

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : Architecture
Ref :



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم: الهندسة المعمارية
المرجع:

Mémoire présenté en vue de l'obtention
Du diplôme de
Magistère

Option : Architecture, forme, ambiances, et développement durable.

**La transparence dans l'architecture tertiaire
des milieux à climat chaud et sec.
Cas de la ville de Biskra**

Présenté par :

MEZERDI Toufik

Soutenu publiquement le :

Devant le jury composé de :

**MAZOUZ Said
ZEMOURI Noureddine
MOUMI Abdelhafidh
BELAKEHAL Azeddine**

**Prof. Université de Biskra
Prof. Université de Biskra
MC 'A' Université de Biskra
MC 'A' Université de Biskra**

**Président
Examineur
Examineur
Rapporteur**

BIBLIOGRAPHIE

Arturo Covitti (2009). Measurement of visual quality of a lit monument. <i>in roceedings of LUX EUROPA- The 11th European Lighting Conference</i> , 9-11 /8/2009, Istanbul (Turkey).
Architecture d’Aujourd’hui (2001). Lumière naturelle ou artificielle. Substitution et complémentarité. Enquête. <i>Architecture d’Aujourd’hui</i> , N° 333, Avril, pp. 125-130.
Architecture d’Aujourd’hui (1984). Fenêtre sur Cour. <i>Architecture d’Aujourd’hui</i> , N°236, Décembre, pp.26-29.
Architecture d’Aujourd’hui (1980). Le Corbusier, immortel ? Actualités. <i>Architectures d’Aujourd’hui</i> , N° 207, Février, p. VII.
Aydinli, S. and M. Seidl. (1986). <i>Determination of the economic benefits of daylight in interiors concerned with the fulfillment of visual tasks.</i> M.S. Adepski and R. McCluney (Editors), Proceedings I: 1986 International Daylighting Conference, 4-7 November 1986, Long Beach, California, USA: 145-151.
Ander GD (2003). Glazing properties. in <i>Daylighting performance and design</i> , Hoboken: John Wiley.
Alloa, E. (2008). »Architecture de la transparence», <i>Revue appareil</i> (En ligne), Numéros,n°1,2008. Disponible sur URL: http://revues.mshparisnord.org/appareil/index.php?id=138
AFE. Association Française de l’Eclairage. (1987). Recommandations relatives à l’éclairage des locaux scolaires. Paris: LUX.
AFE. (2010). Association Française de l’Eclairage. Consulté le (10/09/2011). Disponible sur: http://www.afe-eclairage.com.fr/).
Archiexpo. (2010). Consulté le (06/12/2011). Disponible sur: (http://news.archiexpo.fr/press/glassolutions/clip-in-systeme-de-cloison-transparente-en-verre-flush-67763-167160.html)
ACA. (2011). Agence Culturelle Alsace Ebook de la lumière. Consulté le : (20/08/2010). Disponible sur: (http://www.lumiere-spectacle.org/histoire-lumiere/).
ASSOCIATION FRANÇAISE D’ÉCLAIRAGE., (1993). <i>Recommandations relatives à l’éclairage des lieux de travail.</i> Ed. Lux, paris.
ASSOCIATION FRANÇAISE D’ÉCLAIRAGE., (1987). <i>Recommandations relatives à l’éclairage des locaux scolaires.</i> Ed. Lux, Paris.
ASSOCIATION FRANÇAISE D’ÉCLAIRAGE (1993). Recommandations relatives à l’éclairage intérieur des lieux de travail. <i>Association Française de l’Eclairage</i> , 88p.
Athienitis, A.K., Tzempelikos, A. (2002) A methodology for simulation of daylight room illuminance distribution and light dimming for a room with a controlled shading devise, <i>Solar Energy</i> , vol. 72, no. 4, pp. 271-281.
ADEME. Bâtiments à hautes performances énergétiques - Bureaux. 1ère édition. Ivry-sur-Seine: PYC EDITION, 1993, 242 p.
Allard F. (1998), Natural ventilation in buildings, A design handbook, James and James Publisher, London.

Alessandrini J.M.(2006) , Impact de la gestion de l'éclairage et des protections solaires sur la consommation d'énergie de bâtiments de bureaux climatisés. Climamed, Lyon, France
Adolphe, L. (1998) <i>Ambiances architecturales et urbaines</i> , Marseille: Parenthèse.
AFEDES (1980) . (Association Française pour l'Étude et le Développement des applications de l'Énergie Solaire) 1980 — Mémento d'héliothermie, Éditions Européennes Thermique et Industrie, Paris (France), 238 p.
Abdou, A. (1997) Effects of Luminous Environments on Worker Productivity in Buildings, <i>Journal of architectural engineering</i> , vol. 3, no. 3, pp. 124-132.
ASHRAE (2004) . Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
ASHRAE standard 55.(1992) . Thermal environment conditions for human occupancy. <i>American Society of Heating ,Refrigerating and Air-conditioning Engineers</i> , 128P.
ADEME, (2007) , Le chiffres clés du bâtiment, Energie-Environnement.
Baker, N et Steemers K. (2002) . <i>Daylight Design of Buildings</i> . James and James, London.
Bodart, M. (2002) .Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économique et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique.Th.doct. : Architecture : Louvain
Bodart M. (2008) . <i>Le confort visuel et ses paramètres</i> . Université Catholique de Louvain. Louvain La Neuve.
Belakehal, A. (2007) . <i>Etude des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux</i> . Cas des milieux arides à climat chaud et sec. Thèse de doctorat en Architecture. Département d'architecture de Biskra.
Buser, P et Imbert, M. (1987) . <i>Vision</i> . Hermann Edition, Paris.
Bénévolo, L. (1979) . <i>Histoire critique de l'architecture tome2</i> . Ed Dunod, Nancy
Boyce, P R (1981) . <i>The human factor of lighting</i> . Ed Applied science. London.
Belakehal A. et Tabet Aoul K. (2003) . L'éclairage naturel dans le bâtiment. Référenceaux milieux arides à climat chaud et sec. <i>Courrier du Savoir Scientifique et Technique</i> N°4, Juin, pp.03-13.
Belakehal A., (1995) . <i>La Façade entre l'Esthétique et le Contrôle du Rayonnement Solaire. Cas de l'Habitation Individuelle Urbaine dans les Milieux Arides et Semi-Arides des Pays Islamiques</i> . Thèse de Magistère en Architecture, Institut d'Architecture,centre Universitaire de Biskra, décembre.
Bodart M et al. (2008) . <i>Guide précis d'aide à la construction des modèles réduits</i> . Université Catholique de Louvain.
Brunner S (2009) . Light design in architecture - When architecture and light become one. <i>in Proceedings of LUX EUROPA- The 11th European Lighting Conference , 9-11 /8/2009, Istanbul (Turkey)</i> .
Benharkat, S. (2006) . Impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe. Mémoire de magister. Option : architecture bioclimatique. Constantine.
Boubekri, M. (2008) . <i>Daylighting architecture and health</i> . Architectural press. Boston.
Butler, Biner. (1987) . <i>Preferred lighting levels: variability among setting, behaviors and individuals</i> . Environment and behavior, 695-721.
Benevolo L, (1988) . <i>Histoire de l'Architecture Moderne. Tome 4. L'Inévitable Eclectisme (1960-1980)</i> . Ed. Dunod, Paris.
Boyce P, et al. (2003) <i>The benefits of Daylight through Windows</i> . Rapport de recherche.New York: Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute.
Boyce, P. (2004) Lighting research for interiors: the beginning of the end or the end of the beginning, <i>Lighting Research and Technology</i> , vol. 36, no. 4, pp. 283-294.

Boubekri, M., Hull, R., Boyer, L. (1991) Impact of window size and sunlight penetration on office workers' mood and satisfaction: A novel way of assessing sunlight, <i>Environment and Behavior</i> , vol. 23, no. 4, pp. 474-493.
Begemann, S.H.A., van den Beld, G.J., Tenner, A.D. (1997) Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses, <i>International Journal of Industrial Ergonomics</i> , vol. 20, no. 3, pp. 231-239.
Baker N, et al. (1995). Designig for summer comfort heat gain control and passive cooling of buildings. London:
Boyce, P. R. (1973). Age, Illuminance, Visual Performance and Preference. <i>Lighting Research & Technology</i> . 5 (3). pp. 125-144.
Boyer, L.L., Song, K.D. , 1994. "Daylighting Prediction and Sunlighting Strategies for Atrium Designin Hot Climates", ASHRAE Transactions, V.100, Pt.1.
Baldinelli G (2009). Double skin facades for warm climate regions:Analysis of a solution with an integrated movable shading system. <i>Build. Environ.</i> , 44(6): 1107-1118.
Baker,N., Fanchiotti, A. et Steemers,K. (Eds),(1993). <i>Daylighting in Architecture. A European Reference Book.</i> James and James Ltd, London CEC.
Belakehal A., Tabet Aoul K. et Bennadji A.,(2000). Sunlight and daylight in the traditional built environment. Case of the hot arid regions. <i>Proceedings W.R.E.C. VI</i> , 1-7/07/2000, Brighton, pp.624-627.
Belakehal A., (1995). <i>La Façade entre l'Esthétique et le Contrôle du rayonnement Solaire.</i> Thèse de Magistère, Institut d'Architecture de Biskra.
Belakehal A., Tabet Aoul K. et Sriti L. (2001), Shading: an aesthetic solar control strategy. <i>Open House International</i> , Vol. 26, N°01, pp.65-73.
Belakehal A., (2000). Microclimat et architecture bioclimatique contemporaine. Référence aux milieux arides à climat chaud et sec. <i>Proceedings C.H.E.M.S.S. 2000</i> , 13-16/05/2000, Alger, Institut de Mécanique de Blida, pp.19-23.
Boyer, L.L. , 1990. "Preliminary Design Consideration for Daylighting in Atria", Proceedings of the 15th National Passive Solar Conference, Austin, Texas.
Bodart M (2002). <i>Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment selon des critères physiques, écologiques et économiques, pour un meilleur confort visuel et thermique</i> , Université catholique de Louvain. Thèse de doctorat.
Boyce P.R. et Eklund N.H. 1995. Evaluating lighting quality. <i>The 3rd European Conf. On Energy-Efficient Lighting</i> , Newcastle upon Tyne, UK, pp.189-196.
Baker, Net al. (1993). <i>Daylight in architecture- A European Reference Book.</i> Ed. James & James, London.
Baker, N. et Steemers, K., (2002). <i>Daylight design of buildings.</i> Ed. James & James (science publishers) Ltd, 35-37 William Road, London, NW1 3ER, UK.
Boyce P.R. 1975. L'âge, l'éclairément, les performances visuelles et les préférences. <i>Cahiers du CSTB</i> , n°160, pp.1-10.
Boubekri M. et Boyer L. 1992.Effect of Window size and sunlight presence of glare. <i>Lighting Research and Technology</i> , vol.24(3),pp.69-74.
Boubekri M. et Boyer L. 1990. Thermal Loads Discomfort glare and Emotions : A Multifold Problem for Desiging Window Fully Exposed to Sunlight. <i>15th National Passive Solar Confirence</i> , Austin, Texas, pp.125-130.
Baxant P (2009). Quality of lighting evaluated by means of digital image processing. <i>in Proceedings of LUX EUROPA- The 11th European Lighting Conference</i> , 9-11 /8/2009, Istanboul (Turkey).
Belcher M.C. 1985. Cultural aspects of illuminance levels. <i>Lighting Design &</i>

<i>Application</i> , vol.15(2),pp 49-50.
Brrutto V. 1996.Métrologie de la qualité visuelle des ambiances lumineuses.Application à l'éclairage des bureaux. Thèse de doctorat, Université de Savoie, Chambéry, 203p.
Bell PA , Greene TC, Fisher JD & Baum A (2001). <i>Environmental psychology</i> . Belmont: Thomas Wadsworth. 634 pp.
Belakehal A. et al (2003 a) . The impact of sunlight and daylight on the dwelling's occupancy. Case of the hot dry regions of Algeria. <i>Actes de Third Conference of the EPUK (Environmental Psychology in the UK) Network</i> , 23-25/06/2003, Aberdeen, pp.56-63.
Belakehal A. et al (2003) . The impact of sunlight and daylight on the dwelling's occupancy. Case of the hot dry regions of Algeria. <i>Actes de Third Conference of the EPUK (Environmental Psychology in the UK) Network</i> , 23-25/06/2003, Aberdeen, pp.56-63.
Painter B et al. (2009) .Evidence-based daylight research: Development of a new visual comfort monitoring method. <i>in Proceedings of LUX EUROPA- The 11th European Lighting Conference</i> , 9-11 /8/2009, Istanbul (Turkey).
Baker, N. and K. Steemers. (2000) . <i>Energy and Environment in Architecture; A Technical Design Guide</i> . London.
Baker, N. et Steemers, K., (2002) . <i>Daylight design of buildings</i> . Ed. James & James (science publishers) Ltd, 35-37 William Road, London, NW1 3ER, UK.
Butler DL et Biner PM (1987) . <i>Preferred lighting levels: variability amongs settings, behaviour and individuals</i> . <i>Environment and Behaviour</i> , 19(6): 695-721. 97
Bülow-Hübe H (2006) . <i>A breakthrough for coated glazing in Sweden. Will double-pane windows take over the market?</i> Lund University: Lund Institute of Technology, Division of Energy and Building Design. http://www2.ebd.lth.se/ (consulté le 3-12-2006).
Boubekri M & Boyer LL (1995) . <i>A comparative study of building occupant response to luminous displays in real and simulated indoor environments</i> . <i>Indoor and Build Environment</i> ; 4: 113-120.
Belakehal A. et al (2003) . An evaluation method for daylighting quality in buildings under clear sunny skies. <i>Actes de Third Conference of the EPUK (Environmental Psychology in the UK) Network</i> , 23-25/06/2003, Aberdeen, pp.70-79.
Brown, W.C. et Ruberg, K., (1988) . <i>Facteur de performance des fenêtres, regard sur les sciences du batiment</i> . CNRC.NRC. Institut de recherche en construction. pub. Documentation technique, Regard 88sur la science du bâtiment. Canada.
Bouvier, F. (1988) . <i>Eclairage naturel, traité construction</i> . Technique de l'ingénieur CIII3, Paris.
Boubekri, M., (1990) . <i>Thermal performance, glare control and occupant appraisal of an office window</i> . PHD, university of Texas. USA.
Bélorgey, X. (2004) . <i>La signification de la lumière du jour au cours du temps</i> , <i>Revue d'Architecture DETAIL</i> , résumé français, n°4.
Barbat, V. et al., (2001) . <i>Vision des couleurs, Comment fonctionne la vision des couleurs</i> . Le magazine de santé, <i>Source</i> : http://www.e-santé.com . 2000-2004.
Courret, G et al. (1998) . <i>Design and assessment of an anidolic light duct</i> . <i>Energy and Buildings</i> 28: 79-99.
CIE-117. (1995) . <i>Discomfort glare in interior lighting</i> . Vienna, Austria: Bureau Central de

la Commission Internationale de L'Éclairage.
CIE-29.2. (1986). <i>Guide on interior lighting.</i> Vienna, Austria: Bureau Centrale de la Commission Internationale de L'Éclairage.
COMMISSION INTERNATIONALE D'ÉCLAIRAGE, (1986). <i>Guide on interior lighting.</i> Second edition, CIE n° 29-2, Viena/Austria.
Chauvel, P. et al. (1983). <i>Evaluation de l'éblouissement dû aux fenêtres</i> , 2. La revue de l'éclairage Lux., n°121, Avril.
Carreno F, Ezquerro JM & Zoido JM (2006). <i>Theoretical analysis of inter-observer variability in the determination of luminance thresholds.</i> Color Research and Application, 31(6): 468-474.
CIBSE. (1984). CIBSE code for interior lighting. <i>Chartered Institution of Building Services Engineers</i> , London.
Candas V. et Pellerin N. (2000). Effets et interactions de la lumière et de la température sur l'estimation de la qualité des ambiances. <i>Centre d'études de physiologie Appliquée – CNRS</i> , Strasbourg, rapport final du GT2 du GPQA, Février 2000.
Carter D. (1994). The influence of luminance distribution on subjective impressions and performance within a non-uniformly lit office. <i>Proc. of the CBSE National Lighting Conf.</i> , pp. 61-74.
CIE.(1981). An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance. <i>Commission internationale de l'éclairage</i> , CIE, 124p.
CIE.(1983). Discomfort glare in the interior working environment, <i>Commission internationale de l'éclairage</i> , CIE 55, 43p.
CIE. (1987). Vocabulaire international de l'éclairage, <i>Commission Internationale de l'éclairage</i> , CIE 17.4, 365p.
CIE.(1986). Guide on Interior Lighting, <i>Commission Internationale de l'éclairage</i> , CIE 29.2, 113p.
CIE. (2000). Psychological response to the physical dimensions of lighting : A review of the research literature, <i>Commission Internationale de l'éclairage</i> , final draft CIE TC 3-16, 27 juin 2000.
Collins, J.B. (1984). The development of daylighting- A British view. <i>Lighting Research and Technology</i> , Vol. 16, N°4, pp.155-170.
CSTC. (1999). Le verre et les produits verriers-les fonction du vitrage, Note d'information technique n°214, Centre Scientifique et Technique de la construction
CIBSE (1994). <i>Code for Interior Lighting.</i> Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). London (UK).
CIE (1992). <i>Discomfort Glare in the Interior Lighting.</i> Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), Technical committee TC-3.13, Division 4, Interior Environment and Lighting Design. Vienna (Austria).
CIE (1987). <i>International Lighting Vocabulary.</i> Publication CIE No. 17.4. Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Vienna (Austria).
CIE (1986). <i>Guide on Interior Lighting. Second Edition.</i> Publication No 29.2 (1986). Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Vienna (Austria). page 13.
CIE (1983). <i>Discomfort Glare in the Interior Working Environment.</i> Publication
CIE No 55 (TC-3.4). Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Vienna (Austria). 43 pages.
Cuttle, C. (2003) <i>Lighting by design.</i> Architectural Press, Oxford.
Cuttle, C., et al. (1967) Beyond the working plane, Proceedings of the 16e session de la Commission Internationale d'Éclairage, Washington, États-Unis.
Capderou ,M(1985) . « Atlas solaire de l'Algérie .Tome 2 » Office des publications

Universitaires
CRMAA (1979). Le Girasol : hauteur et azimuth du soleil pour toutes les latitudes, construction et applications, CERMA, École d'Architecture de Nantes (France), 55 p.
Candas, V. (1999). Confort thermique. Techniques de l'ingénieur BE 9085.
Cena K.M., de Dear R. (1998). Field study of occupant comfort and office thermal environments in hot-arid climate, Final report ASHRAE 921-RP, ASHRAE Inc., Atlanta.
Collins, B. L. (1975). <i>Windows and people: NBS Building Science Series 70.</i> Washington, DC: National Bureau of Standards.
Collins, B. L. (1976). Review of the psychological reaction to windows. <i>Lighting Research and Technology</i> , 8(2), 80-88.
Collins B. L. (1975). <i>Windows and People: A Literature Survey. Psychological Reactions to Environments with and without Windows.</i> Rapport du National Bureau of Standards Science Series 70, June, Washington.
C.N.B.E. (Comité National Belge de l'Eclairage) (1974). <i>Technique de l'Eclairage.</i> Commission de l'Enseignement du Comité National Belge de l'Eclairage, Liège.
Capderou M. (1985). <i>Atlas Solaire de l'Algérie.</i> Ed. O.P.U., Alger
CATERINE Dubois. (2006). Confort et diversité des ambiances lumineuses en architecture, l'influence de l'éclairage naturel sur les occupants. Mém.M.Sc : Architecture Québec
Carmody Jet al. (1996). <i>Residential Windows, a guide to new technologies and energy performances,</i> Norton, NY.
CSTC. (1999). <i>le verre et les produits verriers- les fondements du vitrage.</i> Note d'information technique n° 214. Centre scientifique et technique de la construction.
Ciriani, H. (1991). <i>Lumières de l'espace,</i> L'architecture d'Aujourd'hui 274, Groupe Expansion, Paris
CIE La Commission internationale de l'éclairage. (2010). Consulté le (17/12/2011). Disponible sur: (http://www.cie.co.at/)
De Herde A et Reiter S. (2002). <i>Eclairage naturel des bâtiments.</i> Ed presses universitaires de Louvain, Louvain la neuve, Belgique
Delorme, A. (1982). Perception. Ed. Etudes vivantes. Québec.
Denoed, B. (2003). Ergonomie B1 : L'éclairage. Conservatoire National des Arts et Métiers. Paris.
Déribéré, M et Chauvel, P. (1968). <i>L'éclairage naturel et artificiel dans le bâtiment.</i> Ed Eyrolles. Paris.
Dubois, C. (2006) Confort et diversité des ambiances lumineuses en architecture: l'influence de l'éclairage naturel sur les occupants, Mémoire de maîtrise. Québec : Université Laval, École d'architecture.
Dubois, M-C. (2001). <i>Impact of Shading Devices on Daylight Quality in Offices.</i> Thèse de doctorat. Lund: Lund University, Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design.
Dubois, M-C. (2003). Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators, <i>Lighting Research and Technology</i> , vol. 35, no. 1, pp. 61-76.
Dubois, M.-C. (1997). <i>Solar Shading and Building Energy Use: A Literature Review, Part I.</i> Report TABK--97/3049. Dept. of Building Science, Lund University. Lund (Sweden). 118 pages.
Dubois M.C. (1997). Solar shading and building energy use : a literature review, Part 1, Department of Building Science ,Lund University, Sweden.
Deletre, JJ, (1989). Lumière. <i>Architecture: Ambiances et énergie. Prix 1989,</i> Ed. Techniques et Architecture, Paris.

Dumortier, D. (1995). <i>Mesure, Analyse et Modélisation du gisement lumineux</i> ; Application à l'évaluation des performance de l'éclairage naturel des bâtiments. Vaulx-en-Velin.
Evans BH (1981). <i>Daylight in architecture</i> . New York; Toronto: McGraw-Hill Book Co. 204 pp.
Emmanuel Alloa , « Architectures de la transparence », <i>Revue Appareil</i> [En ligne], Numéros, n° 1, 2008, Mis à jour le 21/02/2008. disponible sur URL: http://revues.mshparisnord.org/appareil/index.php?id=1005
Energie +. (2011). Consulté le (21/10/2010). Disponible sur: (http://www-energie2.arch.ucl.ac.be), et sur : (http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_10738.htm).
ENS de Lyon. (2010). Consulté le (10/09/2011). Disponible sur: (http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/)
Encarta. (2005). Copyright collection Microsoft Encarta.
Electa Moniteur Ed. (1985). <i>Tadao Ando. Minimalisme</i> . Paris.
Fontoynt, M. (1998). <i>Daylight performance of buildings</i> . James and James Publisher. London.
Fontoynt, M. (1987). <i>Prise en Compte du Rayonnement Solaire dans l'Eclairage Naturel de Locaux: Méthode et Perspectives</i> . Thèse de Doctorat, Ecole des Mines de Paris.
Fontoynt, M., (1998). <i>Mesurer et prédire les ambiances lumineuses en architecture</i> . Ambiances architecturales et urbaines, ouvrage réalisé sous la direction de Luc, A., ed Prentèses.
Fischer G-N. (1989). <i>Psychologie des Espace de Travail</i> . Ed. Armand Colin, Paris.
Fisher, J.A., & Christie, A.W. (1965). A note on disability glare. <i>Vision Research</i> , 5, 565.
Fontoynt, M et al. (2006) <i>Optimisation of daylight at workplaces: Scientific Guide</i> . Lyon, France: École Nationale des Travaux publics de l'État.
Fontoynt, M. (2002). Perceived performance of daylighting systems: Lighting efficacy and agreeableness, <i>Solar Energy</i> , vol. 73, no. 2, pp. 83-94.
Fontoynt, M. (1999). <i>Daylight performance of buildings</i> , London: James & James.
Fontoynt, M., Berrutto, V. (1997) Daylighting Performance of Buildings: Monitoring Procedure, <i>Right Light</i> , vol. 2, no. 4, pp. 119-127.
Fontoynt, M. (2000). <i>Archi: Confort thermique - confort visuel, Hexcel Fabrics</i> . Brochure distributed by Hexcel Fabrics. Villeurbanne (France).
Fontoynt, M. (1999). <i>Daylight Performance of Buildings</i> . European Commission Directorate General XII for Science. Research and Development. James & James. London (UK). 304 pages.
Givoni B (1978). <i>L'homme, l'architecture et le climat</i> . Paris: Moniteur. 460 pp.
Geoffrey G. Roy, (2000). A Comparative Study of Lighting Simulation Packages Suitable for use in Architectural Design, Murdock University, Oct.
Galasiu, A, Veitch, J. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review, <i>Energy and Buildings</i> , vol. 38, no. 7, pp. 728-742.152
Grau K., Johnsen K. (1995). General shading model for solar building design, ASHRAE Transactions, Vol. 101, Pt. 2, 13 p.
GIVONI, B. (1978). <i>L'homme, l'architecture et le climat</i> . édition. Moniteur, Paris. p 565.
Gayet, M.F., (1997). <i>Eclairage</i> . Encyclopédie du bâtiment, Tome 4b, Ed. WEKA, Paris.

Gerard, B., (1998). <i>Les bâtiments scolaires</i> . La revue des bâtiments administratifs.
Gregg, D. et Ander, A. (2003). <i>Daylighting performance and design</i> . Van Nostrand Reinhold, ITP™ A division of international Thomson Publishing Inc.
Gallas, Med A. (2009). <i>Lumière naturelle en phase de conception, quels outils pour l'architecture</i> . Mémoire de Master Design Global. ENSA de Nancy.
Gratia E, Herde AD. (2004). Natural ventilation in a double-skin facade. <i>Energy Build.</i> , 36(2): 137-146. Poirazis H (2006). Double skin facades, A Literature Review. Lund Institute of Technology, Lund, Sweeden, pp. 24-29.
Gavand K. (2009). Efficacité énergétique dans le bâtiment. Consulté le (16/09/2009). Disponible sur : (http://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/PressCorner/73/documents/Full_Dossier_030708.pdf)
Hopkinson, R.G., (1963). <i>Architectural physics lighting</i> . Ed. Her Majesty's stationary office, London.
Heerwagen, J.H. (1990). The psychological aspects of windows and window design. <i>Proceedings of the EDRA 21 Conference, Washington, DC</i> , 269-280.
Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. <i>ASHRAE Journal</i> , 44(6), 65-68.
Heschong, L., Wright, R. L., & Okura, S. (2002). Daylighting impact on retail sales performance. <i>Journal of the Illuminating Engineering Society</i> , 31(2), 21-26.
Heschong, L., Wright, R.L., & Okura, S. (2002). Daylighting impacts on human performance in school. <i>Journal of the Illuminating Engineering Society</i> , 31(2), 101-115.
Hopkinson, R.G. (1949). Studies of lighting and vision in school. <i>Transaction of the Illuminating Engineering Society (London)</i> , 14(8), 244-268.
Hopkinson, R.G. (1950). The multiple criterion technique of subjective appraisal. <i>The Quarterly Journal of Experimental Psychology</i> , 2, 124.
Hopkinson, R.G. (1963). <i>Architectural Physics: Lighting</i> . London, UK: Her Majesty's Stationery Office.
Hopkinson, R.G. (1972). Glare from Daylighting in Buildings. <i>Applied Ergonomics</i> , 3(4):206-215.
Hopkinson, R.G., & Bradley, R.C. (1960). A study of glare from very large sources. <i>Illuminating Engineering</i> , 55(5), 288-294.
Hopkinson, R.G., & Collins, W.M. (1963). An experimental study of the glare from a luminous ceiling. <i>Transaction of Illuminating Engineering Society (London)</i> , 28(4), 142-148.
Hopkinson, R.G., & Collins, J.B. (1970). <i>The ergonomics of lighting</i> . London, UK: McDonald & Co.
Hopkinson, R.G., Petherbridge, P., & Longmore, J. (1966). <i>Daylighting</i> . London, UK: Heinemann. <i>for energy efficient windows with high visible transmittance</i> . Thin Solid Films, 442(1-2): 222-226.
Heerwagen JH (1990). <i>Affective functioning, "light hunger" and room brightness preferences</i> . <i>Environment and Behaviour</i> , 22(5): 608-635.
Herzog TR, Maguire CP & Nebel MB (2003). <i>Assessing the restorative components of environments</i> . <i>Journal of Environmental Psychology</i> , 23(2): 159-170.
Hunter Lab (2005). <i>Equivalent white light source and CIE illuminant</i> . <i>Insight on Color</i> , 17(5): 1-5.
Hopkinson, R.G. (1972). <i>Glare from daylighting in buildings</i> . <i>Applied Ergonomics</i>

(3):206-215.
Hopkinson, R.G. (1963). <i>Daylight as a cause of glare. Light and Lighting</i> , November 1963:322-326.
IES (1993). <i>Lighting Handbook: Reference and Application, 8th edition.</i> Illuminating Engineering Society of North America, New York, New York.
Hamza, N. (2004) The performance of double skin facades in office building refurbishment in hot arid areas, PhD thesis, University of Newcastle Upon Tyne, UK
IES (1993). <i>American National Standard Practice for Office Lighting.</i> ANSI/IESNA RP-1-1993. Illuminating Engineering Society of North America, New York, New York.
IEA SHC Task 21 <i>Daylight in Buildings: 15 Case Studies from Around the World.</i> See http://www.iea-shc.org .
IEA. (1994). Solar Heating and Cooling Task 12, Adeline 1.0 documentation/ manual.
IESNA (1993). <i>Lighting Handbook - Reference & Application Volume.</i> New York: Illuminating Engineering Society of North America.
IES (1997). <i>Transactions</i> , Seattle, WA. pp. 1-21.
Izard J.L. (1994). <i>Maîtrise des ambiances : Contrôle de l'Ensoleillement et de la Lumière en Architecture. Développement d'un Outil Commun au Contrôle Solaire et au Contrôle Lumineux: La Projection Sphérique Equidistante Zénithale.</i> Ecole d'Architecture de Marseille-Luminy, Marseille.
Izard .J.L.(1979) . « Archi-bio » éditions du Parenthèses
Izard .J.L.(1993) . « Architecture d'été .Construire pour le confort d'été» Edisud. Aix –en-provence
Izard .J.L (1994) « Contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en Architecture »Ecole d'architecture de Marseille- Luminy.
Illuminating Engineering Society of North America (1987). <i>IES Lighting Handbook</i> (1987 Application Volume). New York, NY: IESNA.
Illuminating Engineering Society of North America. (1999). <i>Recommended practice of daylighting</i> (IESNA RP-5-99). New York, NY: IESNA.
Illuminating Engineering Society of North America. (2000). <i>IESNA Lighting Handbook</i> (9th Edition). New York, NY: IESNA.
ILLUMIATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IESNA)., (2000). <i>Lighting handbook, reference and application.</i> ed. Rea, Newyork.
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (INRC). (2003). <i>Fiche pratique de sécirité, Eclairage naturel.</i> Ed.82 Paris. Source : www.inrs.fr .
ILLUMIATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IES)., (1978). <i>Recommended practice for daylighting.</i> ed. Rea, Newyork.
Izard, J-L. (1994). <i>Maîtrise des ambiances, contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en architecture.</i> École d'architecture de Marseille-Luminy.
Jan de Boer, Simon Wssner (2009). Modelling daylight penetration through façade systems – Status quo and current developments. <i>in Proceedings of LUX EUROPA- The 11th European Lighting Conference</i> , 9-11 /8/2009, Istanbul (Turkey).
Jones, J.R., (1990). “Illumination Predictions for Malls and Atria”, <i>Journal of the IES</i> , p:45-55
Jarvis D, Donn M. (1997). Comparison of Computer and Model Simulations of a Daylit Interior with Reality, <i>Proceedings of Fifth International IBPSA Conference / Building Simulation 97</i> , Prague, 8-10 septembre 1997.
Jules Henrivaux (1898). « Une maison de verre », <i>Revue des deux mondes</i> , 1er novembre, p. 112 sqq.

Küller, R. & Wetterberg, L. (1995). The Subterranean Work Environment: Impact on Well-being and Health. <i>Environment International</i> . 22(1). pp. 33-52.
Kim, W, Yasuko, K. (2004). Effect of local background luminance on discomfort glare, <i>Building and Environment</i> , vol. 39, no. 12, pp. 1435-1442.
Lee, E.S et al. (2002). <i>Energy performance analysis of electrochromic windows in New York commercial office buildings. (LBNL-50096)</i> . Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
Loe, et al (1994) Appearance of lit environment and its relevance in lighting design: experimental study, <i>Lighting Research and Technology</i> , vol.26, no. 3, pp. 119-133.
Love, A. (1992) The evolution of performance indicators for the evaluation of daylighting systems, Proceedings of the Industry Applications Society Annual Meeting 1992, 4-9 octobre 1992.
Loe, DL. (1997). Task and Building Lighting: The Link between Lighting Quality and Energy Efficiency. <i>Proc. of the Right Light 4 Conference</i> . Nov. 19-21, Copenhagen (Denmark). Vol. 1. pp. 11-15
Loe, DL et al (1994). Appearance of the Lit Environment and its Relevance in Lighting Design: Experimental Study. <i>Lighting Research & Technology</i> . 26 (3). pp. 119-133.
Littlefair, P. (1991). <i>Site layout planning for daylight and sunlight: a guide to good practice</i> . British Research Establishment (BRE) Report, Garston, UK. LUMEN 1995.
LUMEN. (1995). <i>LUMEN, Étude Typologique; Programme interdisciplinaire: LUMEN, ANNEXE B, Fiches Modèles</i> . École Polytechnique de Lausanne.
Littlefair, PJ. (1995). <i>Computer assessment of the daylighting performance of light shelves</i> . <i>Lighting Research & Technology</i> (27)2.
Littlefair, PJ. (1996). <i>Designing with innovative daylighting</i> . Building Research Establishment, Construction Research Communications Ltd Report.
Lighting Design and Application. (1996). IESNA Lighting Design Software Survey, pp. 39-47, New York, September.
LAAR, M., (2001). <i>Brise-soleil classical elements of tropical modernism</i> . 7 th international IBPSA conference, building simulation Rio de Janeiro, brasil., Aug 13-15.
Larousse., (1995). <i>Grand dictionnaire encyclopédique</i> . Ed. Hors commerce, Larousse distribution France.
La Toison, M., (1982). <i>Introduction à l'éclairagisme</i> . Ed. Eurolles, Paris.
La Toison, M., (1988). <i>Eclairage données de base</i> . Techniques de l'ingénieur. CIII3, Paris.
Lavigne, P. et al., (1998). <i>Architecture climatique, une contribution au développement durable</i> . tome 1, édition, EDISUD, Aix-en-provence.
Liébard, A. et De Herde, A., (2005). <i>Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, concevoir, édifier et aménager avec le développement durable</i> . Editeur. Obsev'ER, Paris.
Lopera, R. et Perez, F., (2001). <i>Incidence of the size and direction of the windows in the spaces inner temperature</i> . Plea. Florianopolis. Brazil. N°7-9 Nov.
Loveland, J., (2003). <i>Daylight by design</i> . Revue. LD+A. lighting design + application, N°, Octobre
Laurentin C. (2001). <i>Etude Expérimentale de la Qualité des Ambiances Lumineuses dans le Bureaux en Condition de Lumière Mixte et d'Ambiances Thermiques Variées</i> . Thèse de Doctorat, Université de Nantes, Avril.
Lassance, G (1998). <i>Les configurations référentielles : un instrument conceptuel du projet d'Ambiance</i> . Les Cahiers de la Recherche Architecturale : Ambiances architecturales et urbaines, no 42/43 : 36-47. Parenthèses, Marseille.

Liébard, A et De Herde, A. (2005). <i>Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques</i> . Ed Le moniteur, Paris.
Livret IMA. (2001). <i>institut du monde arabe. Architecture</i> . Paris.
Lynes, J,A (1971). <i>Lightness, colour and contancy in lighting design</i> . Lighting research and technology. 24-42.
Le GIF-Lumière. (2011). <i>Lumière, ensemble valorisons la lumière naturelle</i> . La lettre d'information n°2. Paris.
Lam, William M C. (1977). <i>Perception and lighting as formgivers for architecture</i> . Mc Graw-Hill. New York.
Liébard, A et De Herde. (2005). <i>Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques</i> . Ed. Le moniteur. Paris
La Toison, M. 1982. <i>Introduction à l'éclairagisme</i> . Eyrolles. Paris.
Larousse. Consulté le (14/09/2011). Disponible sur (http://www.larousse.fr)
Le courrier de l'architecte. (2011). Consulté le (21/09/2010). Disponible sur: http://www.lecourrierdelarchitecte.com/popin-album.php?id_article=1246
Mudri L. (1996). <i>Aide à la Conception de l'Eclairage Naturel dans la Phase d'Esquisse Architecturale et son Impact sur l'Energétique du Bâtiment</i> . Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Mines de Paris.
Muller, F. (2004). <i>L'éclairage des lieux de travail, Notions de base</i> . Source : http://www.ast67.org/dossier/eclairage.html . mise à jour : Avril 2004.
Moore F. (1985). <i>Concepts and Practice of Architectural Daylighting</i> . Van Nostrand Reinhold Company, New York.
Millet S. (1996). <i>Light revealing architecture</i> . Ed John Wiley & Sons, Inc.
Miguet, F. (2000). <i>Paramètres physiques des ambiances architecturales : Un modèle numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain</i> . Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes.
Medour, S. (2008). <i>Impact de l'éclairage zénithal sur la présentation de la préservation des œuvres d'art dans les musées</i> . Mémoire de magistère, option : architecture bioclimatique. Constantine.
Marie, C. et Derouet, B, (1999). <i>Entre normes et liberté</i> . La revue. Techniques et architecture n°444 Août.
Mariet, F. (1981). <i>L'enfant, la famille et l'école, collection science de l'éducation</i> . Collection scientifique de l'éducation. Ed. ESF, Paris.
Mazouz, S. (2004). <i>Eléments de conception architecturale, Aspects conceptuels</i> . OPU, Alger.
Minier, F. (2001). <i>hygiène et sécurité, note d'information</i> . n°20., Académie d'orléans-Tours.
MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS PRIMAIRE ET SECONDAIRE., (1971). <i>Construction Scolaire, Recueil de normes</i> , Alger.
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE., (1982). <i>Guide des constructions scolaire et de l'enseignement fondamental. N°1 et 2</i> . Ed, Alger 9/11/1982. N° 4284/D.C.E.S/82.
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE., (1983). <i>Les équipements scolaires, concevoir _construire _utiliser</i> . CEP, Ed. du moniteur, Paris.
MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION. (2000). <i>Equipements culturels, Charte d'accueil des personnes handicapées, Texte de</i>

<i>recommandation.</i>
Montes, F. (1986). <i>Le Corbusier</i> . Revue. AMC., N° 49.
Mucchielli, A. (2002). <i>Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines et sociales</i> . Ed. Armand Colin / VUEF, Paris.
Muller, F. (2004). <i>L'éclairage des lieux de travail, Notions de base</i> . Source : http://www.ast67.org/dossier/eclairage.html . mise à jour : Avril 2004.
Muller, F. (2004) <i>Les biens faits de l'éclairage naturel</i> . Source : www.ZeStress.com > <i>Les bienfaits de l'éclairage naturel, html</i> CNIL sous le n°1040816.
Markus T. A. (1967). The function of windows. A reappraisal. <i>Building Science</i> , Vol. 2, pp. 97-121
Mudri L. (2000). A comparative analysis of luminous ambience designed for equivalent functions. <i>Actes de T.I.A.</i> , Oxford, (8 pages).
Mudri L. et Lenard J. D. (1999). Measurements and qualification of luminous ambience in daylighting. <i>Actes de PLEA '99</i> , Septembre, Melbourne, (6 pages).
Mudri L. (1997). Is luminous ambience in daylighting really created by day-lighting? <i>Actes de Environmental Justice, Global Ethics for the Twenty First Century</i> , Octobre, Melbourne.
Mudri L. (1996). <i>Aide à la Conception de l'Eclairage Naturel dans la Phase d'Esquisse Architecturale et son Impact sur l'Energétique du Bâtiment</i> . Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Mines de Paris.
Mariëlle P. J et al. (2009). Ultra high color temperature and visual performance. <i>In proceedings of LUX EUROPA- The 11th European Lighting Conference</i> , 9-11 /8/2009, Istanbul (Turkey).
Moore F, Anderson T (1985). <i>Concepts and practice of architectural daylighting</i> . New York: Van Nostrand Reinhold. 290 pp.
Mardaljevic, J. (1999). <i>Daylight Simulations: Validation, Sky Models and Daylight Coefficients</i> . PhD Thesis. De Montfort University, Inst. Of Energy and Sustainable Development. De Montfort, Leicester (UK).
Mardaljevic, J. (1995) Validation of a lighting simulation program under real sky conditions, <i>Lighting Research and Technology</i> , vol. 27, no. 4, pp. 181-188.
Mudri, L., Lenard, J-D., Cvetkovic, M. (2004) Objectives data from Radiance and subjective intentions from architects, <i>Proceedings of the Third International Radiance Scientific Workshop</i> , Fribourg, 11-12.
Mudri L. (1996). <i>Aide à la Conception de l'Eclairage Naturel dans la Phase d'Esquisse Architecturale et son Impact sur l'Energétique du Bâtiment</i> . Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Mines de Paris.
Ne'eman E., Cradock J. et Hopkinson R. G. (1976). Sunlight requirements in buildings. I. Social survey. <i>Building and Environment</i> , Vol. 11, pp. 217-238.
Ne'eman E. (1973). Visual aspects of sunlight in buildings. <i>Actes du Congrès International 'le Soleil au Service de l'Homme'</i> , 2-6 Juillet, Paris, pp. H.1-11.
Nabil, A., Mardaljevic, J. (2006) Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factor, <i>Energy and Buildings</i> , vol. 38, no. 7, pp. 905-913.
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.
Namias, O. (2007). <i>La lettre de l'ACE n°25</i> . Association des concepteurs lumière et éclairagistes. Paris
O'Connor, J et al. (1997). <i>Tips for daylighting with windows: the integrated approach</i> .

<i>PUB 790</i> , Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.
O'Connor J. (2000). <i>Tips for daylighting with windows, the integrated approach.</i> Ernest Orlando Lawrence Berkeley national laboratory. Source: http://windows.lbl.gov/daylighting/disignguide.pdf .
O'Connor J. (2000). <i>Tips for daylighting with windows, the integrated approach.</i> Ernest Orlando Lawrence Berkeley national laboratory. Source: http://windows.lbl.gov/daylighting/disignguide.pdf .
Parpairi K (2002). <i>The luminance differences index: a new indicator of user preferences in daylit spaces.</i> Lighting Research and Technology, 34: 53-68. 98
Nazzal, A. A. (2000). <i>A New Evaluation Method for Daylight Discomfort Glare in Modern Architectural and Lighting Design.</i> PhD thesis. University of Helsinki. Helsinki (Finland).
Narboni, R(2006). <i>Lumière et ambiance.</i> Ed le moniteur, Paris.
Poirazis H (2008). Single and double skin glazed office buildings. Analyses of energy use and indoor climate. Report EBD-T-08/8. Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment, Faculty of Engineering, Lund University, Lund, pp. 330-335.
Robbins, C.L. (1986). <i>Daylighting: Design and Analysis.</i> New York: Van Nostrand Reinhold Company. Chapter 3.: Performance Parameters
Robbins CL (1986). <i>Daylighting : design and analysis.</i> New York: Van Nostrand Reinholds.
Rabbidge, R. M. (1967). The Effects of Shading Devices on Internal Illumination. <i>CIE Proceedings.</i> Paper no. 28. pp. 349-360.
Reinhart, C., Walkenhorst, O. (2001) Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds, <i>Energy and Buildings</i> , vol. 33, no. 7, pp.683-697.
Renckens, J. (1996). Façade in glass en alminum. Gevels en architectur. TU Delft/VMRG/VAS-ISBN 90-9009266-8
Rubin, A. I., Collins, B.L. & Tibbott, R.L. (1978). <i>Window blinds as a potential energy saver - A case study (NBS Building Science Series 112).</i> Washington, DC: U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards.
Robbins S et al. (2006). <i>Comportements organisationnels.</i> Ed. PEARSON Education. France.
Roulet, C A. (1987). <i>Energétique du bâtiment : Prestations du bâtiment, bilan énergétique global.</i> Collection Gérer l'Environnement. Presses Polytechniques Romandes. Lausanne.
Szokolay S V (1980) :Environmental science handbook for achitects and builders ,the construction press Ltd Lancas, England
Scartezzini, J.L. (1991). L'éclairage naturel dans le bâtiment. Proceedings CISBAT'91, 10-11/10/91, EPFL, Lausanne, 9 pages.
Song, K.D., Boyer, L.L., 1994. "Instrumentation System for Evaluating Daylighting Performance in Sunlit Atria with Design-Stage Scale Models", ASHRAE ransactions, Pt.1.
Schiler M & Valmont E (2006). <i>Urban environmental glare: the secondary consequence of highly reflective materials.</i> in Proceedings of the PLEA - The 23rd conference on Passive and Low Energy Architecture, 2006, Genève (Suisse).
Szokolay, S.V. (1980). 'Environmental Science Handbook for Architects and Builders', New York, John Wiley and Sons.
Scheerbart, P. (1995). l'architecture de verre, trad. P. Galissaire, Strasbourg, Cirsé, ,P.29.

Smith G (2003). <i>Materials and systems for efficient lighting and delivery of daylight.</i> in Proceedings of the ISES Solar World Congresses, 14-19 juin, Göteborg (Suède).
Serra R. (1998). <i>Daylighting. Architecture, Comfort and Energy</i> , Eds. GalloC., Sala M. and Sayigh A. M. M.
Schiler, M. (1987). <i>Simulating Daylight with Architectural Models.</i> Daylighting Network of North America. Los Angeles.
Société Saint Gobain. Les verres et le rayonnement naturel. Paris: Saint-Gobain, p15.
Serra, R. (1998). <i>Daylighting, In: Renewable and sustainable energy reviews</i> , Vol. 2, No.1-2, June 1998, pp. 115-155
Seksaf ME. (2006). <i>Impact de la conception des fenêtres en milieu aride sur la perception et le comportement des usagers des espaces de bureau vis à vis de l'éclairage.</i> Mémoire de magistère. Département d'architecture Biskra.
Teysnot, G. (2010). « Fenêtres et écrans : entre intimité et extimité », <i>Revue Appareil</i> [En ligne], Varia, Articles, Mis à jour le 06/09/2010 disponible sur http://revues.mshparisnord.org/appareil/index.php?id=1005
Société d'astronomie du Planétarium de Montréal., (1996). <i>Soleil. Source :</i> http://www.planetarium.montreal.qc.ca/Information -- Dernière mise à jour : 26/08/1996.
Tabet Aouet, K. (1991). <i>The interaction of view window design and shading devices.</i> PHD, uiversity of Sheffield.
Tabet Aouet, K, (2002). <i>Windows and lighting: design for visual comfort.</i> La revue. light & lighting International Conference, <i>comfort and efficiency within interior and exterior lighting systems.</i> CIE, CNRI Volume, 1. PROCEEDINGS. N°. nov, Bucharest, Romania.
Tabet Aoul K. (1991). <i>The Interaction of View, Window Design and Shading Devices.</i> Thèse de Doctorat, Université de Sheffield, Septembre.
Tabet Aoul K. (2002). <i>Windows and lighting. Design for visual comfort.</i> <i>Actes de ofLight and Lightning International Conference</i> , 28-30 Novembre, Bucharest, pp.122-131.
Tabet KA (2002). <i>Windows and Lighting: Design for visual comfort.</i> in Proceedings of the CIE International Conference, 28-30 November, Bucharest (Roumanie).
Tabet KA (2002). <i>Windows and Lighting: Design for visual comfort.</i> in Proceedings of the CIE International Conference, 28-30 November, Bucharest (Roumanie).
Tabet Aoul K. (1991). <i>The Interaction of View, Window Design and Shading Devices.</i> Thèse de Doctorat, Université de Sheffield, Septembre.
Tourre, V. (2007). <i>Simulation inverse de l'éclairage naturel pour le projet architectural.</i> Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes.
Teysnot, G. (2010). « Fenêtres et écrans : entre intimité et extimité », <i>Revue Appareil</i> [En ligne], Varia, Articles, Disponible sur URL: http://revues.mshparisnord.org/appareil/index.php?id=1005
Ursprung, P. (2002). <i>Herzog & De Meuron, Histoire naturelle,</i> Montréal, Centre Canadien de l'Architecture
Vandeplanque P (2005). <i>L'éclairage : notions de base, projets d'installations, exercices corrigés.</i> Paris: Tec & Doc. 270 pp.
Veitch, J. A. (2000). <i>Lighting Guidelines from Lighting Quality Research.</i> <i>Proc. of CIBSE Conference.</i>
Veith, A. J. & Newsham, G. R. (1996). <i>Determinants of Lighting Quality I: State of the Science.</i> <i>Proc. of the Annual Conference of the Illuminating Engineering Society of North America.</i> August 5-7, Cleveland, Ohio (USA).
Veitch, J. A. & Newsham, G. R. (1995). <i>Quantifying Lighting Quality based on</i>

Experimental Investigations of End User Performance and Preference. <i>Proc. of the 3rd European Conference on Energy-efficient Lighting</i> . June 1995. Newcastle-upon-Tyne (UK).
Vasiliu Anca(1994) . « Le mot et le verre. Une définition médiévale du diaphane », in: <i>Journal des savants</i> , pp. 135-162, p. 154.
Vischer J. C. (1989) . <i>Environmental Quality in Offices</i> . Van Nostrand Reinhold, NewYork.
Wilkinson, M.A. (1992) . “Natural Lighting under Translucent Dome”, <i>Journal of Lighting Research and Technology</i> , p:117-126.
Walter Benjamin(1993) . <i>Paris, capitale du xixe siècle. Le livre des passages</i> , Rolf Tiedemann (éd.), trad. Jean Lacoste, Paris, Editions du Cerf, , p. 239.
Wigginton M et McCarthy B (2000) . The Environmental Second Skin. Research carried out for UK Department of Environmental Transport and the Regions. June
Yellamraju V (2004) . Evaluation and design of double skin facades for office buildings in hot climates. Master Thesis. Texas A&M University, Texas, pp. 20-25
Zemmouri, N. (1986) . <i>Daylight Optimisation for Energy Conservation with Reference to Algeria</i> . Mphil Thesis, School of Architecture and Building, Univ. of Bath

Sites internet

http://www.verreonline.fr/v_gene/hist_01.php

<http://fr.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0016720>

<http://blog.travelpod.com/travel-photo/rosaguiard/1/1263939852/reliance-building.jpg/tpod.html>

http://www.hellochicago.com/photos_buildings.cfm

<http://www.bluffton.edu/~sullivanm/jenney/jenney.html>

<http://rem17.over-blog.com/article-home-insurance-building-69407831.html>

http://www.weblo.com/asset_image/410963/14205/Kings_Cross_Station/

<http://utopies.skynetblogs.be/06-premiere-moitie-du-xxe-siecle/>

<http://www.crit.archi.fr/web%20folder/acier/Chapitre%201/1.7%20AcierStyle.html>

<http://www.lemoniteur.fr/181-innovation-chantiers/article/etudes-de-cas/689135-renovation-energetique-d-un-batiment-tertiaire-des-annees-60>

<http://www.scribd.com/doc/40651518/192/WINDOWS-OVERLOOKING-LIFE>

http://www.verreonline.fr/v_gene/hist_01.php

<http://www.onyx-solar.com/fr/commentfonctionne.html>

www.cipa.ulg.ac.be/pdf/dawans.pdf

www.outilssolaire.com

<http://www-energie2.arch.ucl.ac.be/donn%C3%A9es%20climatiques/1.3.6.2.htm>

<http://www.mediterranee-menuiserie.fr/index.php?page=15>

<http://www.ppur.org/livres/2-88074-474-1.html>

http://www.e-architect.co.uk/modern_architects.htm
<http://bibliotheque.esa-paris.fr/Record.htm?idlist=2&record=633012445129>
<http://www.onyxsolar.com/fr/commentfonctionne.html>
<http://www.architecturedecollection.fr/brochure/0000011.pdf>
<http://www.all-art.org/Architecture/25-4.htm>
<http://mademoisellececile.over-blog.fr/article-18566197.html>
<http://www.parisbalades.com/arrond/7/7e.htm>
<http://www.athenaeum.ch/barcmies.htm>
<http://www.labulledesolenne.com/archive/2007/05/20/design-obsession.htm>
<http://www.sketch.uk.com/>
<http://ada.ini.ethz.ch/>
<http://www.gsd.harvard.edu/>
<http://www.lavitrinedetrafi k.fr>
<http://www.electronicshadow.com/>
<http://www.numeriscausa.com>
<http://www.france5.fr/questionmaison>
<http://rebecca-ladd3.blogspot.com/2010/09/shigeru-ban-curtain-wall-house-board.html>
<http://www.all-art.org/Architecture/25-6.htm>
<http://www.ville-poissy.fr/fr/decouvrir-poissy/sites-et-monuments/la-villa-savoie.html>
<http://www.parismuseumpass.com/musee-villa-savoie-63.htm>
<http://www.weareprivate.net/blog/?p=536>
<http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/itiinv/archiixx/imgs/p27-01.htm>
<http://technomc.info/Architecture%20bio%20climatique/Le%20Corbusier%20esprit%20nouveau.htm>
<http://www.visual-italy.it/IT/lombardia/como/casa-fascio-novocomum/>
<http://fr.urbarama.com/project/casa-del-fascio>
http://www.greatbuildings.com/buildings/Casa_del_Fascio.html
http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/fa267/mies.html
<http://edwardlifson.blogspot.com/2009/05/tearing-down-mies-in-chicago.html>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Seagram_Building
<http://ensanancy.typepad.com/expositions/>
<http://audience.cerma.archi.fr/cerma/pageweb/reference/stirling/stirling.html>
<http://www.ijasonline.com/INTERVIEW.html>
http://www.flickr.com/photos/emilio_guerra/4062137061/in/photostream/
<http://www.aviewoncities.com/buildings/berlin/debistower.htm>
<http://imageshack.us/photo/my-images/229/debis13lz.jpg/sr=1>
<http://www.pss-archi.eu/photos/photo-10435.html>
http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/arch304/winter2001/plin8/passive_solar/herzog.htm
<http://www.superstock.com/stock-photos-images/1801-31241>

http://www.mindmaded.com/2009/10/blog-post_6896.html
<http://sdetails.blogspot.com/2007/05/curtain-wall-house.html>
<http://sdetails.blogspot.com/2011/01/transparence.html>
<http://www.stoa-architecture.com/theorie/?p=162>
<http://www.journal-du-design.fr/index.php/architecture/architecture-the-glass-pavilion-house-par-steve-%20%20hermann-6288/>
<http://www.artcom.de>
<http://www.interactivearchitecture.org>
<http://galerie.froggydelight.com/index.php?s=2&d=64>
<http://inhabitat.com/dusseldorfs-hi-tech-energy-efficient-gate/>
http://www.simplicityhub.philips.com/_pages/tomorrow.php
<http://www.fosterandpartners.com/internetsite/Flash.html>, date: October 28th 2005
http://www.architektur.tudarmstadt.de/upload/powerhouse_typepicture/481/picturehigh/project515_high.jpg date:
http://www.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_122,s_Projects.en.fb15 date:
(<http://www.josef-gartner.de/referenzen/arag.htm>)
(<http://www.archleague.org/tenshadesofgreen/commerz.html>)
<http://gaia.lbl.gov/hpbf/picture/casestudy/dusseldorf/building.jpg>)
http://www.dietrich.untertrifaller.com/projects_d.html date: October 26th 2005

« Espérons que l'architecture de verre amènera également une amélioration de l'homme sur le plan moral. Je vois là pour ma part un des principaux avantages de ces grandioses parois de verre, étincelantes, multicolores et mystiques. Et cet avantage ne me paraît pas seulement être une illusion, mais une authentique vérité : un homme qui voit tous les jours autour de lui des splendeurs de verre ne peut plus avoir des mains sacrilèges. »

Paul Scheerbart (1914)

« La transparence, c'est avant tout la façon d'imprégner une architecture du site environnant, de favoriser l'interférence de l'existant et du construit, d'intégrer tout le milieu ambiant comme composante à part entière de l'espace créé. Elle implique par nature de composer avec la variation de ce milieu, variation de lumière et de couleur... »

Jean Nouvel(1985)

1. Introduction :

A l'aide d'un peu de lumière, la transparence permet de voir devant ce qui est derrière, dehors ce qui est dedans. L'architecture a fait grands cas de notions de transparence, que l'on aura employée sous divers sens. La polysémie du mot renvoie de fait à des identifications majeures, la transparence se situe entre matière et social, public et privé, architecture et démocratie Sans transparence totale dans les rapports qui nous lient les uns aux autres ou aux choses, il ne pourrait exister aujourd'hui de vie sociale, économique voire politique. Dans le domaine qui nous affaire en l'occurrence l'architecture, la transparence s'associe désormais à un matériau précis et à son évolution technique et performative.

Le souci de la transparence est né à la fin du 19^e siècle. Jules Henrivaux, ingénieur-chimiste inventeur du « verre grillagé », publie dans la *Revue des deux mondes* un article intitulé « Une maison de verre »(Henrivaux,1998). Dans lequel il décrit comment le verre et le fer seront les seuls matériaux des maisons futures :

‘‘ Les murs, disons-nous, seront constitués par une carcasse de fer d'angle sur laquelle on disposera verticalement des dalles en verre, de manière à réaliser une double paroi dans l'intérieur de laquelle on fera circuler l'hiver de l'air chaud, l'été de l'air comprimé, lequel en se détendant refroidira les murs. Les toitures seront en verre grillagé ; et naturellement en

verre aussi les murs d'intérieur, les escaliers, etc. [...]Partout l'air, la lumière, les lavages rendus faciles, les impuretés des parois rendues visibles : telles sont les conditions que l'emploi du verre permet de réaliser, et qui établissent nettement le rôle que peut jouer et doit jouer cette merveilleuse matière dans notre monde moderne''(Henrivaux,1998,p.112).

Les architectes, et à travers les périodes de l'histoire de l'architecture ont progressivement travaillé à abstraire et à dématérialiser l'architecture, pour en arriver, comme Philip Johnson et bien d'autres, à construire des maisons toute transparente.

Walter, Benjamin fait à son tour de la transparence en architecture le signe d'un nouveau monde:

‘La forme originnaire de toute habitation, c'est la vie non dans une maison mais dans un boîtier. Celui-ci porte l'empreinte de celui qui l'occupe. Dans le cas tout à fait extrême l'appartement devient un boîtier. Le 19^e siècle a cherché plus que tout autre l'habitation. Il a considéré l'appartement comme un étui pour l'homme [...].Le 20^e siècle, avec son goût pour la porosité, la transparence, la pleine lumière et l'air libre, a mis fin à l'ancienne façon d'habiter ‘ (Benjamin, 1993, p.239).

Ses idées nouvelles sont liées à la possibilité d'une visibilité plus grande sur l'environnement extérieur. Ainsi la fenêtre s'est développée de la fenêtre, verticale traditionnelle (Fig. I.1) à la fenêtre horizontale (Fig. I.2) jusqu'à devenir l'enveloppe de bâtiment (Fig. I.3). Pour les architectes contemporains, il n'est plus question de s'interroger sur la nécessité ou la pertinence de la transparence ; leurs prédécesseurs ont épuisé cette question en démontrant sa persistance mais sur l'infinité des moyens de sa mise en œuvre.

2. Apparition du concept de la transparence :

Depuis toujours et jusqu'a la fin du 18^{ème} siècle, l'homme a toujours été lié à la nature pour construire son abri. Son architecture est dépendante des matériaux qu'offre la nature. Les constructions sont en bois, en pierre, ou en terre. La lumière naturelle a toujours constitué une partie importante durant toute l'évolution de l'architecture .La relation entre le dedans et

dehors d'une construction fut limitée par un mur lourd avec des petites ouvertures. Ces ouvertures représentent un point faible face au vent, intempéries, et les dangers extérieurs



Figure I.1: Fenêtre à la françaises
(Source : <http://fr.wikipedia.org>)



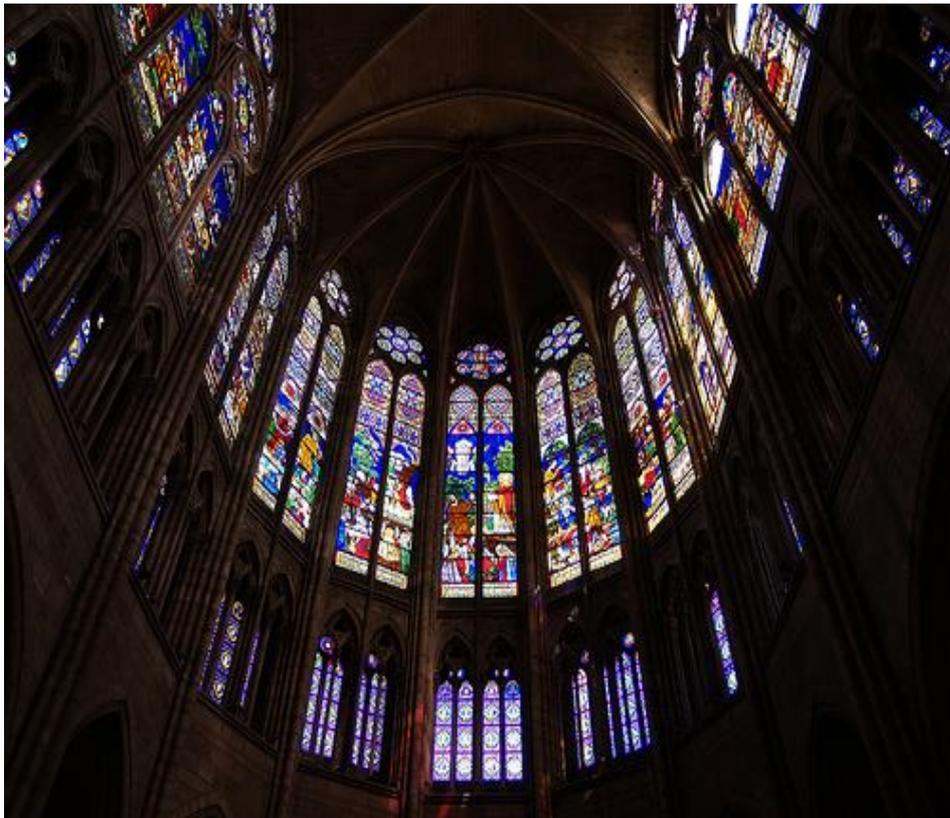
Figure I.2: Fenêtre unique sur 11 mètre de long, petite maison à Cordeaux, le Corbusier 1923
(Source : Auguste, 2002)



Figure I.3: Vue depuis le séjour de la maison Johnson
(Source : <http://www.all-art.org>)

L'homme pré-industriel avait des exigences, des obligations et des besoins différents de l'homme d'aujourd'hui. Il passe la plus grande partie de son temps à l'extérieur, la lumière naturelle est importante pour le travail et le travail se fait d'une manière général a l'extérieur. A l'intérieur les activités domestiques étaient simples et ne demandent pas une bonne lumière.

C'est dans les bâtiments cérémoniaux et religieux, comme la basilique gothique de Saint-Denis (Fig .I.4), érigée par son abbé Suger (1081-1151), que la première concrétisation effective d'un espace transparent. La fenêtre de verre de grande surface devient un filtre entre dieu et les hommes(Panofsky,1951).



**Figure I.4: La basilique gothique de Saint-Denis,
érigée par son abbé Suger (1081-1151)
(Source : Alloa ,2008).**

3. La transparence dans l'histoire : une contribution à la relation entre l'intérieur et l'extérieur :

3.1 La révolution industrielle et les nouvelles techniques et matériaux :

À partir de la Renaissance, la fenêtre (Fig .I.5) présente, d'un côté, son utilité comme moyen d'éclairage, de ventilation, d'isolation, etc. D'un autre côté, on la pense comme une chose au travers de laquelle on peut regarder. La fenêtre (Fig .I.6) est un agencement « architectural » qui sert de dispositif utile et hygiénique, relié aux besoins du corps. Elle est également un appareil « optique » une sorte de loupe, ou comme des lunettes, qui offre une ouverture sur le monde.



Figure I.5: Fenêtre d'un palais à Florence
(Source : Teyssot,2010)



Figure I.6: Fenêtre avec siège d'une demeure médiévale
(Source : Alexander, 1977)

An 19^{ème} siècle de la révolution industrielle a introduit de nouveaux procédés de constructions, grâce à l'apparition de nouveaux matériaux, fer, verre, et acier.

Les techniques de fabrication du verre fait des grands progrès. L'alliance du fer et le verre oriente les concepteurs vers des solutions nouvelles dans les bâtiments publics (serres, marchés, passages, Grands magasins, galeries, et gares ferroviaires).

Pour la première fois, en 1829 l'architecte Pierre François Léonard Fontaine a eu l'idée d'allier verre et fonte pour construire une voûte en berceau couvrant la galerie d'Orléans du Palais Royal (Fig. I.7). La couverture de cet édifice s'opposait à la pluie tout en laissant passer

la lumière et donnait ainsi une impression de liberté et d'espace. En 1832-33, Rohaut de Fleury allait plus loin en construisant pour le Jardin du Roi (Jardin des plantes) à Paris des serres pour abriter les plantes, de véritables maisons de verre faites d'une charpente de fer et de panneaux de verre (Fig.I.8).

L'utilisation de verre pour la grosse serrurerie est devenue universelle. C'est le cas : i) la serre de Belfast en Irlande du Nord (Fig.I.9) Construite en 1839 par Richard Turner, ii) Grande Serre de Lyon, Construite entre 1877 et 1882, par l'architecte Vedrine (Fig.I.10), et iii) la serre historique de Frankfurt (Fig.I.11) Construite en 1871, par l'architecte Heinrich Siesmayer.



Figure I. 7: la galerie d'Orléans du Palais Royal, 1833, Architecte : Fontaine
(Source: <http://www.crit.archi.fr>)



Figure I. 8: Serres du jardin des plantes, Paris, 1833, Architecte : Rohaut de Fleury
(Source: <http://www.crit.archi.fr>)



Figure I.9: la Serre de Belfast (Irlande du Nord) Construite en 1839 par Richard Turner
(Source : Pautz,2002)



Figure I.10: La serre historique de Frankfurt ,Construite en 1871, par l'architecte Heinrich Siesmayer.
(Source : Pautz,2002)



**Figure I.11: Grande Serre de Lyon, 1882,
architecte :Vedrine (Source : Pautz ,2002)**

Mais le premier bâtiment emblématique, combinant les vertus du verre et celle de la structure en fer, est le palais de Cristal de Joseph Paxton édifié à Londres en 1851 à l'occasion de l'Exposition universelle (Fig. I.12). Avec ses 563m de long et 124m de large, son remplissage de 84000 m² de verre lui donne une élégance aérienne, légèreté et transparence. Le palais de cristal est très lié à la notion de serre, un espace vaste, ouvert, qui estompe les frontières entre l'intérieur et l'extérieur. Le palais de cristal, le premier bâtiment préfabriqué industriel de l'histoire, devient l'archétype de cette période. Lothar Bucher, qui assista à l'inauguration du palais de Cristal résume la sensation à laquelle est exposé le visiteur insiste et sur l'impression d'irréalité et d'espace infini ou tout devient immatériel (Benevolo,1978).

En parlant des bâtiments transparents parisiens, Walter Benjamin note que *"l'architecture de verre agit comme un égalisateur social en son sein ou les règles sont égales pour tous, le verre aura donc désormais moins pour but de laisser pénétrer la lumière de l'extérieur que d'en atténuer l'effet individualisant et de ménager un espace de pure égalité "* (Benjamin, 1939).

En effet, galeries et passages connaissent l'âge d'or au 19^{ème} siècle, et précisément à Paris en France. Les plus célèbres étant, la galerie la Vivienne (Fig. I.14) construit à Paris en 1832 , le passage Pommeraye à Nantes 1843(Fig. I.15). En Italie la galerie la plus célèbre est la Galerie Vittorio Emanuele II à Milan (Fig. I.16).



Figure I.12: Le palais de Cristal, Joseph Paxton, Londres en 1851 (Source : Mignot,1983)



Figure I.13: Vue interieur du palais de cristal (Source:<http://paristeampunk.canalblog.com>)



Figure I.14: Galerie la vivienne, Francois Dellanoy, Paris 1832 (Source:Metivier,2010)



Figure I.15: Pssage Pommeraye, Louis Pommeraye, Nante 1841 (Source:Metivier,2010)



Figure I.16: Galleria Vittorio Emanuele II , Giuseppe Mengoni. Milan 1876
(Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Galleria_Vittorio_Emanuele_II)

Ces passages sont également des lieux de consommation (boutiques, cafés, restaurants), lieux de rencontres, et de refuge par les gens d'intempéries. Ces espaces sont couverts par une verrière offrant des endroits baignés de lumière au moyen d'un éclairage zénithal qui leur donne une lumière particulière. La verrière est un élément visuellement le plus important de la galerie ; elle clôt l'espace, sécurise physiquement et moralement le promeneur.

Walter Benjamin les décrit comme suite : *“Ces passages, récente invention du luxe industriel, sont des couloirs au plafond de verre et aux entablements de marbre, qui courent à travers des blocs entiers d'immeubles dont les propriétaires se sont solidarisés pour ce genre de spéculation. Des deux côtés du passage qui reçoit sa lumière d'en haut, s'alignent les magasins les plus élégants, de sorte qu'un tel passage est une ville, un monde en miniature où le chaland peut trouver tout ce dont il a besoin. Lorsqu'éclatent de soudaines averses, ces passages sont le refuge de tous les promeneurs surpris auxquels ils offrent une promenade assurée, quoique limitée, dont les commerçants tirent aussi leur profit”*(Benjamin,1989,p.35).

3.2. L'école de Chicago (approximativement entre 1885 et 1905) :

En octobre 1871, un violent incendie a détruit presque toute la ville de Chicago. Ce n'est qu'après cette incendie que la ville explose et sera reconstruite dans le territoire appelé

Loop(fig. I.17). Un centre d'affaires, constitué de bureaux, de grands magasins, d'hôtels, et des équipements. Cette reconstruction a été l'occasion pour les architectes d'expérimenter de nouveaux systèmes de construction qui doivent être mis en oeuvre. Les protagonistes de cette reconstruction de la ville seront désignés sous le qualificatif d'Ecole de Chicago. Parmi ces grandes figures, William Le Baron Jenney qui influencera les architectes dont Daniel Burnham, Root, William Holabird, Martin Roche et Luis Sullivan. Ces architectes vont donner à la ville de Chicago une architecture d'une simplicité cohérente, conçue en fonction des exigences fonctionnelles et des matériaux .Le développement de Chicago sera marqué par deux faits majeurs: la configuration particulière du Loop, centre commercial de Chicago, et le développement du gratte-ciel à structure métallique (Wittevrong, 2005).



Figure I.17: Vue du loop,Chicago,1890
(Source : Wittevrongel,2005)

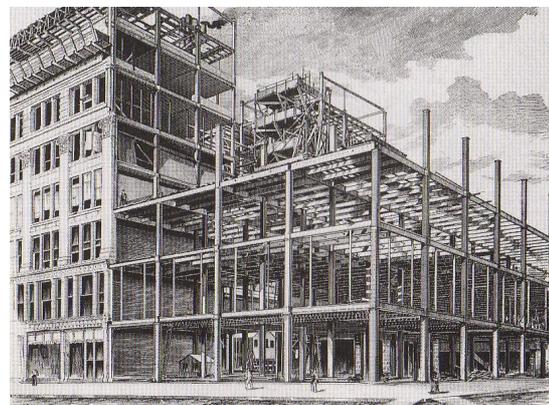


Figure I.18: Vue du chantier, Faire store, William Le Baron Jenney, 1891 (Source : Wittevrongel,2005)

Cette structure en squelette acier (fig. I.18), mise au point par William Le Baron Jenney, permet à la fois de, i) diminuer le poids propre du bâtiment, ii) diminuer l'impact des éléments de structure sur l'espace et, iii) d'ouvrir généreusement les façades de l'édifice. Il y a ensuite le système de fondations proposé par F. Baumann, permettant de supporter des charges concentrées. Aussi l'invention de l'ascenseur par Elisha Grave Otis, qui installera le premier dans le E.V. Haughwout Building en 1857. Ceci donnera le véritable coup d'envoi des constructions en hauteur. Le problème de l'accession aux étages supérieurs venait d'être résolu (Wittevrong, 2005).

En 1884, William le Baron Jenney, construit le Home Insurance Building (Fig.I.19), considéré comme le premier gratte-ciel, d'une hauteur de 10 étages. Les fenêtres sont plus

grandes que ce qui était possible dans un bâtiment en maçonnerie. Les fenêtres étaient larges et horizontales, appelées "Chicago windows". Avec le deuxième Leiter Building (Fig.I.20) et le Fair Building en 1889, William le Baron Jenney exprime son concept dans la construction, une structure poteau - poutre en acier ou il supprime les murs porteurs. Les façades ne sont plus porteuses et sont réduites à des écrans légers, Ce squelette permet d'augmenter la hauteur sans devoir craindre une emprise excessive des porteurs aux premiers niveaux et d'ouvrir le long des parois des baies quasi-continues, pour éclairer des corps de bâtiments profonds.



Figure I.19 : Home Insurance Building, Chicago, 1884, William le Baron Jenney
(Source : <http://rem17.over-blog.com>)



Figure I.20 : Leiter Building, Chicago, 1889 , William le Baron Jenney
(Source : <http://www.bluffton.com>)

En 1889, William Holabird et Martin Roche construisent le Tacoma building (Fig.I.21) de 12 étages. En 1891 ils achèvent le Monadnock building (Fig.I.22), de 16 étages. Le Brooks building. Ce dernier est considéré comme un chef d'œuvre de simplicité. En forme de tranche, il s'apparente à un élément isolé et particulier avec une structure métallique. Le Brooks Building se compose d'une façade spectaculairement ouverte reflétant directement la structure squelette. La "fenêtre de Chicago", comportant une baie ouvrante au centre.

En 1895, Daniel H. Burnham et John W. Root construisent le Reliance building (Fig.I.23). Il est considéré comme étant le plus beau gratte-ciel de Chicago, et présente une structure remarquablement avancée pour l'époque. Le squelette déchargeait les parois extérieures de porter. Le bâtiment est couvert quasi entièrement de verre, les larges châssis contribuent au

caractère ouvert de la façade, Aucun bâtiment de l'époque ne parvint à mieux approcher cet objectif que le 'Reliance Building'.



Figure I.21 : Tacoma building, Chicago, 1889, Holabird (Source: <http://www.hellochicago.com>)



Figure I.22 : Monadnock building, 1891, Holabird (Source: <http://www.hellochicago.com>)

Entre 1899-1904, Louis Sullivan construit les Magasin Carson, Pirie & Scott (Fig. I.24). Le bâtiment est remarquable pour sa structure métallique. Il a permis une augmentation du secteur de fenêtres, d'où l'accès à plus de lumière de jour à l'intérieur. Les "chicago-windows" (Fig. I.25), étirées horizontalement, et rythme égale, sont réalisées avec de minces cadres métalliques et s'intègrent dans la charpente en acier.



Figure I.23 : le Reliance building, Chicago, 1895, Burnham (Source : <http://blog.travelpod.com>)



Figure I.24 : les Magasin Carson, Pirie & Scott, 1904, Louis Sullivan (Source : www.crit.archi.fr)



Figure I.25 : La fenêtre de Chicago.
(Source : www.Greatbuilding.com)

3.3. L'architecture moderne :

La période moderne en architecture, fut sans doute, le grand théâtre des réalisations remarquables et novatrices sur plusieurs plans, technique, formel et social. Les idées des architectes modernes correspondaient à une conception nouvelle de l'espace. Cette espace qui était clos et fermé dans le passé sera fracasser et c'est l'une des tâches que se sont données les architectes moderne. De plus ,les nouveaux matériaux tels que le béton armé, le fer et le verre, ont permis d'exprimer architecturalement ces nouvelles idées . En détruisant l'espace clos, l'architecture devient transparente. L' idée d'une architecture transparente a inspire l'écrivain allemand, Paul Sheerbart, qui avait publié en 1914 son manifeste « Architecture de verre », décrivant comment l'homme nouveau habitera des maisons entièrement faites de verre, lumineuses, propres et pures, où la matière ne sera plus qu'une lumière :

« Nous vivons le plus souvent dans des espaces clos, qui constituent le milieu où s'enracine et se développe notre civilisation. Notre civilisation est dans une certaine mesure un produit de notre architecture ; si nous voulons élever son niveau, nous devons donc, bon gré mal gré, transformer notre architecture. Et cela ne sera possible que si nous faisons en sorte que les pièces dans lesquelles nous vivons n'aient plus ce caractère clos » (Scheerbart,1995,p.29).

Dans la même année, Bruno Taut présente à Cologne sa Maison de Verre à l'exposition du Werkstattbund. Depuis, la transparence n'a cessé de se manifester, a travers l'architecture des grandes figures de la période moderne comme, Walter Gropius, Ludwig Mies van der Rohe, Giuseppe Terragni, Le Corbusier, et bien d'autre architectes de cette période.

Peter Behrens, qui est considéré comme l'un des premiers designers industriels fondateur d'une esthétique industrielle, réalise en 1908-1909 (Fig. I.26) le Halle de montage d'usine de turbine d'AEG, à Berlin. Le bâtiment avec sa structure métallique, présente sur ces façades de grandes parois vitrées. Ces grandes surfaces transparentes, présente la majorité de la surface de l'enveloppe, qui donne une large prépondérance au vide par rapport plein. Le bâtiment établit une nette perméabilité entre le dedans le dehors.

Quelques années plus tard, en 1910-1914, Walter Gropius qui a déjà travaillé chez Peter Behrens, et en coopération avec, Eduard Werner et Adolf Meyer, réalise (Fig.I.27) l'usine Fagus d'Alfel Leine en Allemagne. Le bâtiment nous rappelle les caractéristiques le l'usine AGE de Behrens, avec une esthétique architecturale plus ouverte. Le bâtiment est d'une structure métallique et aux façades entièrement vitrées. Les pans de verre verticaux en saillie s'élèvent sans interruption sur toute la hauteur de la façade. La mise en valeur de l'ongle par la transparence du verre. La paroi vitrée n'à plus aucune fonction porteuse, mais seulement de protection contre les intempéries. Gropius met en évidence son attachement aux nouvelles techniques ainsi qu'à la lumière (Fig. I.28) . L'usine Fagus été un des tous premiers édifices avec des façades-rideau.



Figure I.26: Usine de turbine d'AEG, 1908-1909, Berlin, Peter Behrens (Source : <http://fr.structurae.de>)



Figure I.27 : Usine Fagus, 1910-1914, Allemagne, Walter Gropius (Source : <http://www.all-art.org>)



Figure I.28 : vue depuis l'intérieur, Usine Fagus, 1910-1914, Allemagne, Walter Gropius (Source : Marchand.2005)

Ludwig Mies van der Rohe, fait partie des pionniers du mouvement moderne qui, donne au mouvement son projet esthétique. Il le résumé en une formule lapidaire "less is more". Mies réalise (Fig. I.29) en 1929 le Pavillon allemand à l'exposition universelle de Barcelone, ou il établit son principe de plan libre, qui tend à la continuité totale, à l'immatérialité, à l'ouverture, et à la perméabilité entre intérieur et l'extérieur. La transparence est exprimée ici par un axe en diagonal, reliant le grand bassin au jardin ; une transparence permanente grâce au vide et au verre, une transparence et opacité temporaire grâce au rideau, et une opacité permanente grâce au mur.



Figure I.29 : le Pavillon allemand, 1929, Ludwig Mies van der Rohe . Source : <http://www.athenaeum.ch/barcmies.htm>



Figure I.30 : le Pavillon allemand, vue sur le grand bassin . (Source : <http://www.athenaeum.ch/barcmies.htm>)

Plus tard en 1946-1950, Mies van der Rohe, réalise la maison Farnsworth (Fig .I.31), à Plano, Illinois, aux États Unis Mies crée un infini spatial à partir de ce qu'il appelle le presque rien. La maison Farnsworth est une des applications les plus rationnelles de l'architecture de verre puriste, et les plus pures du plan libre. Les murs extérieurs sont de vastes vitrages, assurent la continuité de la pièce vers l'extérieur. Le traitement particulier de l'angle du bâtiment tend à renforcer cette idée de liberté.

Durant la même période, Philip Johnson, réalise en collaboration avec Richard Foster, sa maison de verre (Fig. I.33), en 1949 à New Canaan, dans le Connecticut aux États-Unis. Souvent comparée à la Farnsworth House de Mies van der Rohe ,qui est une composition de plans flottants ,la Maison Johnson est une boîte ancrée dans le sol.Philip Johnson ne propose pas de terrasse, toutefois la pelouse offre un bel espace extérieur.



Figure I.31 : Maison Farnsworth, à Plano, Illinois, aux Etats Unis, 1946-1950, Mies van der Rohe
(Source : <http://www.labulledesolenne.com>)



Figure I .32 : Maison Farnsworth ,vue du salon
(Source : <http://www.labulledesolenne.com>)



Figure I.33 : Maison Johnson en 1949 à New Canaan, États-Unis , Philip Johnson
(Source : <http://www.all-art.org/Architecture/25-6.htm>)



Figure I .34: Maison Johnson, vue du salon
(Source : <http://www.all-art.org/Architecture/25-6.htm>)

La maison est caractérisée surtout par l'emploi généralisé du verre, du sol au plafond, du béton avec les deux dalles du sol et du toit et d'acier pour les éléments structuraux. La maison est ouverte sur la nature, entourée de verdure et d'arbres. Un abri architectural mêlant l'intérieur et l'extérieur, simultanément indépendant et entremêlé avec l'élément naturel.

De son côté le Corbusier, est concentré sur les percements et les possibilités de vue vers l'extérieur. « *Les fenêtres peuvent courir d'un bord à l'autre de la façade* » (le Corbusier.1929) Il proposait au regard extérieur des façades planes lisses et largement ouvertes (Fig. I.35) pour se conformer au principe de mise en lumière et de transparence. A l'intérieur, le Corbusier propose un cadre pour les vues (Fig. I.36-37) Il envisageait la maison comme un dispositif de prise de vues. Habiter, selon le Corbusier revenait à habiter un appareil photos, les fenêtres

remplaçant l'objectif. L'espace ne sera pas composé de murs mais d'images, "des murs de lumière".

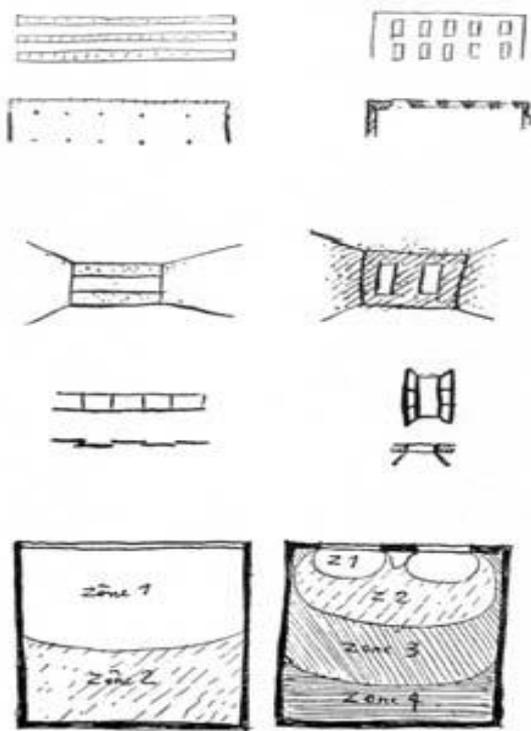


Figure I.35 : Dessin schématique de la fenêtre en longueur chez le Corbusier
(source : <http://www.all-art.org>)

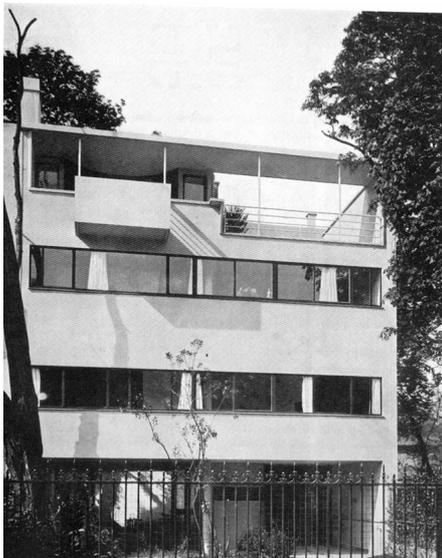


Figure I.36 : Villa Cooke, Boulogne, Le Corbusier, 1927, (source : <http://www.all-art.org>)



Figure I.37 : Villa Savoye, Poissy, 1931, le Corbusier
(source : <http://www.all-art.org>)

Durant la période 1930-1933, le Corbusier réalise la Cité-refuge de l'Armée du Salut (Fig.I.38), rue Cantagrel, à Paris. La façade de mille mètres carrés de l'édifice est entièrement en verre. A cause des délais, des surcoûts et des problèmes techniques, le bâtiment a été terminé avec une façade Sud en simple vitrage fixe, sans climatisation. Des gaines dans les couloirs, les dortoirs et les chambres individuelles des résidents étaient censées assurer l'aération et le chauffage. L'absence de toute réfrigération en été et l'impossibilité d'ouvrir les vitrages fixes ont condamné cette démarche à l'échec.

En 1952, le bâtiment a été entièrement rénové (Fig. I.39) et la façade originelle a été remplacée par des baies ouvrantes sur allèges, placées derrière un brise-soleil. Le brise-soleil est devenu ensuite un de ses éléments architecturaux privilégiés de le Corbusier, il a d'ailleurs été utilisé dans l'immeuble de ministère de l'éducation nationale à Rio de Janeiro au Brésil en 1936, et à La Cité Radieuse à Marseille en 1952.



Figure I.38 : la Cité-refuge de l'Armée du Salut , 1933,Paris, Le Corbusier (vue générale)
(Source : <http://www.culture.gouv.fr>)



Figure I.39 : la Cité-refuge de l'Armée du Salut ,1952, (rénovation de la facade)
Source:<http://www.culture.gouv.fr>

En 1932, Giuseppe Terragni réalise (Fig .I.40)La Casa Del Fascio (la maison de verre, actuel siège local des douanes) au centre historique de la ville de Côme en Italie. L'architecte recherche dans cette réalisation l'expression architecturale apte à représenter le fascisme,(régime de son époque en Italie), qu'il assimile à la transparence. Le bâtiment est d'une forme d'un grand parallélépipède, avec un atrium central. La façade longue de 33,20 mètres égale au double de sa hauteur. La transparence est matérialisée à plusieurs endroits du

bâtiment à l'intérieur et l'extérieur : de grandes ouvertures vitrées cadrées par la structure poteaux poutres,



Figure I.40 : Casa Del Fascio, 1936, Côme, Italie, Giuseppe Terragni
(Source : <http://fr.urbarama.com/project/casa-del-fascio>)

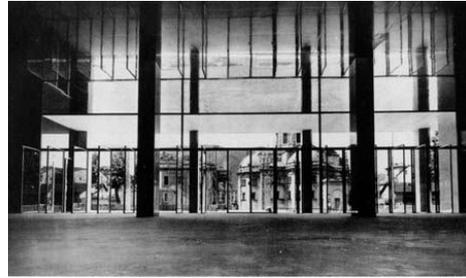


Figure I.41 : Casa Del Fascio, (hall intérieur)
(Source : <http://fr.urbarama.com/project/casa-del-fascio>)

3.4 L'architecture de la 2^{ème} moitié du 20^{ème} siècle

Après la Seconde Guerre mondiale, les villes sont à reconstruire et les populations à reloger. Le Corbusier lance l'idée de "la machine à habiter". Des cités nouvelles émergent dans les pays en développement, telle Brasilia, entièrement construite à partir de 1957. A Chicago, Mies van der Rohe construit des immeubles sur le principe de l'ossature d'acier apparente.

Cette période a connu l'émergence de plusieurs mouvements tels que l'architecture organique, avec des formes animées, aériennes et organiques, sculptées dans le béton (le musée Salomon R. Guggenheim de New York, conçu en 1956 par l'architecte Frank Lloyd Wright). D'autres architectes, dans les années 1960 se tournent vers la technologie contemporaine comme source d'images, de formes et de structures. Ainsi, se développe le mouvement appelé "high-tech", qui porte l'idée d'un bâtiment comme œuvre d'art technique. La technologie dans l'œuvre architecturale est très expressive chez les l'architecte comme Norman Foster, l'un des principaux représentants du high-tech. Il en est de même pour Renzo Piano et Richard Rogers concepteurs du Centre national d'art et de culture Georges-Pompidou, construit entre 1971 et 1977 à Paris.

Pendant les années 1980 les architectes se tournent vers une architecture qui aime éveiller l'impression du provisoire et du bricolage. Le déconstructiviste émerge avec des murs

penchés, plafonds et fenêtres inclinées, des édifices qui semblent avoir subi des secousses. (Frank Gehry, Bernard Tschumi, Daniel Libeskind, Zaha Hadid).

Mies van der Rohe réalise, en 1950-56 le Crown Hall (Fig.I.42), à Illinois Chicago. Ce dernier est destiné à abriter, à la fois les écoles d'architecture, d'urbanisme et de design. Le bâtiment est un seul espace non interrompu de (36.6 x 67 m) d'une hauteur de (5.5 m), couvert par une structure spectaculaire. Les façades constituées de grands panneaux vitrés, une configuration totalement ouverte, comme celle adoptée pour la maison Farnsworth. Durant la même période, 1954-1958, Mies van der Rohe, et Philip Johnson réalisent (Fig.I.44) le Seagram Building, à New York. Il s'agit d'un tour de bureaux de 39 étages en bronze et verre fumé. Ici, le verre n'avait pas été utilisé pour son effet de transparence mais, comme un matériau qui reflétait la lumière à l'instar d'un miroir et qui empêchait le regard de pénétrer dans l'espace intérieur. L'éclairage de l'espace intérieur était la priorité, de même que l'effet visuel des bâtiments et ses reflets lumineux.



Figure I.42: Crown Hall, à Illinois Chicago, 1956, Mies van der Rohe (Source: http://www.bc.edu/bc_org)



Figure I.43: Crown Hall, salle d'atelier (Source: http://www.bc.edu/bc_org)



Figure I.44: Le Seagram Building, 1958, Park Avenue, a New York, Mies van der Rohe, et Philip Johnson. (Source: <http://ensanancy.typepad.com>)

En 1968, James Stirling, réalise (Fig.I.45) la faculté d'histoire de Cambridge à Londrès. Dans ce bâtiment, Stirling fait appel à plusieurs matériaux de construction, comme l'acier, le béton, la brique, et le verre. La disposition intérieure comporte une salle de lecture pour 300 lecteurs (1400 mètres carrés de rayonnages) qui couvre à peu près la moitié de la surface, ainsi que des salles pour les professeurs, les séminaires et des locaux communs. Le bâtiment est couvert par un grand toit vitré, une charpente d'acier couvre la salle de lecture porte deux parois de verre . Une paroi supérieure comporte des auvents mobiles qui assurent la ventilation de l'espace ménagé par les fermes entre les deux peaux de verre (cet espace a jusqu'à 4 m de haut et comporte des passerelles pour l'entretien de l'installation d'éclairage et des machines d'extraction d'air), une seconde peau intérieure en verre dépoli qui dispense une lumière sans ombres sur les tables de lecture. La forme en cheminée que donnent les pentes du toit de verre favorise l'évacuation de l'air chaud par des ventilateurs placés au point haut. Par temps chaud, trois machines d'extraction distinctes accélèrent ce processus.



Figure I.45: La faculté d'histoire de Cambridge, London, 1968, James Stirling
(Source:<http://audience.cerma.archi.fr>)



Figure I.46 : Le toit vitré couvrant le grand hall de la salle de lecture de la bibliothèque de La faculté d'histoire de Cambridge
(Source:<http://audience.cerma.archi.fr>)

Kevin Roche et John Dinkeloo, réalisent en 1968 La Fondation Ford (Fig.I.47) à New York, de 3000 mètres carrés au sol et ses 80 mètres de haut, le plan du bâtiment en forme de "C" sert à donner une large vue sur l'extérieur. La principale nouveauté de ce bâtiment est l'énorme jardin vitré qui atteint la hauteur totale de la partie sud-est du bâtiment. Cette cour jardin a été créée en couvrant les espaces ouverts du "C" par une verrière zénithale transparente en créant un atrium central. Chaque bureau possède une porte coulissante donnant sur le parc, ce qui crée une sensation de bien-être. Cet atrium n'est fermé que sur deux et demi de ses côtés, un grand mur transparent vient fermer l'autre un et demi

correspondant à la façade sud et à une partie de la face est permettant ainsi un ensoleillement direct assez important et permanent de cet espace paysager.



Figure I.47: La Fondation Ford a new York,1968, Kevin Roche
(Source: <http://www.all-art.org>)



Figure I.48 : hall centrale de La Fondation Ford a new York
(Source: <http://www.all-art.org>)



Figure I.49 : la Debis Tower,1997, Berlin en Allemagne, Renzo Piano
(Source: <http://www.panoramio.com>)



Figure I.50 : Atrium centrale de la Debis Tower
(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

C'est dans le même esprit, que fut réalisée entre 1993-1979, la Debis Tower (Fig.I.49) un immeuble de bureaux conçu par Renzo Piano, à Berlin en Allemagne. Ce bâtiment compte une vingtaine d'étages. De l'extérieur, elle ne ressemble pourtant pas à un seul édifice mais plutôt à plusieurs volumes présentant différentes hauteurs et traitements de façade (mur rideau, résille en éléments de terre cuite et lames vitrées orientables).

Les façades est, sud et ouest pour lesquelles les gains solaires directs sont les plus importants comportent un dispositif de double peau composée d'un écran extérieur équipé de lames de verre orientables. Au centre un atrium de 10 mètres de large par 28 mètres de haut et 62 mètres de long pour éclairer les bureaux donnant sur cet espace central.

Dominique Perrault, réalise (Fig.I.51) en 1990 l'hôtel industriel Berlier à Paris en souhaitant "donner une image architecturale nouvelle à l'industrie". Les façades de l'Hôtel industriel Berlier sont toutes identiquement composées d'un mur-rideau transparent de haut en bas équipé de double-vitrage légèrement teinté doublé ; un bâtiment transparent où le verre laisse voir les câbles et les différents tuyaux techniques, de même que les activités industrielles qui se déroulent à l'intérieur. A l'intérieur est réalisée une structure de brise-soleil métalliques au dessus et en dessous de laquelle passent aussi les gaines de chauffage et de climatisation à air pulsé. Les brise-soleil sont constitués de bandeaux horizontaux de 0,4 mètre de large réalisés en tôle galvanisée perforée et disposés tous les 0,3 mètre.



Figure I.51 : L'hôtel industriel ,1990,Berlier a Paris, Dominique Perrault
(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



Figure I.52 : les protections solaires, L'hôtel industriel
(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

En 1979, Thomas Herzog réalise (Fig.I.53) une maison a Regensburg, dans un souci d'économiser l'énergie ,en raison de la crise pétrolière des années 1970 ,les architectes commencent à réfléchir au sujet de construction peu consommatrices d'énergie . Le développement durable est devenu chez quelques architectes le maître mot, c'est le cas pour Thomas Herzog, un des pionniers d'une architecture a faible consommation d'énergie en Allemagne .La maison a Regensburg est entièrement en bois, d'un étage, d'une forme triangulaire dotée d'une serre d'un long toit a une seule pente qui descend jusqu'au sol destinée à capter l'énergie solaire.

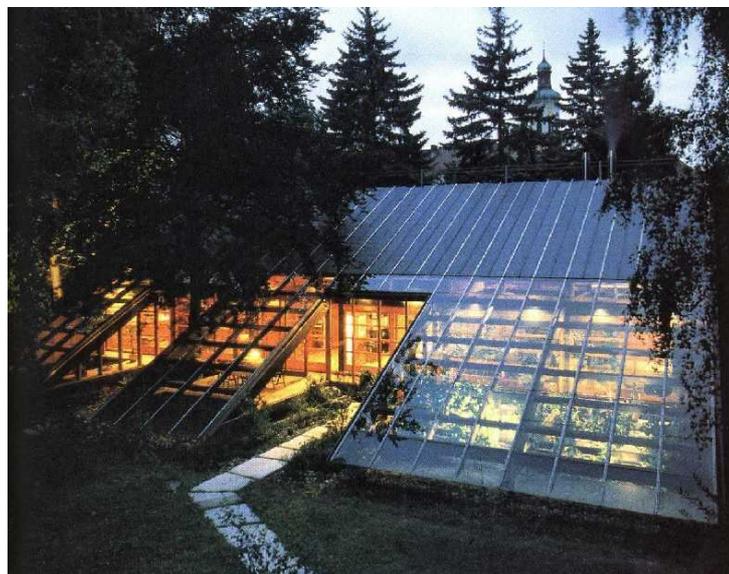


Figure I.53 : Une Maison a Regensburg ,Allemagne,1979, Thomas Herzog (Source: <http://www.arch.mcgill.ca>)

En 1993, Norman Foster réalise (Fig.I .54) Le Lycée Polyvalent de Fréjus en France avec une structure en béton et une toiture métallique. Le Lycée dispose d'un espace central longitudinal de distribution des différents locaux et services. Cet espace ou "rue intérieure" est éclairé par un lanterneau axial disposant d'une double exposition Nord-Sud. Les salles de classe sont dotées de grandes ouvertures sur les façades intérieures et extérieures.la transparence est le maitre mot dans ce bâtiment, avec les 1000 mètres carrés de façades vitrées dotées d'un système de brise-soleil installé sur la façade sud du bâtiment et au droit des salles de cours sur une longueur d'environ 200 mètres avec une projection horizontale de 5 mètres. Ces éléments formant auvent sont disposés à 2,6 mètres de hauteur dans leur bord

inférieur et sont constitués de tôles perforées. L'installation de brise-soleil horizontaux au sud constitue une protection solaire pouvant être très efficace. A Fréjus, 1000 mètres carrés de façades vitrées sont ainsi protégés tout au long de l'année d'un ensoleillement direct qui pourrait sinon s'avérer une cause majeure d'inconfort. A la même année, Norman Foster réalise le Carré d'Art, à Nîmes, un Musée d'art contemporain. Il se présente comme un grand parallélépipède rectangle de verre aux lignes d'une pureté parfaite et dont la caractéristique principale réside dans la transparence. La conception de Norman Foster pour l'ajout du Reichstag à Berlin, qui comprend une coupole transparente, une zone d'observation, et des miroirs, fournit un exemple d'un bâtiment contemporain qui est sensible à la signification Potentielle symbolique du verre transparent assimilable à l'honnêteté.



Figure I .54 : Le Lycée Polyvalent de Fréjus en France,1993, Norman Foster
(Source: <http://www.viewpictures.co.uk>)



Figure I.55 : système de protection solaire, Lycée Polyvalent de Fréjus en France,
(Source: <http://www.viewpictures.co.uk>)

Le vide de l'immense atrium de la banque de Hong Kong, construite par l'architecte anglais Norman Foster, conduit la lumière du soleil au cœur de l'édifice tout autant qu'il apporte une vision d'ensemble de la majorité des bureaux, comme si la banque voulait afficher une transparence à l'égard de ses clients.

Shigeru Ban réalise (Fig.I.56) à Tokyo en 1995 la « curtain wall » House ,une maison de trois niveaux et d'une surface de 110 m². Le concept de la transparence dans cette maison est à son niveau extrême. Les façades qui s'ouvrent complètement sur les deux cotés qui donne sur la rue se ferment par des rideaux clairs en été ou des parois vitrées en hiver. Les chambres ne sont séparées que par de rares cloisons .Cette disposition répond en réalité à la volonté de l'architecte qui souhaitait montrer qu'il n'avait rien à cacher.



Figure I.56 : la maison mur rideau,1995,Tokyo,Shigeru Ban,à droite rideaux tirés ,à gauche sans rideaux (Source : K.Frampton,2006))

Parailleur, Jean nouvel réalise (Fig.I.57) en 1994 à Paris la Fondation cartier, un espace d'exposition d'art contemporain.Son architecture d'acier et de verre finement tramée lui donne une grande légèreté. L'architecte a donné une place primordiale à la transparence et la réflexion des volumes et parois.Les ascenseurs, et les escaliers sont repoussés à l'extérieur. Le déploiement des circulations à l'extérieur permet de libérer l'espace intérieur, concrétisant ainsi l'idée de flexibilité, de dynamisme qui s'attache au bâtiment. Une première grande paroi

en verre de huit mètres de haut comme un écran immatériel filtrant la lumière, dressé en limite de parcelle, le long du trottoir cherche à rendre floues les limites physique de l'édifice .En franchant ce premier mur transparent, on aperçoit une deuxième façade en verre de quinze mètres identique à la première, ou on trouve l'entrée principale de l'édifice.

Un cube de verre, dont sept étages sur quinze sont enterrés, abrite les bureaux de la Fondation et de vastes salles d'exposition pour l'Art Contemporain. Entre le mur et le cube, l'espace libre constitue un écrin aux arbres existants sur le terrain, dont un cèdre centenaire. Le verre est également le matériau choisi pour réaliser la plupart des cloisons séparatives des locaux et une grande partie du mobilier de bureau.



Figure I.57 : la fondation cartier,1991,Paris,France,Jean Nouvel (Source :R.Gregory,2008)

3.5 Interprétation :

Malgré L'utilisation du verre depuis le Moyen-âge, comme pour les fenêtres de la « Galerie des Glaces » du Château de Versailles, en 1678. Ce n'est qu'à la fin du 19 siècle que née La première concrétisation d'un espace transparent en architecture.

Le fer, le verre et le béton armé donnent à l'architecture la possibilité d'exprimer plus facilement la transparence et la continuité de l'espace.la volonté d'exprimer la transparence a mené à l'utilisation intensive de ces deux matériaux.

Le besoin en lumière naturelle dans les grandes espaces (serres, marchés, passages, Grands magasins, galeries, et gares ferroviaires), à mener les concepteurs dans la période de la révolution industriel a utilisé la transparence. Le premier bâtiment emblématique à cet égard,

est le palais du cristal édifié à Londres en 1851 à l'occasion de l'Exposition universelle. Ce bâtiment donnait plus d'espace et de lumière.

Abattre les murs, faire circuler l'air et la lumière, La transparence donne d'emblée ne impression de légèreté, des buts que se sont donnés les architectes de l'école de Chicago.

L'histoire de l'architecture montre que l'espace était de plus en plus clos et fermé. Une des tâches que se sont données les architectes modernes a été de fracasser cette boîte fermée afin d'articuler et de donner du mouvement à l'espace architectural.

Les maîtres de l'architecture moderne se sont préoccupés d'introduire le temps et le mouvement dans l'architecture. Pour cela ils ont utilisé plusieurs moyens afin de les transporter dans l'espace architectural. Parmi ceux-ci, 'la transparence '. La transparence permis de laisser entrer abondamment la lumière et d'établir un rapport manifeste entre l'extérieur et l'intérieur.

Ainsi, cette aperçu historique sur la transparence en architecture nous a permet de conclure que la lumière naturelle et la vue sur l'extérieure sont parmi les concepts qui ont menés les architectes à utiliser la transparence.

4. Apports des nouvelles technologies à la transparence :

Aujourd'hui la Transparence dépasse l'aspect spectaculaire et s'approche des notions de choix de matériaux et de techniques de construction, d'implantation et de rapport à l'environnement, d'usage, d'ambiances, et de préoccupations très actuelles comme les économies d'énergie et le développement durable. Par de simples observations, il serait possible de mettre en évidence l'importance d'investir la thématique de la transparence en architecture, garant de confort et de qualité des espaces. En effet, la transparence mise en œuvre aujourd'hui n'est plus uniquement liée à une architecture spectaculaire mais aussi à une architecture de maîtrise de: i) d'éclairage ii) de l'éblouissement iii) le thermique iv) de ventilation naturelle v) de l'acoustique vi) de l'incendie...etc

4.1. Ventilation naturelle :

Aujourd'hui les systèmes de ventilation naturelle connaissent une grande évolution. Ces systèmes sont pleinement variés à des bâtiments transparents afin de contribuer à la maîtrise de l'environnement thermique. Ces dispositifs sont plus associés à la fenêtre et permettent d'y créer un environnement aéraulique dont les performances sont très appréciées.

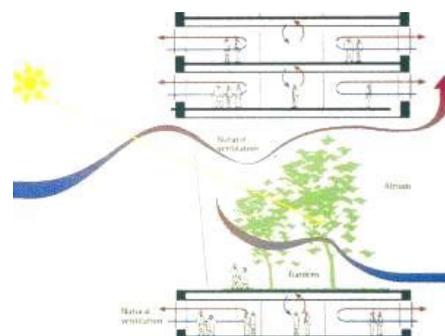
La Banque de Commerce à Frankfurt (Fig.I.58) , par exemple est un bâtiment transparent qui intègre un atrium comme un noyau central partiellement ouvert sur l'extérieur. Il fonctionne comme un cheminé de ventilation, ainsi 70 % de l'année la ventilation est naturelle (Daniels.1997). La maîtrise des ambiances est assurée par l'atrium et les fenêtres préservent leurs rôles pour l'éclairage et les vues sur l'extérieur.



(a)



(b)



(c)

Figure I.58 : La Banque commerciale, 1997, Frankfurt, Architecte : Norman Foster. vue extérieure (a) , vue à l'intérieur de l'atrium (b), coupe illustrant le système de ventilation (c). (Source : Pawley, 1999)

Le bâtiment de 'Kansai Electric' à Osaka ,Japon (Fig.I.59) réalisé en 2005 est un autre exemple dont le système de ventilation naturelle réduit la consommation annuel en énergie de 30% (Yamagiwa,2006).La ventilation est assurée par des gaines situées sur la partie supérieure de la surface vitrée (Fig.I.60)



Figure I.59 : le bâtiment de Kansai Electric ,2005 ,Osaka, Japan ,Architecte : Nikken Sekkei . (Source : M.Yamagiwa,2006).

