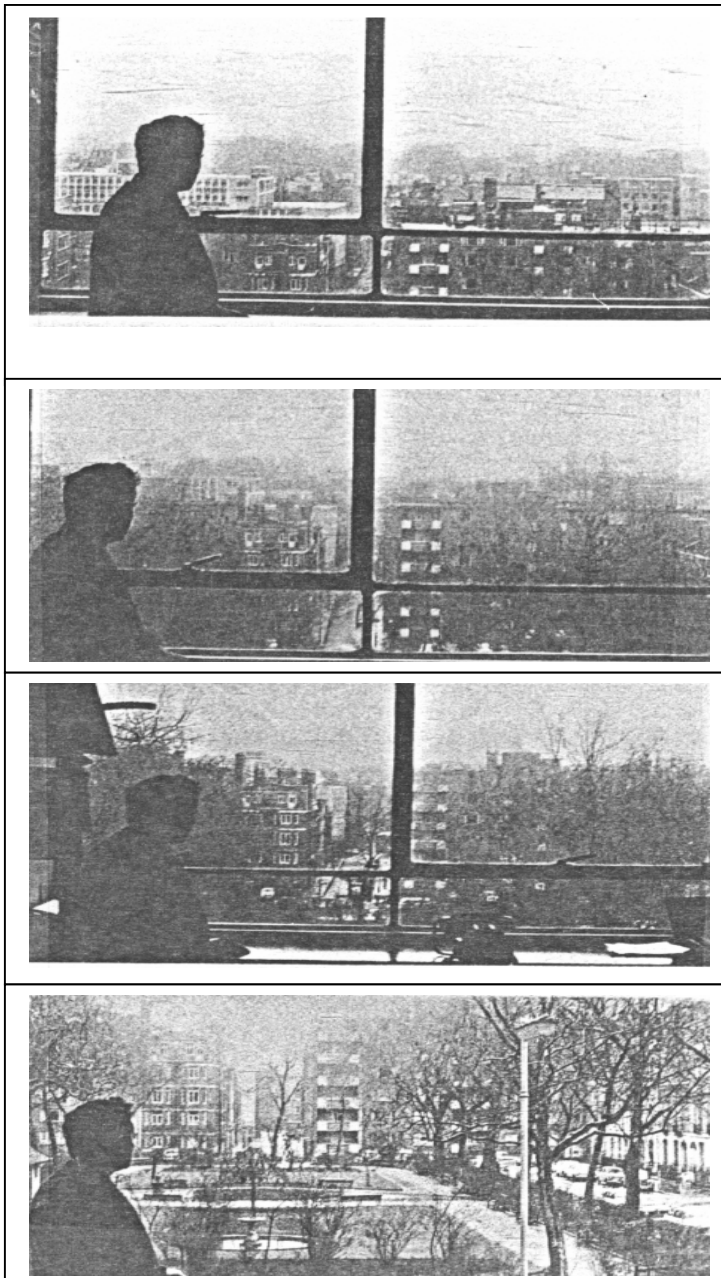


Figure V.33 : Stratification de la vue selon son contenu (ciel, silhouettes urbaines et/ou sol) et variation de ce contenu selon les étages (Source : Turner, 1971)

Pour notre cas d'étude l'analyse de la vue a été effectuée selon i) le nombre de strates ii) la strate la plus affectée iii) le ratio d'ouverture dans le mur du bureau. Ses indicateurs sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Type de protection	Nombre de strates	La strate la plus affectée	Ratio d'ouverture dans le mur intérieur du bureau(%)
	De 1 à 3		

Tableau V.5: Indicateurs influents la vue sur l'extérieur (Source : Auteur)

Ce basant sur les études de Ne'eman, Hopkinson et Keighley (voir section 4.3.1 ; Chap.II) le minimum acceptable du ratio d'ouverture dans le mur intérieur du bureau sera une surface de 35% du mur de façade (Fig.V.34).

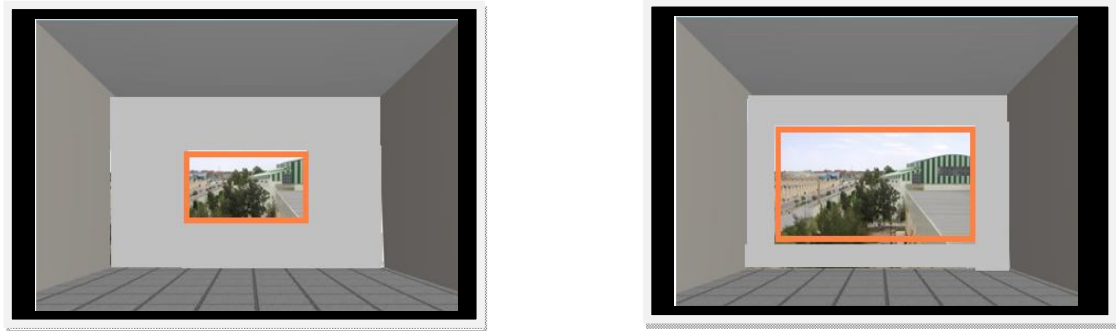


Figure V.34 : Ratio d'ouverture dans le mur de façade. 35% à gauche, supérieur à 35% a droite.

(Source : Auteur)

5. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de mettre au claire les différents outils de simulation pour tester les indicateurs liés à l'éclairage naturel, la thermique et la vue sur l'extérieur. Nous avons proposé une méthode de simulation objective et fiable pour un minimum d'erreurs.

En ce qui concerne les performances en éclairage naturelle Nous avons utilisé le logiciel 'Radiance' pour sa large utilisation dans le domaine de l'éclairage à cause de ses résultats proches à la réalité. En ce qui concerne les performances thermiques notre choix a été porter sur le calcul du coefficient d'ombrage optimale de la façade transparentes. Afin pour la vue sur l'extérieur les indicateurs a simulées présentes l'ensemble des paramètres influent la vue. L'application de ce protocole constitue les objectifs des chapitres suivants.