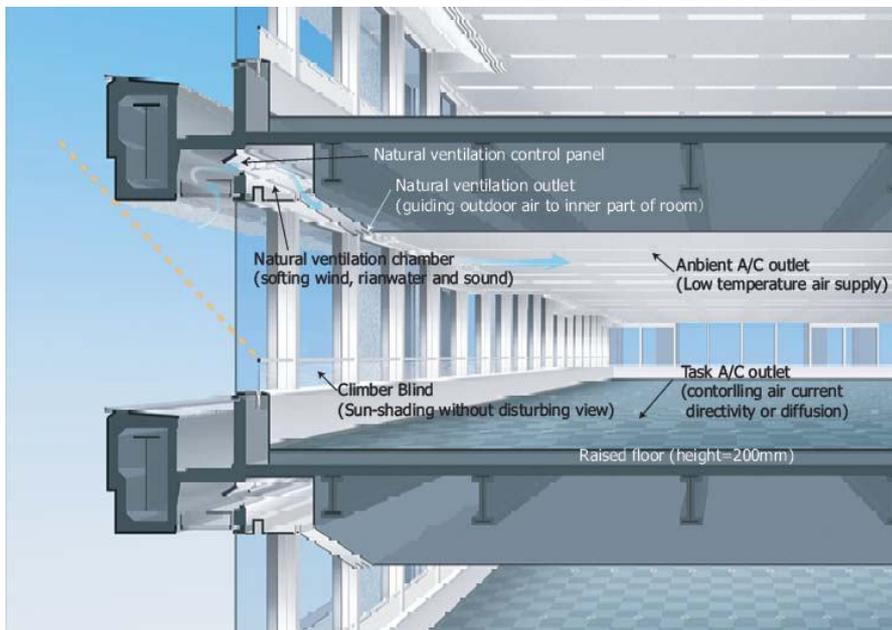


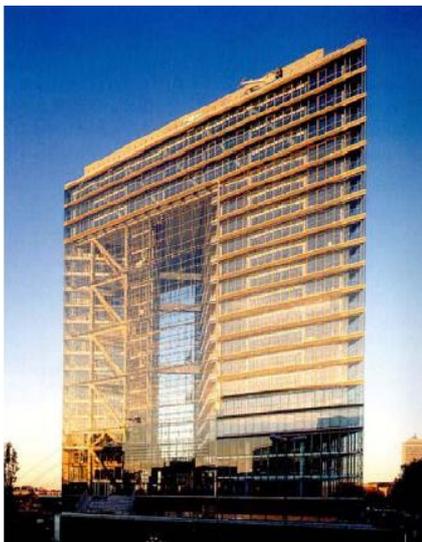
Figure I.60 : Schéma illustrant le système de ventilation, bâtiment de Kansai Electric.(Source : Source : M.Yamagiwa,2006).

4.2. La façade double peau :

La double façade a été définie comme étant « *une façade simple traditionnelle doublée par l'intérieur ou par l'extérieur par une deuxième façade essentiellement vitrée. Chacune de ces façades est communément appelée peau* » (Renckens, 1996)

Différents termes sont employés pour nommer ces façades : 'façade active', 'façade passive', 'façade double peau', 'façade climatique'. La façade double peau a pour fonction la régulation thermique du bâtiment. Elle le protège des contraintes météorologiques. Par rapport aux rayonnements directs du soleil, elle évite les surchauffes d'été et limite le recours à la climatisation. Elle permet aussi d'apporter une température et une humidité de l'air agréable. Cette double façade peut être assimilée à un écran protecteur, une enveloppe autour du bâtiment.

Dans leur recherche réalisée pour le département britannique de transport et de l'environnement Michael Wigginton et Battel McCarthy décrivent le rôle de la façade double peau dans la consommation d'énergie. L'étude démontre que '*les bâtiments doubles peaux sont capables de réduire la consommation d'énergie de 65% et d'émission CO2 de 50% comparé à une peau simple*' (Wigginton et McCarthy, 2000)



(a)



(b)

Figure I.61 : Le bâtiment de 'Düsseldorf city gate', Allemagne, 1999 Architecte : Petzinka, vue extérieur (a), vue de la cavité (b). (Source : H.Poirazis 2004)

Le bâtiment ‘Düsseldorf city gate’ en Allemagne (Fig.I.61), par exemple est un bâtiment transparent équipé d’une double façade sur la façade orienté Sud. La nature des deux peaux est en verre. La double façade permet Assi d’augmenter l’isolation acoustique .Le bâtiment marque pour sa première année de mise en service une réduction impotente en matière consommation d’énergie (Poirazis, 2004).

Le bâtiment de ‘Helicon Pavement’ à Londres, (Fig.I.62) réalisé en 2001 est un autre exemple de bâtiment transparent dont la façade sud est équipée d’une double peau en verre. Elle contribue à la réduction de la consommation de chauffage dans le bâtiment. En hivers la température du vitrage intérieur sera plus élevée, ceci permet aux occupants d’éviter de ressentir la sensation de surface froide des vitrages et se passer d’installer des corps de chauffe (Wouters,2004).



Figure I.62 : Le ‘Helicon’ Finsbury Pavement, London 2001(UK) architecte Sheppard Robson, vue sur l’extérieur (a), vue de la cavité (b).(Source : V. Yellamraju, 2004)

4.3. Les protections solaires :

4.3.1. Système Brise-soleil à lames en verre orientables :

Le système combine une lumière naturelle de qualité élevée à un brise-soleil fonctionnel. Le système de commande fait en sorte que les rayons du soleil sont projetés perpendiculairement sur les lames en verre de ce système. Ces lames permettent ainsi, pendant les mois d’été, d’absorber et de réfléchir l’énergie solaire de façon optimale. En cas de températures extérieures basses, les lames sont dirigées de façon à ce que la chaleur solaire soit utilisée au mieux et qu’il n’y ait pas d’éblouissement ni de réflexion.



Figure I.63 : Bâtiment Berlaymont équipé de Double facade composée de lamelles de verre mobiles
(Source : <http://www.coltinfo.lu>)



Figure I.64 : Bâtiment Berlaymont siège de la commission européenne, Bruxelles, Belgique , Steven Beckers
(Source : <http://www.coltinfo.lu>)

Grâce aux lames en verre, la visibilité vers l'extérieur reste intacte même en position entièrement fermée (Fig.I.63).



Figure I.65: Brise soleil à lames de verre en position entièrement fermée
Source : [www.Colt- France.fr](http://www.Colt-France.fr)

4.3.2. Brise soleil équipée de cellule photovoltaïque :

Lorsque les lames du système sont pourvues de cellules photovoltaïques (Fig.I.66-67), alors les possibilités d'utiliser le soleil sont entièrement mises à profit. Le soleil produit ainsi directement de l'énergie électrique.



Figure I.66: 2em chambre du parlement ,Berlin
(Source : Glass solar, 2002)



Figure I.67: Science park , Hong kong
,(source : Glass solar,2002)

Le nouvel hôpital (Fig.I.68) psychiatrique public de Rekem Belgique, un bâtiment transparent équipé des derniers développements de la technique dans le domaine des brise-soleil. Il s'agit d'un concept basé sur la technique d'une double façade. Les lamelles de verre ont été pourvues de cellules photovoltaïques à trois mètres de sol.



(a)



(b)

Figure I.68:Le nouvel hôpital psychiatrique public de Rekem Belgique. Vue de l'extérieur(a), vue à l'intérieur de bureau (b)
(Source : <http://www.colinfo-fr.be>)

4.3.3. Façade à Tissu métallique :

Les tissus métalliques combinent une excellente protection esthétique avec d'autres avantages. Il permet ainsi de filtrer parfaitement les rayons du soleil et de réduire nettement le

réchauffement de la façade. La transparence du tissu parachève l'esthétique de la façade sans masquer le bâtiment et sans gêner la vue depuis l'intérieur. La protection solaire en tissu métallique permet de réduire les coûts d'énergie liés à la climatisation.

Le projet du Salon de la maison et de l'aménagement intérieur (Fig.I.69) à Zurich en Suisse et un bâtiment transparent dont la forme circulaire équipe d'un tissu métallique. Le tissu métallique préserve la qualité de transparence du bâtiment pour l'apport de lumière et de vue sur l'extérieur et diminue l'apport solaire direct, de manière à éviter les surchauffes estivales.

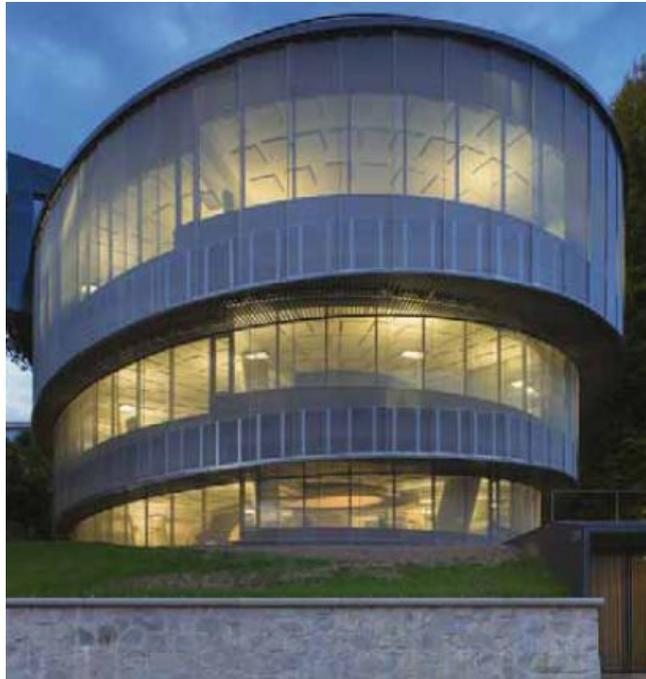


Figure I.69: Salon de la Maison et de l'Aménagement Intérieur, Zurich, Suisse ,2009
(Source : Haver & Boecker,2012)



Figure I.70: Département de la police de Los Angeles, USA, 2008, un bâtiment transparent équipé d'une façade en tissu métallique
(Source : Haver & Boecker,2012)

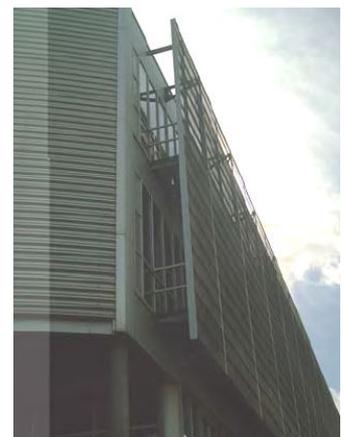
Le bâtiment du 'Conservatoire National des Arts et Métiers'(Fig.I.71) a Nantes en France, est un autre exemple des bâtiments avec des façades à tissu métallique .Les deux façades (Est,Sud-Est) sont couvèrent par ces écrans placés sur une distance d'un mètre devant les deus façades(Fig.I.72). Ces encrant protège les espaces intérieur des rayons solaire direct et assure une communication avec l'extérieur(Fig.I.73).



**Figure I.71: Le bâtiment du Conservatoire National des Arts et Métiers,Nantes,France
(Source : Alkhouli,2006)**



**Figure I.73: Salle de classe, Conservatoire National des Arts et Métiers,Vue sur l'exterieur
(Source : Source : Alkhouli,2006)**



**Figure I.72: Tissu métallique placé à un mètre de la facade, Conservatoire National des Arts et Métiers,
(Source : Source : Alkhouli,2006)**

4.4. Interprétation :

L'apport des nouvelles technologies à la transparence en architecture, et plus précisément dans le secteur tertiaire, s'est imposé comme la solution optimale sur l'ensemble des critères. Ses techniques sont souvent appliquées dans les bâtiments, afin de réconcilier esthétique, économie et maîtrise des ambiances. Leur vocation première est d'assurer un environnement intérieur confortable avec un minimum de consommation d'énergie. D'un autre côté le bâtiment transparent garde sa qualité de transparence pour l'apport en lumière naturelle et la vue sur l'extérieur.

5. La transparence dans les milieux extrêmes : le problème

5.1. Au sud d'Amérique :

Durant les années 1930 et 1940, dans les pays en voie de développement comme le Brésil l'architecture moderne trouve son expression dans les œuvres de plusieurs architectes. L'application de ce style se trouvera modérée par plusieurs facteurs comme la culture locale et le climat. Si l'architecture moderne dans les pays occidentaux affiche beaucoup plus d'ouverture et de transparence, elle fut plus attentionnée dans les régions où le climat est plus aride et exigeant.



Figure I.74: Ministère de l'Éducation et de la Santé (1936-1943), Rio de Janeiro, Brésil, Architecte : Oscar Niemeyer et le Corbusier (Source :H.Uddin Khan,2001)

A Rio de Janeiro au Brésil le projet du Ministère de l'Éducation et de la Santé 1936-1943 (Fig.I.74) réalisé par Oscar Niemeyer et le Corbusier reflète un style architectural adapté au climat de la région. Le projet est la première utilisation du brise-soleil à grande échelle, inventé trois ans auparavant par Le Corbusier. Les briques de verres sont placées sur la façade



Figure I.75: Brise-soleil avec des lames horizontales mobiles pour bloquer les radiations solaires indésirables. (Source : J. Manuel Melendo, 2008)

Sud-Est pour l'éclairage naturel et la vue sur la baie de Guanabara. Sur la façade opposée nord-ouest, qui reçoit les radiations solaires durant toute l'année pendant les heures de travail, l'architecte conçoit des brise-soleil avec des lames horizontales mobiles pour bloquer les indésirables radiations solaires.

Depuis le projet du Ministère de l'Éducation et de la Santé, Les protections du solaires sont toujours présentes dans les œuvres de Niemeyer comme le bâtiment (Fig.I.76) de court suprême a Brasilia en collaboration avec lucio costa, le ministère des affaires étrangères à Brasilia (Fig.I.77) et le bâtiment Copan (Fig.I.78) à Sao Paulo (1957) dans ce dernier les brise-soleil utilisés sur la façade servent également à souligner la forme ondulée de l'ensemble du bâtiment.



Figure I.76: Bâtiment de court suprême, Brasilia 1957, Architecte : Oscar Niemeyer (Sourcec : <http://www.batiactu.com>)



Figure I.77: Ministère des affaires étrangères, Brasilia, 1967, Architecte : Oscar Niemeyer (Sourcec : <http://www.batiactu.com>)



**Figure I.78: Bâtiment Copan , Sao Paulo,1957,
Architecte :Oscar Niemeyer
Source : H.Uddin Khan,2001)**



**Figure I.79: Vue interieur, Bâtiment Copan , Sao
Paulo,1957, Architecte :Oscar Niemeyer
Source : H.Uddin Khan,2001)**

5.2. En Asie

Au milieu du 20^{ème} siècle Le Corbusier signe le plan d'urbanisme de la ville de Chandigarh en Inde ainsi que les principaux bâtiments officiels. Il collabore avec plusieurs architectes, dont son cousin Pierre Jeanneret. A Chandigarh, il réalise lui-même les trois grands édifices officiels sur la place du Capitole :, le Palais de justice (Fig.I.80), et le Secrétariat (Fig.I.81). le Palais de l'assemblée (Fig.I.82)

Le Corbusier se propose d'oublier tout model préconçu, de déduire une architecture nouvelle de la réalité telle qu'elle se présente. Sa méthode exige toutefois une prise en compte formelle immédiate des données de l'environnement (Benevolo,1984).

Il dit à ce propos :

“Soleil et pluie sont les deux facteurs d'une architecture qui doit être aussi bien parasol que parapluie. Les toitures doivent être traitées en hydraulicien et le problème de l'ombre considéré comme le problème n°1. Le brise-soleil prenait donc ici toute sa valeur de rejet des

styles classiques. Il s'étendait non pas seulement à la fenêtre mais à la façade entière et à la structure même du bâtiment'' (Benevolo, 1984, p.113).

Le Corbusier s'est préoccupé des conditions climatiques de la région (47° à l'ombre en saisons chaudes) et s'est assuré d'une protection contre le soleil et la pluie par de larges et saillantes couvertures (toits protecteurs) et les brises-soleil.



**Figure I.80: La Haute Cour, Capitole Chanigarh, Inde, 1955, Architecte ; Le Corbusier
Source : H.Uddin Khan, 2001)**



**Figure I.81: Le Secrétariat, Capitole Chanigarh, Inde, 1958, Architecte ; Le Corbusier
Source : H.Uddin Khan, 2001)**



**Figure I.82: Le Palais de l'Assemblée, Capitole Chanigarh, Inde, 1962, Architecte ; Le Corbusier
Source : H.Uddin Khan, 2001)**

5.3 Au pays du Golf Arabe :

Sous un climat extrême, comme celui des pays du Golf Arabe, la consommation d'énergie dans les bâtiments des bureaux est énorme en raison des problèmes de surchauffe (Hass et Amato, 2006). L'enveloppe de bâtiment fonctionne comme un filtre de l'environnement extérieur. Dans les grands bâtiments comme le cas dans la majorité des villes du golf, les murs rideau couvrent 90% de l'enveloppe du bâtiment cela influence hautement le confort



**Figure I.83: Burj Dubai, Émirats arabes unis, 2010,
Architecte : Skidmore, Owings et Merrill
Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Burj_Khalifa**

Thermique à l'intérieur. Les façades des bâtiments sont responsables d'environ un tiers de la facture d'énergie du bâtiment (Hass et Amato, 2006).



**Figure I.84: Vue sur la ville de Doha, Qatar
source : Judith Benhamou-Huet, 2012**

Vue les problèmes causés par l'effet négatif de la transparence sur le confort thermique dans les bâtiments des régions à climat extrême, plusieurs architectes ont tenté de concevoir des

bâtiments adaptés à ces conditions climatiques, en vue de surmonter les impacts négatifs du climat à l'intérieur de ces bâtiments.

La 'National commercial Bank 'à Djeddah (Fig.I.85) en Arabie saoudite, conçue par Foster est l'un des exemples des bâtiments adaptés à son climat.



Figure I.85: La Bank National Commercial (NCB) à Djeddah, Arabie saoudite (a)Vue extérieur (b)Chevauchement triangulaire de l'atrium. (Source :http://en.wikipedia.org/wiki/National_Commercial_Bank

C'est un triangle massif de 27 étages avec trois énormes trous, deux sur la façade sud-est et un sur la façade nord-est. Les fenêtres des bureaux donnent sur un atrium avec une orientation intérieure typique du design traditionnel islamique. Ces fenêtres sont à l'ombre mais elles offrent une belle vue sur la ville. L'ingéniosité dans la conception du bâtiment fait que conventionnellement il est une boîte de verre détournant génialement l'extérieur à l'intérieur.

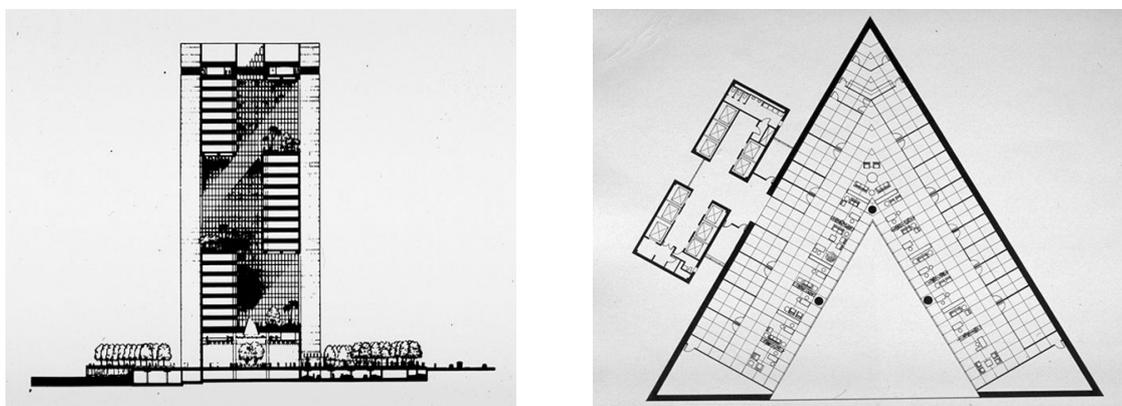
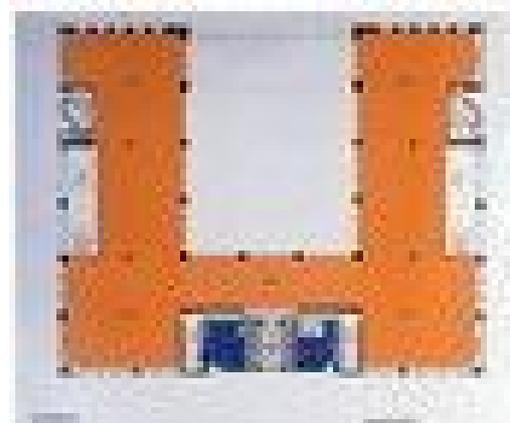


Figure I.86: La Bank national commercial (NCB) à Djeddah, Arabie saoudite (a)coupe (b) vue en plan de RDC (Source : http://en.wikipedia.org/wiki/National_Commercial_Bank)

Le siège social d'organisation arabe à Kuwait city (Fig.I.87) réalisé en 1994 est un autre exemple de bâtiment transparent érigé dans un milieu naturel extrême. Le bâtiment est de dix étages et conçu autour d'un atrium central. Conforme à l'habitude architecturale arabe, le bâtiment est entièrement intérieur protégé du rayonnement solaire dans un climat où les températures de jour peuvent atteindre 50°C. Un énorme mur de verre choisi pour la façade nord-est pour permettre à la lumière indirecte de pénétrer de façon maximale dans l'atrium central



(a)



(b)



(c)

Figure I.87: Siège Social d'Organisation Arabe, Kuwait city, 1994. (a)vue de l'extérieur (b) vue en plan de RDC (c) vue sur l'atrium (Source : <http://www.pace-kuwait.com/arabfund.html>)

5.4 En Algérie

En Algérie, et après l'indépendance, l'État édifie de nouvelles infrastructures dont l'expression architecturale témoigne de l'esthétique moderne. Pour célébrer l'expression de la modernité, on fait appel à des architectes de renommée internationale tels que Oscar Niemeyer

qui signe l'université de Bab Ezzouar(Fig.II.88-90),et Kenzo Tange pour la cite universitaire à Constantine(Fig.I.91-92).

L'Université des Sciences et de la Technologie Houari-Boumedienne à Bab-Ezzouar, conçue par l'architecte brésilien Oscar Niemeyer, a été inaugurée en 1974. Une architecture qui se caractérise par les idées de l'architecte préoccupé des conditions climatiques de la région. Les systèmes de protection du soleil sont toujours présents dans ses œuvres. La transparence est omniprésente sur les façades pour profiter au maximum de la lumière du jour. Cette transparence est toutefois accompagnée de toits saillants protecteurs.



Figure I.88: La faculté d'électronique et d'informatique, Université des sciences et de la technologie Houari-Boumedienne, Bab-Ezzouar,Alger ,1974 , Architecte :Oscar Niemeyer (Source : www.usthb.dz)



Figure I.89: Faculté Génie Mécanique, Université des sciences et de la technologie Houari-Boumedienne , Bab-Ezzouar,Alger ,1974 , Architecte :Oscar Niemeyer (Source : www.usthb.dz)



Figure I.90: Le Rectorat, Université des sciences et de la technologie Houari-Boumedienne, Bab-Ezzouar,Alger ,1974 , Architecte :Oscar Niemeyer (Source : www.usthb.dz)



Figure I.91: Exemple d'effet d'auvent ; les étages en encorbellement de la cité des étudiants de l'université de Constantine, par KENZO TANGE
Source : IZARD.J.L, 1993.



Figure I.92: les fenêtres latérales offrant des séquences paysagères vivifiantes
Source: Constantine 2000 ans d'architecture

Le projet de Kenzo Tange, pour la cité des étudiants, est implanté sur la crête, d'une colline. Il contient des volumes saillants importants comme, encorbellements. Leurs tailles et leurs saillies, en dehors de l'emprise au sol du bâtiment produit des effets d'ombrage sur la façade pareille à un auvent.

Chapitre I : Transparence en architecture

La transparence ne cesse de s'afficher dans plusieurs secteurs de l'architecture Internationale contemporaine. L'Algérie, ne fait pas l'exception. Elle a bien connu, ces dernières années, l'apparition des murs rideaux dans les édifices publics' essentiellement. Ceci serait dans la plus part des villes malgré le contexte climatique particulièrement sévère. Au nord comme au sud la façade en verre et/ou transparente est devenu un mot d'ordre et qui ne cesse d'inspirer les concepteurs (Fig.I.93-107).



Figure I.93: Siège de SONATRACH, Alger
Source : <http://www.imagup.com/pics/.html>



Figure I.94: Ministère des finances, Alger
<http://paysages-urbains.blogspot.com>



Figure I.95: Algerian Press Service (APS)
Source : <http://www.skyscrapercity.com>

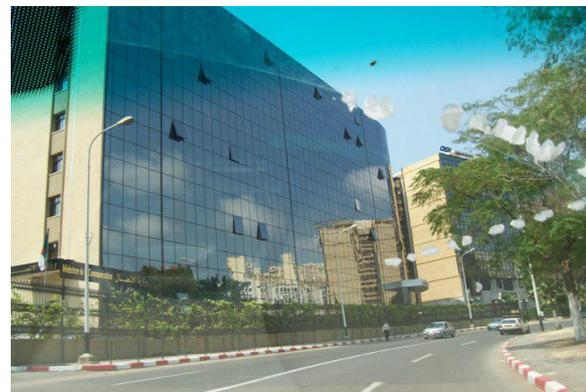


Figure I.96: ALGIERS | ABC Banque
Source : <http://www.skyscrapercity.com>



Figure I.97: Siège sonatrach oran
Source : <http://www.skyscrapercity.com>



Figure I.98: Siège de Zala électronique à Annaba
Source : <http://www.skyscrapercity.com>



Figure I.99: Agence fonciere Bejaia
Source :<http://www.skyscrapercity.com>)



Figure I.100: Agence société generale, sidi abdullah alger
Source :<http://www.skyscrapercity.com>)



Figure I.101: Les douanes de Mostaganem
Source :<http://www.skyscrapercity.com>)



Figure I.102: Centre d'affaire bir mourad rais, Alger
Source :<http://www.skyscrapercity.com>)



Figure I.103: Sony Centre, Dely Ibrahim ,Alger
(Source : <http://www.arteyapi.com>)



Figure I.104: ABC Banque ,Oran
<http://www.arteyapi.com>.



**Figure I.105 : Siège de SONATRACH / ANADARKO, Hassi Messaoud ,Algérie
(Source : Icosium,2009)**



(a)



(b)

**Figure I.106: Siège de la D.L.E.P, Bechar ; (a) entrée principale, (b) facade posterieur
(Source : Auteur,2012)**



**Figure I.107: Extension de l'Hôtel des Finances, Bechar
(Source : Auteur,2012)**

5.4.1. La ville de Biskra :

Comme dans un nombre important de villes en Algérie, Biskra a connu ces dernières années des bâtiments réalisés ou en cours de réalisations avec des façades transparentes et cela malgré le contexte climatique chaud, sec de la région. Ces façades transparentes présentent une nouvelle tendance qui marque une rupture totale avec tous les styles architecturaux adoptés jusque la dans la ville. Le verre habille d'avenage les surfaces des façades en opposition à toute l'architecture tentiaire pré-existante dans cette ville.

Le bâtiment de la Caisse Régionale de la Mutualité Agricole (Fig.I.108) réalisé en 2003 et la Direction des Travaux Publique (Fig.I.109) réalisé en 2010 sont deux exemples qui confirment cette nouvelle tendance.



Figure I.108: Le bâtiment de la Caisse Régionale de la Mutualité Agricole ,Biskra (Source : Auteur,2011)



Figure I.109: la Direction des Travaux Publique, Biskra (Source : Auteur, 2011)

Effectivement ces grandes surfaces vitrées offrent un plus large contact visuel (Fig.I.110) avec l'environnement extérieur et laissent pénétrer simultanément les rayons solaires et la lumière naturelle. Cependant, la situation n'est pas aussi simple pour le cas de ses régions.



Figure I.110: Vue panoramique, depuis un bureau situé au 2ém étage, Le bâtiment de la Caisse Régionale de la Mutualité Agricole ,Biskra (Source : Auteur,2011)



Figure I.111: Effet d'éblouissement direct, bâtiment de la Caisse Régionale de la Mutualité Agricole ,Biskra. (Source : Auteur,2011)



Figure I.112: Effet d'éblouissement direct ,la Direction des Travaux Publique, Biskra.(Source : Auteur,2011)

En effet, les bureaux 'transparent', ou à mur rideau, occasionnent d'autres problèmes particulièrement dans les régions à ciel clair ensoleillé comme l'éblouissement (Fig.I.111-112) et la surchauffe. Celle-ci implique une surconsommation énergétique afin d'assurer le confort thermique. Pourtant, le nombre de ce genre d'édifices ne cesse d'augmenter dans cette région. ainsi, il serait plus que nécessaire de parvenir à cette situation au moyen de solutions architecturales.

Étant cela, qu'en serait-il de l'emploi d'une protection solaire extérieure qui a priori devrait limiter de façon conséquente l'impact de l'éblouissement et de l'ensoleillement direct sur la façade ? Car, il est très facile de constater, de nos jours, que les percements dans les façades sont équipés de divers moyens et dispositifs dont le rôle est principalement de contrôler l'ensoleillement et de réguler l'éclairage naturel.

6. Conclusion :

Dans ce chapitre il a été clair que la transparence en architecture a connue une évolution très marquante depuis sa première apparition concrète dans le Palais de cristal de Paxton en 1850. Pendant la révolution industrielle on assistait à la naissance d'une nouvelle idée dans le domaine de la construction. Cette idée était plutôt basée sur le progrès de l'ingénierie et avait comme objet principal de donner plus d'espace et de lumière naturelle.

Au 20^{ème} siècle les architectes modernes font table rase du passé et de ses styles pour préparer un nouvel espace. La transparence est un des concepts que l'architecture dite moderne (ou style international) a inventée pour se démarquer des styles architecturaux qui la précèdent (Khan, 2001). Ce concept a introduit une façon nouvelle et unique pour le traitement de la relation extérieur intérieur. la transparence chez ces architectes constitue un dispositif architectural qui produit en dehors d'apport de lumière et soleil une interpénétration parfaite de l'espace intérieur et de l'espace extérieur.

Dans les années 70, à cause des crises pétrolières, la transparence est remise en question, la façade entièrement vitrée est considérée comme facteur de gaspillage.

L'industrie du verre se doit alors de réagir, Aujourd'hui avec l'apport des nouvelles technologie du verre ou de dispositifs, la Transparence s'approche des notions de maîtrise des niveaux: i) d'éclairement ii) de l'éblouissement iii) du thermique iv) de ventilation naturelle v) de l'acoustique vi) de l'incendie...etc . La transparence connaît aujourd'hui une renaissance et devient alors symbole de prestige pour les architectes.

Il a été démontré que les architectes qui on travailler dans les milieux extrêmes on exporter leurs idées d'une architecture moderne dans ces continent, cette fois les projets réalisés reflète un style architectural adapté au climat de la région. La transparence est omniprésente sur les façades pour profiter du maximum de lumière du jour et du soleil accompagné des protections solaires ou de toits protecteurs.

A propos de notre cas d'étude situé dans une région à climat chaud et aride on a constaté que la transparence ne saisse de s'affichée sur les façades des bâtiments, réaliser ou en cours de réalisation, ces façades transparentes occupes plus de 90% de l'enveloppe pour certain bâtiments.et cela sans prendre en compte les problèmes de surchauffe ou d'éblouissement qui peuvent être causés par la transparence.

Enfin, à partir de cette lecture il en résulte (Fig.I.113) que le concept de la transparence en architecture est lier a trois dimensions fondamentales i) la lumière naturelle ii) le soleil et iii) la vue sur l'extérieur. Ces trois dimensions vont constituer l'objet du prochain chapitre.

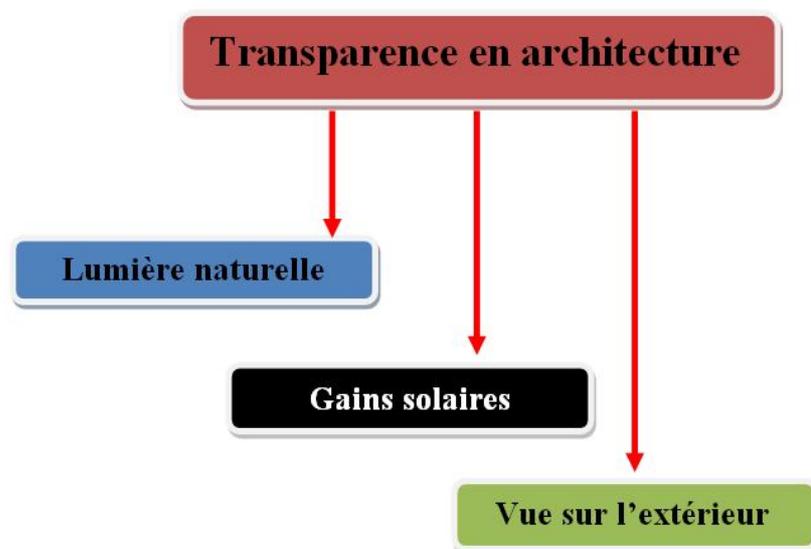


Figure I.113: Schéma démontrant les trois dimensions du concept de la transparence
(Source : Auteur)

"Je tâche que ma lettre soit une sorte de fenêtre par laquelle vous puissiez voir ce que je vois"

. Le Rhin, lettres à un ami
[Victor Hugo]

" Certains disent que les maisons sont faites de murs. Je dis qu'elles sont faites de fenêtres "

(Hundert wasser)

1. Introduction:

La conceptualisation est une opération obligatoire et préalable à toute étude scientifique visant la mesure d'un phénomène réel donné (Salvador, 1999). Le modèle peut être élaboré par le chercheur en vue de décrire la structure de l'objet de sa recherche sans qu'il soit, toutefois, absolument complet et parfait (Broadbent, 1988). Dans ce chapitre nous allons construire le modèle qui permette de recueillir les indicateurs liés au concept de la transparence afin de pouvoir les mesurer et rendre possible la confrontation entre les différents termes du problème de cette recherche.

Notre modèle conceptuel a été construit à partir : i) de l'hypothèse de cette recherche et ii) en admettant que la fenêtre est le révélateur de la transparence. On s'est servi de deux modèles qui illustrent les fonctions de la fenêtre. Le premier est de Tabet-Aoul (1991) (Fig.II.2), et le deuxième est celui publié dans le journal des architectes (Glass design guide, 1975) (Fig.II.3).

Il en ressort, donc, que la transparence est liée aux fonctions de la fenêtre. La figure ci-dessous illustre schématiquement les trois dimensions liées à la transparence : i) la vue vers l'extérieur, ii) l'éclairage naturel et iii) l'aspect thermique. À partir de ces trois dimensions on va déterminer les indicateurs liés à chacune d'elles.

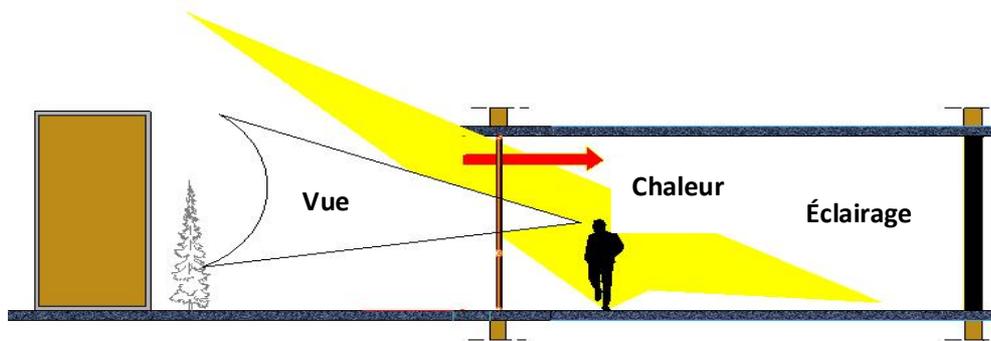


Figure II.1: Schéma illustrant les trois dimensions de la transparence (source : Auteur)

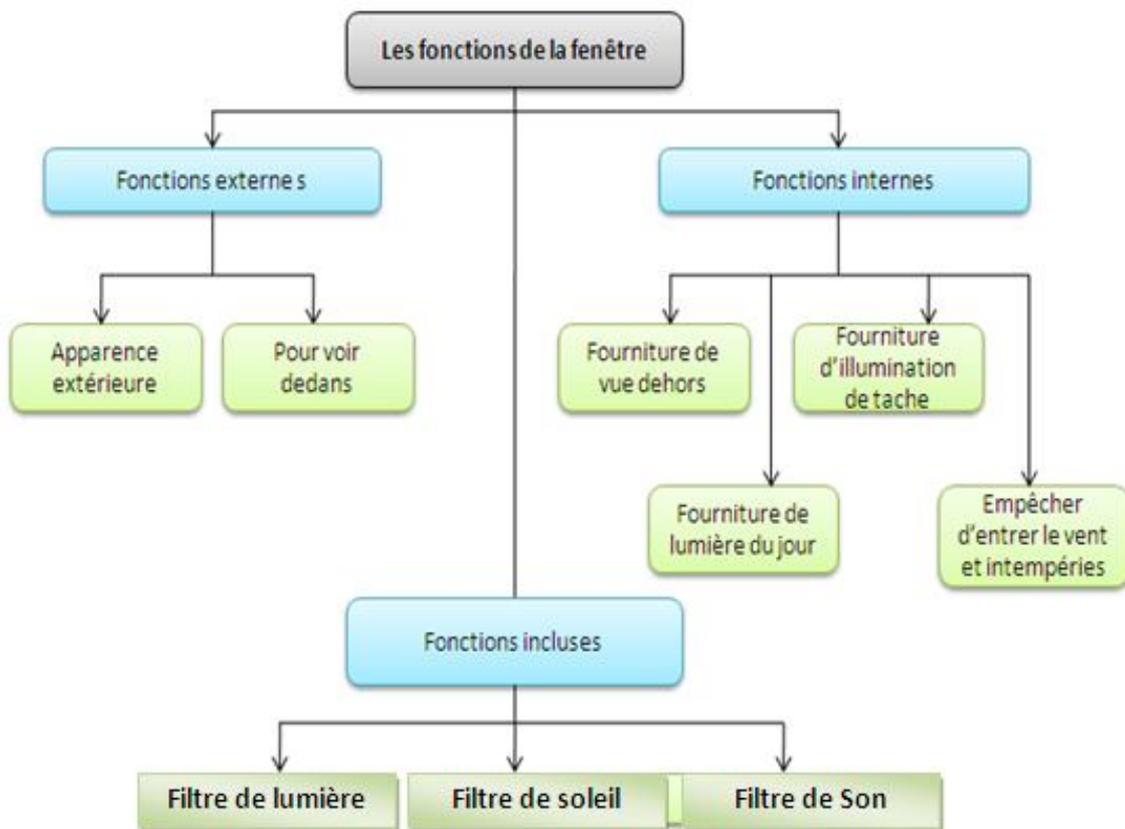


Figure II.3: les fonctions de la fenêtre,(Source : Glass design guide, 1975)

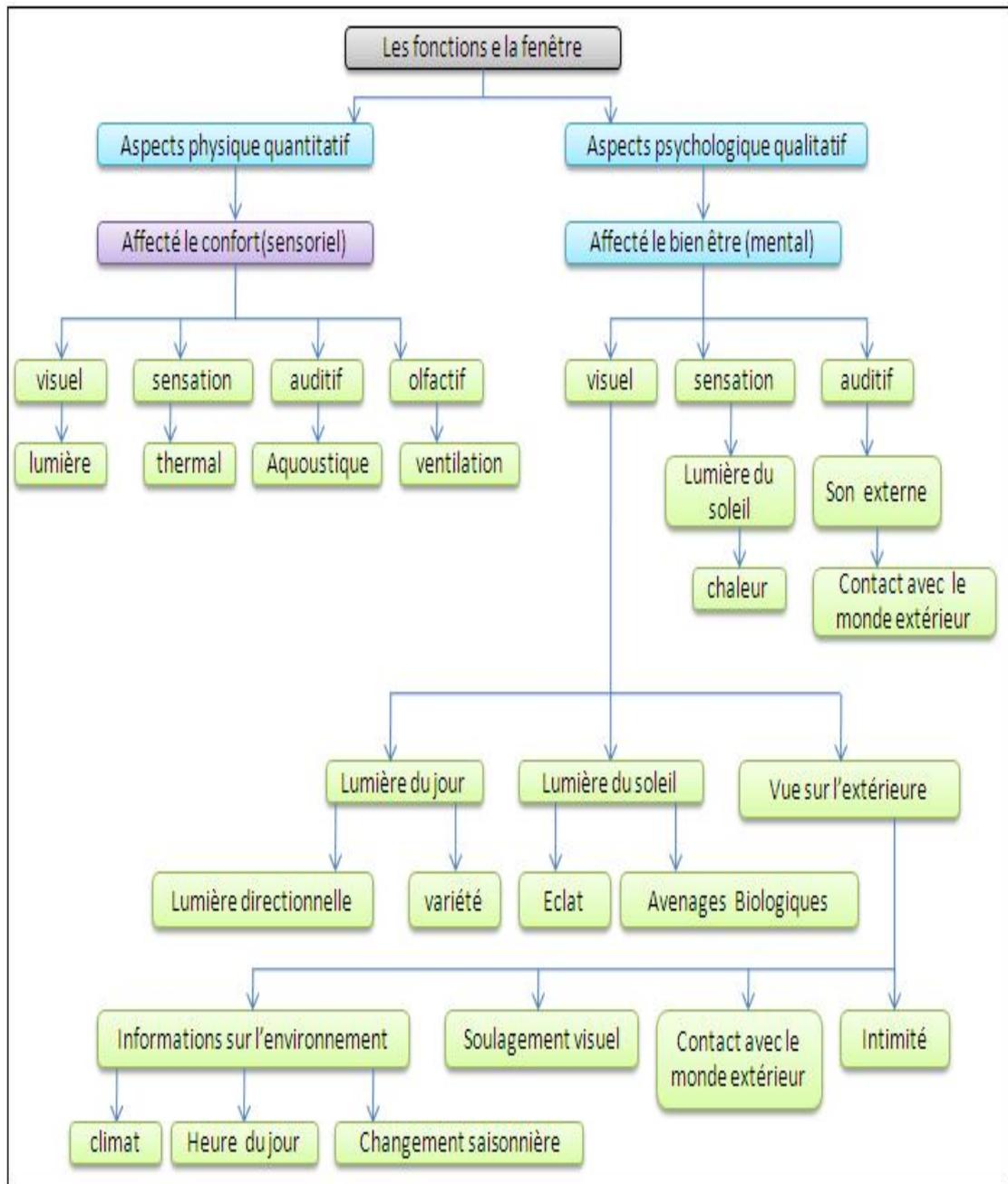


Figure II.2: les fonctions de la fenêtre, (Source : Kheira, Tabet-Aoul 1991)

2. Facteurs liés à l'éclairage naturel (quantité et qualité de la lumière reçue):

Le confort et le bien être de l'homme sont influencés par la qualité et la quantité de son environnement lumineux. Un mauvais éclairage peut donc conduire à une fatigue visuelle et nerveuse, altérant la qualité du travail fourni. Au cours des dernières années, l'éclairage naturel a reçu une attention accrue pour plusieurs raisons incluant le confort des occupants et la conservation d'énergie. (Marty *et al.* 2003).

L'éclairage naturel est généralement préféré à un éclairage artificiel puisqu'il offre un spectre continu tout en étant plus efficace. Un grand nombre de recherches utilisant la technique du questionnaire indique que les gens préfèrent les espaces naturellement éclairés que ceux utilisant la lumière artificielle. Markus, 1967 ; Wells, 1965 ; Manning 1965.

De plus, suite à une recension de la littérature portant sur les avantages de l'éclairage par les fenêtres, Boyce (2003) dégage les trois constats suivants :

- Physiologiquement, la lumière naturelle constitue un stimulant efficace pour le système visuel et circadien humain;
- Psychologiquement, la lumière naturelle jumelée à une vue sur l'extérieur est préférée à un éclairage artificiel
- La lumière naturelle a plus de chances de maximiser les performances visuelles en Comparaison avec un éclairage artificiel.

L'éclairement, la luminance, l'uniformité et le contrôle de l'éblouissement sont les dimensions importantes d'un environnement lumineux. Un environnement lumineux est simultanément caractérisé par la quantité et la qualité de la lumière naturelle.

2.1. Quantité de la lumière naturelle :

Généralement, une bonne visibilité se définit par une distribution uniforme de l'éclairement et la présence d'une quantité adéquate de lumière permettant à l'occupant d'accomplir ses tâches. La littérature portant sur l'ingénierie et l'architecture a traditionnellement misé en grande partie sur un seul paramètre pour l'évaluation des conditions d'éclairage, soit l'éclairement horizontal. Piccoli *et al.* (2004).

Pour identifier la quantité de la lumière dans un espace nous devons explorer les deux indicateurs de performances qui sont les valeurs des l'éclairage et leurs uniformités sur le plan de travail ainsi que le facteur de lumière du jour. Ce dernier et comme mentionné par Love et Navvab (1994) ainsi que Nabil et Mardaljevic (2005), est inadéquat lorsque utilisé seul, étant donné ses quelques limitations importantes :

- L'éclairage causé par le soleil et les ciels non-couverts n'est pas pris en compte par le FLJ;
- L'orientation du bâtiment n'est pas considérée
- Les mesures fournies par le FLJ présentent d'importantes variations sous ciels couverts
- Les effets des éclairages mixtes (naturel et artificiel) sont difficiles à quantifier avec le FLJ;
- Et finalement, la lumière non horizontale, aussi critique pour la perception humaine, n'est pas considérée par le FLJ

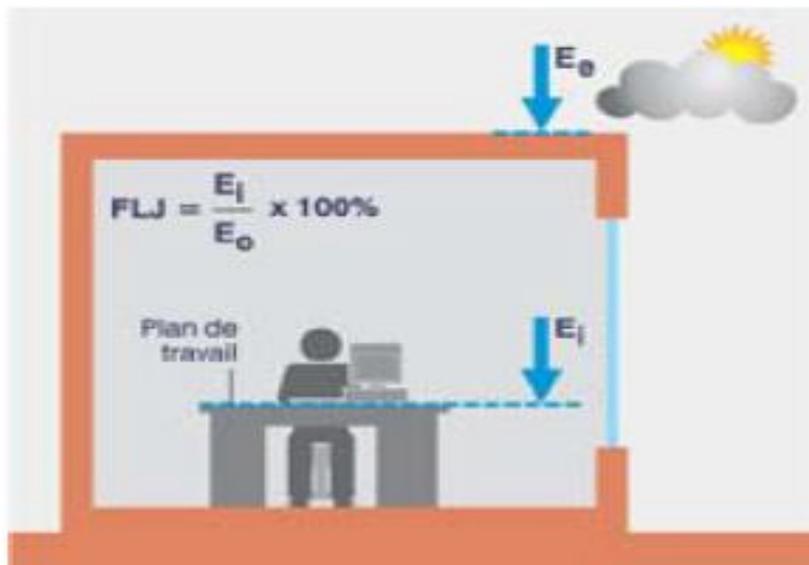


Figure II.4: Le facteur de lumière du jour (FLJ) (Source : Bodart)

Parmi ces facteurs cités, cette recherche se limitera à l'étude des éclairages horizontaux utiles et leurs uniformité sur le plan de travail d'un bureau.

2.1.1. L'éclairage utile :

L'éclairage caractérise la quantité de lumière reçue par une surface (Fig.II.5). Cependant, cette grandeur est très difficilement perceptible par l'œil humain. De plus, tel que mentionné par

Galasiu et Veitch (2006), le niveau d'éclairage préféré dans un bureau éclairé naturellement est très variable d'une personne à une autre.

La valeur de 500 lux, reconnue comme étant le standard à respecter au niveau du plan de travail en éclairage artificiel dans un bureau, n'a jamais vraiment fait l'unanimité en ce qui concerne l'éclairage naturel ou mixte (Canti, 2008).

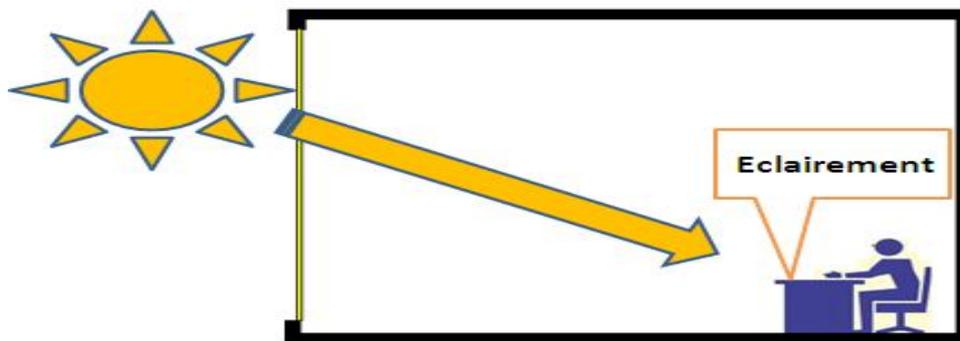


Figure II.5: l'éclairage horizontale reçu sur le plan de travail dans un bureau (Source : Auteur)

Miler (Miler,1998) recommande de choisir un éclairage de tâche plus important que le minimum nécessaire, de manière à ce que l'utilisateur soit poussé psychologiquement à accepter le système d'éclairage.

Suite à une recension de la littérature portant sur divers codes pour l'éclairage intérieur et des recherches impliquant des occupants en milieu de travail et leurs préférences face à un éclairage naturel, Nabil et Mardaljevic (2005) ont dégagé les conclusions suivantes :

- Un éclairage naturel inférieur à 100 lux est considéré insuffisant (doit être complété avec un éclairage artificiel);
- Un éclairage naturel variant entre 100 et 500 lux est considéré adéquat lorsqu'utilisé seul ou jumelé avec un éclairage artificiel;

- Un éclairage naturel variant entre 500 et 2000 lux est considéré comme désirable ou du moins tolérable;
- Un éclairage naturel supérieur à 2000 lux cause souvent l'inconfort visuel. De sa part ,Bodart, (2002) propose les normes belges (Tab.II.1) qui donnent des recommandations quant à la valeur moyenne de l'éclairement à maintenir sur le plan de travail.

Niveau d'éclairement recommandé (lx)	Type d'activité
50 100 150	Simple orientation ou passage dans une aire de circulation
100 150 200	Tâches n'exigeant aucune perception de détails, dans un local à usage discontinu
200 300 500	Tâches n'exigeant qu'une perception visuelle simple
300 500 750	Tâches exigeant une perception visuelle moyenne (écriture et détails similaires)
500 750 1000	Tâches exigeant une bonne perception visuelle
750 1000 1500	Tâches à perception visuelle difficile
1000 1500 2000	Tâches spéciales exigeant une perception visuelle de détail très fin
>2000	Tâches requérant une perception visuelle très exacte

Tableau II.1: Niveau d'éclairements recommandés en fonction du type d'activité
(Source : Bodart,2002)

2.1.2. Uniformité de zones d'éclairements:

L'éclairement homogène se caractérise principalement par une distribution à faible gradient lumineux, c'est-à-dire où les écarts de facteurs de jour sont inférieurs à 5%. L'impression lumineuse associée à ce type d'éclairement est celle d'une lumière douce où les contrastes sont estompés.



Figure II.6: Pour un même niveau d'éclairage du plan du travail, la première situation est nettement plus agréable que la troisième. (Source : Energieplus)

L'éclairage homogène est cependant très recherché lorsque l'on veut éliminer toute perturbation du champ visuel et permettre ainsi un rendu le plus neutre possible d'un objet donné (objets d'art par exemple) ou encore éliminer les risques de reflets ou d'ombres gênants pour la réalisation de certaines tâches visuelles .

Selon Veitch,(1995), l'uniformité a toujours été désirable autant sur le plan de travail qu'au travers toute la pièce.

2.2. Qualités de la lumière naturelle :

Menzies et Wherrett (2005) mentionnent l'importance de la qualité de l'éclairage en milieu de travail, celui-ci affectant l'humeur, la motivation et la productivité des travailleurs.

Comme l'indiquent certains auteurs (Parpairi et *al*, 2002; Fontoynt dans Adolphe, 1998),les préoccupations du concepteur ne doivent plus se limiter à la quantité de lumière à fournir, mais aussi tenir compte de la qualité d'un éclairage. À ce sujet, Küller (2004) souligne qu'un éclairage Homogène nuit grandement à l'aspect esthétique de la pièce. De plus, Fontoynt (2002) fait remarquer que l'optimisation d'un environnement en fonction uniquement des tâches qui y sont effectuées conduit trop souvent à des espaces qui sont jugés monotones par leurs occupants.

Un mauvais éclairage peut donc conduire à une fatigue visuelle et nerveuse, altérant la qualité du travail fourni. Pour qualifier la qualité de la lumière naturelle dans un espace on doit faire

Appel aux indicateurs de performances comme la luminance, l'éblouissement et le niveau de contraste

2.2.1. L'éblouissement :

Il est dû à la présence d'un fort déséquilibre entre luminances soit tout simplement par la présence d'une très forte luminance dans le champ visuel (Desoille et al, 1980). Selon son effet sur l'utilisateur, l'éblouissement peut être (Fig.II.7):i) perturbateur : la vision des objets est troublée sans que ça soit accompagné lumineuse dans le champ visuel (par exemple, un couloir sombre éclairé naturellement par une fenêtre au fond).ii) Inconfortable : la vision des objets n'est pas nécessairement troublée mais il y a provocation d'une sensation désagréable. Ceci revient à la Présence de luminances trop contrastées dans le champ visuel qui provoquent simultanément l'ouverture et la fermeture de la pupille. En plus de cette classification, Moore (1985) catégorise l'éblouissement (qui peut être perturbateur ou inconfortable) selon les sources qui le provoquent : i) éblouissement direct causé par des sources directement visibles dans le champ visuel, et ii) réfléchi provenant d'une surface satinée qui reflète l'image d'une source lumineuse.



Figure II.7: Cas d'éblouissement inconfortable, à gauche, et d'éblouissement perturbateur, à droite
(Source : Baker et Steemers, 2002)

3. Facteurs liés aux performances thermiques :

Dans les bâtiments, le confort thermique constitue une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires.

Différentes définitions sont données pour le confort thermique selon que l'être humain est considéré comme un objet physique, une machine thermique autorégulée, ou une personne active affectée par ses sensations :

- Conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation sont à un niveau d'activité minimale (Givoni, 1978)
- Etat d'esprit qui exprime la satisfaction quant à l'ambiance thermique (ASHRAE, 1997, AFNOR, 1995)
- La sensation de confort thermique est l'expression du bien-être d'un individu en rapport avec la chaleur. Elle est le résultat de l'interaction entre l'individu et son environnement (Deh , 1992)
- De la reconnaissance d'un grand nombre d'éléments différents et constitutifs du confort thermique naît un sentiment de complexité (Cantin, 2000)

3.1. Irradiation solaire incidente :

L'angle que font les rayons du Soleil avec une surface détermine la densité énergétique que reçoit cette surface. Puisque le rayonnement solaire arrive sur la Terre sous forme d'un faisceau parallèle, une surface perpendiculaire à ces rayons intercepte la densité maximale d'énergie. Et si l'on incline la surface à partir de cette position perpendiculaire, son éclairage diminue.

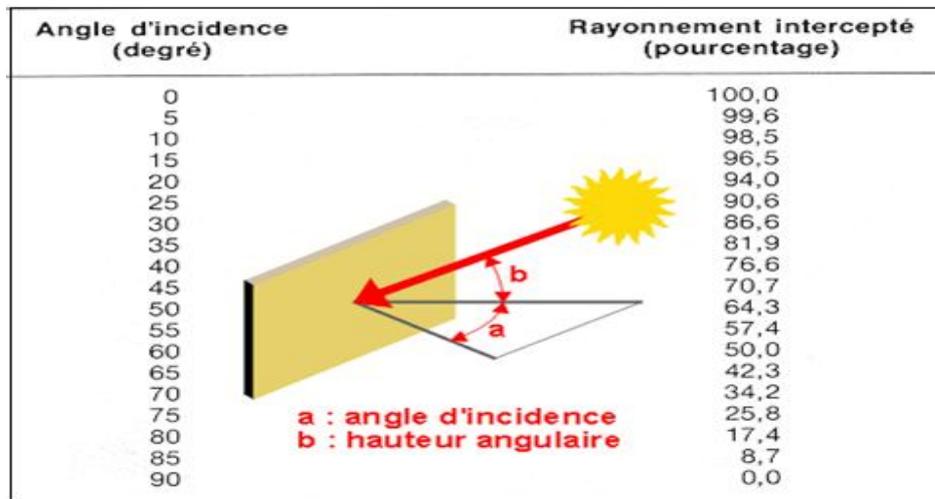


Figure II.8: Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence (Source : Architecture et climat)

En réalité, le rayonnement total reçu sur une surface, appelé irradiation solaire incidente (ou encore éclairement énergétique global), est défini par la somme de trois composantes :

- L'irradiation directe, provenant directement du Soleil. Cette composante s'annule si le Soleil est caché par des nuages ou par un obstacle.
- L'irradiation diffuse, correspondant au rayonnement reçu de la voûte céleste, hors rayonnement direct. Cette énergie diffusée par l'atmosphère et dirigée vers la surface de la Terre, peut atteindre 50 % du rayonnement global reçu, lorsque le Soleil est bas sur l'horizon, et 100 % pour un ciel entièrement couvert.
- L'irradiation réfléchie, correspondant au rayonnement réfléchi par l'environnement extérieur, en particulier le sol, dont le coefficient de réflexion est appelé "albédo".

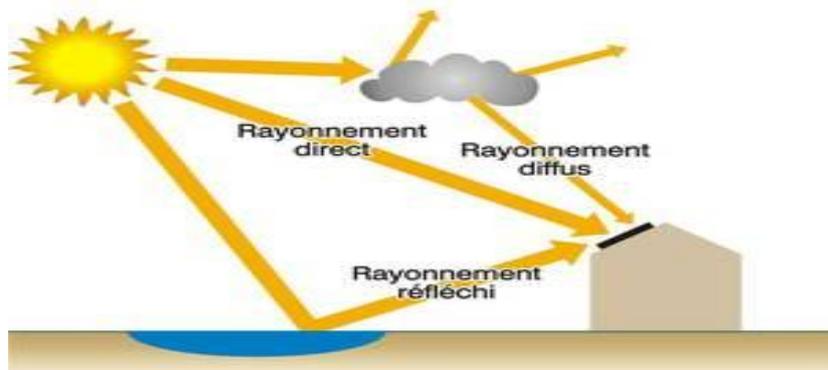


Figure II.9: les trois composantes du rayonnement solaire (Source : architecture et climat)

3.2. L'ombrage comme stratégie de confort thermique :

Dans un milieu aride, la saison froide ne se manifeste réellement qu'en cas d'absence du soleil. C'est le cas de la nuit et des rares journées froides d'hiver (Yakubu, 1990). Celle-ci constitue une période assez négligeable par rapport à la longue saison chaude (Izard, 1993 ;Arbaoui et Boudiaf,1990). Plusieurs chercheurs dans le domaine de l'architecture en milieux chauds précisent que toute stratégies bioclimatiques doit essentiellement se baser sur les conditions d'été ou la période de surchauffe(Givoni,1980 ;Croome,1990).

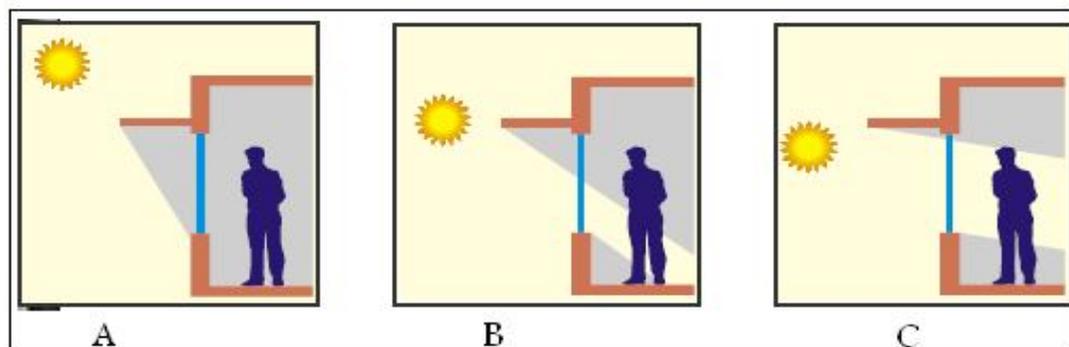


Figure II.10 : Protection efficace en été et en hiver ; (A) été, (B) mi-saison, (C) hiver (Source : Energieplus)

Les variations saisonnières sont très marquées sur les différentes façades. Seule la façade sud reçoit, relativement, moins d'énergie en été qu'en hiver (fig. II.11). Les gains solaires à travers les ouvertures peuvent être contrôlés par leur orientation, leur taille et leur inclinaison. Les ouvertures orientées au Sud favorisent les gains solaires en hiver et peuvent être facilement protégées en été. La protection des orientations Est et Ouest présente des difficultés à cause de la hauteur basse du soleil dans le ciel. Par ailleurs, les ouvertures orientées ouest sont associées, sous nos latitudes, à des conditions extérieures de températures et de rayonnement solaire importants.

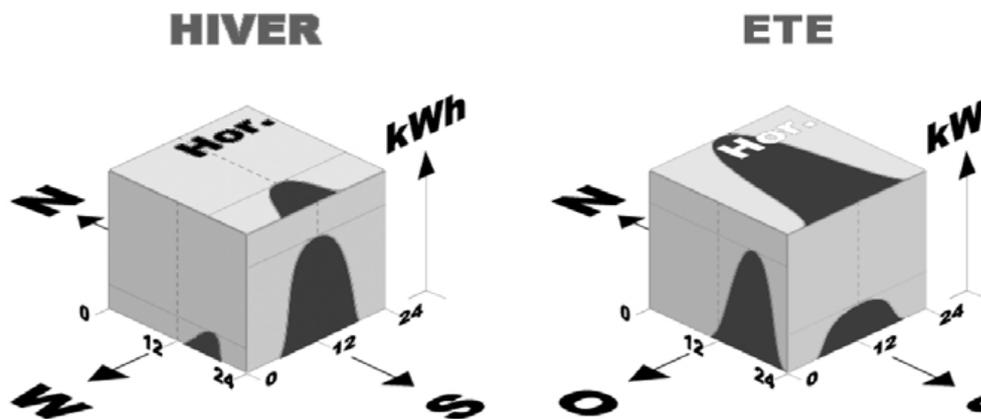


Figure II.11 : Puissance solaire reçue en hivers et en été sur les surfaces horizontales et verticales (Source : Mémento technique du bâtiment,2003)

Les systèmes d'ombrage affectent la consommation d'énergie des bâtiments en réduisant les gains solaires et en modifiant les pertes thermiques au travers des fenêtres. Les protections solaires influencent aussi le niveau d'éclairage naturel atteint à l'intérieur et la vue vers l'extérieur. Les ombrages influencent donc directement les consommations d'énergies de chauffage, refroidissement et éclairage ainsi que le confort visuel et thermique.

Ces aspects de confort aussi bien que ces aspects de consommation sont importants. En effet, les consommations d'énergie sont liées à des critères économiques et environnementaux alors que les aspects de confort influencent le bien-être et la productivité des occupants d'un bâtiment. (Bodart.2002).

Dans les milieux aride et semi-aride, le rôle de la façade en tant qu'enveloppe de la construction, est ' de modérer les effets calorifiques dus au rayonnement solaire sur la structure et à l'intérieur du bâtiment '(Givoni, 1980, p.332) .L'ombrage de surfaces opaques et vitrées de la façade serait autant une solution optimale pour la protection contre l'effet des radiations solaires (Givoni,1980 ;Izard,1993 ;Cook,1981)

4. Facteurs liés à la vue vers l'extérieur :

4.1. Bureau sans fenêtres:

Plusieurs études ont indiqué « une opinion répandue que les gens n'aiment pas travailler dans les bureaux sans fenêtres » (Manning, 1965;Hollister, 1968;Hopkinson et Collins, 1975). Dans une étude de 139 employés de bureau aux Etats-Unis, par exemple (Ruys, 1970), 90% de répondants dans les espaces sans fenêtres ont exprimé le mécontentement en ce qui concerne le manque de fenêtres. Presque 50% de ces ouvriers a pensé que le manque de fenêtres a affecté leur travail défavorablement. Les raisons principales données par des répondants pour détester leurs bureaux sans fenêtres étaient : aucun jour, ventilation pauvre, manque d'informations sur le temps, manque d'une vue, sentiments de l'isolement et sentiments de dépression et de tension.

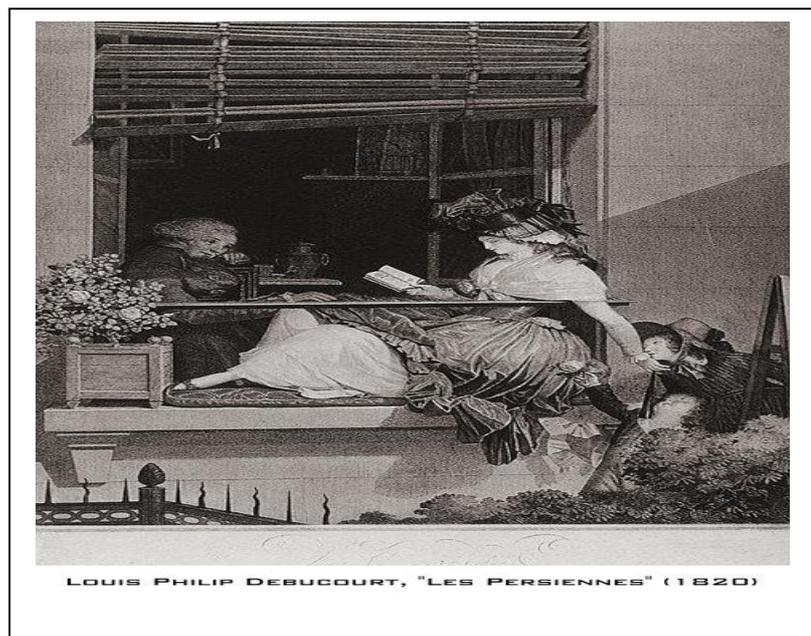


Figure II.12 : “Les Persiennes”, par Louis Philip Debucoart (1820) (Source : Vorapat ,2005)

Dans une autre étude sur les employés de bureau (souterrains) sans fenêtres, Sommer (1974) a constaté que les gens ont tendu à compenser un manque d'une vue vers l'extérieur en accrochant des images et des affiches de paysage. Des animaux sauvages, les paysages marins, les scènes de forêt et les affiches de voyage ont été préférés au paysage urbain ou des vues non-Natural en tant que fenêtres de remplacement

4.2 Aspect qualitatif de la vue:

L'aspect qualitatif de la vue indique la qualité et la nature de notre environnement extérieur. Chacun de nous, au travail ou à la maison, préfère la fenêtre avec de belle vue. Cependant les vues vers l'extérieur ne représentent pas toujours la même qualité (nature de la vue).

Du point de vue psychologique, J. Heerwagen (Tabet Aoul, 1991, p.269) résume les bénéfices Offerts par la vue à travers la fenêtre aux quatre points suivants : i) l'accès à l'information sur L'environnement, ii) l'accès au changement sensoriel, iii) un sentiment de connexion au monde externe, et iv) le rétablissement sanitaire et la guérison.

R.Arnhem (1986) affirme que le «paysage au travers d'une fenêtre apparaît comme une toile de fond parallèle au mur à moins que nous approchions de la fenêtre et quittons visuellement la pièce pour pénétrer dans l'espace extérieur ». La vue est parfois cadrée de sorte que son paysage semble vraiment faire partie du mur intérieur (Ching, 1979) , une sorte de « 'tableau' cadré d'un extérieur» (Von Meiss, 1986, p.120) (Figure II.13).



Figure II.13 : La vue sur l'extérieur est cadrée comme un portrait accroché au mur de l'espace architectural (Source : Arcila, 2002)

La vue sur l'extérieur diffère d'un type d'espace à un autre puisque le contexte urbain et paysager sont généralement différents. Les éléments visibles à travers la fenêtre deviennent des points de repère : on peut s'attendre à voir des arbres, d'autres maisons et une rue à partir d'une salle de séjour tandis qu'on peut compter voir un boulevard, un stationnement et de grands bâtiments ou des commerces à partir d'un bureau.

Markus (1967) a évalué les préférences de vue pour 400 employés de bureau qui ont occupé neuf étages d'un bâtiment en Grande-Bretagne. Presque toutes les salles étaient de grands bureaux plans libres de sorte que tous les participants aient de l'accès à une fenêtre. Les participants ont évalué la vue des arbres et des collines beaucoup plus que les autres vues. De façon générale, les répondants ont préféré des vues du paysage (88%), des bâtiments voisins (8%) et d'une vue du ciel (4%). Les occupants des étages inférieurs avaient un effet significatif en raison de la vue limitée.

S. Kaplan et Wendt (1972) ont évalué l'effet de la complexité sur des préférences pour des scènes extérieures. Ces chercheurs ont trouvé cela quand les employés de bureau ont évalué 56 diapositives en couleurs pour la complexité et la préférence. Les scènes de nature ont été préférées aux scènes urbaines. Les participants ont semblé préférer des scènes qui étaient jugées complexes, mais des scènes complexes de nature ont été préférées aux scènes urbaines complexes.

4.2.1. La classification des contenus de la vue :

La classification de la vue vers l'extérieur demeure complexe et difficile à cause du grand nombre de variables qu'elle contient. Thomas Markus (1967) qui a étudié longuement la fenêtre suggère une analyse de la vue en fonction des informations qu'elle contient.

L'une des principales caractéristiques des vues c'est la stratification horizontale, une couche du ciel, le sol, et le paysage urbain (le sol et tout ce qu'il contient) (Markus, 1967) (fig.II14) :

1. La strate supérieure (le ciel)
2. La strate au milieu, les bâtiments et paysage
3. La strate inférieure, (le sol, les rues, les rivières, les gens ...)



Figure II.14 : Illustration des trois strates d'une vue vers l'extérieure (Source : Auteur)

Thomas Markus présente des preuves qui montrent clairement que les employés de bureau Préfèrent les fenêtres avec des vues significatives - des vues de la ville, la nature - comme l'encontre des vues qui se produisent également dans de vastes zones, mais ils contiennent moins d'éléments et sans intérêt véritable. (Markus, 1967).

Markus montre que la fonction principale de la fenêtre n'est pas à fournir de la lumière, mais de fournir un lien vers l'extérieur et, en outre, que ce lien est plus significatif quand il contient une vue du sol et de l'horizon.

4.3. Aspect quantitatif de la vue :

Un changement au niveau de la fenêtre implique un changement dans la vue. Cela signifie que la variation de la taille, position, division, et occultations affectera le contenu de la vue.

4.3.1. Taille et position de la fenêtre:

En termes de taille de fenêtre, deux études ont spécifiquement étudié la taille minimale acceptable de fenêtre. Ne'eman et Hopkinson (1970) ont employé deux modèles de bureaux de différentes échelles, dans trois endroits différents avec 319 participants. Les participants

pourraient facilement arranger la forme, la taille et l'endroit d'une fenêtre de bureau dans chaque modèle.

L'utilisation du modèle a indiqué que la vue, distance de la fenêtre, taille de fenêtre et l'angle visuel à tout affecté les jugements des participants de la taille acceptable. Un des paramètres les plus importants s'est avéré être le type de vue. Ces chercheurs ont constaté que les participants ont préféré des fenêtres plus larges pour les vues. Ils ont proposé que la taille accrue n'ait pas fourni autant d'informations visuelles. Ne'eman et Hopkinson ont également déterminé que la largeur acceptable de la fenêtre était directement proportionnelle à la distance d'un participant de la fenêtre.

Utilisant des valeurs moyennes des préférences de toutes les positions dans le bureau, les auteurs ont déterminés qu'afin d'obtenir une fenêtre qui satisferait au moins 85% des participants, la fenêtre devrait occuper 35% du mur de fenêtre.

Une approche semblable a été adoptée par Keighley (1973) qui a étudié les effets du secteur de fenêtre réduit dans les bureaux. Dans le mur de fenêtre de ce modèle il y avait une ouverture dont les dimensions pourraient être variées et à travers laquelle huit vues différentes étaient possibles.

L'auteur a présenté à 30 participants le modèle comme si il était dans leur bureau. Ils ont été alors demandés d'ajuster la forme et l'endroit de la fenêtre sur les dimensions les plus souhaitables des huit vues différentes. Les résultats ont indiqué que des participants ont été plus influencés par la vue externe dans leur choix de la forme et de l'endroit préférés de la fenêtre.

Keighley (1973) a constaté que des fenêtres occupant 10% ou moins de mur de fenêtre ont été considérés comme extrêmement insuffisants. La satisfaction était plus grande pour une fenêtre occupant 20% ou plus du mur et les fenêtres plus grandes ont été évaluées comme plus satisfaisantes.

Basé sur ces deux études il est évident qu'il y ait des tailles de fenêtre qui sont trop petites pour être acceptables (<20% du mur)

Dans une autre étude effectuée par Mehmet Tureyen (2006), a en recours au questionnaire pour déterminer les préférences des fenêtres dans l'espace bureau. Il a constaté que la majorité des répondants (58,6 %) préfèrent les murs rideau, en deuxième position les fenêtres horizontales en troisième position, les fenêtres carrées et dans la dernière position les fenêtres de forme rondes et rectangulaires (Fig.II.15). Ces résultats prouvent que les fenêtres ayant de 44 à 100% de la surface du mur sont les plus préférés.

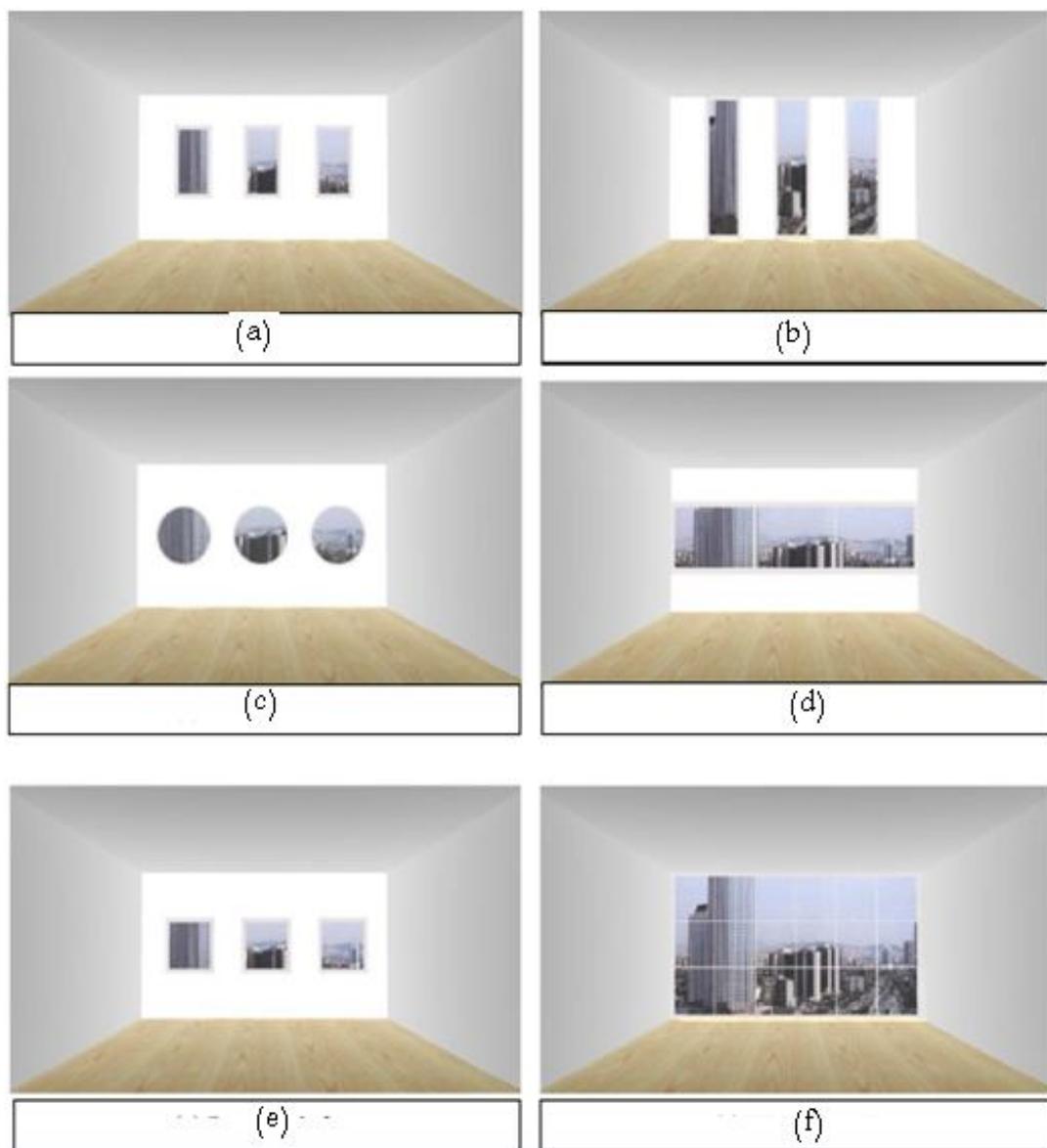


Figure II.15 : Quantité de la vue de six types de fenêtres, (a)rectangulaire ,(b) verticale , (c) ronde, (d)horizontale (e) carré, (f) mur rideau. (Source :Tureyen et al,2006)

En résumé nous pouvons constater que la détermination de la taille de l'ouverture (fenêtre) dans le mur demeure complexe. Il en est de même pour la position, ou on constate des résultats contradictoires. Par exemple Mehmet Tureyen (2006) a déterminé que les répondants préfèrent les fenêtres horizontales par contre Tomas Markus(1967) a conclu le contraire ou les répondants de Robinson building à Bristol préfèrent les fenêtres verticales.

En conclusion, il est clair que pour la taille et position de la fenêtre, d'autres facteurs (climatique, social, psychologique ...) entrent en ligne et participent à leurs déterminations finales.

4.3.2. Division de la fenêtre (fenêtre de petits panneaux):

Thomas Markus, est arrivé à une conclusion: les fenêtres qui sont divisées de faire plus de points de vue intéressants (Markus, 1967). Il souligne que de petites fenêtres étroites et offrent des vues qui diffèrent des positions différentes dans la salle, tandis que la vue tend à être la même à travers de grandes fenêtres ou celles horizontales.

L'image suivante montre une vue simple, décomposée comme il pourrait être de seize volets. Au lieu d'un point de vue, nous voyons seize vues. La vue devient vivante parce que les petits carreaux font en sorte.



Figure II.16 : Augmentations du nombre de vues par la division de la fenêtre (Source : Auteur)

4.3.3. Les occultations:

Une idéale vue par une fenêtre c'est probablement la vue sans aucun obstacle. Mais les protections solaires (intérieurs ou extérieurs) sont souvent nécessaires pour le contrôle des radiations solaire, l'éblouissement, mais au même temps il est clair qu'ils affectent la quantité de la vue en la réduisant et ainsi les niveaux d'éclairéments.

La quantité de la vue sans protection est supérieure à celle avec le light shelf. Ainsi, les variables suivantes seront affectés : i) les nombres de strates ii) le ratio d'ouverture dans le mur de façade.

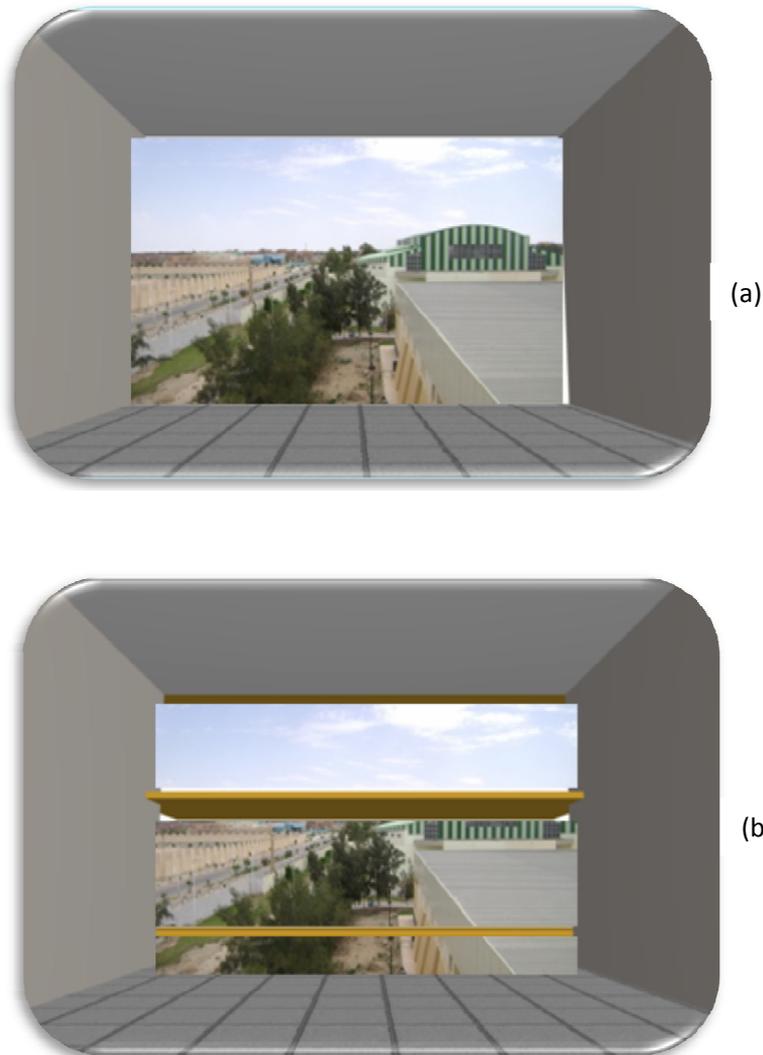


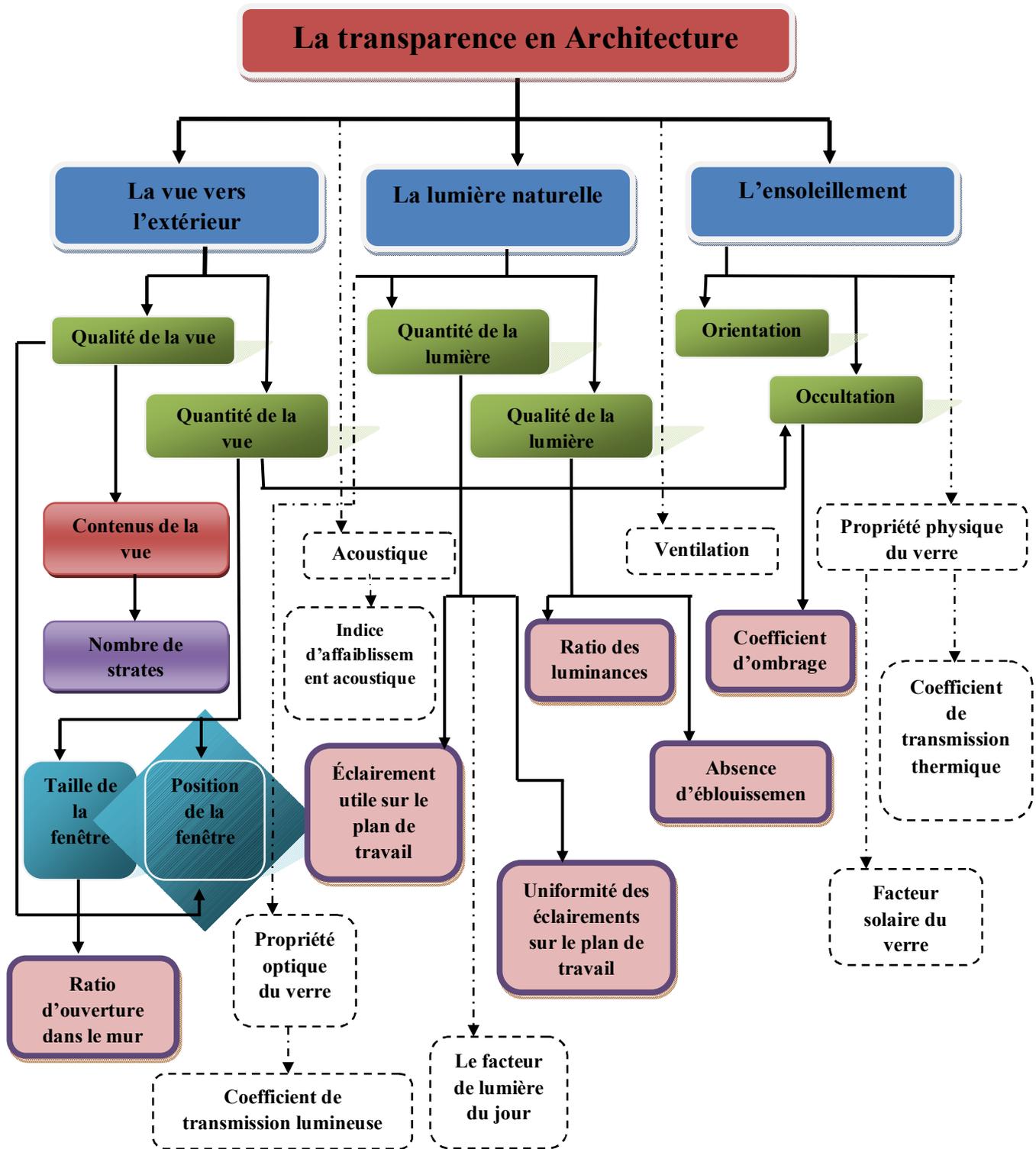
Figure II.17 : Vue vers l'extérieur dans un bureau, (a) sans protection, (b) light shelf (Source : Auteur)

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, il a été possible de ressortir les dimensions et les indicateurs mesurables des trios principaux concepts en relation dans cette recherche. La transparence est analysée du point de vue de l'éclairage naturel, des aspects thermiques et de la vue vers l'extérieur à travers plusieurs techniques de représentation relatives à ces trios dimensions.

Mais en raison de l'interdisciplinarité du confort, soit thermique ou visuel et en vu du nombre importants des indicateurs recueillis, notre étude sera limitée aux points suivants (Fig. II.18) :

- Pour l'éclairage naturel, et comme c'est un bureau, une distribution uniforme et un éclairage utile (qui ne cause pas de l'éblouissement) seront les deux indicateurs à prendre en considération.
- Pour les aspects thermiques, et en référence à notre cas d'étude qui est des régions arides et chaudes, la stratégie d'ombrage présentée par le coefficient d'ombrage sera le seul indicateur.
- Pour la vue vers l'extérieur, les trois indicateurs qui seront analysés sont : i) le nombre de strates ii) la strate la plus affectée et iii) le ratio d'ouverture dans le mur de façade.



Limite

Figure II.18: Modèle conceptuel des facteurs influents la transparence. (Source : Auteur)

1. Introduction :

Après avoir construit le modèle conceptuel, la prochaine étape sera la mise à l'expérimentation des indicateurs liés au concept de la transparence. Sachant que cette étude concerne les bâtiments à activité de bureaux. Le bureau comme un environnement architectural et la lumière naturelle et le soleil en tant que facteurs environnementales à étudier. Ce chapitre propose les modèles à simulés en relation avec ces facteurs environnementales. En premier lieux le site à savoir ces caractéristiques, en deuxième lieux le bureau à savoir sa géométrie ces caractéristiques photométriques ainsi sont orientation et les dispositifs d'occultations appropriés.

2. Le site :

Toute étude concernant le comportement d'un bâtiment aux aspects de lumière naturelle ou aux aspects thermiques, est liée à sa situation dans son site. Hauteurs des bâtiments, largeur de la rue, tous ses éléments du site influences les résultats d'études pour le confort visuel et thermiques.

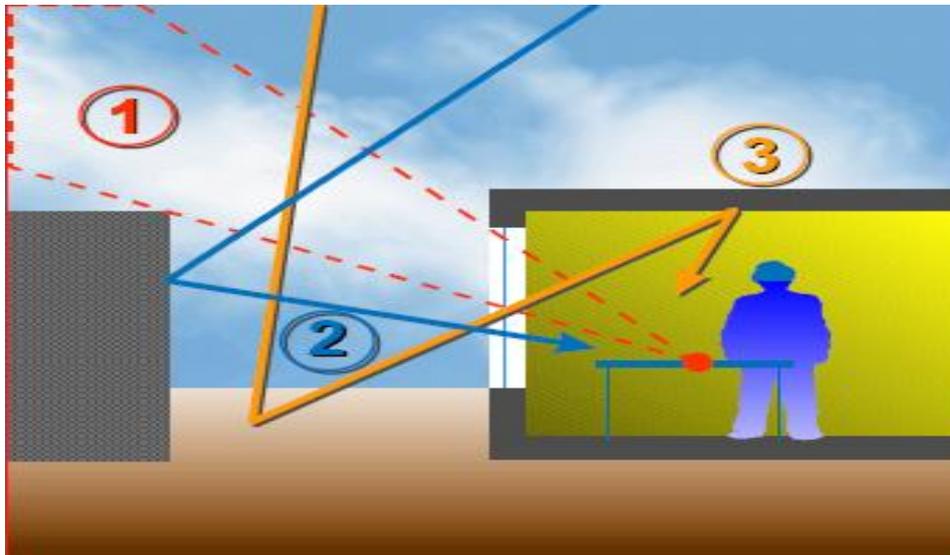


Figure III.1: Les composantes de la lumière naturelle. (Source :www.energiplus.com)

1. La composante du ciel : provenant directement du ciel au point considéré.
2. La composante réfléchie extérieure : provenant au point considéré par réflexion des rayons lumineux sur les surfaces extérieures.

3. La composante réfléchie intérieure : provenant au point considéré par réflexion des rayons lumineux sur les surfaces intérieures.

Un bâtiment situé dans site dense avec un bâtiment en face aura plus de surface ombragé qu'un autre dans un site dégagé. Un sol d'une nature minéral à un coefficient de réflexion différent d'un sol d'une nature végétal.

Pour notre cas d'études on va considérer que, la composante du ciel et les composantes réfléchies intérieure. Un site de banlieue moins dense, sans bâtiment en face, avec un sol de nature minéral à un facteur de réflexion négligeable.

3. Le locale :

3.1. Le bâtiment :

Le bureau est intégré dans le troisième niveau dans un bâtiment de cinq étage, d'une hauteur de 17,50 m(fig.III.2).

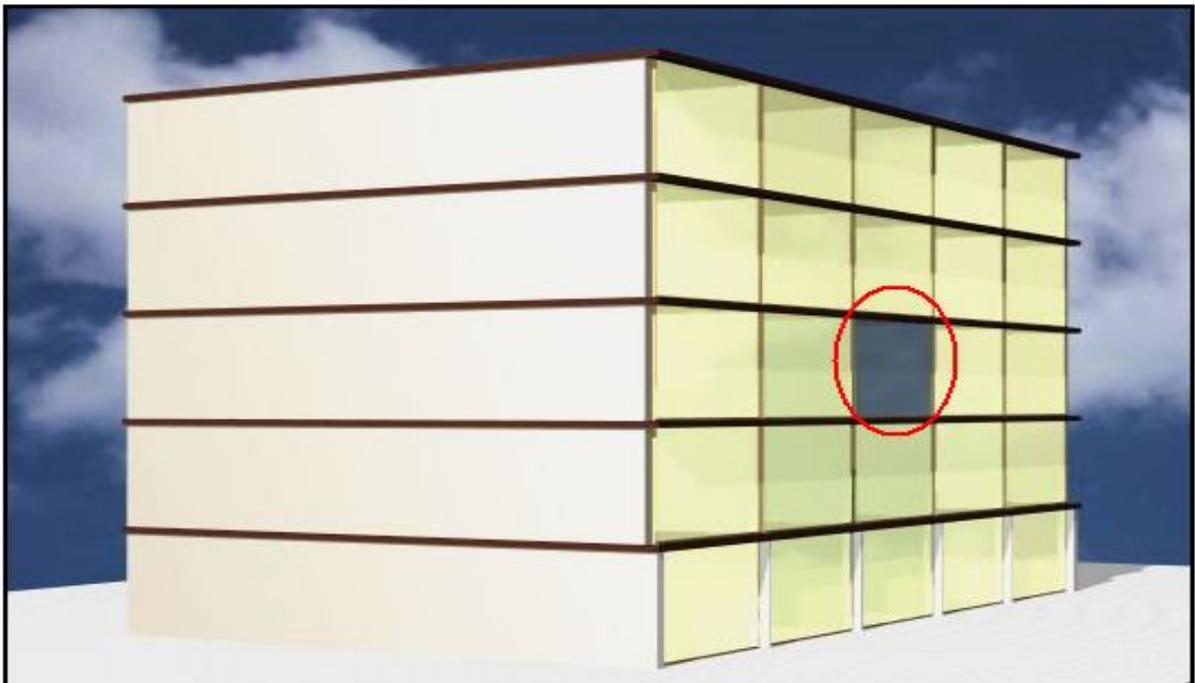


Figure III.2: Situation du bureau à simulé dans le bâtiment. (Source :Auteur)

3.2. Le bureau :

3.2.1. Géométrie du modèle :

Pour concevoir les dimensions géométriques de notre modèle de simulation, pour un local de bureau dans un bâtiment tertiaire, il a été nécessaire de consulter les différentes

normes nationales, internationales et les différents travaux de chercheurs utilisant des modèles de bureaux pour des simulations en éclairage naturel.

Les établissements publics en Algérie tels que la Direction d'Urbanisme et de Construction (DUC) et la Direction de Logement et des Équipements publics (DLEP) les surfaces des bureaux mentionnées dans les cahiers de charge sont de 16-25m², de formes généralement rectangulaires avec une hauteur conseillée 3,00-4,00m. Des renseignements pris chez des architectes et des bureaux d'études concevant régulièrement des immeubles de bureaux, les surfaces des bureaux sont de 16-30m², hauteur 3,50 m.

Pour ce qui est des institutions internationales, en France par exemple le Référentiel de construction universitaire, la Norme NF X35-102 – les Dimensions des espaces de travail en Bureau 9 m² pour 1 personne, 12 m² pour 2 personnes. Pour l'Institut national de recherche et de sécurité, Espace optimal pour une personne = 10 m² et Hauteur sous plafond suffisante = hauteur minimum 2,5 m. Au Canada le service administratif direction de l'expertise technique, les Dimensions des espaces de travail en Bureau 9,5 m² pour 1 personne, Secrétariat : 7,0 m²/personne, Secrétariat et informatique : 10,0m²/personne, Bureau du préposé aux documents : 7,0 m²/personne et la hauteur des plafonds : minimum 2,70 m.

La surface nécessaire moyenne pour un poste de travail jusqu'en 1985 de 8 à 10 m², à la venir de 12 à 15 m². Une largeur de pièce de 3,80m correspond à 18m² de surface. La profondeur de la pièce dépend de la surface nécessaire et varie selon qu'il s'agit de bureaux pour une ou plusieurs personnes, grand bureau, bureau collectif ou salle d'études. La profondeur moyenne des bureaux est de 4.50-6.00m. Éclairage naturel suffisant jusqu'à une profondeur de du poste de travail de 4.50m environ. Règle empirique $T = \text{profondeur de la pénétration de la lumière du jour} = 1.5H_f$, hauteur de la fenêtre (ex : $H_f = 3,00\text{m}$, $T = 4,50\text{m}$). Pour les postes de travail en fond de pièce, utiliser

la lumière artificielle dans le dernier tière de la profondeur de celle-ci. (Ernst NEUFERT 8^e EDITION page 356-357-358)

Beaucoup de chercheurs dans le domaine de l'éclairage utilisent des différentes surfaces de bureaux dans leurs travail et qui sont citer dans le tableau le récapitulatif ci-dessous

Surface/m ²	hauteur	Référence
16 .65	2,70	Mariëlle P.J. Aarts, Sanne J. van Velzen, Zara Huijbregts, Ultra high color temperature and visual performance, 11 th European Lighting Conference, Istambul, 2009.
18.20	2.30	Banu Manav, Rana Kutlu , Mehmet Ş. Küçükdoğu, An Experimental Study on the Appraisal of An Office Setting With Respect to Illuminances and Wall Colors, 11 th European Lighting Conference, Istambul, 2009.
32	3.30	Cheol –soo park, Daylighting Optimization in Smart Façade System College of Architecture, Georgia Institute of Technology. Atlanta Georgia .U.S.A, Eighth International IBPSA Conference, Eindhoven ,Netherlands, August 11-14, 2003.
29.16	2.70	MAGALI Bodart.2002.Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économique et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique.Th.doct. : Architecture : Louvain

Tableau III.1: Exemples de géométrie de bureau pour les études en éclairage. (Source : Auteur)

Pris ensemble, les résultats indiquent que la géométrie du local de travail soit de 7-32m² de surface et 2,50-4,00m de hauteur .pour notre model à simulé la hauteur conseiller pour les espaces de bureau dans les milieux chauds et secs est de 3,50 m, Le model est équipé d'un mur rideau dans la hauteur est celle du modèle.

D'après la règle empirique $T = \text{profondeur de la pénétration de la lumière du jour} = 1.5H_f$,
 hauteur de la fenêtre donc la profondeur de model soit $P = (1,5 \times 3,5) = 5,25 \text{ m}$ $P = 5,25 \text{ m}$

Soit le bureau à simulé d'une forme carré a une profondeur de 5,25 m et une hauteur utile de 3,50m.

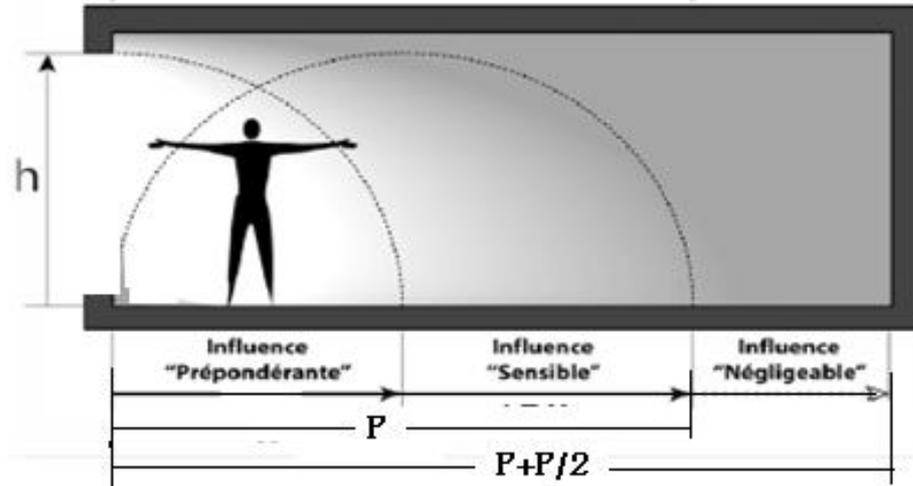


Figure III.3: Zone d'influence de la lumière naturelle. (Source :Auteur)

Il nous semblait claire qu'il fallait garder la même largeur et hauteur et de proposer une profondeur à notre model ($5.25 + 5.25/2$). $P_1 = 7.87\text{m}$ (Fig. III.4).

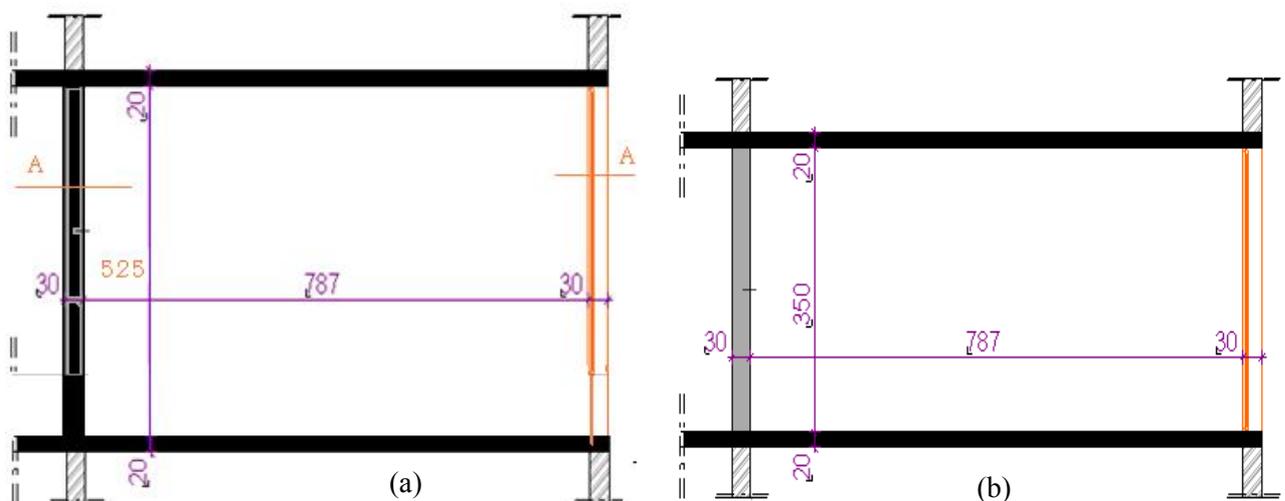


Figure III.4: Le modèle à simulé, vue en plan(a), coupe AA (b). (Source :Auteur)

3.2.2 Configurations de la façade

Le model est équipé une façade mur rideau en une unité (vitrage simple transparent) avec un indice d'ouverture de 44.46%.et un Ratio d'ouverture dans le mur de 100%.

Modèle de simulation	
Type de verre	vitrage simple transparent
Configuration de la façade	
Surface fenêtre	18.37 m ²
Rapport surface fenêtre sur surface sol	44.46%
Ratio d'ouverture dan le mur de façade	100%

Tableau III.2: Les caractéristiques de la façade du modèle. (Source :Auteur)

3.2.3 Photométries de parois intérieures :

Type de photométrie	Parois	Coefficient de réflexion
Claire	Sol	35%
	Mur	67%
	Plafond	70%

Tableau III.3: photométries de parois intérieures du modèle. (Source : Auteur)

4. Les orientations :

Sous un ciel claire ensoleillé, l'orientation de l'ouverture est un aspect important d'être considéré par les concepteurs. La disponibilité de la lumière du jour (lumière du soleil et lumière

du ciel) varie considérablement en dépendance de l'orientation de l'ouverture et considération du soleil.

Les ouvertures orientées nord, quoiqu'elles entraînent le moindre impact thermique sur le bâtiment durant la période chaude de l'année ; sont pas recommander parce qu'elles reçoivent le minimum de lumière du soleil direct. Les ouvertures orientées ouest sont a évitées cause de leurs impact thermal nuisible, causé par la difficulté de contrôlé l'incidence des basses radiations solaire. La même chose pour l'orientation est, à l'exception qu'elle permette les gains de chaleur en hiver et conduire a un effet thermal bénéfique pour les occupants. Une déviation depuis le sud de 45° a l'Est ou à l'Ouest est une étendue acceptable pour l'orientation des ouvertures des bâtiments (Jose.G.1989). La figure ci-dessous présente l'étendue d'orientations acceptables dans les régions a ciel claire ensoleillé

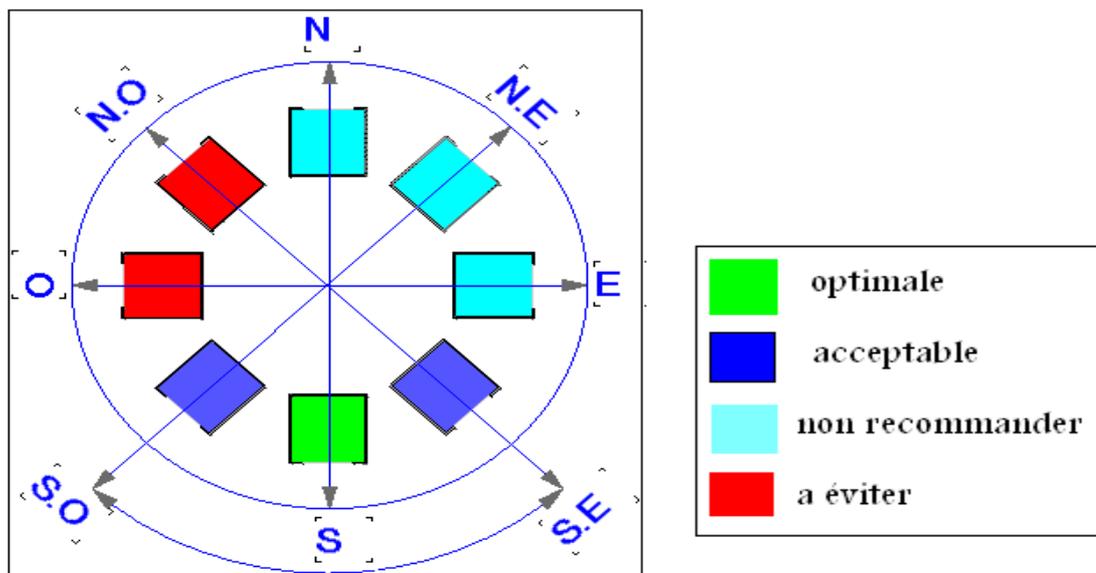


Figure III.5: Recommandations d'orientations des ouvertures sous un ciel clair ensoleillé (Source : Chavez,1989)

Dans une étude de Monna,S (Monna, 2008) sur les effets de la technologies d'enveloppe et de stratégies de design sur le Confort et la Consommation d'énergie dans les grands bâtiments de bureau dans le climat chaud et Aride . Les simulations ont été exécutées i) pour cinq villes dans le climat chaud : Riyad (l'Arabie Saoudite), Abu Dhabi (les EAU), Doha (le Qatar), Kuwait City (le

Koweït) et Basra (l'Irak).ii) Pour différentes orientations, type de vitrages et de ratios d'ouvertures dans le mur de façade.

- Pour les effets du confort thermique les résultats obtenus démontrent que la charge de refroidissement minimale était pour les orientations nord et sud. (Fig.III.6).
- Pour les effets de la lumière naturelle et le confort visuel. Les résultats obtenus confirment que les résultats les plus performants des facteurs de lumière du jour sont de l'orientation sud(Fig.III.6).

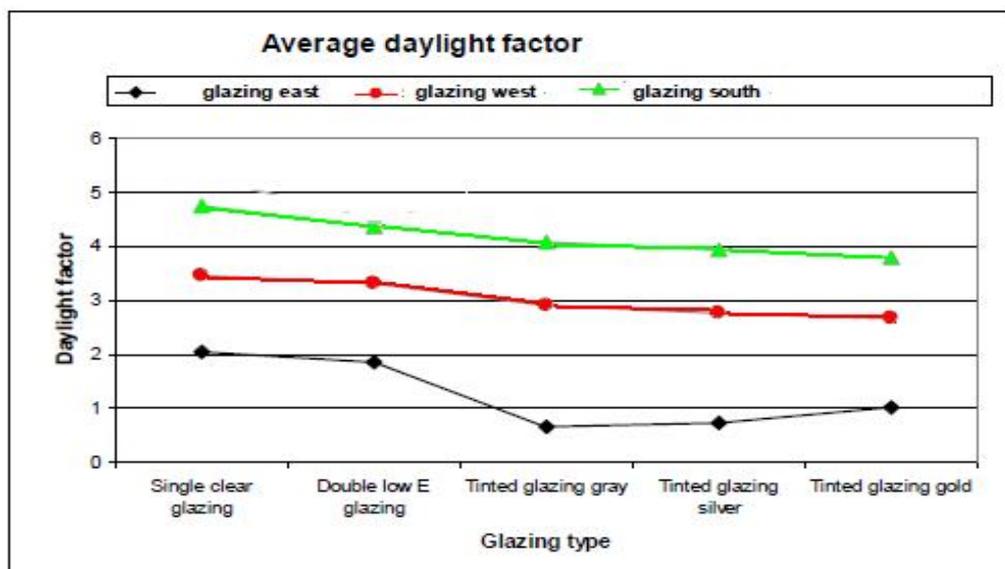


Figure III.6 : Effets de type de vitrage et l'orientation sur le FLJ
(Source : Monna,2008)

Selon l'ASHRAE .Dans les climats chauds, le vitrage peut être plus facilement a protégé au nord et au sud et en résulte moins d'augmentation de chaleur solaire et moins d'éblouissement comparativement au vitrage sur la façade l'Est et l'Ouest (Fig.III.7).

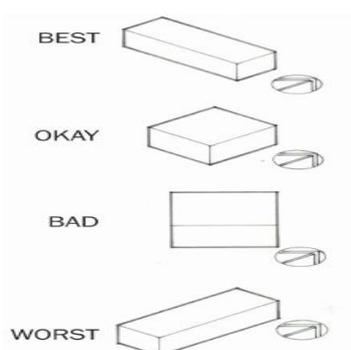


Figure III.7 : bâtiments et orientation des fenêtres
Allonger les bâtiments a l'Est /Ouest pour maximiser les fenêtres au nord/sud.(Source : ASHRAE,1999)

Les ouvertures orientées au Sud favorisent les gains solaires en hiver et peuvent être facilement protégées en été. La protection des orientations Est et Ouest présente des difficultés à cause de la hauteur basse du soleil dans le ciel. Par ailleurs, les ouvertures orientées ouest sont associées, à des conditions extérieures de température et de rayonnement solaire importants. Pour cette orientation, il est recommandé de minimiser ou de remplacer par d'autres solutions comme des ouvertures au Sud ou au Nord sur cette façade comme montre sur la figure suivante :

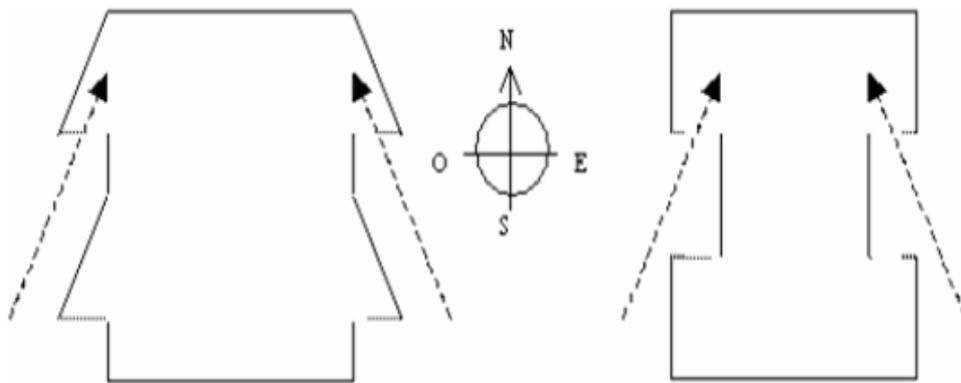


Figure III.8: Ouvertures au Sud pour des façades orientées Ouest et Est.
(Source : Santamouris et al,1996)

En conclusion et à la base de ce qui a été présenté, le choix de l'orientation fait donc appel à des besoins en lumière naturelle et des besoins en chaleur, ainsi évité les gains solaires indésirables et les effets d'éblouissements. L'orientation Sud qui procure une lumière moins constante mais relativement stable et facile à contrôler en raison de l'angle élevé du soleil et profite de ce dernier en saisons froides. Cette orientation sera la plus optimale pour répondre à ses exigences.

Pour valider notre choix d'orientation optimale il est nécessaire de simuler les cas des orientations acceptables (Sud-Est et Sud-Ouest) et non recommander (Est et Ouest) pour évaluer l'impact de chacune de ses orientations sur le comportement thermique et visuel à l'intérieur du bureau.

5. Les protections solaires :

Le terme protection solaire inclut généralement tous les dispositifs visant à empêcher le rayonnement solaire d'atteindre le bâtiment afin de minimiser la surchauffe et de contrôler l'éblouissement lumineux. Contrôler ses gains solaires permet d'améliorer le confort thermique et visuel tout en assurant l'intimité des occupants.

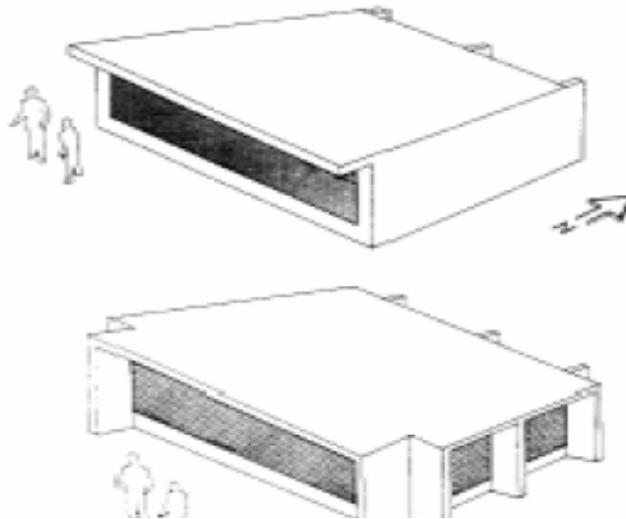


Figure III. 9 : Chaque orientation requiert une protection adaptée.(Source : Tareb,2004)

(C.Flory) , dans la recherche d'une solution optimale du dimensionnement des protections solaires, plusieurs objectifs contradictoires s'opposent :

- Bloquer les gains solaires directs durant la saison chaude.
- Permettre une pénétration maximum du rayonnement solaire durant la saison froide.
- Contrôler l'éblouissement par jours clairs en diffusant l'éclairage dans l'espace ou en réfléchissant une partie vers le plafond par exemple
- Permettre simultanément la protection solaire et la ventilation naturelle.

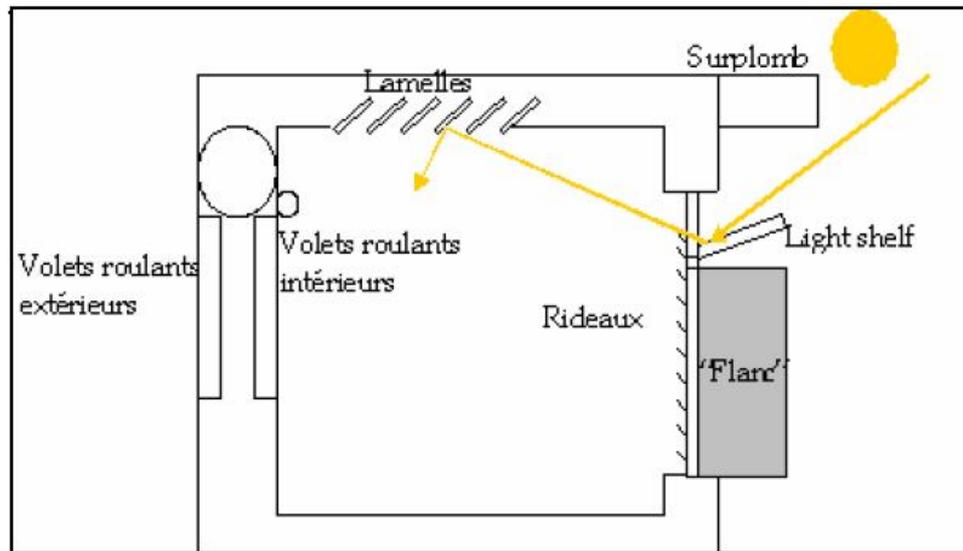


Figure III.10: Les dispositifs de protections solaires (Source : Flory,2000)

Généralement, une protection horizontale est utilisée pour les façades sud, contrairement aux orientations Est et Ouest où une protection verticale est plus appropriée. La plupart des protections fixes sont installées à l'extérieur du bâtiment afin de dissiper la chaleur du soleil absorbée par l'air extérieur. Le même dispositif installé à l'intérieur réduira son efficacité de 30% en moyenne. En effet, les dispositifs d'ombrage extérieurs dissipent la chaleur par convection et le rayonnement grande longueur d'onde. En revanche, les dispositifs internes dissipent la chaleur à l'intérieur du bâtiment.

Plusieurs dispositifs sont donc disponibles et correspondent à une typologie décrite dans le prochain paragraphe.

5.1. Modèles théoriques :

Il y a trois différents types de protections solaires : i) des protections liées à l'environnement, ii) les éléments architecturaux, et iii) les dispositifs de brise soleil.

5.1.1. Les protections liées à l'environnement :

Par exemple les arbres et toute végétation ou plantation qui produisent de l'ombre (Fig.III.11), ainsi que les bâtiments qui forment des écrans fixes pour le voisinage (Fig.III.12).

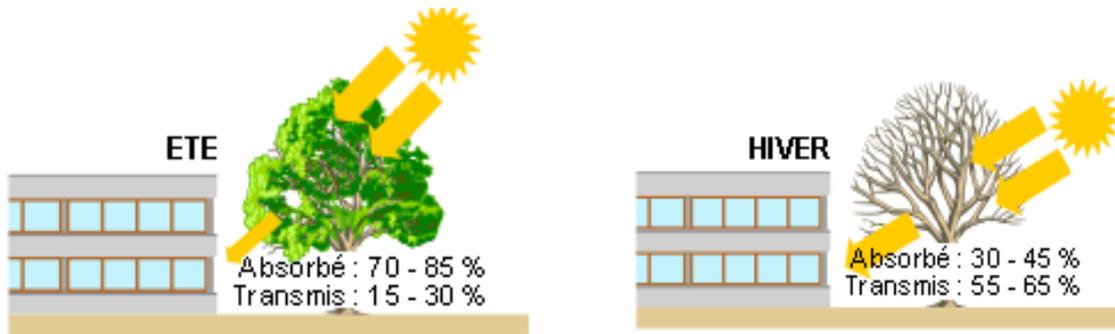


Figure III.11: Des végétations plantées à proximité du bâtiment peuvent participer à la gestion des apports solaires (Source: Energieplus ,2011)

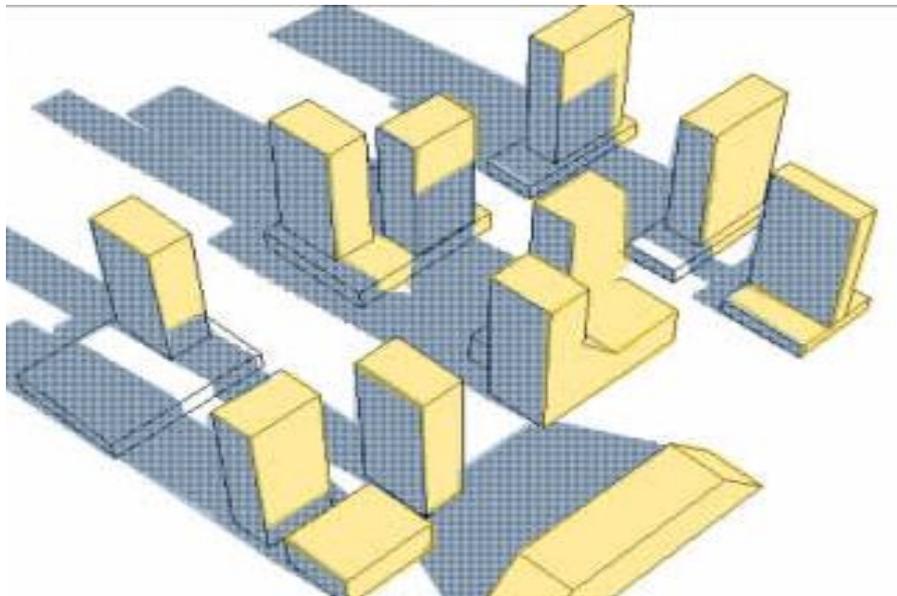


Figure III.12: Masque solaire créé par les bâtiments voisins assurent une protection contre l'ensoleillement direct. Source : Energieplus,2011)

5.1.2. Les éléments architecturaux :

C'est L'ombrage produit par la conception de la forme d'un bâtiment sur certaines de ses parois. Plusieurs éléments de façade participant a la définition architectural du bâtiment constituent des éléments d'ombrage, comme i) les balcons, ii) les arcades, iii) les surplombs des toitures, iv) les débordements latéraux.



Figure III.13 : Les balcons, element d'ombrage
(source : www.muides.over-blog.com)



Figure III.14 : les arcades qui joue au chat et la souris avec l'ombre et le soleil
(source : <http://jetraine.canalblog.com>)

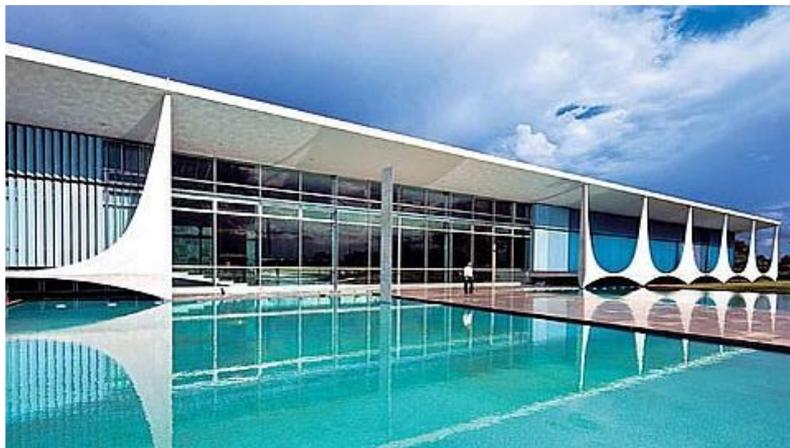


Figure III.15 : Les débordements latéraux, du palais d'Alvorada .Oscar Niemeyer (Source: <http://www.lefigaro.fr>)

5.1.3 .Les dispositifs de brise soleil :

5.1.3.1. Brise-soleil extérieurs fixes :

Les dispositifs de brises soleil extérieurs sont définis par la géométrie solaire, chaque façades présente une stratégie différente d'occultation :

- La façade Sud procure une lumière mois constante que l'orientation Nord, mais relativement stable et facile à contrôler en raison de l'attitude élevé du soleil. Cette façade requiert des brises soleil constitués d'éléments horizontaux ou légèrement inclinés (Fig.III.16)

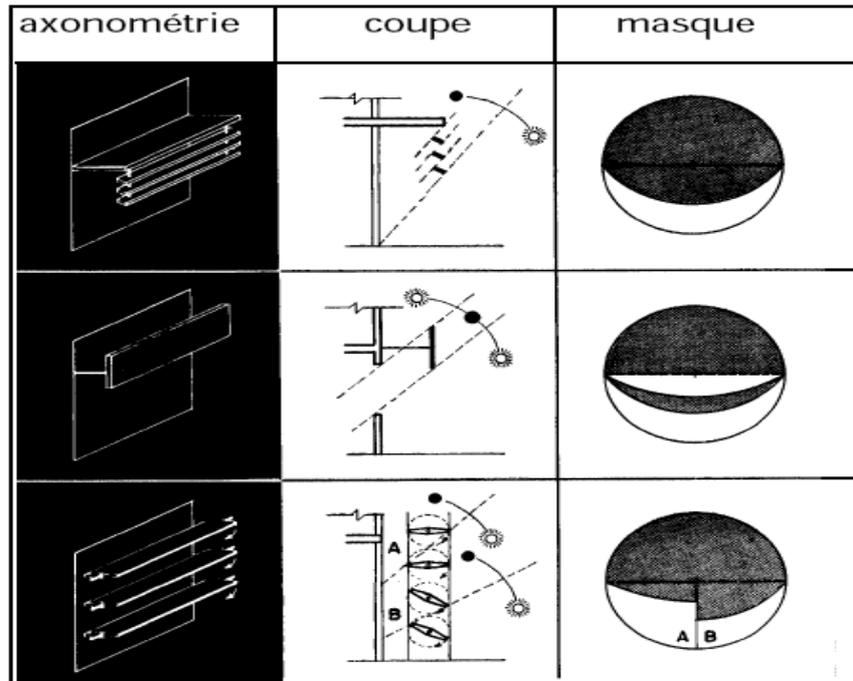


Figure III.16 : Exemples de brises soleil type horizontale (source : Olgyay,1963)

- La façade Est et Ouest demeurent de véritables défis d'occultations pour les concepteurs à cause la faible altitude de soleil et le grand angle d'incidence du soleil. Les plans verticaux permettent l'occultation de ces façades (Fig.III.17).
- Pour les façades Sud-Est et Sud-Ouest, une combinaison d'éléments horizontaux et verticaux est habituellement recommandée (Fig.III.18).

5.1.3.2. Dispositif de protection solaire ajustable ou mobile :

Les dispositifs de protection solaire ajustables ou mobiles peuvent être situés à l'extérieur, à l'intérieur, ou entre les vitres d'un double ou triple vitrage. Les systèmes ajustables sont le

plus souvent utilisés à l'intérieur, où les manipulations sont les plus faciles. Cependant on peut rencontrer de tels dispositifs placés à l'extérieur dans certains cas.

Un système ajustable extérieur peut être manipulé pour admettre ou au contraire empêcher la lumière du soleil de pénétrer quand cela est nécessaire Ils sont particulièrement efficaces en particulier pour les ensoleillements directs (Fig.III.19).

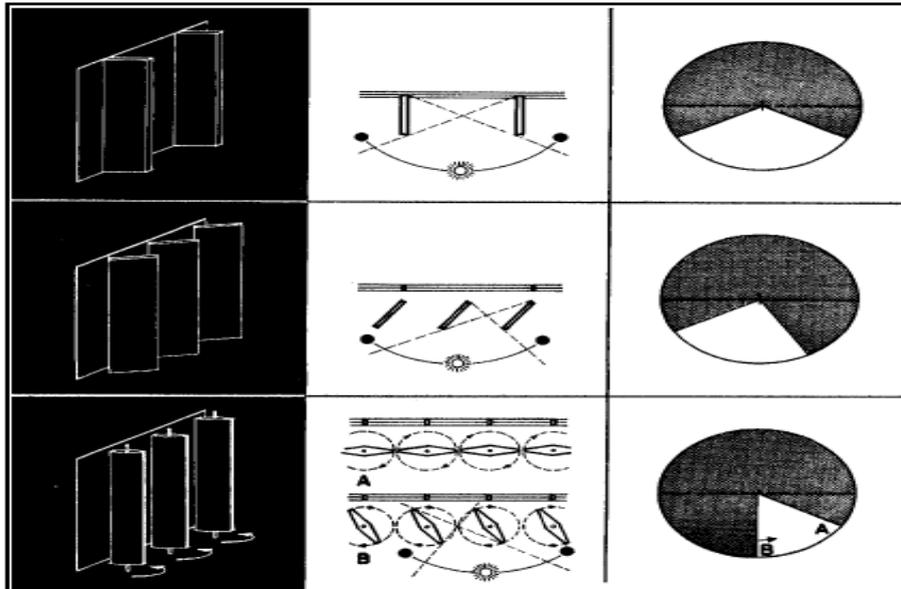


Figure III.17 : Exemples de brises soleil type verticale (source : Olgyay,1963)

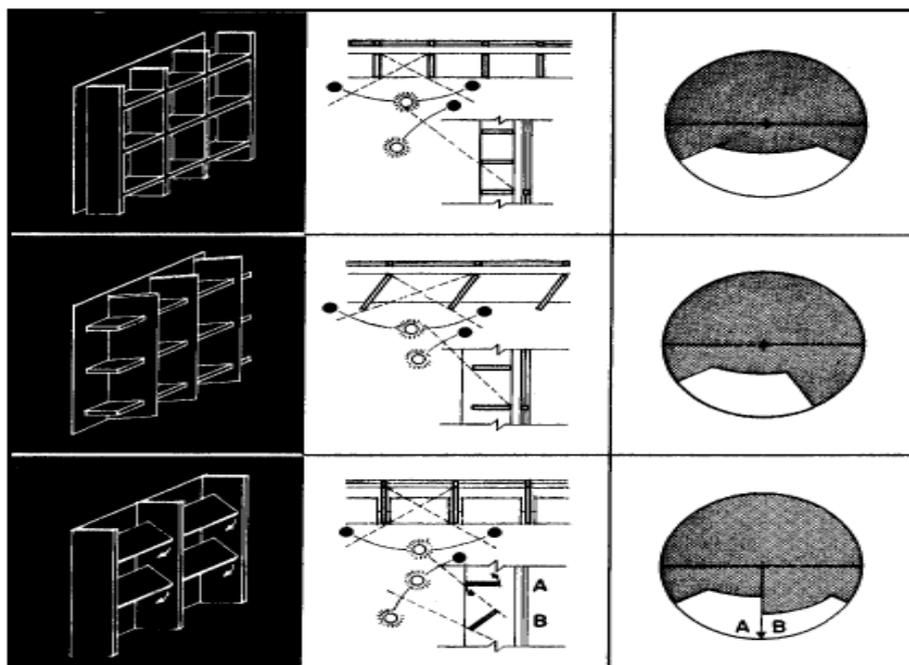


Figure III.18 : Exemples de brises soleil type combinés (source : Olgyay,1963)

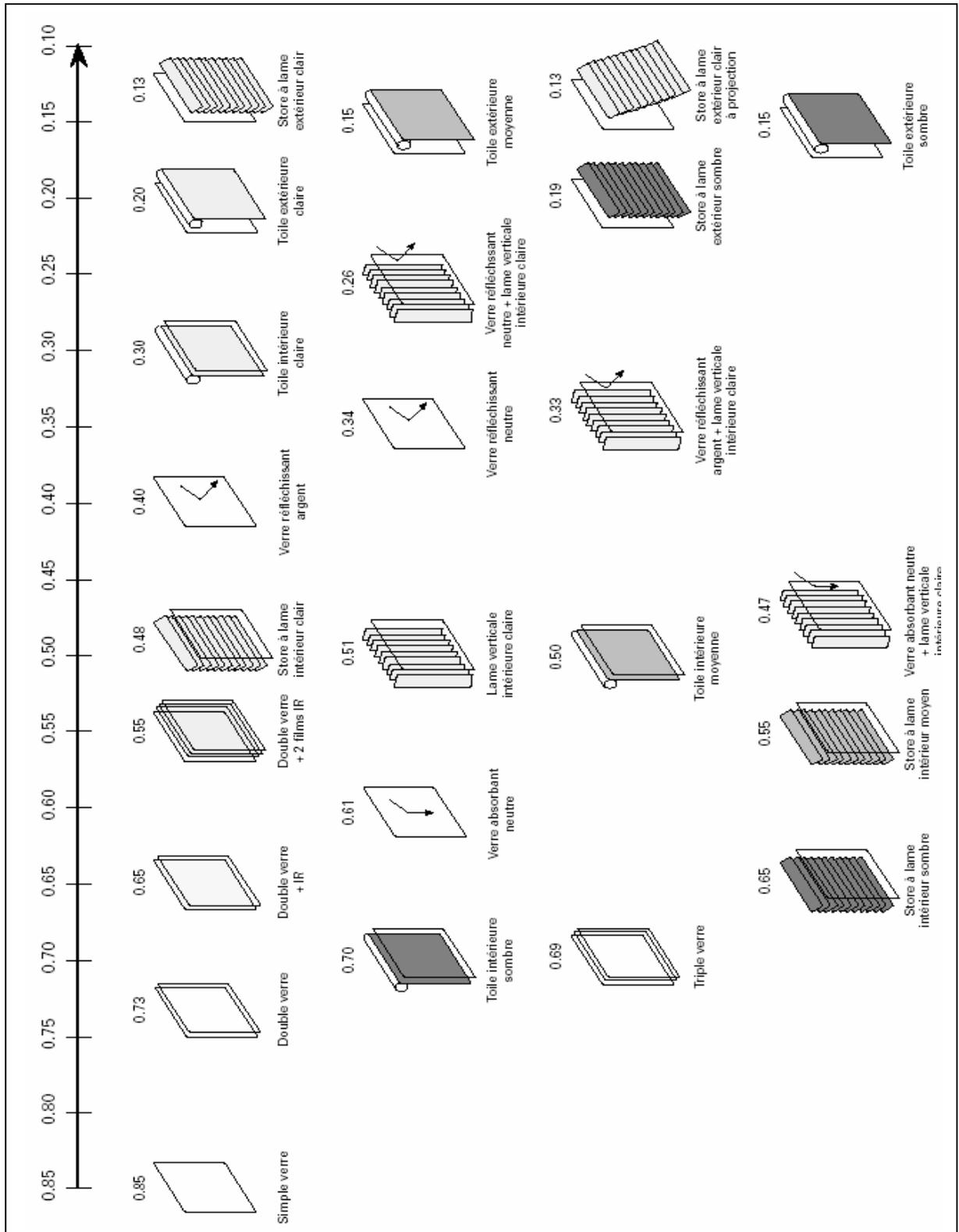


Figure III.19 : Exemples de protections solaires mobiles classées selon leur transmission énergétique. (source : Pacer,1996)

6. Calcule des protections solaires :

Dans les milieux aride et semi-aride, le rôle de la façade en tant qu'enveloppe de la construction, est ' de modérer les effets calorifiques dus au rayonnement solaire sur la structure et à l'intérieur du bâtiment .L'ombrage de surfaces opaques et vitrées de la façade serait autant une solution optimale pour la protection contre l'effet des radiations solaires. (voir section ;3.2 chap II).

Notre choix a été porté sur trois orientations qui représentent l'ensemble de la course du soleil : i) orientation Est, i) orientation Sud et iii) orientation Sud Ouest. Chaque orientation présente une stratégie d'occultation (Fig.III.20).

Ces protections extérieures fixes ont été dimensionnées de sorte à ce qu'elles permettent une admission du soleil pendant la période où il n'engendre pas d'effets thermiques indésirables. (Voir Annexe A). Les protections solaires adoptées sont (l'auvent 'unique', l'auvent 'subdivisé' ,le light-shelf' ,les flancs' et le 'Nid d'abeille' (Fig.III.21,III.22,III.23,III.24,III.25).

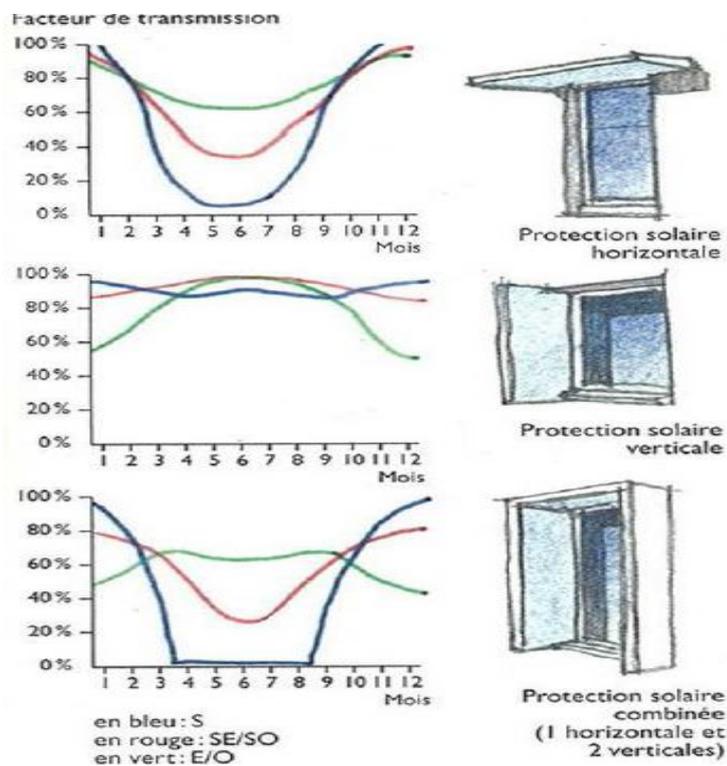


Figure III.20 : Efficacité de différents système de protection solaires fixes, en fonction de l'orientation (Source : www.solarpro.ch)

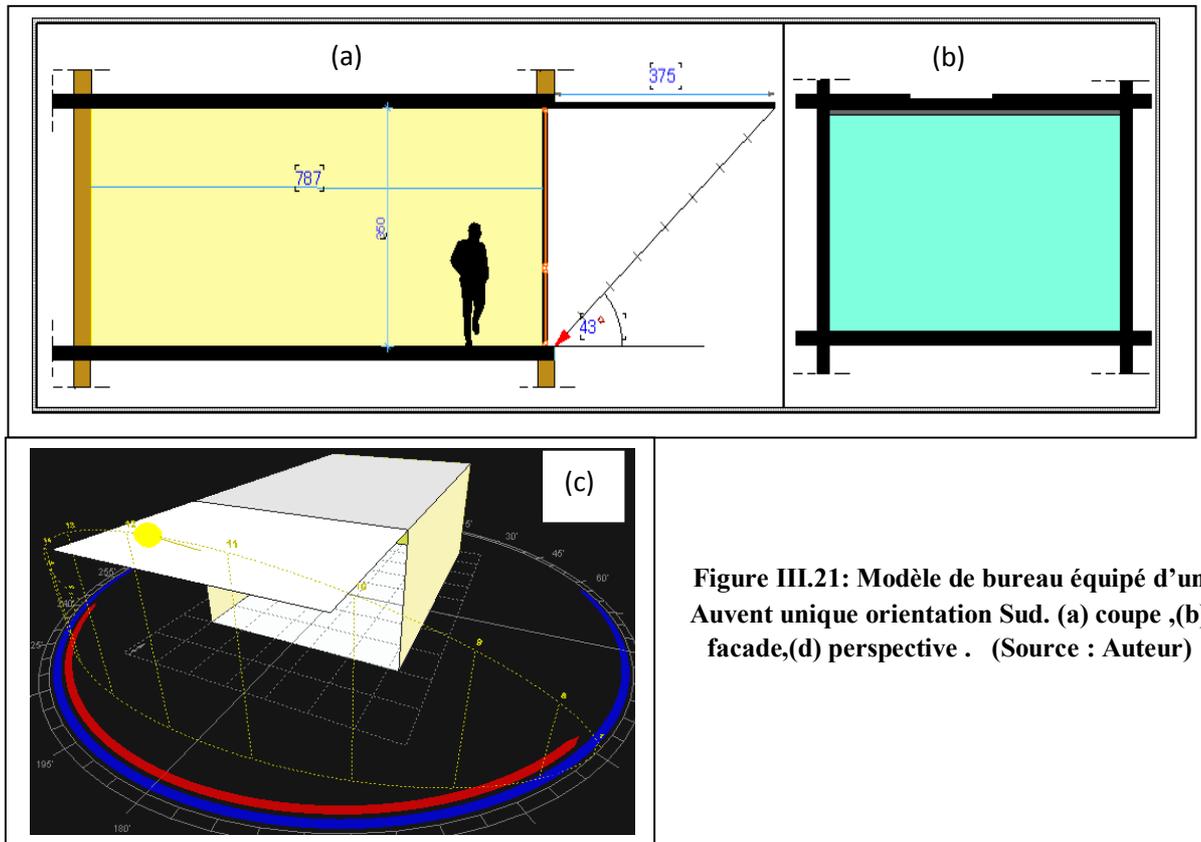


Figure III.21: Modèle de bureau équipé d'un Auvent unique orientation Sud. (a) coupe ,(b) facade,(d) perspective . (Source : Auteur)

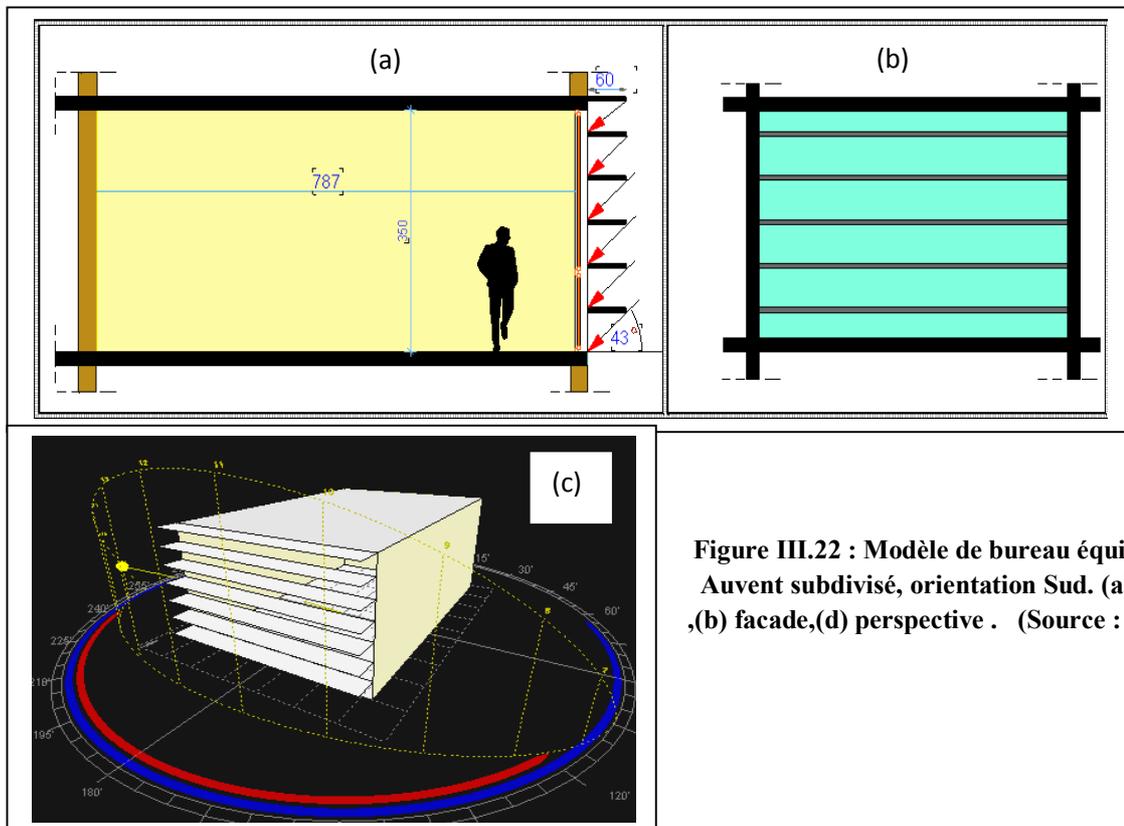


Figure III.22 : Modèle de bureau équipé d'un Auvent subdivisé, orientation Sud. (a) coupe ,(b) facade,(d) perspective . (Source : Auteur)

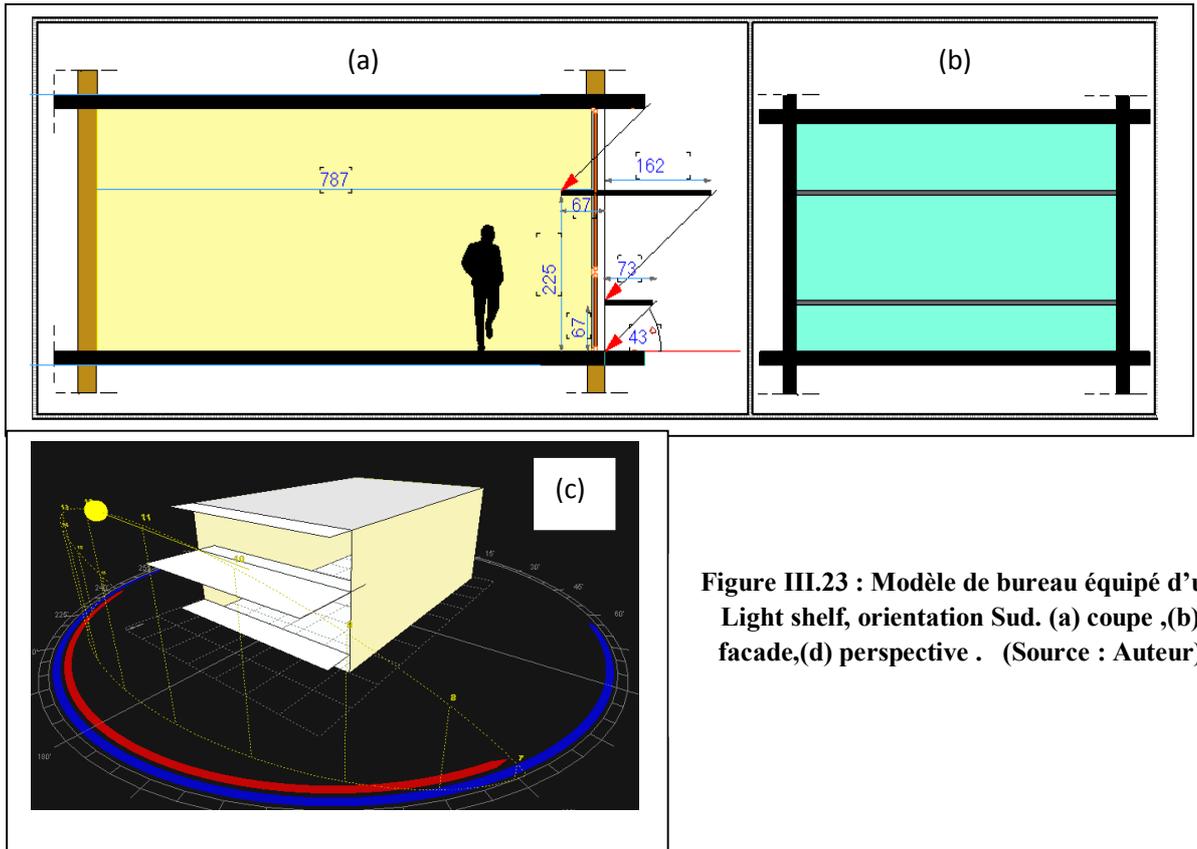


Figure III.23 : Modèle de bureau équipé d'un Light shelf, orientation Sud. (a) coupe ,(b) facade,(d) perspective . (Source : Auteur)

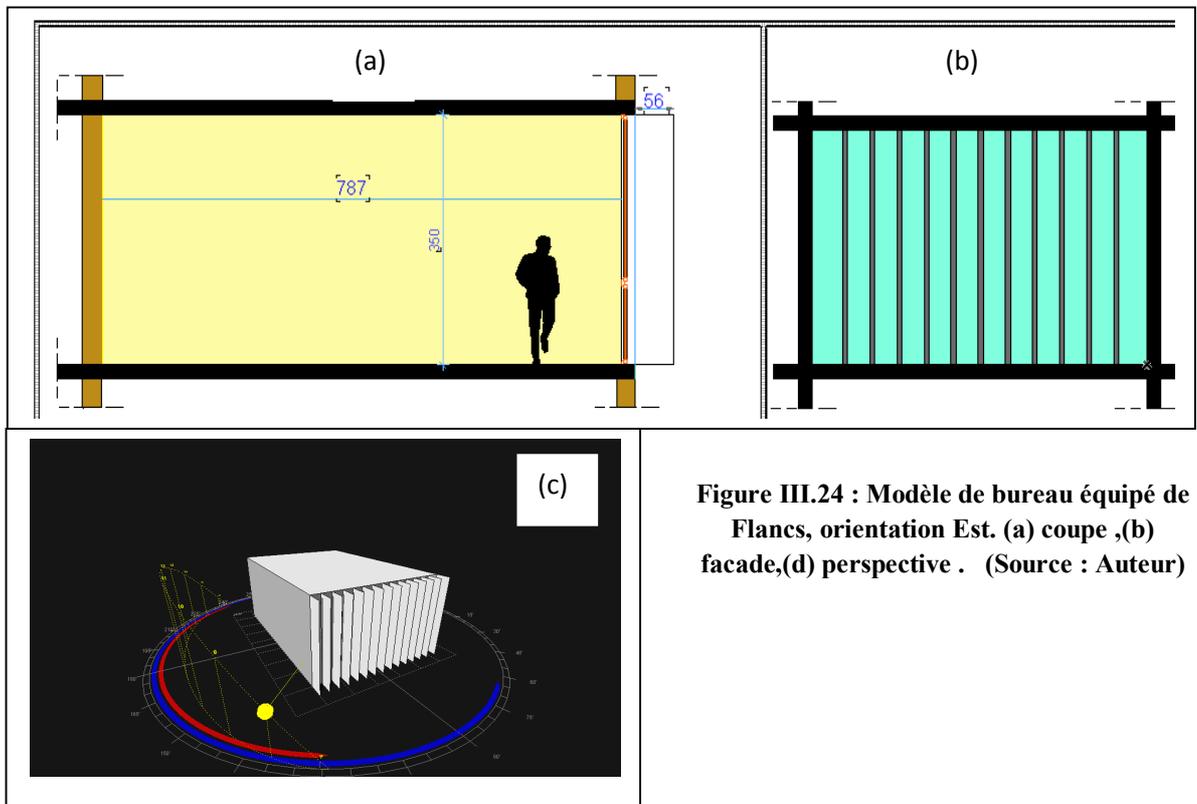


Figure III.24 : Modèle de bureau équipé de Flancs, orientation Est. (a) coupe ,(b) facade,(d) perspective . (Source : Auteur)

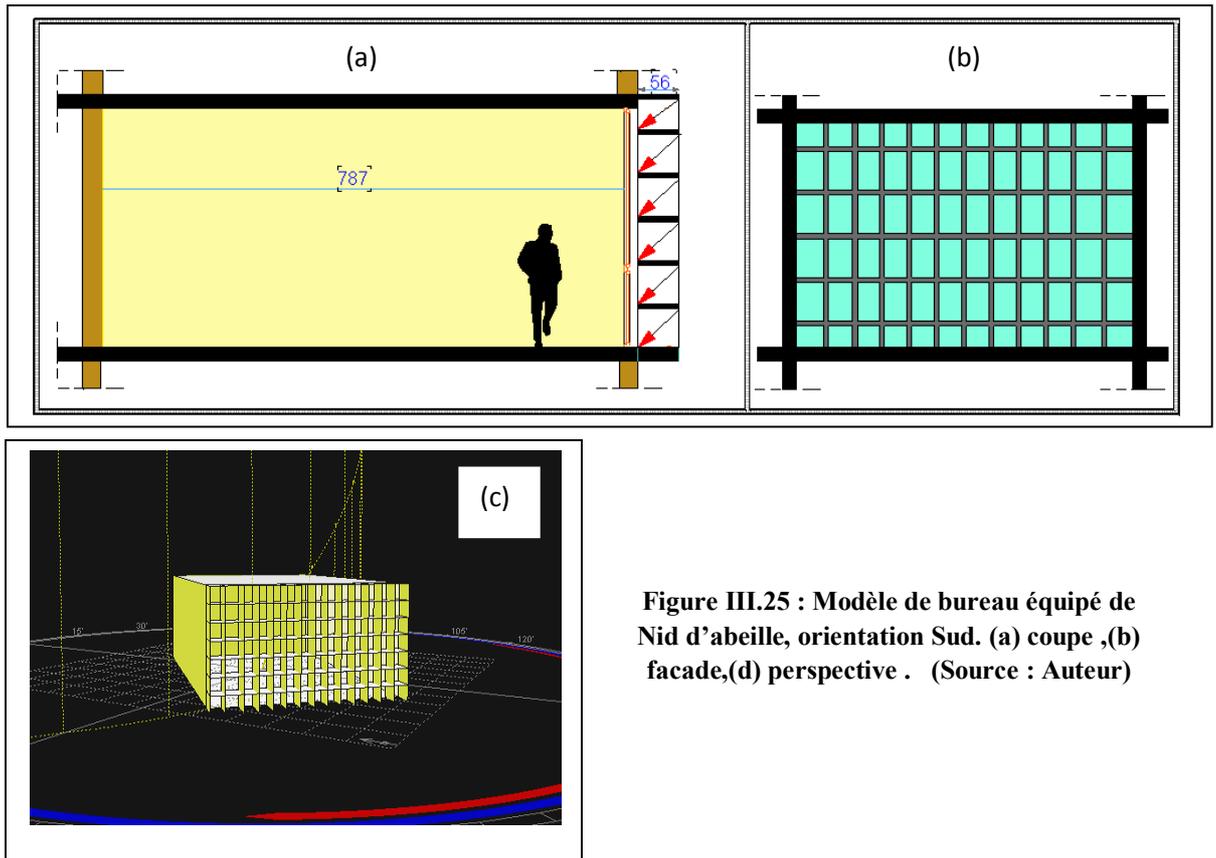


Figure III.25 : Modèle de bureau équipé de Nid d'abeille, orientation Sud. (a) coupe ,(b) facade,(d) perspective . (Source : Auteur)

7. Conclusion :

Les caractéristiques géométriques photométriques et dispositifs d'occultations appropriées de notre modèle expérimentale viennent d'être établis. Ce fût le cas, également des conditions du site. Tous ses éléments ont été déterminés pour le cas du contexte de cette recherche.

Le comportement de notre modèle de bureau aux aspects de la lumière naturelle, aux aspects thermiques, et la vue sur l'extérieur seront présentés dans les prochains chapitres.

1 .Introduction :

Sur les sommets des grandes chaînes montagneuses d'El-Kantara, les signes des déserts et du Sahara commencent. La bas, sur les pas des Aurès, se trouve la ville de Biskra. Elle est la reine des Zibans (Arrous-ezzibane) et la porte du désert.

Biskra, Sokkra, Vecera, Vecera, Adbesran,... toutes ces nominations, ont fait l'objet d'une grande recherche approfondie. Parmi eux, plusieurs disent que son nom descend de du nom romain Vecera, qui signifie "station" ou "endroit" d'échange commercial, vue à sa situation géographique qui relie le nord au sud. Mais le chef romain Betolimih BenyoubaII lui donna un autre nom "la rivière du destin", qui est due à la rivière de sidi Zarzour (le nom de la rivière aujourd'hui) qui travers la ville.

La religion dominante au sein de la population de la ville de Biskra est l'Islam. Globalement, l'origine de cette population est soit berbère auressienne (*Chaouiā*), qui parlent un dialecte amazigh (le *Chaoui*), soit arabe (*Hilaliens* ou *Chérifiens*) et qui sont arabophones. En dépit de cette diversité ethnique, semblable à celle présentes dans d'autres terroirs algériens, les

Biskra, comme il l'est souvent bien affirmé pour tous les autres algériens, sont de culture islamique (Cubertafond, 1981).

La ville de Biskra se trouve dans une zone géorgique caractérisé par un gisement solaire et un potentiel lumineux très important, un climat chaud et sec et un taux d'ensoleillement élevé. Ses caractéristiques ont toujours influencés et résulte une architecture adaptée au climat aride de la région. Une des caractéristiques de cette architecture est le minimum d'ouverture sur l'extérieur.

L'objectif de ce chapitre se résume en deux points ; le premier concerne les caractéristiques climatiques de la zone concernée par notre étude et le deuxième touche à L'évolution des baies (ratio d'ouverture dans le mur de façade) dans l'architecture tertiaire à Biskra. Ces deux points sont traités ci-après.

2. Contexte d'étude :

2.1. Situation géographique :

La ville de Biskra est située à 470 KM au Sud-Est d'Alger (Fig.IV.1). Chef-lieu de Wilaya, d'une superficie de 21 671 Km², sa population est d'environ 600 000 habitants. Biskra est située sur les lignes 34,48° de latitude nord, à une longitude de 5,73°Est et à 87 m d'altitude.

Entre montagne et plaine, elle est un carrefour d'itinéraires historiques ralliant Sud et Nord ainsi que l'Est et l'Ouest. Elle est enchaînée par deux rivières : Oued foddala descendant du djebel Belezma et l'oued Abdi descendant du djebel Mahmel qui parcourent 120kms pour arriver chacune de son côté au couloir "Faj" et qui donnent naissance à l'oued Sidi Zarzour.

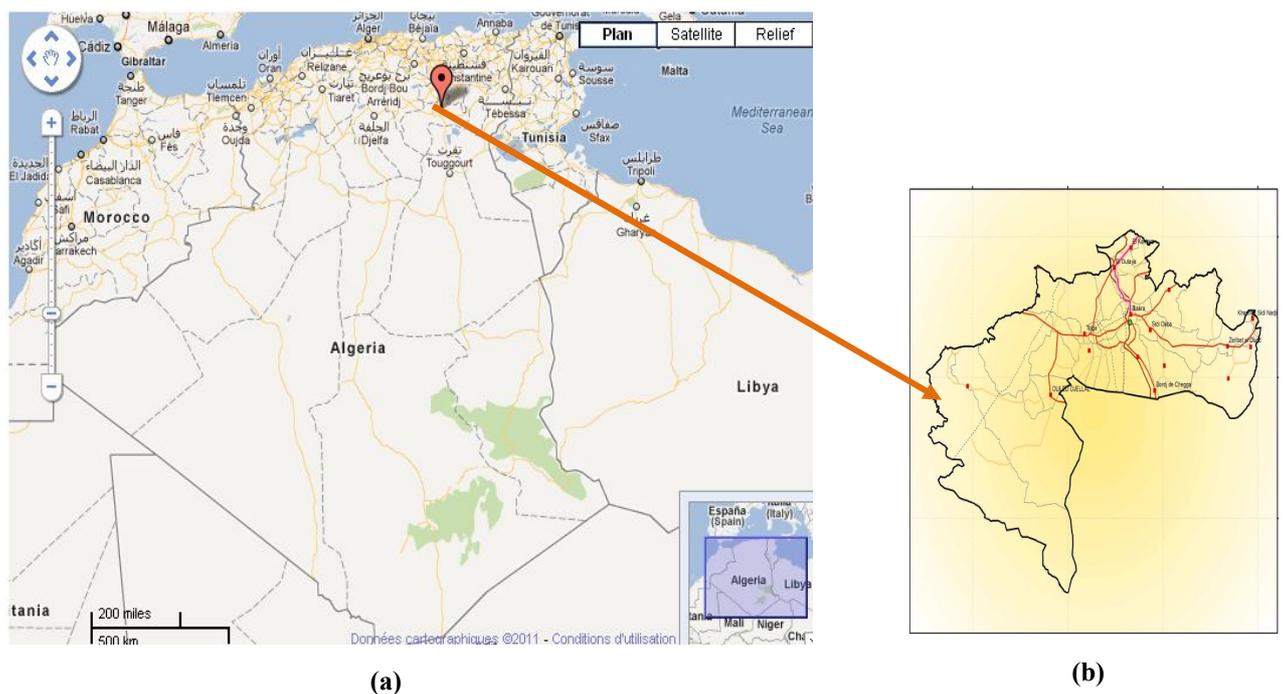


Figure IV.1 : (a) Situation géographique de la zone d'étude, (b) limites de la ville de Biskra (Source : <http://www.nouara-algerie.com>)

2.2. Caractéristiques climatiques :

A Biskra, les journées d'hiver sont douces (13° à 25° C) alors que les nuits sont froides (5° à 8° C). Par contre, il fait très chaud en été et les 40 ° C de température sont souvent atteintes. Tandis qu'il peut varier de 40 à 56 % en hiver, le taux d'humidité est réduit à 15 % en été. Les précipitations ne sont pas courantes et viennent le plus souvent sous forme d'averses. Enfin, le vent souffle le plus souvent du nord-ouest vers le sud-est avec une vitesse de 6 à 12 m/s (ONM, 1998).

mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Temp moy(c)°	12.4	12.9	18.8	21.8	27.6	32.4	37	35.2	29	25.2	18.1	13
Temp moy.max(c)	20.9	24.7	24.6	32.2	36.1	41.1	45.7	46.7	43.1	36.1	28.3	20.4
Temp moy.min(c)	8.4	5.2	9.1	10.1	12.5	25.1	29.8	28	20.1	14.2	8.4	5

Tableau IV.1 : Tableau des températures (Source : N R H, Biskra,2002)

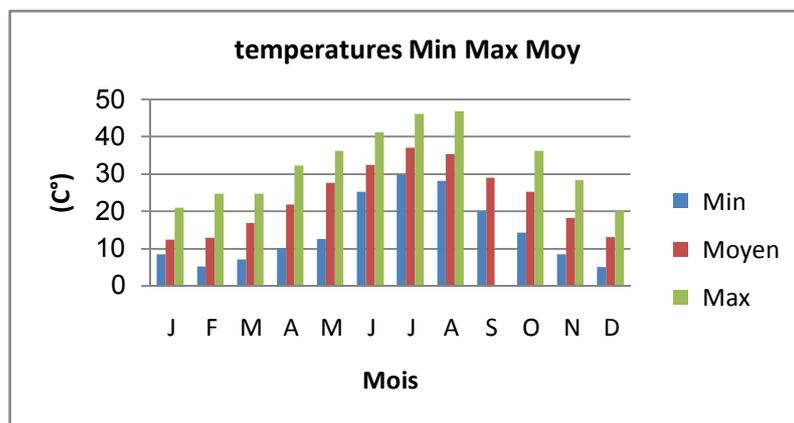
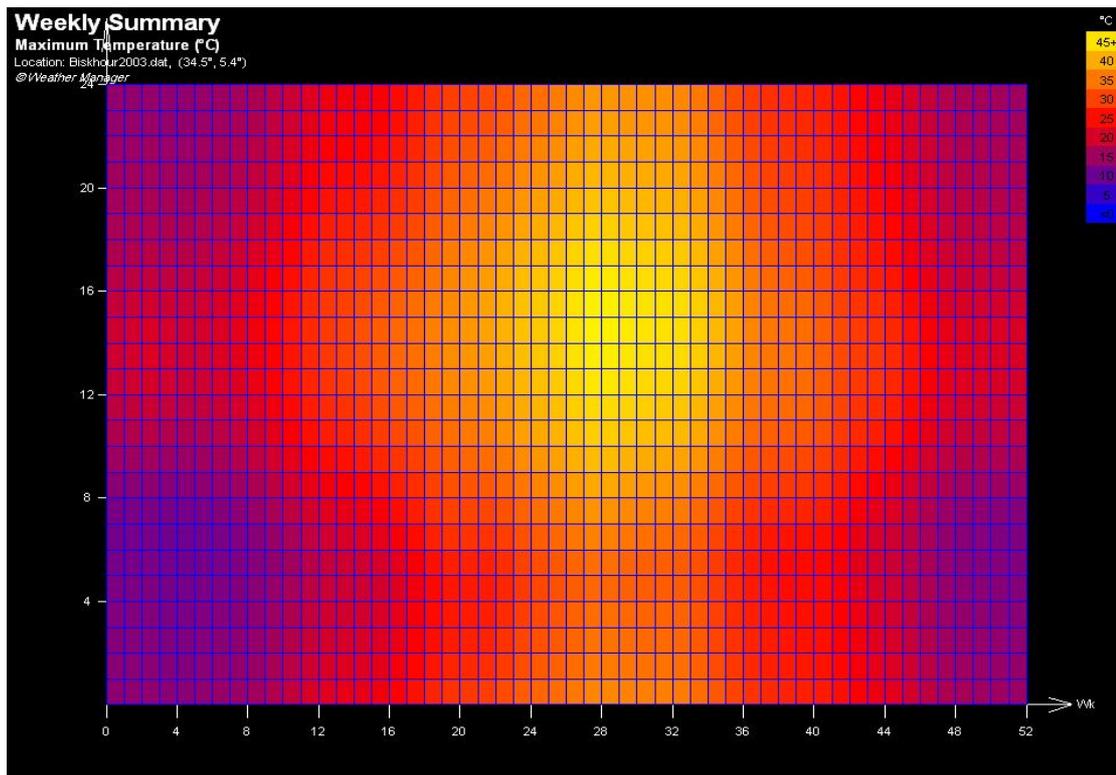
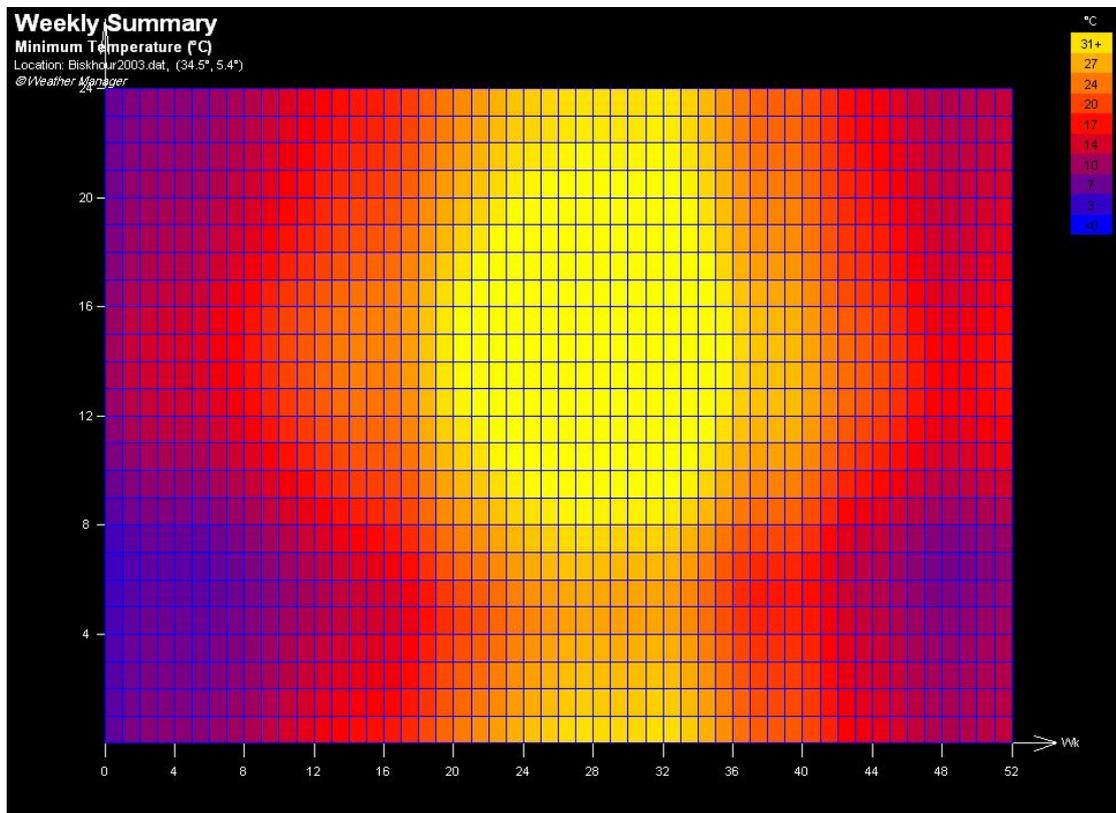


Figure IV.2 : Températures minimales, maximales et moyennes de la ville de Biskra. (Source : N R H, Biskra,2002)



(a)



(b)

Figure IV.3 : Simulation des températures, maximales(a), et minimales(b) par le logiciel Ecotect 5.5 de la ville de Biskra (Source : Auteure)

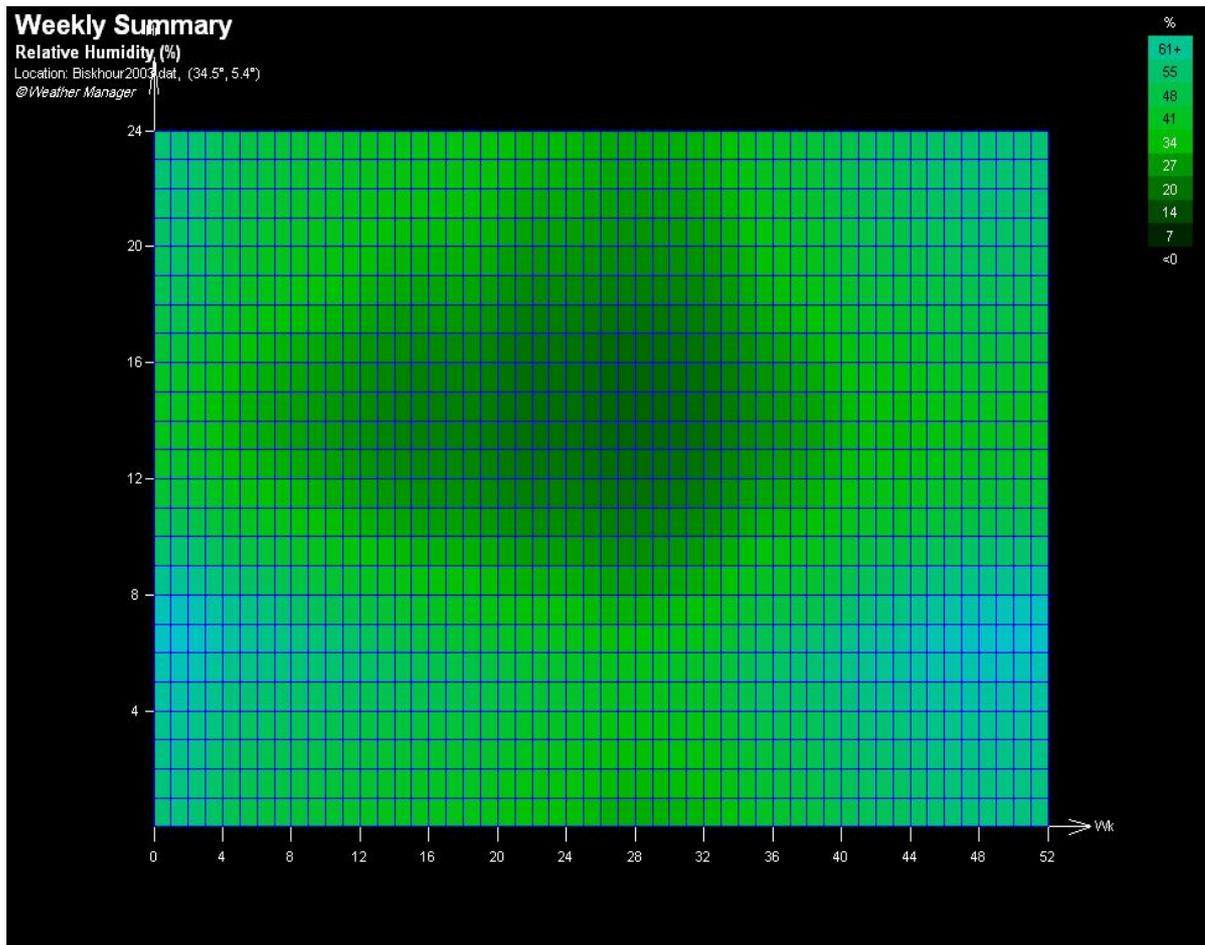


Figure IV.4 : Simulation des valeurs de l'humidité relative de la ville de Biskra. (Source :)

Moi	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité relative (%)	56	47	41	35	32	30	26	29	39	45	52	56

Tableau IV.2: les valeurs de l'humidité relative de la ville de Biskra. (Source : www.satel-light.com, 2010))

Sur le territoire algérien quatre zones climatiques sont distinguées (A, B, C et D). Biskra fait partie de la zone **D** appelée la zone *Pré Sahara* et *Sahara* (Mazouz, , 2004). Le tableau ci-dessous résume ses caractéristiques (Tableau V.3) :

Zone D : Prè-Sahara et Sahara	
Localisation	Latitude : entre la limite supérieure de 34° 50' N à l'ouest à 35°N à L'est et la limite inférieure de 19° à l'est et à l'ouest.
Variations saisonnières	02 saisons, chaude et froide.
Température	T° Moy.Max :45° et entre 20-30 en hiver variation saisonnière de 20°. L'effet de la latitude les hivers deviennent de plus en plus froids
Précipitation	Pluies rares, torrentielles par moments.
Humidité	Humidité réduite entre moins de 20% après midi à plus de 40% la nuit.
Conditions célestes et rayonnement	Ciel clair pour une grande partie de l'année, mais les vents sable et les tempêtes sont fréquents, arrivant généralement les près midis. Rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchis par le sol.
Végétation	Extrêmement clairsemée
Vents	Généralement locaux

Tableau IV.3 : Les caractéristiques de la zone D : Pré-Sahara et Sahara (une partie du tableau original).Source: Mazouz, S., 2004

2.2.1. Biskra : un climat lumineux :

Le macroclimat lumineux de la ville de Biskra ressemble en Beaucoup d'aspects à celui des régions désertiques vue sa situation au nord du Grand Sahara. Un ciel clair régnant presque pendant toute l'année et dont la luminance atteint 100.000 lux (Satel-light.com), un ciel sans nuages et infini dans le paysage (Fig.IV.5)



Figure IV.5 : Rue laperouse, un ciel infini dans le paysage urbain de la ville de Biskra.
(Source : <http://www.culture.fr>, 2010)

La ville de Biskra se caractérise par un ciel clair régnant pendant presque toute l'année. Cependant les jours nuageux sont rares, la figure.IV.6 fournit une vue claire sur la portion de chaque condition du ciel. Le soleil dominant a un impact majeur sur le climat surtout, avec ses aspects ; thermique, énergétique et lumineux. Selon les données enregistrées dans cette figure, la portion des jours nuageux est d'environ 6.66% et les jours ensoleillés constituent une portion d'environ 73%.

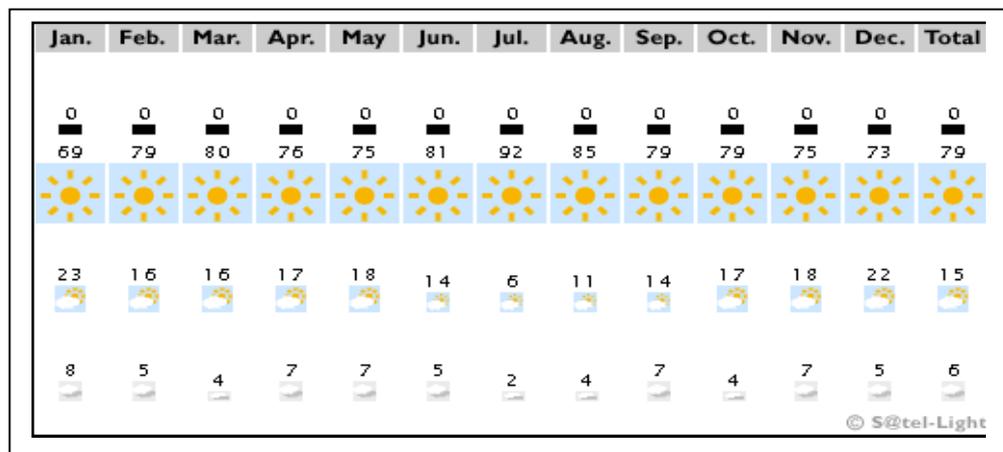


Figure IV.6 : Fréquence des ciels ensoleillés, intermédiaires et nuageux.

(Source : www.satel-light.com, 2010)

Au désert, la lumière inonde complètement l'environnement naturel sans merci pour l'homme qui doit, ainsi, s'en protéger : « la lumière drue de ce ciel sans pitié agit comme révélateur chimique, elle dissout l'accessoire, l'ajouté, le superflu, et elle accentue l'essentiel » (Vergnaud, 1962, p.13). Cette zone se trouve parmi celles qui reçoivent la grande partie des rayonnements solaires sur la terre (Wald. L., 2000).

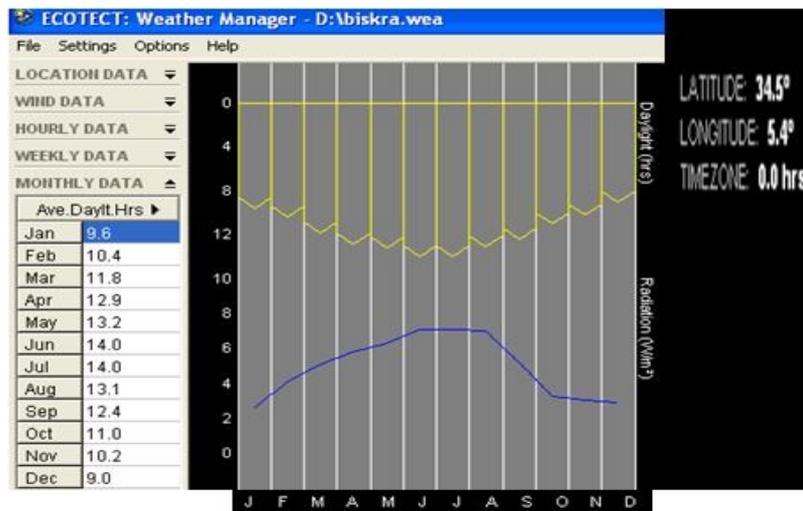


Figure IV.7 : Nombre d'heure d'insolation, ville de Biskra (source : Auteure)

3. L'Architecture tertiaire à Biskra :

3.1. L'architecture tertiaire : un lieu d'enjeux pour la transparence :

3.1.1. Les bureaux :

Le bureau est un espace de travail distinct de celui habité et où il est demandé à l'utilisateur d'effectuer « une activité et des tâches prescrites » (Fischer, 1997, p.142). Ces dernières se limitent à l'exercice administratif et au traitement (production, coordination et communication) de l'information (Aronoff et Kaplan, 1995 ; Fischer, 1989).

En dépit de toutes ses variations possibles, l'environnement physique conçu pour l'accomplissement de ces activités est constitué de parois (murs, sol et plafond), englobant du mobilier, divers équipements, dispositifs d'éclairage ...le tout conditionnant et influençant la manière dont sont exécutées ces activités (Brill et al, 1984 ; Mitchell McCoy, 2002). Dans cet espace initialement « neutre, banalisé et mécanisé », l'utilisateur « occupe une position fixe dans un cadre fixe et pour une tâche fixe » (Fischer, 1997, p.147).

3.1.2. Pourquoi l'architecture tertiaire :

Le choix porté sur l'architecture tertiaire pour l'étude de la transparence dans les espaces architecturaux émane de plusieurs raisons :

- Le privilège accordé à la transparence en tant qu'expression architecturale des plus recherchée pour l'architecture tertiaire
- Les immeubles de bureaux dessinent, aujourd'hui, la silhouette urbaine des villes partout dans le monde (Duffy, 1999), et sont considérés comme constructions caractéristiques de l'époque contemporaine (Fischer et Vischer, 1997)
- Le secteur tertiaire ne cesse de connaître une croissance notoire à l'échelle mondiale (Brill et al, 1984 ; Mitchell McCoy, 2002 ; Pianola, 1970) .L'Algérie, ne fait pas l'exception.
- C'est un secteur où la consommation de l'énergie électrique est des plus grandes (Scartezzini, 1991)

- Enfin, ce sont des espaces qui, malgré les développements réalisés dans leur conception et réalisation, connaissent toujours des maux quant à leurs qualités environnementales (Vischer, 1989).

3.2. Immeubles de bureaux à Biskra :

La ville de Biskra est dotée d'un nombre considérable de bâtiments non résidentiels. En dehors, des équipements industriels situés en périphérie, il existe des équipements commerciaux, administratifs, éducatifs, culturels, religieux et sportifs repartis au sein du tissu urbain. Des bâtiments abritant des activités administratives ces bâtiments datent de différentes périodes, coloniales, post- coloniales jusqu'à nos jours allant de 1896 à 2010.

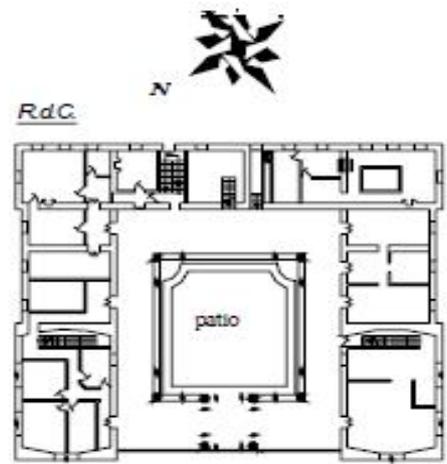
3.2.1. Période coloniale :

3.2.1.1. L'Hôtel de Ville :

Daté de 1896, le siège de l'ancien siège de l'hôtel de ville (Fig.IV.8c) est implanté dans le tissu colonial (forme de damier). D'une forme carré, l'organisation du plan est centrale autour d'un patio découvert (Fig.IV.8b). La hauteur est d'un étage plus un rez de chausser. Un nombre importants des bureaux sont orientés sud-est. Les surfaces des bureaux varient entre 9 et 15m² (3x3) a (3x5) dont les fenêtres sont d'une surface de (2.3m²).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure IV.8 : L'Hôtel de Ville de Biskra, (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur,(d) vue intérieur d'un bureau (Source : Saksef,2006)

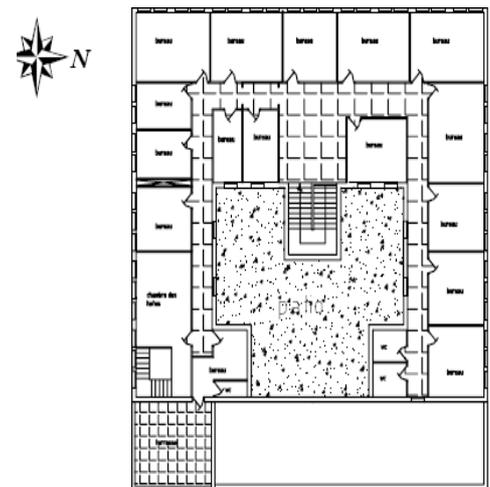
3.2.2. Période poste-coloniale :

3.2.2.1. L'hôtel des finances:

Construit en 1969, situé au centre ville. Sa façade principale est caractérisée par l'horizontalité (Fig.IV.9c) générée par l'orientation des ouvertures. Chaque bureau est éclairé par de grandes fenêtrons ont une surface de $1,7\text{m}^2$ pour chacune, protégé par des volets pour le contrôle du soleil (Fig.IV.9d).



(a)



(b)



(c)

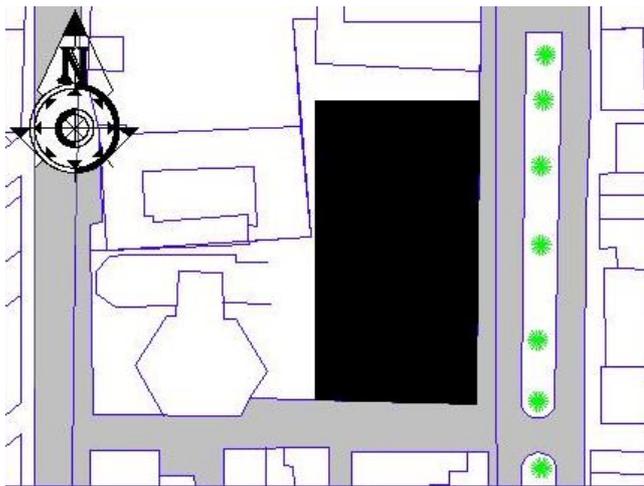


(d)

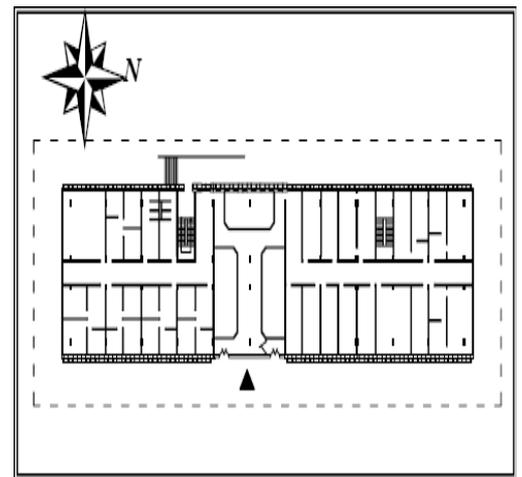
Figure IV.9: L'Hôtel des finances de Biskra, (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur,(d) vue intérieur d'un bureau (Source : Saksef,2006)

3.2.2.2. Le siège du trésor public :

Construit en 1974, de forme rectangulaire, il est orienté suivant un axe nord/sud (Fig.IV.10a). Les bureaux sont éclairés naturellement par deux grandes fenêtres longitudinales de 2,1m² qui s'élèvent du sol au plafond. Les ouvertures de la façade principal, orientée Est, sont protégées avec des occultations solaires verticales et horizontales, au delà d'un auvent qui protège toute la façade.



(a)



(b)



(c)

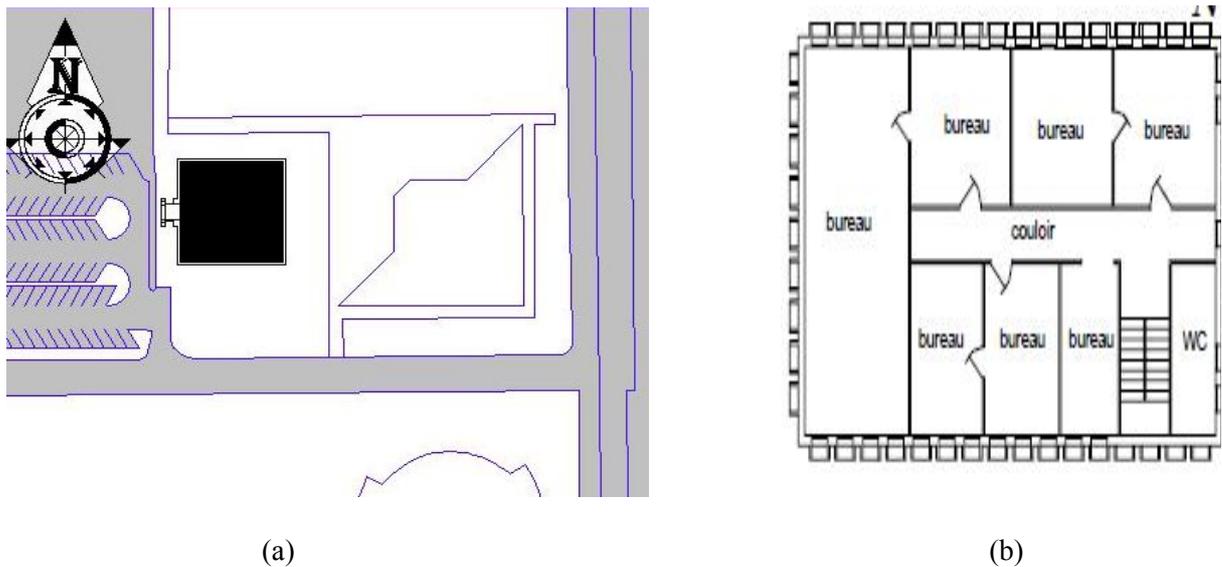


(d)

Figure IV.10 : Le siège du trésor public de Biskra, (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur,(d) vue intérieur d'un bureau (Source : Saksef,2006)

3.2.2.3. L'ancien siège de l'administration centrale de l'université de Biskra :

Construit en 1986, le bâtiment est situé à l'intérieur de l'enceinte universitaire. Un volume cubique dans les quarts façades sont équipées de brises soleil verticaux. Le plan d'une forme rectangulaire est implanté selon un axe nord/sud (Fig.IV.11a). Les fenêtres ont une surface de 1,12m² chacune.



(c)

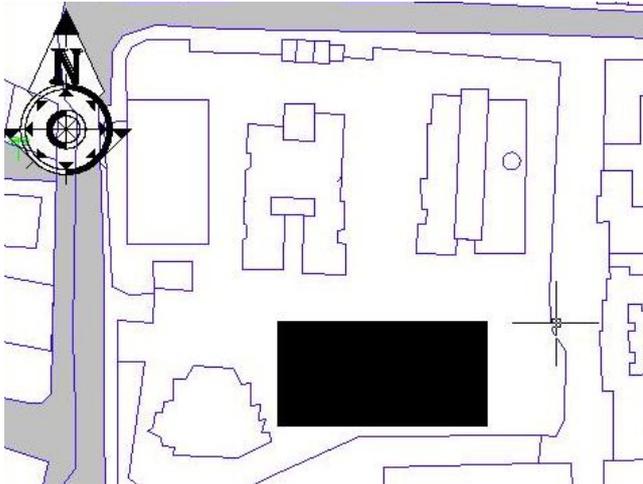


(d)

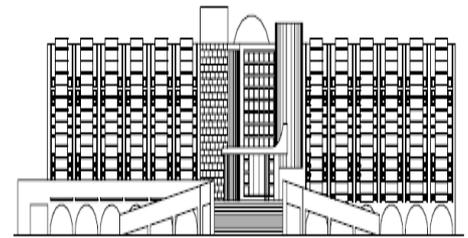
Figure IV.11 : L'ancien siège de l'administration centrale de l'université de Biskra , (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur (Source : Saksef,2006)

3.2.2.4. Le cabinet de la willaya :

Bâti en 1989, le bâtiment a une forme de H. La façade principale orientée nord est percée de petites fenêtres protégées par des éléments verticaux et horizontaux pour la décoration.



(a)



(b)

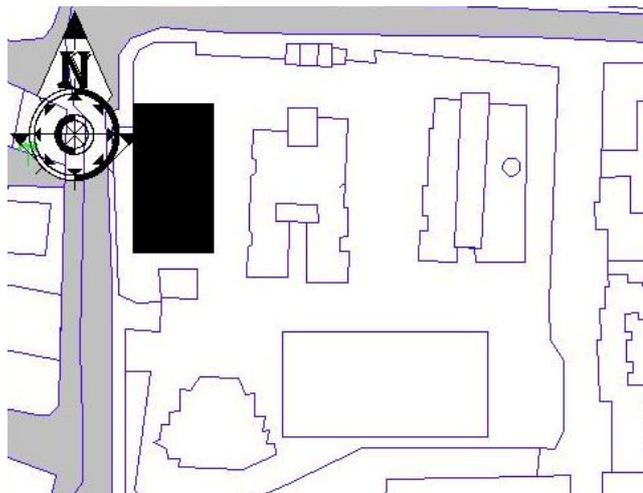


(c)

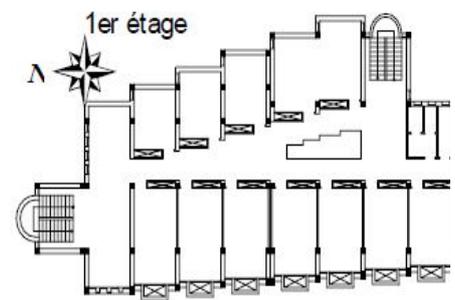
Figure IV.12 : Le cabinet de la willaya de Biskra, (a) plan de masse,(b) façade principale,(c) vue de l'intérieur d'un bureau (Source : Saksef,2006)

3.2.2.5. La direction de la réglementation des affaires générales de la willaya « DRAG »:

Un immeuble de deux étages construit en 1992, d'une forme trapézoïdale avec une grande façade orientée ouest et une façade inclinée (graduellement) vers le nord.les fenêtres de petites tailles (0,9m²) protégées a l'extérieur par des éléments saillant de la façade (Fig.IV.13c)



(a)



(b)



(c)

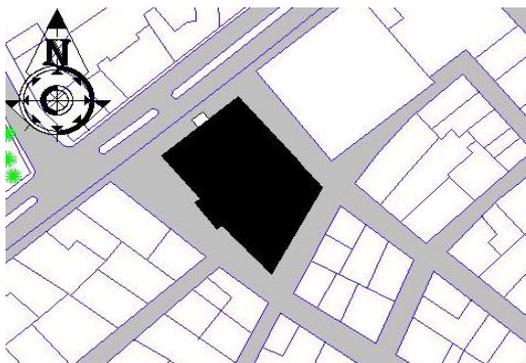


(d)

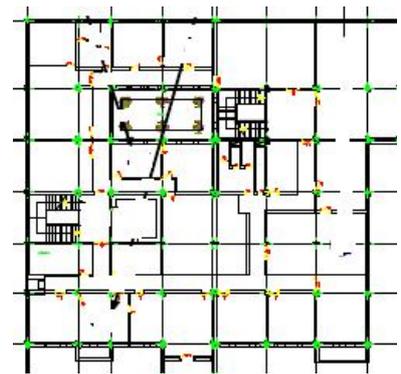
Figure IV.13 : La direction de la réglementation des affaires générales de la willaya de Biskra« DRAG », (a) plan de masse,(b) vue en plan,(c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau (Source : Saksef,2006)

3.2.2.6. Le bâtiment de la CNAS (Caisse nationale des Assurances Sociales):

Construit en 1978, le bâtiment possède quatre façades (Fig.IV.14a): i) la première, orientée nord-ouest, est principale localisant l'entrée du public, ii) la deuxième, orientée sud-ouest, est secondaire avec un accès pour le personnel, iii) une troisième façade, orientée sud-est, par laquelle on accède au sous sol à travers une cour de service, et iv) une quatrième façade, orientée nord-est, sans aucun accès. Seules les deux premières façades possèdent des galeries. Les dimensions des fenêtres sur les façades extérieures varient considérablement mais elles sont presque toutes munies de protections solaires fixes consistant en des auvents sous forme d'arc. Celles donnant sur le patio sont de mêmes dimensions et sont dépourvues de protections (Fig.IV.14c).



(a)



(b)



(c)

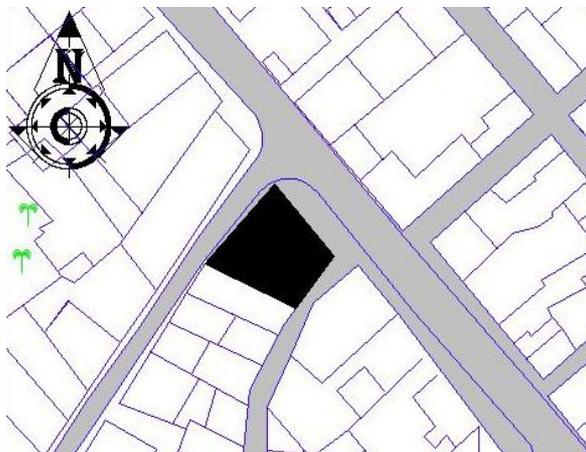


(d)

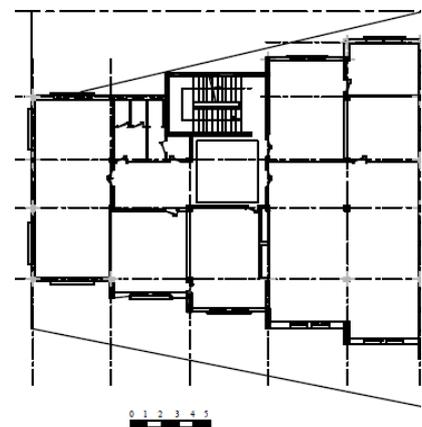
Figure IV.14 : Le bâtiment de la CNAS de Biskra (Caisse nationale des Assurances Sociales), (a) plan de masse,(b) vue en plan,(c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau (Source : Belakehal,2005)

3.2.2.7. Le bâtiment de la SAA (Société Algérienne des Assurances) :

Le bâtiment de la SAA construit en 1979. Ce bâtiment est de cinq niveaux : i) un sous-sol où sont localisés les archives et le local technique, ii) le rez-de-chaussée réservé à l'accueil et aux guichets publics, iii) deux étages comprenant les différents services de la société, et iv) un dernier étage pour les logements de fonction. Le bâtiment est organisé autour d'un hall central (Fig.IV.15b). Tous les bureaux sont climatisés individuellement. Les fenêtres sont toutes identiques mais c'est leur nombre qui varie d'un bureau à l'autre. Aussi, elles ne sont équipées que de protections mobiles (persiennes) (Fig.IV.15c).



(a)



(b)



(c)



(d)

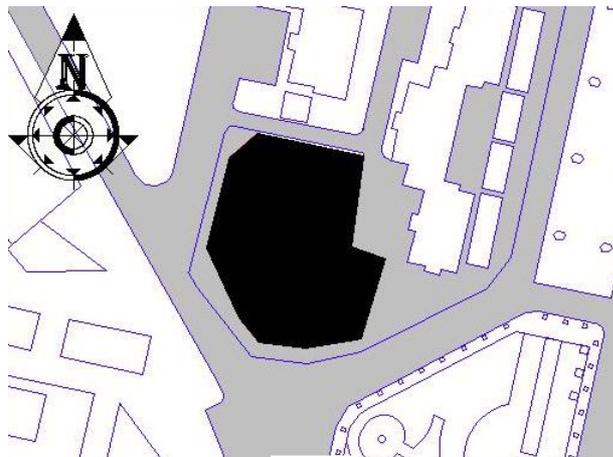
Figure IV.15 : Le bâtiment de la SAA (Société Algérienne des Assurances), (a) plan de masse, (b) vue en plan, (c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau (Source : Belakehal, 2005)

3.2.3. La transparence : une nouvelle tendance de l'architecture tertiaire à Biskra :

Aujourd'hui et avec le changement économique, la ville de Biskra a connue l'émergence de plusieurs bâtiments administratifs avec un aspect architectural qui s'inspire des tendances mondiales actuelles, l'architecture de ses nouveaux bâtiments semble marquer une rupture avec l'ancien, cette nouvelle tendance s'exprime à travers les structures métalliques et les grandes façades vitrées, tels le nouveau siège de la direction des travaux publics et la caisse régionale de mutualité agricole.

3.2.3.1. La caisse régionale de mutualité agricole (C.R.M.A) :

Le bâtiment de la Caisse Régionale de Mutualité Agricole construit en 2003 (Fig.IV.16b).. Ce bâtiment est de trois niveaux. Le bâtiment est organisé autour d'un hall central. Tous les bureaux sont climatisés individuellement. La façade Sud-Est est équipée de grandes surfaces vitrées sans protections solaires extérieures contrairement à l'intérieur où elles sont équipées de rideaux. (Fig.IV.16c).



(a)



(b)

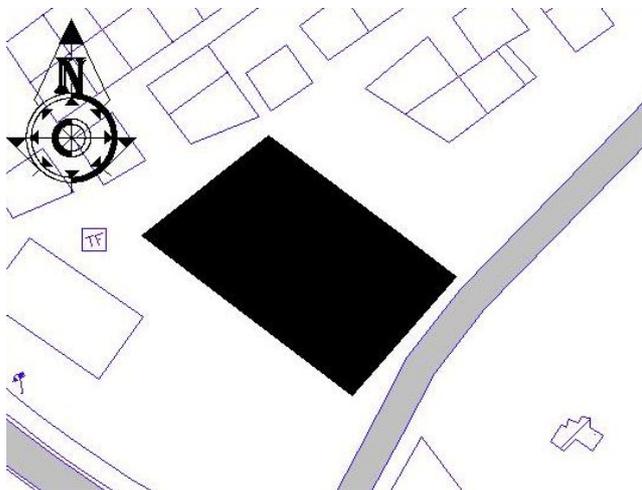


(c)

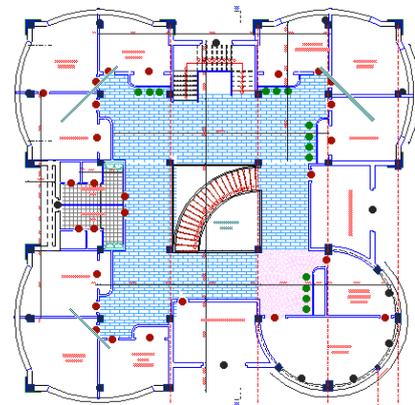
Figure IV.16 : La caisse régionale de mutualité agricole (C.R.M.A), (a) plan de masse, (b) vue de l'extérieur, (c) vue de l'intérieur d'un bureau (Source : Auteur, 2011)

3.2.3.2. La direction des travaux publics (D.T.P) :

Construit en 2008, le bâtiment de la Direction des Travaux Publics est organisé autour d'un hall central. Il possède quatre façades toutes équipées de mur rideau (Fig.IV.17c) : i) la première, orientée Sud-Est, est principale localisant l'entrée du public, ii) la deuxième, orientée Sud-Ouest, est iii) une troisième façade, orientée Nord-Ouest, et iv) une quatrième façade, orientée Nord-Est. Toutes les façades sont dépourvues de protections de protection solaire.



(a)



(b)



(c)

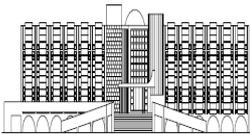


(d)

Figure IV.17 : La direction des travaux publics de Biskra(D.T.P) , (a) plan de masse,(b) vue en plan,(c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau (Source : Auteur,2011)

3.3. L'évolution des baies dans l'architecture tertiaire à Biskra :

Il est utile de rappeler que notre travail est lié au concept de 'transparence' dans les bâtiments tertiaires dans les régions à climat chaud et sec. Ainsi une classification typologique des ratios d'ouvertures dans les murs de façades nous serait utile. Une partie de ce travail de classification a été mené préalablement par A.Belakehal (2007) et M.Seksaf (2006).

Nom du bâtiment	Vue extérieur	Surface de fenêtre (m ²)	Surface du mur (m ²)	Le ratio (%)	Le groupe
L'ancien siège de l'Hôtel de ville		1.26	8.10	15%	1
Le cabinet de la willaya		1.50	9.28	16%	
Direction de la Réglementation des Affaires Générales		1.80	10.15	17%	
L'ancien siège de l'administration centrale de l'université		3.37	11.90	28%	
Direction de la Jeunesse et Sport		3.2	10.80	29%	2
DPAT		3.15	10.44	30%	

Caisse National des Assurances Sociales		2.90	9.50	30%	
Société Algérienne des Assurances		4.00	11.20	35%	
Le siège de Sonalgaz		3.6	9.57	37%	3
Hôtel des finances		5.10	11.60	43%	
le siège du trésor public		4.20	8.70	48%	
Caisse Régional de la Mutualité Agricole		10.50	12.00	87%	4
Direction des Travaux Publics		9.80	10.50	93%	

Tableau IV.4 : Classification des bâtiments tertiaires dans la ville de Biskra selon le ratio d'ouverture dans le mur de façade (Source : Auteur)

Les résultats obtenus du (Tableau IV.4) peuvent être classés selon le ratio d'ouverture dans le mur intérieur du bureau comme suite :

- Groupe 1 : Ratio d'ouverture inférieur à 20% (petite taille).
- Groupe 2 : Ration d'ouverture compris entre 30% et 35% (moyenne taille).

- Groupe 3 : Ration d'ouverture compris entre 35% et 50% (grandes taille).
- Groupe 4 : Ratio d'ouverture supérieur à 80% (très grandes taille).

3.3.1. Interprétation :

A travers l'étude des ratios d'ouvertures des immeubles à bureaux dans la ville de Biskra. On a constaté que les groupes 1 et 2 dont Ration d'ouverture est compris entre 20% et 35%, sont les plus dominants vu le nombre importants des bâtiments appartenant à ces deux groupes. Les bâtiments dans ces groupes appartenaient à des différentes périodes d'inauguration. Les résultats sur le (Tableau IV.4) confirment une évolution vers l'accroissement des surfaces vitrées dans les immeubles à bureaux, dans la mesure où les ratios d'ouvertures atteignent les 80% dans la période actuelle, comparé à un ratio de 20% dans la période coloniale. Tous les ratios répondent aux normes appropriées (35%) sauf pour le groupe 1 dont le ratio est inférieur à 20%. Cela confirme que la majorité des immeubles à bureaux dans la ville procurent des fenêtres de moyenne et de grandes tailles. À cet effet, ces données soulèvent des questions partielles à ceux posés dans la problématique de cette recherche :

- Quelle serait l'impact des fenêtres de grandes tailles, sur les conditions du confort thermique, et visuel à l'intérieur des bureaux ?
- Pour ces grandes surfaces vitrées, l'orientation est-elle prise en considération ?

4. Conclusion :

L'objectif de ce chapitre est d'identifier les spécificités climatiques de la ville de Biskra, et l'évolution des baies des bâtiments à caractères de bureau existants dans la ville. La ville de Biskra a été choisie comme contexte d'étude en raison de sa localisation dans une région à climat

chaud et sec et où prédomine le ciel clair ensoleillé. Des raisons de commodité et de faisabilité ont aussi été à l'origine de ce choix.

Les résultats de l'étude des différents bâtiments tertiaires dans la ville sont présentés dans ce qui suit :

- Orientations des fenêtres : cette étude a révélé que la fenêtre est indépendante de l'orientation. Plusieurs bâtiments dont les fenêtres sont identiques (tailles, positions, configurations ...) pour les quatre orientations. L'influence de l'orientation du bâtiment n'est pas prise en considération dans la conception.

- Les protections solaires : malgré leurs présences dans quelques exemples, leurs implantations ont été pour des raisons beaucoup plus décoratives que rendement énergétiques. Par exemple l'utilisation des brise-soleil verticaux pour la façade orientée sud. Dans d'autres exemples on trouve le même système de protection pour les quatre orientations. Dans d'autres exemples les façades sont sans protections solaires malgré leurs surfaces vitrées très importantes.

- La taille des fenêtres : une synthèse de l'étude des ratios d'ouvertures présentés sur le (tableau IV.4) indique que les immeubles à bureaux de la période actuelle, sont de plus en plus dotés de grandes surfaces vitrées.

En conclusion cette analyse confirme que les idées d'une architecture transparente dans une région à climat chaud, sont lancées. Ainsi l'architecture dans la ville de Biskra et précisément des façades des immeubles à bureaux, commence à devenir de plus en plus transparente. Cela nous ramène à mettre au clair les conditions de la faisabilité du concept de la transparence dans cette région.

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 :

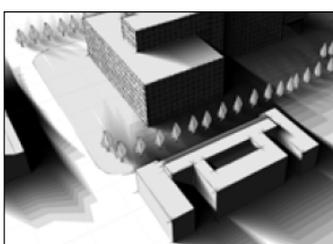
- Des niveaux d'éclairement sur le plan de travail et les rapports de luminances dans le champ visuel d'un usager assis au fond du local et regardant vers la paroi transparente.
- Des surfaces exposées aux radiations directes sur la façade transparente
- Des ratios d'ouverture dans le mur de la façade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

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

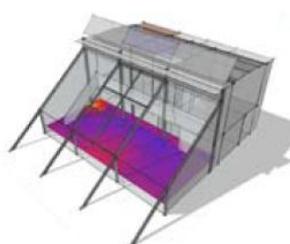
3. Les logiciels utilisés pour l'expérimentation :

3.1 Ecotect (V5.50)

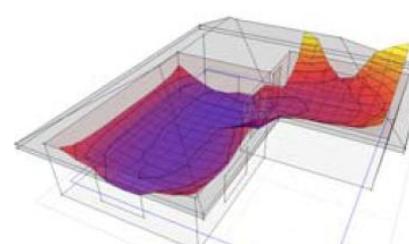
Ecotect (V5.50) est un logiciel de simulation complet de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à celle de détail qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. Ecotect offre un large éventail de fonctionnalités de simulation et d'analyse. C'est un outil 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).

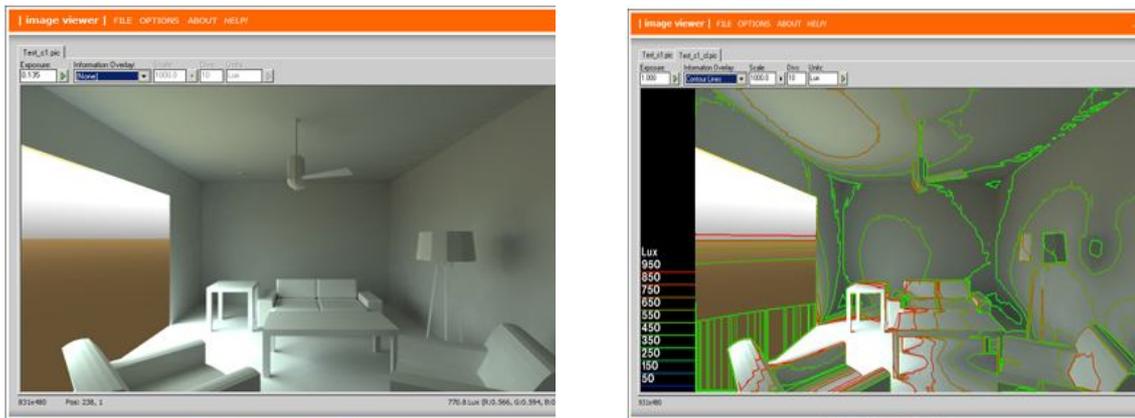


Figure V.2: Rendu d'image avec Radiance (à gauche rendu des gris, à droite rendu iso-lux)
(Source : http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Import_Radiance_Calculations_Tutorial)

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

La réalisation des modèles à simulés 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.

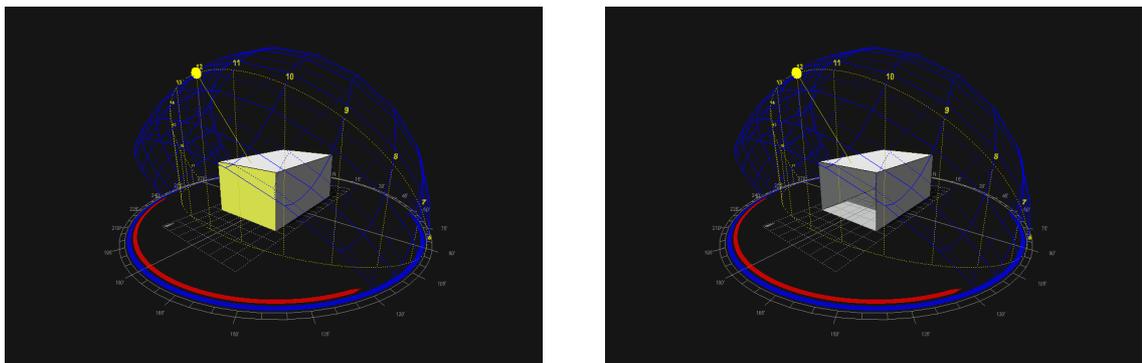
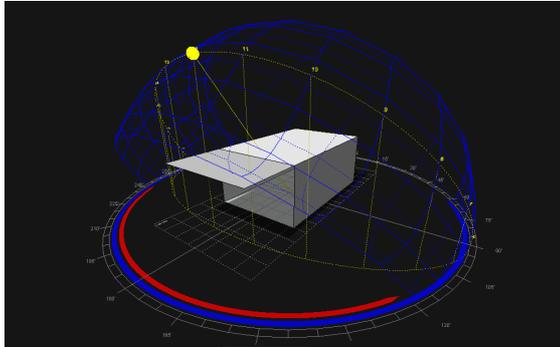


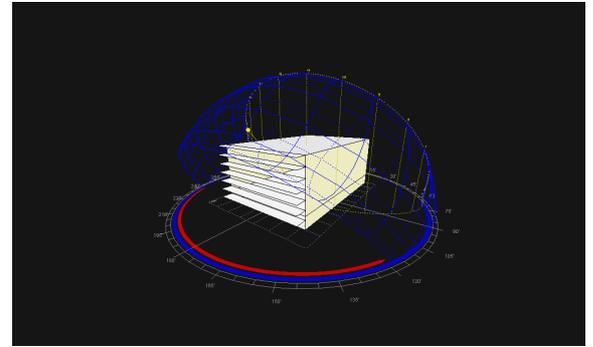
Figure V.3: Model du bureau à simulé (a gauche), et l'insertion du Mur rideau (à droite)

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

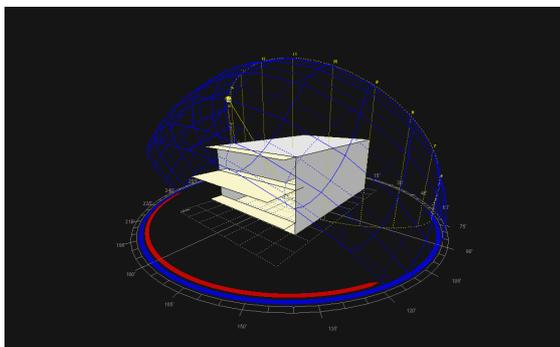
Une troisième étape consiste à intégrer les différentes protections associées aux différentes orientations pour Chaque modèle (voir section 6 ;chap.III).



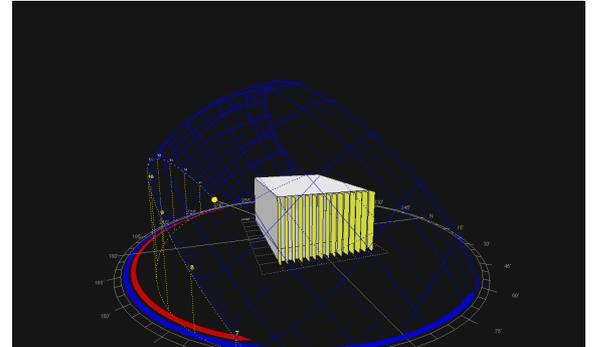
(a)



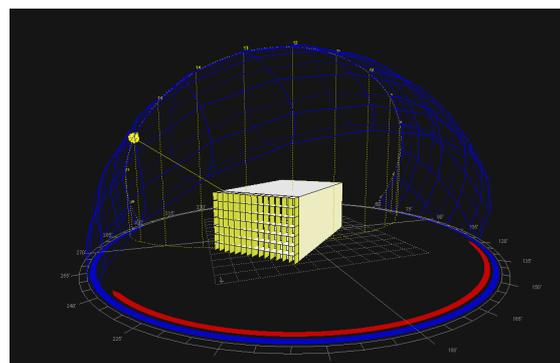
(b)



(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).

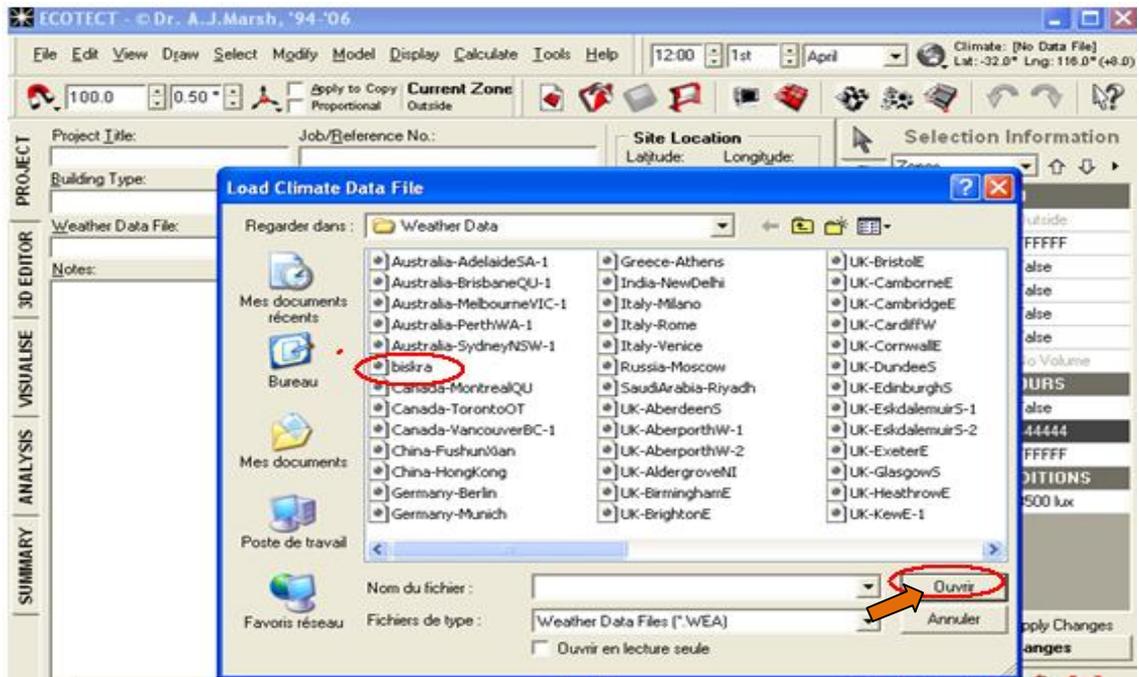


Figure V.5 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix des données climatiques de la ville de Biskra. (Source :Auteur)

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

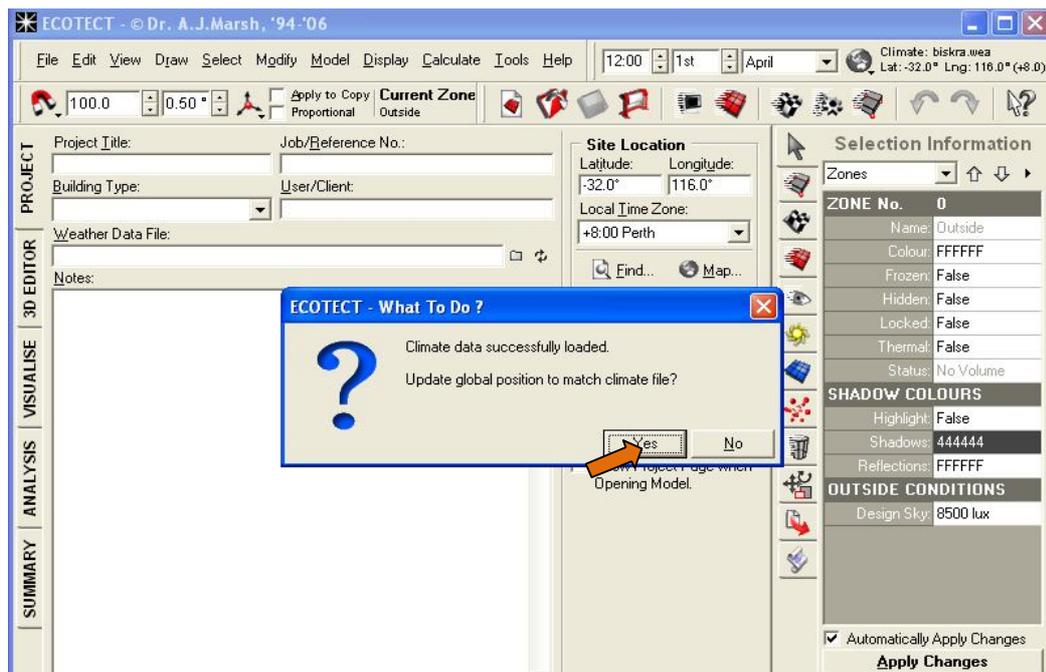


Figure V.6 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Confirmation de choix des données climatiques. (Source : Auteur)

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

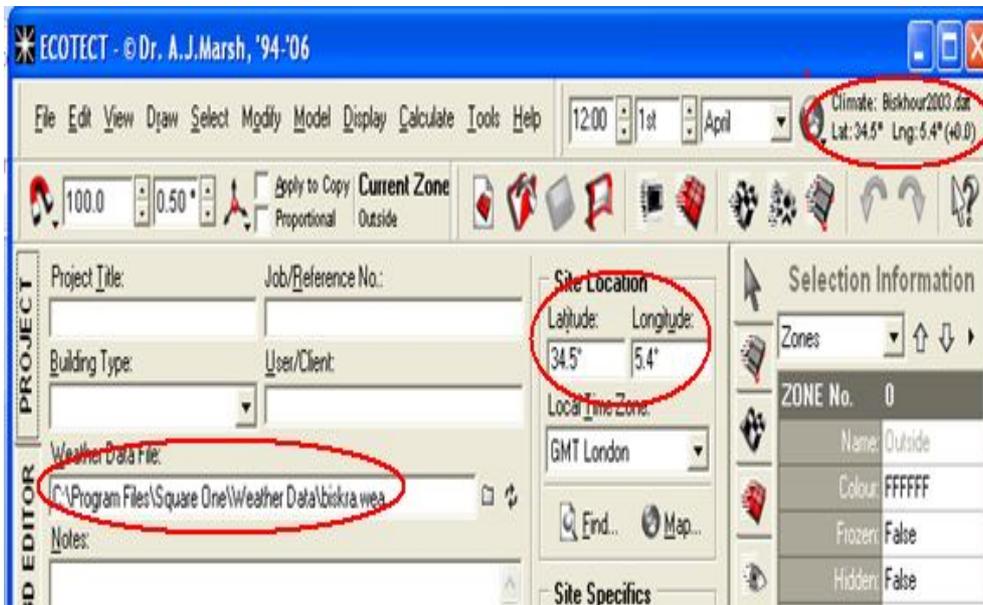


Figure V.7 : Affichage des données climatiques de la ville de Biskra sur l'interface logicielle Ecotect. (Source : Auteur)

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).

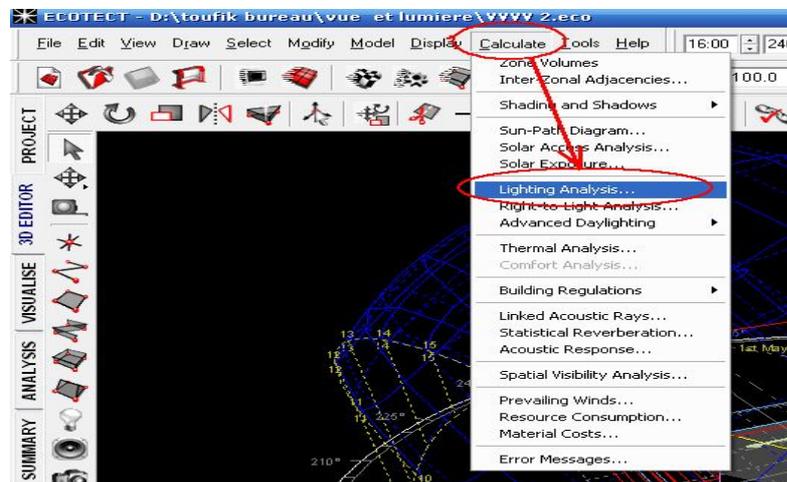


Figure V.8 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Rattaché Radiance à Ecotect. (Source : Auteur)

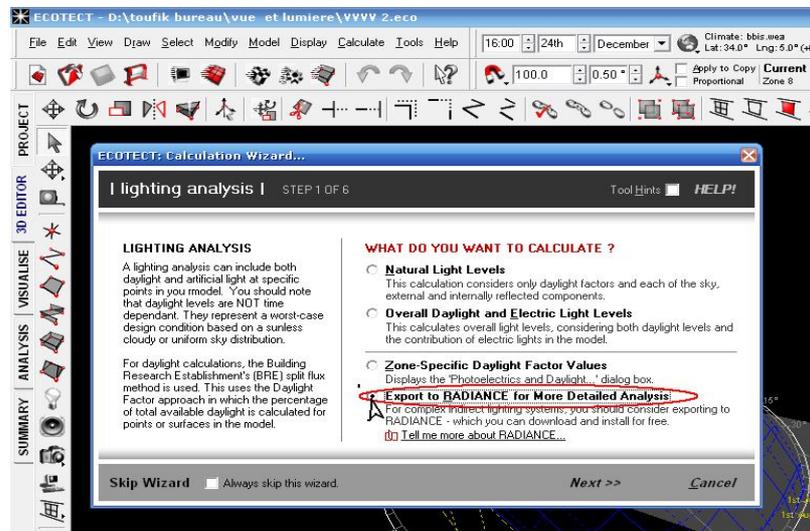


Figure V.9: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Point d'accès au logiciel Radiance. (Source : Auteur)

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).

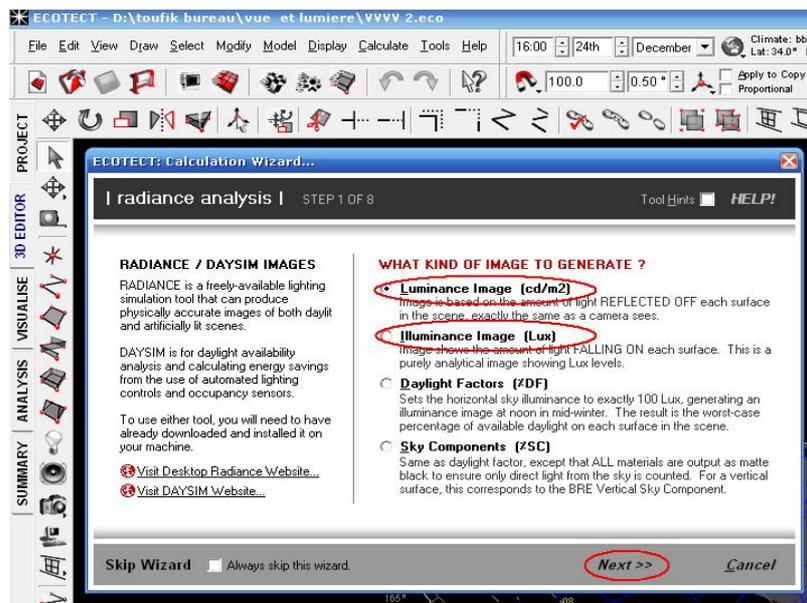


Figure V.10 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de type d'analyse de lumière. (Source : Auteur)

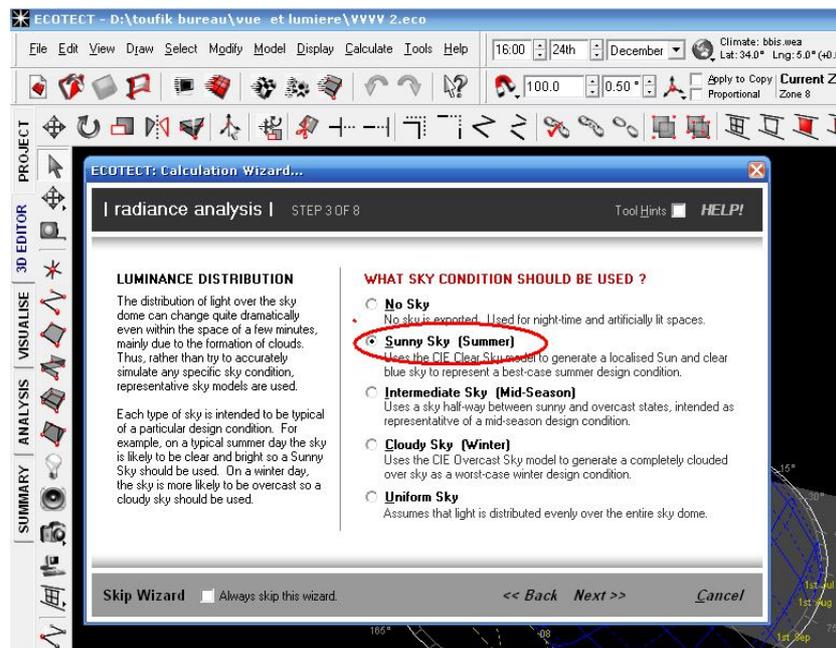


Figure V.11 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de type ciel.
(Source : Auteur)

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).

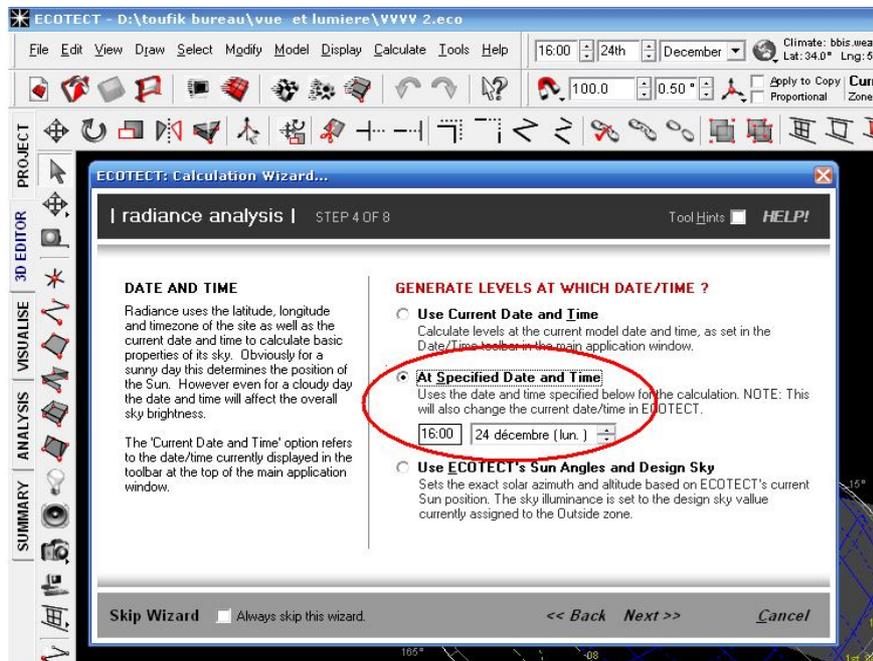


Figure V.12 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix du jour, l'heure et le mois de simulation. (Source : Auteur)

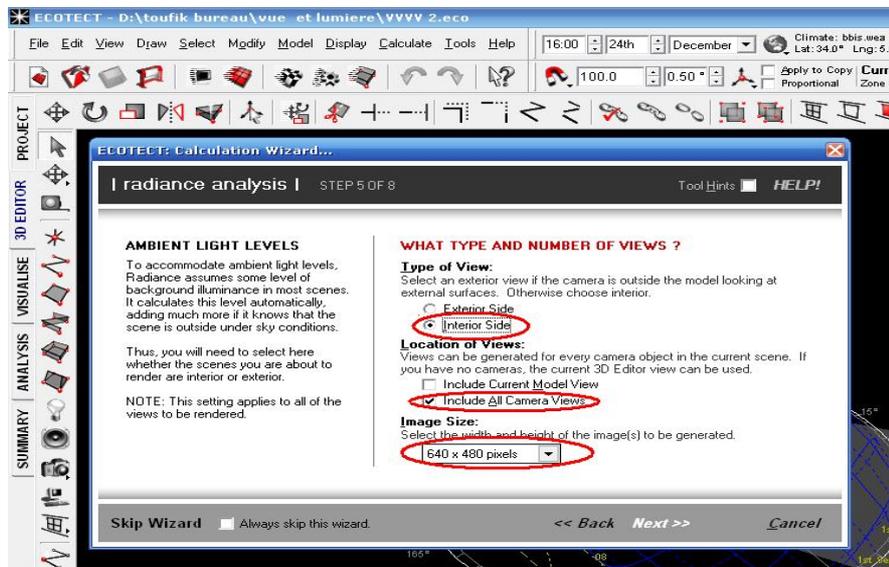


Figure V.13 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix d'espace a simulé. (Source : Auteur)

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).

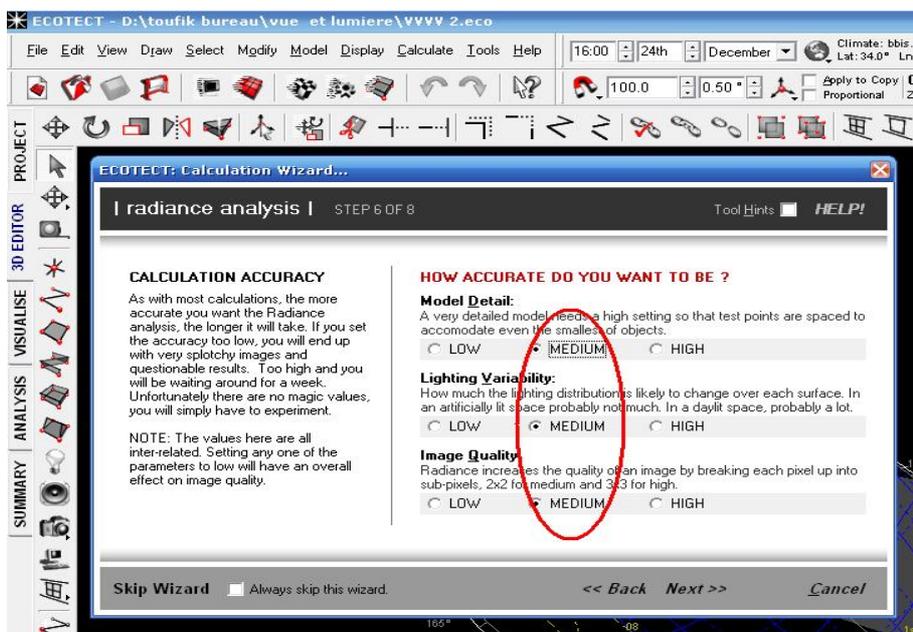


Figure V.14 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de la qualité du rendu. (Source : Auteur)

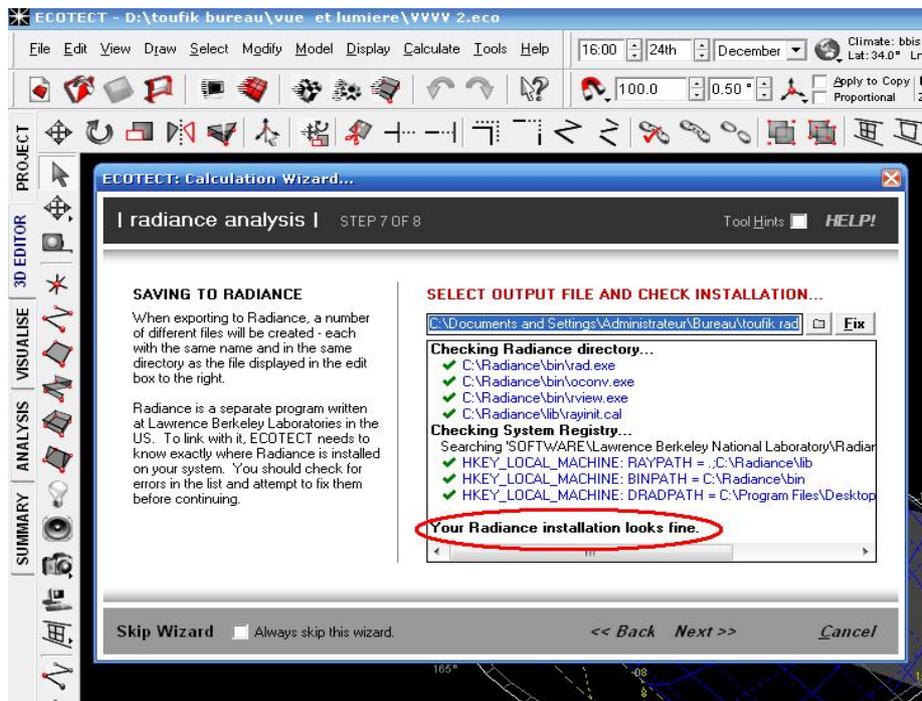


Figure V.15 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Installation correctes des in-put. (Source : Auteur)

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

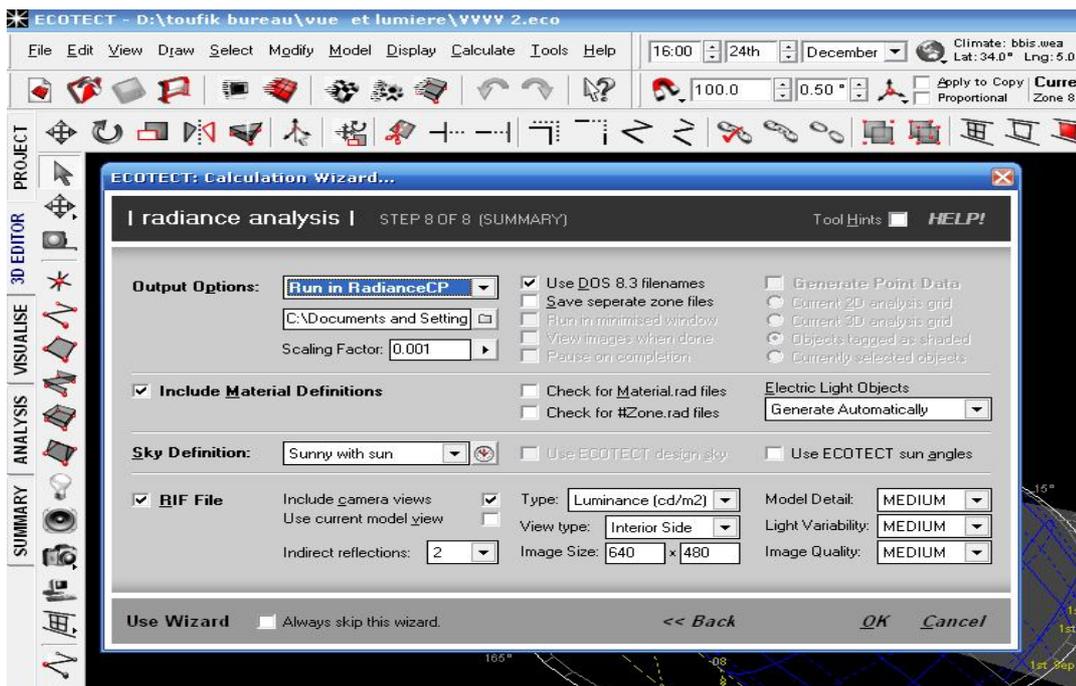


Figure V.16 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Module final d'importation entre Ecotect et Radiance . (Source : Auteur)

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).

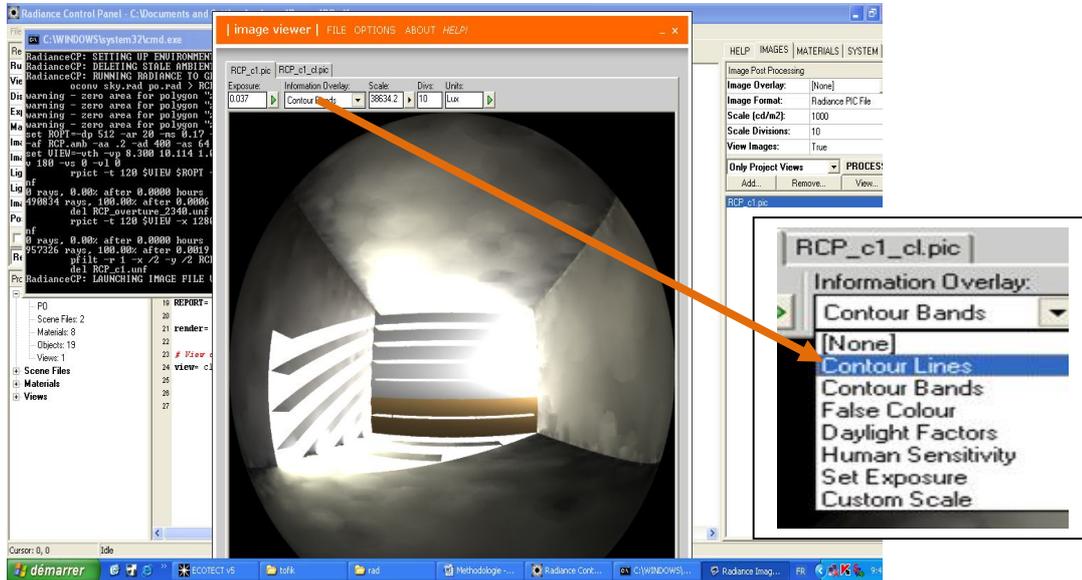
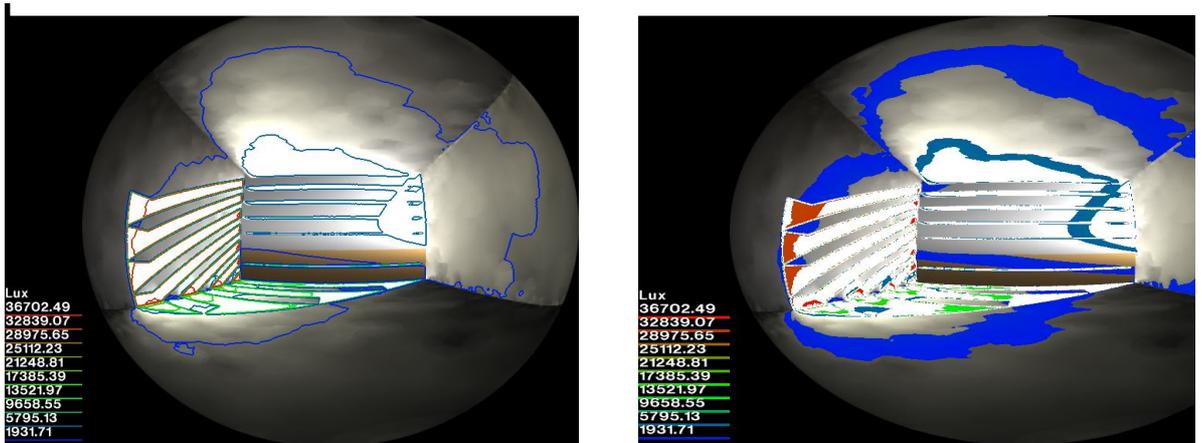
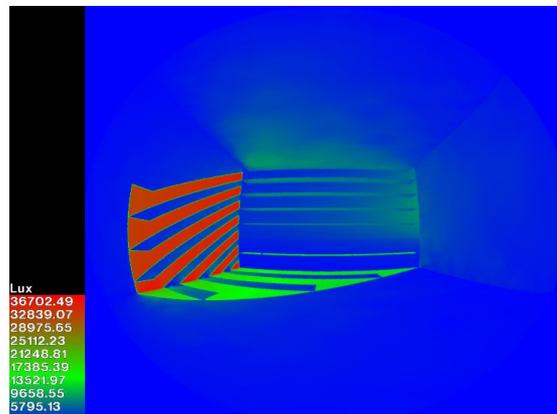


Figure V.17: Image fiche-eye ,rendu en gris par le logiciel Radiance.(Source : Auteu)



(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)

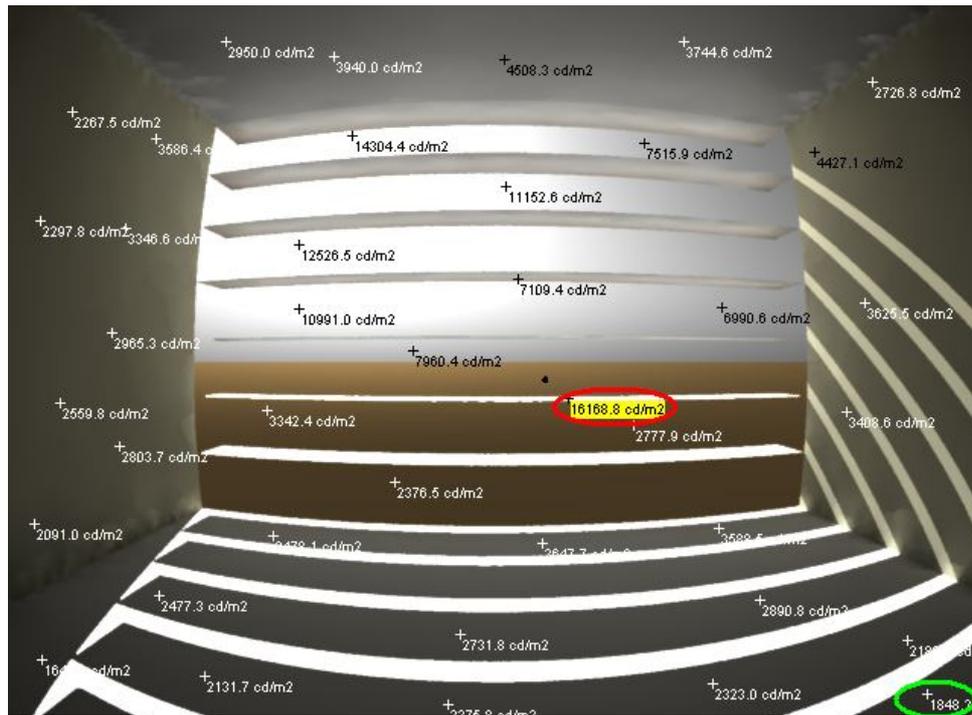


Figure V.19: Images fiche-eye , d'un bureau simulé par le logiciel Radiance.
Rendu en gris ,avec les valeurs de Luminance (Source : Auteur)

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)'

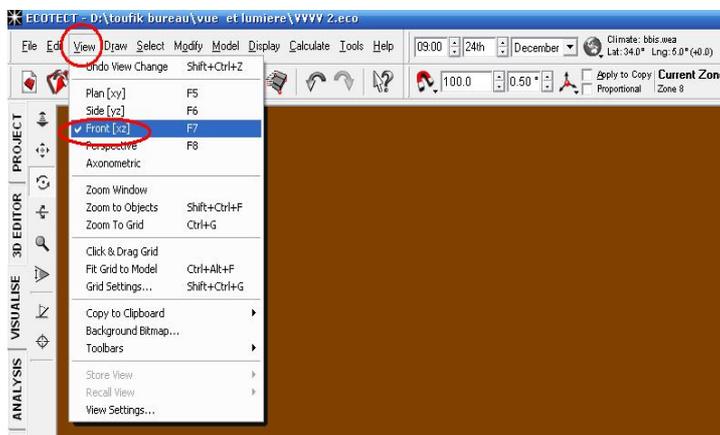


Figure V.20: Capture de l'interface logicielle Ecotect.
Choix de vue . (Source : Auteur)

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

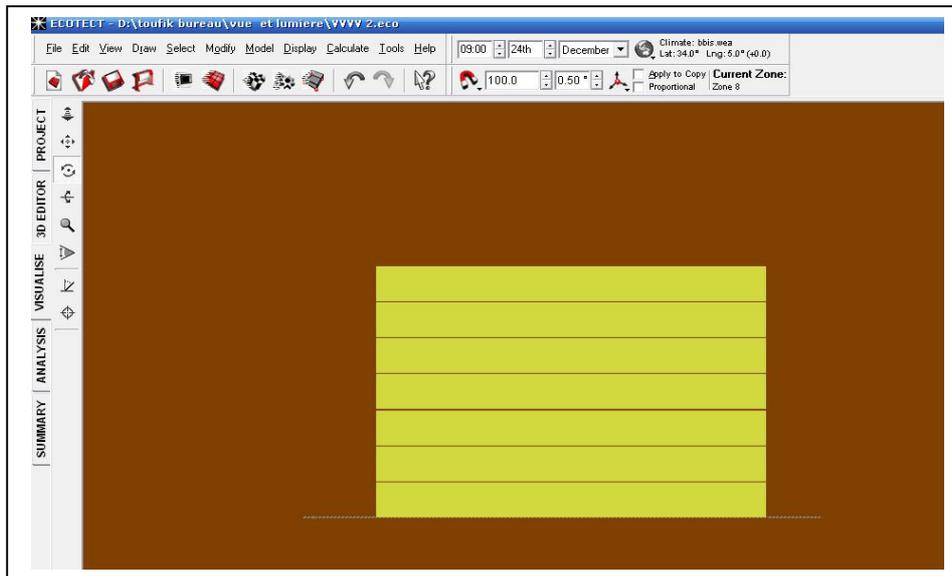


Figure V.21: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Façade du modèle à simulé.
(Source : Auteur)

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.

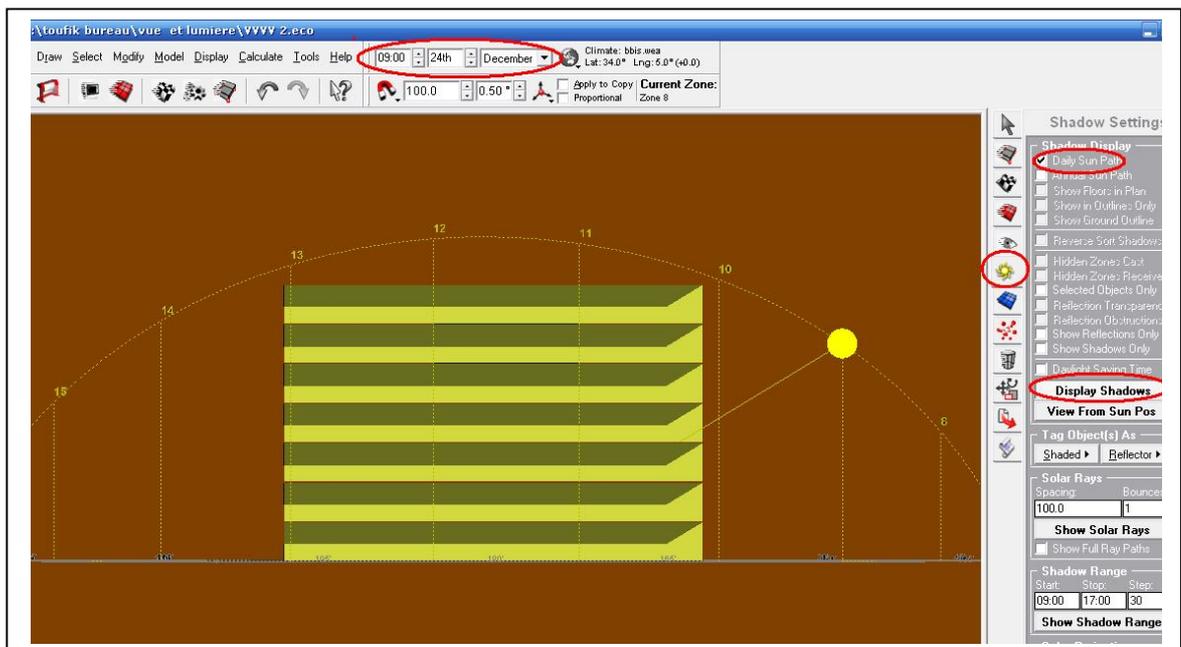
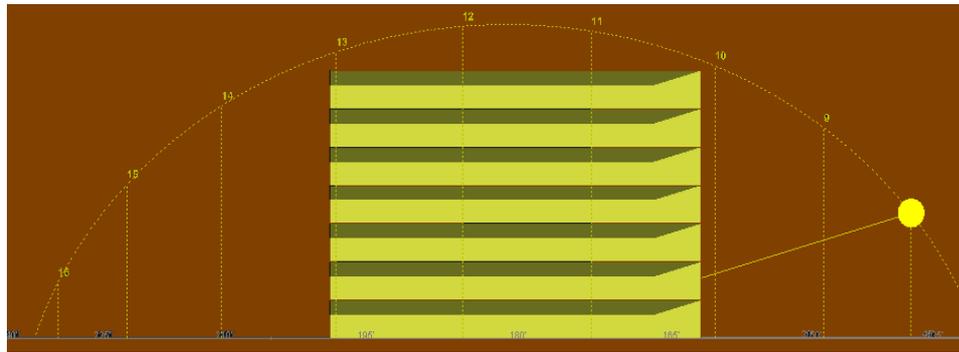
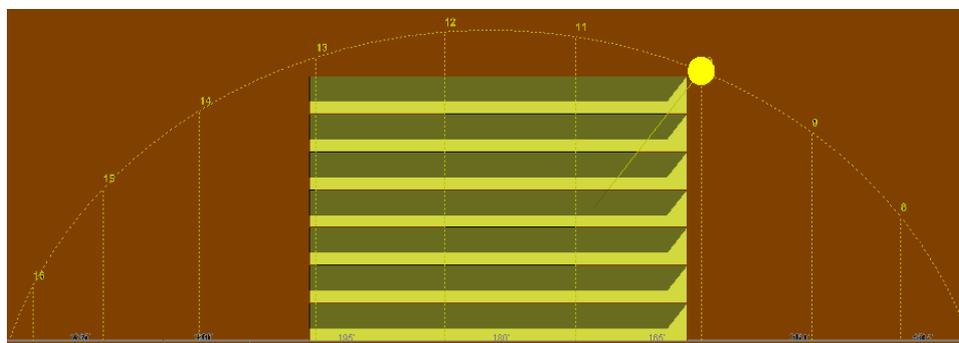


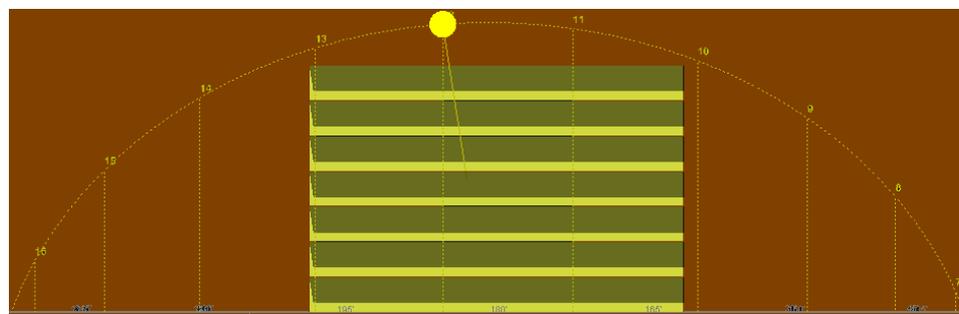
Figure V.22: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Simulation de l'ombrage propre. (Source : Auteur)



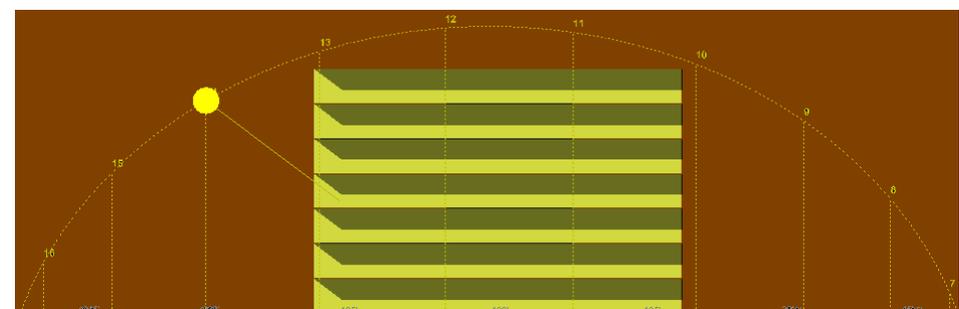
(a)



(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 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).

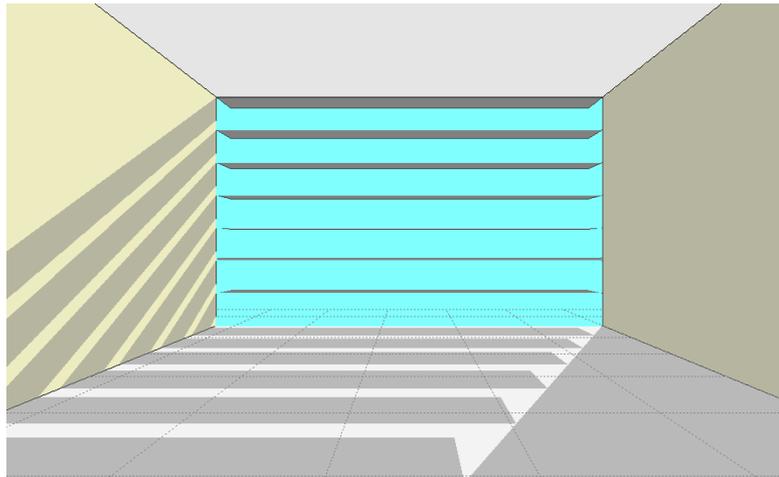


Figure V.24: Simulation de la vue sur l'extérieur par Ecotect (Source : Auteur)

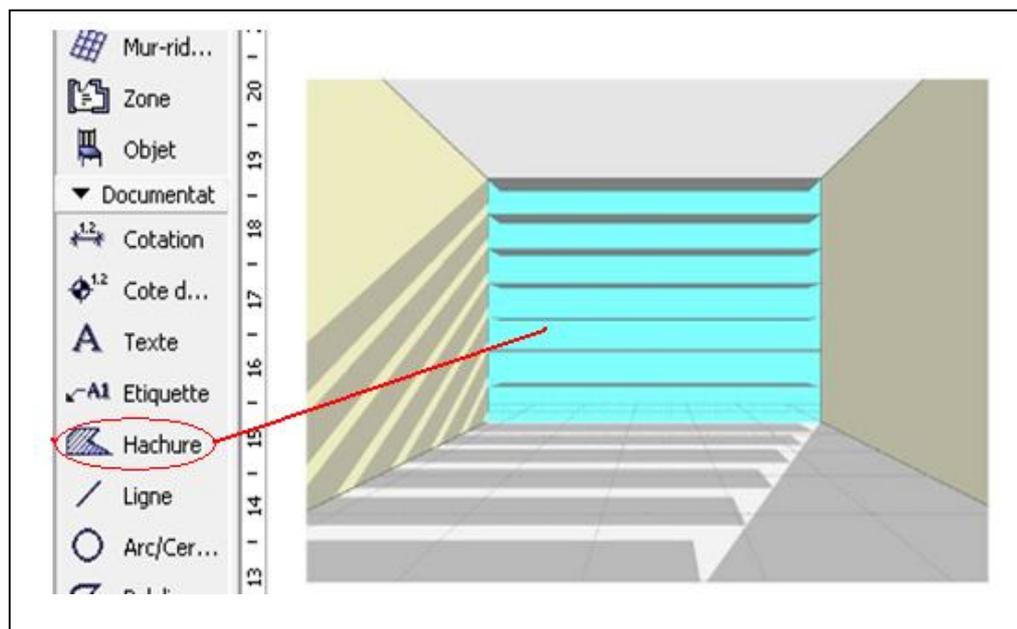


Figure V.25: Capture de l'interface logicielle Archicad.14. Calcul de la surface de la vue (Source : Auteur)

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 présentons 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 construire une échelle suivant le nombre de zones 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)

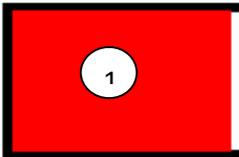
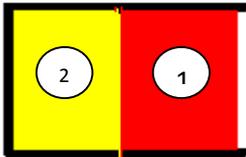
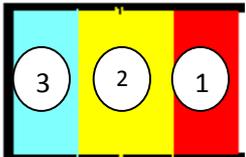
Éclairage sur le Plan de travail			
Nombre de zone	1 zone	2 zones	3 zones
Observation	Uniforme	Moyennement uniforme	Non uniforme

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

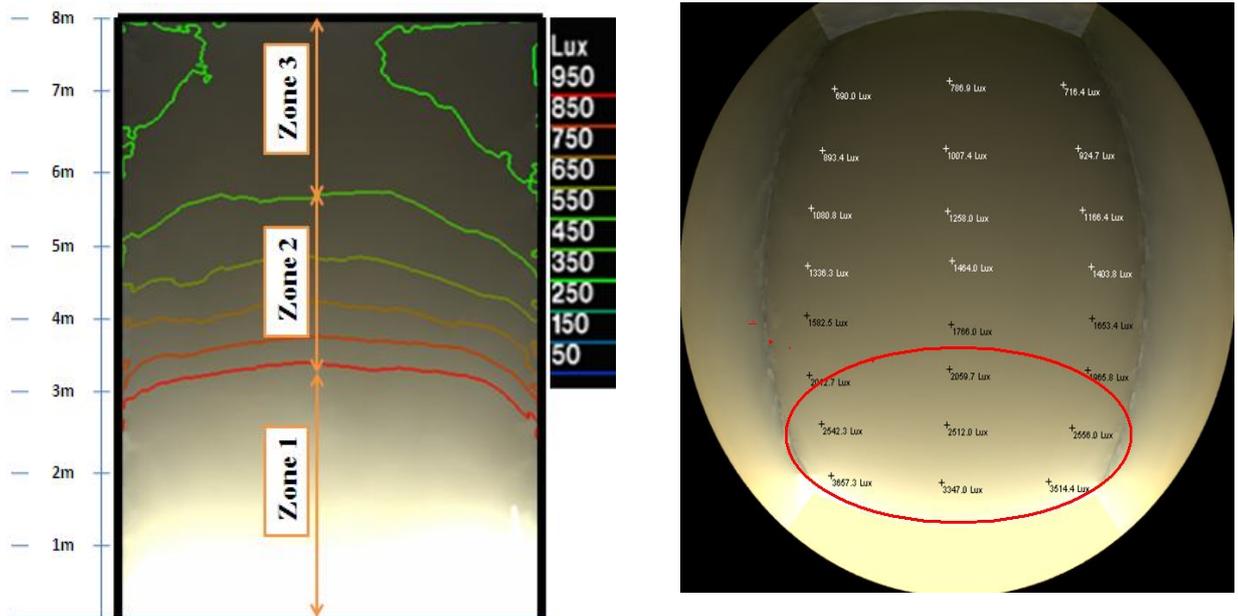


Figure V.26: simulation de nombre de zones d'éclairage sur le plan de travail (courbes iso-lux a gauche ,image fish-eye a droite) (Source : Auteur)

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).

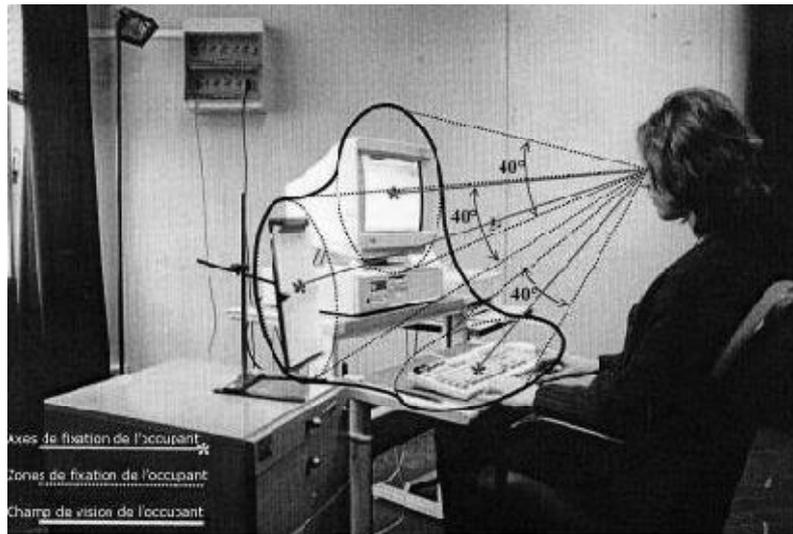


Figure V.27: Micro-Champ visuel de l'occupant (Source: Piccoli, 2004, p.33).

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

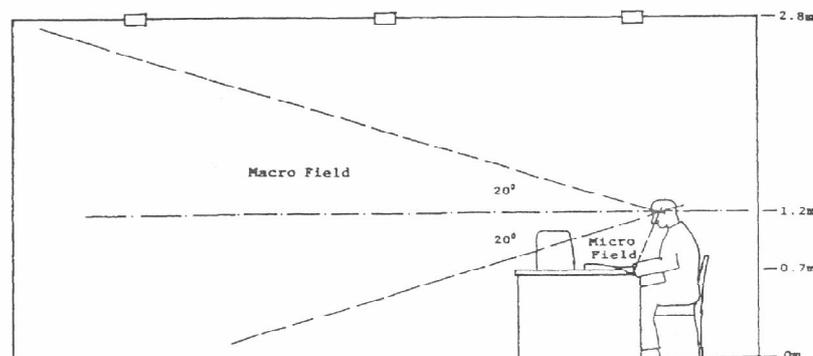


Figure V.28: Macro -champ et micro-champ visuels (Source : Loe, 1998)

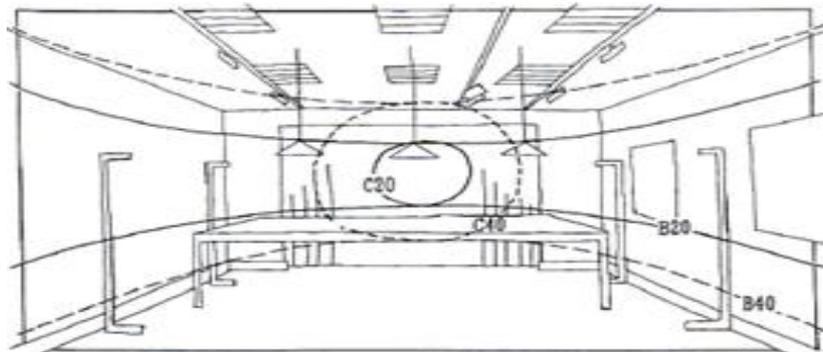


Figure V.29: Schéma illustre le champ visuel horizontal 40° de Loe (Source : Loe et al.,2000)

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) .

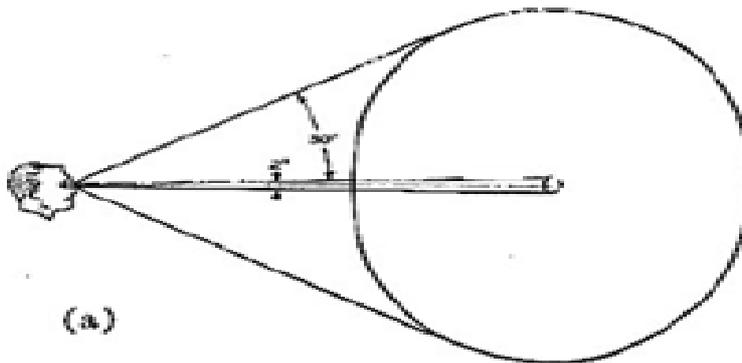


Figure V.30: Schéma illustre le champ visuel horizontal 30° (Source : IESNA,1952)

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)

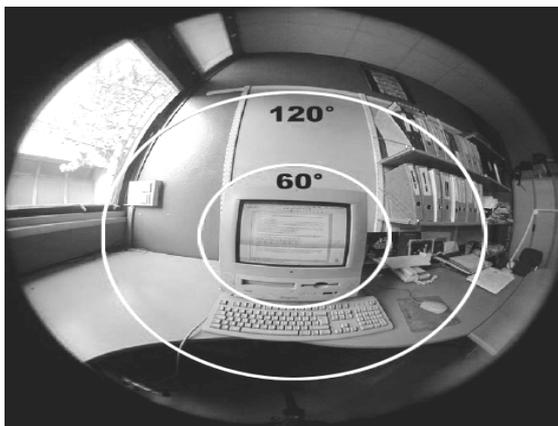


Figure V.31: Délimitation des zones pour l'étude des ratios de luminance (Source: Sutter et al., 2006, p.784).

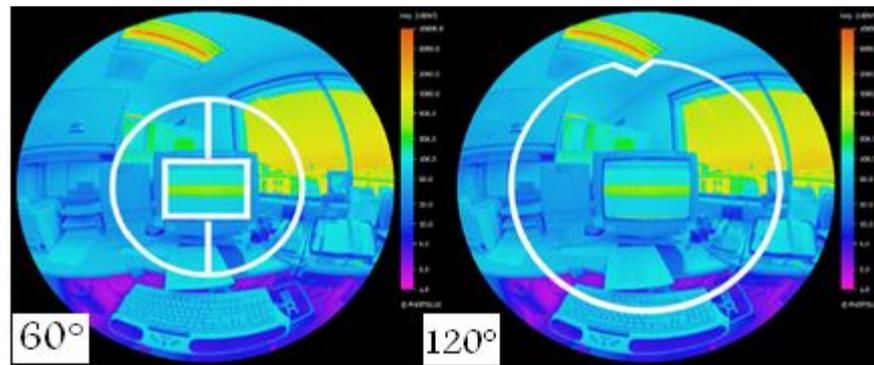


Figure V.32: Délimitation des zones pour l'étude des ratios de luminance (Source: Vorapat , 2005)

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.

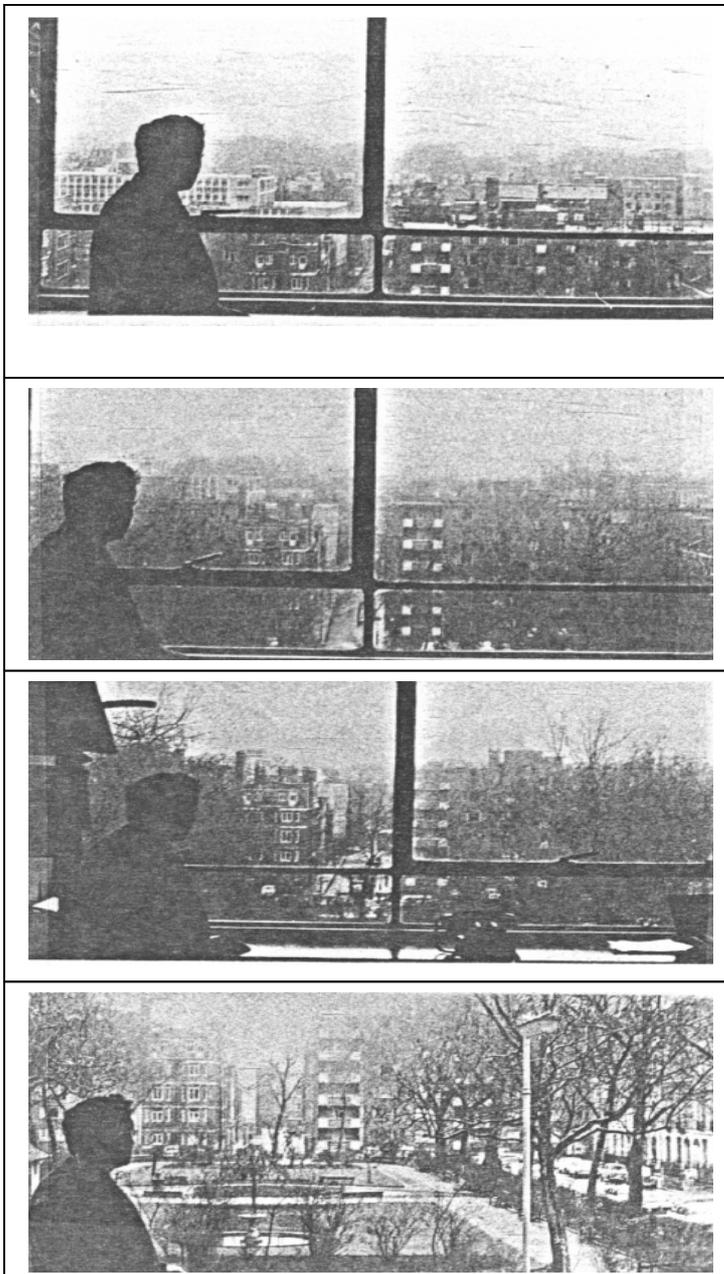


Figure V.33 : Stratification de la vue selon son contenu (ciel, silhouettes urbaines et/ou sol) et variation de ce contenu selon les étages (Source : Turner, 1971)

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).

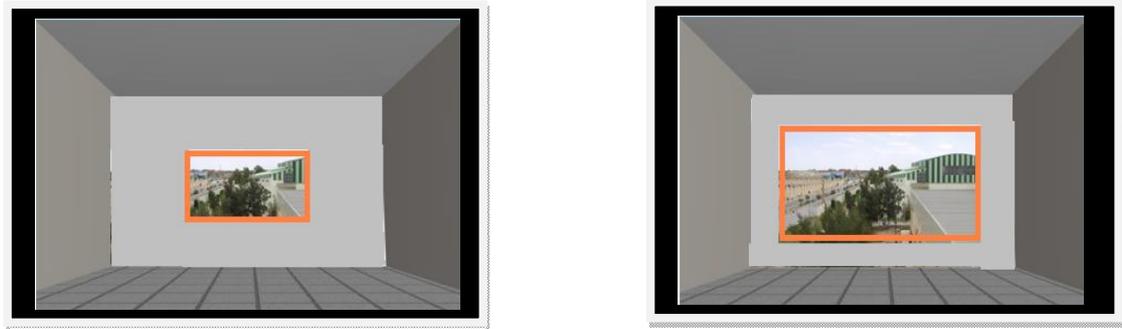


Figure V.34 : Ratio d'ouverture dans le mur de façade. 35% à gauche, supérieur à 35% a droite.

(Source : Auteur)

5. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de mettre au clair 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 porté sur le calcul du coefficient d'ombrage optimale de la façade transparentes. Afin pour la vue sur l'extérieur les indicateurs simulés présentes l'ensemble des paramètres influent la vue. L'application de ce protocole constitue les objectifs des chapitres suivants.

1. Introduction :

L'environnement visuel procure une sensation de confort lorsqu'il est possible de voir les objets nettement et sans fatigue. Le confort visuel peut être aussi interprété comme la réception claire d'un message provenant de l'environnement visuel. Il est fonction de la quantité, la distribution et la qualité de la lumière (Bodart, 1999).

Dans un espace architectural, la lumière, naturelle, ou artificielle, ne peut être étudiée séparément de ses effets sur l'impression subjective de l'espace en question ni indépendamment de la source lumineuse et de ses caractéristiques (Iwata et al, 1994).

En raison de la complexité du phénomène de la lumière naturelle, l'objectif de ce chapitre se limitera à étudier les performances des paramètres physiques suivants i) l'éclairement reçu sur le plan de travail dans un bureau ii) l'uniformité des zones d'éclairages et ii) les rapports des luminances dans le champ visuel.

Ces différents variables influencent la qualité et la quantité de la lumière naturelle pénétrante à l'intérieur d'un bureau situé au troisième étage d'un bâtiment tertiaire.

2. Simulations des éclairages et des luminances dans le bureau :

Il est à rappeler que pour notre cas d'étude, nous ne considérons que la composante directe et réfléchi du ciel (ciel clair ensoleillé) et la composante réfléchi intérieure Site de l'immeuble de bureau simulé est en banlieue, sans bâtiment en face, avec un sol de nature minéral à facteur de réflexion négligeable.

Les simulations des éclairages et des luminances ont été effectués au moyen du logiciel de simulation de l'éclairage 'Radiance (2.0 BETA)'. Le bureau est équipé de protections solaires appropriées pour les orientations Sud, Est et Sud-Ouest. Ces protections ont été dimensionnées de sorte à ce qu'elles permettent une admission du soleil pendant la période où il n'engendre pas d'effets thermiques indésirables. Les protections solaires adoptées sont l'auvent 'unique', l'auvent 'subdivisé' et le light-shelf pour l'orientation Sud. les flancs pour l'orientation Est et le nid d'abeille pour l'orientation Sud-Ouest. La simulation a considéré les journées des solstices et l'équinoxe du printemps (21 Décembre, 21 Juin et le 21 mars).

Les simulations et l'analyse des résultats seront présentés par type de protection. Les résultats obtenus par la simulation de chaque protection seront analysés selon les critères suivants :

- Pour l'éclairage, l'analyse sera effectuée selon trois critères ; i) l'uniformité des valeurs d'éclairage reçus sur le plan de travail à savoir le nombre de zone d'éclairage (nous considérons une distribution non-uniforme, un espace ayant plus de deux zones d'éclairage), ii) la valeur d'éclairage minimale reçue et iii) les surfaces exposées à l'éblouissement indirect.
- Pour les luminances l'analyse sera effectuée selon le rapport luminance minimale/luminance maximale.

2.1 Bureau équipé d'un 'Auvent unique' (orientation Sud) :

2.1.1 Résultats de la simulation de l'éclairage horizontale à 0,75m du plancher:

Les résultats de la simulation sont présentés sous forme de courbe iso-lux et fausse couleur pour les périodes des solstices (21 Décembre et 21 Juin) et l'équinoxe du printemps (21 mars) à 10h, 12h, 14h, et 16h. (Fig.VI.1, VI.2, VI.3) (voir annexe C).

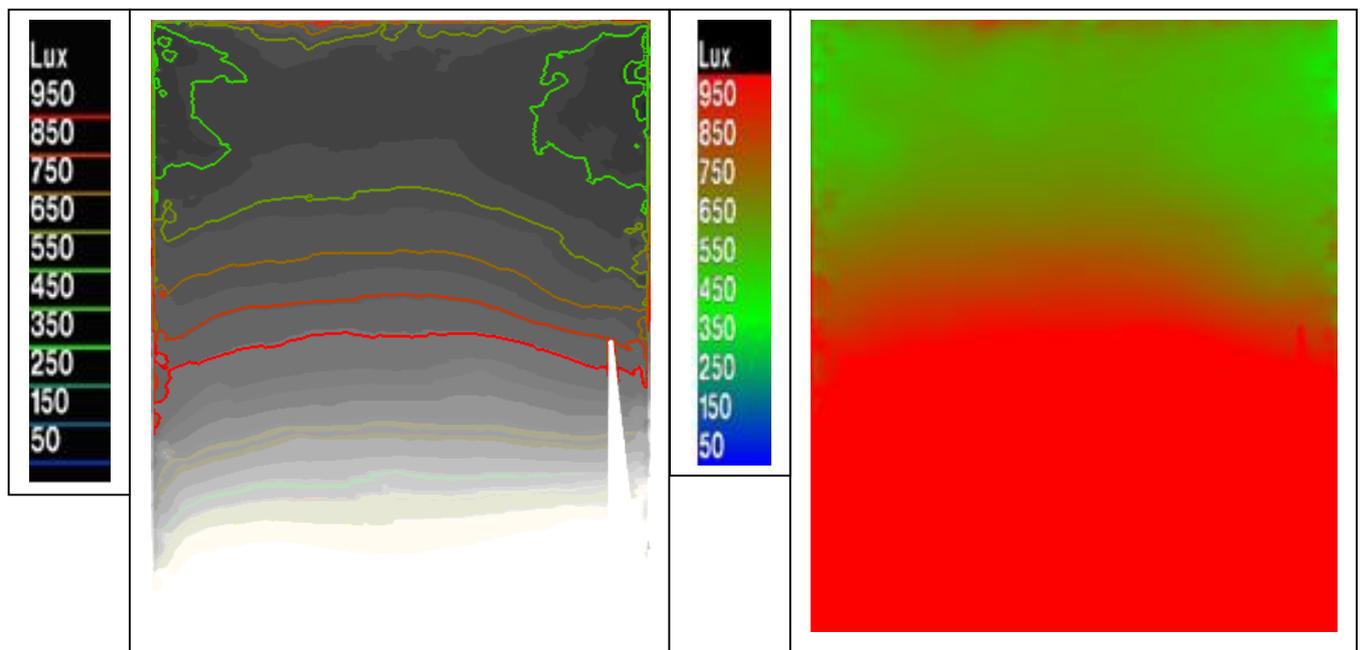


Figure VI.1: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent unique, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

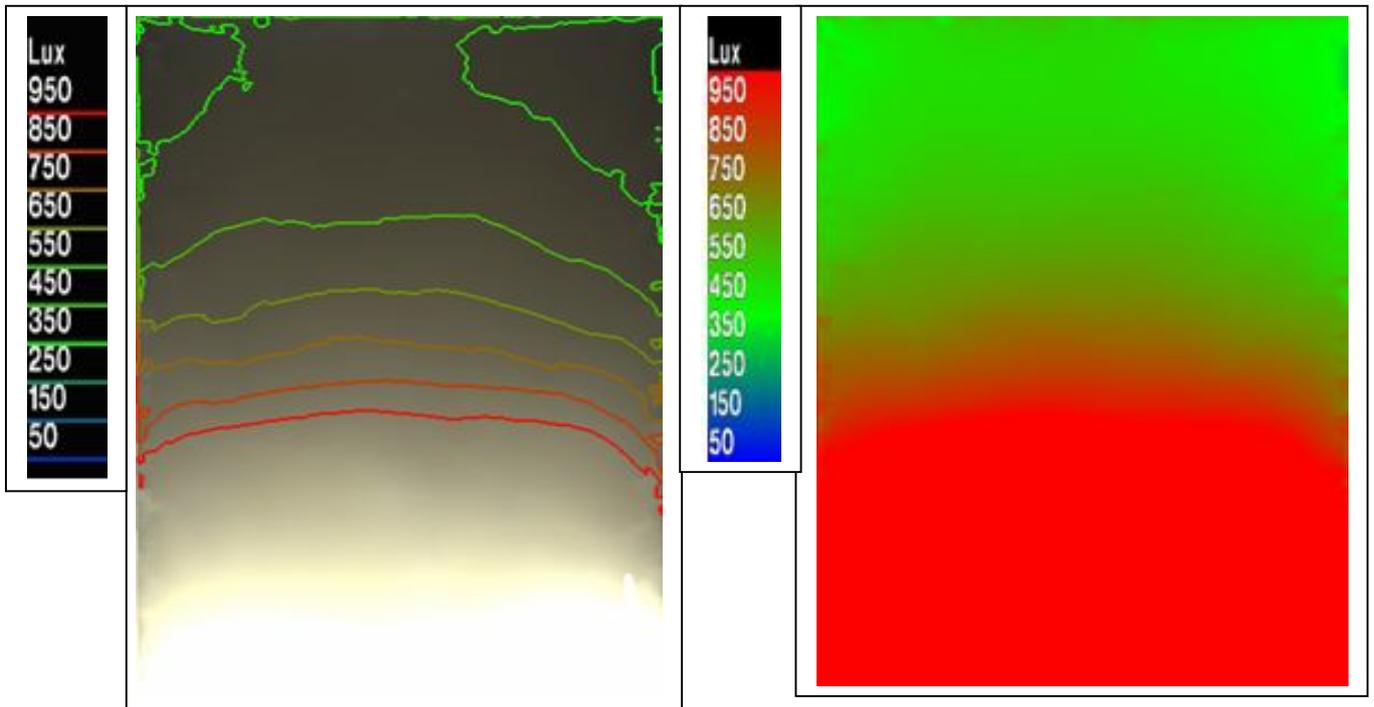


Figure VI.2: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent unique, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

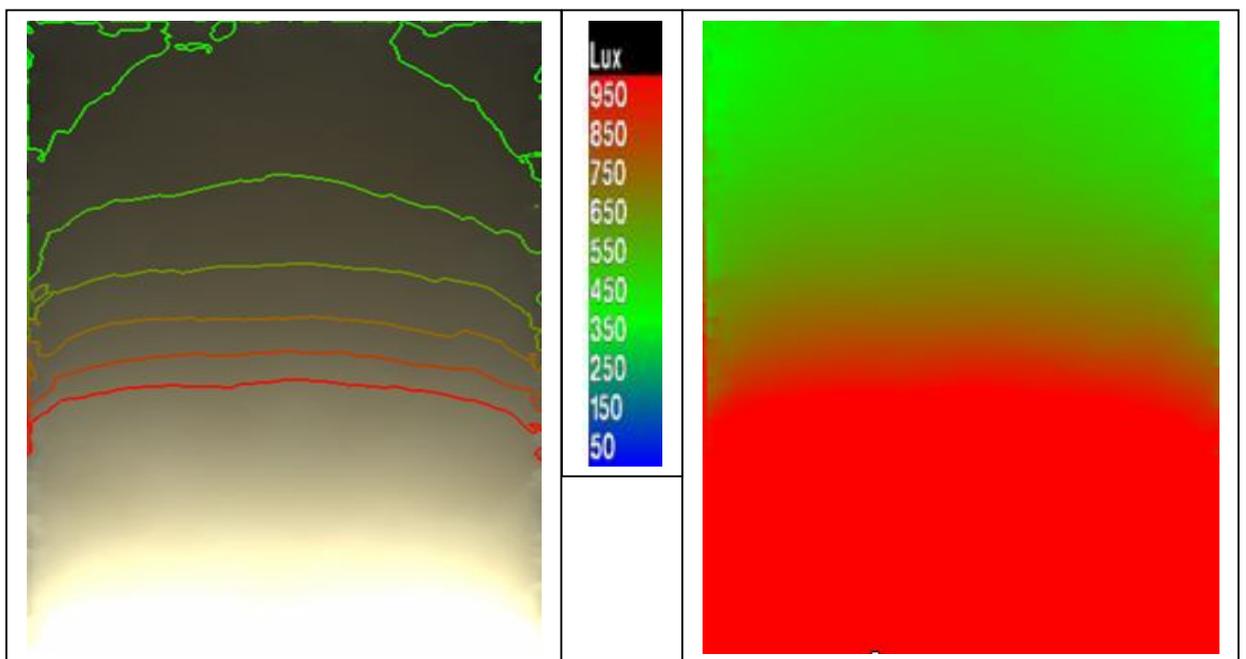


Figure VI.3: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent unique, le 21 Juin à 12h. Courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

Les données issues des out-put des simulations sont collectés dans des tableaux pour les journées du 21 Décembre,21 Mars,et 21Juin (Tab.VI.1). Un tableau récapitulatif permettant la collecte de l'ensemble des données des trois mois considéré (Tab.VI.2).

Heure	Nombres de zones d'éclairage	Eclairage (lux)	Profondeur de la zone (m)
10H	Zone 1	$E > 950$	4,80
	Zone 2	$950 > E > 750$	3,20
12H	Zone 1	$E > 950$	3,80
	Zone 2	$950 > E > 650$	4,20
14H	Zone 1	$E > 950$	4,40
	Zone 2	$950 > E > 750$	3,60
16H	Zone 1	$E > 950$	3,90
	Zone 2	$950 > E > 550$	4,10

(a)

Heure	Nombres de zones d'éclairage	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	Zone 1	$E > 950$	3,20
	Zone 2	$950 > E > 550$	2,30
	Zone 3	$550 > E > 450$	2.37
12H	Zone 1	$E > 950$	3,10
	Zone 2	$950 > E > 550$	4,90
14H	Zone 1	$E > 950$	3,20
	Zone 2	$950 > E > 550$	4,80
16H	Zone 1	$E > 950$	2,70
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,80
	Zone 3	$550 > E > 450$	3.37

(b)

Heure	Nombres de zones d'éclairage	Éclairage (lux)	Profondeur de la zone en(m)
10H	Zone 1	$E > 950$	2,60
	Zone 2	$950 > E > 550$	3,00
	Zone 3	$550 > E > 450$	2.27
12H	Zone 1	$E > 950$	3,30
	Zone 2	$950 > E > 550$	4,70
14H	Zone 1	$E > 950$	3,00
	Zone 2	$950 > E > 550$	2,20
	Zone 3	$550 > E > 450$	2.67
16H	Zone 1	$E > 950$	2,10
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,80
	Zone 3	$550 > E > 350$	3.97

(c)

Tableau VI.1: Tableaux des zones d'éclairage et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour l' Auvent unique (orientation sud), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c). (Source :Auteur)

Mois	Surface moyenne en (%) ($E > 2000$ lux)	Surface moyenne en (%) ($2000 > E > 350$)	(E) minimale
Décembre	23,37 %	76.63%	550 lux
Mars	8,12 %	91.88%	450 lux
Juin	1,77 %	98.23%	350 lux
Surface moyenne générale en (%)	11,08 %	88,92 %	

Tableau VI.2: Tableau récapitulatif des facteurs liés à l'éclairage (Auvent unique, orientation sud). (Source : Auteur).

*($2000 > E > 350$) pour 88,92 % de la surface totale du bureau.

*($E > 2000$ lux) pour 11,08 % de la surface totale du bureau.

2.1.1.1 Analyse des résultats :

L'ensemble des valeurs d'éclairage horizontal pour les quatre temps de simulation recueillies sur le plan utile pour le mois de décembre constituent en deux zones

d'éclairages (Tab.VI.1a). Pour le mois de mars et juin (Tab.VI.1b, VI.1c) la majorité des valeurs d'éclairages sont réparties en trois zones.

Au cours du mois de décembre, les valeurs atteignant plus de 2000 lux (zone 1) s'étendent de façon maximale sur environ 23.37% de la surface totale du bureau. La zone 1, où les valeurs dépassent 2000lux, sont présentes de façon réduite lors du mois juin dans 1.77% de la surface totale du bureau (Tab.VI.2).

Une moyenne générale des surfaces dont l'éclairage est supérieur à 2000lux a été calculé, cette valeur est de 11.08 %, soit (1/10) de la surface totale du bureau (Tab.VI.2).

Les valeurs d'éclairage comprises entre 350 lux et 2000 lux sont rencontrées au niveau de 88.92% de la surface totale du bureau. La valeur minimale d'éclairage recueillie sur le plan de travail dans le bureau est de 350 lux dans la zone 3 au fond du bureau à 16h:00 pour le mois de juin. Celles du mois de décembre et Mars sont légèrement supérieures et sont comprises entre 450 et 550lux (Tab.VI.2).

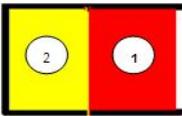
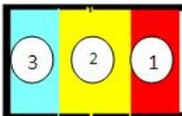
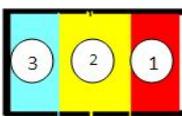
Mois	Nombre de zone	Observation
Décembre	2 zones 	Moyennement uniforme
Mars	3 zones 	Non uniforme
Juin	3 zones 	Non uniforme

Tableau VI.3: Récapitulation de nombre de zone d'éclairage (Auvent unique, orientation sud). (Source : Auteur).

2.1.2 Résultats de la simulation des luminances dans le macro-champ visuel:

Les résultats de la simulation sont présentés sous forme d'images fish-eye du champ visuel d'un usager assis au fond du local et regardant vers la paroi transparente, et ce pour les journées des solstices et l'équinoxe du printemps (21 Décembre, 21 Juin et le 21mars) à 10h, 12 h, 14h, et 16h.(voir annexe D).

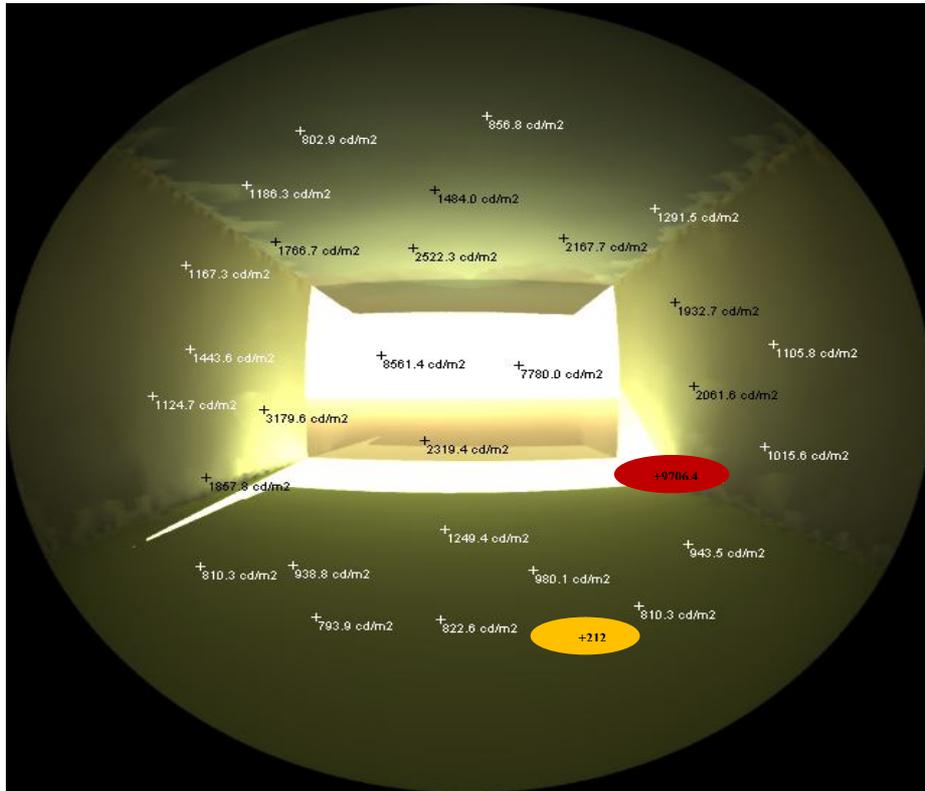
Les données résultantes de la simulation des valeurs des luminances dans le bureau par rapport au macro-champ visuel, sont récapitulées dans le tableau ci-dessous (Tab.VI.4).le ratio minimale sur celle maximale a été rajouté aux données de ce tableau. L'analyse des résultats est basée sur une comparaison des rapports des luminances simulés en fonction des ratios recommandés. (voir section 4.1.3.2 ; chap.V).

Mois heure	Décembre			Mars			Juin		
	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax
10h	10639.7	326,8	1/32	8537.7	182,4	1/46	3602.2	138,8	1/25
12h	9706.4	212	1/45	11671.3	168.7	1/69	7726,4	169,5	1/45
14h	10700.3	306,4	1/34	10502.9	174.7	1/71	5707,3	149,5	1/38
16h	7381	228.9	1/34	5407.9	143.1	1/37	3085,6	110,5	1/27

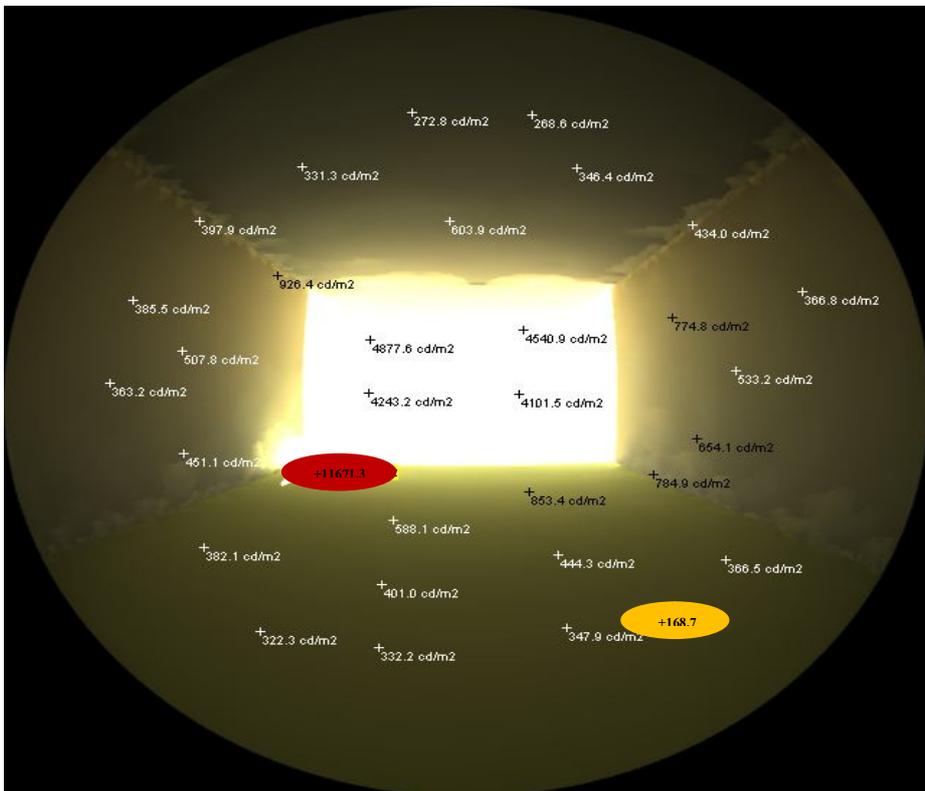
Tableau VI.4: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Auent unique,orientation sud , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

Mois	Nombre de fois le ratio (Lmin /Lmax) est compris entre 1/20 - 1/40	Observation
Décembre	3 fois	confortable
Mars	1 fois	inconfortable
Juin	3 fois	confortable

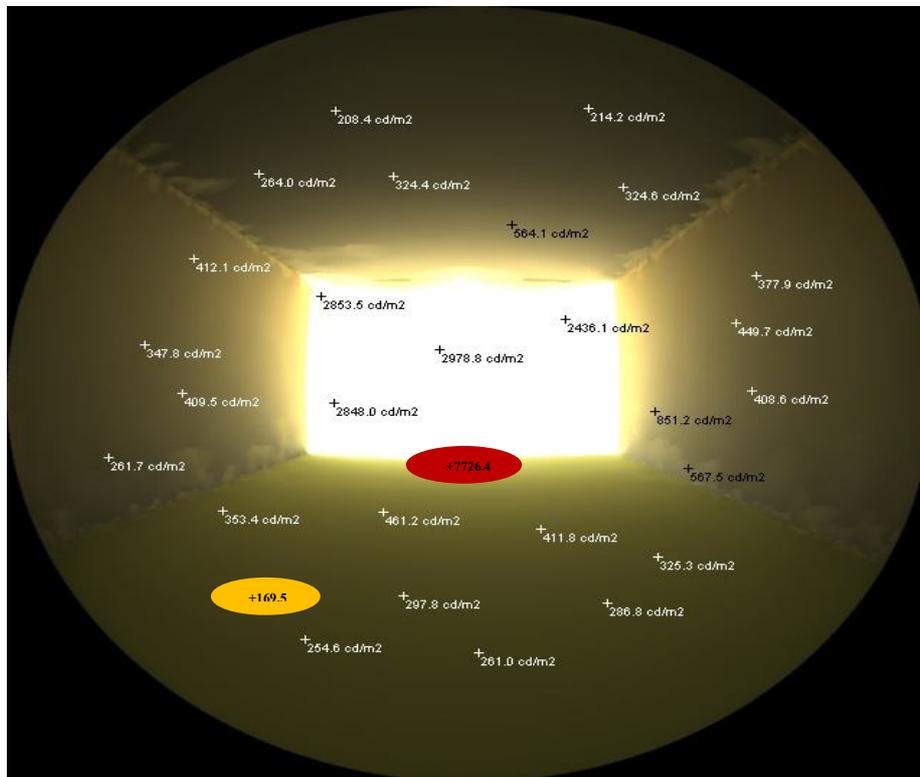
Tableau VI.5: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Auent unique,orientation sud , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).



(a)



(b)



(c)

Figure VI.4: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé d'Auvent unique,orientation sud) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin. (Source : Auteur)

2.1.2.1 Analyse des résultats :

Les ratios des luminances pour le mois de Décembre sont de (1/32) à 10h et (1/34) à 14h et à 16h, seul la deuxième période de la matinée (12:00 h) ou le ratio est de (1/45). Ce qui nous mène à dire que les ratios compris entre 1/20 et 1/40 sont au nombre de 3 . Pour le mois de Mars ,c'est durant la deuxième période de l'après midi (16:00 h) que le ratio est de (1/37). Pour le reste de la journée , le ratio des luminances est supérieur à (1/40). Il en résulte donc que les ratios compris entre 1/20 et 1/40 sont au nombre d'une seule situation. Pour le mois de Juin c'est pendant la deuxième période de la matinée (12:00 h) que le ratio est de (1/45), pour le reste de la journée est compris entre (1/25) et (1/38). Ceci implique que les ratios compris entre 1/20 et 1/40 sont d'un nombre de 3 .

2.1.3 Interprétation des résultats :

Uniformité des zones d'éclairage :

L'ensemble des mesures d'éclairage recueillies pour le bureau démontre une distribution non- uniforme des valeurs d'éclairages sur le plan de travail sauf pour le mois de décembre qui présente une distribution moyennement uniforme (Tab.VI.3). On remarque que le nombre de zone d'éclairage varie de 2 à 3 zones avec des profondeurs qui varient selon l'heure et le mois. Cette variation est due au changement de la trajectoire du soleil pendant la journée (orientation sud) aussi son hauteur et azimut qui changent des saisons estivales aux saisons hivernales (hauteur maximale en été et minimale en hiver).

L'éclairage sur le plan de travail :

Pour un plan de travail dans un bureau (micro-champ visuel), les valeurs d'éclairage recommandées sont d'une manière générale comprises entre 200 et 600 lux (Fontoynt, 1999). En comparant les valeurs recueillies lors de la simulation (valeur minimale d'éclairage (550 lux) pour le mois de Décembre, (450 lux) pour le mois de Mars et (350 lux) pour le mois de Juin, à celles majoritairement recommandées, ces valeurs démontrent une meilleure performance du bureau en matière d'éclairage optimale sur le plan de travail dont la valeur est comprise entre 350lux et 2000lux pour 88,92 % de la surface totale du bureau.

Un éclairage naturel supérieur à 2000 lux cause souvent l'inconfort visuel (Nabil et Mardaljevic 2005) .Pour notre cas la surface moyenne générale d'éclairage supérieur a 2000lux est de 11,08 % de la surface totale du bureau (Tab.VI.2). Cette augmentation des valeurs d'éclairages est due à la localisation de cette zone près du mur rideau ou la composante directe de la voûte céleste est prépondérante. Ceci signifie que les occupants des postes de travail dans cette zone sont exposés au risque d'éblouissement durant le mois de Décembre à cause de la baisse hauteur du soleil. Dans l'ensemble, la surface exposée à l'éblouissement indirect ne représente que 1/10 de la surface totale du bureau.

Les ratios de luminance dans le macro-champ visuel :

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 n'importe quel point dans le champ visuel (Baker et al, 1993). En comparant les données obtenues (Tab.VI.4)

à celles recommandées, les ratios simulés dans le macro-champ visuel respectent les valeurs recommandées, durant les mois de Décembre et Juin (Tab.VI.5). Ces deux mois présentent des situations de confort contrairement au mois de Mars où l'ensemble des ratios ne respecte pas les valeurs recommandées (Tab.VI.5). Les ratios atteignant 1/71 qui causent de l'éblouissement direct et la fatigue. Rappelons que le mur rideau occupe une très grande portion du champ de vision de l'occupant.

En conclusion, le bureau orienté Sud, équipé d'une protection solaire horizontale 'auvent unique' naturellement éclairé, sous un ciel clair ensoleillé, présente sur le plan de travail des situations très acceptables pour les valeurs d'éclairement avec une valeur minimale de 350lux en plus, d'une surface négligeable exposé à l'éblouissement indirect. La protection 'Auvent unique' démontre de manière générale, de meilleures conditions visuelles, efficace pour éviter le risque d'éblouissement dû au contraste.

2.2 Bureau équipé d'un système Auvent subdivisé (orientation Sud) :

2.2.1 Résultats de la Simulation de l'éclairement horizontal à 0,75m du plancher :

Les résultats de la simulation sont présentés sous forme de courbe iso-lux et fausse couleur pour les périodes des solstices (21 Décembre et 21 Juin) et l'équinoxe du printemps (21mars) à 10h, 12h, 14h, et 16h. (Fig.VI.5, VI.6 ,VI.7) (voir annexe B).

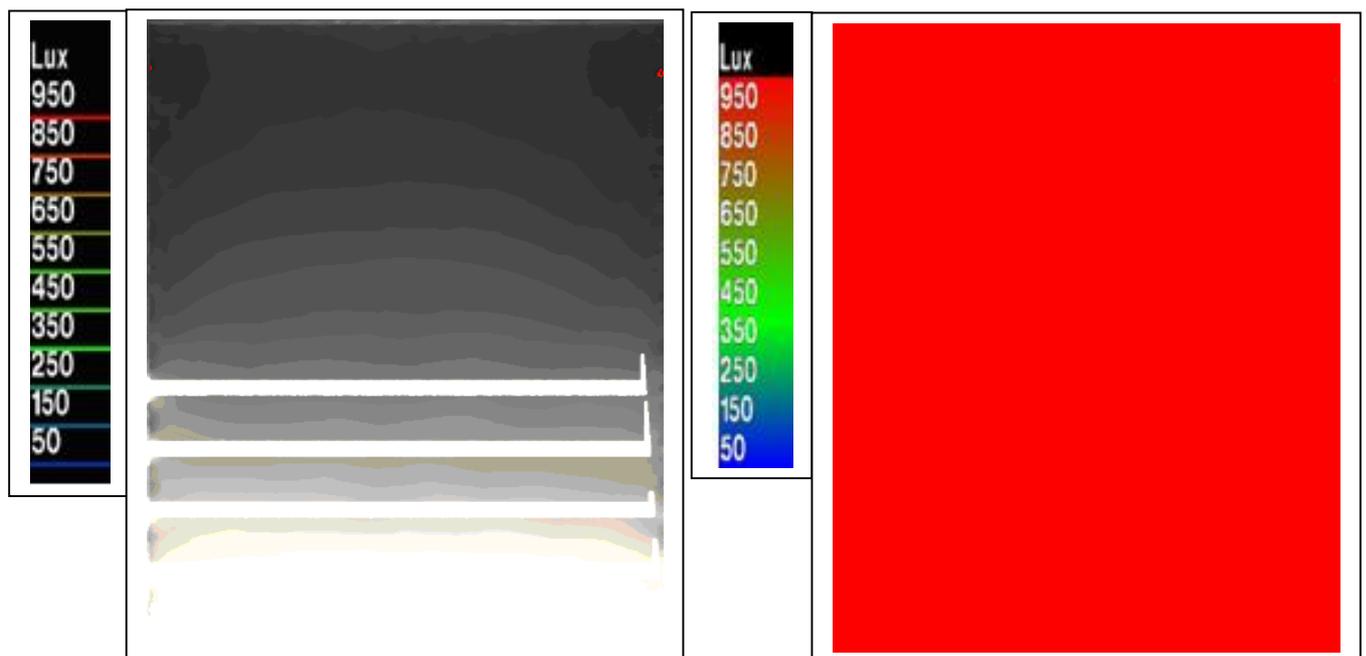


Figure VI.5: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent subdivisé, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

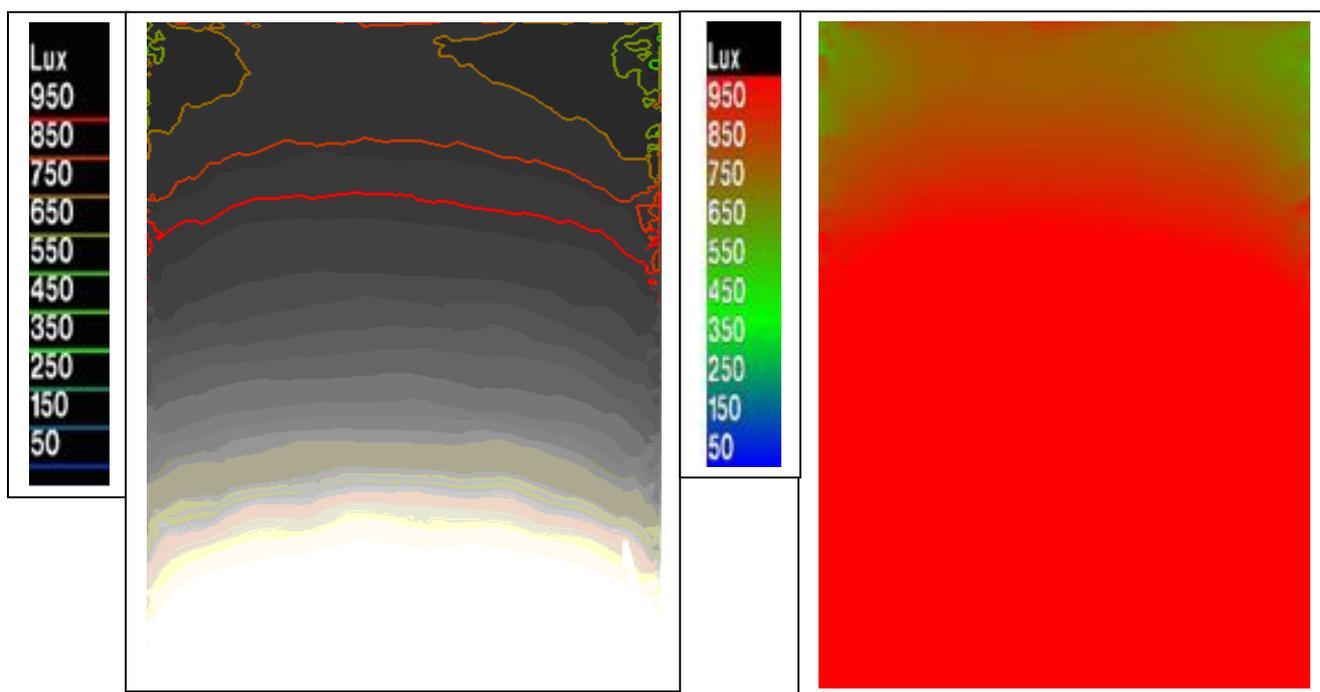


Figure VI.6: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent subdivisé, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

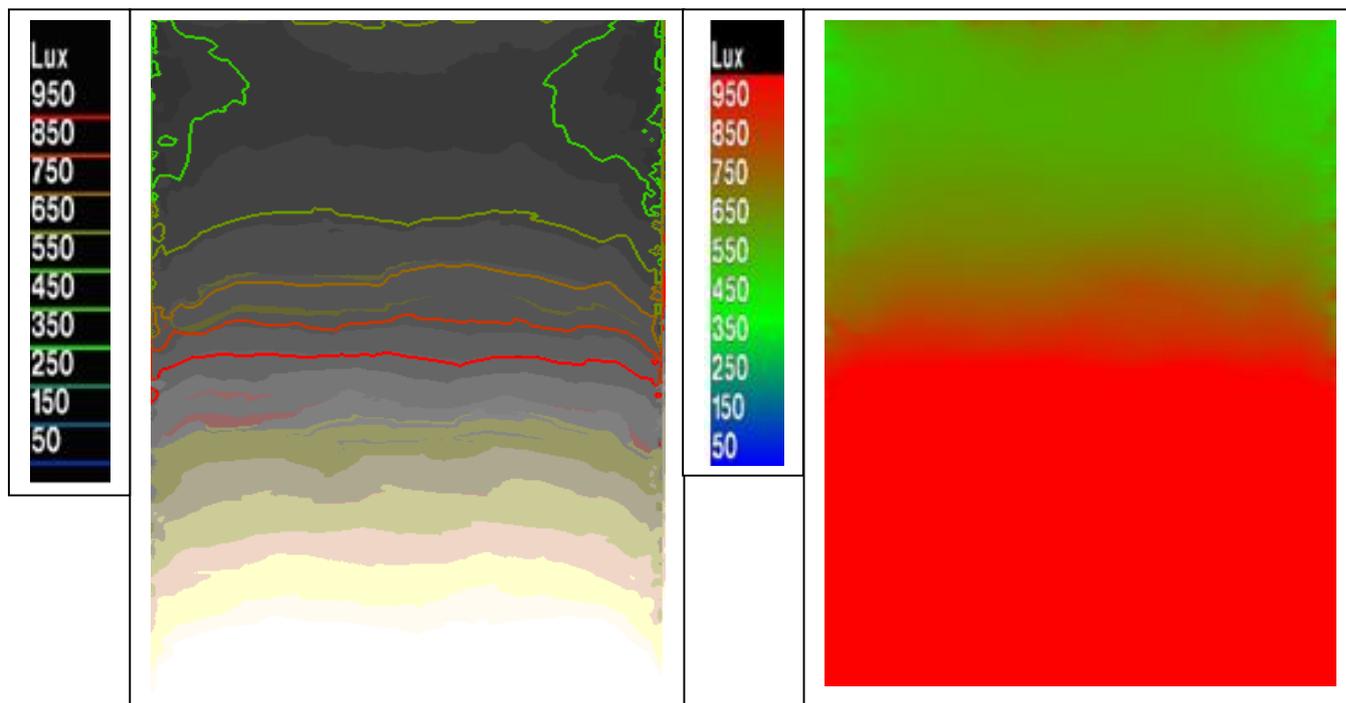


Figure VI.7: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent subdivisé, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

Les données issues des out-put des simulations sont collectés dans les tableaux (Tab.VI.6a,VI.6b,VI.6c) respectivement pour le journées du 21 Décembre,21 Mars,21Juin.

Un tableau récapitulatif permettant la collecte de l'ensemble des données des trois mois considérés (Tab.VI.7).

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	zone1	E > 950	7,87
12H	zone1	E > 950	7,87
14H	zone1	E > 950	7,87
16H	zone1	E > 950	5,30
	zone2	950>E > 750	2,57

(a)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	zone 1	E > 950	5,60
	zone 2	950>E > 650	2,27
12H	zone 1	E > 950	5,70
	zone 2	950>E > 750	2,17
14H	zone 1	E > 950	5,00
	zone 2	950>E > 750	2,87
16H	zone 1	E > 950	4,10
	zone 2	950>E > 550	3,77

(b)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	zone 1	E > 950	3,00
	zone 2	950>E > 550	2,00
	zone 3	550>E > 450	2,87
12H	zone 1	E > 950	4,00
	zone 2	950>E > 650	3,87
14H	zone 1	E > 950	3,20
	zone 2	950>E > 550	4,67
16H	zone 1	E > 950	2,30
	zone 2	950>E > 550	1,80
	zone 3	550>E > 450	3,77

(c)

Tableau VI.6: Tableaux des zones d'éclairage et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour l' Auvent subdivisé (orientation sud), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c). (Source :Auteur)

Mois	Surface moyenne en (%) (E > 2000 lux)	Surface moyenne (2000 >E > 450)	(E) minimale
Décembre	61,75 %	38.25	750 lux
Mars	34,81%	65.19	550 lux
Juin	9,71 %	90.29	450 lux
Surface moyenne générale en (%)	35,42 %	64,58 %	

Tableau VI.7: Tableau récapitulatif des facteurs liés à l'éclairage (Auvent subdivisé, orientation sud). (Source : Auteur).

*(2000 >E > 450) pour 64,58 % de la surface totale du bureau.

*(E > 2000 lux) pour 35,42 % de la surface totale du bureau.

2.2.1.1 Analyse des résultats :

L'ensemble des valeurs d'éclairages horizontales pour les quatre temps de simulation recueillies sur le plan de travail du mois de Décembre sont d'une seule zone d'éclairages. Pour le mois de mars les valeurs d'éclairage sont réparties en deux zones et pour le mois de juin la majorité des valeurs sont divisés en trois zones (Tab.VI.8).

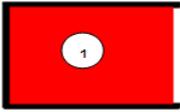
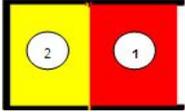
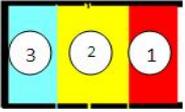
Mois	Nombre de zone	Observation
Décembre	1 zone 	Uniforme
Mars	2 zones 	Moyennement uniforme
Juin	3 zones 	Non uniforme

Tableau VI.8: Récapitulation de nombre de zone d'éclairage (Auvent subdivisé, orientation sud). (Source : Auteur).

Soit un maximum de 61,75 % de la surface totale du bureau pour le mois de décembre, les valeurs d'éclairages atteignent plus de 2000lux dans la zone 1 (près de la fenêtre). Cette valeur diminue à 34,81% Pour le mois de mars puis elle arrive à 9,71 % dans le mois de juin. En Compliment de l'analyse Une moyenne générale des surfaces dont l'éclairage est supérieur à 2000lux à été calculé, cette valeur est de 35,42 % soit plus de (1/4) de la surface totale du bureau (Tab.VI.7).

Une surface moyenne importante de 64.58% de la surface totale du bureau dont les éclairages sont compris entre 350lux et 2000lux (Tab.VI.7). La valeur minimale d'éclairage recueillie sur le plan de travail dans le bureau est de 450 lux dans la zone 3 au fond du bureau à 16h:00 pour le mois de juin. Celles du mois de décembre et mars sont légèrement supérieurs comprise entre 550 et 750lux (Tab.VI.7).

2.2.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)

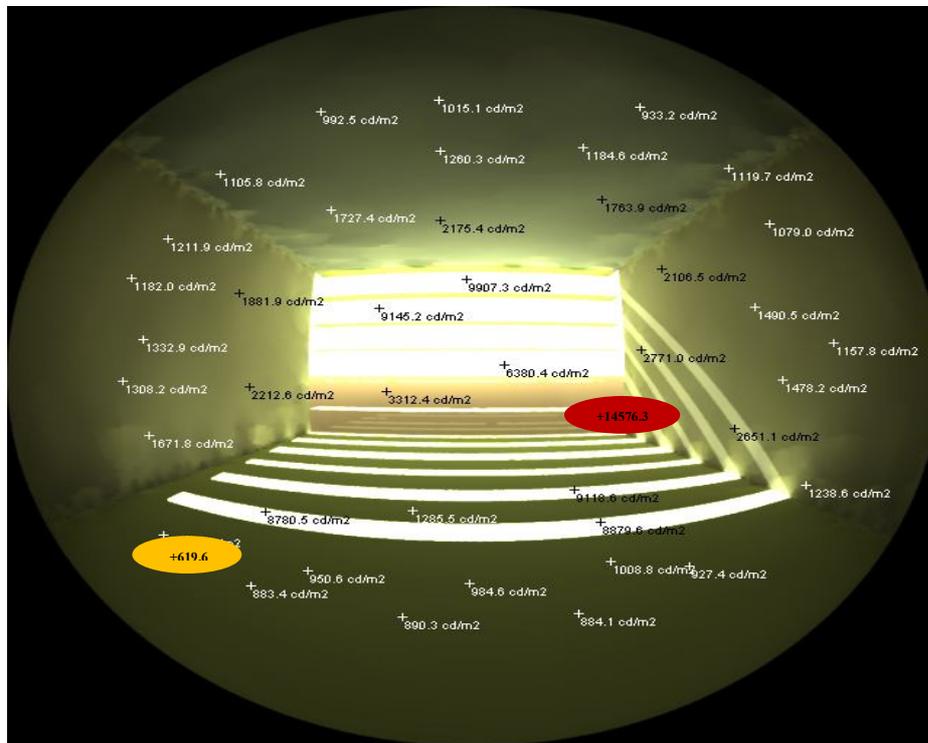
Les données résultantes de la simulation des valeurs des luminances dans le bureau par rapport au macro-champ visuel (Fig.VI.8a, VI.8b, VI.8c) sont récapitulées dans le tableau ci-dessous (Tab.VI.9). le ratio minimale sur celle maximale a été rajouté aux données de ce tableau. L'analyse des résultats est basée sur une comparaison des rapports des luminances simulés en fonction des ratios recommandés (Tab.VI.10).

heure	Décembre			Mars			Juin		
	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax
10h	16364.7	542	1/30	16613,8	269,7	1/61	18573.4	170	1/109
12h	14576.3	619.6	1/23	20823,2	324,9	1/64	16916,4	224	1/75
14h	15608.1	616,5	1/25	19568.9	291,7	1/67	20029.5	192.4	1/104
16h	11590.5	345	1/36	11949.1	211,1	1/56	14644.	149.6	1/97

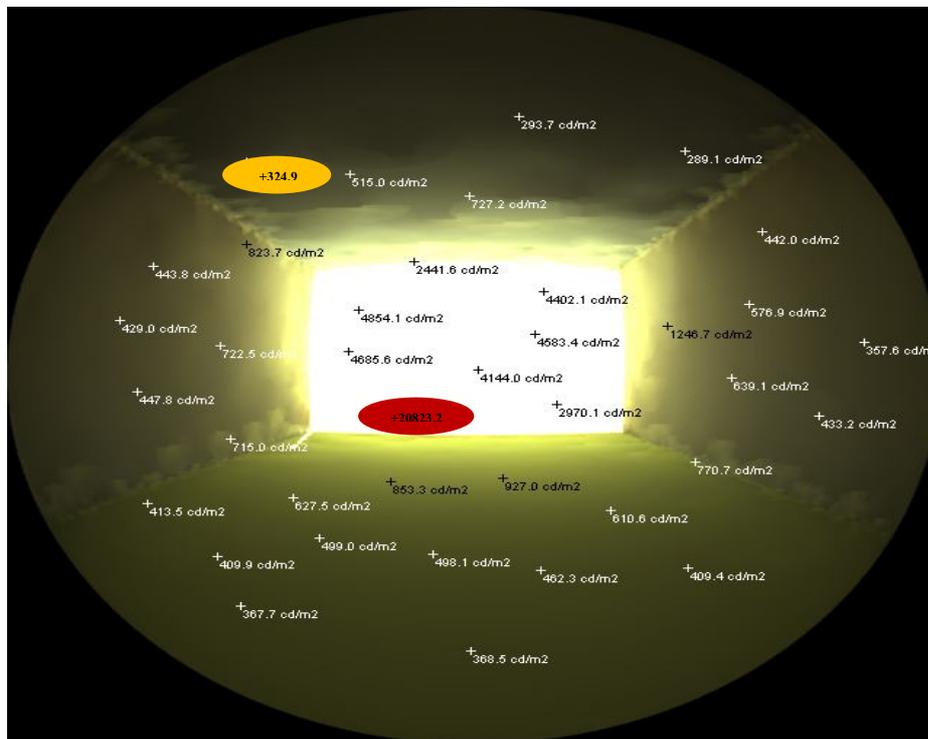
Tableau VI.9: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Auvent subdivisé, orientation sud, sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

Mois	Nombre de fois le ratio est compris entre 1/20 - 1/40	Observation
Décembre	4 fois	Très confortable
Mars	0 fois	inconfortable
Juin	0 fois	inconfortable

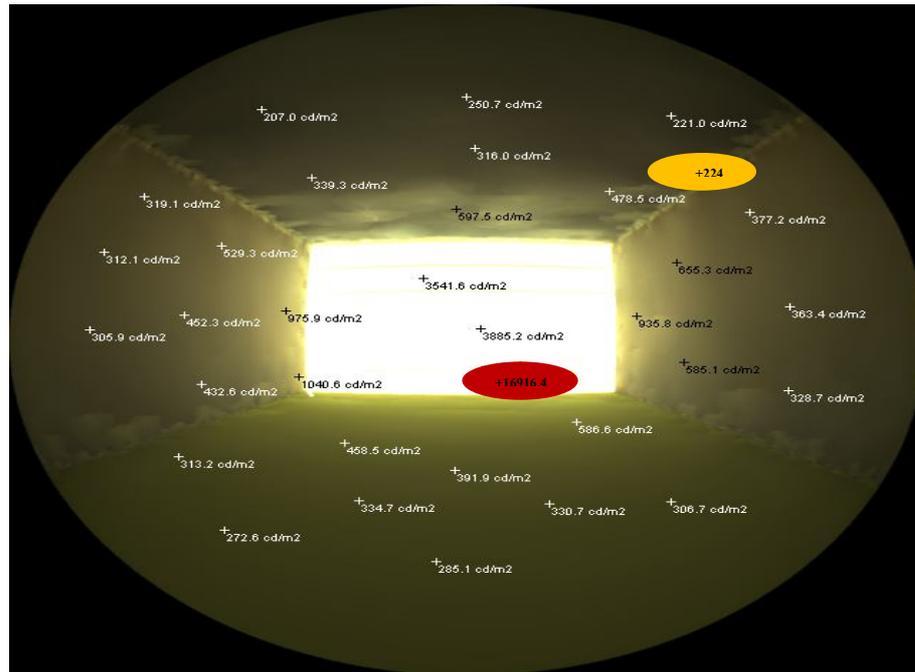
Tableau VI.10: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Auvent subdivisé, orientation sud, sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).



(a)



(b)



(c)

Figure VI.8: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé d'auvent subdivisé, orientation sud) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin. (Source : Auteur)

2.2.2.1 Analyse des résultats :

Une première lecture des ratios de luminances pour les mois de décembre, mars et juin démontre clairement une grande différence. Seul le mois décembre présente les ratios qui se situent entre 1/20 et 1/40 d'un nombre de 4. Par contre pour les mois de mars et juin les ratios sont inférieurs au ratio de référence de 1/40 où les problèmes d'éblouissement semblent presque inévitables (Tabl.VI.10).

2.2.3 Interprétation des résultats

Uniformité des zones d'éclairage

Les mesures d'éclairage recueillies pour le bureau démontrent clairement une différence de l'uniformité des zones d'éclairage entre les saisons. C'est dans le mois de décembre où la distribution est totalement uniforme présentée par une seule zone d'éclairage. Pour le mois de mars la distribution est répartie en deux zones (distribution moyennement uniforme), puis elle augmente en trois zones pour le mois de juin (distribution non uniforme) (Tab.VI.8).

L'éclairage sur le plan de travail :

Comparé à la valeur minimale de référence, le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage, dont la valeur minimale recueillie est de 450 lux. De plus une surface moyenne de 64,58 % de la surface totale du bureau où l'éclairage est compris entre 450 lux

et 2000lux. Quoiqu'une surface de 35.42% soit plus de 1/3de bureau l'éclairément est supérieur à 2000lux ou le risque d'éblouissement est inévitable.

Les ratios de luminance dans le champ visuel :

Les données illustrées sur le tableau VI.9 démontre que le mois de décembre présente des ratios qui respectent la valeur recommandée et cela pour les quatre temps de mesure, l'ambiance dans cette période est qualifier de confortable. Etant tous inférieur a 1/40 aucun ration ne respecte la valeur recommandée pour le mois de mars et juin .Ainsi il ya risque d'éblouissement direct en raison de fort contraste dans le champ visuel de l'occupant de bureau.

En somme, le bureau d'une orienté sud, équipé d'une protection solaire horizontale 'auvent subdivisé' naturellement éclairé, sous un ciel clair ensoleillé présente d'une manière générale une distribution non uniforme des éclairéments sur le plan de travail.

Le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage naturelle. Les résultats démontrent un excès de lumière. Celui-ci étant supérieur à 2000lux dans une surface plus au moins importante de 35.42% soit plus de 1/3de bureau. Le bureau démontre de manière générale, des conditions visuelles inconfortables dans le champ visuel de l'occupant.

2.3 Bureau équipé d'un système Light shelf (orientation Sud) :

2.3.1 Résultats de la Simulation de l'éclairément horizontale à 0,75m du plancher :

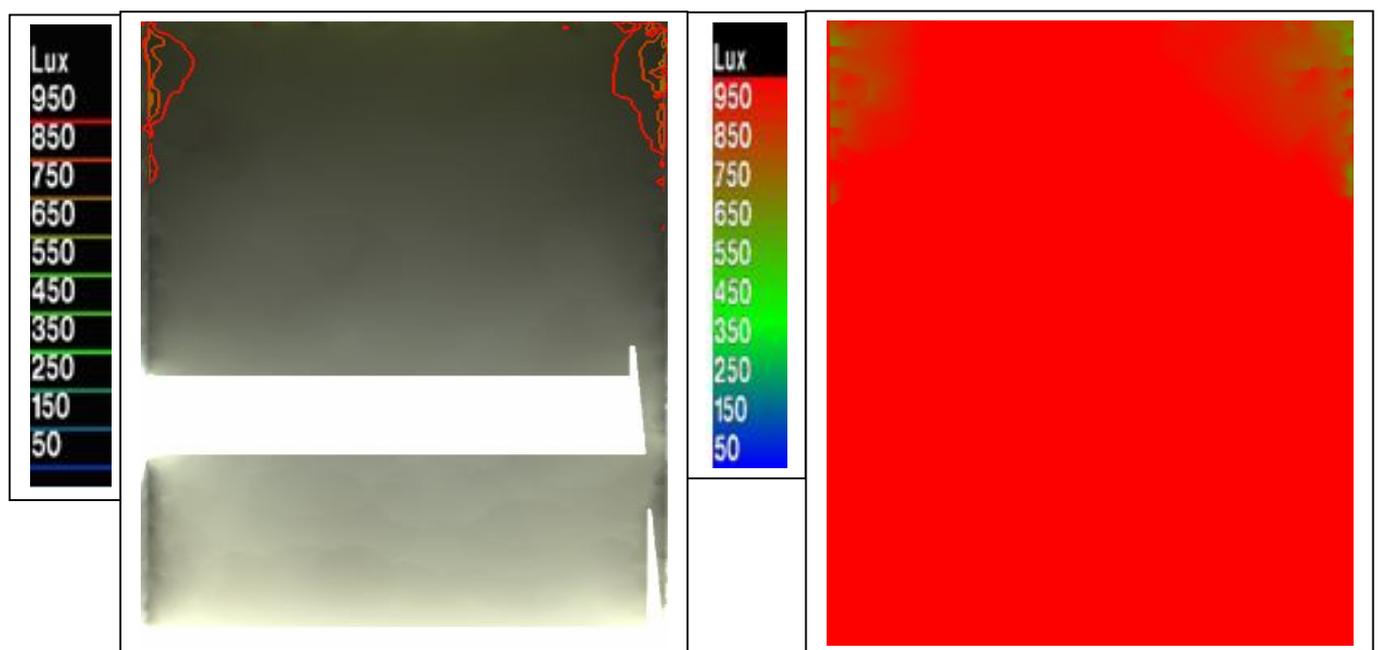


Figure VI.9: Éclairément reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Light shelf, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

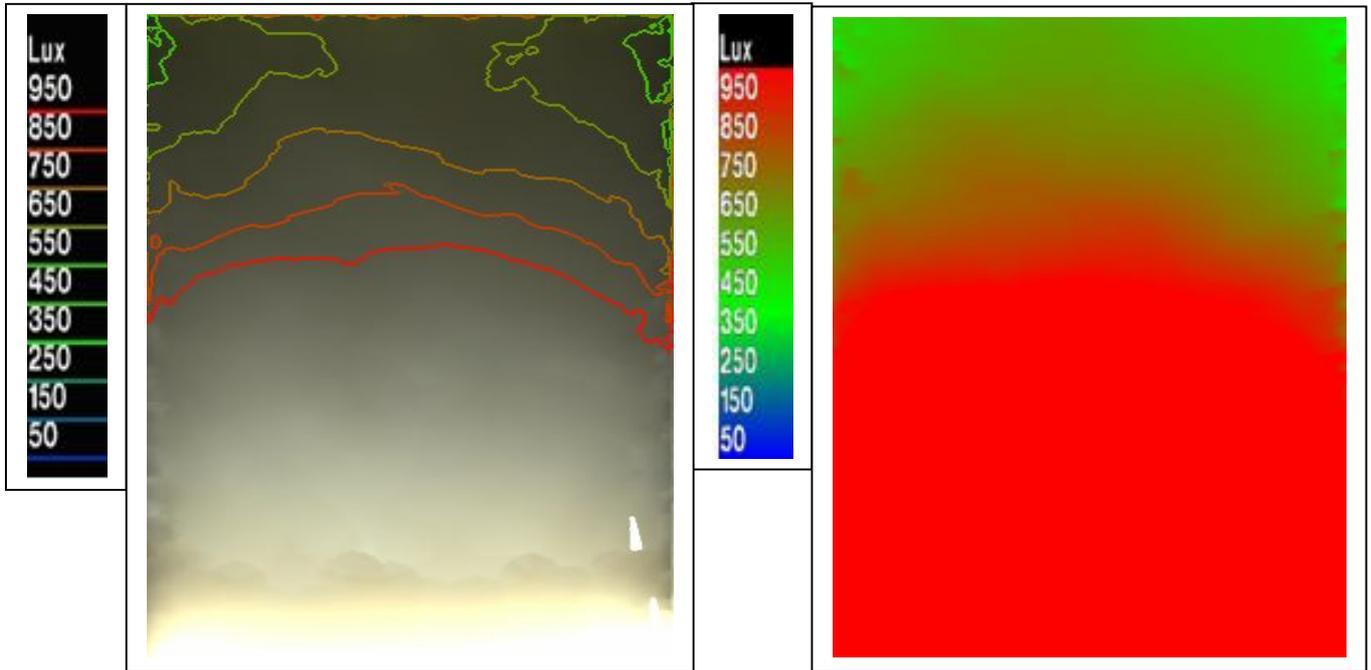


Figure VI.10: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Light shelf, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

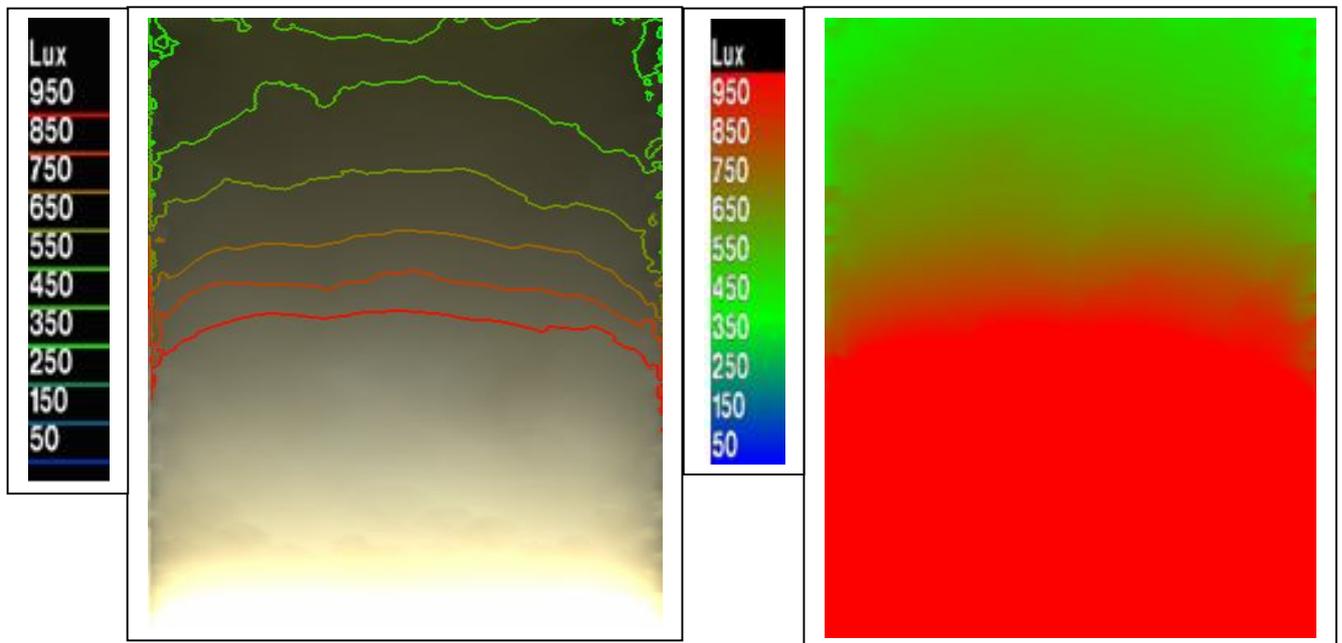


Figure VI.11: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Light shelf, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	zone1	E > 950	7.87
12H	Zone1	E > 950	7.87
14H	zone1	E > 950	7.87
16H	zone1	E > 950	5,00
	Zone2	950>E > 650	2,87

(a)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	zone1	E > 950	4,50
	Zone2	950>E > 650	3,37
12H	zone1	E > 950	5,00
	Zone2	950>E > 750	2,87
14H	zone1	E > 950	3,60
	Zone2	950>E > 550	4,27
16H	zone1	E > 950	3,20
	Zone2	950>E > 550	1,70
	Zone3	550>E > 450	2.97

(b)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	zone1	E > 950	3,30
	Zone2	950>E > 550	2,10
	Zone3	550>E > 450	2.47
12H	zone1	E > 950	4,20
	Zone2	950>E > 550	3,67
14H	Zone1	E > 950	3,50
	Zone2	950>E > 550	2,30
	Zone3	550>E > 450	2.07
16H	zone1	E > 950	2,50
	Zone2	950>E > 550	1,80
	Zone3	550>E > 450	3.57

(c)

Tableau VI.11: Tableaux des zones d'éclairage et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour Light shelf (orientation sud), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c). (Source :Auteur)

Mois	Surface moyenne en (%) (E > 2000 lux)	Surface moyenne (2000 >E > 450)	(E) minimale
Décembre	60,89 %	39.11	650 lux
Mars	21,78 %	78.22	450 lux
Juin	12,89 %	87.11	450 lux
Surface moyenne générale en (%)	31,85 %	68,15%	

Tableau VI.12: Tableau récapitulatif des facteurs liés à l'éclairage (Light shelf, orientation sud). (Source : Auteur).

(2000 >E > 450) pour 68,15 % de la surface totale du bureau

(E > 2000 lux) pour 31,85 % de la surface totale du bureau

2.3.1.1 Analyse des résultats

L'ensemble des valeurs d'éclairages horizontales pour les quatre temps de simulation recueillies sur le plan utile pour le mois de décembre sont d'une seule zone d'éclairages. Pour le mois de mars les valeurs d'éclairage sont divisées en deux zones et pour le mois de juin la majorité des valeurs sont divisés en trois zones (Tab VI.11).

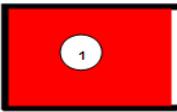
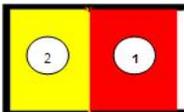
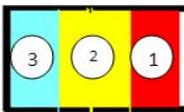
Mois	Nombre de zone	Observation
Décembre	1 zone 	uniforme
Mars	2 zones 	moyennement uniforme
Juin	3 zones 	Non uniforme

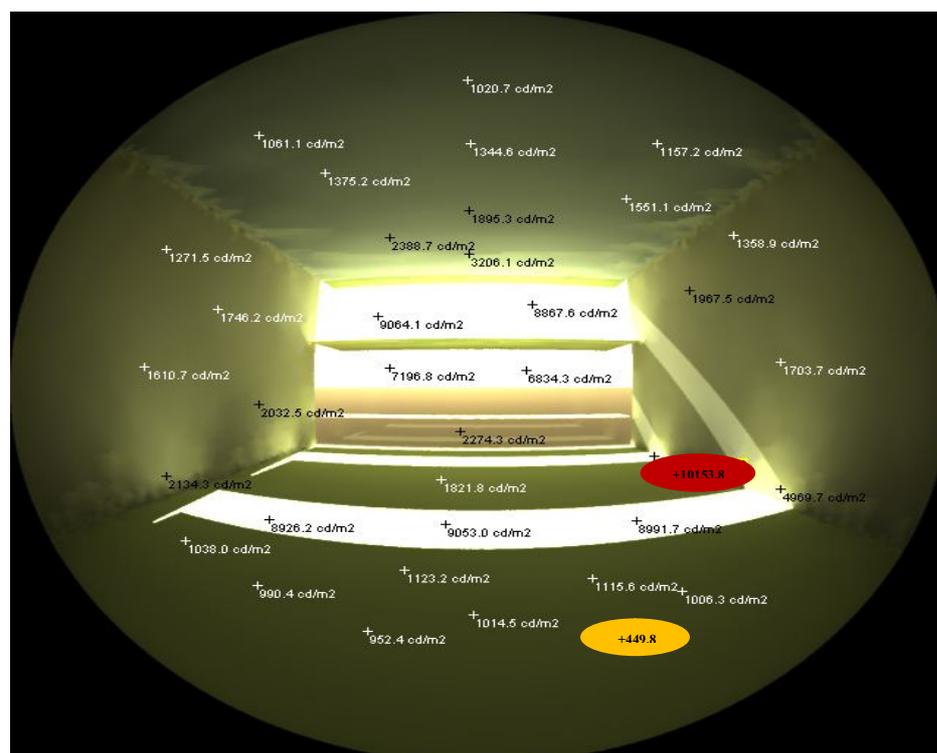
Tableau VI.13: Récapitulation de nombre de zone d'éclairage (Light shelf, orientation sud). (Source : Auteur).

Comme indiqué dans le tableau VI.12 , soit un maximum de 60,89 % de la surface totale du bureau pour le mois de décembre, les valeurs d'éclairéments atteignent plus de 2000lux dans la zone 1(près de la fenêtre). Cette valeur diminue à 21,78% Pour le mois de mars puis elle arrive à 12,89 % dans le mois de juin. En Compliment de l'analyse Une moyenne générale des surfaces dont l'éclairément est supérieur à 2000lux à été calculé, cette valeur est de 31,85 % soit plus de (1/4) de la surface totale du bureau.

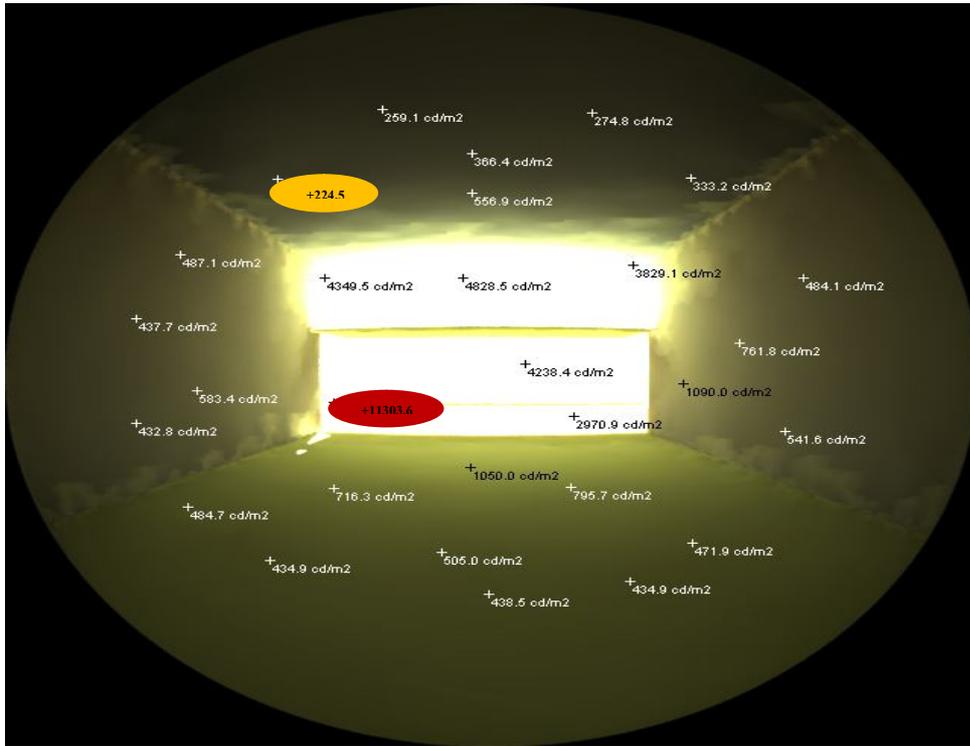
Une surface moyenne importante de 68.15% de la surface totale du bureau dont les éclairéments sont compris entre 350lux et 2000lux(Tab.VI.12). La valeur minimale d'éclairément recueillie sur le plan de travail dans le bureau est de 450 lux dans la zone 3 au fond du bureau à 16h:00 pour le mois de mars et juin (Tab VI.11).

2.3.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)

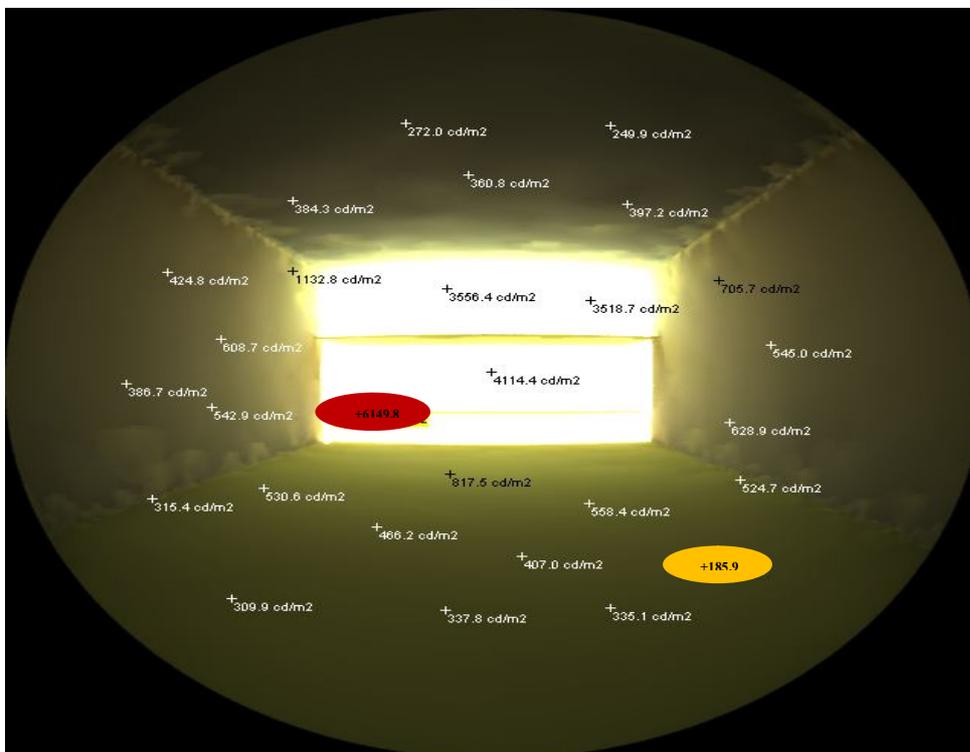
Les données résultantes de la simulation des valeurs des luminances dans le bureau par rapport au macro-champ visuel(Fig.VI.12a,VI.12b,VI.12c) sont récapitulées dans le tableau ci-dessous (Tab.VI.14).le ratio minimale sur celle maximale a été rajouté aux données de ce tableau. L'analyse des résultats est basée sur une comparaison des rapports des luminances simulés en fonction des ratios recommandés(Tab.VI.15).



(a)



(b)



(c)

Figure VI.12: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé d'Auvent subdivisé, orientation sud) (a) 21 Dec, (b) 21 mars, (c) 21 Juin. (Source : Auteur)

heure	Décembre			Mars			Juin		
	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax
10h	11379.1	374.7	1/30	13272.8	179.3	1/74	4457.5	139.4	1/31
12h	10153.8	449.8	1/22	11303.6	224.5	1/50	6149.8	185.9	1/33
14h	10909.9	407.9	1/26	11464.2	216.5	1/52	4893.7	153.2	1/31
16h	7703.0	225.9	1/34	12707.1	134.9	1/94	4107.1	113.2	1/36

Tableau VI.14: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Light shelf, orientation sud , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

Mois	Nombre de fois le ratio est compris entre 1/20 - 1/40	Observation
Décembre	4 fois	Très confortable
Mars	0 fois	inconfortable
Juin	4 fois	Très confortable

Tableau VI.15: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Light shelf, orientation sud , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

2.3.2.1 Analyse des résultats

Le tableau VI.15 montre que pour le mois de décembre et juin, les ratios obtenus dans le champ visuel de l'occupant du bureau pour les quatre temps de simulation, sont similaire et respectent la valeur recommandée. par contre pour le mois de mars tout les ratios ne respectes pas la valeur recommandé.

2.3.3 Interprétation des résultats

Uniformité des zones d'éclairement

Les mesures d'éclairement recueillies pour le bureau démontrent clairement une différence de l'uniformité des zones d'éclairement entre les saisons. C'est dans le mois de décembre ou la distribution est totalement uniforme présenté par une seul zone d'éclairement (Tabl VI.13). Pour le mois de mars la distribution est repartie en deux zones (distribution moyennement uniforme), puis elle augmente en trois zones pour le mois de juin (distribution non uniforme)

L'éclairement sur le plan de travail

Comparé à La valeur minimale de référence, le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage, dont la valeur minimal recueillie est de 450 lux. une surface moyenne

de 68,15 % de la surface totale du bureau dont l'éclairement est comprise entre 450lux et 2000lux. Quoiqu'une surface de 31.85% soit plus de 1/3de bureau l'éclairement est supérieur à 2000lux ou le risque d'éblouissement est inévitable (Tab VI12).

Les ratios de luminance dans le champ visuel

Les données illustrées sur le (Tab VI.15) démontres que le mois de décembre et Juin présente des ratios qui respecte la valeur recommandée et cela pour les quatre temps de mesure, l'ambiance dans cette période est qualifier de confortable. Etant tous inférieur a 1/40 aucun ratio ne respecte la valeur recommandée pour le mois de mars. Ainsi il ya risque d'éblouissement en raison de fort contraste dans le champ visuel de l'occupant de bureau.

En somme, le bureau d'une orientation sud équipé d'une protection solaire horizontale 'Light shelf' naturellement éclairé, sous un ciel clair ensoleillé présente d'une manière générale une distribution non uniforme des éclairagements sur le plan de travail. Le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage naturelle. Les résultats démontrent un excès de lumière, celui-ci étant supérieur à 2000lux dans une surface plus au moins importante de 31.85% soit plus de 1/3de bureau. Le bureau démontre de manière générale, des conditions visuelles inconfortables dans le champ visuel de l'occupant.

2.4 Bureau équipé d'un système Flancs (Orientation Est):

2.4.1 Simulation de l'éclairage horizontal à 0,75m du plancher :

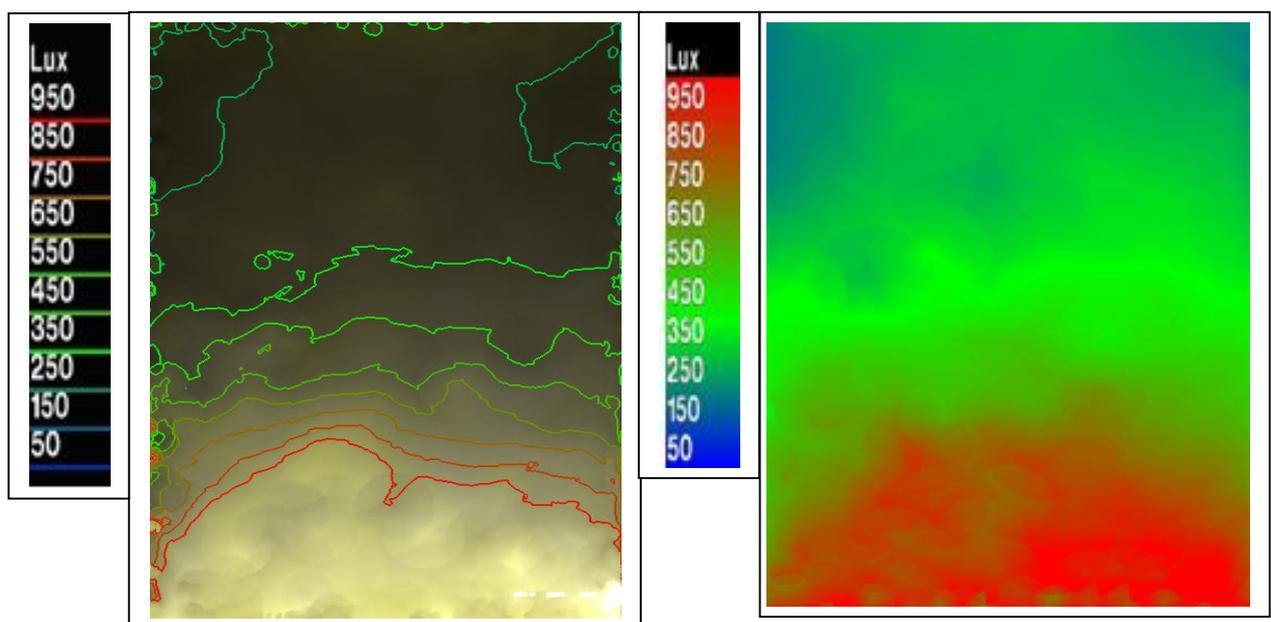


Figure VI.13: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Est, protection Flancs, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

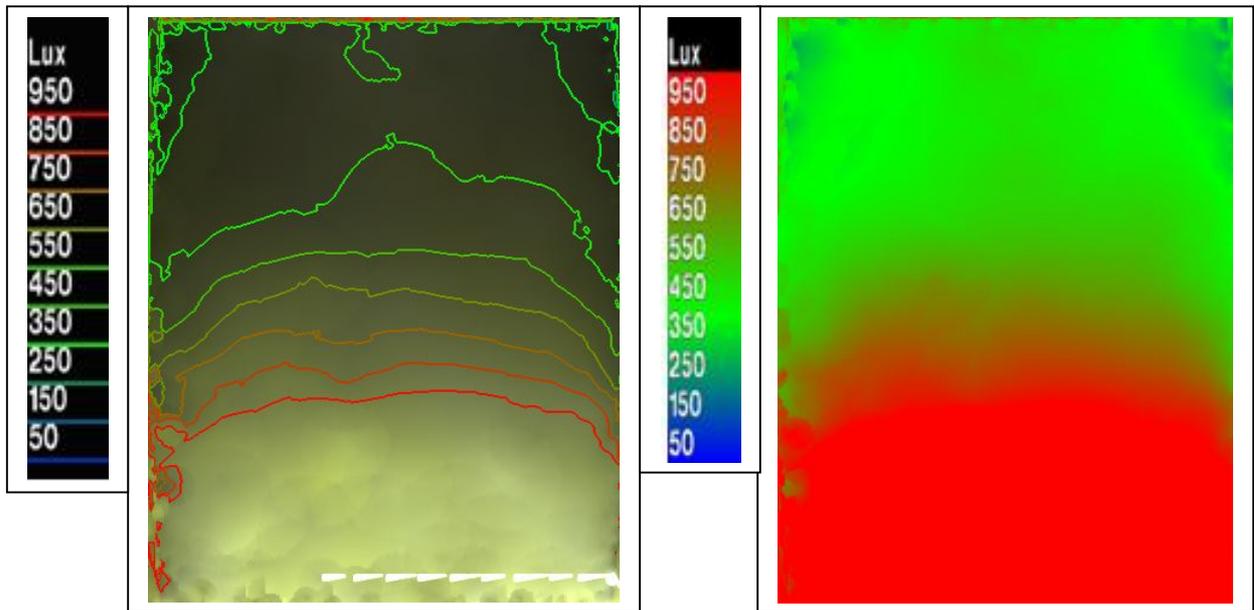


Figure VI.14: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Est, protection Flancs, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

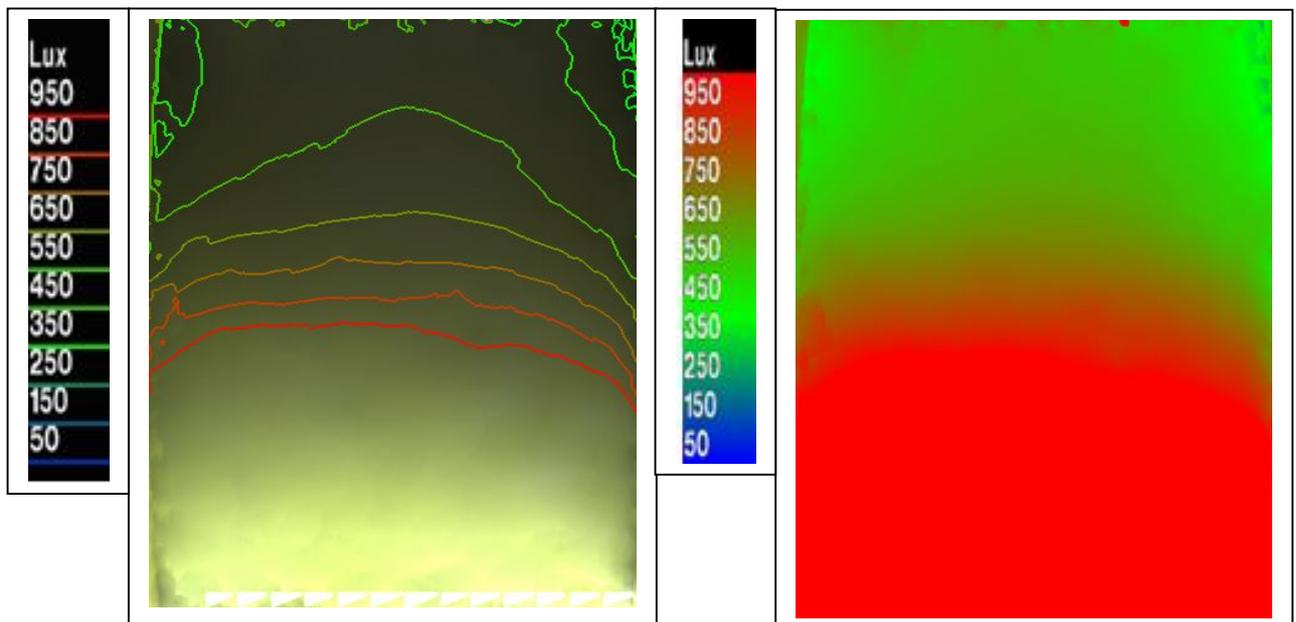


Figure VI.15: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Est, protection Flancs, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	Zone 1	$E > 950$	3,50
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,60
	Zone 3	$550 > E > 350$	2.77
12H	Zone 1	$E > 950$	2,00
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,40
	Zone 3	$550 > E > 350$	4.47
14H	Zone 1	$850 > E > 550$	1,80
	Zone 2	$550 > E > 250$	6,20
16H	Zone 1	$450 > E > 250$	2,00
	Zone 2	$250 > E$	5,87

(a)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	Zone 1	$E > 950$	5,50
	Zone 2	$950 > E > 750$	2,37
12H	Zone 1	$E > 950$	3,20
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,90
	Zone 3	$550 > E > 450$	2.77
14H	Zone 1	$E > 950$	1,00
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,60
	Zone 3	$550 > E > 350$	5.27
16H	Zone 1	$850 > E > 550$	1,80
	Zone 2	$550 > E > 250$	6,07

(b)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	Zone 1	$E > 950$	6,80
	Zone 2	$950 > E > 850$	1,07
12H	Zone 1	$E > 950$	3,90
	Zone 2	$950 > E > 550$	3,97
14H	Zone 1	$E > 950$	1,20
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,50
	Zone 3	$550 > E > 350$	5.17
16H	Zone 1	$E > 950$	0,60
	Zone 2	$950 > E > 550$	1,40
	Zone 3	$550 > E > 250$	5.87

(c)

Tableau VI.16: Tableaux des zones d'éclairage et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour Flancs (orientation Est), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c). (Source :Auteur)

Mois	Surface moyenne en (%) (E > 2000 lux)	Surface moyenne générale (2000 >E > 250)	Surface moyenne générale (250 >E)	(E) minimale
Décembre	21,53%	77.29	1,18%	150 lux
Mars	11,78 %	88.22		250 lux
Juin	0%	100		250 lux
Surface moyenne générale en (%)	11,10%	88,50 %		

Tableau VI.17: Tableau récapitulatif des facteurs lier a l'éclairément (Flancs, orientation Est).(Sourec : Auteur).

(E > 2000 lux) pour 10,42 % de la surface totale du bureau

(2000 >E > 250) pour 88,50 % de la surface totale du bureau

(250 >E) pour 1,18 % de la surface totale du bureau

2.4.1.1 Analyse des résultats

L'ensemble des valeurs d'éclairéments horizontales pour les quatre temps de simulation recueillies sur le plan utile sont de 3 zones d'éclairéments et cela pour le mois de décembre, mars et juin.

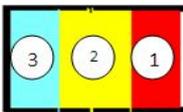
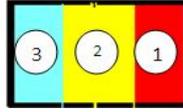
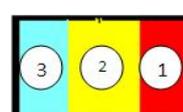
Mois	Nombre de zone	Observation
Décembre	3 zones 	Non uniforme
Mars	3 zones 	Non uniforme
Juin	3 zones 	Non uniforme

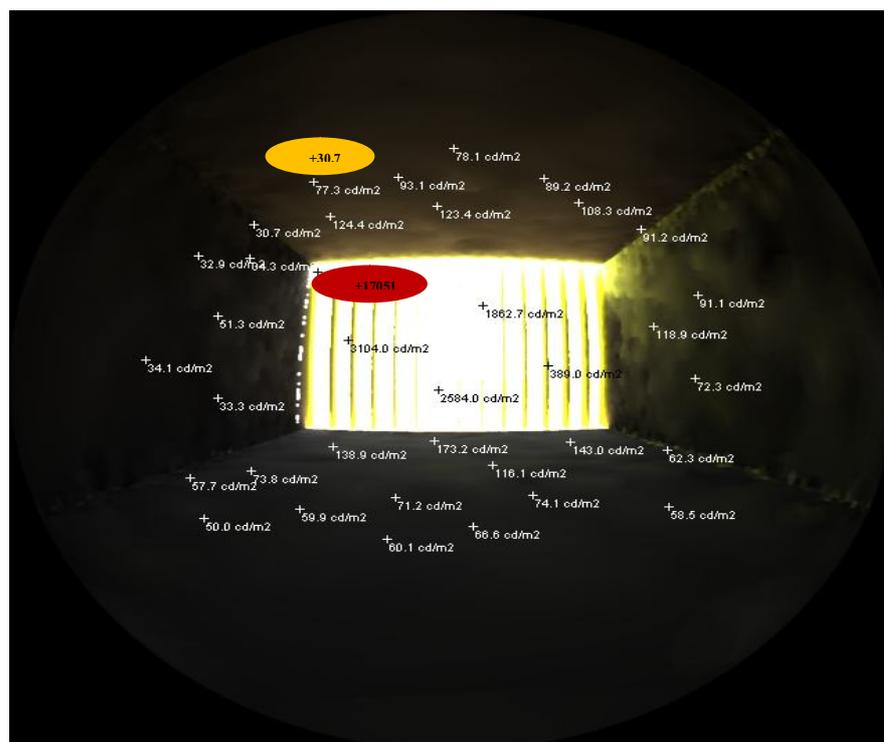
Tableau VI.18: Récapitulation de nombre de zone d'éclairément (Flancs, orientation Est). (Source : Auteur).

Comme indiqué dans le tableau VI.17 soit un maximum de 21,53 % de la surface totale du bureau pour le mois de décembre, les valeurs d'éclairéments atteignent plus de 2000lux dans la zone 1 (près de la fenêtre). Cette valeur diminue à 11,78% Pour le mois de mars. Pour le mois de juin la valeur est de zéro. En Compliment de l'analyse Une moyenne générale des surfaces dont l'éclairément est supérieur à 2000lux à été calculé, cette valeur est de 11,91 % soit plus de (1/8) de la surface totale du bureau.

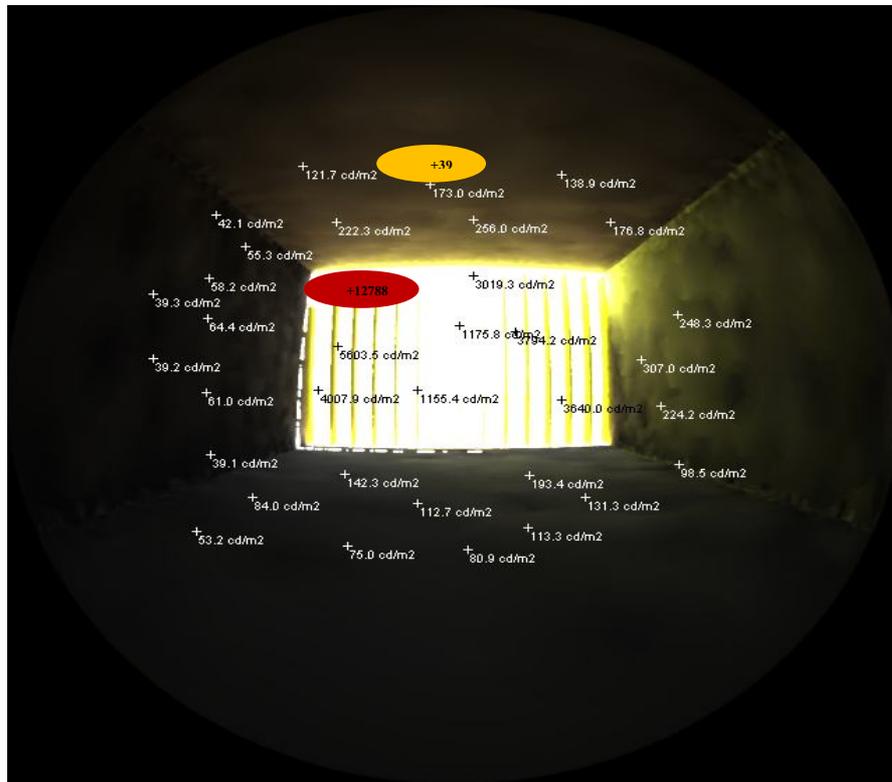
Une surface moyenne importante de 88.50% de la surface totale du bureau dont les éclairéments sont compris entre 250lux et 2000lux(Tab.VI.17). La valeur minimale d'éclairément recueillie sur le plan de travail dans le bureau est de 250 lux dans la zone 3 au fond du bureau à 16h:00 pour le mois de mars et juin (Tab.VI.16).

2.4.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)

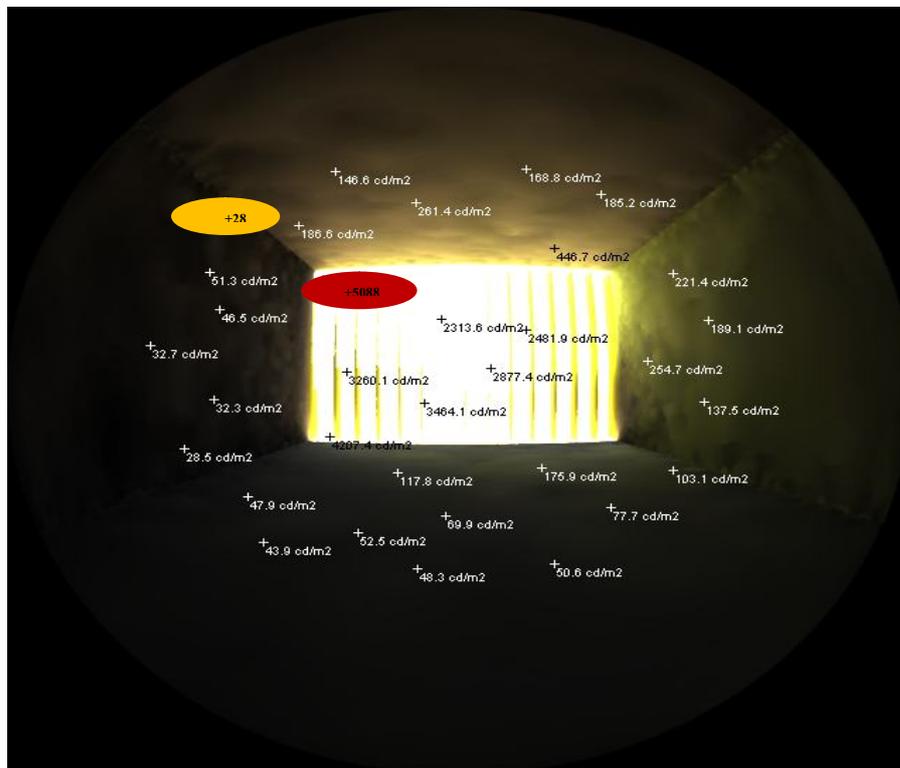
Les données résultantes de la simulation des valeurs des luminances dans le bureau par rapport au macro-champ visuel(Fig. VI.16a, VI.16b, VI.16c) sont récapitulées dans le tableau ci-dessous (Tab.VI.19).le ratio minimale sur celle maximale a été rajouté aux données de ce tableau. L'analyse des résultats est basée sur une comparaison des rapports des luminances simulés en fonction des ratios recommandés(Tab.VI.20).



(a)



(b)



(c)

Figure VI.16: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé de Flancs, orientation Est) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin. (Source : Auteur)

heure	Décembre			Mars			Juin		
	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax
10h	13880	33	1/420	12791	58	1/220	17620	60	1/293
12h	17051	30.7	1/560	12788	39	1/327	5088	28	1/181
14h	15306	20	1/765	10457	26	1/402	3492	28	1/124
16h	6481	11.3	1/573	4030	18	1/223	4193	29	1/144

Tableau VI.20: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Flancs,orientation Est , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

Mois	Nombre de fois le ratio est compris entre 1/20 - 1/40	Observation
Décembre	0 fois	Inconfortable
Mars	0 fois	Inconfortable
Juin	0 fois	Inconfortable

Tableau VI.20: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Flancs,orientation Est , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

2.3.2.1 Analyse des résultats

Une première lecture des ratios de luminances démontre clairement que aucun ratio ne respecte la valeur recommandé et cela pour le mois de Decembre,Mars et Juin (Tab VI.20).

2.3.3 Interprétation des résultats

Uniformité des zones d'éclairément

Les mesures d'éclairément recueillies pour le bureau démontrent une similarité dans la distribution des valeurs d'éclairément pour les trois mois. Une distribution dont la majorité est de trois zones. Qui implique que la distribution est non uniforme.

L'éclairément sur le plan de travail

Comparé à La valeur minimale de référence, le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage, dont la valeur minimal recueillie est de 250 lux. De plus une surface moyenne de 88.50% de la surface totale du bureau dont l'éclairément est comprise entre 250lux et 2000lux. Quoiqu'une surface de 11.10% de bureau ,l'éclairément est supérieur à 2000lux où le risque d'éblouissement est inévitable.

Les ratios de luminance dans le champ visuel

Les données illustrées sur le Tab VI.20 démontrent que la totalité des ratios ne respectent pas valeur recommandée. Ainsi il ya risque d'éblouissement en raison de fort contraste dans le champ visuel de l'occupant de bureau.

En conclusion, le bureau d'une orientation Est équipé d'une protection solaire verticale 'Flanc' naturellement éclairé, sous un ciel clair ensoleillé présente d'une manière générale une distribution non uniforme des éclairagements sur le plan de travail. Le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage naturelle. Les résultats démontrent un excès de lumière, celui-ci étant supérieur à 2000lux dans une surface pas importante de 11.91% de la surface totale du bureau. Le bureau démontre des conditions visuelles inconfortables dans le champ visuel de l'occupant.

1-6 Bureau équipé d'un système de protection Nid d'abeille :

1-6-1 Simulation de l'éclairage horizontale à 0,75m du plancher :

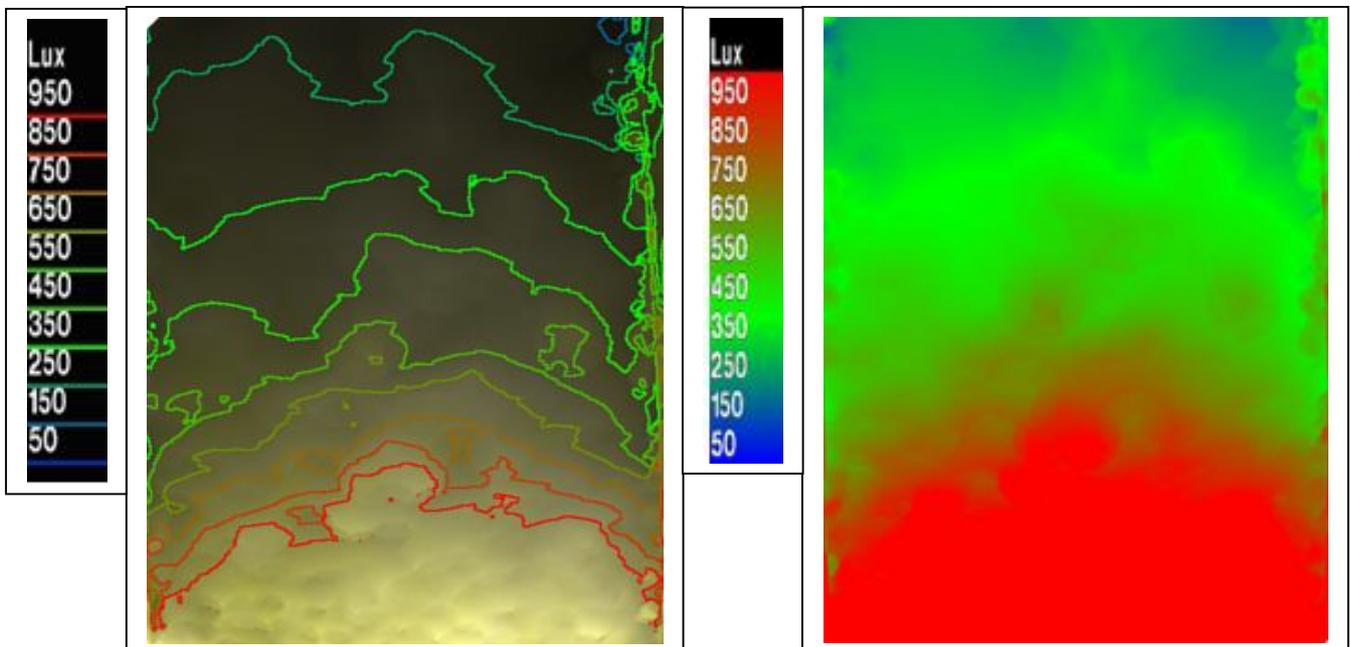


Figure VI.17: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud-Est, protection Nid d'abeille, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

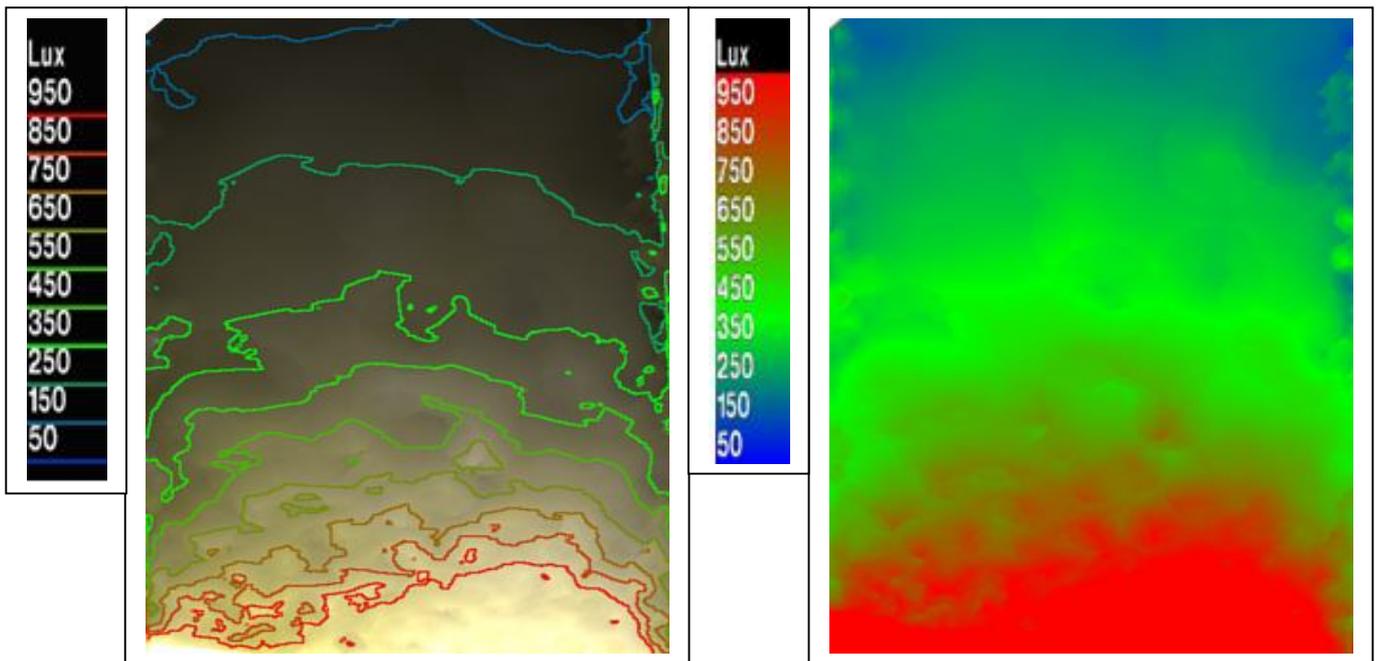


Figure VI.18: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud-Est, protection Nid d'abeille, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

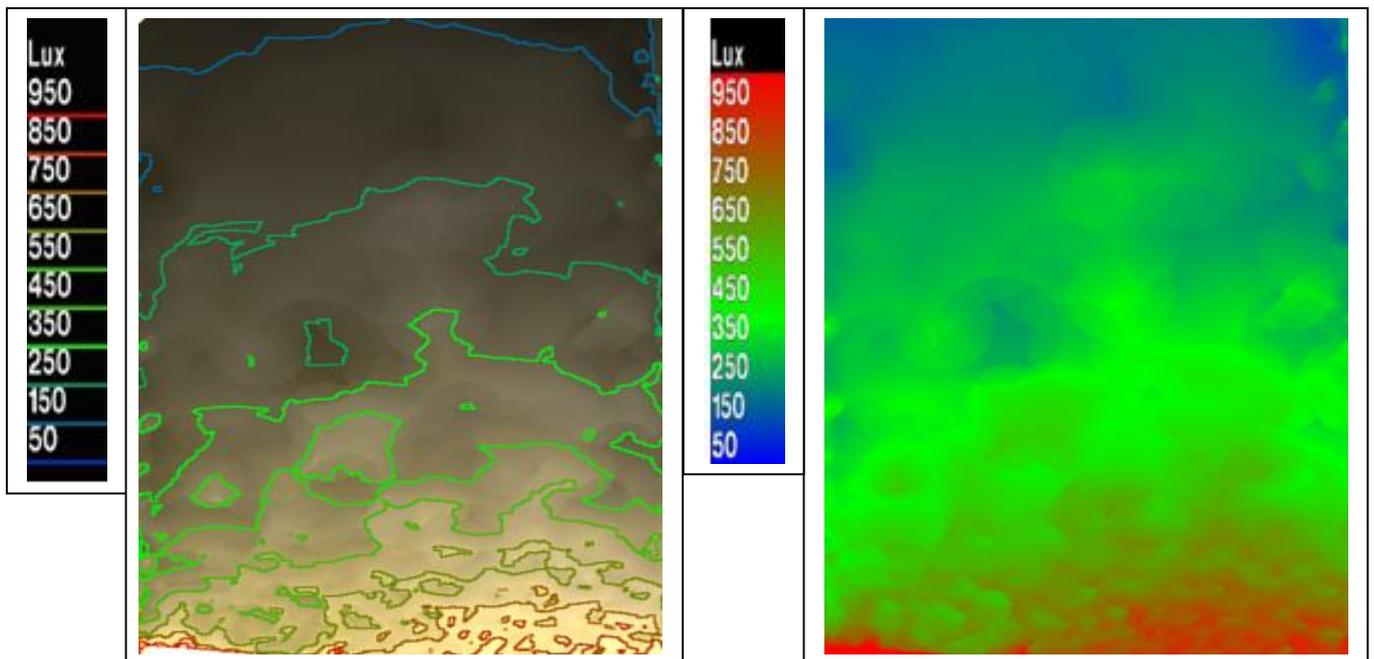


Figure VI.19: Éclairage reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud-Est, protection Nid d'abeille, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). (Source : Auteur)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	Zone 1	550>E > 250	2,63
	Zone 2	250> E	5,24
12H	Zone 1	E > 950	1,60
	Zone 2	950>E > 550	2,00
	Zone 3	550>E > 350	4.27
14H	Zone 1	E > 950	5,50
	Zone 2	950>E > 750	2,50
16H	Zone 1	E > 950	7.87

(a)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	Zone 1	550>E > 250	7.87
12H	Zone 1	E > 950	1,00
	Zone 2	950>E > 550	2,00
	Zone 3	550>E > 350	4.87
14H	Zone 1	E > 950	3,20
	Zone 2	950>E > 550	2,30
	Zone 3	550>E > 450	2.37
16H	Zone 1	E > 950	4,90
	Zone 2	950>E > 650	2,97

(b)

Heure	Nombres de zones	Eclairage lux	Profondeur de la zone en m
10H	Zone 1	550>E > 250	7.87
12H	Zone 2	850>E > 550	1,90
	Zone 3	550>E > 250	5,97
14H	Zone 1	E > 950	1,50
	Zone 2	950>E > 550	2,00
	Zone 3	550>E > 350	4.37
16H	Zone 1	E > 950	1,90
	Zone 2	950>E > 550	1,30
	Zone 3	550>E > 350	4.67

(c)

Tableau VI.21: Tableaux des zones d'éclairage et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour Nid d'abeille (orientation Sud-Est), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c). (Source :Auteur)

Mois	Surface moyenne en (%) (E > 2000 lux)	Surface moyenne générale (2000 >E > 250)	Surface moyenne (250 >E)	(E) minimale
Décembre	32,36 %	66.59		98 lux
Mars	8,54 %	91.46		250 lux
Juin	0,00 %	100		250 lux
Surface moyenne générale en (%)	12,63%	86,01%	1,05 %	

**Tableau VI.22: Tableau récapitulatif des facteurs liés à l'éclairage (Nid d'abeille, orientation Sud-Est).
(Source : Auteur).**

E > 2000 lux) pour 12,63 % de la surface totale du bureau

(2000 >E > 250) pour 86,01 % de la surface totale du bureau

250 lux E pour 1,05 % de la surface totale du bureau

2.3.1.1 Analyse des résultats

L'ensemble des valeurs d'éclairages horizontales recueillies sur le plan utile ont une distribution d'une zone à trois zones pour les trois journées de simulation. Le bureau présente un maximum de 33,36 % de la surface totale du bureau pour le mois de décembre, les valeurs d'éclairages atteignent plus de 2000lux dans la zone 1 (près de la fenêtre). Cette valeur diminue à 8,54% pour le mois de mars. Elle est égale à zéro pour le mois de juin. Une moyenne générale des surfaces dont l'éclairage est supérieure à 2000lux a été calculée, cette valeur est de 12,63 % soit plus de (1/8) de la surface totale du bureau (Tab VI.22).

Une surface moyenne importante de 86.01% de la surface totale du bureau dont les éclairages sont compris entre 250lux et 2000lux (tableau). La valeur minimale d'éclairage recueillie sur le plan de travail dans le bureau est de 250 lux (Tab VI.22)..

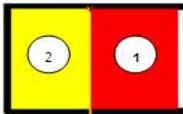
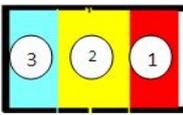
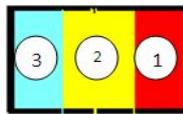
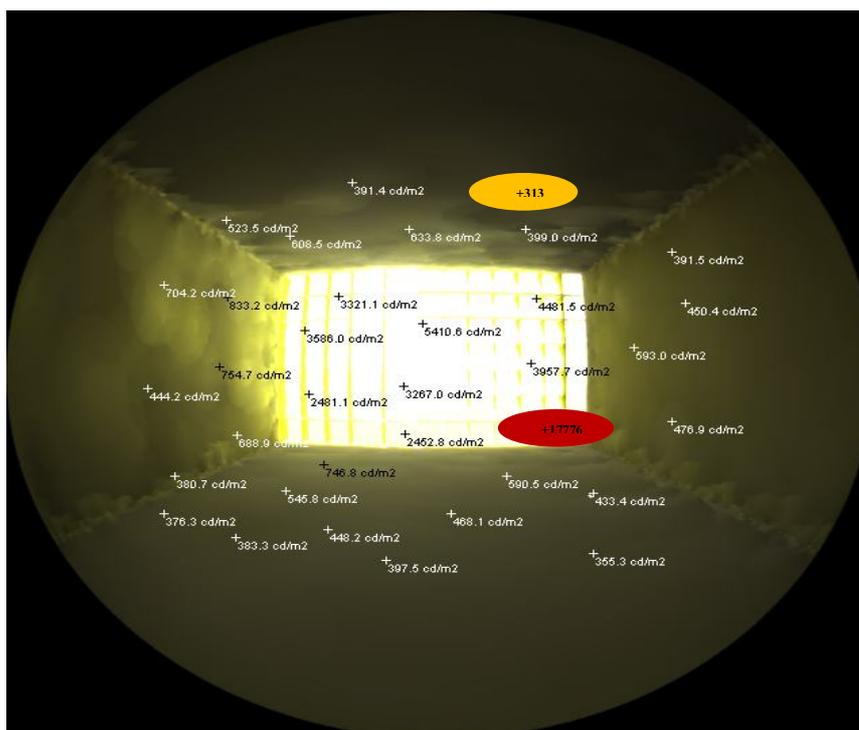
Mois	Nombre de zone	Observation
Décembre	2 zones 	Moyennement uniforme
Mars	3 zones 	Non uniforme
Juin	3 zones 	Non uniforme

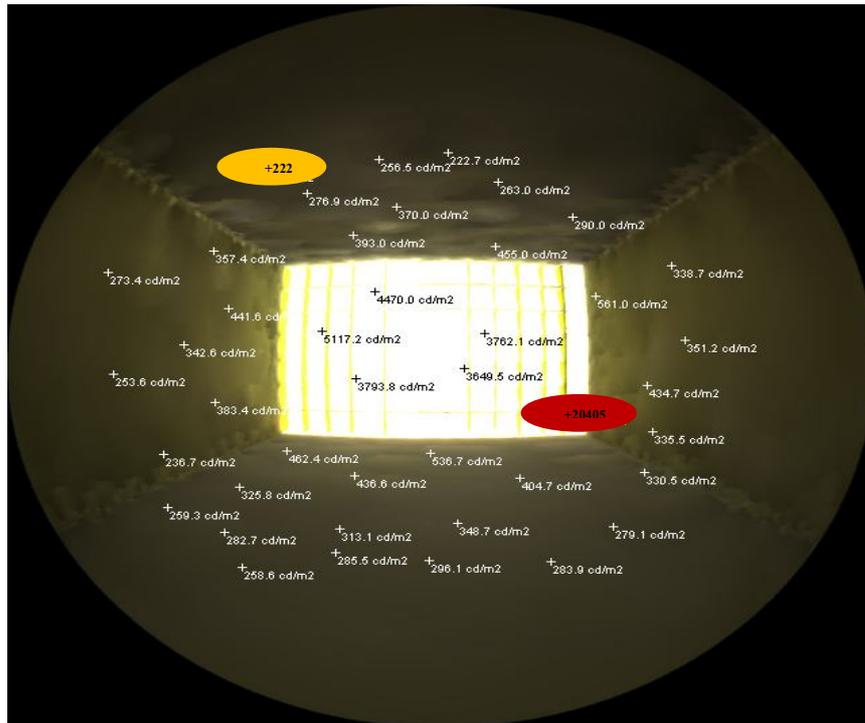
Tableau VI.23: Récapitulatif de nombre de zone d'éclairage (Nid d'abeille, orientation Sud-Est). (Source : Auteur).

2.4.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)

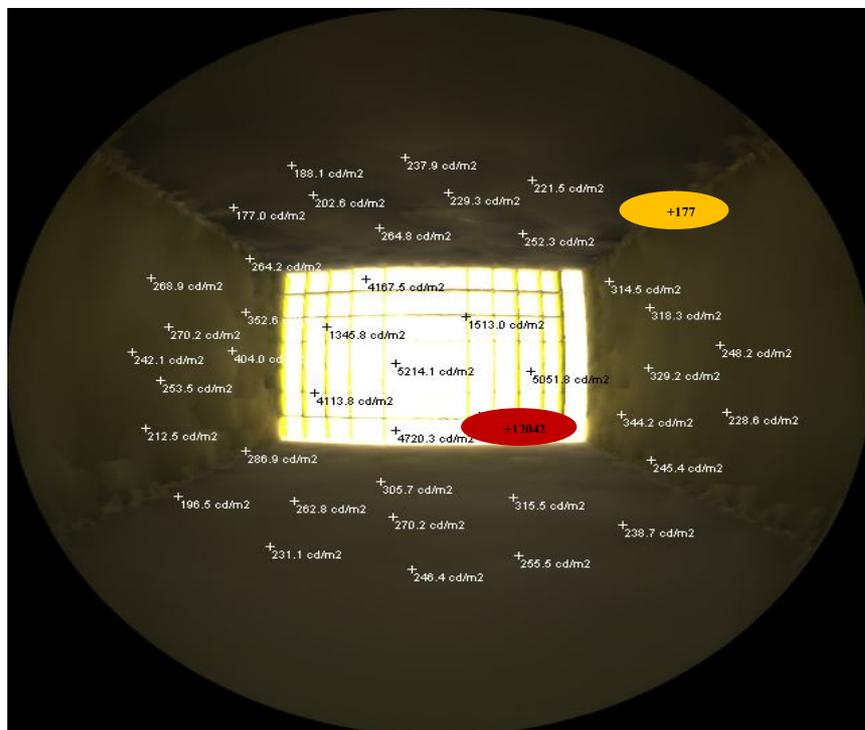
Les données résultantes de la simulation des valeurs des luminances dans le bureau par rapport au macro-champ visuel(Fig.VI.20a,VI.20b,VI.20c) sont récapitulées dans le tableau ci-dessous (Tab.VI.24).le ratio minimale sur celle maximale a été rajouté aux données de ce tableau. L'analyse des résultats est basée sur une comparaison des rapports des luminances simulés en fonction des ratios recommandés(Tab.VI.25).



(a)



(b)



(c)

Figure VI.20: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé de Nie d'abeille, orientation sud-Est) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin. (Source : Auteur)

heure	Décembre			Mars			Juin		
	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax	L max c/m ²	L min c/m ²	Ratio Lmin /Lmax
10h	13965	90	1/155	8748	119	1/73	4903	125	1/39
12h	17776	313	1/56	20405	222	1/91	12042	177	1/68
14h	14937	1001	1/14	20656	540	1/38	22647	258	1/87
16h	19871	1209	1/16	15748	923	1/17	21289	278	1/76

Tableau VI.24: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Nid d'abeille,orientation Sud-Est , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

Mois	Nombre de fois le ratio est compris entre 1/20 - 1/40	Observation
Décembre	2 fois	Moyennement confortable
Mars	2 fois	Moyennement confortable
Juin	1 fois	inconfortable

Tableau VI.25: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Nid d'abeille,orientation Sud-Est , sous ciels claire ensoleillés) (Source : Auteur).

2.3.2.1 Analyse des résultats

Le tableau VI.25 montre que seuls les ratios obtenus à 14h et 16h pour le mois de décembre et mars respectent la valeur de référence recommandée. Les ratios obtenus à 10h et à 12h ne respectent pas cette dernière. Pour le de juin un seul ratio obtenu à 10h qui respecte la valeur recommandée. Les trois autre ratios obtenus à 12h,14h et 16h sont trop faibles(Tab VI.24).

2.3.3 Interprétation des résultats

Uniformité des zones d'éclairément

Les mesures d'éclairément recueillies pour le bureau démontrent une similarité dans la distribution des valeurs d'éclairément pour les mois de mars et juin, dans le nombre de zones d'éclairéments est de 3 , cette distribution est qualifier de non uniforme. Pour le mois de

décembre le nombre de zones d'éclairages est d'un nombre de 2, qui implique que la distribution est moyennement uniforme.

L'éclairage sur le plan de travail

Comparé à La valeur minimale de référence, le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage, dont la valeur minimal recueillie est de 250 lux (TabVI.22). De plus une surface moyenne de 86.01% de la surface totale du bureau dont l'éclairage est compris entre 250lux et 2000lux. Quoiqu'une surface de 12,63 % soit plus de (1/8) de bureau l'éclairage est supérieur à 2000lux ou le risque d'éblouissement est inévitable.

Les ratios de luminance dans le champ visuel

Les données illustrées sur le (Tab VI6.25) démontrent que les mois de décembre et mars présentes des situations moyennement confortables pour les occupants du bureau. Pour le mois de juin la majorité des ratios obtenus sont trop faibles Ainsi il ya risque d'éblouissement direct dans le champ visuel de l'occupant de bureau.

En guise conclusion Le bureau d'une orientation sud-ouest équipé d'une protection solaire combiné 'Nie d'abeille' naturellement éclairé, sous un ciel clair ensoleillé présente d'une manière générale une distribution non uniforme des éclairages sur le plan de travail. Le bureau présente une meilleure performance en matière d'éclairage naturelle dont la valeur minimale est de 250lux. Les résultats démontrent un excès de lumière, celui-ci étant supérieur à 2000lux dans une surface pas importante de 12,63% soit 1/8 de bureau. Le bureau démontre des conditions visuelles moyennement confortables dans le macro-champ visuel de l'occupant.

Les données résultantes de la simulation des indicateurs liés à la performance en éclairage naturel sont récapitulées dans le tableau ci-dessous (Tab.VI.26).

Système de protection		mois	Uniformité	E min	2000 >E > 250	E > 2000 lux	Ambiance. (Macro champs visuel)
S U D ES - OU S-E - S-O	Auvent unique	DECEMBRE		550	76.63% > 550	23,37 %	Confortable
	Auvent subdivisé			750	38.25% > 750	61,75 %	Très confortable
	Light shelf			650	39.11% > 650	60,89 %	Très confortable
	Flanc			150	77.29 > 250 1,18% if 250	21,53 %	Inconfortable
	Nid d'abeille			98	66.59 > 250 1,05 % if 250	33,41%	Moyennement confortable
S U D ES - OU S-E S-O	Auvent unique	MARS		450	91.88% > 450	8,12 %	Inconfortable
	Auvent subdivisé			550	65.19% > 550	34,81%	Inconfortable
	Light shelf			450	78.22% > 450	21,78 %	Inconfortable
	Flanc			250	88.22 > 250	11,78 %	Inconfortable
	Nid d'abeille			250	91.46 SUP 250LUX	8.54%	Moyennement confortable
S U D ES - OU S-E - S-O	Auvent unique	JUIN		350	98.23% > 350	1,77 %	Confortable
	Auvent subdivisé			450	90.29% > 450	9,71 %	Inconfortable
	Light shelf			450	87.11% > 450	12,89 %	Très confortable
	Flanc			250	100% > 250	0.00%	Inconfortable
	Nid d'abeille			250	100% SUP 250 LUX	0.00%	Inconfortable

Tableau VI. 26: récapitulation des performances en éclairage naturel (Source: Auteur)

3. Conclusion

Cette expérimentation des performances en éclairage naturel dans un bureau ont été effectués au moyen du logiciel de simulation de l'éclairage 'Radiance (2.0 BETA)'. Les critères du confort visuel ont été évalués en considérant : l'uniformité des éclairagements, niveau d'éclairage sur le plan de travail, et les ratios des luminances dans le macro champ visuel.

Les protections solaires étudiées sont l'auvent 'unique', l'auvent 'subdivisé' et le light-shelf pour l'orientation sud. les flancs pour l'orientation est et le nie d'abeille pour l'orientation sud-ouest. La simulation a considéré les journées des solstices et l'équinoxe du printemps (21 Décembre, 21 Juin et le 21 mars).

Les résultats de cette expérimentation indique que :

Uniformité des zones d'éclairage

Les mesures des zones d'éclairages recueillies pour les cinq systèmes de protection pour un bureau transparent sous un ciel clair ensoleillé démontrent que :

Les protections solaire "Auvent subdivisé" et "le Light shelf" présente une meilleur distribution des valeurs d'éclairages sur le plan de travail. Avec une zone d'éclairage pour le 21 décembre, deux zones pour le 21 mars et trois zones pour le 21 juin. Pour les autres protections la zone d'éclairage est divisée en deux et trois zone.

L'éclairage sur le plan de travail

Comparé à La valeur minimale de référence, tous les systèmes de protection présentes une meilleure performance en matière d'éclairage naturel. Sauf que pour les systèmes Flanc et nie d'abeille, il a été démontré que des surfaces presque négligeables dans les valeurs d'éclairages sur le plan de travail sont inférieure à la valeur minimale de référence (200lux) Une surface a l'équivalence de 1,18% de la surface totale du plan de travail pour le système "Flanc" et 1,05 % pour "le nie d'abeille)

Une surface moyenne de 35.42 % pour le système "Auvent subdivisé" et 31.85% pour "le Light shelf" soit plus de 1/3 de la surface totale du bureau (surface près de la fenêtre) dans les valeurs d'éclairages sont supérieurs à 2000 lux ou le risque d'éblouissement indirect est

inévitables. Les autres systèmes de protection présente dans l'ensemble des surface moins important soit le 1/8 de la surface du bureau dans le système "Auvent unique" qui présente la surface minimal exposé au risque d'éblouissement indirecte (11.08%)

Les ratios de luminance dans le champ visuel

Les données illustrées sur le (tableau 6.25) démontrent que le système "Light shelf" présente dans la majorité des situations des ratios qui respecte la valeur recommander dans décembre et juin sont les journées qui présentent les meilleures performances. Le champ visuel d'un occupant de bureau assis au fond et regardant vers la fenêtre est qualifié de confortable. Le système "flanc" présente le cas le plus défavorable, la majorité des ratios obtenus sont trop faibles. Ainsi il y a risque d'éblouissement dans le champ visuel de l'occupant de bureau.

En fin et en guise de synthèse, de ce chapitre. Le choix pour les meilleures performances en éclairage naturel dans un bureau transparent sous les conditions d'un ciel clair ensoleillé demeure difficile est complexe. Il est évident la performance en éclairage naturel est une approche multicritères.

Concernant la valeur optimale de l'éclairage (Begemann S.H.A., 1996) a déterminé que les occupants du bureau préféreraient travailler sous des niveaux d'éclairage de l'ordre de 1000 lux, les niveaux d'éclairage préférés par les occupants sont inférieurs à notre recommandation qui préconise un niveau de 250 lux.

Au niveau de la perception à l'éblouissement Stone (Stone P.T., 1973) a remarqué que la perception varie fortement selon les personnes cette variation pouvait provenir soit de l'âge, soit à la sensibilité individuelle à l'éblouissement, soit de la définition que chaque sujet donne à l'éblouissement. Heerwagen (Heerwagen J.H., 1985) a travers son étude il a distingué deux groupes de sujets, un groupe tolérant à l'éblouissement (glare tolerant) et un groupe plus sensible à l'éblouissement (glare sensitive).

L'objectif de ce travail consiste à tester les critères permettant l'évaluation globale de confort d'un environnement de travail. Une évaluation des performances en éclairage naturel seul, demeure insuffisante, ainsi une étude des performances thermiques et de la vue vers l'extérieur sera investiguée dans le prochain chapitre.

'l'architecte ne doit pas se sentir obligé de devenir thermicien, mais architecte et thermicien peuvent ensemble construire avec le climat'

C.E.R.T.,1981,p.276

1. Performance thermique :

1.1 Introduction :

Les systèmes d'ombrage, rappelons-le affectent la consommation d'énergie des bâtiments en réduisant les gains solaires et en modifiant les pertes thermiques au travers des fenêtres. (section 3.2 ;Chap.II).

Dans les zones arides et semi-arides, le rayonnement solaire excessif cause surchauffe, gêne et inconfort. Il devient alors un facteur dominant dans le processus de conception architecturale et urbaine. L'ombrage est donc une stratégie de contrôle solaire bien adaptée dans les régions arides et semi-arides. Qui ca soit au niveau de la forme urbaine, ou celui de la forme architecturale. (Belakehal, 1995, Belakehal, Tabet Aoul, 2000).

L'évaluation et l'analyse de la performance de cette stratégie se fait à travers l'utilisation de divers outils et instrument graphique, physiques (par maquettes) et informatique. Pour de telles évaluations, les données suivantes sont indispensables :

- Durée nécessaire d'ombrage,
- Trajectoire de l'ombre, et
- Quantité de radiations solaires reçues

En se basant sur ce qui a été présenté et en raison de l'interdisciplinarité du confort thermique nous avons décidé de choisir le Coefficient d'ombrage, comme seul variable à adapter pour l'étude du confort thermique dans notre d'étude.

Le calcul des surfaces ensoleillées et ombragées a été effectué à l'aide du logiciel ECOTECH pour les orientations Sud, Est, et Sud Ouest (Annexe E) pour les journées du 21 décembre ,21 mars et le 21 juin. Les résultats des simulations seront présentés pour chaque heure de la journée (du lever au coucher du soleil) et cela pour chaque type de protection et selon son orientation. Rappelons que le bâtiment à simuler est situé dans un site de banlieue (pas dense), sans bâtiment en face. Seule l'ombre propre est prise en considération dans notre simulation(Fig.VII.1).

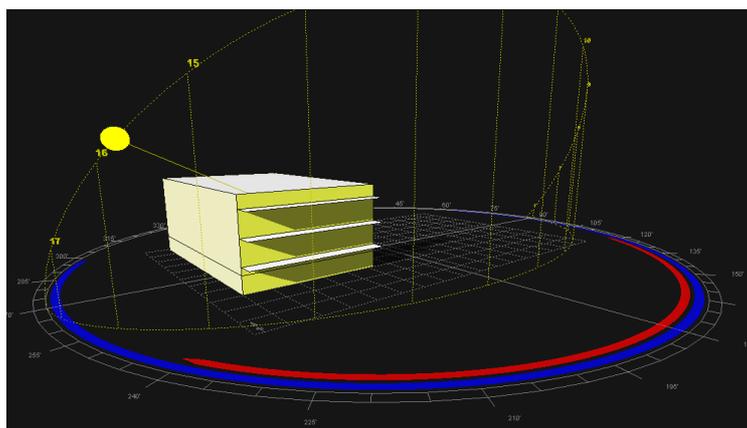


Figure VII.1: Exemple de la simulation par ECOTECH de l'ombre propre d'un bâtiment (Source : Auteur)

1.2. Simulation des surfaces ensoleillées et ombragés de la façade du bâtiment étudié :

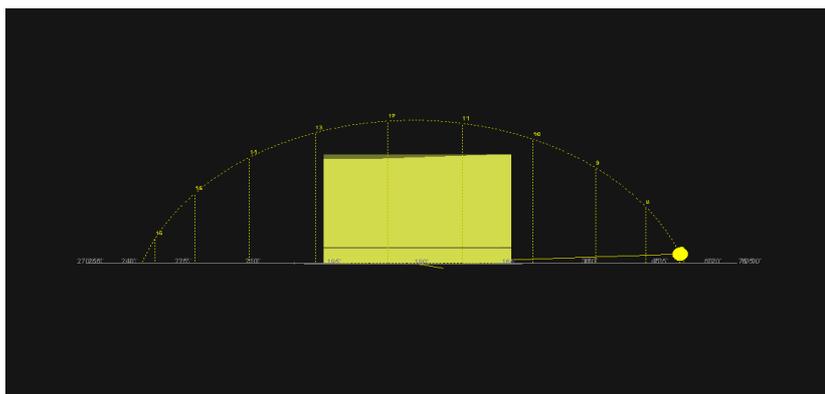
La simulation des surfaces ensoleillées et ombragées ont été effectuées à l'aide du logiciel ECOTECH après lui avoir intégré les données climatique de la ville de Biskra.

Pour chaque orientation nous allons présenter seulement quatre temps de simulation pour chaque mois. Les autres résultats seront présentés en annexe à ce mémoire (voir annexe E). Chaque mois sera présenté dans un tableau contenant les surfaces ensoleillées et ombragés.

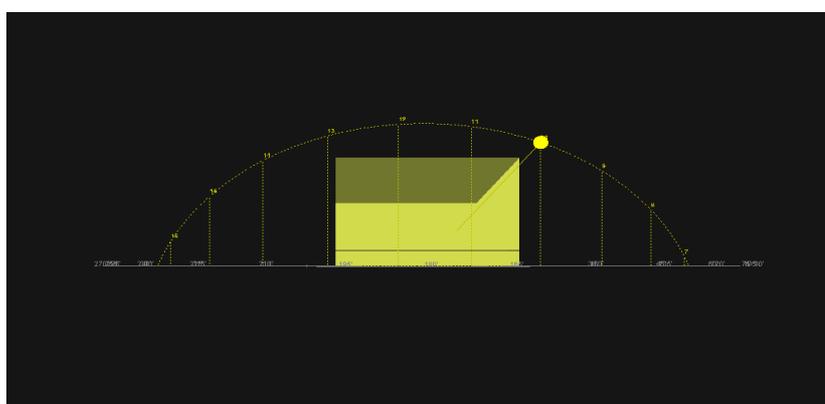
Après avoir simulé l'effet de l'ombrage pour chaque protection, un tableau récapitulatif permettant la collecte de ces données pour le calcul du coefficient de réduction dû à l'ombrage, sera élaboré. Le contenu des tableaux a été expliqué dans le (section 4.2, chap V)

1.2.1 Orientation sud (Auvent unique, Auvent subdivisé et Light shelf) :

La façade sud reçoit, relativement, moins d'énergie en été qu'en hiver. Les ouvertures orientées au Sud favorisent les gains solaires en hiver et peuvent être facilement protégées en été. Pour l'orientation sud nous avons choisi trois modèles appropriés à cette orientation. Les simulations des surfaces ensoleillées seront effectuées pour i) l'auvent unique ii) l'auvent subdivisé et iii) le Light shelf .



9h



12h

Figure VII.2 : Simulation des surfaces ensoleillés et ombragés pour L'avent unique (21 décembre. (Source :Auteur)

Heure \ Avent Unique	Surface De la façade (m ²)	Surface Ensoleillé (m ²)	Surface Ombragé (m ²)
7:00 h	18.37	18.20	0.17
8:00 h	18.37	15.62	2.75
9:00 h	18.37	13.53	4.84
10:00 h	18.37	11.87	6.50
11:00 h	18.37	10.71	7.66
12:00 h	18.37	10.57	7.80
13:00 h	18.37	11.43	6.94
14:00 h	18.37	12.95	5.42
15:00 h	18.37	14.94	3.43
16:00 h	18.37	17.52	0.85

(a)

Avent Unique Heure	Surface T De la façade	Surface Ensoleillé	Surface Ombragé
7:00 h	18.37	18.07	0.30
8:00 h	18.37	15.07	3.30
9:00 h	18.37	11.43	6.94
10:00 h	18.37	7.12	11.25
11:00 h	18.37	4.19	14.18
12:00 h	18.37	2.02	16.35
13:00 h	18.37	0.99	17.38
14:00 h	18.37	3.00	15.37
15:00 h	18.37	5.35	13.02
16:00 h	18.37	8.85	9.52
17:00 h	18.37	13.16	5.21
18:00 h	18.37	16.52	1.85

(b)

Avent Unique Heure	Surface Totale De la façade	Surface Ensoleillé	Surface Ombragé
7:00 h	18.37	0	0
8:00 h	18.37	0	0
9:00 h	18.37	5.09	13.28
10:00 h	18.37	3.13	15.24
11:00 h	18.37	1.65	16.72
12:00 h	18.37	0.87	17.50
13:00 h	18.37	2.37	16
14:00 h	18.37	4.18	14.19
15:00 h	18.37	0	0
16:00 h	18.37	0	0
17:00 h	18.37	0	0
18:00 h	18.37	0	0

(c)

Tableau VII.1 : Surfaces ensoleillées et ombragés pour L'auvent unique,21 Décembre(a) 21 Mars (b) 21 Juin (c).(Source :Auteur)

	A(m ²)	ENERGIE (Wh/m ²)	SURFACE ENSOLEILLEES (m ²)	G	H	
Heure	surface	B	C	A*B	B*C	Coefficient d'ombrage optimal
7-8	18.37	116	18.20	2130,92	2053,20	30%
8-9	18.37	293	15.62	5382,41	4427,23	
9-10	18.37	411	13.53	7550,07	5355,33	
10-11	18.37	487	11.87	8946,19	5537,19	
11-12	18.37	525	10.71	9644,25	5355	
12-13	18.37	525	10.57	9644,25	5281,5	
13-14	18.37	487	11.43	8946,19	5322,91	
14-15	18.37	411	12.95	7550,07	5116,95	
15-16	18.37	293	14.94	5382,41	4230,92	
16-17	18.37	116	17.52	2130,92	1974,32	
				Σ(A.B)	Σ(B.C)	
				67307,68	47470,75	H/G=0.70

(a)

	A(m ²)	ENERGIE (Wh/m ²)	SURFACE ENSOLEILLEES (m ²)	G	H	
Heure	surface	B	C	A*B	B*C	Coefficient d'ombrage optimal
6-7	18.37	32	18.07	587,84	562,24	69%
7-8	18.37	126	15.07	2314,62	1835,82	
8-9	18.37	229	11.43	4206,73	2502,97	
9-10	18.37	317	7.12	5823,29	2082,69	
10-11	18.37	380	4.19	6980,6	1402,2	
11-12	18.37	413	2.02	7586,81	619,5	
12-13	18.37	413	0.99	7586,81	161,07	
13-14	18.37	380	3.00	6980,6	912	
14-15	18.37	317	5.35	5823,29	1537,45	
15-16	18.37	229	8.85	4206,37	1889,25	
16-17	18.37	126	13.16	2314,62	1582,56	
17-18	18.37	32	16.52	587,84	512,64	
				Σ(A.B)	Σ(B.C)	
				54999,42	15600,39	H/G=0.31

(b)

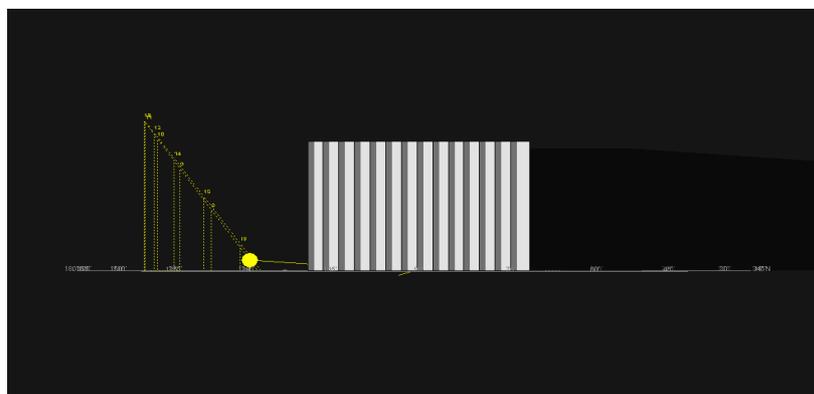
	A(m ²)	ENERGIE (Wh/m ²)	SURFACE ENSOLEILLEES (m ²)	G	H	
Heure	surface	B	C	A*B	B*C	Coefficient d'ombrage optimal(%)
8-9	18.37	9	5.09	165,33	41,31	92%
9-10	18.37	62	3.13	1138,94	163,06	
10-11	18.37	111	1.65	2039,07	116,55	
11-12	18.37	137	0.87	2516,69	50,69	
12-13	18.37	137	2.37	2516,69	256,19	
13-14	18.37	111	4.18	2039,07	408,48	
14-15	18.37	62	0	1138,94	0	
15-16	18.37	9	0	165,33	0	
				$\Sigma(A.B)$	$\Sigma(B.C)$	
				11720,06	1036,28	H/G=0,08

(c)

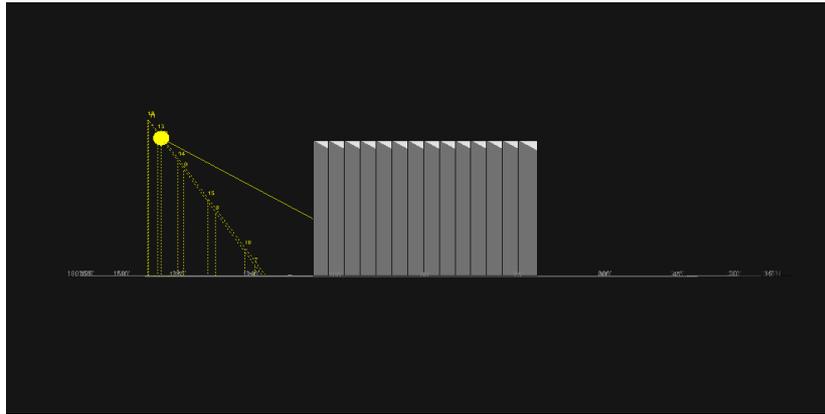
Tableau VII.2 : Coefficient d'ombrage optimal pour l'Auvent unique, 21 Décembre(a) 21 Mars (b) 21 Juin (c). (Source :Auteur)

1.2.2 Orientation Est-Ouest (les flancs) :

La protection des orientations Est et Ouest présente des difficultés à cause de la hauteur basse du soleil dans le ciel. Par ailleurs, les ouvertures orientées Ouest sont associées, sous nos latitudes, à des conditions extérieures de température et de rayonnement solaire importantes. Seuls les plans verticaux (flancs) permettent la meilleure occultation.



9h

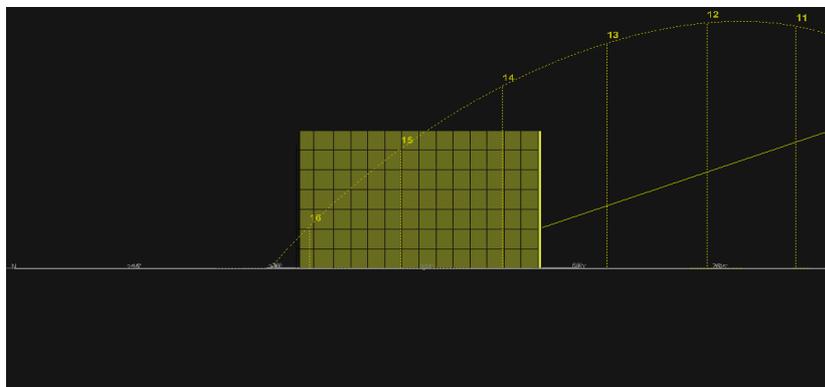


12h

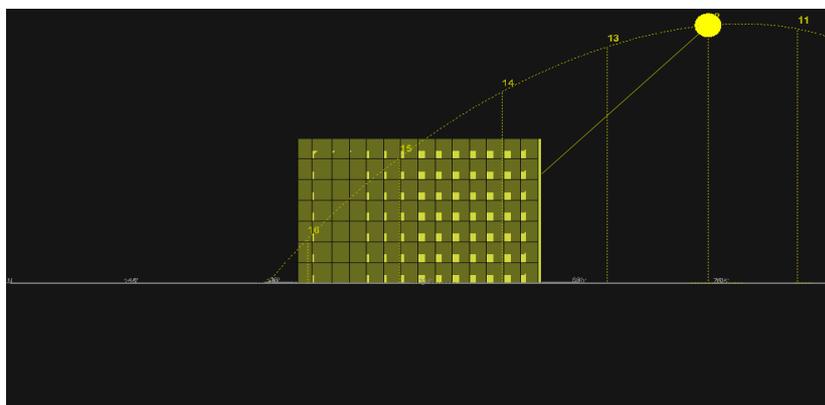
Figure VII.3 : Simulation des surfaces ensoleillées et ombragés pour les Flancs ,21 décembre. (Source :Auteur)

1.2.3 Orientation Sud-Ouest et Sud-Est (nid d'abeille) :

Les orientations Sud-Est et Sud-Ouest sont favorables aux apports solaires ; donc à rechercher tout en limitant le rayonnement d'été par les dispositifs adaptés appelés (nid d'abeille). La protection nid d'abeille combine les pare-soleil horizontaux et verticaux.



9h



12h

Figure VII. 4 : Simulation des surfaces ensoleillées et ombragés pour le Nid d'abeille ,21 décembre. (Source :Auteur)

Orientation	protection	Coefficient d'ombrage optimal					
		Décembre		mars		juin	
		(Energie) réduite	(E) transmise	(E) réduite	(E) transmise	(E) réduite	(E) transmise
sud	Auvent unique	30%	70%	69%	41%	92%	8%
	Auvent subdivisé	34%	66%	75%	25%	94%	6%
	Light shelf	32%	68%	61%	39%	97%	3%
Est/ouest	Flancs	51%	49%	53%	47%	40%	60%
Sud-ouest Sud-Est	Nid b'abeille	53%	47%	73%	27%	98%	2%

Tableau VII.3: Tableau récapitulatif des coefficients d'ombrage optimaux des protections : Auvent unique,Auvent subdivisé,Light shelf,Flanc,Nid d'abeille. (Source : Auteur)

1.3. Calcul de la durée nécessaire d'ombrage :

L'application de la méthode de (Novell,1981) en utilisant les températures maximales, minimales et moyennes de la ville de Biskra ,a permis d'obtenir les résultats suivants(TabVII.4):

- Le besoin en matière d'ombrage s'étend à plus de 51% de l'année
- Le besoin en matière d'ombrage pour le mois de décembre est de 0.00%
- Le besoin en matière d'ombrage pour le mois de mars est de 43.33%
- Le besoin en matière d'ombrage pour le mois de juin est de 100 %

1.4 Analyse de résultats :

Il est très opportun de rappeler que l'optimisation dont les résultats seront discutés et analysés ci-dessous, se rapportent à l'ombrage issu des différentes protections solaire fixes appropriés aux différentes orientations. L'analyse des résultats a été basée sur l'intervention du coefficient d'ombrage optimal par rapport à la valeur d'ombrage nécessaire (TabVII.5)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmini	8.4	5.2	9.1	10.1	12.5	25.1	29.8	28	20.1	14.2	8.4	5
Moyenne R	12.4	12.9	18.8	21.8	27.6	32.4	37	35.2	29	25.2	18.1	13

		T mini(mois)+(S*R (mois))											
Temps	S												
12h minuit	0.222	11	8	13	15	19	32	38	35	26	20	12	8
2h	0.139	10	7	12	13	16	28	33	32	23	17	11	7
4h	0.056	9	6	10	12	14	27	30	30	22	15	9	6
6h	0	8	5	9	10	12	25	25	28	20	14	8	5
8h	0,111	10	7	11	12	16	28	33	32	23	17	10	6
10h	0.583		13	20	22	28	41	47	45	34	29	19	12
12h midi	0.861	15	16	25	30	37	50	58	55	43	34	24	16
14h	1.0	20	18	28	32	40	57	66	63	49	39	29	18
16h	0.917	20	18	26	28	37	54	62	59	46	37	25	17
18h	0.694	17	14	22	25	39	44	51	49	37	29	21	14
20h	0.444	14	11	17	20	25	39	44	44	33	25	16	11
22h	0.306	12	10	15	17	24	35	41	39	29	22	15	9

Tableau VII.4 : Tableau de la méthode de B.Novell permettant le calcul de la durée en besoin d'ombrage pour le cas de la ville de Biskra (Source : Auteur)

Mois	Ombrage nécessaire	Ombrage obtenus					Conformité				
		Sud			Est	Sud-est	Auvent unique	Auvent subdivisé	Light shelf	flanc	Nie d'abeille
		Auvent unique	Auvent subdivisé	Light shelf	flanc	Nid d'abeille					
Décembre	0.00 %	30%	34%	32%	51%	53%	non	non	non	non	non
Mars	43.33 %	69%	75%	61%	53%	73%	non	non	oui	oui	non
Juin	100 %	92%	94%	97%	40%	98%	oui	oui	oui	non	oui

Tableau VII.5: Tableau des quantités d'ombre nécessaire et obtenus pour les cinq cas de protection solaire (source : Auteur)

L'orientation Sud :

Les résultats obtenus pour la façade orientée sud, démontre que les coefficients d'ombrages optimaux pour les trois types de protections (auvent unique, auvent subdivisé et le light shelf) présentent des valeurs très proches (Fig.VII.5) avec une différence de ($\pm 2\%$) pour le mois de décembre , ($\pm 6\%$) pour le mois de mars et , ($\pm 5\%$) pour le mois de juin.

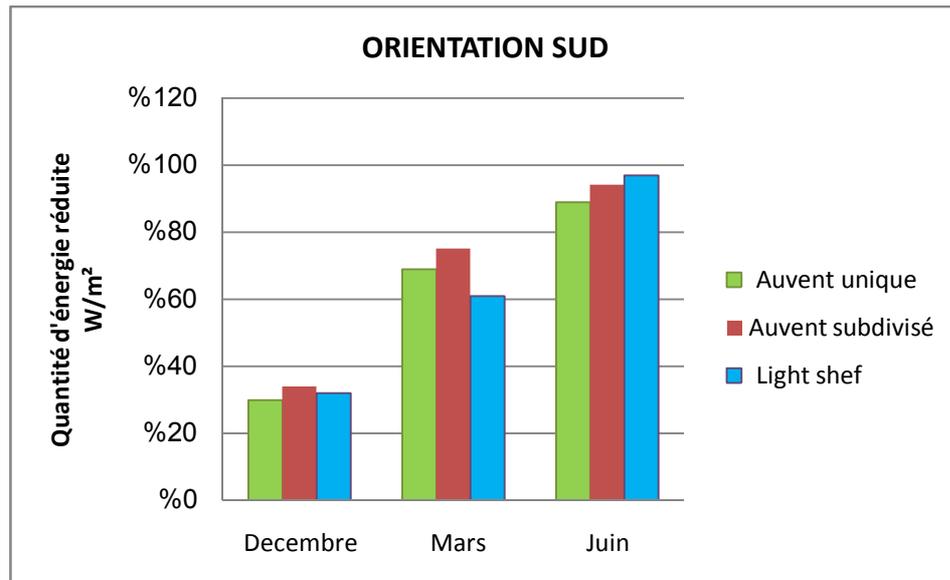


Figure VII.5 : Récapitulation des quantités d'énergie réduite de la façade orientée Sud.

(Source : Auteur)

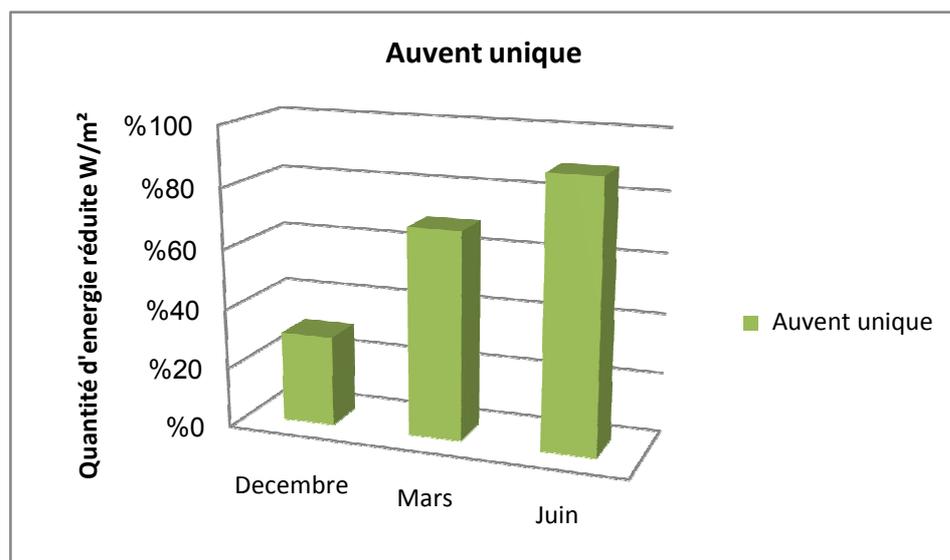


Figure VII.6 : Quantités d'énergie réduite, Auvent unique, orientation Sud.

(Source : Auteur)

La réduction assurée en matière de transmission énergétique de radiations solaires directes pour la protection 'auvent unique' est de 30% pendant la période froide (représenté par le mois de décembre) (Fig .VII.6). Ceci indique qu'une quantité de 70% de radiation direct est transmise, ce qui est favorable pour la saison froide. Egalement pour la période d'été (représenté par le mois de juin) les résultats obtenus confirment l'apport d'une optimisation qualifiable de positive, dans la mesure où la réduction assurée en matière de transmission énergétique de radiations solaires directes est de 92% .

Une valeur de 34% de réduction d'énergie directe est notée pour la protection 'auvent subdivisé' pendant la période froide (Fig.VII.7). Ceci indique qu'une quantité de 66% de radiation directe est transmise, (moins de 4% par rapport à la protection 'auvent unique'). Pour la période d'été les résultats obtenus confirment l'apport d'une optimisation qualifiable de positive, dans la mesure où la réduction assurée en matière de transmission énergétique de radiations solaires directes de 94% avec seulement 6% d'énergie transmise.

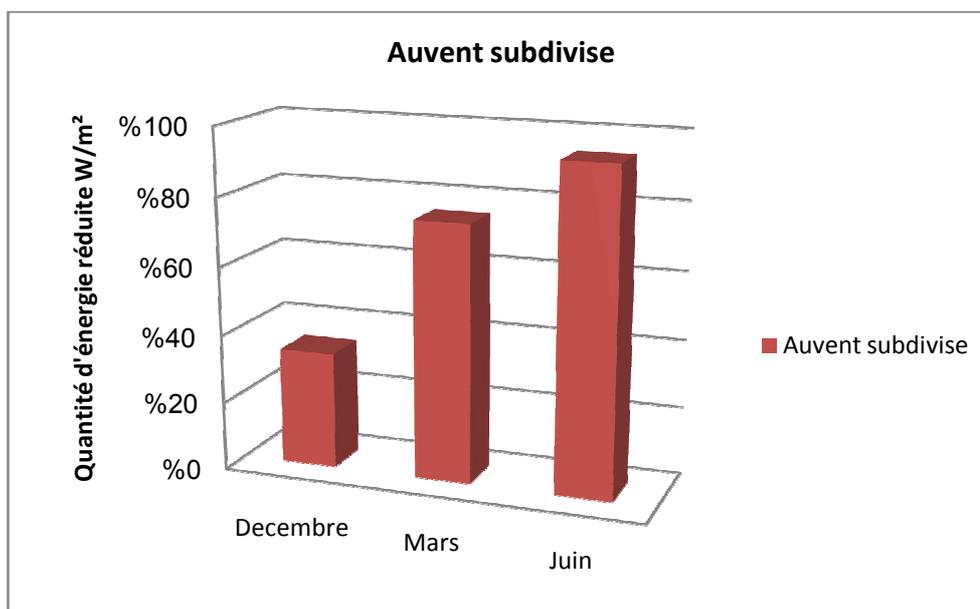


Figure VII.7 : Quantités d'énergie réduite, Auvent subdivisé, orientation Sud.

(Source : Auteur)

Comme illustré sur la figure (Fig.VII.8) les résultats obtenus pour le système light shelf présentent des valeurs d'optimisation favorables ,soit pour la période froide dont la réduction

des radiations directes est de 32% ,soit pour la période chaude où on remarque la valeur la plus élevée pour la réduction des radiations (97%).

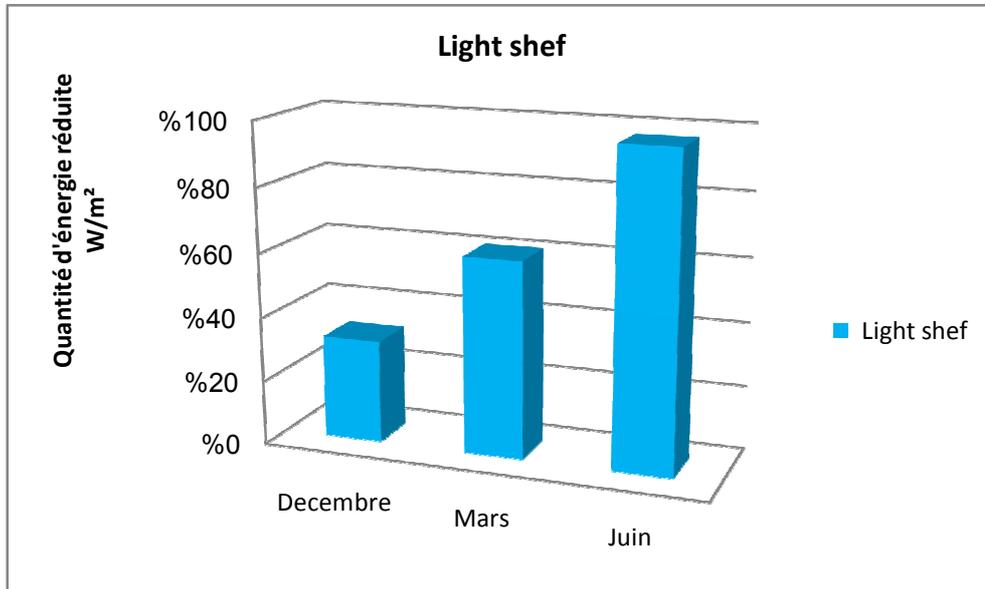


Figure VII.8 : Quantités d'énergie réduite, Light shief, orientation Sud.

(Source : Auteur)

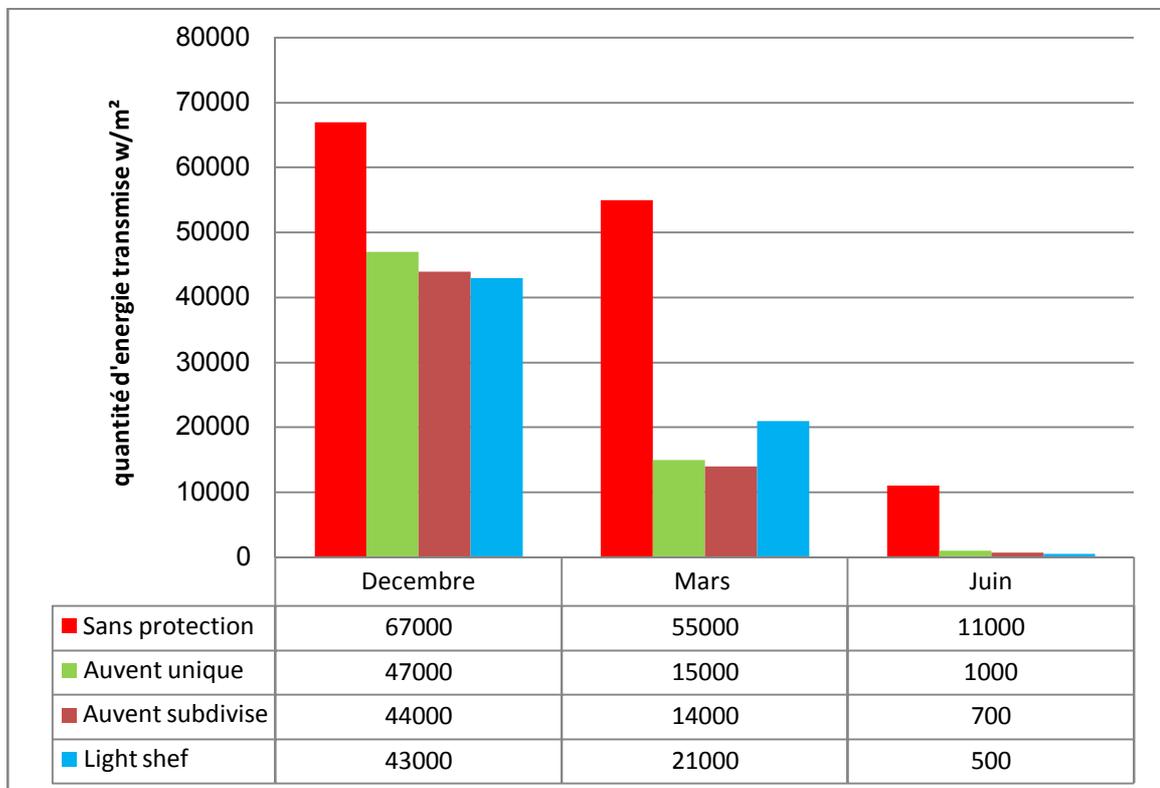


Figure VII.9 : Récapitulation des quantités d'énergie transmise à la façade orientée Sud.

(Source : Auteur)

Les résultats présentés sur la figure(Fig.VII.9) confirment que les systèmes d'ombrage affectent la quantité des radiations énergétiques reçus dans les bâtiments en réduisant les gains solaires et en modifiant les pertes thermiques traversant l'enveloppe. Les protections 'auvent subdivisé et le light shelf démontrent une optimisation qualifiée de positive pour la période froide ainsi que pour la période chaude

L'orientation Est

Les résultats recueillis (Fig.VII.10) démontrent que la réduction assurée en matière de transmission énergétique de radiations solaires directes est d'une valeur importante de 51% pendant la période froide, ce qui est défavorable pour cette période vu le besoin d'un maximum de gain solaire.

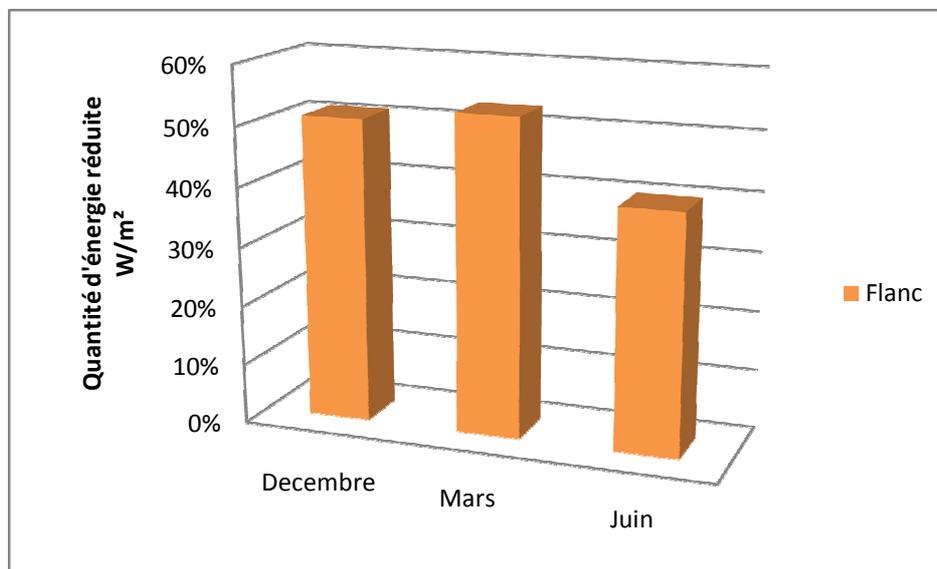


Figure VII.10 : Quantités d'énergie réduite, Flanc, orientation Est. (Source : Auteur)

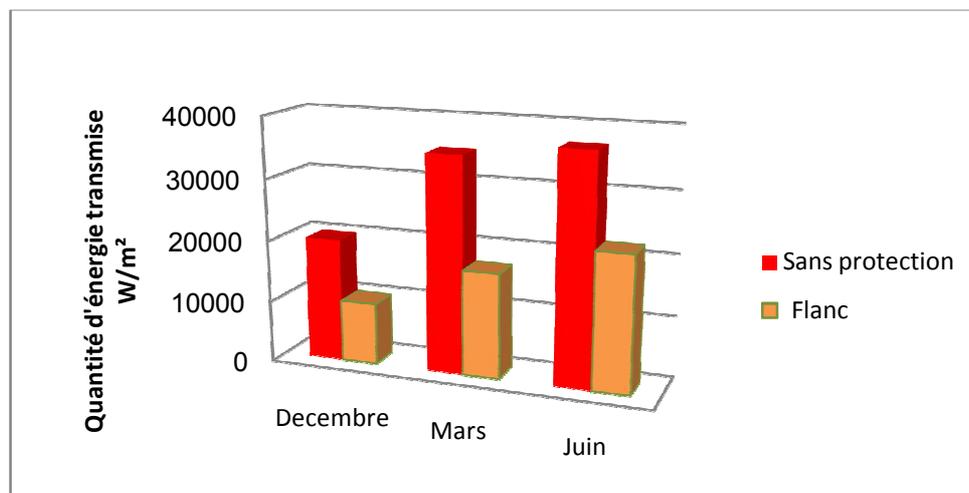


Figure VII.11 : Quantités d'énergie transmise, Flanc, orientation Est. (Source : Auteur)

Pour la période d'été, la façade ne réalise que 40% de réduction de transmission énergétique de radiations solaires directes ;60% d'énergie sera transmise, ce qui provoque une surchauffe indésirable à l'intérieur.

L'orientation sud-ouest

Si les résultats obtenus pour l'orientation sud-ouest, relatifs à la période chaude (mois de juin) sont satisfaisants (Fig.VII.12). (Réduction assurée de radiations solaires directes de 98%), ceux relatifs à la période froide ne le sont pas. Une optimisation de 53% des transmissions énergétiques de radiations solaires directes indique que seulement 47% des radiations directes qui seront transmises se qui est qualifiable de négative.

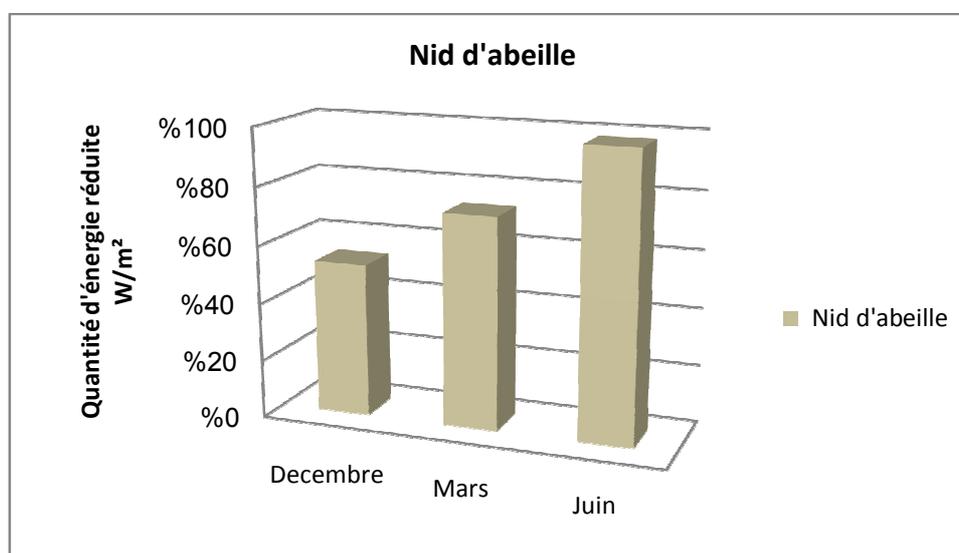


Figure VII.12 : Quantités d'énergie réduite, Nid d'abeille, orientation Sud ouest. (Source : Auteur)

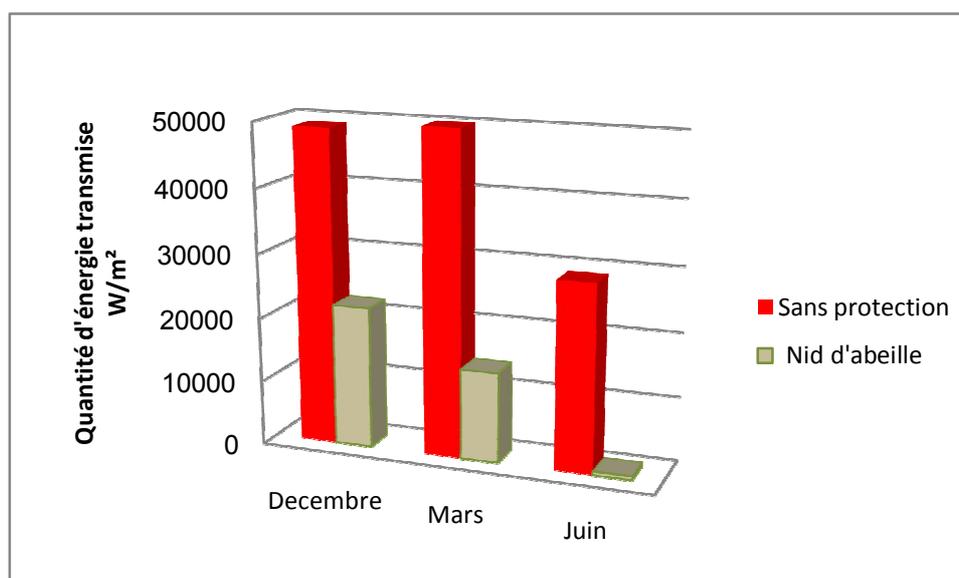


Figure VII.13 : Quantités d'énergie transmise, Nid d'abeille, orientation Sud ouest. (Source : Auteur)

1.5. Interprétations :

De ces résultats il est possible de retenir que la protection solaire est un facteur qui influence la gestion des apports solaires sur une façade à une orientation donnée (Fig.VII.14). Dans la mesure où ses apports solaires peuvent être bénéfiques en hiver, lorsque le bâtiment doit être chauffé, en procurant de la chaleur gratuite et qui sont inopportuns en été, entraînant des surchauffe et donc de l'inconfort.

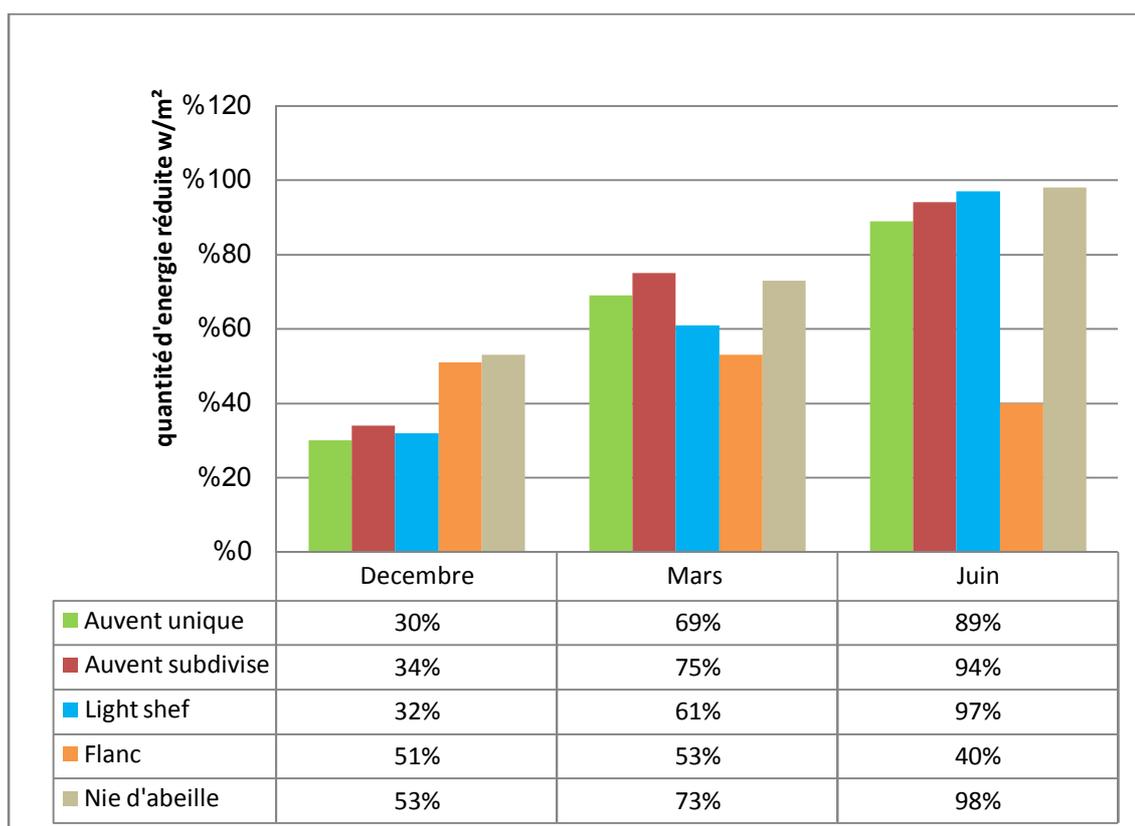


Figure VII.14 : Récapitulation des quantités d'énergie déduite des protections propre à l'orientation : Sud, Est, Sud Ouest .(Source : Auteur)

Les protections solaires appropriés pour l'orientation sud présentent des résultats presque identiques .Cela à cause de l'angle d'occultation obtenu pour l'orientation sud ; qui du point de vue de la géométrie solaire, revient rigoureusement au même ..

Pour la saison froide l'auvent subdivisé et le light shelf démontrent une optimisation optimale acceptable par rapport aux flancs et au nid d'abeille dans la mesure où plus de 66% des radiations solaires sont transmis. Cependant, les flancs et le nid d'abeille assurent la transmission, de moins de 50% des radiations solaires.

Malgré l'optimisation qualifiable de positive pour les protections de l'orientation sud durant la saison froide, il semblerait cependant qu'elle ne soit pas très satisfaisante en comparaison avec la valeur nécessaire d'ombre (0.00%) issus de la méthode de Novell.

Pour la saison chaude toutes les protections solaires démontrent une optimisation très acceptable au niveau des réductions des radiations solaires directes qui vont de 89% à 98%. Celles-là sont conformes à la valeur de référence (ombre nécessaire 100%). Seule la protection solaire de l'orientation Est (flanc) présente une optimisation faible, (coefficient d'ombrage optimale est de 40%).

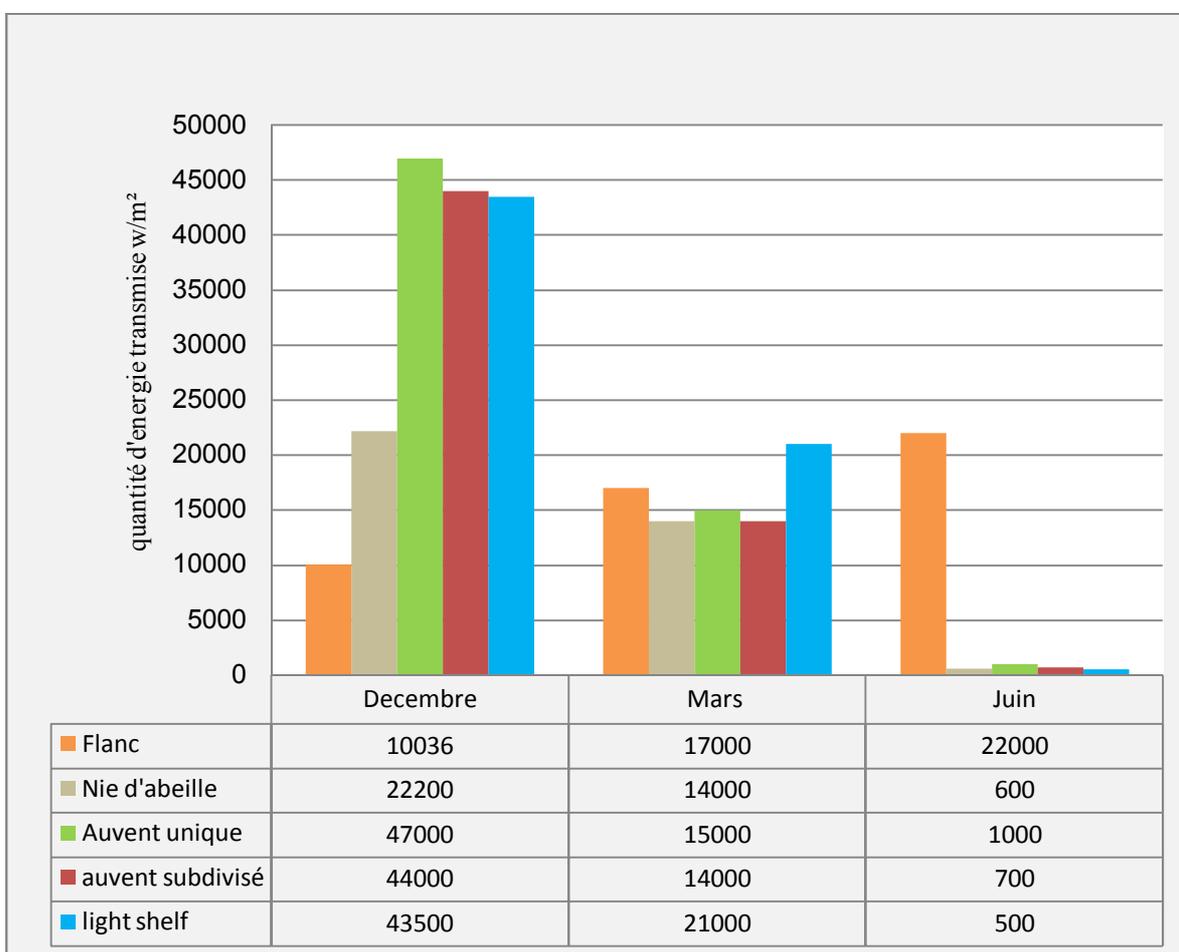


Figure VII.15 : Récapitulation des quantités d'énergie transmise des protections propre à l'orientation : Sud, Est, Sud Ouest .(Source : Auteur)

De cela se dégagent les conclusions partielles suivantes (TabVII.6) :

		Les orientations				
		Sud		Est	Sud-ouest	
Protection Saison	Auvent unique	Auvent subdivisé	Light shelf	Flanc	Nid d'abeille	
	Froide	Très Bonne	Bonne	bonne	Moyenne	Moyenne
	mi-saison	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Moyenne
	Chaude	Bonne	Bonne	Très Bonne	Faible	Très faible

Tableau VII.6 : Récapitulation des degrés d'optimisations des protections solaires :Auvent unique,Auvent subdivisé, Light shelf,Flancs,Nid d'abeille . (Source :Auteur)

- Le besoin en matière d'ombrage s'étend à plus de 58% de l'année pour la ville de Biskra.
- Les résultats recueillis sur (TabVII.6)démontrent que l'orientation Sud est plus optimale comparativement a l'orientation Est est Ouest. Ceci confirme les études obtenus des études de (Jose.G.1989, l'ASHRAE.1999 et Monna, S.2008) (section 4 ;Chap.III).
- On vue de choisir la protection solaire optimal pour l'orientation sud, il a été démontré (TabVII.6) que Le système light shelf et l'auvent subdivisé présente les meilleures performances.

Afin de vérifier les résultats obtenus des quantités de radiations solaires, transmises et réduites sur la façade du bureau. Nous avons comparé nos résultats aux résultats obtenus d'une étude menée par (H. Askar, S.D. Probert, W.J. Batty ,2001) pour les fenêtres des bâtiments dans les régions chauds et aride(FigVII.17). Cette comparaison à considérer l'orientation Sud. Les résultats obtenus (FigVII.16) démontrent dans l'ensemble une similarité des résultats.

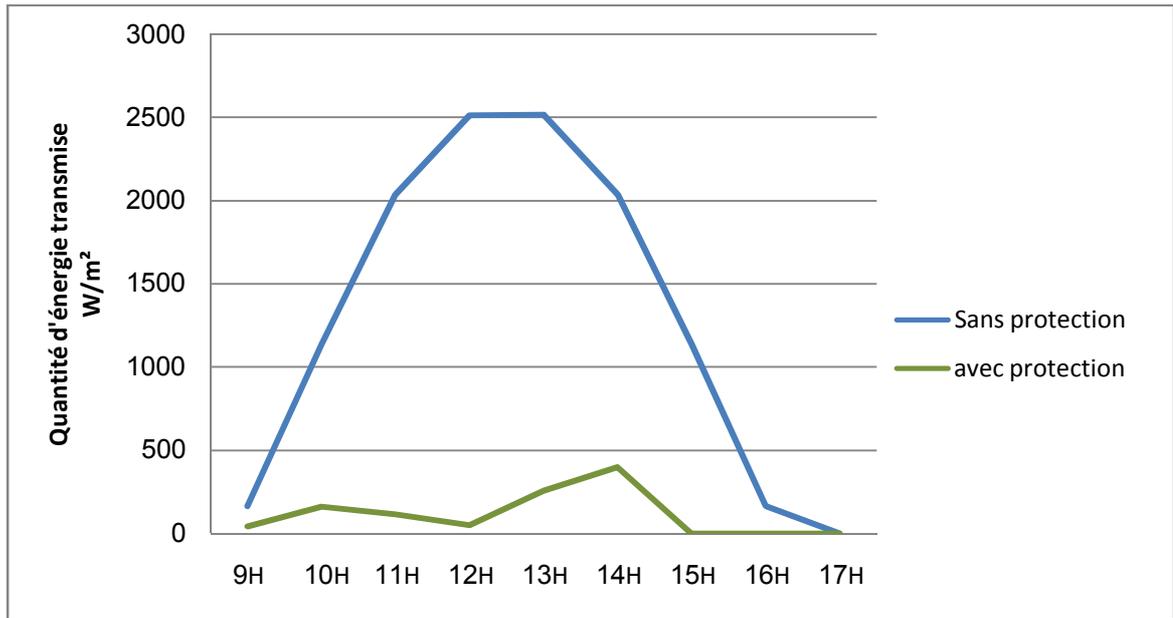


Figure VII.16 : Gains solaires à travers un mur rideau, équipé d'un auvent unique orienté Sud, (pour le 21 juin) ville de Biskra. (Source : Auteur)

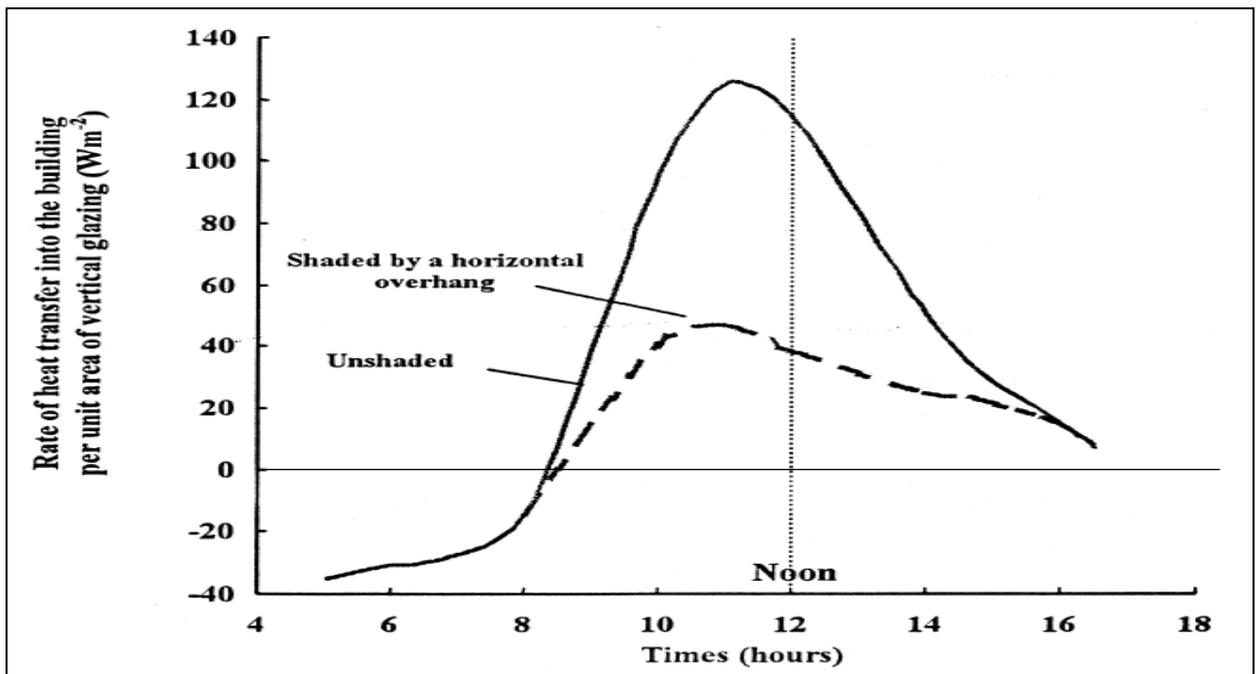


Figure VII.17: gains solaires à travers une fenêtre équipée d'un auvent unique orientée sud (pour le 21 juin) (Source : (H. Askar, et al, 2001))

2. La vue sur l'extérieur :

2.1. Introduction :

Plusieurs études ont indiqué « une opinion répandue que les gens n'aiment pas travailler dans les bureaux sans fenêtres » (Manning, 1965; Hollister, 1968; Hopkinson et Collins, 1975). Dans une étude (Ruys, 1970) de 139 employés de bureau aux Etats-Unis, la majorité (90%) de répondants dans les espaces sans fenêtres ont exprimé un mécontentement en ce qui concerne le manque de fenêtres. La moitié de ces ouvriers a pensé que le manque de fenêtres a affecté leur travail défavorablement. Les raisons principales données par des répondants pour détester leurs bureaux sans fenêtres étaient ; aucun jour, ventilation pauvre, manque d'informations sur le temps, manque d'une vue, sentiments de l'isolement et sentiments de dépression et de tension.

Collins (1975) a constaté que les fenêtres ont fourni beaucoup plus de fonctions pour des personnes que juste des sources de lumière et d'air. Dans son études dans des (écoles y compris, usines, bureaux, et hôpitaux), elle a constaté que les fenêtres ont fourni une vue à l'extérieur, la connaissance du temps et de l'heure.

Dans une autre étude des employés de bureau souterrains et sans fenêtres, Sommer,(1974) a constaté que les gens ont tendu à compenser un manque de fenêtres en accrochant des images et des affiches de paysage. Des animaux sauvages, les paysages marins, les scènes de forêt et les affiches de voyage ont été préférés au paysage urbain ou des vues d'objets artificiels en tant que fenêtres de remplacement.

Dans cette recherche, la vue sur l'extérieur est étudiée en rapport avec la surface de la baie non occultée par les protections solaires, il sera donc question de fonder une analyse en fonction du ratio 'surface d'ouverture/surface du mur en façade. Ce ratio sera lui-même dépendant de l'orientation de la baie.

2.2 Simulation des vues vers l'extérieur des différentes occultations

Les simulations des vues sur l'extérieurs des bureaux équipés de différentes protections solaires appropriés aux différentes orientations, ont été réalisés à l'aide du logiciel d'aide à la conception architecturale « ARCHICAD » la simulation est faite pour un employé assis au

fond d'un bureau situé au troisième étage en regardant vers la fenêtre dans un bâtiment de cinq étages (Fig.VII.18).

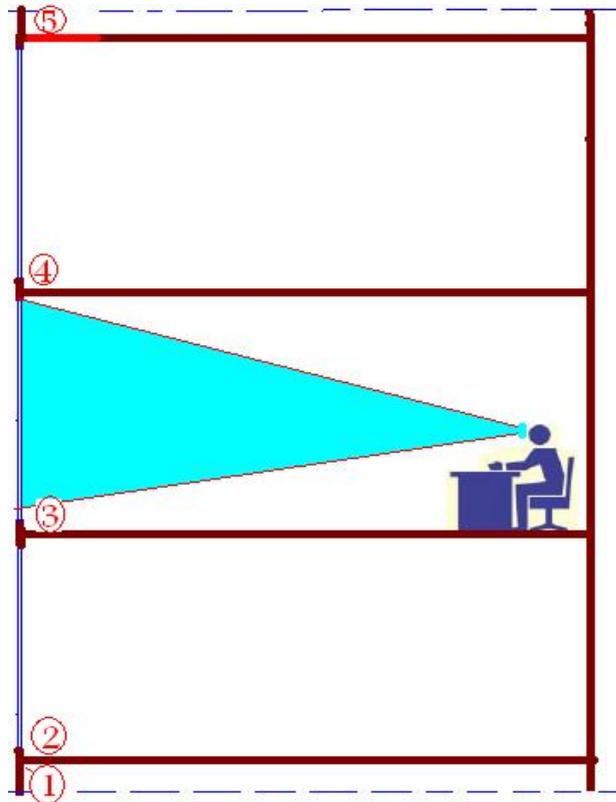


Figure VII.18: Coupe schématique illustrant le niveau de bureau à simulé.
(Source :Auteur)

2.2.1. Résultats des simulations

Il est opportun de rappeler que l'optimisation dont les résultats seront discutés et analysés ci-dessous, se rapportent à la réduction de la vue issue de la protection solaire qui constitue un dispositif fixe.

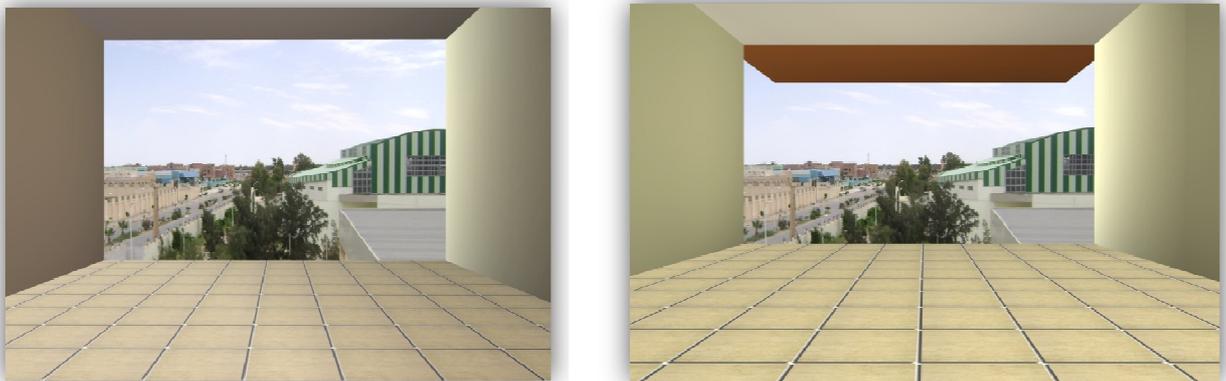


Figure VII.19: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche), équipé d'une protection Auvent unique (à droite). (Source :Auteur)

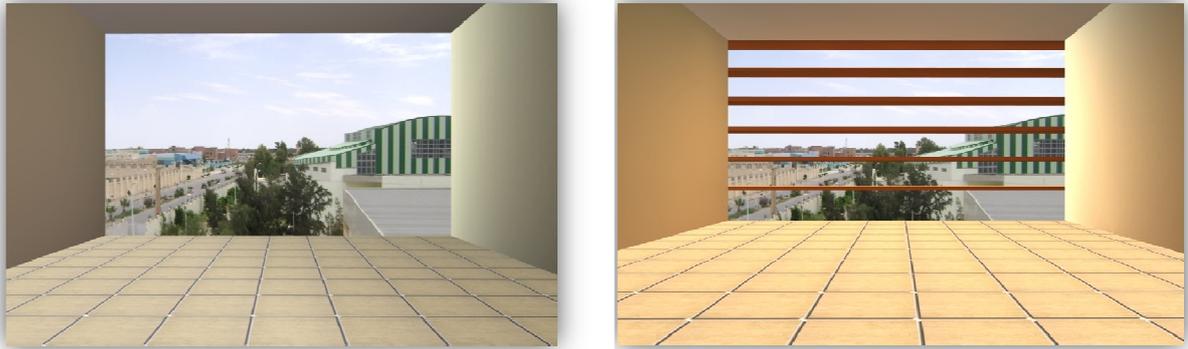


Figure VII.20: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Auvent subdivisé (à droite). (Source :Auteur)

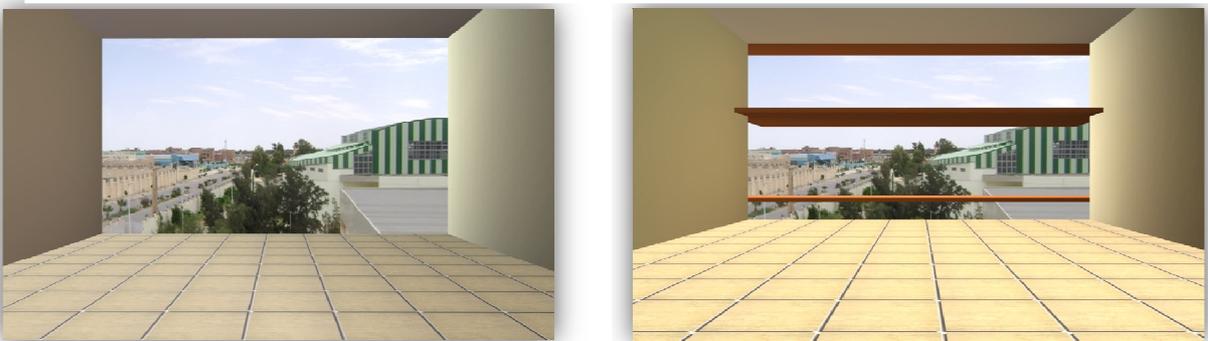


Figure VII.21: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Light shelf (à droite). (Source :Auteur)

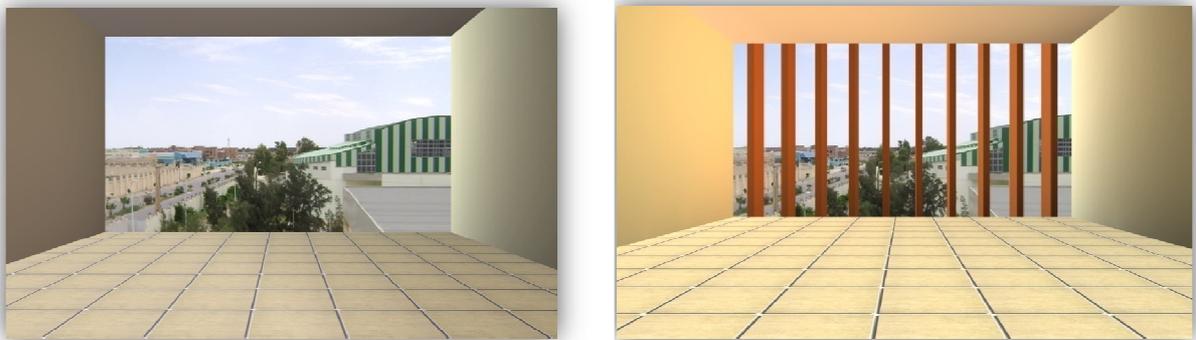


Figure VII.22: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Flancs (à droite). (Source :Auteur)

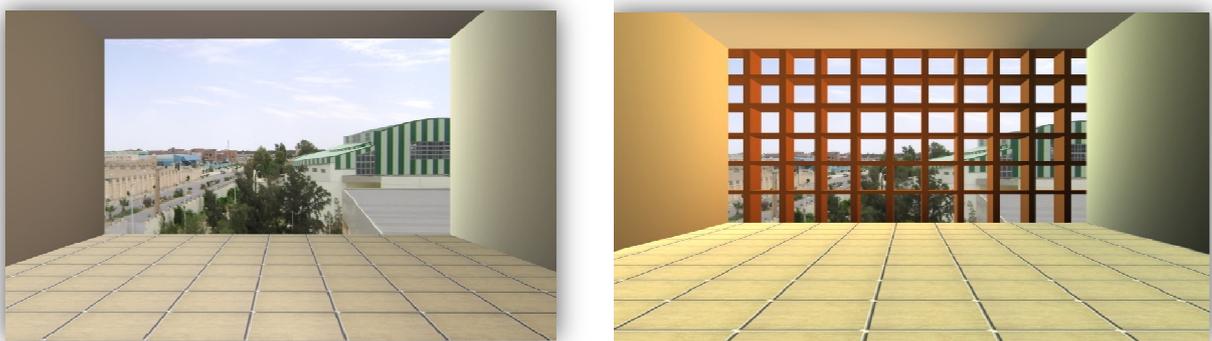


Figure VII.23: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage. Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Nid d'abeille (à droite). (Source :Auteur)

L'analyse des résultats présentés sur le tableau (Tab.VII.7) a été basée sur l'intervention de trois indicateurs lié à la vue : i) le nombre de strates ii) la strate la plus affecté et iii) le ratio d'ouverture dans le mur de la façade.

	Nombre de strates	La state la plus affecté	Ratio d'ouverture dans le mur de façade
Sans protection	3	Aucune strate	100 %
Auvent unique	3	Strate supérieur (ciel)	82.30 %
Light shelf	3	Strate supérieur (ciel)	79.47 %
Auvent subdivisé	3	Strate supérieur (ciel)	76.26 %
Flanc	3	Les trois strates	64.39 %
Nid d'abeille	3	Les trois strates	53.89 %

Tableau VII.7 : Les paramètres influents la vue vers l'extérieur.(Source : Auteur)

2.3. Interprétation :

On remarque que pour l'orientation sud la strate la plus affectée est celle du ciel (une strate), et ceci pour l'auvent unique, l'auvent subdivisé, et le light shelf (Tab.VII.7). Par contre, pour les orientations Est, Sud Ouest, équipés respectivement par les flancs et le nid d'abeille, les trois strates sont affectés (Tab.VII.7) ce qui est qualifiable de négatif.

Ce qui peut être vu de la fenêtre est de grande importance pour la satisfaction d'une personne envers une fenêtre. Les fenêtres devraient occuper au moins 35% du mur dans le monde occidentale (Ne'eman et Hopkinson1970) .Le ratio minimal d'ouverture dans le mur de la façade recueilli est de 53,89% pour le nid d'abeille (Tab.VII.7). Cette valeur est supérieure à celle recommandée. Ce qui implique que les vue occasionnées par les cinq protections présentent des ratios optimaux.

D'autre part ,et vu qu'un brise soleil ne doit pas être trop saillant, pour des raisons d'encombrement et de résistances aux accidents (accrochages) et au vent (Lavigne, 2009) , le système 'Light shelf 'présente la situation la plus optimal pour la vue vers l'extérieur.

2.4. Discussion :

Dans ce chapitre il a été possible de conclure que :

- L'étude de la vue demeure complexe vu le nombre important des facteurs subjectifs.

- Une étude de la vue doit comprendre à la fois les facteurs objectifs et subjectifs.
- Les cinq types de protection solaire présentent des ratios supérieurs à la valeur de référence (35%) dont le light shelf qui présente le ratio maximal de 79.47 %.

Le Light shelf présente la situation la plus optimale vu le contenu de la vue de l'ensemble des trois strates (le sol, les bâtiments et le ciel), un nombre minimal de strates affectées (une strate) et un ratio d'ouverture maximal qui offre le contenu de $\frac{3}{4}$ de la vue sur l'extérieur.

3. Interactions des facteurs de performances :

Par complémentarité, il est ici question de répondre à la nécessité d'une évaluation de l'interaction des facteurs de performances et de comparer les indicateurs entre eux afin d'approfondir le travail d'analyse, de pallier aux limitations de chaque indicateur et d'éviter les diagnostics erronés. (Tab.VII.8).

Système de protection	Lumière naturelle						Thermique		Vue sur l'extérieur
	Uniformité	E min (lux)	E ≤250	E > 250	E > 2000 lux	Ambiance	Coefficient de réduction		Ratio d'ouverture
							hiver	Eté	
Auvent unique	Non uniforme	350	0%	100%	11.08%	Moy confort	30%	92	82.30 %
Auvent subdivisé	Moy uniforme	450	0%	100%	35.42%	Inconf	34%	94%	76.26 %
Light shelf	Moy uniforme	450	0%	100%	31.85%	Moy confort	32%	97%	79.47 %
Flanc	Non uniforme	150	1,18%	88.50%	11.10%	Inconf	51%	40%	64.39 %
nid d'abeille	Non uniforme	98	1,05 %	86.01%	12.63%	Moy confort	53%	98%	53.89 %

Tableau VII.8: Synthèse des performances des indicateurs analysées. . (Source :Auteur)

3.1. Performances en éclairage naturel :

3.1.1. Uniformité des zones d'éclairéments :

Les bureaux orientés sud équipés des protections solaires "Auvent subdivisé" et "le Light shelf" présentent une meilleure distribution des valeurs d'éclairéments sur le plan de travail. Il a été démontré aussi que les deux cas présentent des résultats similaires (Tab.VII.8).

3.1.2. L'éclairage sur le plan de travail :

Comparés à la valeur minimale de référence, tous les systèmes de protection solaire présentent une meilleure performance en matière d'éclairage naturel. Sauf que pour les systèmes Flanc et Nid d'abeille, il a été démontré que des surfaces presque négligeables ont des valeurs d'éclairage sur le plan de travail inférieures à la valeur minimale de référence (200 lux).

Dans les bureaux orientés Sud, équipés de 'Light shelf' et 'd'Auvent subdivisé' le risque d'éblouissement indirect est inévitable dans la surface près de la fenêtre (1/3 de la surface totale du bureau). Le risque d'éblouissement est moins important dans les bureaux : i) Sud, équipé d'Auvent unique ii) Est, équipé de flancs et iii) Sud- Ouest ,équipé de Nid d'abeille.

3.1.3. Les ratios de luminance dans le Macro-champ visuel :

Le champ visuel d'un occupant assis au fond du bureau et regardant vers la fenêtre est qualifié de confortable dans les bureaux orientés i) Sud ,équipé d'un système 'Auvent unique' ou 'Light shelf' ii) Sud-Ouest équipé de Nid d'abeille. La situation est moins confortable dans le bureau orienté Sud équipé 'd'Auvent subdivisé'. Le cas du bureau orienté Est équipé de 'Flancs' est le plus défavorable.

3.2. Performance thermique :

Les protections solaires appropriés à l'orientation sud i) Auvent unique ii) Auvent subdivisé et iii) le Light shelf, présentent des résultats presque identiques .Cela est dû à l'angle d'occultation obtenue pour l'orientation sud, qui du point de vue de la géométrie solaire, revient rigoureusement au même.

Les bureaux Sud équipés des protections i) Auvent unique ii) Auvent subdivisé et iii) le Light shelf, sont optimaux pour les gains solaires pendant la saison froide (Plus de 66% des radiations solaires sont transmis) et protègent la façade durant la saison chaude (une réduction de plus de 92% des radiations solaires directes).

Le bureau Sud-Ouest équipé de Nid d'abeille est optimal pour la saison chaude (une réduction de 98% des radiations solaires directes) contrairement à la saison froide où la situation est défavorable (53% des radiations solaires sont transmis à l'intérieur).

Le bureau Est équipé de 'Flancs' est la situation la plus défavorable dans la mesure où 49% des radiations solaire transmis en hiver et 60% transmis en été.

3.3. Performance en matière de la vue sur l'extérieur :

Les cinq types des protections solaires présentent des vues vers l'extérieur qui contiennent les trois strates. Ils présentent des Ratios supérieurs à la valeurs de référence (35%). Le 'Light shelf' présente le ratio maximal (79.74%).

Le Light shelf présente la situation la plus optimale vu le contenu de la vue de l'ensemble des trois strates (le sol, les bâtiments et le ciel), un nombre minimal de strates affectées (une strate) et un ratio d'ouverture maximal qui offre le contenu de $\frac{3}{4}$ de la vue sur l'extérieur.

5. Interprétation :

En conclusion, et en fonction des résultats obtenus des cinq cas étudié, le choix pour le cas le plus optimal demeure complexe. Le tableau VII.9 présente le degré de performance favorable (+) et défavorable (-) pour chaque indicateur analysés.

Système de protection		Lumière naturelle						Thermique		Vue sur l'extérieur
		Uniformité	E min	E ≤ 250	E > 250	E > 2000 lux	ambiance	Coefficient de réduction		Ratio d'ouverture
								hiver	Été	
GI	Auvent unique	-	+	+	+	+	+	+	+	++
	Auvent subdivisé	+	++	+	+	-	-	+	+	++
	Light shelf	+	++	+	+	-	+	+	+	++
GII	Flanc	-	-	-	-	+	--	-	--	+
	Nid d'abeille	-	-	-	-	+	+	-	+	+

Tableau VII.9 : Présentation des indicateurs analysées par leurs degré de performance.(Source : Auteur)

Les bureaux orientés Sud (groupe I) présentent dans l'ensemble des situations favorables, dont le light shelf est le cas le plus performant (Fig.VII.24).

Les bureaux orientés Est et Sud-Ouest (groupe II) présentent dans l'ensemble des situations défavorables dont le bureau équipé de Nid d'abeille est moyennement performant et celui avec les Flancs est le cas le moins performant (Fig.VII.24).

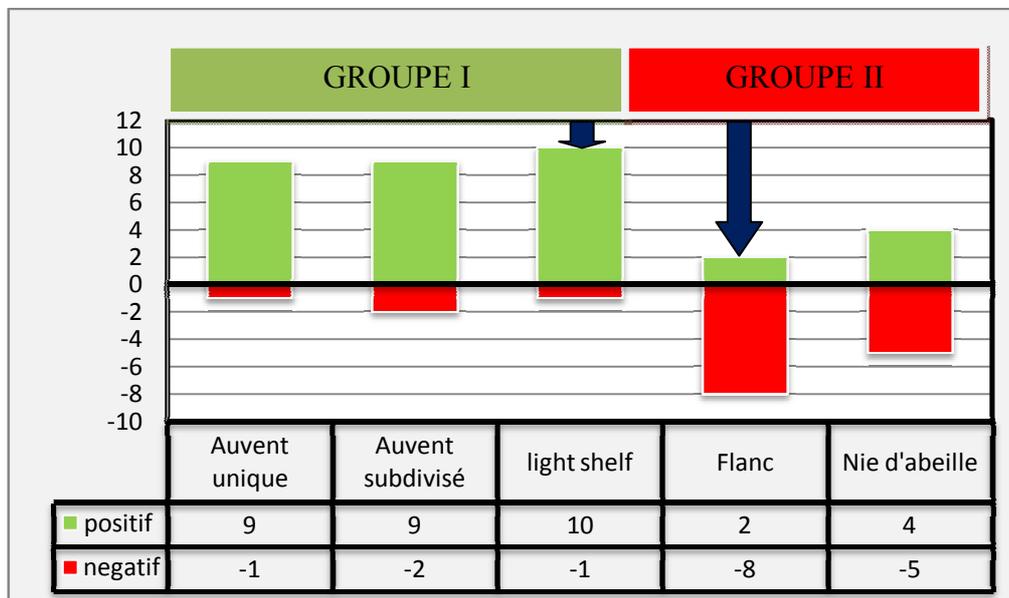


Figure VII.24 : Evaluation synthétique des degrés de performance des facteurs liés à la lumière naturelle, le thermique et à la vue sur l'extérieur. (Source : Auteur)

A partir des résultats obtenus des expérimentations effectués sur la transparence dans les bâtiments à bureaux dans les régions à climat chaud et sec sous un ciel clair, il a été démontré que la faisabilité de la transparence dans un bureau est limitée à l'orientation Sud. Nous pouvons conclure aussi que le bureau équipé d'un système Light shelf est le cas le plus favorable pour cette orientation.

Pour les autre cas de bureau : i) bureau orienté Est ou Ouest équipé de system Flancs et ii) bureau orienté Sud-Est ou Sud-Ouest équipé de système de protection Nid d'abeille la transparence engendre des situations d'inconfort. Plusieurs solutions d'ordre passif ou actif peuvent êtres appliqués pour ces cas afin de surmonter ces problèmes d'inconforts .(Tab.VII.10).

O R I E N T A T I O N	Système de protection	Avantages	Inconvénients	Solutions proposées
S U D	Auvent unique	<ul style="list-style-type: none"> *Eclairage optimal *Ambiance lumineuse confortable *Optimale au gain et /ou Protection du soleil *Très performant en vue sur l'extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> *Non uniformité des zones d'éclairage *Très longue avancée à l'extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> * minimiser l'avancée de la protection on adoptant le système auvent subdivisé par exemple
	Auvent subdivisé	<ul style="list-style-type: none"> *Eclairage uniforme *éclairement optimal *Optimal au gain et /ou Protection du soleil *Très performant en vue sur l'extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> *Risque d'éblouissement indirect *Ambiance inconfortable 	<ul style="list-style-type: none"> * Protections intérieur : Stores, rideaux,... * Protection extérieur mobile * verre teinté * Surface mate des tables (faible facteur de réflexion) * Choix d'organisation et d'emplacement des bureaux par rapport au mur rideau
	Light shelf	<ul style="list-style-type: none"> *Eclairage uniforme *Eclairage optimal *Ambiance confortable *Optimal au gain et /ou Protection du soleil *Très performant en vue sur l'extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> *Risque d'éblouissement indirect 	<ul style="list-style-type: none"> * Protections intérieures : Stores, rideaux, * surface mate des tables (faible facteur de réflexion) * choix d'organisation et d'emplacement des bureaux
E S T	Flanc	<ul style="list-style-type: none"> *Absence de risque d'éblouissement indirect *Performant en vue sur l'extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> *Non uniformité des zones d'éclairage *Eclairage naturel insuffisant *Ambiance inconfortable *Risque de froid en hiver et/ou surchauffe en été 	<ul style="list-style-type: none"> *Eclairage artificiel nécessaire au fond du bureau *Choix d'organisation et d'emplacement des bureaux par rapport au mur rideau *Protections intérieur : Stores, rideaux,... *Protection extérieur mobile *Verre teinté *Recours aux solutions actives pour le chauffage et le refroidissement
S U D O U E S T	Nid d'abeille	<ul style="list-style-type: none"> *Absence de risque d'éblouissement indirect * performant en vue sur l'extérieur *ambiance confortable 	<ul style="list-style-type: none"> *Non uniformité des zones d'éclairage *Eclairage naturel insuffisant *Risque de froid en hiver et/ou surchauffe en été 	<ul style="list-style-type: none"> *Eclairage artificiel nécessaire au fond du bureau *Recours aux solutions actives pour le chauffage et le refroidissement

Tableau VII.10 : Récapitulation des degrés de performance et les solutions proposés des facteurs liés à la lumière naturelle, la thermique et à la vue sur l'extérieur. (Source : Auteur)

1. Introduction :

Au cours de ces dernières années, les outils de simulation numérique de l'éclairage ont effectué des progrès considérables. Ils jouent un rôle très important dans l'analyse de la disponibilité de la lumière naturelle pour en déduire un dimensionnement et une stratégie de contrôle optimisés des systèmes d'éclairage. Aujourd'hui on constate une grande augmentation du nombre des logiciels de simulation numérique d'éclairage au niveau international.

Lors d'une comparaison des simulations numériques aux mesures expérimentales dans des maquettes ou dans des bâtiments existant, le problème principal reste dans l'incertitude liée aux valeurs mesurées et à la description du scénario. Cette incertitude est liée au nombre souvent élevé de sources d'erreurs.

Ainsi, d'une part, nous nous trouvons souvent avec des références expérimentales associées à une marge d'incertitude trop importante. D'autre part, nous nous trouvons avec des complexes où il est difficile d'identifier les sources de différences entre la simulation et les mesures. Avec ce type de scénarios nous risquons également de ne pas identifier toutes les sources d'erreurs car certaines peuvent être composées par d'autres, (Maamri, 2002).

La majorité des travaux de validation existants se situent en général dans trois catégories :
 i) validation par comparaison entre simulation et mesures dans des maquettes expérimentales (Grynberg,1988) (Aizlewood,1979))(Caroll,1999)(fontoynt,1999, ii) validation par comparaison entre simulation et mesures dans des scènes réelles(Chuarr,1989) (Love,1991) (Mahdavi,1993) (Arvis,1997))(Galasiu,1998))(Mardaljevic,2001) iii) validation par comparaison entre simulation de différents logiciels(Selkowitz,1982) (Bresciani,1989) (Houser,1996) (Khodulev,1996) (Fontoynt,1999)](Maamri,2003)

Ce chapitre consistera en une validation au moyen de technique de la première et troisième catégorie. La première est une comparaison des valeurs d'éclairement horizontal obtenus par les mesures opérées dans le model réduit et ceux obtenus grâce aux logiciels Radiance et Ecotect. La deuxième validation : on compare les valeurs d'éclairement obtenus par les logiciels Radiance 2 et Ecotect 5.5 .

2. Validation expérimentale :

La validation des résultats obtenus au moyen d'une simulation numérique a mené à la construction d'un modèle réduit.

Pour la validation des résultats de l'éclairage simulé reçu sur le plan de travail par le logiciel "Radiance 2", on a opté, rappelons le, pour deux catégories de validation :

- 1) La validation avec les résultats de mesure sur un modèle réduit
- 2) La validation avec les résultats simulés par le logiciel "Ecotect 5.5"

2.1. Description du modèle réduit et les configurations testées :

L'expérimentation sur le modèle réduit se déroule sous un ciel réel clair ensoleillé. Le choix de cette option (test sous les conditions d'un ciel réel) est en raison de la facilité et du faible coût en comparaison au cas du ciel artificiel

Notre modèle réduit est conçu à une échelle de (1/8). Cette dernière permet d'avoir une vue intérieure très détaillée (photos ou vidéos) et ; étudier avec précision la pénétration de la lumière naturelle. Le modèle a les mêmes caractéristiques géométriques et photométriques que celui simulé.

Le modèle a été réalisé avec le carton mousse d'une épaisseur de 2cm (Fig.VIII.1). les parois intérieures ont été couvertes par un papier d'une couleur crème (Fig.VIII.2) qui est la couleur utilisée dans la majorité des bâtiments tertiaires dans la ville de Biskra.

Nous avons effectués des trous dans la paroi verticale afin de faire passer la sonde du Luxmètre (Fig.VIII.3). Cette dernière sera fixée aux points désignés sur le plan de travail à l'intérieur de la maquette (Fig.VIII.4). Le raccordement des parois est effectué à l'aide de bande noire pour éviter toute pénétration parasite de lumière (Fig.VIII.5)



Figure VIII.1: Carton mousse utilisé pour la réalisation de la maquette (Source: Auteur)



Figure VIII.2: Collage du papier cocons pour la couleur des parois intérieures (Source: Auteur)



Figure VIII.3: Les ouvertures dans les parois pour placer les sondes des luxmètres. (Source: Auteur)



Figure VIII.4: Implantations des points de mesures (Source: Auteur)



Figure VIII.5: Raccordement des parois à l'aide de bande noire pour éviter toute pénétration parasite de lumière. (Source: Auteur)

Les dimensions du modèle sont de 7,87m x 5,25m, une hauteur de 3,5m, et une ouverture en façade de 5,25m x 3,5m (voir section 3.2 ; chap.III).

Les équipements de mesures utilisés dans cette expérimentation sont un luxmètre pour les mesures des éclairements intérieur (Fig.VIII.6) et le luxmètre pour les mesures des éclairements extérieur (Fig.VIII.7) .



Figure VIII.6: luxmètres pour les mesures intérieur. (Source: Auteur)



Figure VIII.7: luxmètres pour les mesures extérieur. (Source: Auteur)

Notre choix a été porté sur deux orientations : i) L'orientation Est équipée d'un système de protection « Flancs » ii) L'orientation sud équipée d'un système « Light shelf ». Cette expérimentation va se dérouler sous un ciel réel pour un moment de la journée du 21 septembre à 12h.

Les points de mesure constituent une grille dont l'intervalle en profondeur est de 100cm à partir de la baie en façade, et en largeur est de 100cm (Fig.VIII.8). Un nombre total de 35 points est fixé. La hauteur de ces points a été fixée à 75cm du sol (Fig.VIII.9).

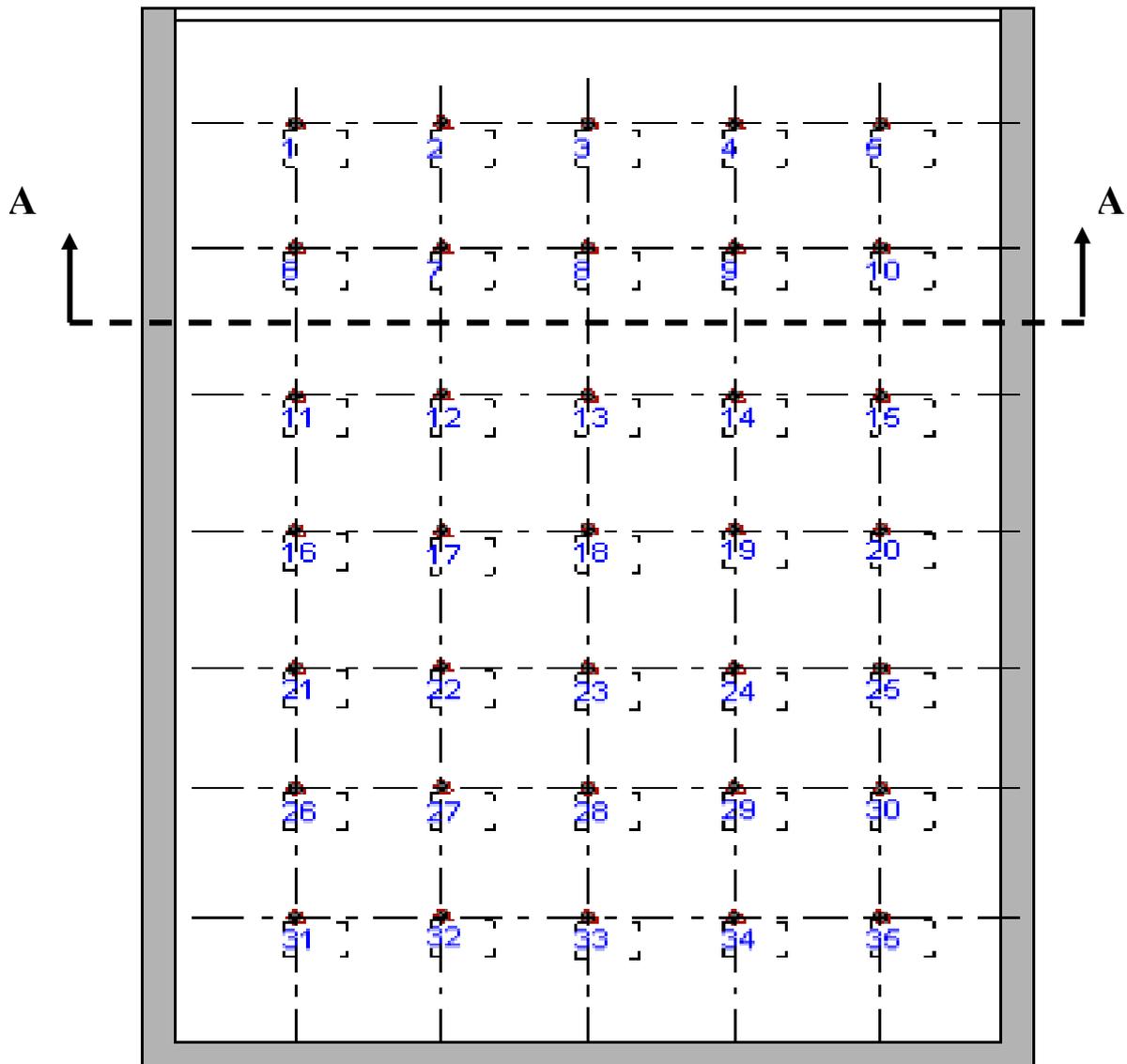


Figure VIII.8: Vue en plan du modèle – positionnement des points de mesure
(Source: Auteur)

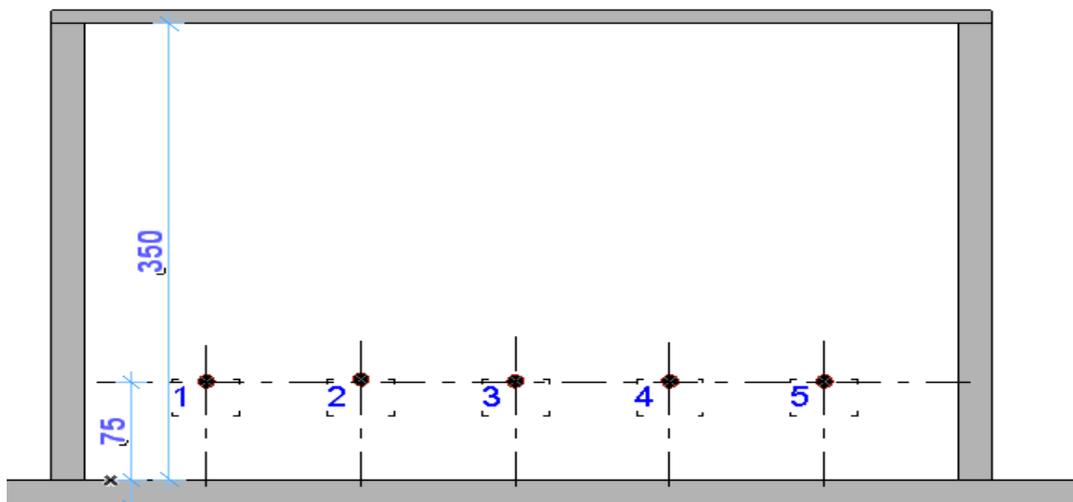


Figure VIII.9: Coupe (AA) indiquant le niveau de prise de mesure
(Source : Auteur)

2.2. Les résultats de l'expérimentation :

L'expérimentation du modèle réduit a été menée pour les deux orientations, Sud et Est avec comme dispositif solaire, respectivement, le Light shelf et les Flancs. Deux rendus graphiques illustrent ces résultats Fig.VIII.10, Fig.VIII.11 .

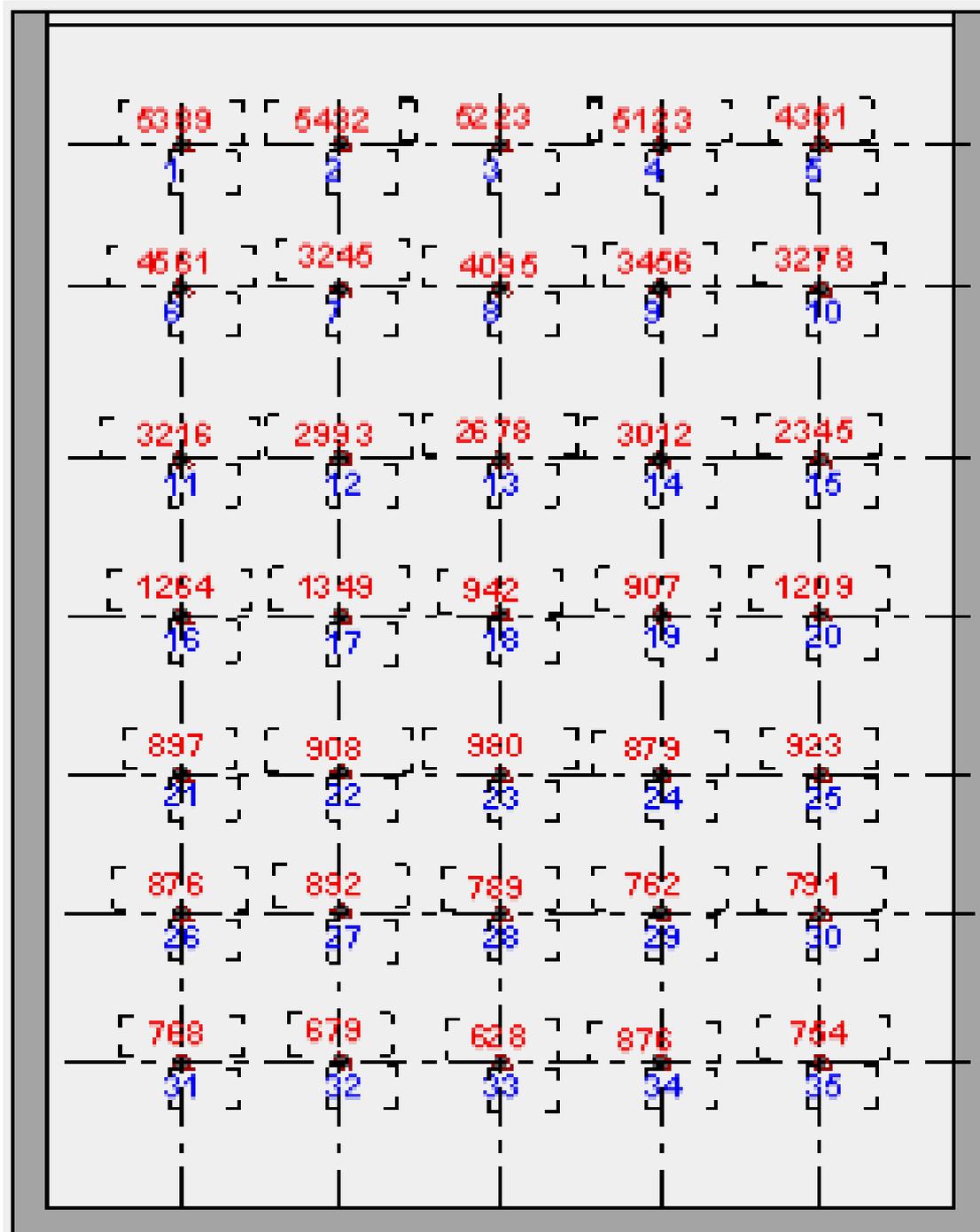


Figure VIII.10: Valeurs d'éclairage mesurés sur le plan de travail d'un modèle réduit de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h .
(Source : Auteur)

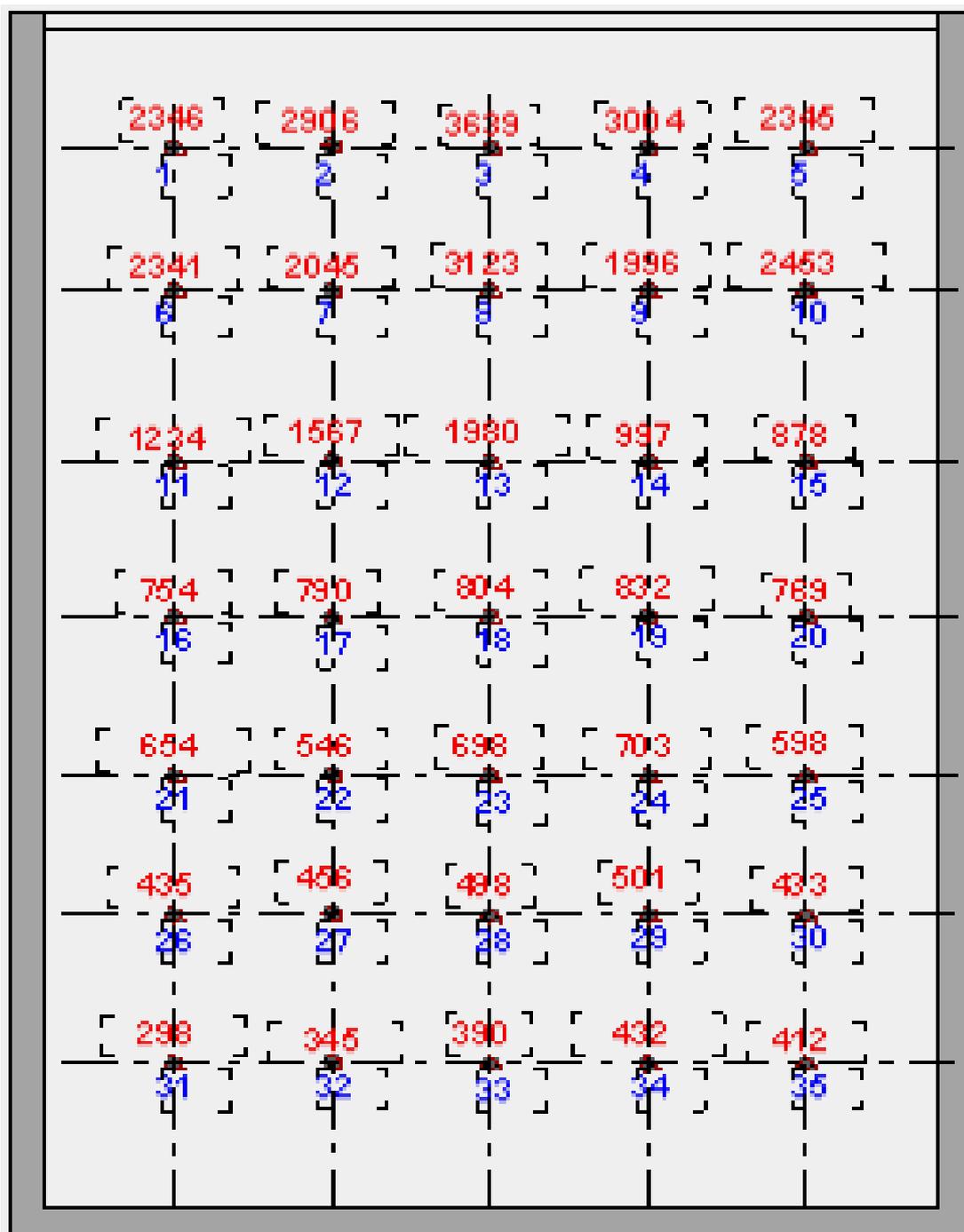


Figure VIII.11: Valeurs d'éclairage mesurés sur le plan de travail d'un modèle réduit de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h .
(Source : Auteur)

2.3. Résultats des éclairagements simulés par le logiciel Ecotect 5.5

Les simulations effectuées à l'aide du logiciel Ecotect 5.5 ont permis de mesurer l'éclairage horizontal à 75 cm du plancher pour les deux orientations Sud et Est. Tel qu'il est respectivement illustré à la figure. VIII.12 et la figure. VIII.13.

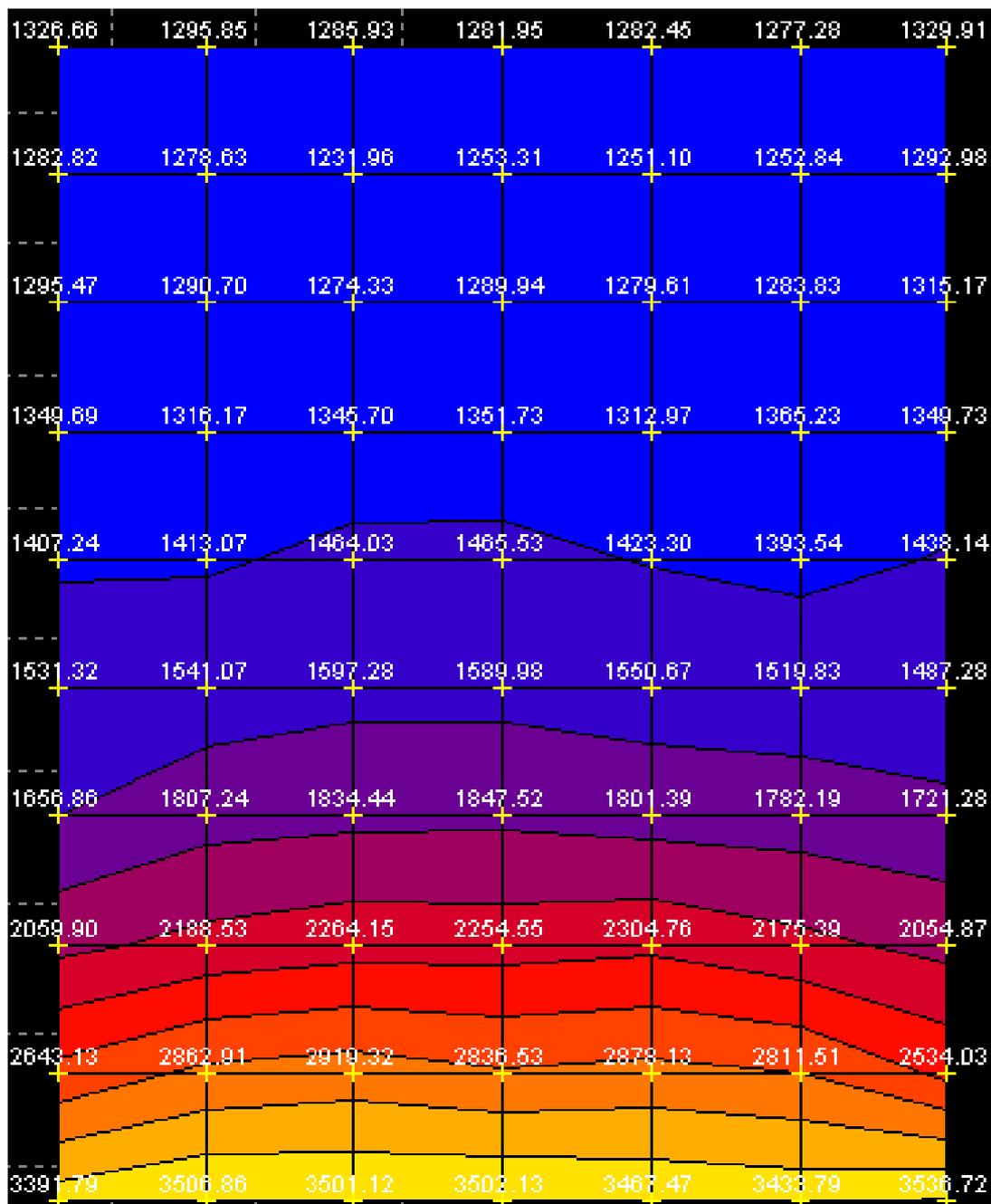


Figure VIII.12: Valeurs d'éclairagements sur le plan de travail simulé par Ecotect de bureau équipé de Light shelf, orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h .
(Source : Auteur)

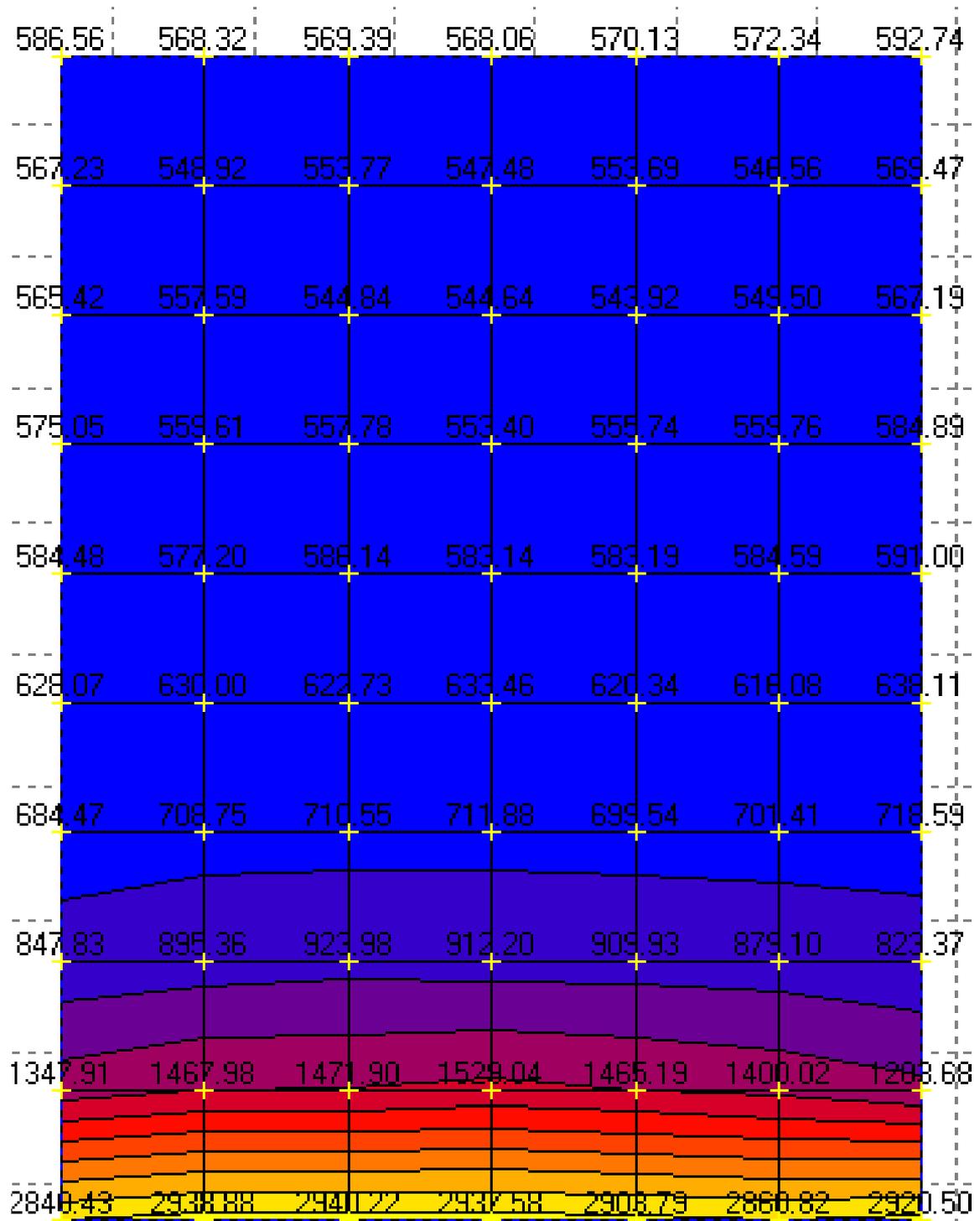


Figure VIII.13: Valeurs d'éclairements sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h
(Source : Auteur)

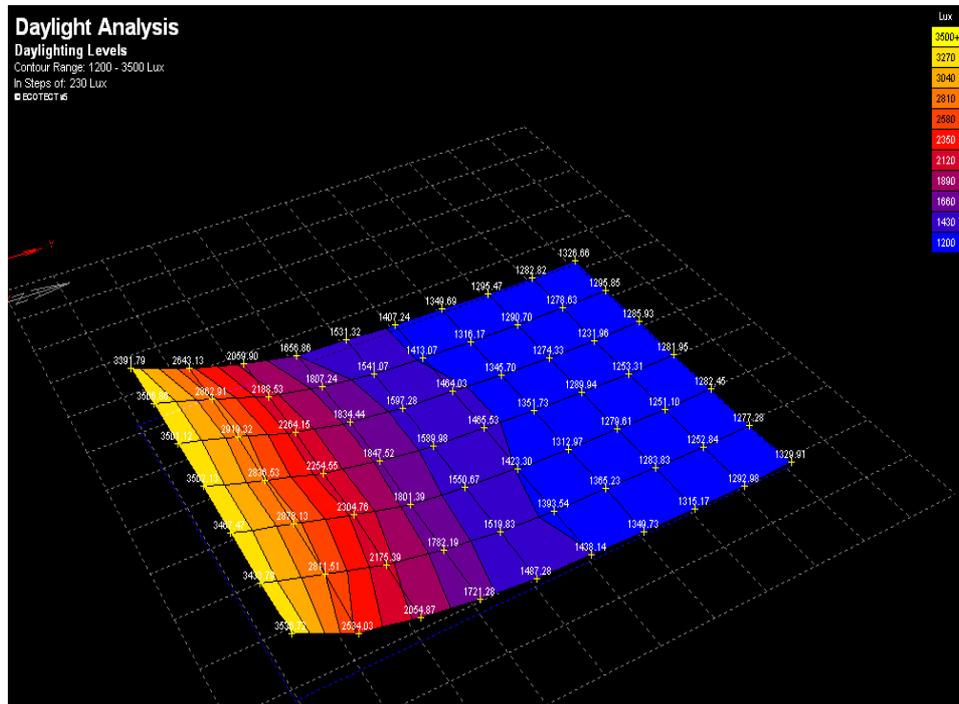


Figure VIII.14: Rendu 3D d'éclairagements sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h (Source : Auteur)

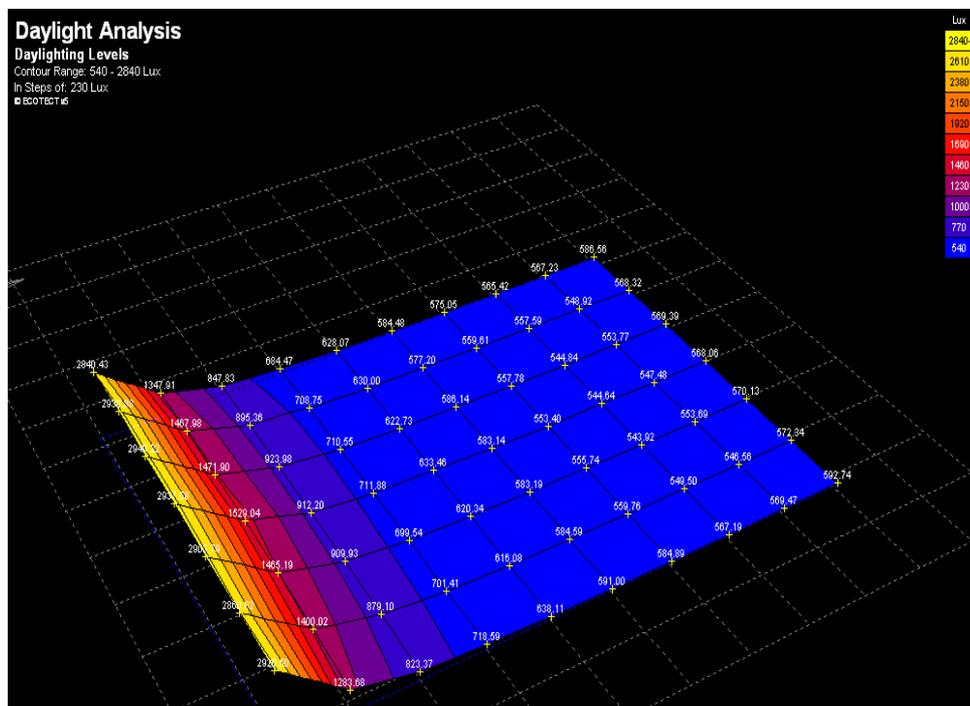


Figure VIII.15: Rendu 3D d'éclairagements sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h (Source : Auteur)

2.4. Résultats des éclairagements simulés par le logiciel Radiance

Les simulations effectuées à l'aide du logiciel Radiance ont permis de mesurer l'éclairage horizontal à 75 cm du plancher pour les deux orientations Sud et Est. Tel qu'il est respectivement illustré à la figure. VIII.16 et la figure. VIII.17.



Figure VIII.16: Valeurs d'éclairagements sur le plan de travail simulé par 'Radiance' de bureau équipé de Light shelf, orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h (Source : Auteur)

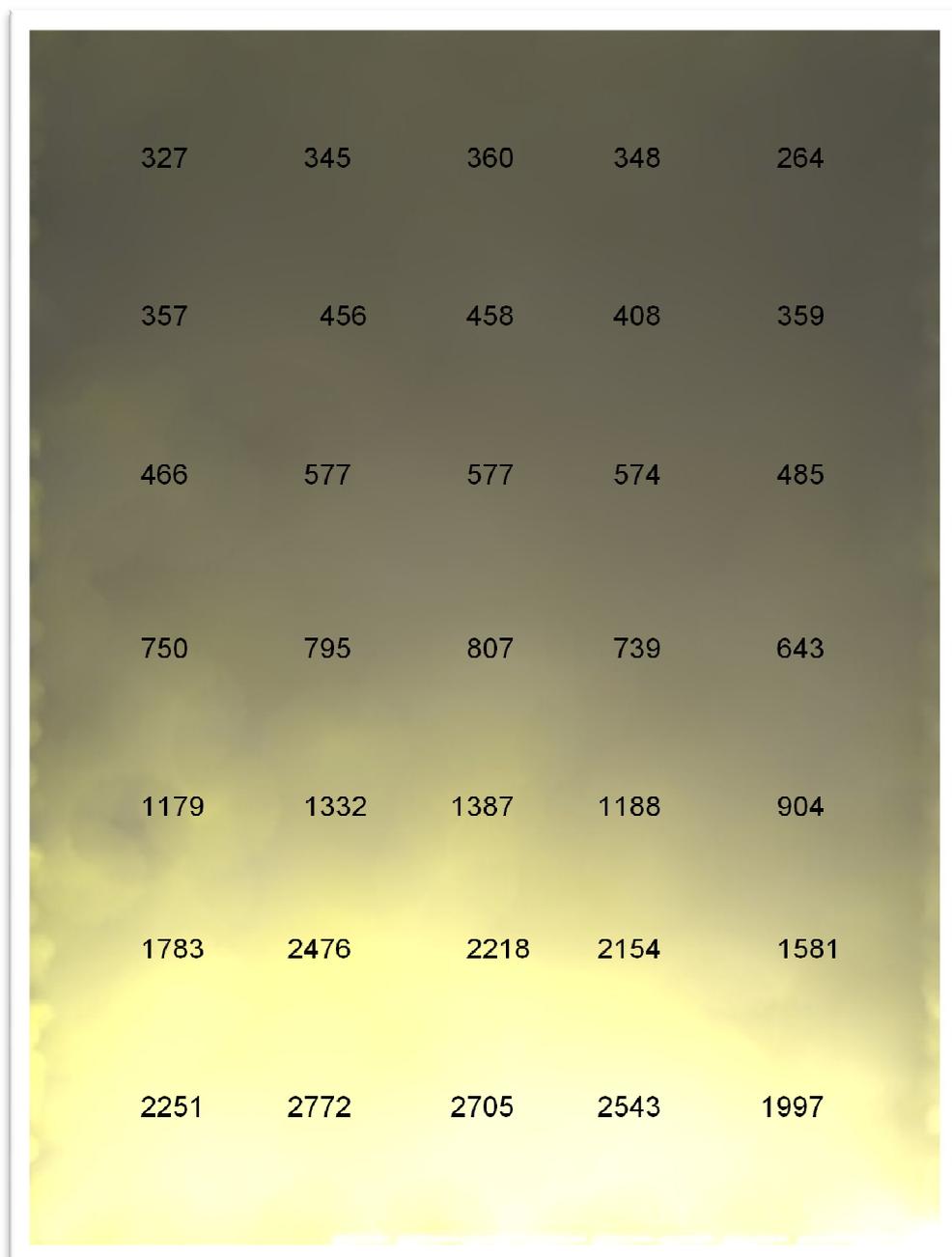


Figure VIII.17: Valeurs d'éclairements sur le plan de travail simulé par 'Radiance' de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h (Source : Auteur)

2.5. Validations par comparaison entre simulation du logiciel "Radiance", Ecotect et les mesures sur le modèle réduit :

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des éclairements des 35 points de la grille dans le bureau orienté Sud et Est pour les trois outils de mesure d'éclairement.

POINT	(E) en lux MAQUETTE		(E) en lux RADIANCE		(E) en lux ECOTECT	
	FLANC	LIGHT SHELF	FLANC	LIGHT SHELF	FLANC	LIGHT SHELF
P1	2346	5389	1997	3649	1400	2812
P2	2906	5432	2543	3973	1465	2878
P3	3639	5223	2705	4293	1529	2837
P4	3004	5123	2772	4112	1472	2919
P5	2345	4351	2251	4028	1468	2862
P6	2341	4561	1581	3093	879	2175
P7	2045	3245	2145	3718	910	2304
P8	3123	4095	2318	4238	912	2254
P9	1996	3456	2476	4181	924	2264
P10	2453	3278	1783	3695	895	2188
P11	1234	3216	904	2477	701	1782
P12	1567	2993	1188	2907	699	1801
P13	1980	2678	1387	3284	712	1847
P14	997	3012	1332	3213	711	1834
P15	978	2345	1179	2811	709	1807
P16	754	1264	643	1853	616	1519
P17	790	1349	739	2092	620	1550
P18	804	942	807	2219	633	1589
P19	832	907	795	2174	623	1597
P20	769	1209	750	2030	630	1541
P21	654	897	485	1248	584	1393
P22	546	908	574	1373	583	1423
P23	698	980	577	1475	583	1465
P24	703	879	577	1443	586	1464
P25	598	923	466	1357	577	1413
P26	435	876	359	778	549	1365
P27	456	892	408	894	544	1312
P28	498	789	458	906	546	1351
P29	501	762	456	918	558	1345
P30	433	791	357	874	547	1316
P31	298	768	264	632	554	1252
P32	345	679	348	708	548	1251
P33	390	628	360	756	554	1253
P34	432	876	345	734	545	1231
P35	412	754	327	656	553	1278

Tableau VIII.1: Tableau récapitulatif des valeurs d'éclairément reçus sur le plan de travail pour les trois outils de mesure 'Modèle réduit ,Ecotecte et Radiance'.(Source : Auteur)

Les valeurs maximales et minimales des deux orientations Sud et Est pour les trois outils de mesure, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

		Maquette	Radiance	Ecotect
Light shelf	E max	5432	4293	2919
	E min	628	656	1231
Flancs	E max	3639	2772	1529
	E min	298	264	544

Tableau VIII.2: Valeurs d'éclairéments Minimales et maximales reçus sur le plan de travail pour les trois outils de mesure 'Modèle réduit ,Ecotecte et Radiance'. (Source : Auteur)

Les points sélectionnés pour la comparaison entre les valeurs de l'éclairément lumineux sont(point p3 , p18 et p33). Les valeurs sur le Tableau VIII.1 , ont été compilées en un seul tableau (Tab.VIII.3) et transformées en une présentation graphique allant une lecture comparative (Fig.VIII.18) et Fig.VIII.19).

La comparaison entre les trois rendus s'est opérée à travers une lecture de trois valeurs pour chacun d'eux. La première valeur est celle du point de mesure situé sur l'axe central du bureau et la première ligne de mesure proche de la fenêtre .La deuxième valeur est celle du point de mesure situé sur l'axe central du bureau et la quatrième ligne de mesure au milieu de la fenêtre. La troisième valeur est celle du point de mesure situé sur l'axe central du bureau et la septième ligne de mesure au fond de la fenêtre et cela pour les deux orientations.

Outil de mesure des valeurs d'éclairément	(E) en Lux Proche de la fenêtre		(E) en Lux Au milieu		(E) en Lux Au fond	
	FLANC	LIGHT SHELF	FLANC	LIGHT SHELF	FLANC	LIGHT SHELF
Maquette	3639	5223	804	942	390	628
Radiance	2705	4293	807	2219	360	756
Ecotect	1529	2837	633	1589	554	1253

Tableau VIII.3: Les points sélectionnés pour la comparaison entre les outils de simulation de l'éclairément lumineux (points P3,P18 et P33) (Source : Auteur)

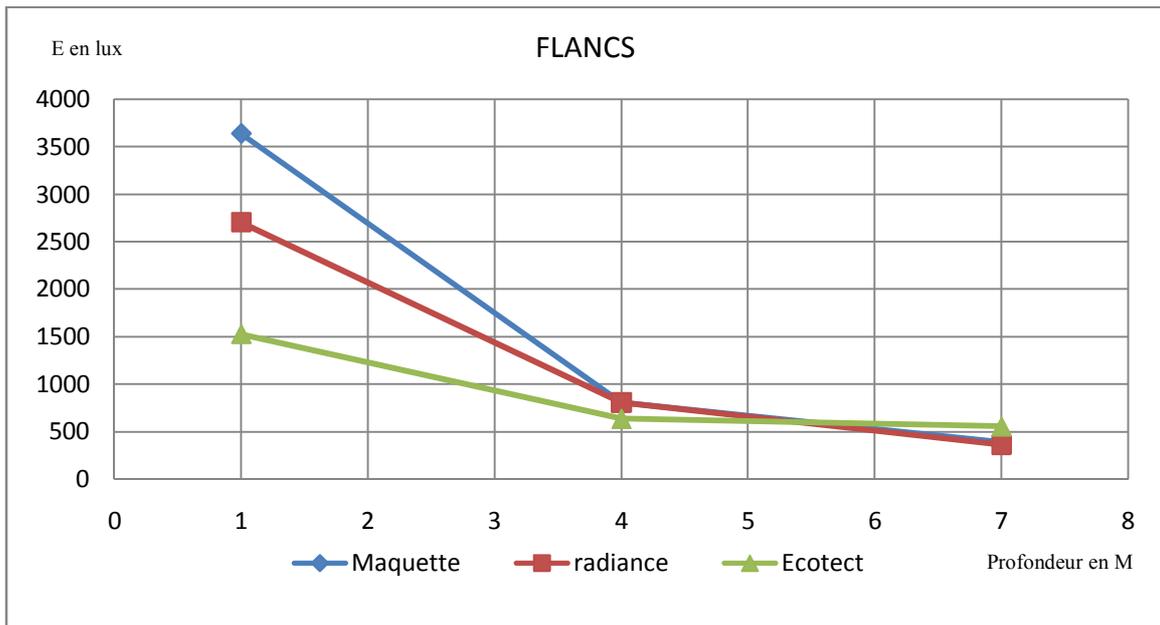


Figure VIII.18: Valeurs d'éclairéments reçus sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h (Source : Auteur)

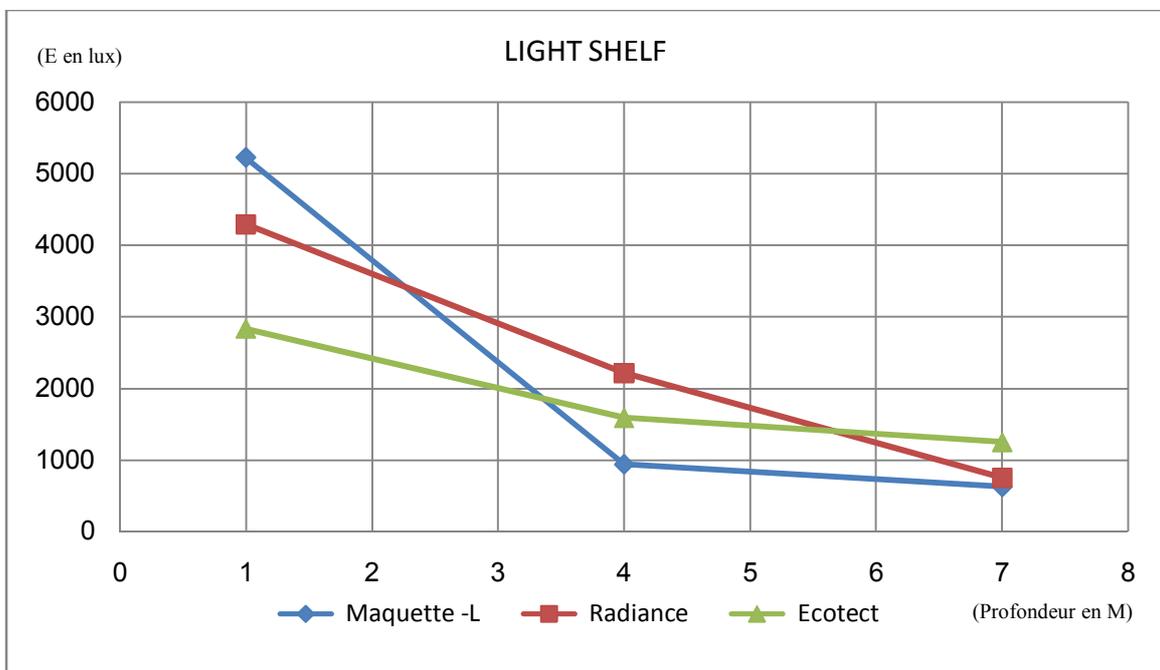


Figure VIII.19: Valeurs d'éclairéments reçus sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h (Source : Auteur)

A partir du point P18 (au milieu) jusqu'au point P33 (au fond) les courbes suivent la même allure pour le bureau orienté Est (Fig.VIII.18). Pour l'orientation Sud on constate que l'écart entre les courbes est toujours présent jusqu'au point P33(Fig.VIII.19). On remarque une intersection des courbes au niveau de trois profondeurs différentes, on remarque aussi que la courbe (maquette) qui présente la valeur maximale dans la zone proche de la fenêtre, présente les valeurs les plus basses au milieu et au fond par rapport à la courbe de Ecotect et Radiance.

3. Discussion :

Les résultats présentés dans les figures(Fig.VIII.18) et(Fig.VIII.19) montrent que les valeurs les plus élevées d'éclairiments se situent dans les points près de la fenêtre pour les trois outils de mesures. Cette augmentation est liée à la fenestration de quantité importante de lumière par le vitrage transparent qui contribue à en maximiser l'éclairiment dans cette zone.

La validation des résultats se fera par la comparaison des valeurs d'éclairiments simulées et mesurées en termes de différences en pourcentage. Cette valeur est calculée comme suite :

- Calculer la différence entre deux valeurs.
- La différence sera transformée en pourcentage.
- Cette valeur en(%) représente la différence entre ces deux valeurs.

La comparaison des valeurs d'éclairiment entre Radiance, Ecotect et la maquette se limite aux cas des orientations : Est et Sud (Tab.VIII.4) (Tab.VIII.5).

	Différence en % Près de la fenêtre	Différence en % Au milieu	Différence en % Au fond
Maquette et Rdiance	25.66 %	0.37 %	7.69 %
Maquette et Ecotect	57.98 %	21.26 %	29.60 %
Ecotect et Rdiance	43.47 %	21.56 %	35.01 %

Tableau VIII.4: Valeurs de différence (%) d'éclairiments reçus sur le plan de travail des trois outils de mesure pour l'orientation Est à 12 H (source : Auteur)

	Différence en % Près de la fenêtre	Différence en % Au milieu	Différence en % Au fond
Maquette et Rdiance	17.80%	57.54 %	16.93 %
Maquette et Ecotect	45.68 %	40.71 %	49.88 %
Ecotect et Rdiance	33.91 %	28.39 %	39.66 %

Tableau VIII.5: Valeurs de différence d'éclairéments reçus sur le plan de travail des trois outils de mesure pour l'orientation Sud à 12 H (source : Auteur)

Les valeurs présentées dans les tableaux VIII.4 et tableau VIII.5 montrent des différences importantes qui vont de ($\frac{1}{4}$) jusqu'à ($\frac{1}{2}$) cependant, la comparaison (Maquette et Radiance, système Flancs) au milieu (une différence de 0.37 %) et au fond (7.69 %) atteste que cette différence est négligeable. La comparaison (Maquette et Radiance) pour les deux orientations présente les différences les moins importantes que la comparaison (Maquette et Ecotect ou Ecotect et Radiance).

En résumé, les données démontrent qu'une validation des résultats réalisés sur l'éclairage est très complexe à cause de la confrontation de la validation à des obstacles considérables.

Le premier est lié à l'incertitude qui existe dans la valeur mesurée, et cela quelle que soit la précision du modèle réduit appliqué. Cette incertitude est liée la précision de l'appareil de mesure et son positionnement. Dans notre cas, les mesures des 35 points sont réalisées avec un seul luxmètre. Ceci signifie que les mesures n'ont pas été prises en même temps ; ce qui implique aussi un changement dans les valeurs de l'éclairage extérieur.

4. Conclusion :

On conclusion, nous considérons qu'un travail de validation des résultats réalisés sur l'éclairage demeure difficile et complexe. Il nécessite une validation du logiciel de simulation, des moyens humains et un équipement performant pour des mesures menées sous ciel réel.

Dans travail de Mardeljevic (1995) qui a comparé l'éclairage obtenue par simulation informatisée à des mesures effectuées dans une pièce à échelle réelle, les résultats ont démontrés une faible erreur relative moyenne de 5.6% entre les données mesurées et simulées. Cette concordance des données a permis d'affirmer que le logiciel Radiance prédit adéquatement l'éclairage.

Pour le choix final du logiciel de simulation en éclairage pour notre cas, 'Radiance' présente les valeurs d'éclairement les plus acceptables et proches des valeurs menées sous un ciel réel dans le modèle réduit comparativement à Ecotecte.

1. Introduction :

La présente étude traite d'un phénomène historique, en l'occurrence la transparence en architecture, et en particulier dans le contexte des milieux à climat chaud et sec où il commence à prendre de l'envergure. Ainsi cette investigation tente de vérifier objectivement la faisabilité du choix d'application de la transparence en tant que concept architectural dans ce genre de contexte. Le cas d'étude adapté pour cette étude est l'architecture tertiaire.

2. Les limites de recherche :

Les limites de cette étude peuvent être situées aux points suivants :

- *Le site*

Cette étude a considéré seulement un site dégagé sans bâtiments en face.

- *Thermique*

Cette recherche traite le confort thermique intérieur du bureau à travers la prise en compte de son aspect extérieur seulement, en faisant intervenir l'action de l'ombrage. Ce sont les radiations solaires directes qui ont été considérées.

- *Validation des outils de simulation*

Comme tout logiciel dédié à la simulation ,ceux utilisés dans cette recherche ,en l'occurrence Ecotect et Radiance, présentent certaines limitations en matière de données à prendre en compte. Cependant ,Radiance demeure l'un de ceux les plus recommandés et appropriés pour les régions sous ciel clair ensoleillé.

- *Outils de simulation*

Dans notre cas d'étude, les mesures des 35 points sont réalisées avec un seul luxmètre ,d'où la non-prise des mesures en même instant.

3. Conclusions générales :

En somme, le présent travail de recherche consiste en une simulation informatique d'un bureau 'transparent' situé au troisième étage d'un bâtiment ,équipé de protections solaires appropriées pour les orientations : i) sud ii) est et iii) sud-ouest , localisé dans une région à climat chaud et sec. Cette experimentation concerne : i) la lumière naturelle ii) la thermique et iii) la vue sur l'extérieur .

L'objectif principal de cette experimentation consiste dans le choix optimal d'un bureau transparent et mettre au clair les cas défavorables en référence aux milieux arides chauds et sec.

La recherche bibliographique autour de l'histoire de la transparence, a relevé les principaux fondements de la notion en architecture. La transparence trouve de nombreuses applications et interprétations à travers l'histoire de l'architecture. Les architectes, ont progressivement travaillé à abstraire et à dématérialiser l'architecture, Le choix de la transparence du matériau a véhiculé en premier lieu un message de technicité en cherchant la clarté et la chaleur de l'espace, la transparence été souvent associée a la lumière et au soleil . Ce concept a introduit une façon nouvelle et unique pour le traitement de la relation extérieur intérieur chez les architectes dits modernes .la transparence constitue un dispositif architectural qui produit en dehors d'apport de lumière et soleil une interpénétration parfaite de l'espace intérieur et de l'espace extérieur.

La transparence est devenue le mot d'ordre de l'architecture internationale contemporaine. Aujourd'hui, dans la ville de Biskra , on remarque l'apparition des murs rideaux dans les édifices publics. La transparence ne cesse de susciter la motivation et l'intérêt des architectes malgré le contexte climatique aride,chaud, sec de la region.

Finalement, le travail que nous avons mené consiste en une simple proposition du choix optimale d'un bureau transparent . Le travail a abouti à une solution de choix d'un cas optimal qui répond au besoin des constats désquels émane la problématique de cette recherche. Il est espéré que cette proposition trouve de l'intérêt et de l'application dans le champ de l'architecture tertiaire de la region et d'en développer d'autre solutions, et que les

architectes et maitres d'ouvrage surpassent leurs idées d'une transparence spectaculaire à une transparence de confort et de rendement énergétique.

4. Conclusions partielles :

Les résultats obtenus de l'expérimentation des performances des indicateurs pour les modèles étudiés sont présentés dans le schéma ci-dessous (Fig VIII.1).

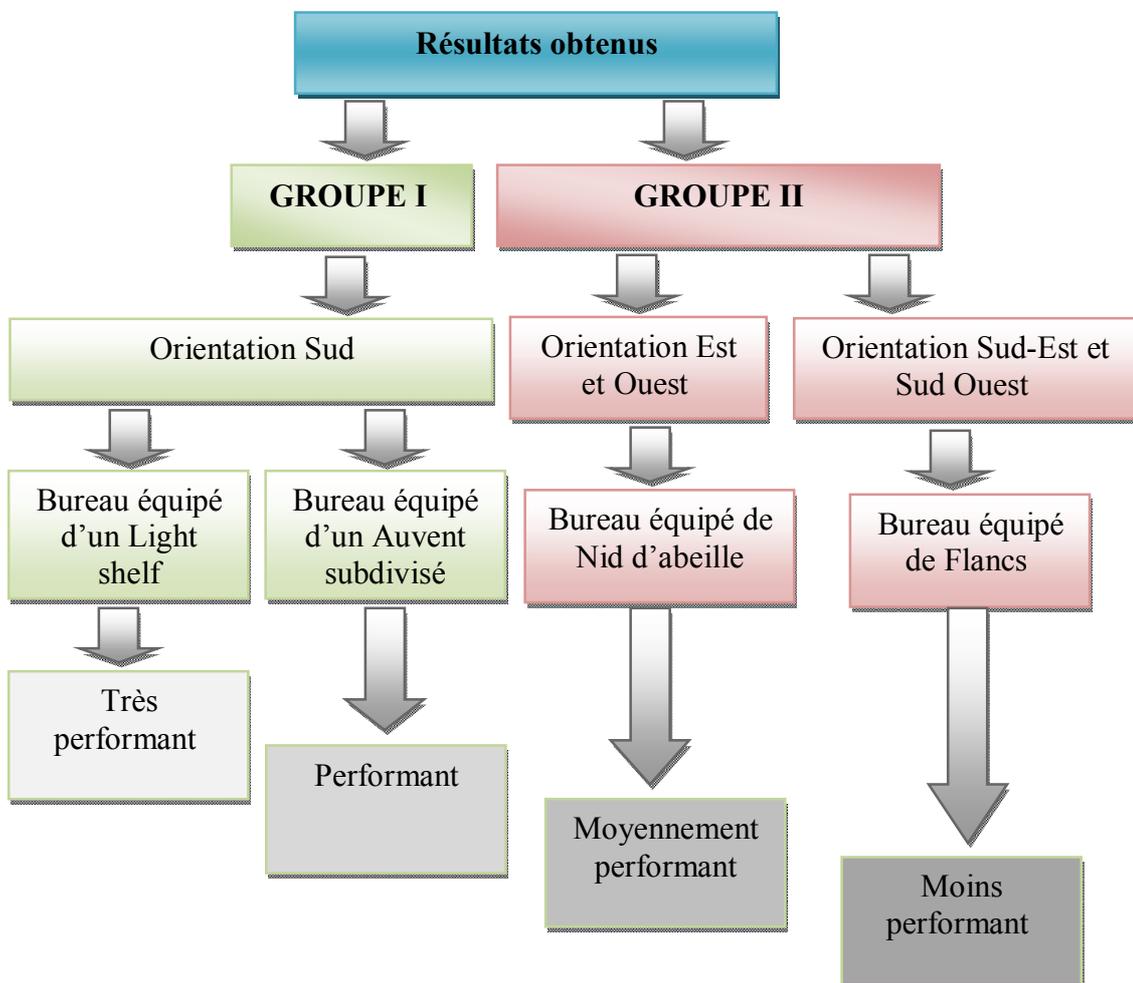


Figure VIII.1: Schéma synthétisant les résultats obtenus de l'analyse des indicateurs .
(Source:Auteur).

4.1. Groupe I :

* Lumière naturelle

- l'ensemble des distributions des valeurs d'éclairéments sur le plan de travail sont moyennement uniformes .
- Niveau d'éclairément très optimal sur le plan de travail (valeur minimale de 350 lux)
- une surface moyenne de 1/3 près de la fenetre où l'occupant est exposé aux risques d'éblouissements indirect .
- Macro-champs visuel qualifiés de confortables.

* Thermique

- Confortable en hiver (plus de 66% des radiations solaires sont transmis à l'intérieur).
- Confortable en été (plus de 92% des radiations solaires sont réduits de l'exterieur).

* La vue sur l'extérieur

- vue sur l'exterieur très confortable (ratio d'ouverture dans le mur de façade de plus de 76%)

4.2. Groupe II :

* Lumière naturelle

- l'ensemble des distributions des valeurs d'éclairément sur le plan de travail sont non uniformes .
- Niveau d'éclairément optimal dans l'ensemble sur le plan de travail (faible surface de 1.18% dont l'éclairément est inférieur à 200 lux)
- Faible surface exposée aux risques d'éblouissements indirect (12%).
- Macro-champs visuel qualifié d'inconfortable pour le modèle orienté Est équipé de Flancs.
- Macro-champs visuel qualifié de moyennement confortable pour le modèle orienté Sud-Ouest équipé de Nid d'abeille.

* Thermique

- Le modèle orienté Est équipé de Flancs est moins confortable en Hivers et en Été (51% des radiations solaires transmis en Hivers et 40% des radiations réduites)

- Le modèle orienté Sud-Ouest équipé de Nid d'abeille est moins confortable en Hivers et confortable en Été (53% des radiations solaires transmis en Hivers et 98% des radiations réduites)

*La vue sur l'extérieur

- vue sur l'extérieur très confortable (ratio d'ouverture dans le mur de façade supérieur à 53%)

5. Axes futures :

La conception d'un espace transparent optimal ,dans une région à climat aride,chaud et sec ,ne se limite pas pleinement aux conditions d'éclairage naturel ,thermique et de vue sur l'extérieur. Elle pourra les dépasser à d'autres conditions telles que sonore et ventilation. En d'autres termes ,la solution consiste de concilier entre les différents effets de tous les facteurs physiques et psychologiques,ce qui ouvre plusieurs axes de recherches dont l'objectif final est d'élaborer un guide qui pourrait être un instrument encadrant toute conception d'espace transparent dans ces zones. Ainsi, certaines de ces variables pourraient être étudiées plus spécifiquement :

- L'étude d'un bâtiment tertiaire transparent dans un site compacte pour observer l'effet des bâtiments environnants sur la transparence.
- Les vitrages sont en constante évolution et offrent des rendements de plus en plus élevés. Leurs utilisations dans un bâtiment transparent est cruciale. Une étude sur l'effet de type de vitrage , à savoir sa performance : i) optique ii) thermique et iii) acoustique pourrait être intéressante.
- Les économies d'énergie font toujours partie des préoccupations internationales actuelles. Ce travail pourrait être complété par une étude sur l'impact de la transparence sur le bilan énergétique du bâtiment.
- introduction de la logique floue dans les processus de conception de protection mobiles associant : i) éclairage artificiel ii) ventilation et iii) protection solaires, pourrait être un future axe d'étude.
- La comparaison des résultats obtenus à l'aide de simulations numériques avec ceux menés au moyen d'une investigation in-situ.

6. Conclusion :

En guise de conclusion ,il est possible de conclure que ce travail a permis de mieux définir un “ Espace Transparent ” et les paramètres qui entrent en jeu dans la conception de cet espace, sous les conditions d’un ciel clair ensoleillé (region a climat chaud , aride et sec). Nous avons degagé deux conditions à prendre en considération : i) l’orientation Sud et ii) le système Light shelf. La réunion de ces deux paramètres dans un espace transparent contribu a un modèle performant.

1. La transparence, un phénomène historique :

La lumière est synonyme de vie et symbole de connaissance. Elle a déterminé pendant longtemps la vie et l'architecture de notre civilisation. Dans de nombreuses cultures, elle fut souvent associée au divin et au mysticisme, son caractère changeant, sa dimension immatérielle et son invisibilité expliquent sa fascination sur l'homme.

La première concrétisation effective d'un espace transparent fût sans doute avec l'avènement du gothique au 12^{ème} siècle. La cathédrale gothique de Saint-Denis, érigée par son l'abbé Suger (1081-1151) est la première démonstration d'approche conceptuelle de la lumière dans l'architecture. La lumière diffuse qui pénètre à travers les vitraux, ses reflets dans l'édifice, sanctifient et embellissent l'espace. Le vitrail devient un filtre entre l'intérieur et l'extérieur, entre Dieu et les hommes.

Cette relation entre l'intérieur et l'extérieur de l'espace architectural, interfère sans cesse, et engage un dialogue aux combinaisons multiples, à travers toutes les périodes et les mouvements de l'histoire de l'architecture, jusqu'au moment où la lumière va devenir l'un des "matériaux" de base de toute conception architecturale, et dont la fenêtre, la partie transparente d'un bâtiment et révélateur de la lumière, joue le rôle principal.

A l'extrême fin du 19^{ème} siècle, les architectes s'engagent dans une lutte contre les tendances romantiques en encourageant déjà cette réduction, caractérisée par la simplification des formes et le rejet de l'ornementation, qui donnera un siècle plus tard, naissance au courant « minimaliste ». Ce parti a pris forme progressivement, depuis *Ornement in Architecture* de Louis Sullivan (1892) jusqu'à *Minimum* de Pawson (1996), en passant par *Crime et Ornement* de Loos (1908) et *Vers une architecture* de Le Corbusier (1923). Les architectes dits moderniste ont progressivement travaillé à abstraire et dématérialiser l'architecture, pour en arriver, à construire des maisons de verre, toutes transparentes.

R.Piano en disait : « *J'essaie d'utiliser en architecture des éléments immatériels tels que la transparence, la légèreté ou la vibration de la lumière. Ces ingrédients font partie de la composition au même titre que les formes et les volumes* » (Piano, 1994).



Figure 1.1: Les trois bâtiments sur le quai de Londres, tous réalisés au 20^e siècle, présente une image de l'évolution de l'architecture vers la transparence (Source : Natural Light in Architecture, 2004)

De la fenêtre traditionnelle à la fenêtre horizontale jusqu'à devenir enveloppe du bâtiment, la fenêtre de son Étymologie qui provient du « vent » et de « l'œil », est l'une des plus complexes composantes du bâtiment dû au grand nombre de fonctions contradictoires qu'elle doit jouer: éclairage, occultation, vue vers le dehors, recherche d'intimité, pénétration du soleil, protection solaire, et ventilation .

Toutes ces fonctions s'interagissent rien que pour offrir un meilleur confort visuel et thermique à l'homme pour ses multiples différences de climat, de culture, et de technologieetc

La fenêtre a un rôle à part dans un bâtiment. Elle est le « point faible » du mur de la maison. Pourtant, elle doit satisfaire d'importantes exigences : d'un côté, on la veut « ouverture », qui laisse entrer l'air et de lumière à l'intérieur, de l'autre on la veut « protection » contre le vent, les intempéries et les menaces extérieures. Le soin porté à la réalisation de la fenêtre met en évidence l'importance du rapport entre l'ouverture vers l'extérieur et la préservation de la sphère privée, raison pour laquelle elle constitue pour l'homme un élément à part dans la Conception du bâtiment. Un matériau est nécessaire, pour faire la transition visuelle entre le dedans et le dehors : le verre (Piccard,2002).

Dans les années 70, à cause de la crise pétrolière, la transparence est remise en question. La façade entièrement vitrée est considérée comme facteur de gaspillage ; tel qu'en témoignent les différents travaux et recherches réalisés par plusieurs chercheurs et spécialistes de la discipline (Jean-Louis IZARD, Edward MAZRIA, B GIVONI, S V SZOKOLAY). Il en est de même de la part de tant d'autres qui ont pu élaborer des techniques et des méthodes qui permettent de contrôler l'ensoleillement et ainsi profiter de ces avantages tout en atténuant ou en évitant ces effets nuisibles à l'intérieur d'un bâtiment.

L'avènement de l'éclairage artificiel a occasionné une rupture entre la forme architecturale et la lumière ; celle pénétrant par les ouvertures n'étant plus considérée comme nécessaire mais complémentaire (Lechner, 2001, p.364). Ainsi, la transparence est devenue liée à une architecture spectaculaire plus que bénéfique de lumière et rendement énergétique comme le cas de la plus part des bâtiments transparents dans les pays du golf où les températures atteignent les 50°C.



Figure 1.2 : Vue de la ville de Doha. (Source : <http://fr.123rf.com>)

Aujourd'hui, les limites entre le dedans et le dehors ne sont plus perceptibles. L'idée de la transparence en architecture semble, de plus en plus liée à une émancipation humaine fondée sur le progrès scientifique, les évolutions techniques et leurs défis. Ces derniers font que les limites auxquelles l'architecture se confrontait dans le passé sont de plus en plus expérimentées en vue de les surmonter. En effet, la transparence mise en œuvre aujourd'hui n'est plus uniquement liée à une architecture spectaculaire mais aussi à une architecture de maîtrise des niveaux: i) d'éclairage ii) de l'éblouissement iii) du thermique iv) de ventilation naturelle v) de l'acoustique vi) de l'incendie...etc.

2. PROBLEMATIQUE :

La façade est devenue une peau indépendante de la structure porteuse du bâtiment, libre dans sa composition, capable de répondre à la lumière et aux vues. De nouveaux matériaux, voire matières, et de dispositifs ne sont inventés rien que dans l'objectif de ne pas se plier aux contraintes environnementales ou autres mais bien de les intégrer activement dans le processus de la production architecturale.

La lumière naturelle se retrouve, à ce titre, captée, filtrée, redirigée, transmise, réfléchi..., un ensemble d'actes et d'actions en vue de permettre simultanément l'admission et la distribution optimales de la lumière naturelle dans les espaces intérieurs et ce en dépit de la sévérité des conditions environnementales extérieures. Ainsi, il est très facile de constater, de nos jours, que les percements dans les façades sont équipés de divers moyens et dispositifs dont le rôle est principalement de contrôler l'ensoleillement et de réguler l'éclairage naturel.

Les parois transparentes et les murs rideaux subsistent toujours malgré les diverses démonstrations de leurs échecs sur un bon nombre de plans dont celui environnemental et bioclimatique. La manière d'utiliser de grandes parois vitrées dans un bâtiment sans créer un environnement intérieur inconfortable, est un problème architectural bien connu. Malheureusement, la plupart des architectes le considèrent comme un détail technique et ils laissent les chauffagistes ajouter les équipements de chauffage et de climatisation afin de rendre le bâtiment confortable.

Toutefois, ces éléments constitutifs de la façade se voient pourvus d'éléments permettant un meilleur filtrage des éléments de l'environnement extérieur. Ceci révèle et reflète d'une part l'attachement des concepteurs à la transparence et d'autre part à l'insertion des produits de la technologie et des progrès scientifiques dans le domaine du bâtiment en général et de la conception architecturale en particulier.

A cet effet, cette recherche s'intéresserait à investir cette rencontre emblématique de la transparence et des multiples évolutions dans le domaine de l'architecture. Une attention particulière sera donnée au cas des milieux naturels extrêmes, en l'occurrence celui à climat chaud et sec où la transparence ne cesse de susciter la motivation et l'intérêt des architectes.



Figure 1.3: Bâtiment Administratif « NAFTAL CHERAGA »
(Source: <http://www.bereg.dz/index.php?option=com>)

3. Objectifs du travail :

Un premier objectif de notre recherche est de simultanément respecter le rêve de l'architecte pour la transparence et de prendre en compte les contraintes climatiques et environnementales. Il s'agira donc de déceler les divers mécanismes liant les aspects d'éclairage naturel, de thermique et de la vue vers l'extérieur afin de choisir la solution optimale selon la situation rencontrée. Cependant, notre principale visée est de mettre au clair les conditions de faisabilité du concept de transparence dans le contexte d'un milieu chaud, aride et sec en tirant profit des développements technologiques en vue de leur mise au service des ambitions d'une architecture contemporaine. Ce qui autoriserait éventuellement à répondre, de manière anticipée, aux exigences nouvellement requises par une architecture tertiaire de plus en plus présente dans le paysage urbain des villes algériennes.

4. Questions de recherches :

La transparence ne cesse de s'afficher dans plusieurs secteurs de l'architecture internationale contemporaine. L'Algérie, ne fait pas l'exception. Elle a bien connu, ces dernières années, l'apparition des murs rideaux dans les édifices publics essentiellement. A cet effet, des questions pertinentes s'imposent:

- La transparence constitue-t-elle un réel penchant pour l'architecture tertiaire contemporaine en Algérie ?

- Les progrès technologiques et les développements dans les démarches conceptuelles favoriseraient-elles de surpasser les effets négatifs de la transparence, voire de les positiver même dans un milieu extrême hostile et contraignant ?
- Quelles seraient les composantes architecturales à faire intervenir pour rendre réaliste le rêve de la transparence dans le contexte des régions à climat chaud et sec ?

5. Hypothèse

En réponse à ces questionnements, cette recherche se concentre sur les capacités de la paroi extérieure à rendre réaliste le rêve de la transparence. Elle suggère donc que

« Le traitement spécifique d'une paroi en verre d'un mur rideau et son accompagnement par des dispositifs appropriés aboutiraient à des conditions d'environnement lumineux et thermiques optimaux »

6. Méthode et technique de recherche :

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 lumineux thermique et vue sur l'extérieur.

7. Contexte d'étude :

Le choix de l'architecture tertiaire dans une région à climat chaud ,aride et sec comme objet d'étude relève de trois raisons : i) le privilège accordé à la transparence en tant qu'expression architecturale des plus recherchée pour l'architecture tertiaire, ii) la croissance fort constatée des édifices publics transparents appartenant au secteur tertiaire, et iii) la consommation énergétique très significative dans le secteur tertiaire.

8 .Structure du mémoire :

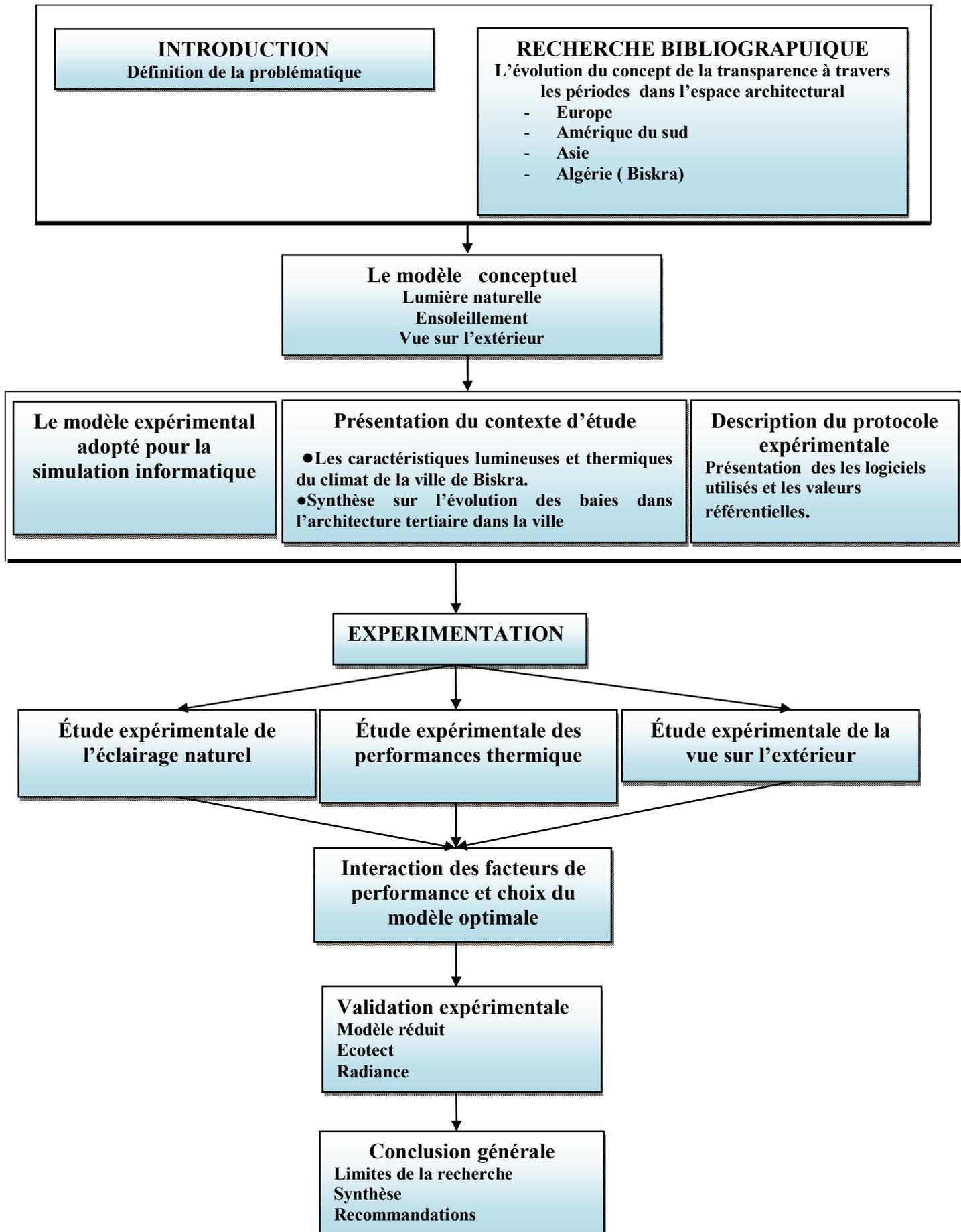
Ce mémoire est composé de deux parties principales. Dans la première partie, organisé en deux chapitres ,nous commençons par une investigation théorique du thème. Le premier chapitre est consacré à une analyse de l'évolution du concept de la transparence à travers les

périodes dans l'espace architectural et dans les espaces de bureau en particulier. Le principe de base de cet état de l'art est de faire ressortir les facteurs pour lesquels les architectes ont adopté ce concept. Nous terminons ce chapitre en proposant les dimensions liés au concept de la transparence. Dans Le second chapitre nous proposons le model conceptuel adopté pour notre étude, après une description des dimensions de performance en éclairage naturel, de la performance thermique et de la vue vers l'extérieur.

La deuxième partie de ce mémoire sera consacrée à l'étude expérimentale. Ainsi ,dans Le troisième chapitre nous exposons le modèle expérimental adopté pour la simulation ; sa géométrie et la configuration des protections solaires propre aux différentes orientations.

Le quatrième chapitre est consacré à la présentation du contexte d'étude, où nous abordons les caractéristiques lumineuses et thermiques du climat de la ville de Biskra. Après une revue de l'architecture tertiaire à Biskra, nous terminons ce chapitre par une synthèse sur l'évolution des baies dans l'architecture tertiaire dans cette dernière. Dans le cinquième chapitre ,une description du protocole expérimentale sera présentée dont les logiciels utilisés et les valeurs référentielles. Le sixième chapitre sera consacré à une étude quantitative et qualitative de la lumière naturelle dans les bureaux transparents. Le principe de base de cette étude est le choix des meilleures situations rencontrées. Une étude des performances en éclairage naturel seul, demeure insuffisante. Ainsi, une étude expérimentale des performances thermique et de la vue sur l'extérieur sera investie dans le septième chapitre. Nous concluons ce chapitre par une synthèse récapitulant et synthétisant les résultats. Le huitième chapitre est consacré à la validation expérimentale du logiciel utilisé pour la simulation en éclairage naturel. Nous utilisons deux cas testés pour la validation du logiciel de simulation de la lumière ' Radiancé'. Cette validation consistera en premier lieu en une comparaison des valeurs d'éclairement horizontal obtenues par les mesures opérées dans le modèle réduit et ceux obtenues grâce aux logiciels Radiancé et Ecotect. La deuxième validation : on compare les valeurs d'éclairement obtenues par les logiciels Radiancé 2 et Ecotect 5.5 .

Ce travail s'achève par la présentation des conclusions quant à la faisabilité de la transparence dans les régions à climat chaud et aride. Nous joignons à ces conclusions les perspectives envisageables pour compléter ce travail.



Résumé

L'objectif de cette étude, est de mettre au clair les conditions de faisabilité de la transparence pour le cas de l'architecture tertiaire dans le contexte des milieux arides à climat chaud et sec. l'étude a été effectuée par une approche expérimentale. Ainsi des simulations informatiques d'un modèle de bureau transparent ont permis d'évaluer l'effet de : i) la lumière ii) l'ensoleillement et iii) la vue sur l'extérieur sur le confort et l'ambiance intérieure. Elle s'est effectuée pour des bureaux orientés : i) Sud ii) Est,Ouest et iii) Sud-Ouest , Sud-Est sous un ciel clair ensoleillé ,(milieu aride à climat chaud et sec).

L'évaluation des résultats obtenus est basée sur les valeurs des références recommandées pour les différents indicateurs mis en simulation.

En s'appuyant sur les résultats obtenus des performances en éclairage naturel, thermique et de la vue sur l'extérieur dans un bureau transparent, nous avons classifié les cas testés selon leurs degrés de performances pour en choisir l'orientation optimale et les composantes architecturales à faire intervenir. A cet égard, on note essentiellement la performance du bureau orienté Sud équipé d'un système Light shelf .

ملخص

الشفافية في المباني الإدارية في المناطق الجافة ذات المناخ الساخن

دراسة تجريبية " حالة مدينة بسكرة "

الهدف من هاته الدراسة هو توضيح شروط صلاحية استعمال الشفافية في المباني الإدارية في المناطق الجافة ذات المناخ الساخن , طبقت هاته الدراسة وفقا للمقاربة التجريبية . المحاكاة بالحاسوب لنموذج مكتب شفاف سمحت بتقييم كل من مؤثرات الاضاءة الطبيعية, التشميس , و النظرة إلى الخارج على الرفاهية و الأجواء الداخلية. هاته التجارب أقيمت على نماذج مكاتب موجهة نحو (أ الجنوب ب) الغرب والشرق و (ج) الجنوب الغربي والجنوب الشرقي تحت سماء صافية ومشمسة (مناطق جافة ذات مناخ ساحن)

اعتمدنا في تقييم النتائج المحصل عليها بالتركيز على القيم المرجعية المعتمدة لمختلف المؤشرات الخاضعة إلى المحاكاة بالحاسوب.

بالاعتماد على النتائج المحصل عليها لفاعلية الاضاءة الطبيعية, الحرارة و النظرة على الخارج في مكتب شفاف, قمنا بتصنيف الحالات التجريبية وفقا لدرجة فعاليتها وذلك لاختيار التوجيه المثالي و العناصر المعمارية الواجب إضافتها. وفي هذا الصدد نسجل بصفة خاصة فعالية التوجيه إلى الجنوب للمكاتب الشفافة المزودة بكاسرات الشمس العاكسة (Light shelf).

TABLE DES MATIERES

Résumé	i
ملخص	ii
Table des matières	iii
Table des Figures	viii
Liste des tableaux	xix
INTRODUCTION GENERAL	
1.Introduction	01
2.PROBLEMATIQUE	02
3.Objectifs du travail	02
4.Questionnements de recherches	03
5.Hypothèse	03
6.Conclusion	03
CHAPITRE I: TRANSPARENCE EN ARCHITECTURE	
1. Introduction	09
2. Apparition du concept de la transparence	10
3. La transparence dans l'histoire : une contribution à la relation entre l'intérieur et l'extérieur	13
3.1 La révolution industrielle et les nouvelles techniques et matériaux	13
3.2 L'école de Chicago (approximativement entre 1885 et 1905)	17
3.3 L'architecture moderne	21
3.4 L'architecture de la 2 ^{ème} moitié du 20 ^{ème} siècle	27
3.5 Interprétation	35
4. Apports des nouvelles technologies à la transparence	36
4.1 Ventilation naturelle	37
4.2 La façade double peau	39
4.3 Les protections solaires	40
4.3.1 Système Brise-soleil à lames en verre orientables	40
4.3.2 Brise soleil équipée de cellule photovoltaïque	41
4.3.3 Façade à Tissu métallique	42
4.4 Interprétation	45
5. La transparence dans les milieux extrêmes : le problème	45
5.1 Au sud d'Amérique	45
5.2 En Asie	47
5.3 Au pays du Golf Arabe	48
5.4 En Algérie	51
5.4.1 La ville de Biskra	57
6. Conclusion	59
Chapitre II: Le modèle conceptuel	
1. Introduction	61
2. Facteurs liés à l'éclairage naturel (quantité et qualité de la lumière reçue)	64
2.1 Quantité de la lumière naturelle	64
2.1.1 L'éclairement utile	66
2.1.2 Uniformité de zones d'éclairements	67
2.2 Qualités de la lumière naturelle	68
2.2.1 L'éblouissement	69
3. Facteurs liés aux performances thermiques	70
3.1 Irradiation solaire incidente	70
3.2 L'ombrage comme stratégie de confort thermique	72
4. Facteurs liés à la vue vers l'extérieur	74

4.1 Bureau sans fenêtres:	74
4.2 Aspect qualitatif de la vue	75
4.2.1 La classification des contenus de la vue	76
4.3 Aspect quantitatif de la vue	77
4.3.1 Taille et position de la fenêtre	77
4.3.2 Division de la fenêtre (fenêtre de petits panneaux)	80
4.3.3 Les occultations	81
5. Conclusion	82

CHAPITRE III: MODELE EXPERIMENTALE

1. Introduction	84
2. Le site	84
3. Le locale	85
3.1. Le bâtiment	85
3.2. Le bureau	86
3.2.1. Géométrie du modèle	86
3.2.2 Configurations de la façade	89
3.2.3 Photométries de parois intérieures	89
4. Les orientations	89
5. Les protections solaires	93
5.1. Modèles théoriques	94
5.1.1. Les protections liées à l'environnement	94
5.1.2. Les éléments architecturaux	95
5.1.3 .Les dispositifs de brise soleil	96
5.1.3.1. Brise-soleil extérieurs fixes	96
5.1.3.2. Dispositif de protection solaire ajustable ou mobile	97
6. Calcule des protections solaires	100
7. Conclusion	103

CHAPITRE IV : CONTEXTE D'ÉTUDE

1 .Introduction	104
2. Contexte d'étude	105
2.1 Situation géographique	105
2.2 Caractéristiques climatiques	106
2.2.1 Biskra : un climat lumineux	109
3. L'Architecture tertiaire à Biskra	111
3.1. L'architecture tertiaire : un lieu d'enjeux pour la transparence	111
3.1.1. Les bureaux	111
3.1.2. Pourquoi l'architecture tertiaire	111
3.2. Immeubles de bureaux à Biskra	112
3.2.1. Période coloniale	112
3.2.1.1. L'Hôtel de Ville	112
3.2.2. Période poste-coloniale	114
3.2.2.1. L'hôtel des finances	114
3.2.2.2. Le siège du trésor public	115
3.2.2.3. L'ancien siège de l'administration centrale de l'université de Biskra	116
3.2.2.4. Le cabinet de la willaya	117
3.2.2.5. La direction de la réglementation des affaires générales de la willaya « DRAG »	118
3.2.2.6. Le bâtiment de la CNAS (Caisse nationale des Assurances Sociales)	119
3.2.2.7. Le bâtiment de la SAA (Société Algérienne des Assurances)	120
3.2.3. La transparence : une nouvelle tendance de l'architecture tertiaire à Biskra	121

3.2.3.1. La caisse régionale de mutualité agricole (C.R.M.A)	121
3.2.3.2. La direction des travaux publics (D.T.P)	122
3.3. L'évolution des baies dans l'architecture tertiaire à Biskra	123
3.3.1. Interprétation	125
4. Conclusion	125

CHAPITRE V : PROTOCOLE EXPÉRIMENTALE

1. Introduction	127
2. Modèle expérimental	127
3. Les logiciels utilisés pour l'expérimentation	127
3.1 Ecotect (V5.50)	127
3.2 Radiance (2.0 BETA)	128
3.3 Réalisation du model à simulé et intégration des donnée météorologiques propre a la ville Biskra	128
3.3.1. Intégration des données météorologiques	129
3.4. Etude de l'éclairage naturel	131
3.5. Études des performances thermiques	137
3.5.1 Les étapes de calcule des surfaces ensoleillés	137
3.6. Étude de la vue vers l'extérieure	140
4. Valeurs référentielles	141
4.1. Valeurs référentielles pour l'éclairage naturel	141
4.1.1 Valeurs d'éclairement minimal et maximal recommandé	141
4.1.2 Uniformité des zones d'éclairement	141
4.1.3 Luminance dans le macro-champ visuel	143
4.1.3.1 Détermination du macro-champ visuel	143
4.1.3.2 Ratios de luminance dans le champ de vision	146
4.2. Valeurs référentielles pour les performances thermiques	148
4.3. Valeurs de références pour la vue sur l'extérieur	149
5. Conclusion	150

CHAPITRE VI: PERFORMANCE EN ÉCLAIRAGE NATUREL

1. Introduction	151
2. Simulations des éclairagements et des luminances dans le bureau	151
2.1 Bureau équipé d'un 'Auvent unique' (orientation Sud)	152
2.1.1 Résultats de la simulation de l'éclairement horizontale à 0,75m du plancher	152
2.1.1.1 Analyse des résultats	156
2.1.2 Résultats de la simulation des luminances dans le macro-champ visuel	157
2.1.2.1 Analyse des résultats	159
2.1.3 Interprétation des résultats	160
2.2 Bureau équipé d'un système Auvent subdivisé (orientation Sud)	161
2.2.1 Résultats de la Simulation de l'éclairement horizontal à 0,75m du plancher	161
2.2.1.1 Analyse des résultats	164
2.2.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)	165
2.2.2.1 Analyse des résultats	167
2.2.3 Interprétation des résultats	167
2.3 Bureau équipé d'un système Light shelf (orientation Sud)	168
2.3.1 Résultats de la Simulation de l'éclairement horizontale à 0,75m du plancher	168
2.3.1.1 Analyse des résultats	171
2.3.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)	172
2.3.2.1Analyse des résultats	174
2.3.3 Interprétation des résultats	174
2.4 Bureau équipé d'un système Flancs (Orientation Est)	175

2.4.1 Simulation de l'éclairage horizontal à 0,75m du plancher	175
2.4.1.1 Analyse des résultats	178
2.4.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)	179
2.3.2.1Analyse des résultats	181
2.3.3 Interprétation des résultats	181
1-6 Bureau équipé d'un système de protection Nie b'abeille	182
1-6-1 Simulation de l'éclairage horizontale à 0,75m du plancher	182
2.3.1.1 Analyse des résultats	185
2.4.2 Résultats de Simulation des luminances dans le (micro-champ visuel)	186
2.3.2.1Analyse des résultats	188
2.3.3 Interprétation des résultats	188
3. Conclusion	191
CHAPITRE VII: PERFORMANCE THERMIQUE ET VUE SUR L'EXTERIEU	
1. Performance thermique	193
1.1 Introduction	193
1.2. Simulation des surfaces ensoleillés et ombragés de la façade du bâtiment étudié	194
1.2.1 Orientation sud (Auvent unique, Auvent subdivisé et Light shelf)	194
1.2.2 Orientation Est-Ouest (les flancs)	198
1.2.3 Orientation Sud-Ouest et Sud-Est (nid d'abeille)	199
1.3. Calcul de la durée nécessaire d'ombrage	200
1.4 Analyse de résultats	200
1.5. Interprétations	207
2. La vue sur l'extérieur	211
2.2 Simulation des vues vers l'extérieur des différentes occultations	211
2.2.1. Résultats des simulations	212
2.3. Interprétation :	214
2.4. Discussion	214
3. Interactions des facteurs de performances	215
3.1. Performances en éclairage naturel	215
3.2. Performance thermique	216
3.3. Performance en matière de la vue sur l'extérieur	217
5. Interprétation	217
CHAPITRE VIII : VALIDATION EXPERIMENTALE	
1. Introduction	220
2. Validation expérimentale	221
2.1. Description du modèle réduit et les configurations testées	221
2.2. Les résultats de l'expérimentation	225
2.3. Résultats des éclairagements simulés par le logiciel Ecotect 5.5	227
2.4. Résultats des éclairagements simulés par le logiciel Radiance	230
2.5. Validations par comparaison entre simulation du logiciel "Radiance", Ecotect et les mesures sur le modèle réduit	231
3. Discussion	235
4. Conclusion	236
CHAPITRE VIII: Conclusion générale	
1. Introduction	238
2. Les limites de recherche	238
3. Conclusions générales	239
4. Conclusions partielles	240
4.1.Groupe I	241
4.2.Groupe II	241
5. Axes futures	242
6. Conclusion	243
BIBLIOGRAPHIE	244

ANNEXES

ANNEXE A	257
ANNEXE B	263
ANNEXE C	272
ANNEXE D	282
ANNEXE E	313

TABLE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1: Fenêtre à la française	11
Figure I.2: Fenêtre unique sur 11 mètre de long, petite maison à Cordeaux, le Corbusier 1923	11
Figure I.3: Vue depuis le séjour de la maison Johnson	11
Figure I.4: La basilique gothique de Saint-Denis, érigée par son abbé Suger (1081-1151)	12
Figure I.5: Fenêtre d'un palais à Florence	13
Figure I.6: Fenêtre avec siège d'une demeure médiévale	13
Figure I.7: la galerie d'Orléans du Palais Royal, 1833, Architecte : Fontaine	14
Figure I.8: Serres du jardin des plantes, Paris, 1833, Architecte : Rohaut de Fleury	14
Figure I.9: la Serre de Belfast (Irlande du Nord) Construite en 1839 par Richard Turner	14
Figure I.10: La serre historique de Frankfurt ,Construite en 1871, par l'architecte Heinrich Siesmayer.	14
Figure I.11: Grande Serre de Lyon, 1882, architecte :Vedrine	15
Figure I.12: Le palais de Cristal, Joseph Paxton, Londres en 1851	16
Figure I.13: Vue interieur du palais de cristal	16
Figure I.14: Gallerie la vivienne,Francois Dellanoy,Paris 1832	16
Figure I.15: Pssage Pommeraye, Louis Pommeraye, Nante 1841	16
Figure I.16: Galleria Vittorio Emanuele II , Giuseppe Mengoni. Milan 1876	17
Figure I.17: Vue du loop,Chicago,1890	18
Figure I.18: Vue du chantier, Faire store, William Le Baron Jenney, 1891	18
Figure I.19 : Home Insurance Building, Chicago, 1884, William le Baron Jenney	19
Figure I.20 : Leiter Building, Chicago, 1889 , William le Baron Jenney	19
Figure I.21 : Tacoma building,Chicago, 1889,Holabird	20
Figure I.22 : Monadnock building,1891, Holabird	20
Figure I.23 : le Reliance building ,Chicago, 1895, Burnham	20
Figure I.24 : les Magasin Carson, Pirie & Scott, 1904,Louis sullivan	20
Figure I.25: La fenêtre de Chicago. (Source : www.Greatbuilding.com)	21
Figure I.26: Usine de turbine d'AEG, 1908-1909,Berlin ,Peter Behrens	22
Figure I.27 : Usine Fagus, 1910-1914, Allemagne, Walter Gropius	22
Figure I.28 : vue depuis l'interieur,Usine Fagus, 1910-1914, Allemagne, Walter Gropius	22
Figure I.29: le Pavillon allemand, 1929, Ludwig Mies van der Rohe .	23
Figure I.30: le Pavillon allemand, vue sur le grand bassin .	23
Figure I.31 : Maison Farnsworth, à Plano, Illinois, aux Etats Unis, 1946-1950, Mies van der Rohe	24
Figure I.32 : Maison Farnsworth ,vue du salon	24
Figure I.33 : Maison Johnson en 1949 à <u>New Canaan, États-Unis</u> , Philip Johnson	24
Figure I.34: Maison Johnson, vue du salon	24
Figure I.35 : Dessin schématique de la fenêtre en longueur chez le Corbusier	25
Figure I.36 : Villa Cooke,Boulogne ,Le Corbusier , 1927,	25
Figure I.37 : Villa Savoye,Poissy , 1931, le Corbusier	25
Figure I.38 : la Cité-refuge de l'Armée du Salut , 1933,Paris, Le Corbusier (vue générale)	26
Figure I.39 : la Cité-refuge de l'Armée du Salut ,1952, (rénovation de la façade)	26
Figure I.40 : Casa Del Fascio, 1936, Côme , Italie , Giuseppe Terragni	27
Figure I.41 : Casa Del Fascio,(hall intérieur)	27

Figure I.42: Crown Hall, à Illinois Chicago,1956, Mies van der Rohe	28
Figure I.43: Crown Hall, sale d'atelier	28
Figure I.44: Le Seagram Building, 1958,Park Avenue, a New York,Mies van der Rohe,et Philip Johnson.	28
Figure I.45: La faculté d'histoire de Cambridge,London, 1968, James Stirling	29
Figure I.46 : Le toit vitré couvrant le grand hall de la salle de l'ecture de la bibliotheque de La faculté d'histoire de Cambridge	29
Figure I.47: La Foundation Ford a new York,1968, Kevin Roche	30
Figure I.48 : hall centrale de La Foundation Ford a new York	30
Figure I.49 : la Debis Tower,1997, Berlin en Allemagne, Renzo Piano	30
Figure I.50 : Atrium centrale de la Debis Tower	30
Figure I.51 : L'hôtel industriel ,1990,Berlier a Paris, Dominique Perrault	31
Figure I.52 : les protections solaires, L'hôtel industriel	31
Figure I.53 : Une Maison a Regensburg ,Allemagne,1979, Thomas Herzog	32
Figure I .54 : Le Lycée Polyvalent de Fréjus en France,1993, Norman Foster	33
Figure I.55 : système de protection solaire, Lycée Polyvalent de Fréjus en France,	33
Figure I.56 : la maison mur rideau,1995,Tokyo,Shigeru Ban,à droite rideaux tirés ,à gauche sans rideaux	34
Figure I.57 : la fondation cartier,1991,Paris,France,Jean Nouvel	35
Figure I.58 : La Banque commercial,1997 , Frankfurt , Architecte : Norman Foster. vue extérieure (a) , vue à l'intérieur de l'atrium (b),coupe illustrant le système de ventilation (c).	37
Figure I.59 : le batiment de Kansai Electric ,2005 ,Osaka, Japan ,Architecte : Nikken Sekkei	38
Figure I.60 : Schéma illustrant le système de ventilation, batiment de Kansai	38
FigureI.61 : Le batiment de 'Düsseldorf city gate',Allemagne, 1999 Architecte : Petzinka, vue exterior (a), vue de la cavité (b).	39
Figure I.62 : Le 'Helicon' Finsbury Pavement, London 2001(UK) architecte Sheppard Robson,vue sur l'extérieur (a), vue de la cavité (b).	40
Figure I.63 : Batiment Berlaymont équipé de Double facade composée de lamelles de verre mobiles	41
Figure I.64 : Bâtiment Berlaymont siège de la commission européenne, Bruxelles,Belgique , Steven Beckers	41
Figure I.65: Brise soleil à lames de verre en position entièrement fermée	41
Figure I.66: 2em chambre du parlement ,Berlin	42
Figure I.67: Science park , Hong kong ,	42
Figure I.68:Le nouvel hôpital psychiatrique public de Rekem Belgique. Vue de l'exterieur(a), vue à l'interieur de bureau (b)	42
Figure I.69: Salon de la Maison et de l'Aménagement Intérieur, Zurich, Suisse ,2009	43
Figure I.70: Département de la policede Los Angeles,USA,2008,un bâtiment transparent équipé d'une façade en tissu métallique	43
Figure I.71: Le bâtiment du Conservatoire National des Arts et Métiers,Nantes,France (Source : Alkhouli,2006)	44
Figure I.73: Salle de classe, Conservatoire National des Arts et Métiers,Vue sur l'exterieur	44
Figure I.72: Tissu métallique placé à un mètre de la facade, Conservatoire National des Arts et Métiers,	44
Figure I.74: Ministère de l'Education et de la Santé (1936-1943), Rio de Janeiro, Brésil ,Architecte : Oscar Niemeyer et le Corbusier	45
Figure I.75: Brise-soleil avec des lames horizontales mobiles pour bloquer les radiations solaires indésirables.	46
Figure I.76: Bâtiment de court suprême,Brasilia 1957, Architecte : Oscar Niemeyer	46

(Sourec : <http://www.batiactu.com>)

Figure I.77: Ministère des affaires étrangères, Brasilia, 1967, Architecte : Oscar Niemeyer	46
Figure I.78: Bâtiment Copan , Sao Paulo,1957, Architecte :Oscar Niemeyer	47
Figure I.79: Vue interieur, Bâtiment Copan , Sao Paulo,1957, Architecte :Oscar Niemeyer	47
Figure I.80:La Haute Cour,Capitole Chanigarh, Inde,1955 ,Architecte ; Le corbusier	48
Figure I.81: Le Secrétariat,Capitole Chanigarh ,Inde,1958 ,Architecte ; Le corbusier	48
Figure I.82:Le Palais de l'Assemblée, Capitole Chanigarh, Inde,1962 ,Architecte ; Le corbusier	48
Figure I.83: Burj Dubai, Émirats arabes unis, 2010,Architecte : <u>Skidmore, Owings et Merrill</u>	49
Figure I.84: Vue sur la ville de Doha,Qatar source : Judith Benhamou-Huet,2012	49
Figure I.85: La Bank National Commercial (NCB) à Djeddah, Arabie saoudite (a)Vue extérieur (b)Chevauchement triangulaire de l'atrium.	50
Figure I.86: La Bank national commercial (NCB) à Djeddah, Arabie saoudite (a)coupe (b) vue en plan de RDC	50
Figure I.87: Siège Social d'Organisation Arabe, Kuwait city, 1994. (a)vue de l'extérieur (b) vue en plan de RDC (c) vue sur l'atrium	51
Figure I.88: La faculté d'électronique et d'informatique, Université des sciences et de la technologie Houari-Boumedienne, Bab-Ezzouar,Alger ,1974 , Architecte :Oscar Niemeyer	52
Figure I.89: Faculté Génie Mécanique, Université des sciences et de la technologie Houari-Boumedienne , Bab-Ezzouar,Alger ,1974 , Architecte :Oscar Niemeyer	52
Figure I.90: Le Rectorat, Université des sciences et de la technologie Houari-Boumedienne, Bab-Ezzouar,Alger ,1974 , Architecte :Oscar Niemeyer	52
Figure I.91: Exemple d'effet d'auvent ; les étages en encorbellement de la cité des étudiants de l'université de Constantine, par KENZO TANGE	53
Figure I.92: les fenêtres latérales offrant des séquences paysagères vivifiantes	53
Figure I.93: Siège de SONATRACH, Alger	54
Figure I.94: Ministère des finances, Alger	54
Figure I.95:Algerian Press Service (APS)	54
Figure I.96:ALGIERS ABC Banque	54
Figure I.97: Siège sonatrach oran	54
Figure I.98: Siège de Zala électronique à Annaba	54
Figure I.99: Agence foncière Bejaia	55
Figure I.100: Agence société générale, sidi abdullah alger	55
Figure I.101: Les douanes de Mostaganem	55
Figure I.102: Centre d'affaire bir mourad rais, Alger	55
Figure I.103: Sony Centre, Dely Ibrahim ,Alger	55
Figure I.104: ABC Banque ,Oran	55
Figure I.105 : Siège de SONATRACH / ANADARKO,Hassi Messaoud ,Algérie	56
Figure I.106: Siège de la D.L.E.P, Bechar ; (a) entrée principale, (b) façade postérieure (Source : Auteur,2012)	56
Figure I.107: Extension de l'Hôtel des Finances, Bechar	56
Figure I.108: Le bâtiment de la Caisse Régionale de la Mutualité Agricole ,Biskra	57
Figure I.109: la Direction des Travaux Publique, Biskra	57
Figure I.110: Vue panoramique, depuis un bureau situé au 2 ^{ème} étage, Le bâtiment de la Caisse Régionale de la Mutualité Agricole ,Biskra	58
Figure I.111: Effet d'éblouissement direct, bâtiment de la Caisse Régionale de la Mutualité Agricole, Biskra.	58

Figure I.112: Effet d'éblouissement direct, la Direction des Travaux Publique, Biskra.	58
Figure I.113: Schéma démontrant les trois dimensions du concept de la transparence	60
CHAPITRE II	
Figure II.1: Schéma illustrant les trois dimensions de la transparence	62
Figure II.2: les fonctions de la fenêtre, (Source : Kheira, Tabet-Aoul 1991)	63
Figure II.3: les fonctions de la fenêtre	62
Figure II.4: Le facteur de lumière du jour (FLJ)	65
Figure II.5: l'éclairage horizontale reçu sur le plan de travail dans un bureau	66
Figure II.6: Pour un même niveau d'éclairage du plan du travail, la première situation est nettement plus agréable que la troisième. (Source : Energieplus)	68
Figure II.7: Cas d'éblouissement inconfortable, à gauche, et d'éblouissement perturbateur, à droite	69
Figure II.8: Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence	71
Figure II.9: les trois composantes du rayonnement solaire	72
Figure II.10 : Protection efficace en été et en hiver ; (A) été, (B) mi-saison, (C) hiver	72
Figure II.11 : Puissance solaire reçue en hivers et en été sur les surfaces horizontales et verticales	73
Figure II.12 : "Les Persiennes", par Louis Philip Debu-court (1820)	74
Figure II.13 : La vue sur l'extérieur est cadrée comme un portrait accroché au mur de l'espace architectural	75
Figure II.14 : Illustration des trois strates d'une vue vers l'extérieure	77
Figure II.15 : Quantité de la vue de six types de fenêtres, (a)rectangulaire, (b) verticale, (c) ronde, (d) horizontale (e) carré, (f) mur rideau	79
Figure II.16 : Augmentations du nombre de vues par la division de la fenêtre	80
Figure II.17 : Vue vers l'extérieur dans un bureau, (a) sans protection, (b) light shelf	81
Figure II.18 : Modèle conceptuel des facteurs influents la transparence	83
CHAPITRE III	
Figure III.1: Les composantes de la lumière naturelle	84
Figure III.2: Situation du bureau à simulé dans le bâtiment	85
Figure III.3: Zone d'influence de la lumière naturelle	88
Figure III.4: Le modèle à simulé, vue en plan(a), coupe AA (b).	88
Figure III.5: Recommandations d'orientations des ouvertures sous un ciel clair ensoleillé	90
Figure III.6 : Effets de type de vitrage et l'orientation sur le FLJ	91
Figure III.7 : bâtiments et orientation des fenêtres Allonger les bâtiments a l'Est /Ouest pour maximiser les fenêtres au nord/sud	91
Figure III.8: Ouvertures au Sud pour des façades orientées Ouest et Est	92
Figure III.9 : Chaque orientation requiert une protection adaptée	93
Figure III.10: Les dispositifs de protections solaires	94
Figure III.11: Des végétations plantées à proximité du bâtiment peuvent participer à la gestion des apports solaires	95
Figure III.12: Masque solaire créé par les bâtiments voisins assurent une protection contre l'ensoleillement direct	95
Figure III.13 : Les balcons, élément d'ombrage	96
Figure III.14 : les arcades qui joue au chat et la souris avec l'ombre et le soleil	96
Figure III.15 : Les débordements latéraux, du palais d'Alvorada .Oscar Niemeyer	96
Figure III.16 : Exemples de brises soleil type horizontale	97
Figure III.17 : Exemples de brises soleil type verticale	98
Figure III.18 : Exemples de brises soleil type combinés	98
Figure III.19 : Exemples de protections solaires mobiles classées selon leur	99

transmission énergétique	
Figure III.20 : Efficacité de différent système de protection solaires fixes, en fonction de l'orientation	100
Figure III.21: Modèle de bureau équipé d'un Auvent unique orientation Sud. (a) coupe, (b) façade,(d) perspective	101
Figure III.22 : Modèle de bureau équipé d'un Auvent subdivisé, orientation Sud. (a) coupe, (b) facade,(d) perspective	101
Figure III.23 : Modèle de bureau équipé d'un Light shelf, orientation Sud. (a) coupe, (b) facade,(d) perspective	102
Figure III.24 : Modèle de bureau équipé de Flancs, orientation Est. (a) coupe, (b) façade,(d) perspective	102
Figure III.25 : Modèle de bureau équipé de Nid d'abeille, orientation Sud. (a) coupe, (b) façade,(d) perspective	103

CHAPITRE IV

Figure IV.1 : (a)Situation géographique de la zone d'étude, (b) limites de la ville de Biskra	105
Figure IV.2 : Températures minimales, maximales et moyennes de la ville de Biskra	106
Figure IV.3 : Simulation des températures, maximales(a), et minimales(b) par le logiciel Ecotect 5.5 de la ville de Biskra	107
Figure IV.4 : Simulation des valeurs de l'humidité relative de la ville de Biskra	108
Figure IV.5 : Rue laperouse, un ciel infini dans le paysage urbain de la ville de Biskra	110
Figure IV.6 : Fréquence des cieus ensoleillés, intermédiaires et nuageux	110
Figure IV.7 : Nombre d'heure d'insolation, ville de Biskra	111
Figure IV.8 : L'Hôtel de Ville de Biskra, (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur,(d) vue intérieur d'un bureau	113
Figure IV.9: L'Hôtel des finances de Biskra, (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur,(d) vue intérieur d'un bureau	114
Figure IV.10 : Le siège du trésor public de Biskra, (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur,(d) vue intérieur d'un bureau	115
Figure IV.11 : L'ancien siège de l'administration centrale de l'université de Biskra , (a) plan de masse,(b) vue en plan ,(c) vue de l'extérieur	116
Figure IV.12 : Le cabinet de la willaya de Biskra , (a) plan de masse,(b) façade principale,(c) vue de l'intérieur d'un bureau	117
Figure IV.13 : La direction de la réglementation des affaires générales de la willaya de Biskra« DRAG », (a) plan de masse,(b) vue en plan,(c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau	118
Figure IV.14 : Le bâtiment de la CNAS de Biskra (Caisse nationale des Assurances Sociales), (a) plan de masse,(b) vue en plan,(c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau	119
Figure IV.15 : Le bâtiment de la SAA (Société Algérienne des Assurances), (a) plan de masse,(b) vue en plan,(c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau	120
Figure IV.16 : La caisse régionale de mutualité agricole (C.R.M.A), (a) plan de masse,(b) vue de l'extérieur, (c) vue de l'intérieur d'un bureau	121
Figure IV.17 : La direction des travaux publics de Biskra(D.T.P) , (a) plan de masse,(b) vue en plan,(c) vue de l'extérieur, (d) vue de l'intérieur d'un bureau	122

CHAPITRE V

Figure V.1: Résultats de simulation sous Ecotect, ombrage (a), lumière du jour (b) et performances thermique (c).	127
Figure V.2: Rendu d'image avec Radiance (à gauche rendu des gris, à droite rendu iso-lux)	128

Figure V.3: Model du bureau à simulé (a gauche), et l'insertion du Mur rideau (à droite)	128
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	129
Figure V.5 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix des données climatique de la ville de Biskra	130
Figure V.6 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Confirmation de choix des données climatiques	130
Figure V.7 : Affichage des données climatiques de la ville de Biskra sur l'interface logicielle Ecotect	131
Figure V.8 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Rattaché Radiance a Ecotect	131
Figure V.9: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Point d'accès au logiciel Radiance	132
Figure V.10 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de type d'analyse de lumière	132
Figure V.11 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de type ciel .	133
Figure V.12 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix du jour, l'heure et le mois de simulation	133
Figure V.13 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix d'espace a simulé	134
Figure V.14 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de la qualité du rendu	134
Figure V.15 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Installation correctes des in-put	135
Figure V.16 : Capture de l'interface logicielle Ecotect. Module final d'importation entre Ecotect et Radiance	135
Figure V.17: Image fiche-eye ,rendu en gris par le logiciel Radiance	136
Figure V.18 : Images fiche-eye , d'un bureau simulé par le logiciel Radiance. (a) Lignes iso-lux,(b) Bandes iso-lux,(c) rendu fosses couleurs	136
Figure V.19: Images fiche-eye , d'un bureau simulé par le logiciel Radiance. Rendu en gris ,avec les valeurs de Luminance	137
Figure V.20: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Choix de vue .	137
Figure V.21: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Façade du modèle à simulé	138
Figure V.22: Capture de l'interface logicielle Ecotect. Simulation de l'ombrage propre	138
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	139
Figure V.24: Simulation de la vue sur l'extérieur par Ecotect	140
Figure V.25: Capture de l'interface logicielle Archicad.14. Calcul de la surface de la vue	140
Figure V.26: simulation de nombre de zones d'éclairément sur le plan de travail (courbes iso-lux a gauche ,image fishe-eye a droite)	143
Figure V.27: Micro-Champ visuel de l'occupant	144
Figure V.28: Macro -champ et micro-champ visuels	144
Figure V.29: Schéma illustre le champ visuel horizontal 40°de Loe	145
Figure V.30: Schéma illustre le champ visuel horizontal 30°	145
Figure V.31: Délimitation des zones pour l'étude des ratios de luminance	145
Figure V.32: Délimitation des zones pour l'étude des ratios de luminance	146
Figure V.33 : Stratification de la vue selon son contenu (ciel, silhouettes urbaines et/ou sol) et variation de ce contenu selon les étages	149
Figure V.34 : Ratio d'ouverture dans le mur de façade. 35% à gauche, supérieur à 35% a droite.	150
CHAPITRE VI	
Figure VI.1: Éclairément reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent unique, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	152
Figure VI.2: Éclairément reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection	153

Auvent unique, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). Figure VI.3: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection	153
Auvent unique, le 21 Juin à 12h. Courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite). Figure VI.4: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé d’Auvent unique,orientation sud) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin	159
Figure VI.5: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent subdivisé, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	161
Figure VI.6: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent subdivisé, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	162
Figure VI.7: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Auvent subdivisé, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	162
Figure VI.8: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé d’Auvent subdivisé, orientation sud) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin	167
Figure VI.9: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Light shelf, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	168
Figure VI.10: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Light shelf, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	169
Figure VI.11: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud, protection Light shelf, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	169
Figure VI.12: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé d’Auvent subdivisé,orientation sud) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin	173
Figure VI.13: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Est, protection Flancs, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	175
Figure VI.14: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Est, protection Flancs, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	176
Figure VI.15: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Est, protection Flancs, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	176
Figure VI.16: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé de Flancs, orientation Est) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin	180
Figure VI.17: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud-Est, protection Nid d’abeille, le 21 Dec à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	182
Figure VI.18: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud-Est, protection Nid d’abeille, le 21 Mars à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	183
Figure VI.19: Éclairement reçu sur le plan de travail dans le bureau Sud-Est, protection Nid d’abeille, le 21 Juin à 12h. courbe isolux (gauche) et fausse couleur (droite).	183
Figure VI.20: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé de Nie d’abeille, orientation sud-Est) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin	187
CHAPITRE VII	
Figure VII.1: Exemple de la simulation par ECOTECT de l’ombre propre d’un bâtiment	194
Figure VII.2 : Simulation des surfaces ensoleillés et ombragés pour L’auvent unique (21 décembre)	195
Figure VII.3 : Simulation des surfaces ensoleillés et ombragés pour les Flancs ,21 décembre	199
Figure VII. 4 : Simulation des surfaces ensoleillés et ombragés pour le Nid d’abeille ,21 décembre	199
Figure VII.5 : Récapitulation des quantités d’énergie réduite de la façade orientée Sud	202
Figure VII.6 : Quantités d’énergie réduite, Auvent unique, orientation Sud.	202

Figure VII.7 : Quantités d'énergie réduite, Auvent subdivisé, orientation Sud	203
Figure VII.8 : Quantités d'énergie réduite, Light shelf, orientation Sud.	204
Figure VII.9 : Récapitulation des quantités d'énergie transmise à la façade orientée Sud.	204
Figure VII.10 : Quantités d'énergie réduite, Flanc, orientation Est	205
Figure VII.11 : Quantités d'énergie transmise, Flanc, orientation Est	205
Figure VII.12 : Quantités d'énergie réduite, Nid d'abeille, orientation Sud ouest.	206
Figure VII.13 : Quantités d'énergie transmise, Nid d'abeille, orientation Sud ouest	206
Figure VII.14 : Récapitulation des quantités d'énergie déduite des protections propre à l'orientation : Sud, Est, Sud Ouest	207
Figure VII.15 : Récapitulation des quantités d'énergie transmise des protections propre à l'orientation : Sud, Est, Sud Ouest	208
Figure VII.16 : Gains solaire à travers un mur rideau, équipé d'un auvent unique orienté Sud, (pour le 21 juin)ville de Biskra	210
Figure VII.17: gains solaires à travers une fenêtre équipée d'un auvent unique orientée sud (pour le 21 juin)	210
Figure VII.18: Coupe schématique illustrant le niveau de bureau à simulé	212
Figure VII.19: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche), équipé d'une protection Auvent unique (à droite).	212
Figure VII.20: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Auvent subdivisé (à droite).	213
Figure VII.21: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Light shelf (à droite).	213
Figure VII.22: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage . Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Flancs (à droite).	213
Figure VII.23: Simulation de la vue sur l'extérieur d'un bureau situé au troisième étage. Sans protection (à gauche),équipé d'une protection Nid d'abeille (à droite).	213
Figure VII.24 : Evaluation synthétique des degrés de performance des facteurs liés a la lumière naturelle, le thermique et à la vue sur l'extérieur	218
CHAPITRE VIII	
Figure VIII.1: Carton mousse utiliser pour la réalisation de la maquette	222
Figure VIII.2: Collage du papier cocons pour la couleur des parois intérieurs	222
Figure VIII.3: Les ouvertures dans les parois pour placer les sondes des luxmètres	222
Figure VIII.4: Implantations des points de mesures	222
Figure VIII.5: Raccordement des parois à laide de bonde noire Pour éviter toute pénétration parasite de lumière	222
Figure VIII.6: luxmètres pour les mesures intérieur	223
Figure VIII.7: luxmètres pour les mesures extérieur	223
Figure VIII.8: Vue en plan du model – positionnement des points de mesure	224
Figure VIII.9: Coupe (AA) indiquant le niveau de prise de mesure	224
Figure VIII.10: Valeurs d'éclairement mesurés sur le plan de travail d'un modèle réduit de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h	225
Figure VIII.11: Valeurs d'éclairement mesurés sur le plan de travail d'un modèle réduit de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h	226
Figure VIII.12: Valeurs d'éclairement s sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h	227
Figure VIII.13: Valeurs d'éclairement s sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h	228
Figure VIII.14: Rendu 3D d'éclairements sur le plan de travail simulé par Ecotecte de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h	229
Figure VIII.15: Rendu 3D d'éclairement s sur le plan de travail simulé par Ecotecte de	229

bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h	
Figure VIII.16: Valeurs d'éclairagements sur le plan de travail simulé par 'Radiance'	230
de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h	
Figure VIII.17: Valeurs d'éclairément s sur le plan de travail simulé par 'Radiance'	231
de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h	
Figure VIII.18: Valeurs d'éclairagements reçus sur le plan de travail simulé par Ecotecte	234
de bureau équipé de Flancs , orientation Est, pour le mois de septembre à 12h	
Figure VIII.19: Valeurs d'éclairagements reçus sur le plan de travail simulé par Ecotecte	234
de bureau équipé de Light shelf , orientation Sud, pour le mois de septembre à 12h	

CHAPITRE VIII

Figure VIII.1: Schéma synthétisant les résultats obtenus de l'analyse des indicateurs .	240
---	-----

ANNEXE A

Figure A.1 : Calcule des temperatures heur par heur	257
Figure A.2 : Intégration de la zone de surchauffe dans le diagramme solaire de latitude 34 Nord	258
Figure A.3 : Abaques des masques,les courbes en arches pour les avancées horizontales ,et les rayons pour les avancées verticales	259
Figure A.4 : Superposition de l'indicateur sur le diagramme solaire ,orientation Sud	259
Figure A.5 :Vue en coupe de protection solaire horizontale ,(A) Auvent unique ,(B) Auvent subdivisé ,(C) Light shelf	260
Figure A.6 : Superposition de l'indicateur sur le diagramme solaire ,orientation Ouest	261
Figure A.7 :Vue en plan , protection solaire verticale ,Flancs	261
Figure A.8 : Superposition de l'indicateur sur le diagramme solaire ,orientation Sud-Ouest	262
Figure A.9 : protection solaire Nid d'abeille ,(a) horizontale (b) verticale	262

ANNEXE B

Figure B.1 : Résultats de simulation sous Ecotect (éclairage naturel, à gauche et éclairage artificiel, à droite)	264
Figure B.2 : Résultats de simulation sous Ecotect (tache solaire, à gauche et analyse thermique, à droite)	264
Figure B.3 : Simulation avec Radiance - vue en fausses couleurs (à gauche les Eclairément, à droite les luminances)	265
Figure B.4 : Rendu d'image (projet 'Sunlight house', Pressbaum, Autriche) (Image de simulation Radiance, à gauche, et photo du projet réalisé, à droite)	265
Figure B.5 : Le logiciel Dalight 1-2-3 (à gauche l'interface,à droite résultat FLJ)	266
Figure B.6 : DIAL, (diagnostic et recommandations des corrections, à gauche et activité, à droite)	266
Figure B.7 :DIAL, (pourcentage de vitrage sur la façade, à gauche et typologie d'Atrium, à droite)	267
Figure B.8: Interface d'utilisation de Daya@mbiance	268
Figure B.9: Logiciel DIALUX : écran de contrôle (éclairage intérieur à gauche, éclairage extérieur à droite)	268
Figure B.10: Modèle réduit (à gauche disposition de capteurs, à droite installation de Luxmètres	269
Figure B.11:Installation de la sonde photométrique dans le model réduit	270
Figure B.12 : simulation de la lumière directe avec l'héliodon, Faculté D'architecture, Université de Hong-Kong (à gauche et à droite	270
Figure B.13 : la boîte-miroir, le ciel artificiel, Université Laval	271

ANNEXE C

Figure C.1.1: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent unique, orientation sud, mois de Décembre	272
--	-----

Figure C.1.2: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé D'un Auvent unique, orientation sud, mois de Mars	273
Figure C.1.3: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé D'un Auvent unique, orientation sud, mois de Juin	273
Figure C.2.1: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé, orientation sud, mois de Décembre	274
Figure C.2.2: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé, orientation sud, mois de Mars	275
Figure C.2.3: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé, orientation sud, mois de Juin	275
Figure C.3.1: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Light shef, orientation sud, mois de Décembre	276
Figure C.3.2: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Light shef, orientation sud, mois de Mars	277
Figure C.3.3: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Light shef, orientation sud, mois de Juin	277
Figure C.4.1: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Flanc, orientation Est-ouest, mois de Décembre	278
Figure C.4.2: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Flanc, orientation Est-ouest, mois de Mars	279
Figure C.4.3: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Flanc, orientation Est-ouest, mois de Juin	279
Figure C.5.1: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Nid d'abeille, orientation Est-ouest, mois de Décembre	280
Figure C.5.2: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Nid d'abeille, orientation Est-ouest, mois de Mars	281
Figure C.5.3: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Nid d'abeille, orientation Est-ouest, mois de Juin	281

ANNEXE D

Figure D.1.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Auvent unique a 10h;12h;14h;16h.	283
Figure D.1.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Auvent unique a 10h;12h;14h;16h	285
Figure D.1.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de juin, Auvent unique a 10h;12h;14h;16h.	287
Figure D.2.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Auvent subdivisé a 10h;12h;14h;16h.	289
Figure D.2.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Auvent subdivisé a 10h;12h;14h;16h.	291
Figure D.2.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Auvent subdivisé a 10h;12h;14h;16h.	293
Figure D.3.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, light shef a 10h;12h;14h;16h.	295
Figure D.3.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, light shef a 10h;12h;14h;16h	297
Figure D.3.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Light shef a 10h; 12h; 14h; 16h	299
Figure D.4.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Flanc a 10h; 12h; 14h; 16h.	301
Figure D.4.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Flanc a 10h; 12h; 14h; 16h.	303
Figure D.4.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Flanc a 10h; 12h; 14h; 16h.	305
Figure D.5.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Nie d'abeille a 10h; 12h; 14h; 16h.	307

Figure D.5.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Nid d'abeille a 10h; 12h; 14h; 16h.	309
Figure D.5.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Nid d'abeille a 10h; 12h; 14h; 16h	311

ANNEXE E

Figure E.1.1 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Auvent Unique, orientation sud, pour le mois de décembre	313
Figure E.1.2 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Auvent Unique, orientation sud, pour le mois de Mars	314
Figure E.1.3 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Auvent Unique, orientation sud, pour le mois de Juin	315
Figure E.2.1 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Auvent Subdivisé, orientation sud, pour le mois de Décembre	319
Figure E.2.2 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Auvent Subdivisé, orientation sud, pour le mois de Mars	320
Figure E.2.3 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Auvent Subdivisé, orientation sud, pour le mois de Juin	312
Figure E.3.1 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Light shelf, orientation sud, pour le mois de Décembre	325
Figure E.3.2 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Light shelf, orientation sud, pour le mois de Mars	326
Figure E.3.3 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Light shel , orientation sud, pour le mois de Juin	327
Figure E.4.1 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Flanc, orientation Est-Ouest, pour le mois de Décembre	331
Figure E.4.2 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Flanc, orientation Est-Ouest, pour le mois de Mars	323
Figure E.4.3 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Flanc, orientation Est-Ouest, pour le mois de Juin	333
Figure E.5.1 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Nid d'abeille, orientation sud-ouest, pour le mois de Décembre	337
Figure E.5.2 : Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Nid d'abeille, orientation Sud-ouest, pour le mois de Mars	338
Figure E.5.3: Simulation avec Ecotect des surfaces ensoleillées et ombragée. Nid d'abeille, orientation Sud-ouest, pour le mois de Juin	339

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II

Tableau II.1: Niveau d'éclairagements recommandés en fonction du type d'activité (Source : Bodart, 2002)	67
---	----

CHAPITRE III

Tableau III.1: Exemples de géométrie de bureau pour les études en éclairage	87
Tableau III.2: Les caractéristiques de la façade du modèle	89
Tableau III.3: photométries de parois intérieures du modèle	89

CHAPITRE IV

Tableau IV.1 : Tableau des températures	106
Tableau IV.2: les valeurs de l'humidité relative de la ville de Biskra	108
Tableau IV.3: Les caractéristiques de la zone <i>D</i> : Pré-Sahara et Sahara (une partie du tableau original).	109
Tableau IV.4 : Classification des bâtiments tertiaires dans la ville de Biskra selon le ratio d'ouverture dans le mur de façade	127

CHAPITRE V

Tableau V.1: Valeurs d'éclairagement recommandées sur le plan de travail	142
Tableau V.2: Tableau illustrant l'échelle de l'uniformité des valeurs d'éclairagements sur le plan de travail	142
Tableau V.3: Ratios de luminances recommander	147
Tableau V.4: Feuille de calcul du Coefficient d'ombrage optimal	148
Tableau V.5: Indicateurs influents la vue sur l'extérieur	150

CHAPITRE VI

Tableau VI.1: Tableaux des zones d'éclairagement et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour l' Auvent unique (orientation sud), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c).	155
Tableau VI.2: Tableau récapitulatif des facteurs liés à l'éclairagement (Auvent unique, orientation sud).	155
Tableau VI.3: Récapitulation de nombre de zone d'éclairagement (Auvent unique, orientation sud).	156
Tableau VI.4: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Auvent unique,orientation sud , sous ciels claire ensoleillés)	157
Tableau VI.5: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21Mars et 21 Juin (Auvent unique,orientation sud , sous ciels claire ensoleillés)	157
Figure VI.4: Images fish-eye des Valeurs minimales et maximales des luminances à 12h (bureau équipé d'Auvent unique,orientation sud) (a) 21 Dec,(b) 21 mars ,(c) 21 Juin	159
Tableau VI.6: Tableaux des zones d'éclairagement et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour l' Auvent subdivisé (orientation sud), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c).	163
Tableau VI.7: Tableau récapitulatif des facteurs liés à l'éclairagement (Auvent subdivisé, orientation sud).	164
Tableau VI.8: Récapitulation de nombre de zone d'éclairagement (Auvent subdivisé, orientation sud).	164
Tableau VI.9: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21	165

Décembre 21 Mars et 21 Juin (Auvent subdivisé, orientation sud , sous ciels claire ensoleillés)	
Tableau VI.10: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Auvent subdivisé, orientation sud , sous ciels claire ensoleillés)	165
Tableau VI.11: Tableaux des zones d'éclairément et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour Light shelf (orientation sud), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c).	170
Tableau VI.12: Tableau récapitulatif des facteurs lier a l'éclairément (Light shelf, orientation sud).	171
Tableau VI.13: Récapitulation de nombre de zone d'éclairément (Light shelf, orientation sud).	171
Tableau VI.14: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Light shelf, orientation sud , sous ciels claire ensoleillés)	174
Tableau VI.15: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Light shelf, orientation sud , sous ciels claire ensoleillés)	174
Tableau VI.16: Tableaux des zones d'éclairément et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour Flancs (orientation Est), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c).	177
Tableau VI.17: Tableau récapitulatif des facteurs lier a l'éclairément (Flancs, orientation Est).	178
Tableau VI.18: Récapitulation de nombre de zone d'éclairément (Flancs, orientation Est)	178
Tableau VI.20: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Flancs, orientation Est , sous ciels claire ensoleillés)	181
Tableau VI.20: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Flancs, orientation Est , sous ciels claire ensoleillés)	181
Tableau VI.21: Tableaux des zones d'éclairément et leurs profondeurs pour les quatre temps de simulation pour Nid d'abeille (orientation Sud-Est), 21 Dec(a), 21 Mars (b); (c) 21 Juin(c).	184
Tableau VI.22: Tableau récapitulatif des facteurs lier a l'éclairément (Nid d'abeille, orientation Sud-Est).	185
Tableau VI.23: Récapitulation de nombre de zone d'éclairément (Nid d'abeille, orientation Sud-Est).	186
Tableau VI.24: Tableau récapitulatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Nid d'abeille, orientation Sud-Est , sous ciels claire ensoleillés)	188
Tableau VI.25: Tableau comparatif des ratios des luminances pour la journée du 21 Décembre 21 Mars et 21 Juin (Nid d'abeille, orientation Sud-Est , sous ciels claire ensoleillés)	188
Tableau VI. 26: récapitulation des performances en éclairage naturel	190
CHAPITRE VII	
Tableau VII.1 : Surfaces ensoleillés et ombragés pour L'auvent unique, 21 Décembre(a) 21 Mars (b) 21 Juin (c)	196
Tableau VII.2 : Coefficient d'ombrage optimal pour l'Auvent unique, 21 Décembre(a) 21 Mars (b) 21 Juin (c)	198
Tableau VII.3: Tableau récapitulatif des coefficients d'ombrage optimaux des protections :Auvent unique,Auvent subdivisé,Light shelf,Flanc,Nid d'abeille	200
Tableau VII.4 : Tableau de la méthode de B.Novell permettant le calcul de la durée en	201

besoin d'ombrage pour le cas de la ville de Biskra	
Tableau VII.5: Tableau des quantités d'ombre nécessaire et obtenus pour les cinq cas de protection solaire	201
Tableau VII.6 : Récapitulation des degrés d'optimisations des protections solaires :Auvent unique,Auvent subdivisé, Light shelf,Flancs,Nid d'abeille	209
Tableau VII.7 : Les paramètres influents la vue vers l'extérieur	214
Tableau VII.8: Synthèse des performances des indicateurs analysées	215
Tableau VII.9 : Présentation des indicateurs analysées par leurs degré de performance	217
Tableau VII.10 : Récapitulation des degrés de performance et les solutions proposés des facteurs liés à la lumière naturelle, la thermique et à la vue sur l'extérieur	219
 CHAPITRE VIII	
Tableau VIII.1: Tableau récapitulatif des valeurs d'éclairément reçus sur le plan de travail pour les trois outils de mesure 'Modèle réduit ,Ecotecte et Radiance'	232
Tableau VIII.2: Valeurs d'éclairéments Minimales et maximales reçus sur le plan de travail pour les trois outils de mesure 'Modèle réduit ,Ecotecte et Radiance'	233
Tableau VIII.3: Les points sélectionnés pour la comparaison entre les outils de simulation de l'éclairément lumineux (points P3,P18 et P33)	233
Tableau VIII.4: Valeurs de différence (%) d'éclairéments reçus sur le plan de travail des trois outils de mesure pour l'orientation Est à 12 H	235
Tableau VIII.5: Valeurs de différence d'éclairéments reçus sur le plan de travail des trois outils de mesure pour l'orientation Sud à 12 H	236
 ANNEXE A	
Tableau A.1 : Tableau des temperatures Min et Max	257
Tableau A.2 : calcule de la zone de surchauffe	258
 ANNEXE D	
Tableau D.1 : Tableau récapitulatif des valeurs de luminance Max et Min	312
 ANNEXE E	
Tableau E.1.1: surfaces ensoleillées et ombragées, auvent unique, orientation sud. (a) Dec, (b) Mars, (c) Juin	316
Tableau E.1.2: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection auvent unique, orientation sud, mois de décembre	317
Tableau E.1.3: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection auvent unique, orientation sud, mois de mars	317
Tableau E.1.4: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection auvent unique, orientation sud, mois de juin	318
Tableau E.2.1: surfaces ensoleillés et ombragée, auvent Subdivisé, orientation sud, (a) Dec, (b) Mars, (c) Juin	322
Tableau E.2.2: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection auvent subdivisé, orientation sud, mois de décembre	323
Tableau E.2.3: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection auvent subdivisé, orientation sud, mois de mars	323
Tableau E.2.4: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection auvent subdivisé, orientation sud, mois de juin	324
Tableau E.3.1: surfaces ensoleillés et ombragée, Light shef, orientation sud. (a) Dec, (b) Mars, (c) Juin	328
Tableau E.3.2: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection Light shelf, orientation sud, mois de décembre	329
Tableau E.3.3: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection Light	329

shelf, orientation sud, mois de mars	
Tableau E.3.4: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection Light shelf, orientation sud, mois de juin	330
Tableau E.4.1: Surfaces ensoleillées et ombragées, Flanc, orientation Est et ouest. (a) Dec, (b) Mars, (c) Juin.	334
Tableau E.4.2: Tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection flanc, orientation Est, mois de décembre	335
Tableau E.4.3: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection flanc, orientation Est, mois de mars	335
Tableau E.4.4: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection flanc, orientation Est, mois de juin	336
Tableau E.5.1: surfaces ensoleillées et ombragées, Nie d'abeille, orientation Sud-ouest, (a) Dec, (b) Mars, (c) Juin	340
Tableau E.5.2: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection nid d'abeille, orientation sud-ouest, mois de décembre	341
Tableau E.5.3: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection nid d'abeille, orientation sud-ouest, mois de mars	341
Tableau E.5.4: tableau récapitulatif de collecte des données pour la protection niéd d'abeille, orientation sud-ouest, mois de juin	342

mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Temp moy.max(c)	20.9	24.7	24.6	32.2	36.1	41.1	45.7	46.7	43.1	36.1	28.3	20.4
Temp moy.min(c)	8.4	5.2	9.1	10.1	12.5	25.1	29.8	28	20.1	14.2	8.4	5

Tableau A.1 : Tableau des températures Min et Max (Source : N R H,

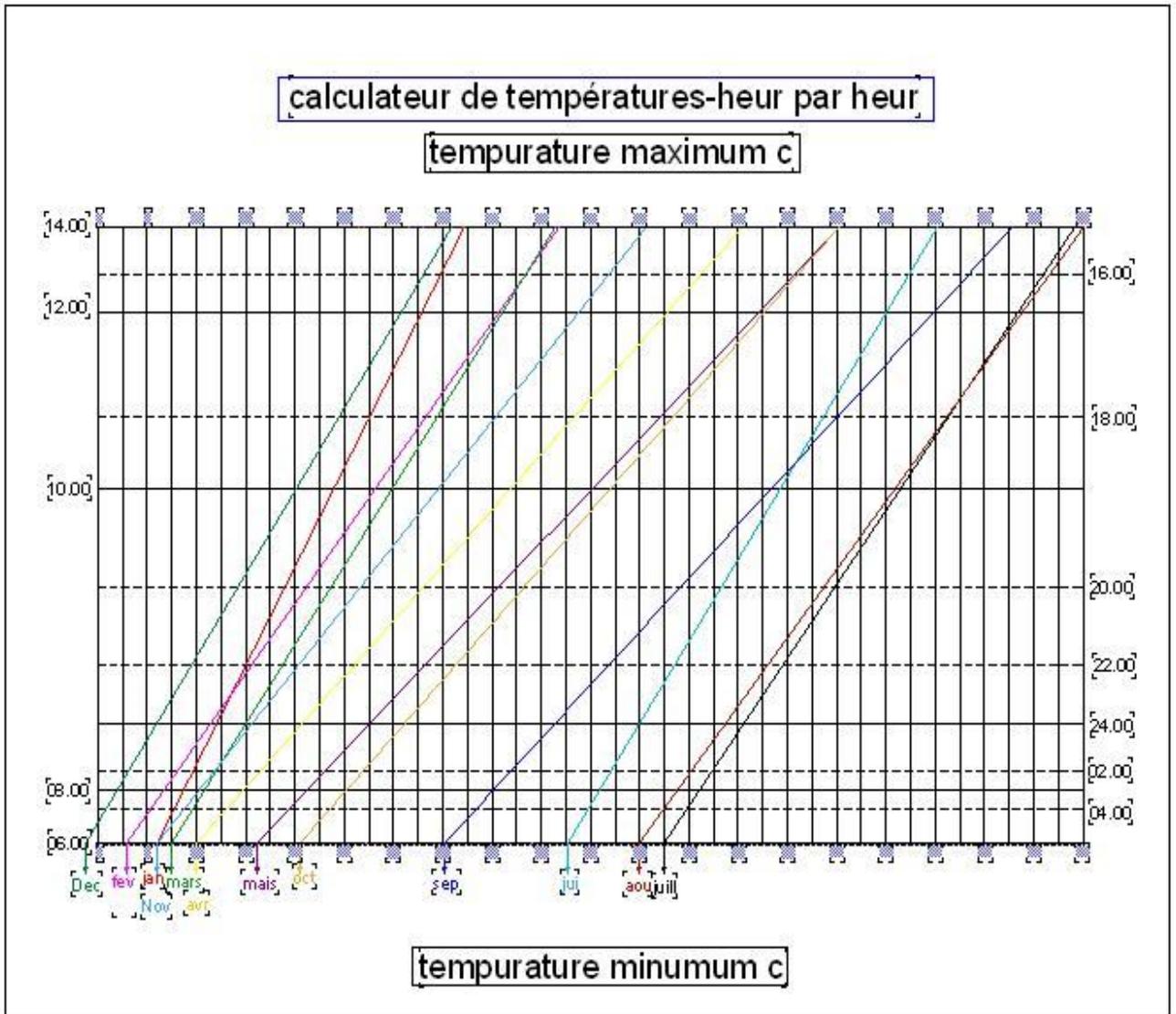


Figure A.1 : Calcule des temperatures heur par heur (Source : Auteur)

La matrice des isothermes

00.00	11.6	11	11.6	16.1	17.8	28.6	33.1	31.9	25.3	19	13.6	10.6
02.00	10.7	9.3	10.3	13	15.9	27.4	31.8	30.6	23.4	17.2	12	9
04.00	8.9	6.9	8.1	11.2	13.9	26	30.5	29.2	21.6	15.5	10.6	6.9
06.00	8.4	5.2	9.1	10.1	12.5	25.1	29.8	28	20.1	14.2	8.4	5
08.00	10.4	8	9.6	12.2	14.9	26.6	31.2	29.8	22.5	16.5	11.5	8
10.00	16.9	17.7	17.7	23	26.3	38.8	39	38.8	31.6	27	20.6	16.2
12.00	19	22.2	21.8	28.9	32.6	34.5	43.4	42.6	39.8	33	25.6	18.6
14.00	20.9	24.7	24.6	32.2	36.1	41.1	45.7	46.7	43.1	36.1	28.3	20.4
16.00	19.7	23.3	22.9	30.3	34.2	39.9	44.5	45.2	41.4	34.6	26.8	19.4
18.00	17.1	19.2	19.2	25.4	29	36.1	40.9	41	36	29.5	22.5	16.5
20.00	14.4	15.9	15.2	19.8	22.8	32	36.6	36	30.2	23.8	17.8	13.2
22.00	12.8	13.7	13.2	17.1	20	30.2	34.7	33.9	27.5	21.2	16.5	11.6
	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mais	juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc

Tableau A.2 : calcul de la zone de surchauffe (Source : Auteur)

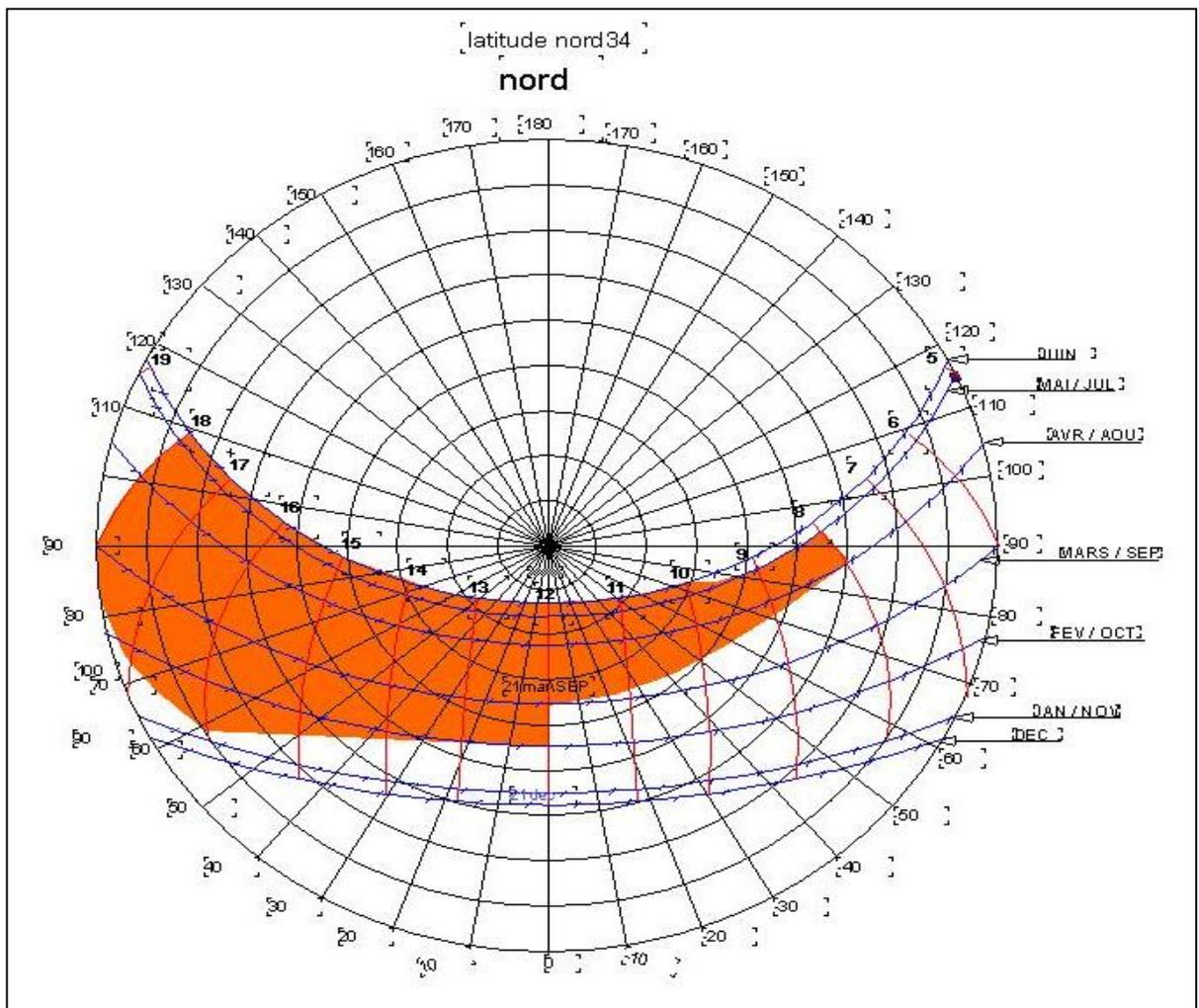


Figure A.2 : Intégration de la zone de surchauffe dans le diagramme solaire de latitude 34 Nord (Source : Auteur)

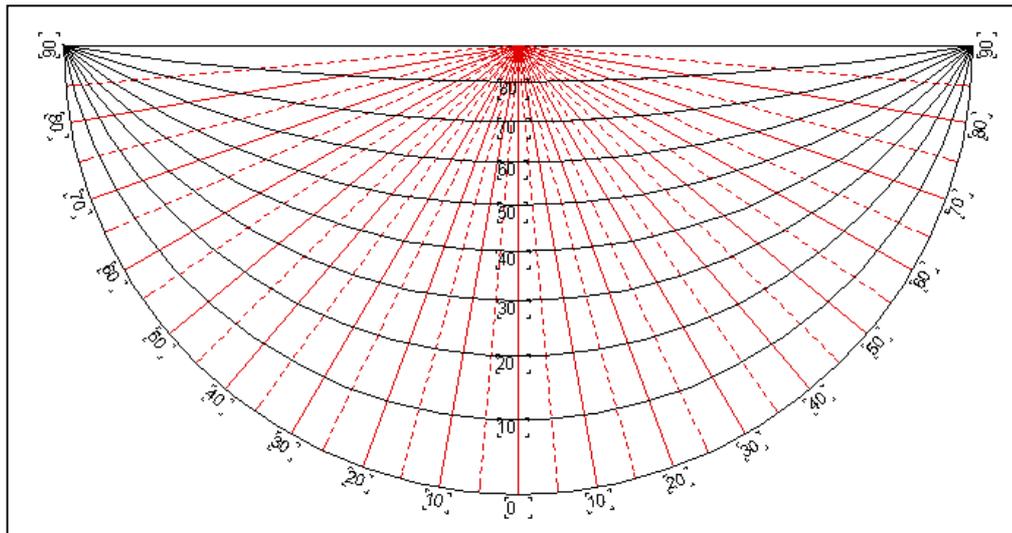


Figure A.3 : Abaques des masques,les courbes en arches pour les avancées horizontales ,et les rayons pour les avancées verticales (Source : E.Harkness ,APPENDEX I,p 255))

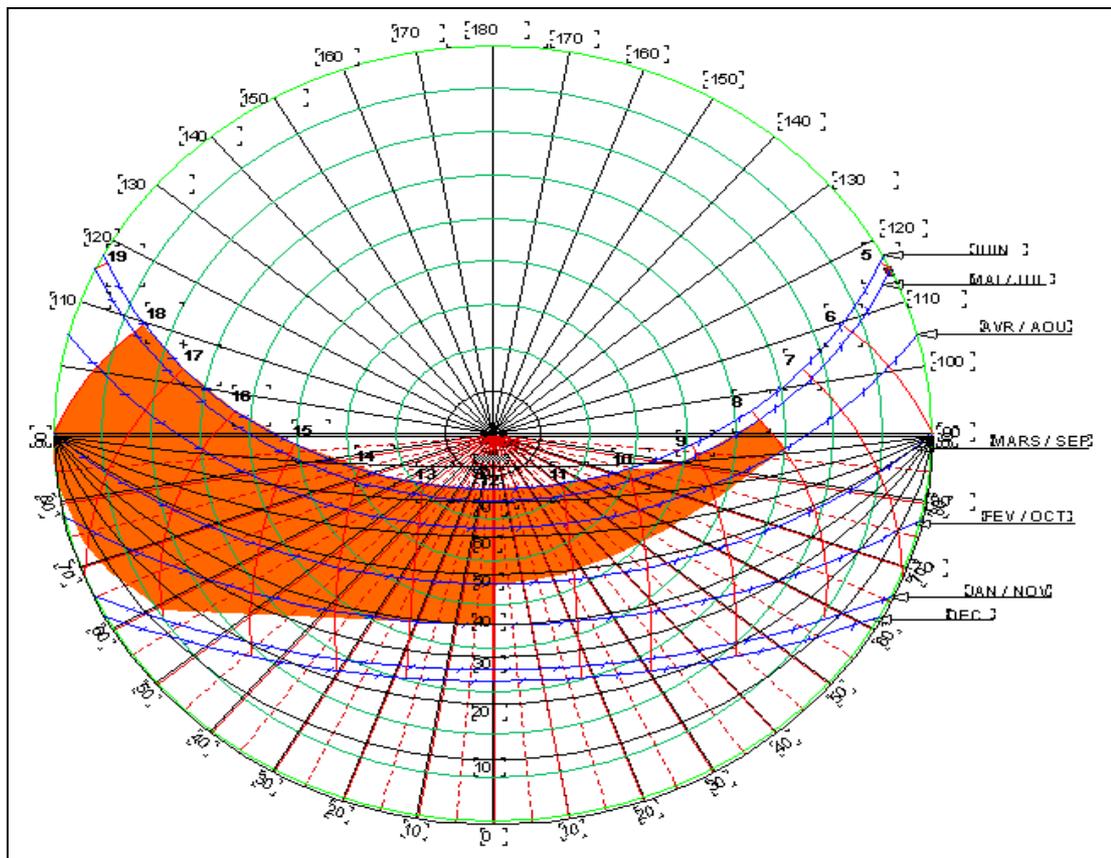
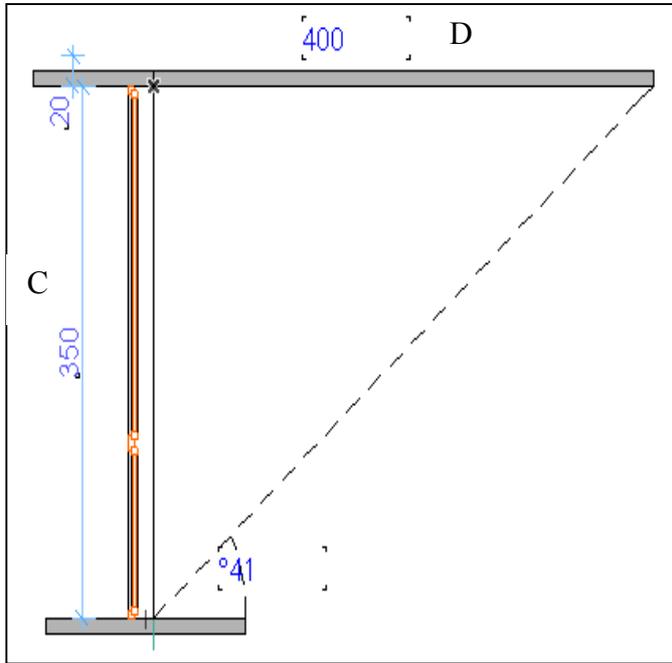


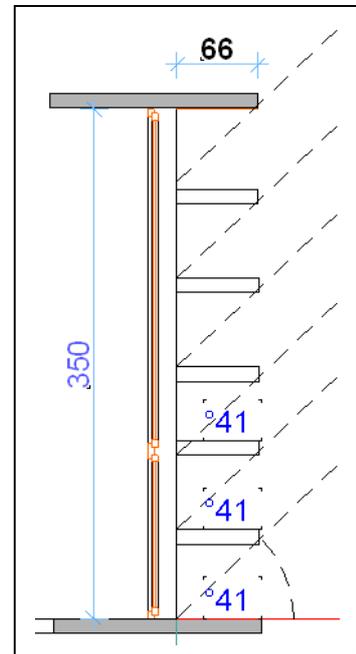
Figure A.4 : Superposition de l'indicateur sur le diagramme solaire ,orientation Sud (Source : Auteur)

VSA = 41°

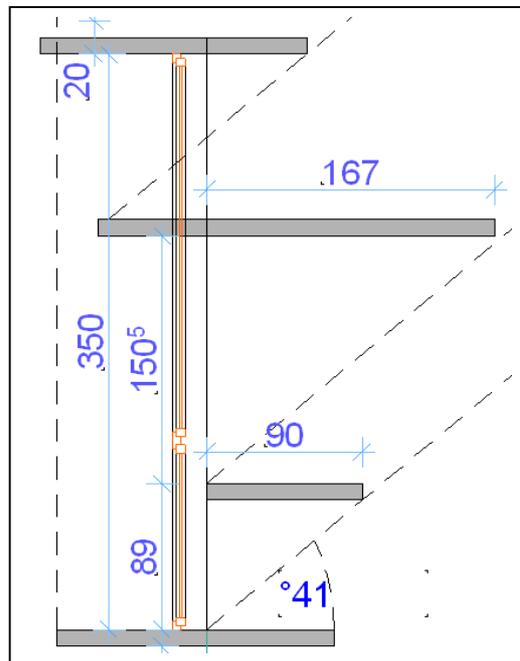
Tag $\alpha = C/D \quad D=3.5/0.86 = 4.00\text{m}$



(A)



(B)



(C)

Figure A.5 :Vue en coupe de protection solaire horizontale ,(A) Auvent unique ,(B) Auvent subdivisé ,(C) Light shelf (Source : Auteur)

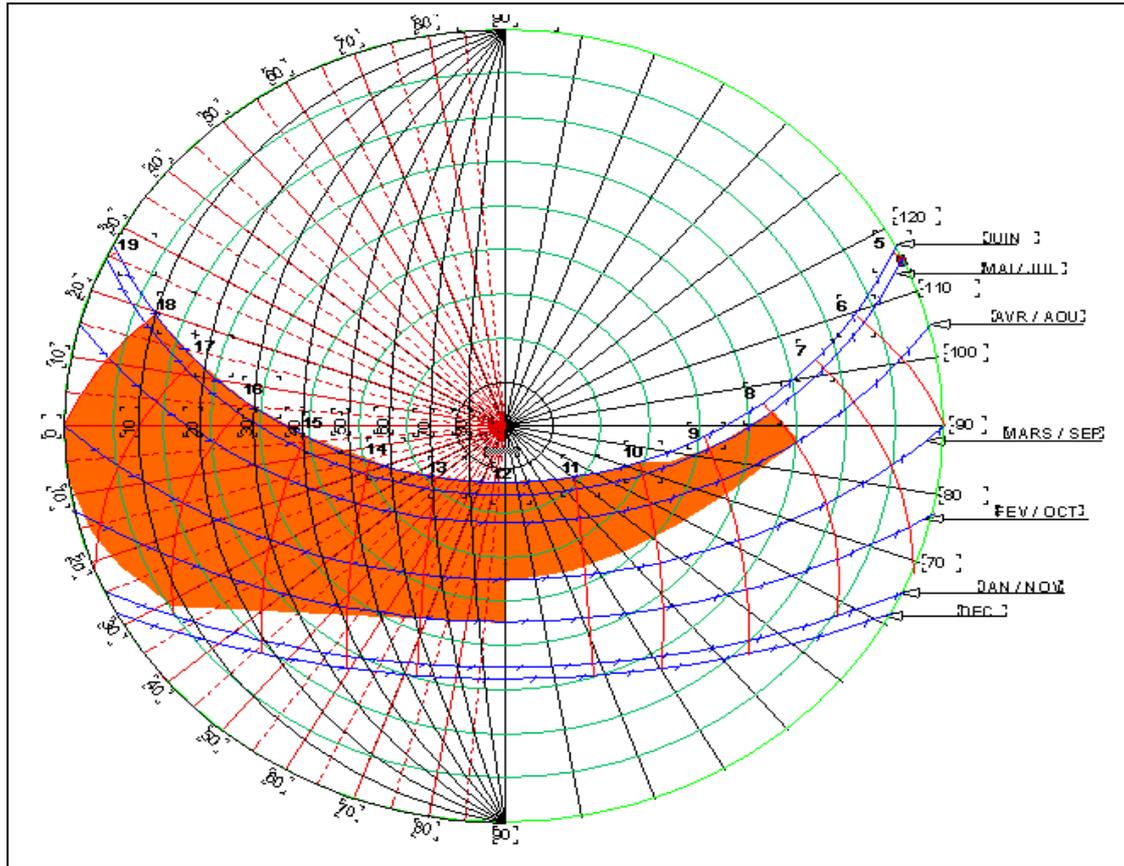


Figure A.6 : Superposition de l'indicateur sur le diagramme solaire ,orientation Ouest
(Source : Auteur)

$$HSA = 32^\circ \quad \text{Tag } \alpha = C/D \quad D = 2.62/0.62 = 4.22\text{m}$$

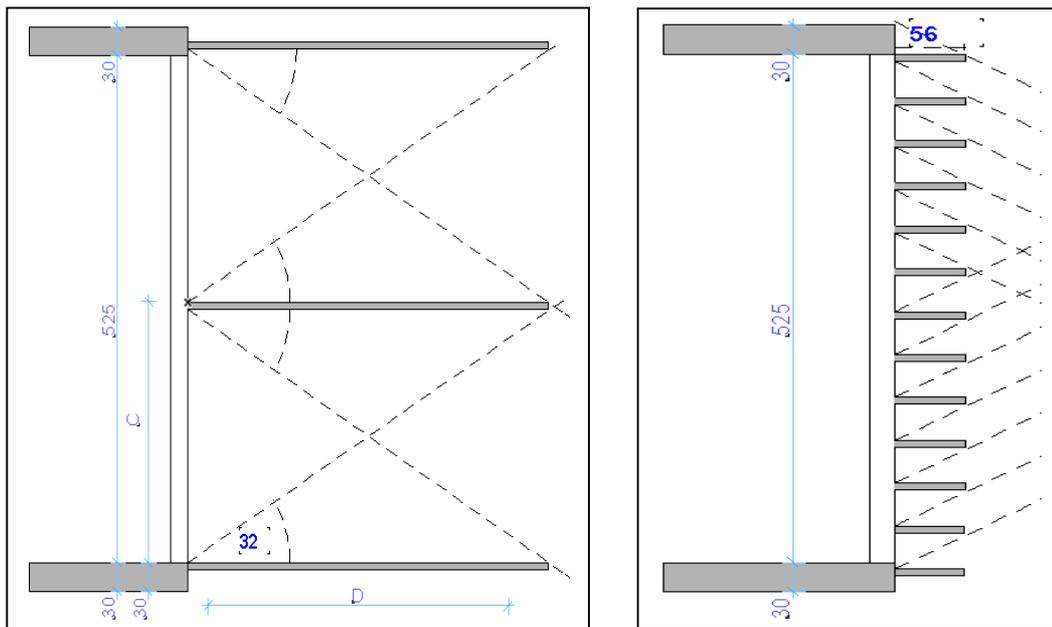


Figure A.7 : Vue en plan , protection solaire verticale ,Flancs (Source : Auteur)

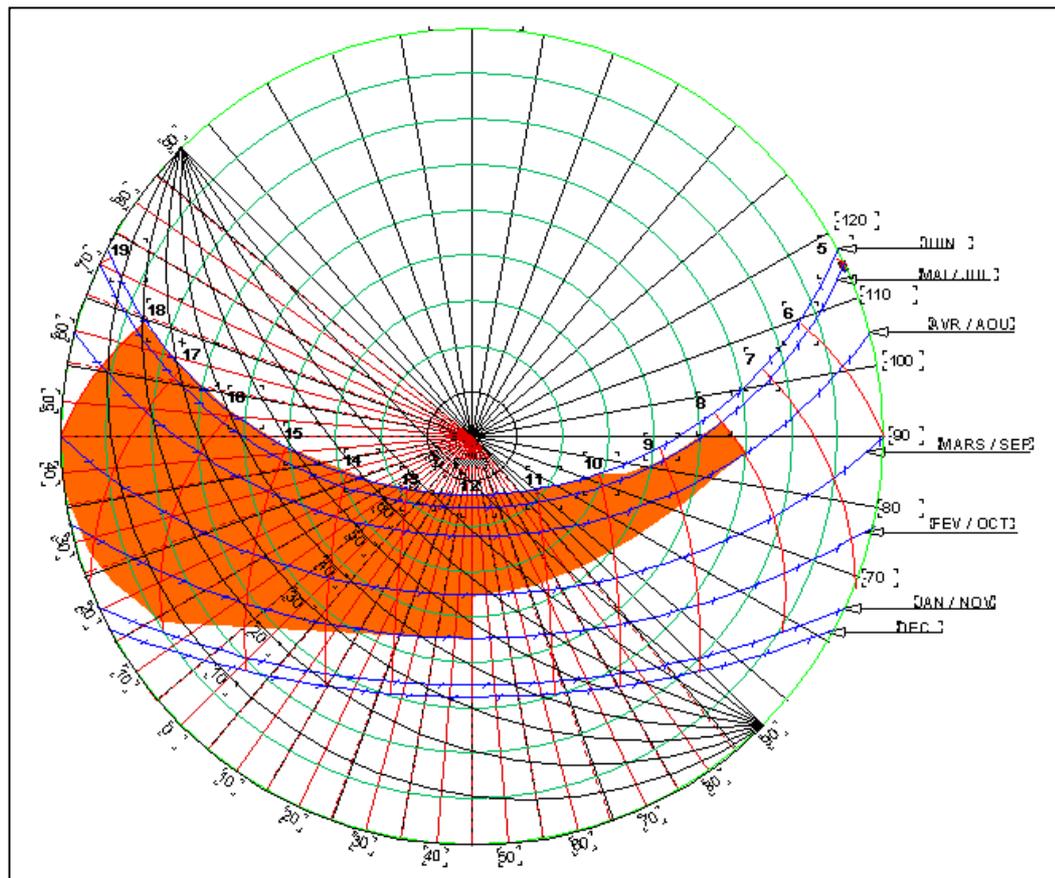


Figure A.8 : Superposition de l'indicateur sur le diagramme solaire ,orientation Sud-Ouest
(Source : Auteur)

VSA = 44° D= 3.5 /0.96 D= 3.64m

HSA = 30° D=5.25 /0.57 D=9.21m

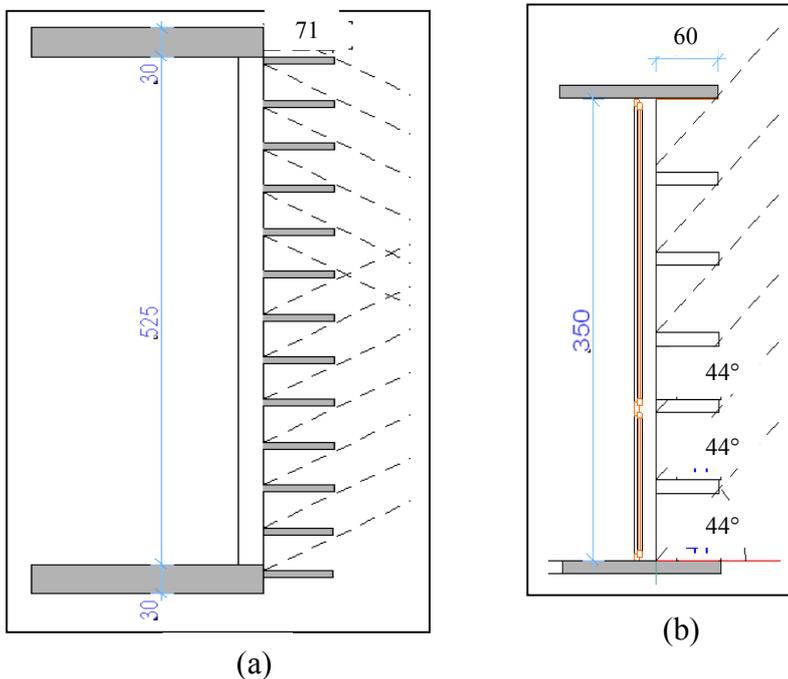


Figure A.9 : protection solaire Nid d'abeille ,(a) horizontale (b) verticale
(Source : Auteur)

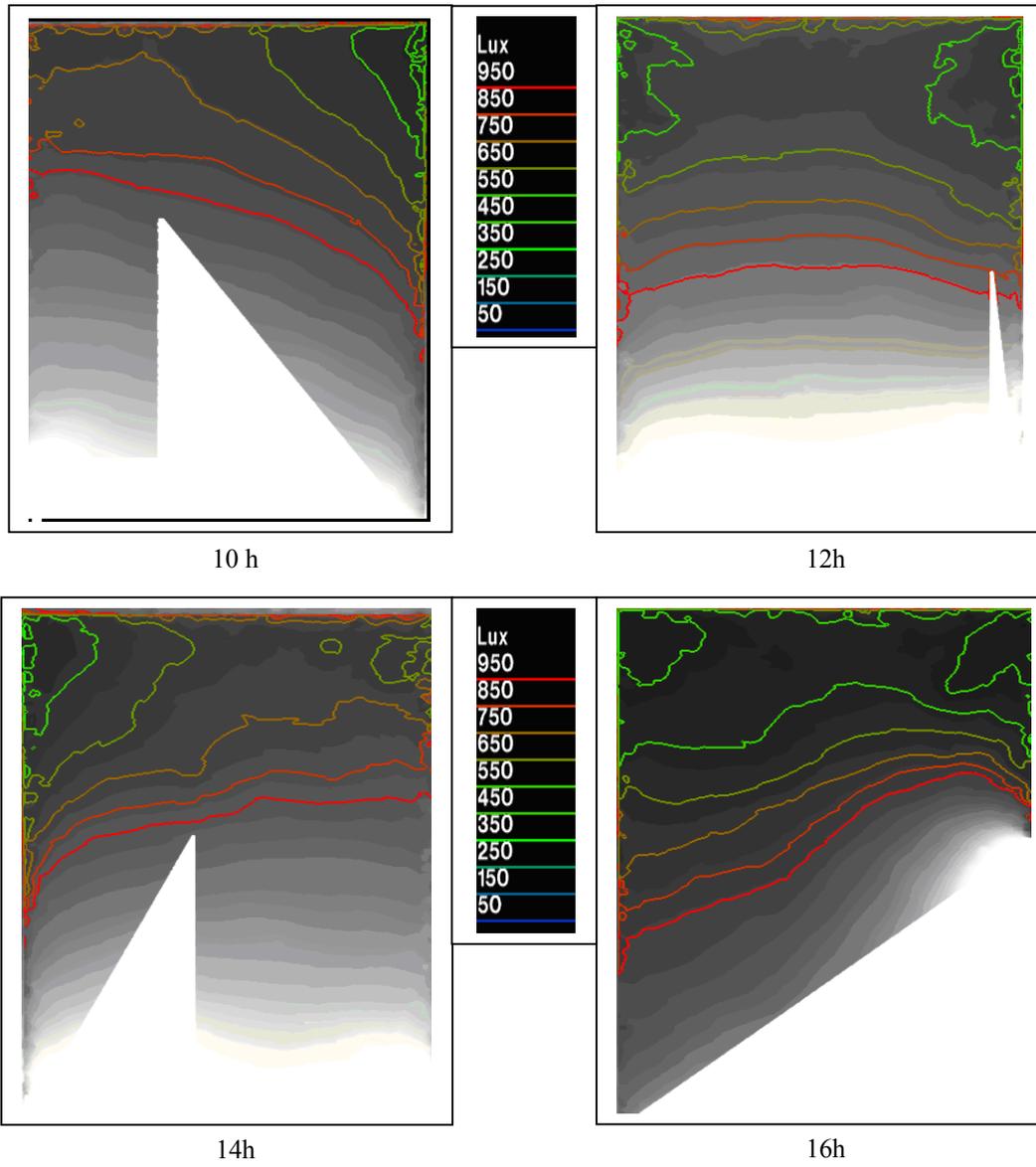
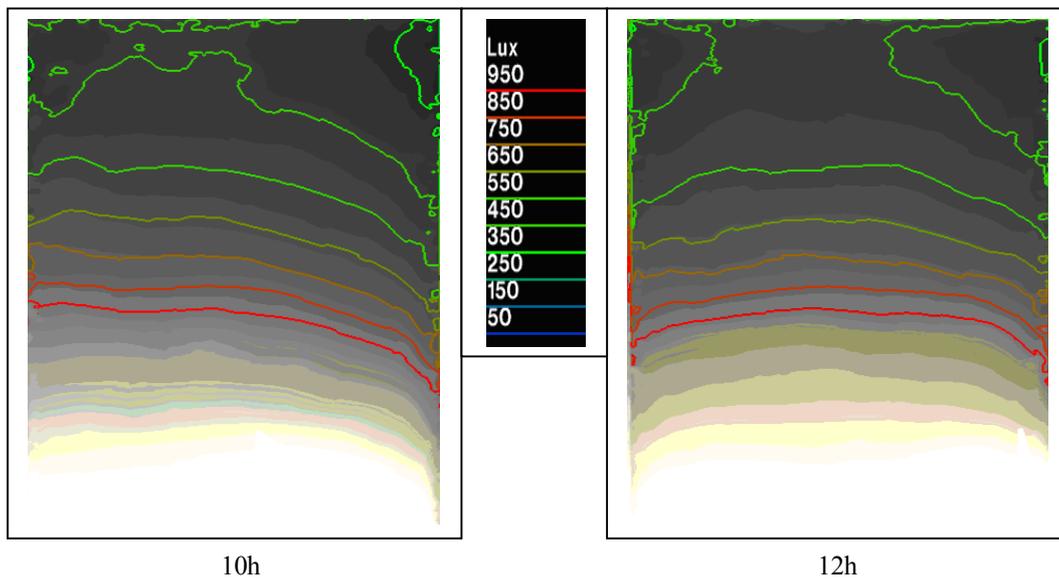


Figure C.1.1: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent unique, orientation sud, mois de Décembre



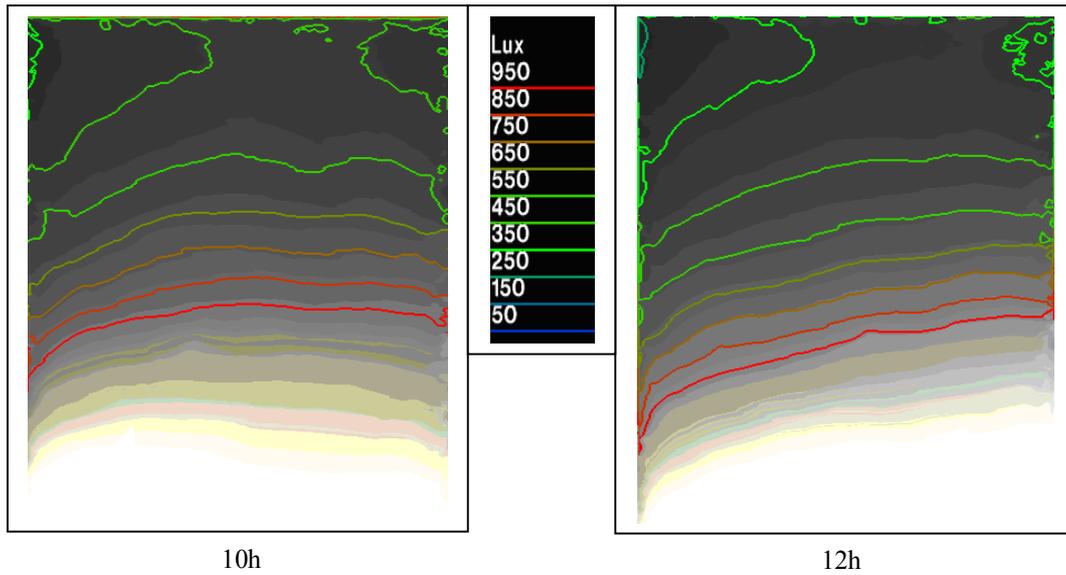


Figure C.1.2: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé D'un Auvent unique, orientation sud, mois de Mars

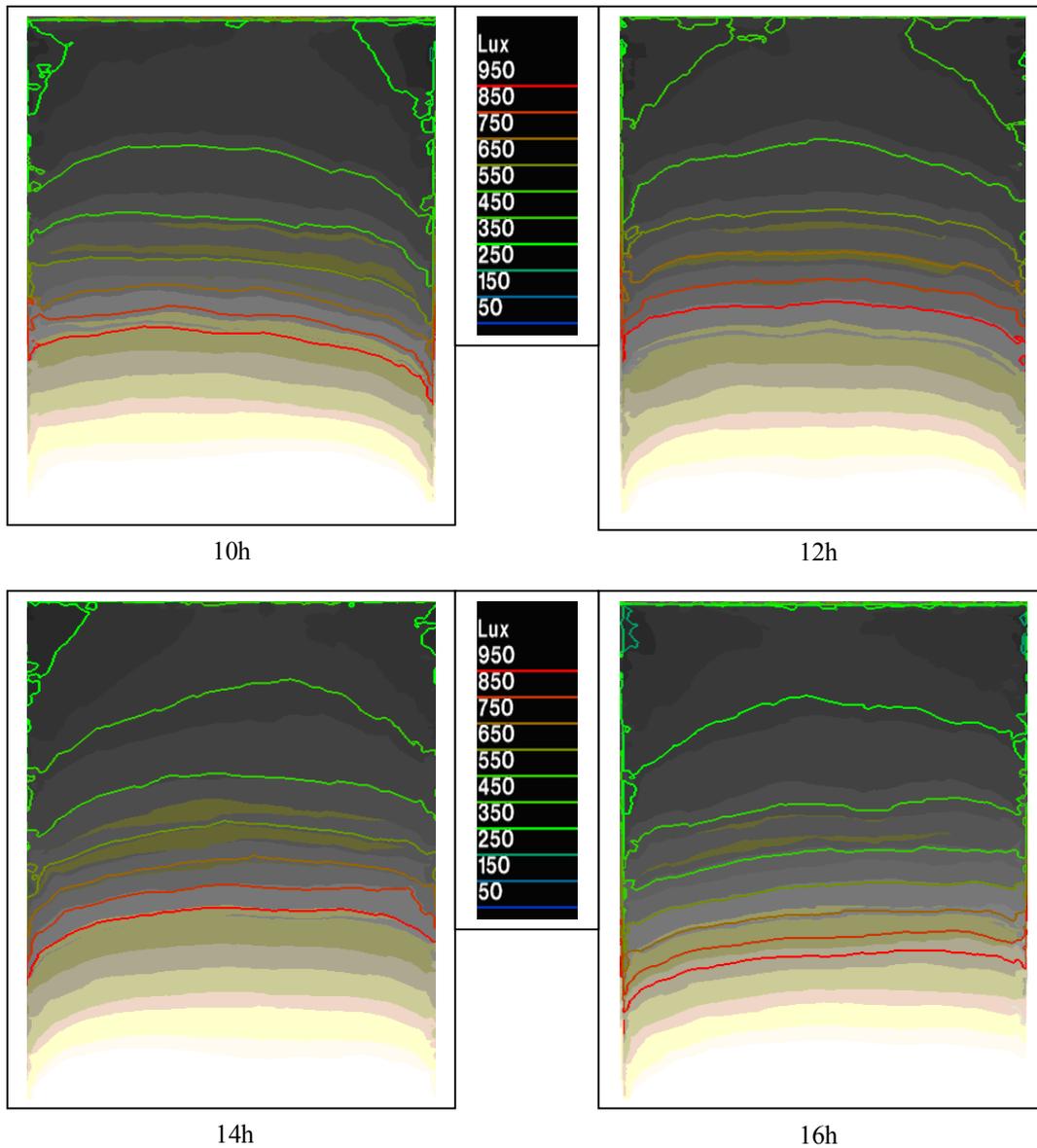


Figure C.1.3: Courbe Iso-lux des Eclairément reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé D'un Auvent unique, orientation sud, mois de Juin

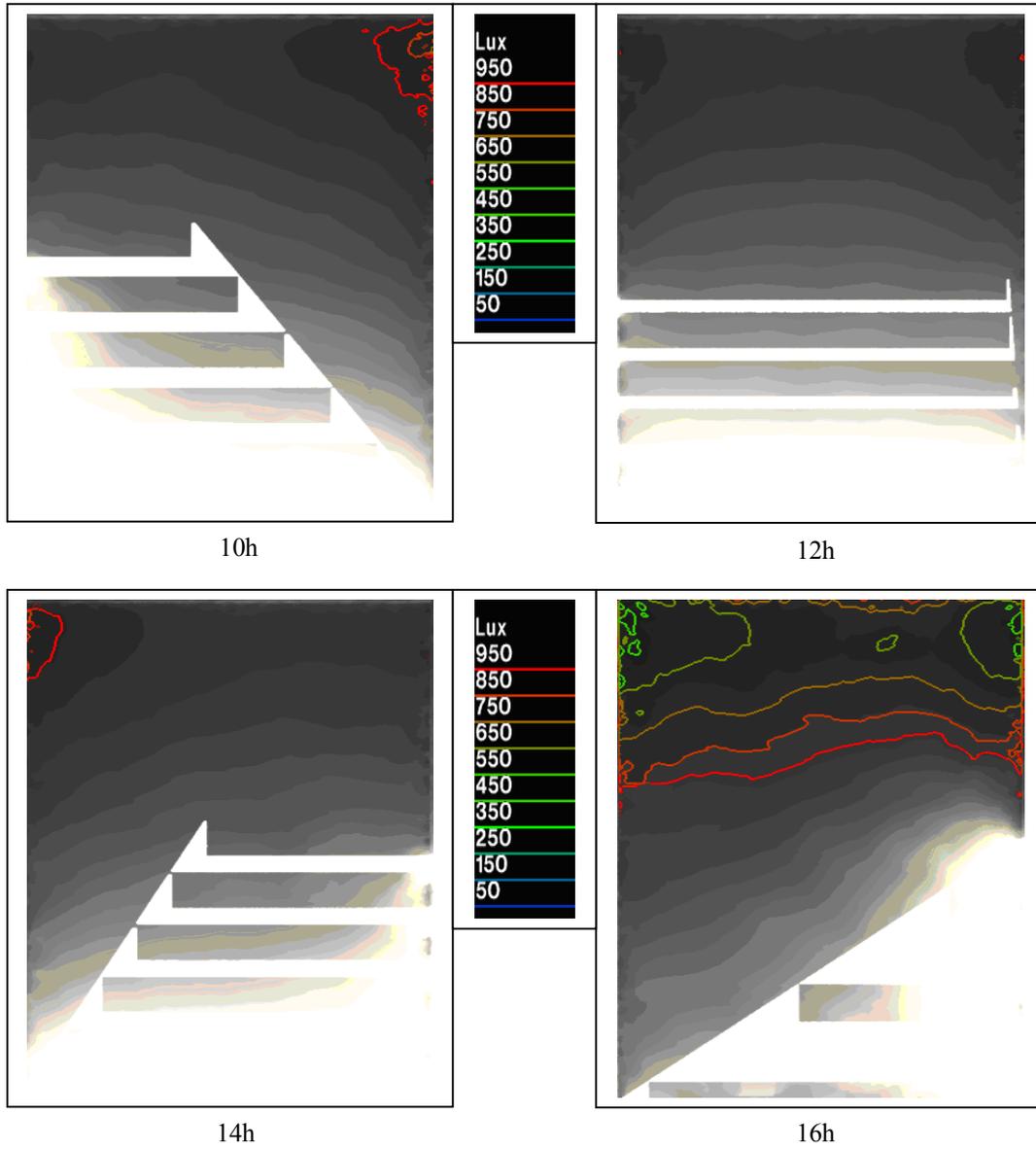
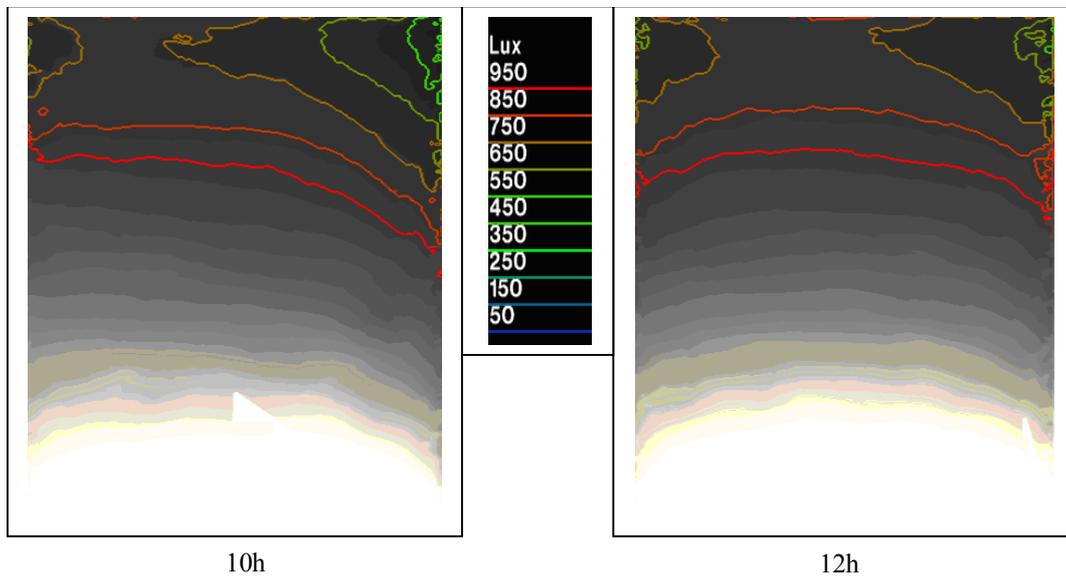


Figure C.2.1: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé, orientation sud, mois de Décembre



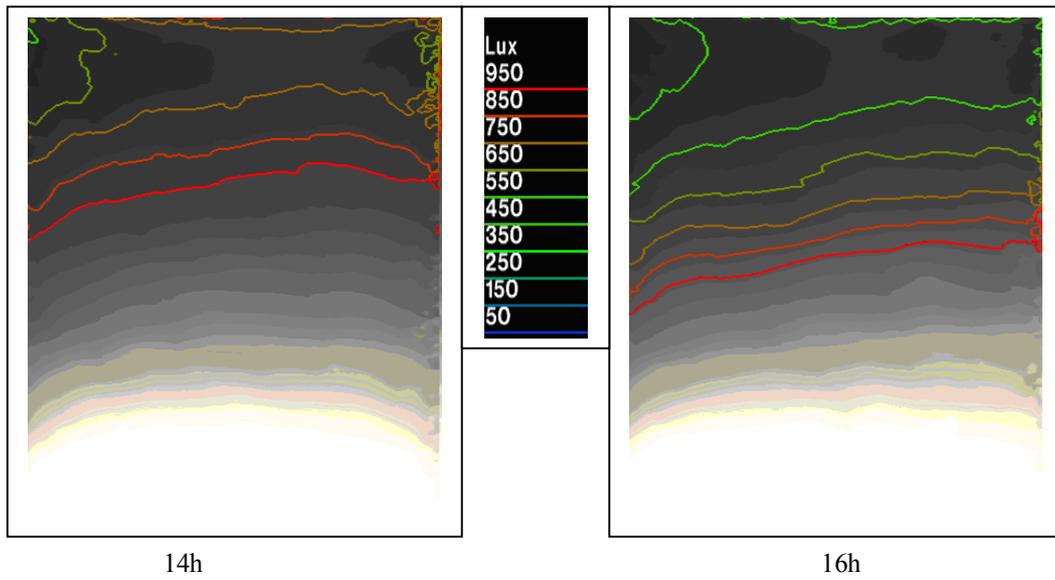


Figure C.2.2: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé, orientation sud, mois de Mars

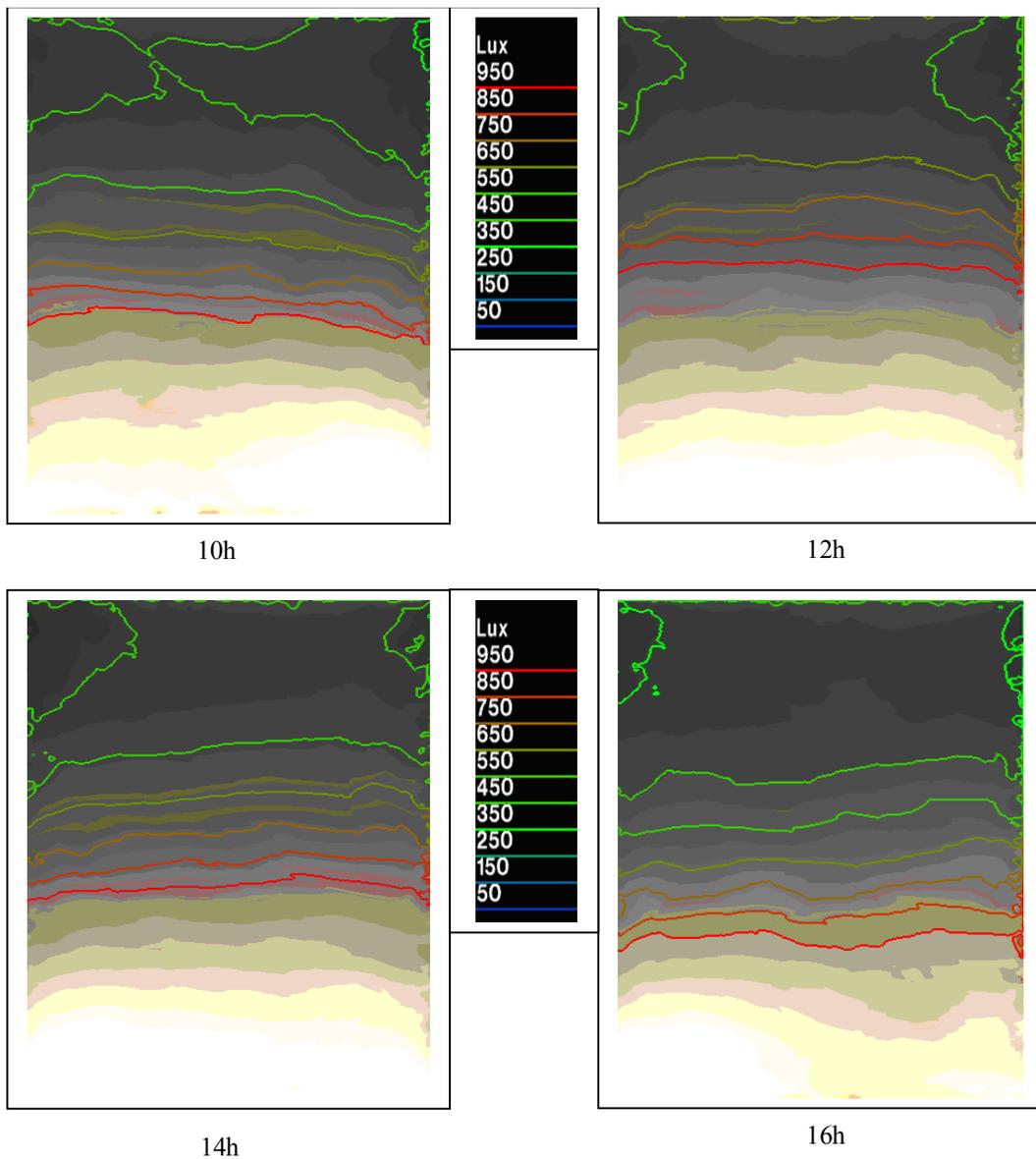


Figure C.2.3: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé, orientation sud, mois de Juin

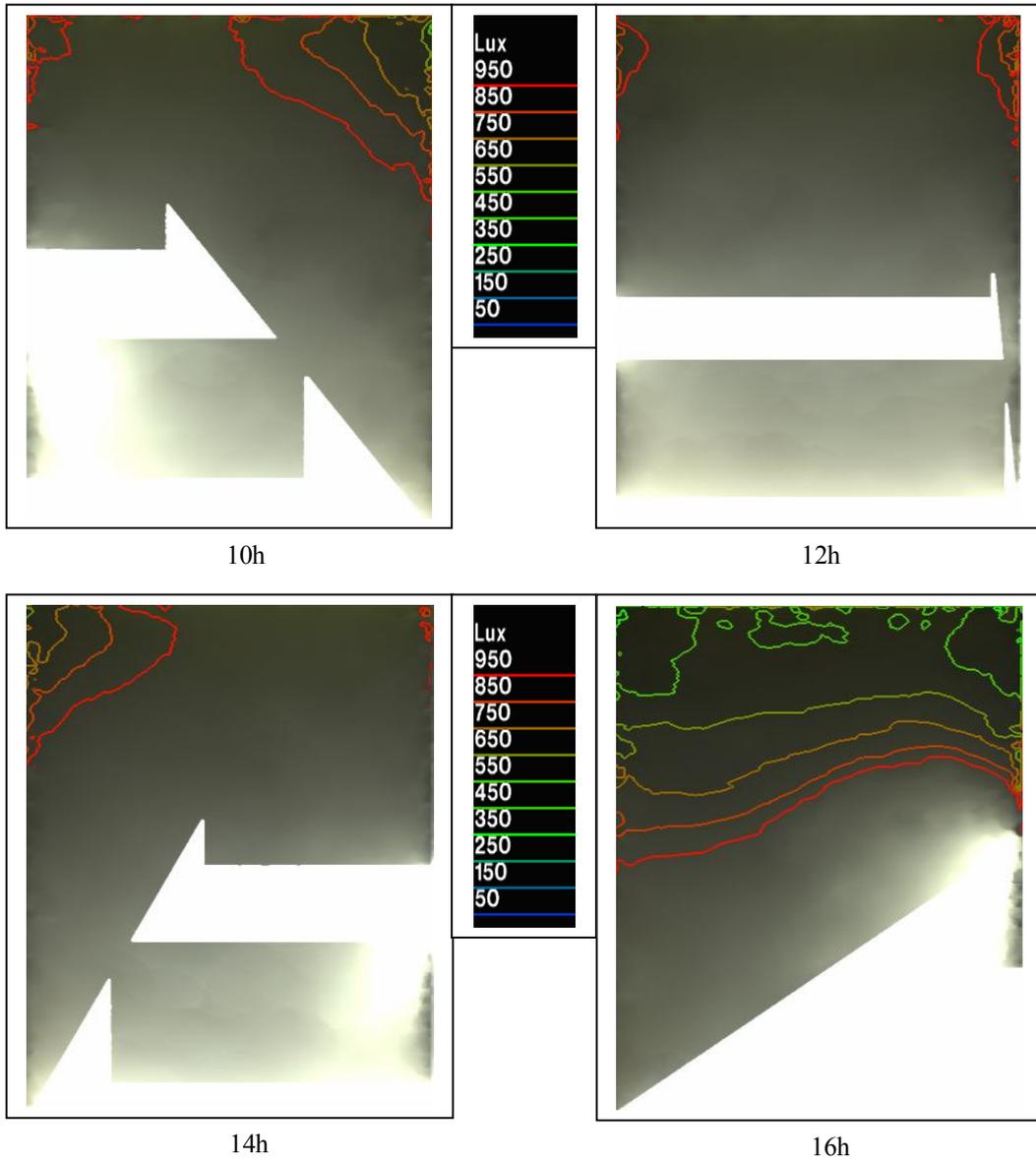
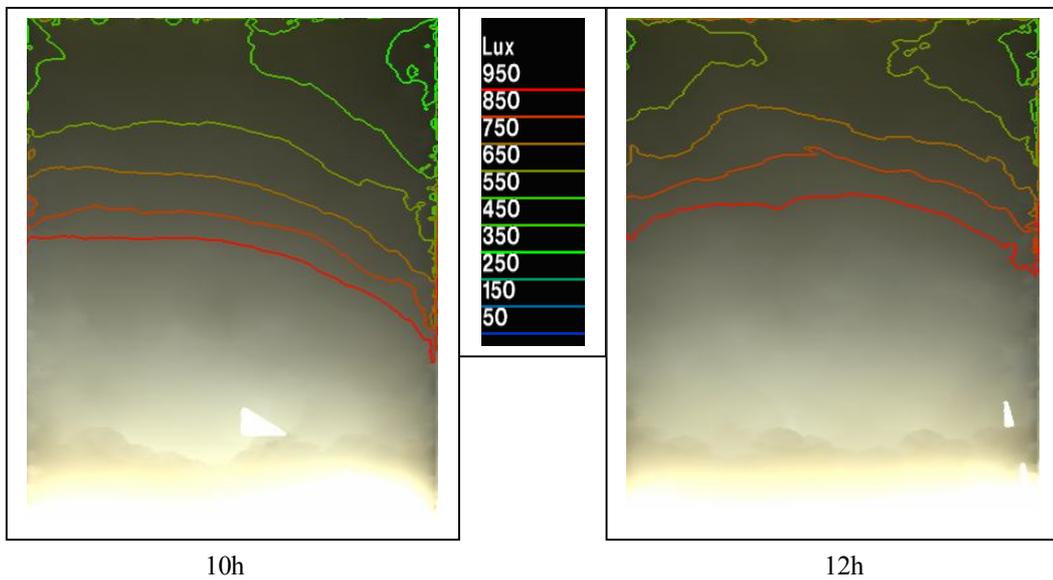


Figure C.3.1: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Light shelf, orientation sud, mois de Décembre



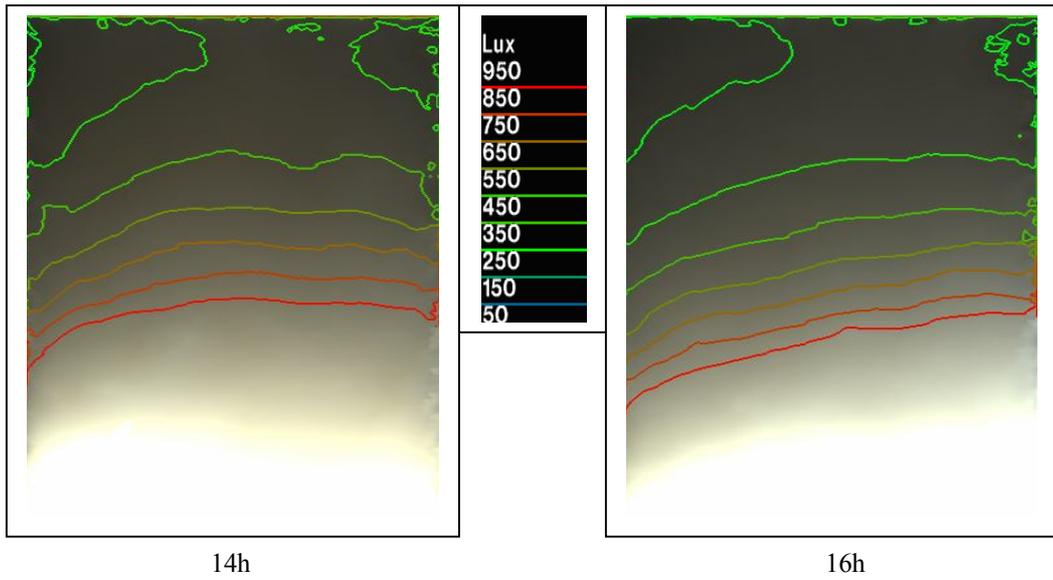


Figure C.3.2: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Light shef, orientation sud, mois de Mars

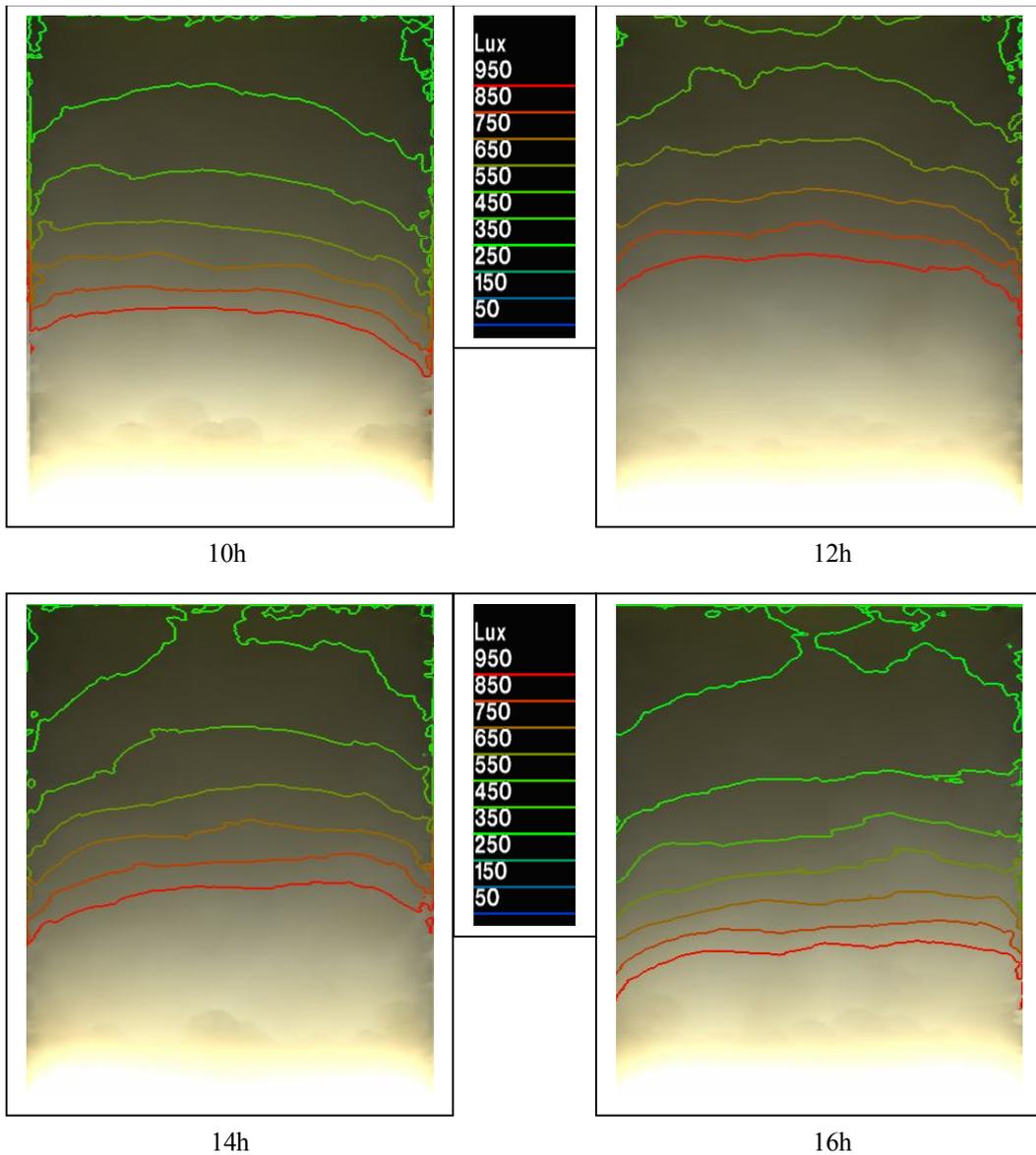


Figure C.3.3: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Light shef, orientation sud, mois de Juin

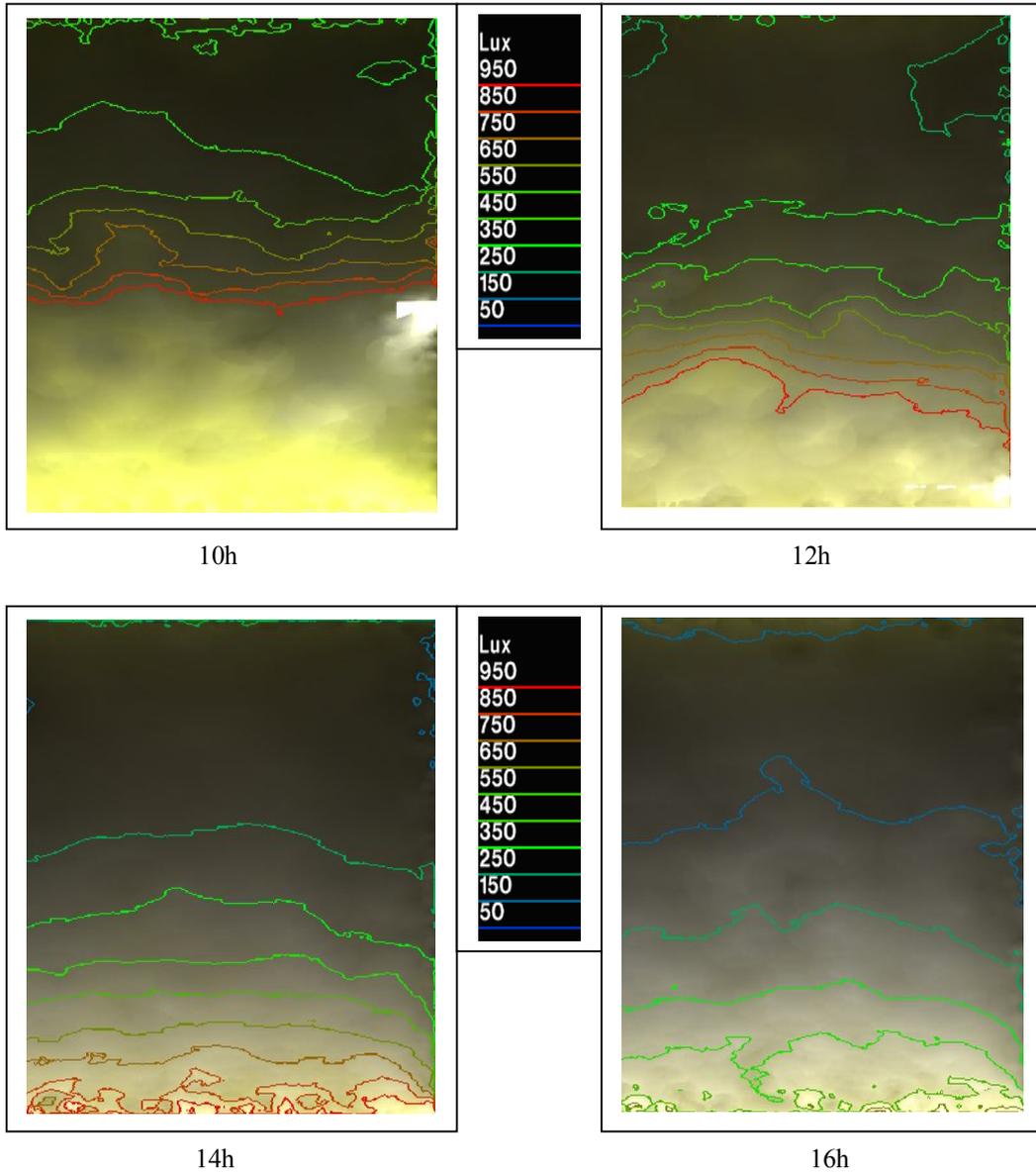
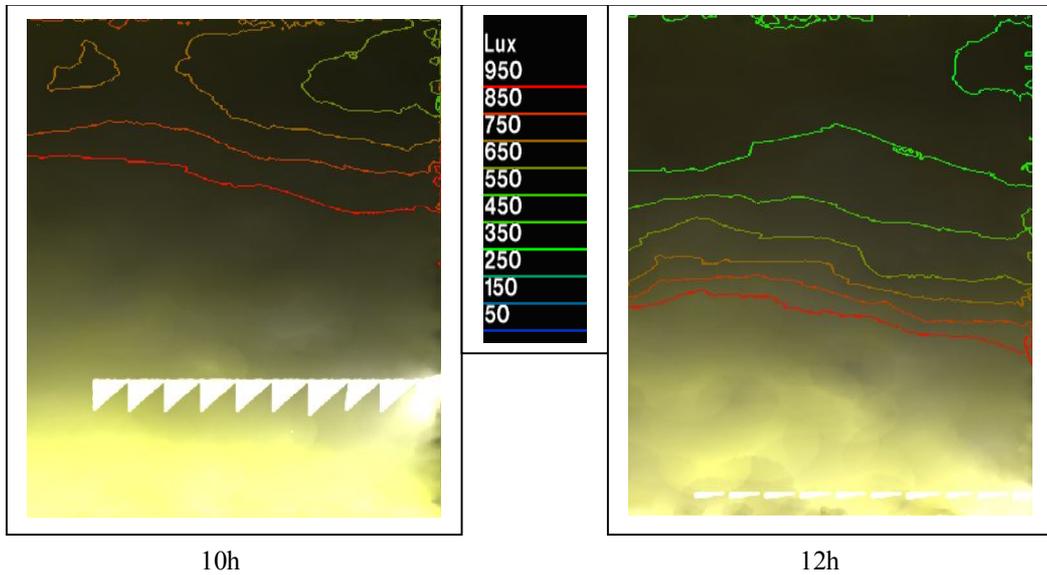


Figure C.4.1: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Flanc, orientation Est-ouest, mois de Décembre



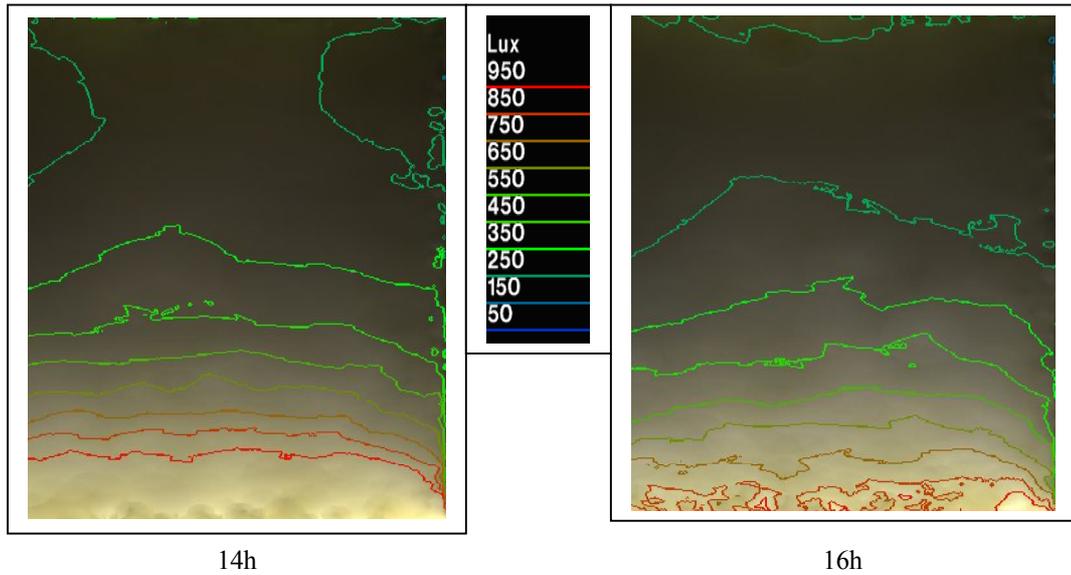


Figure C.4.2: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Flanc, orientation Est-ouest, mois de Mars

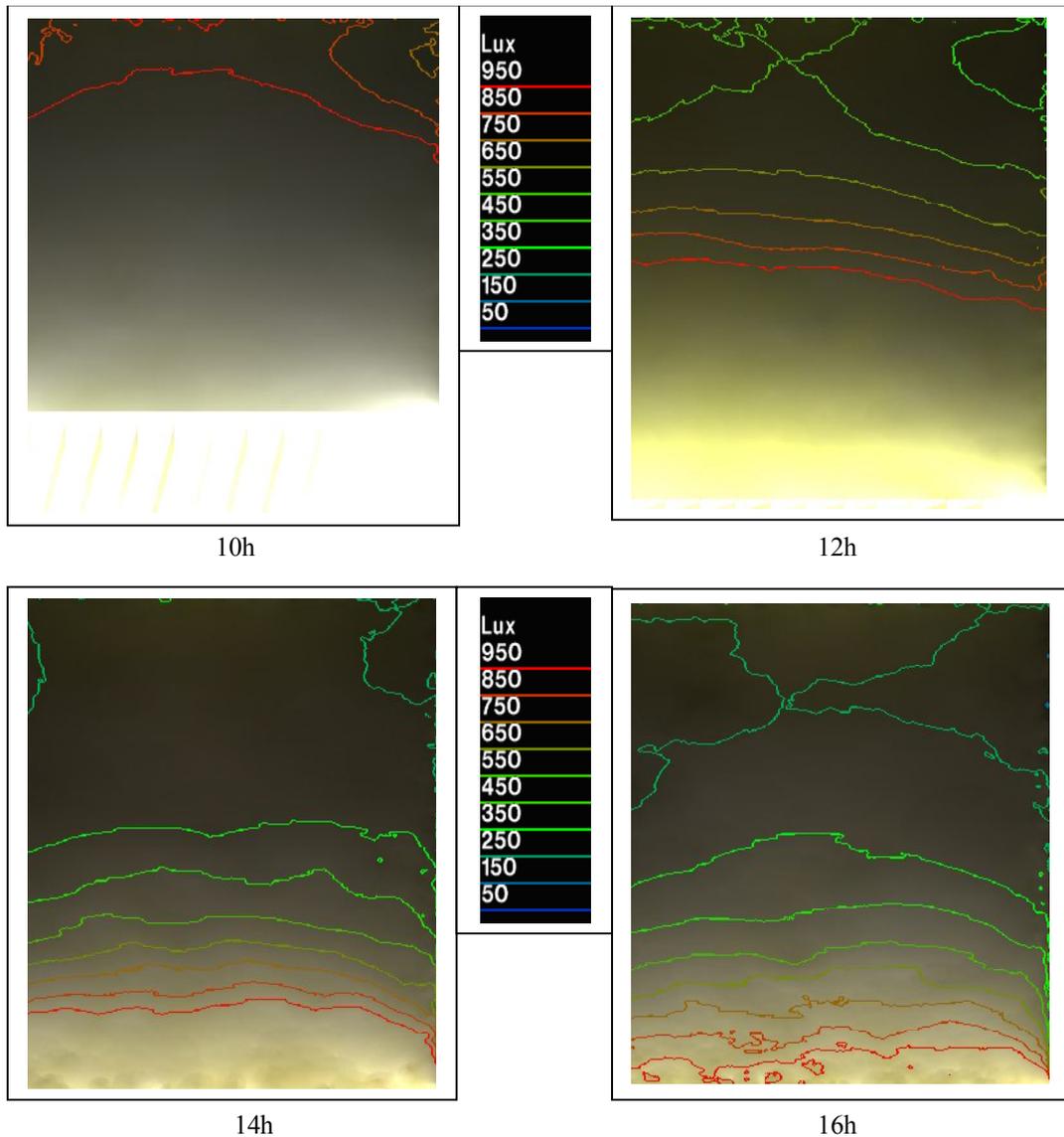


Figure C.4.3: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Flanc, orientation Est-ouest, mois de Juin

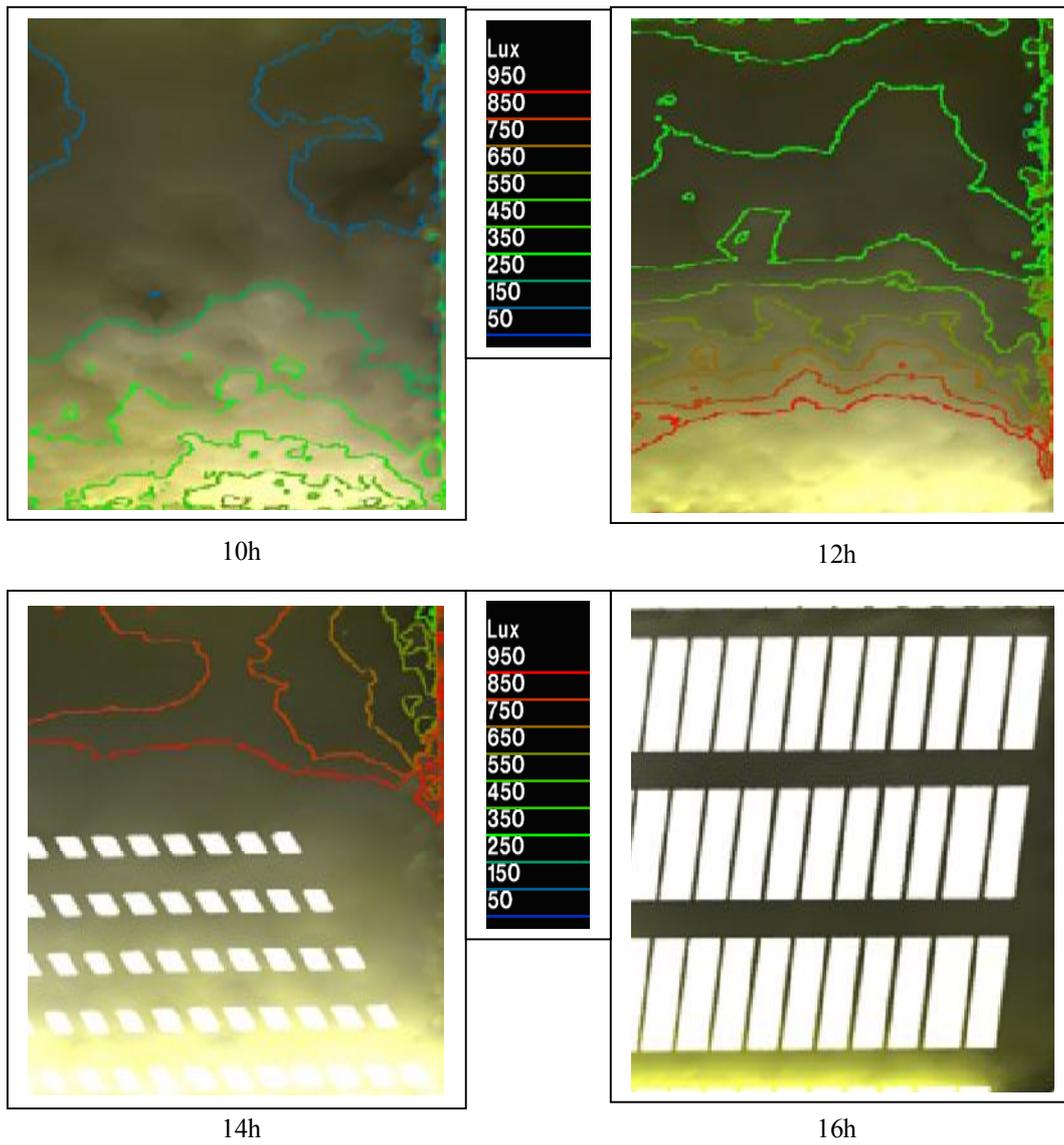
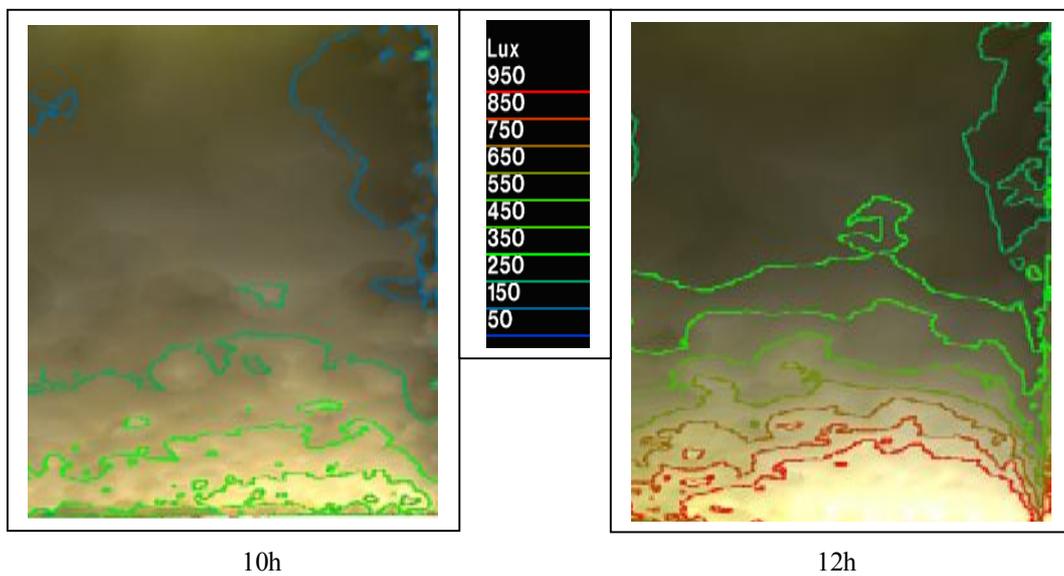


Figure C.5.1: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Nid d'abeille, orientation Est-ouest, mois de Décembre



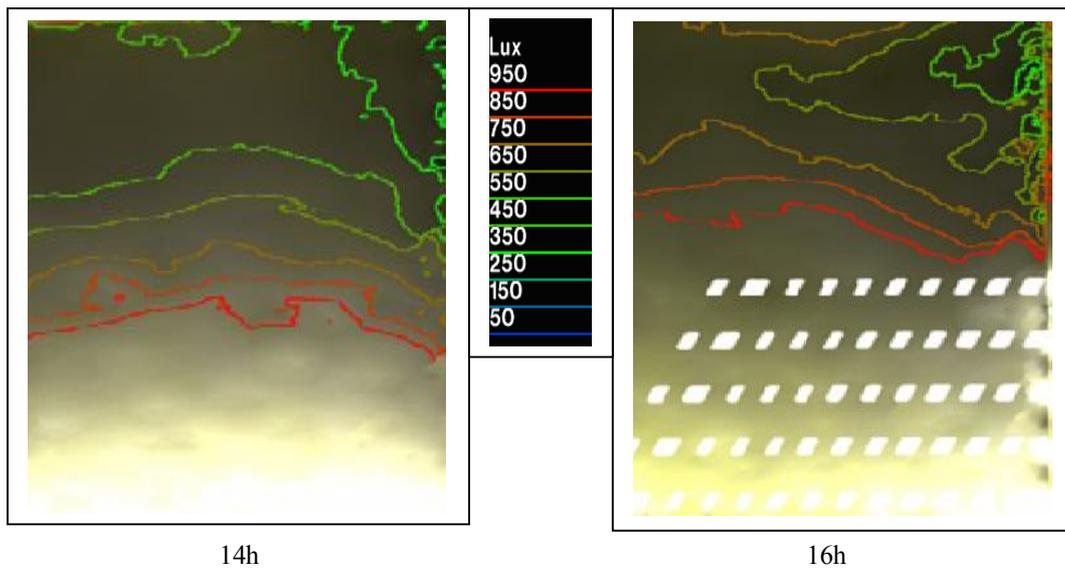


Figure C.5.2: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Nid d'abeille, orientation Est-ouest, mois de Mars

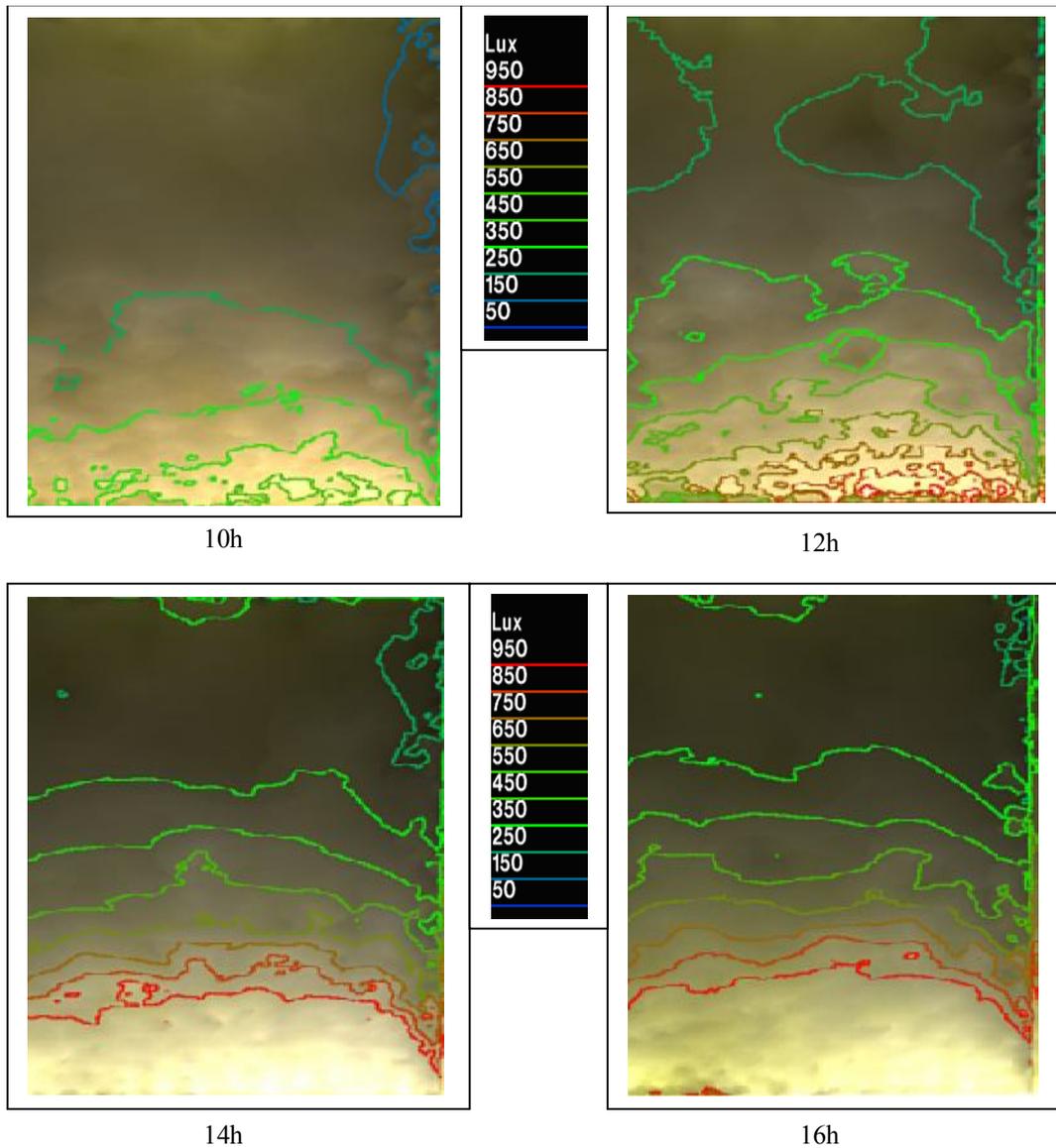
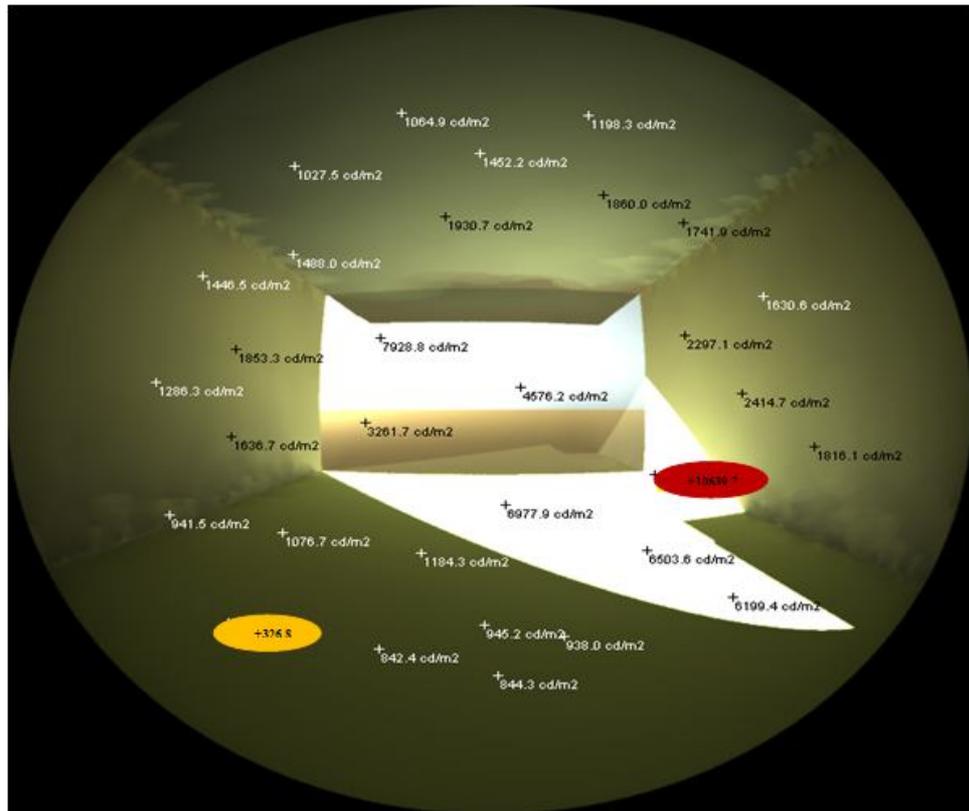
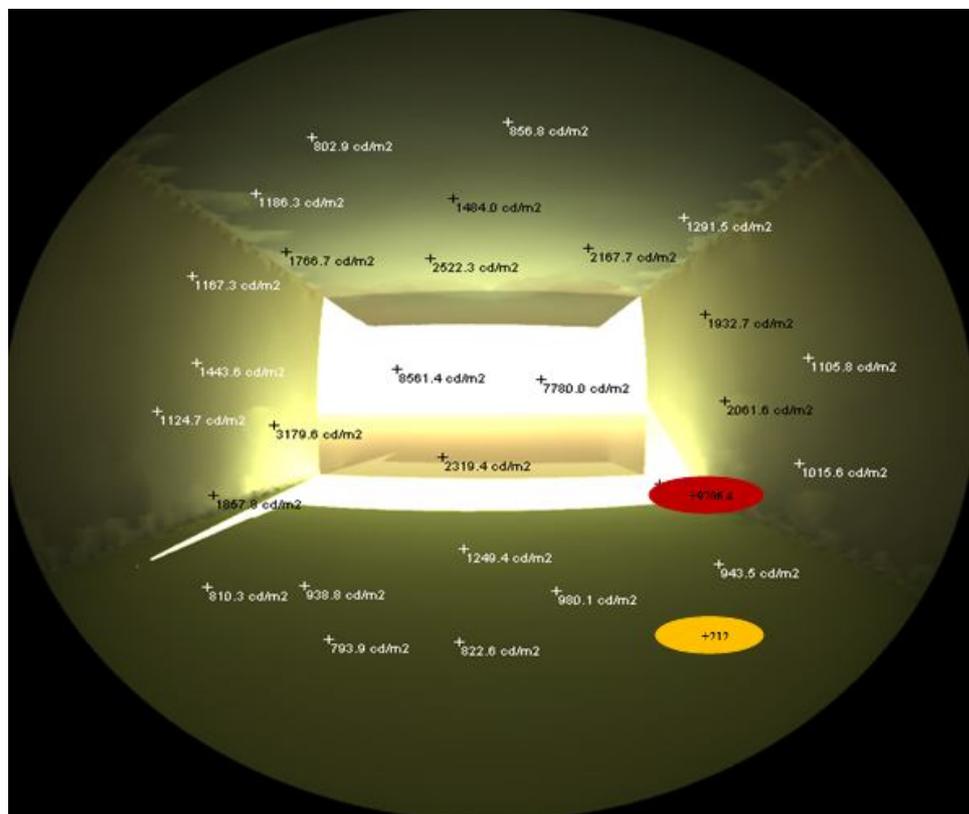


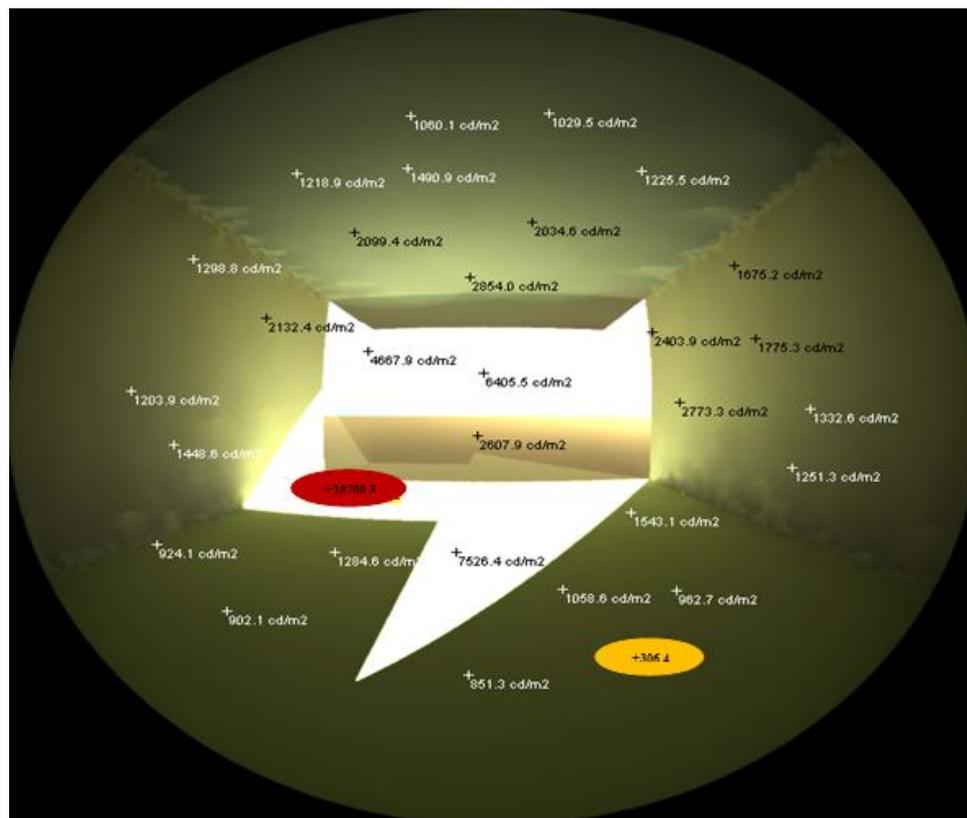
Figure C.5.3: Courbe Iso-lux des Eclairage reçus sur le plan de travail d'un Bureau Equipé d'un Nid d'abeille, orientation Est-ouest, mois de Juin



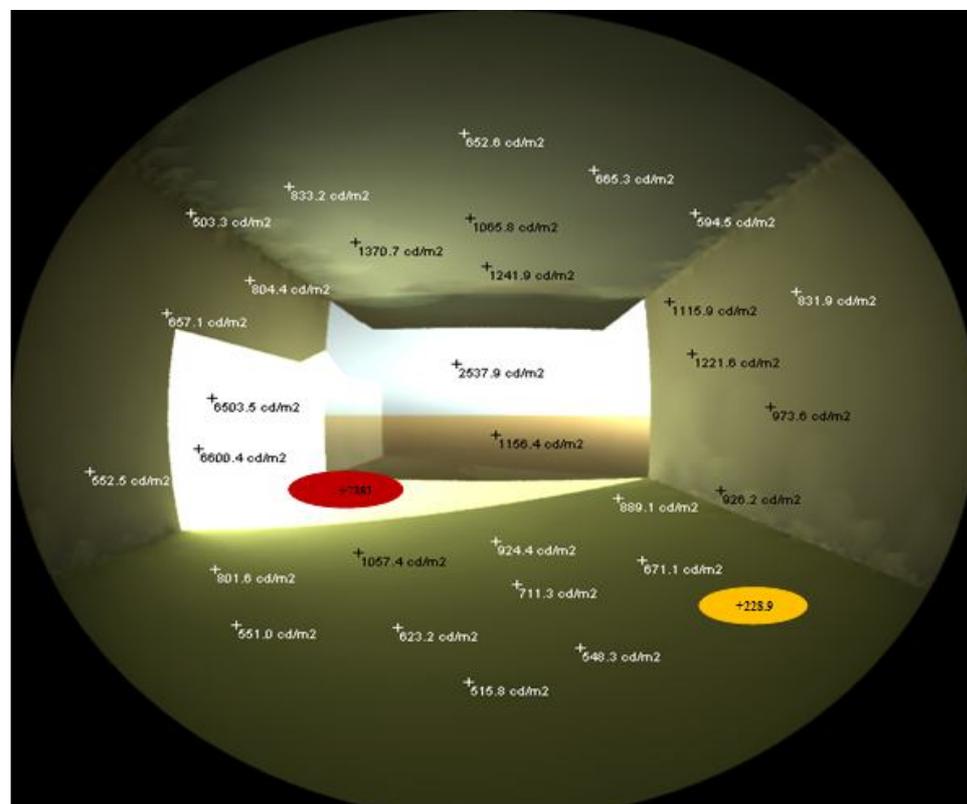
10h



12h

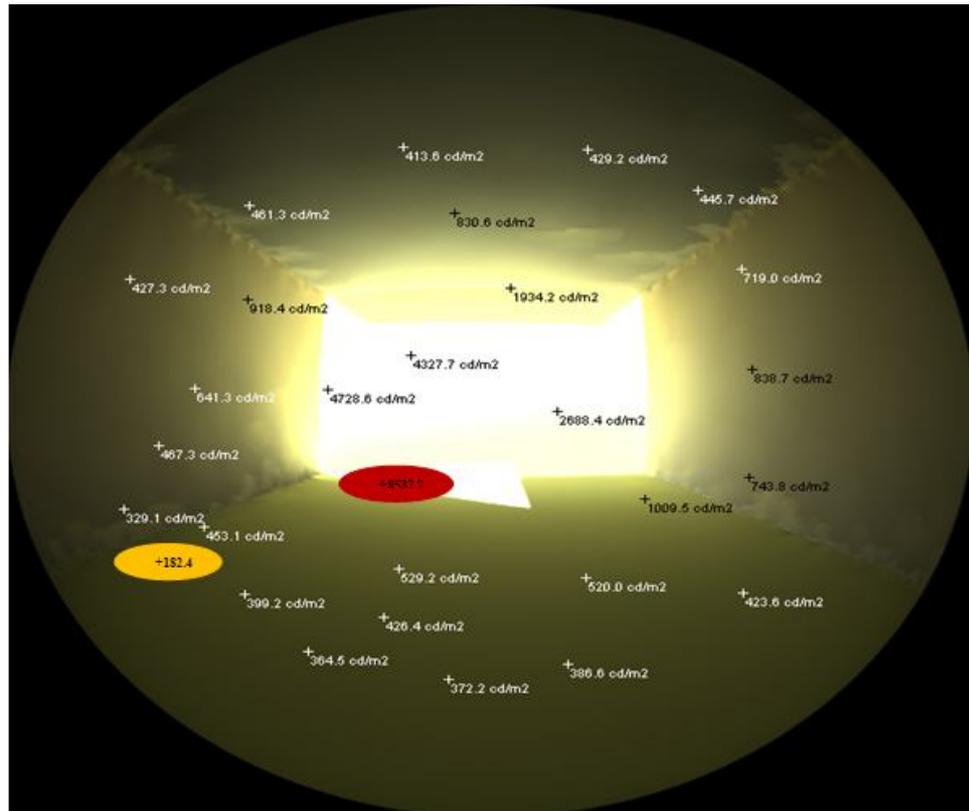


14h

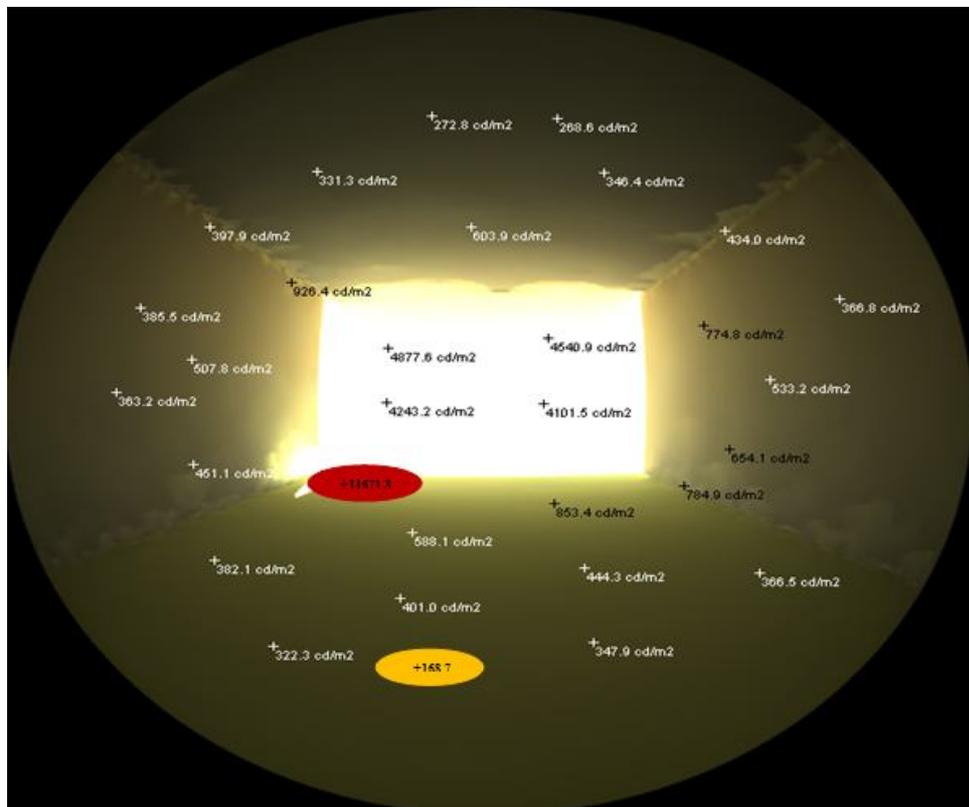


16h

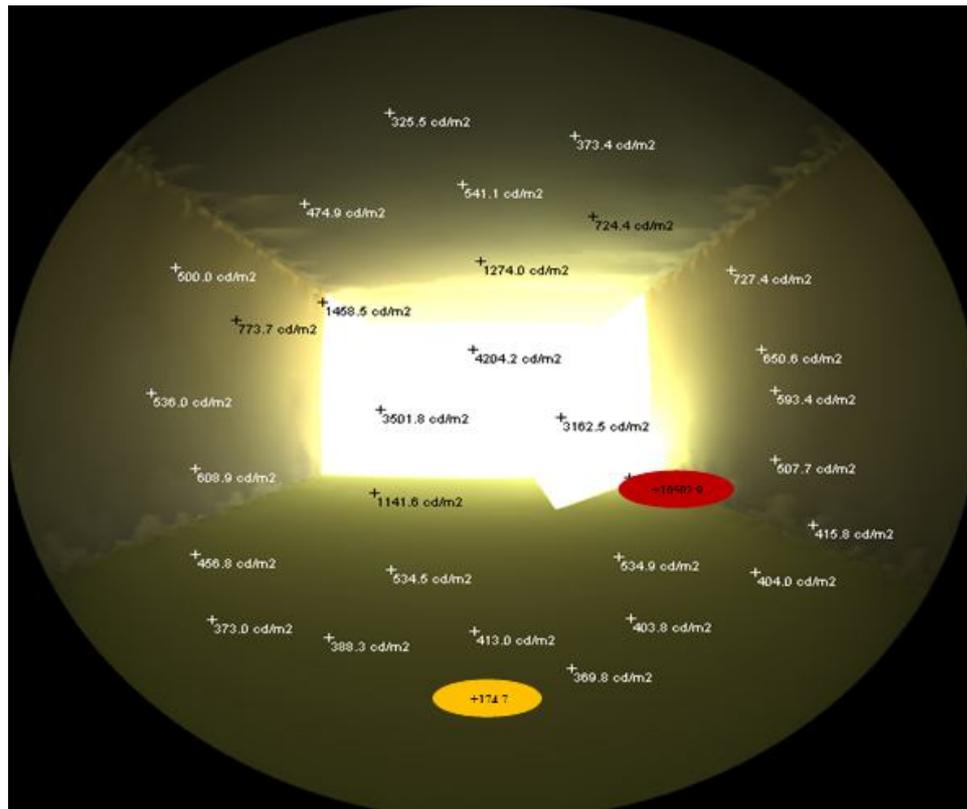
Figure D.1.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Auvent unique a 10h;12h;14h;16h.



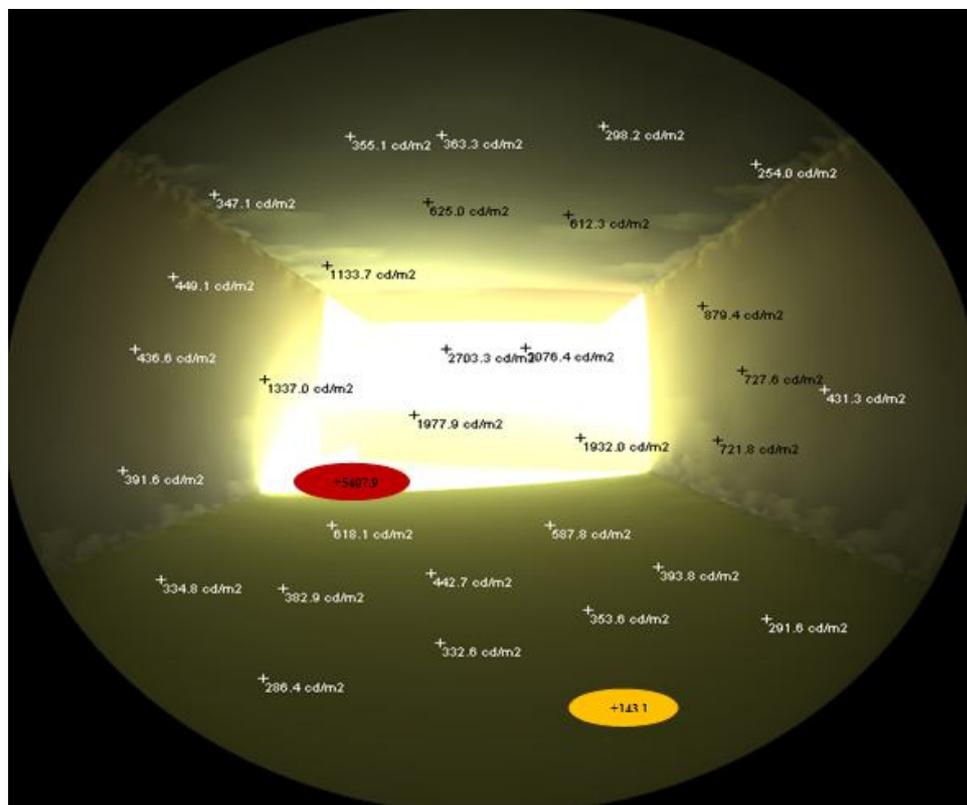
10h



12h

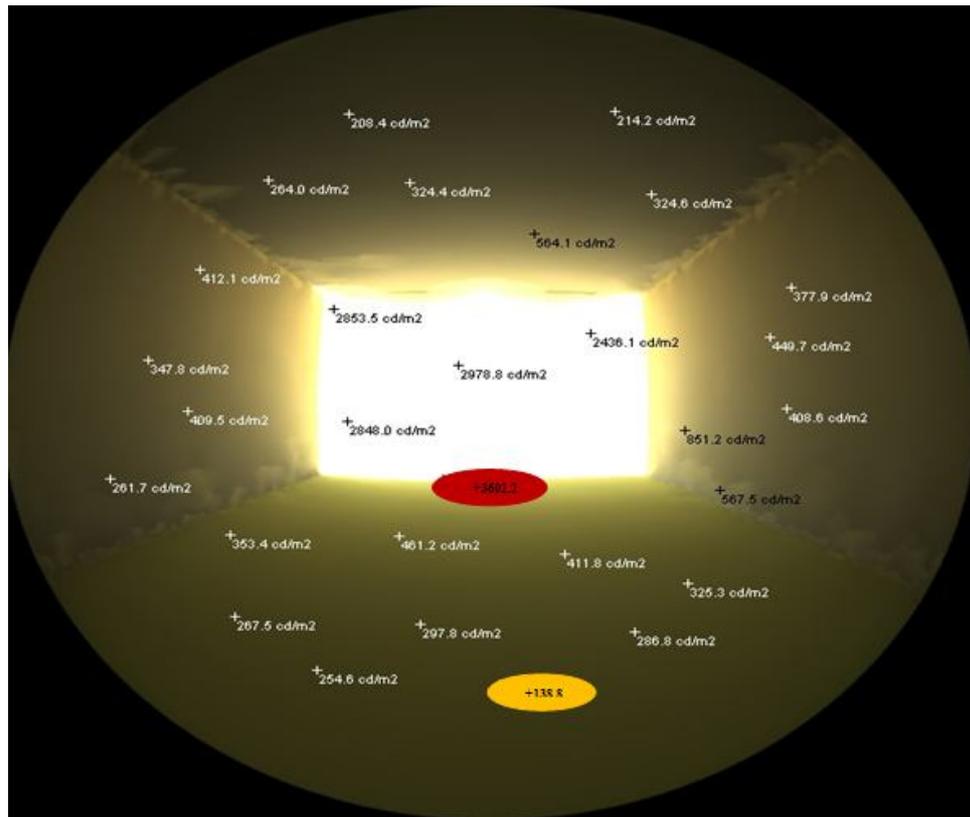


14h

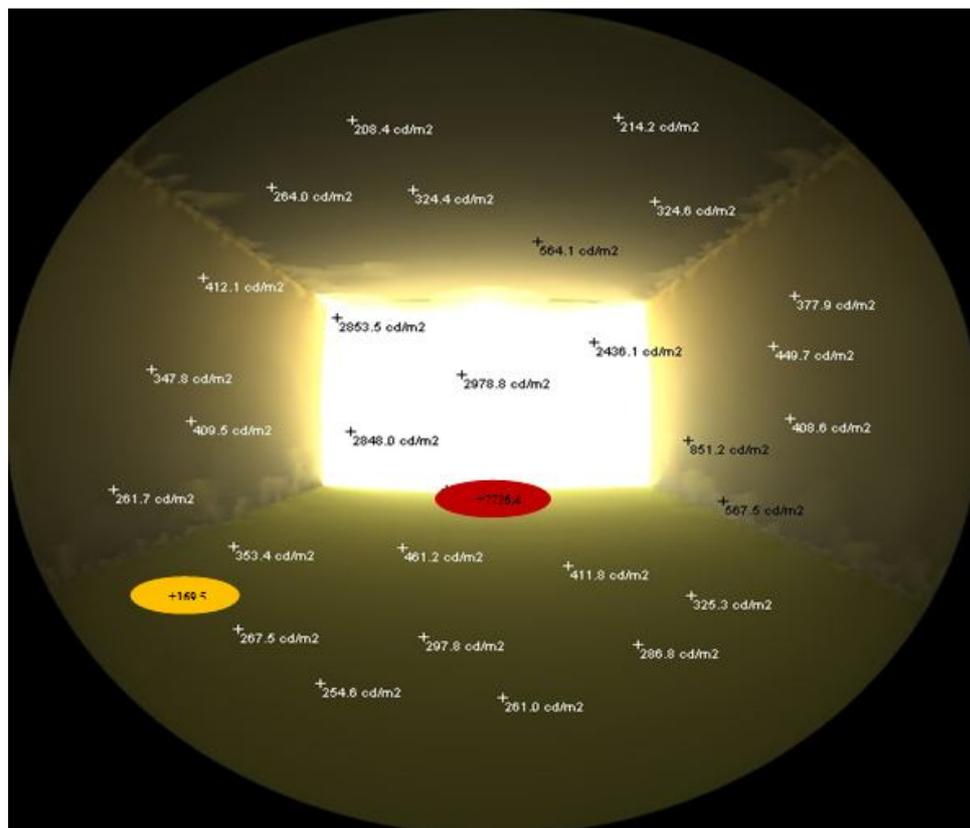


16h

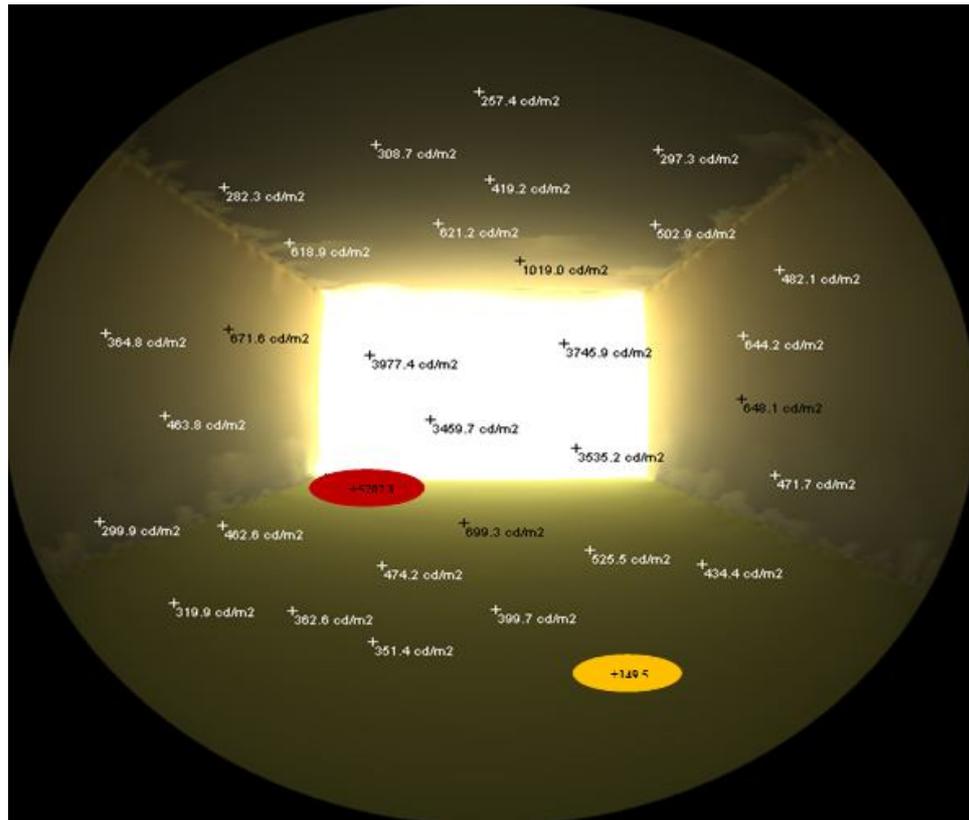
Figure D.1.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Auvent unique a 10h;12h;14h;16h



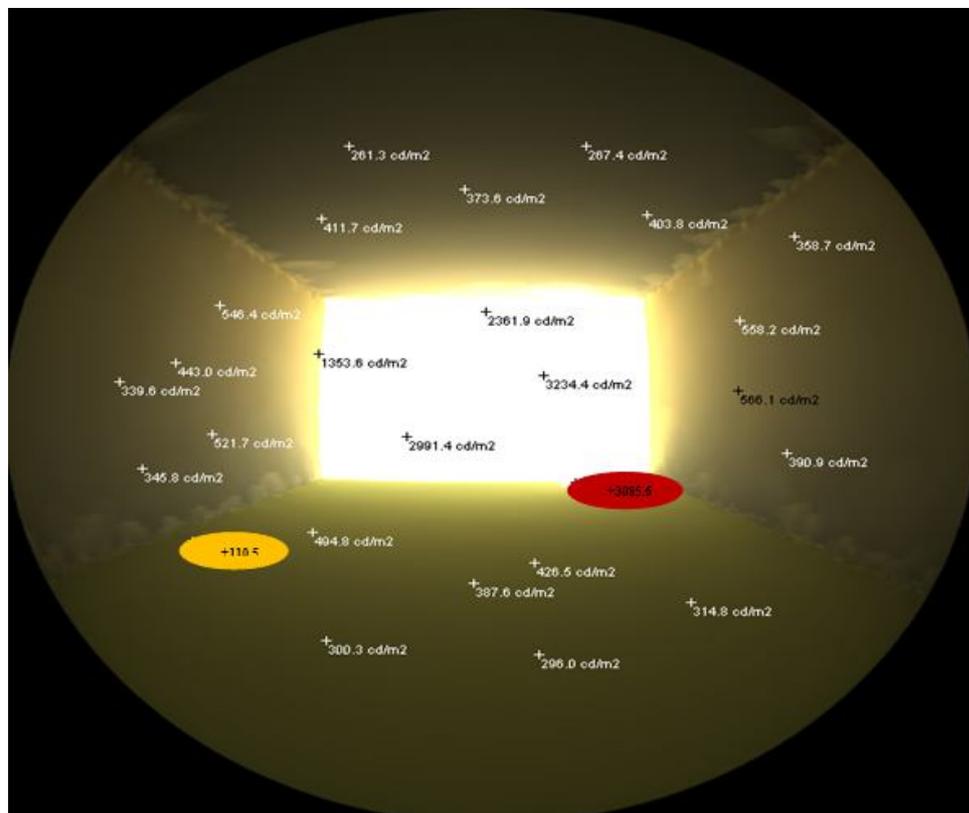
10h



12h

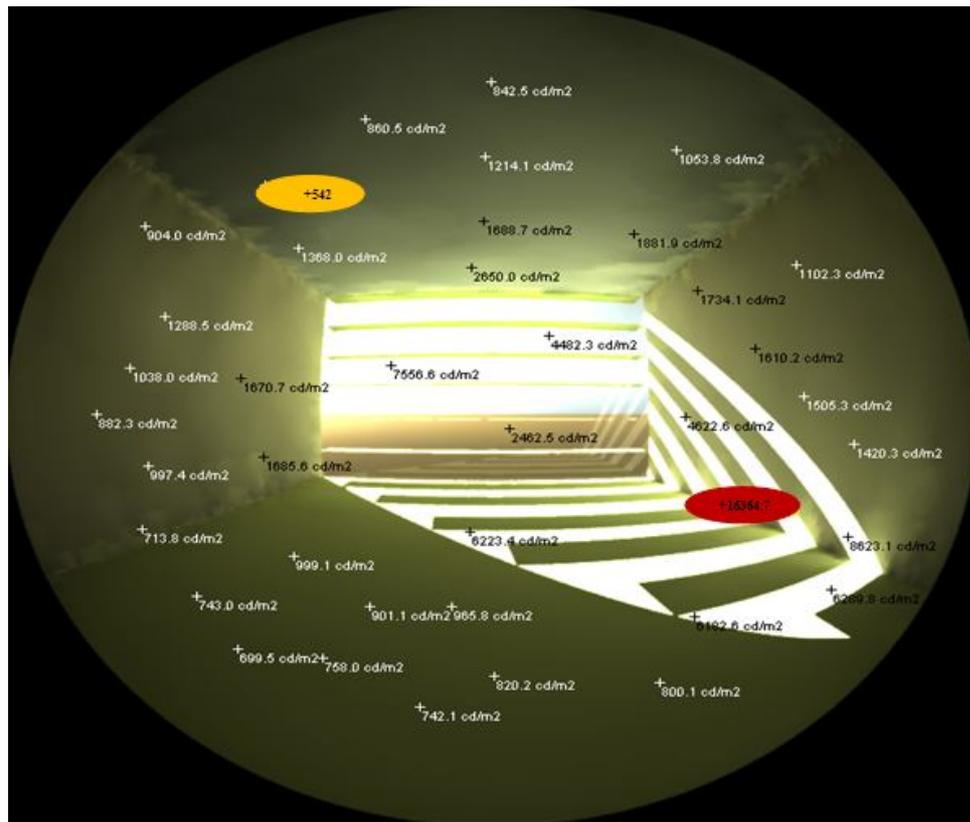


14h

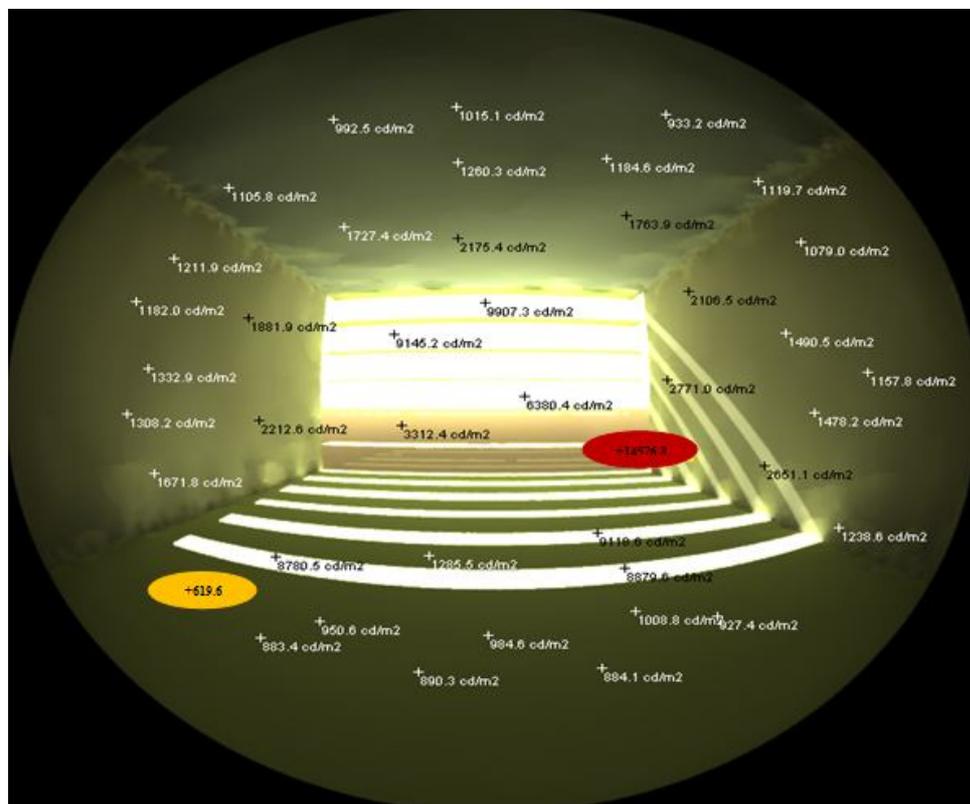


16h

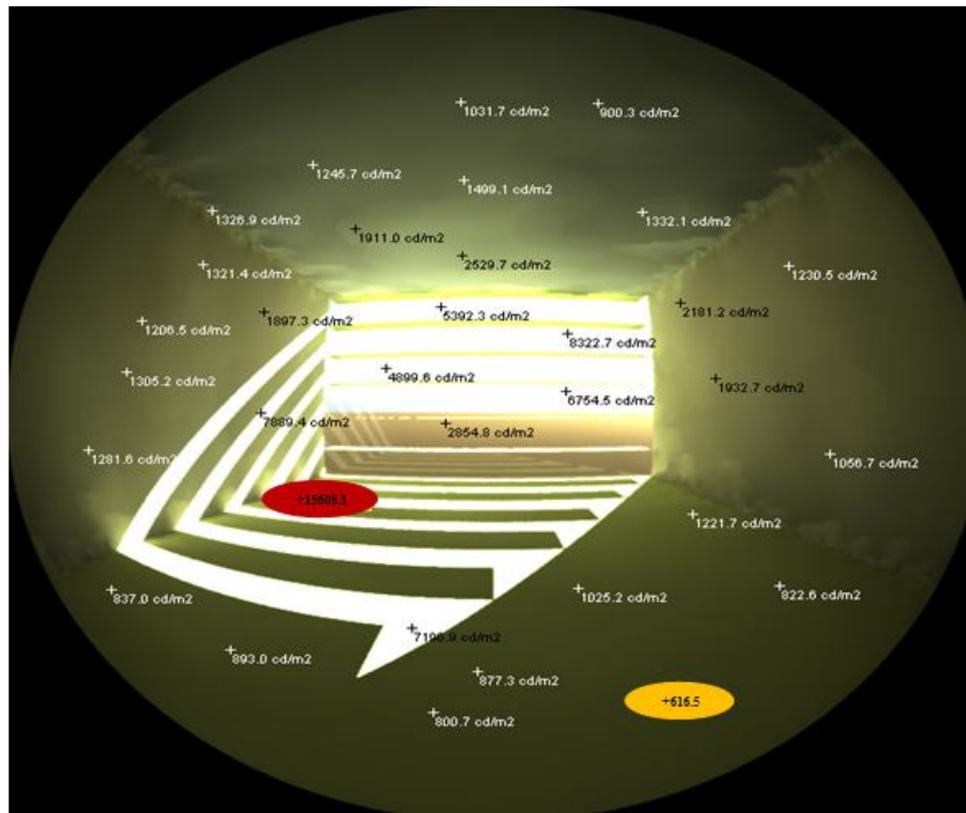
Figure D.1.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de juin, Auvent unique a 10h;12h;14h;16h.



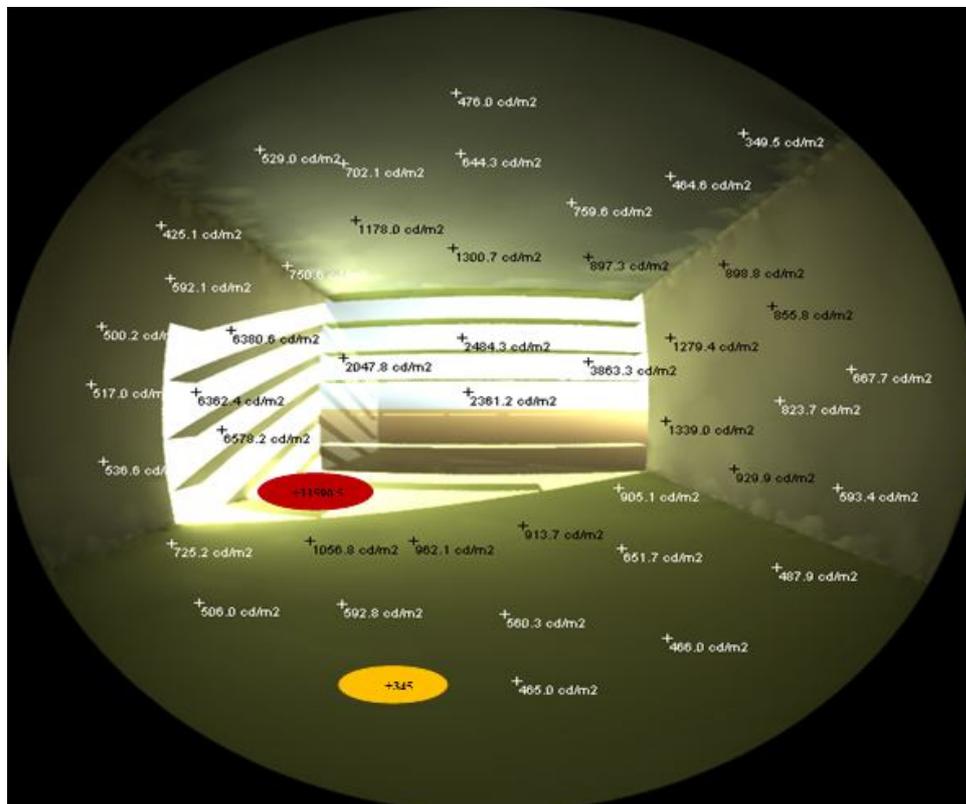
10h



12h

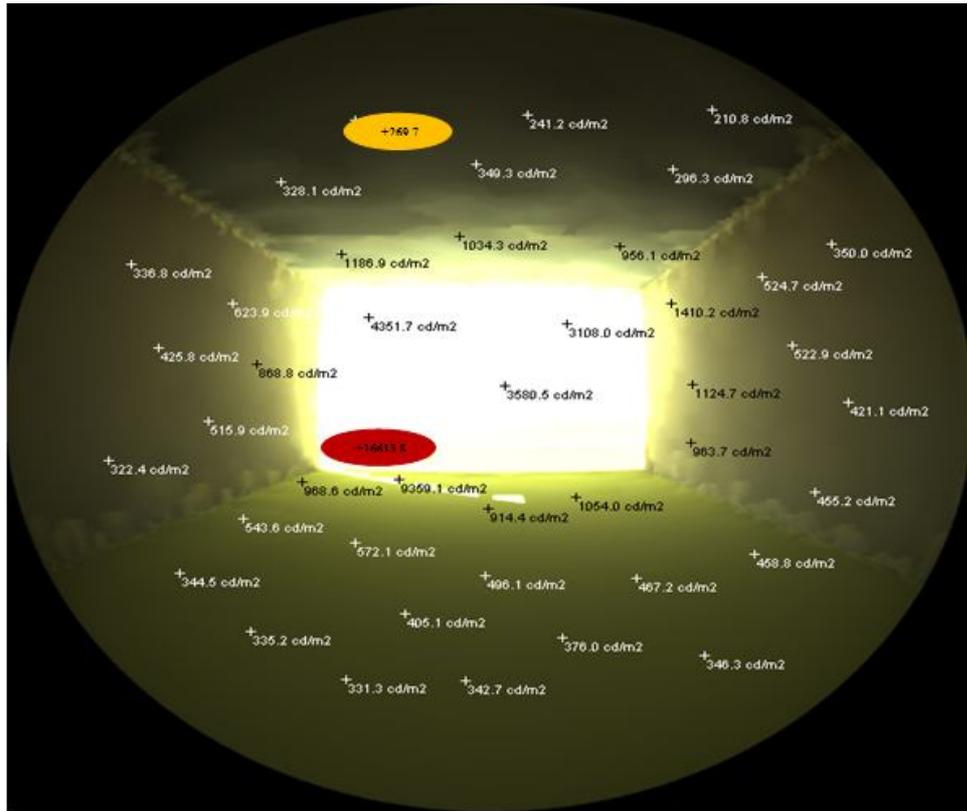


14h

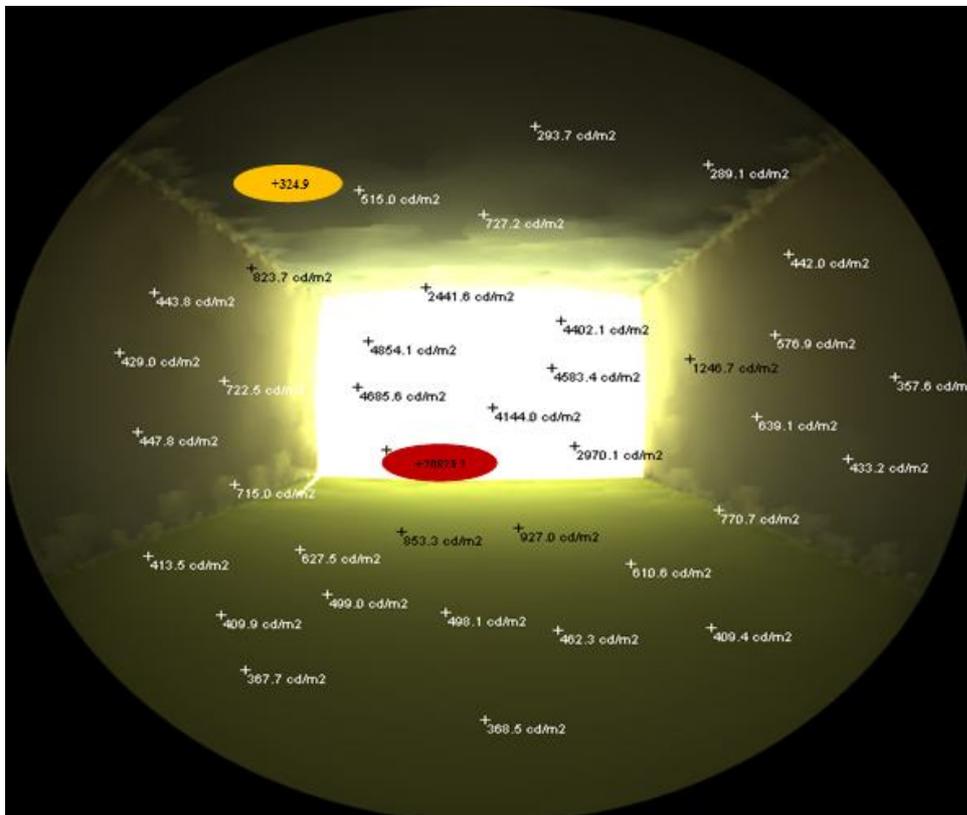


16h

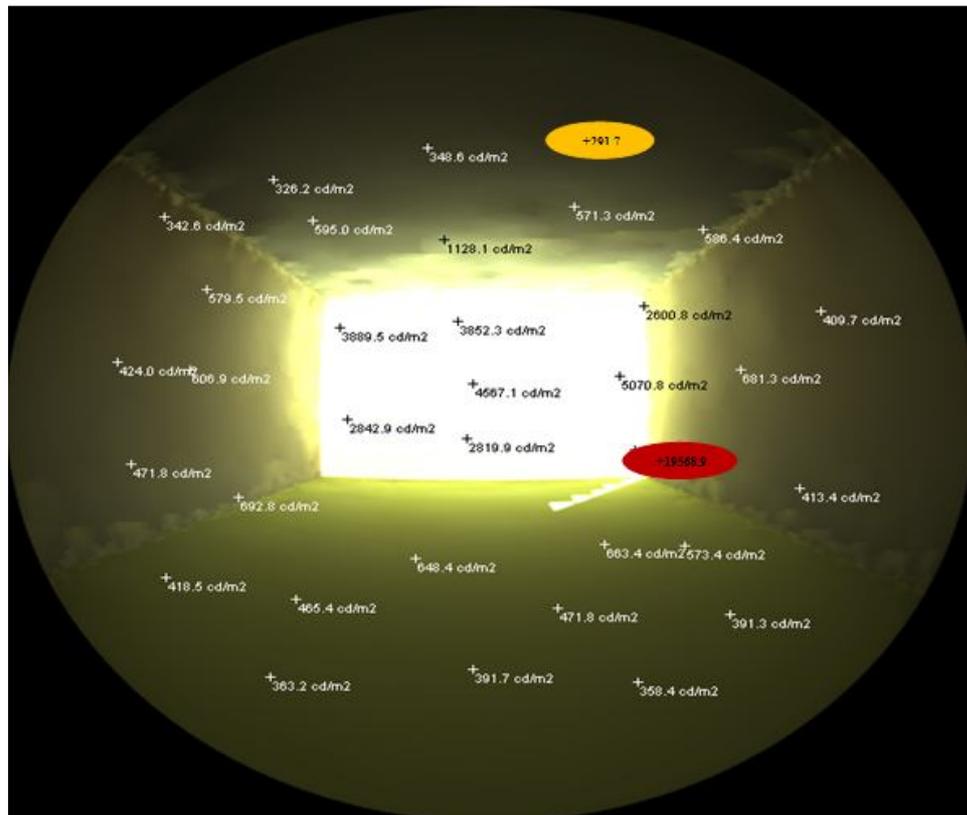
Figure D.2.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Auvent subdivisé à 10h;12h;14h;16h.



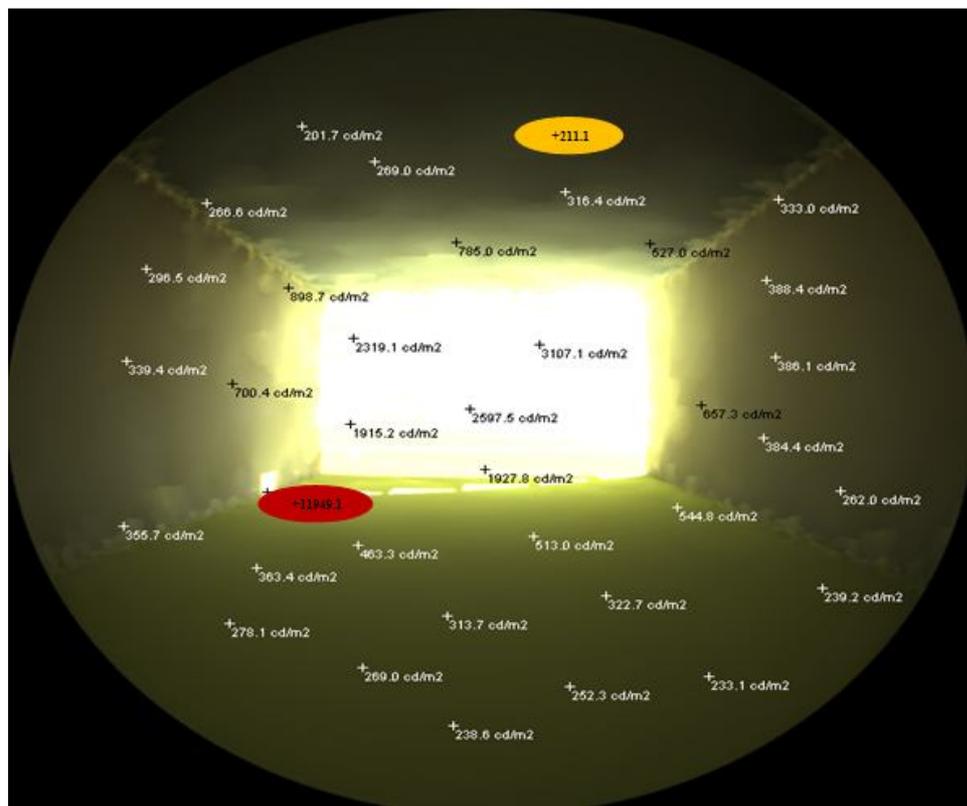
10h



12h

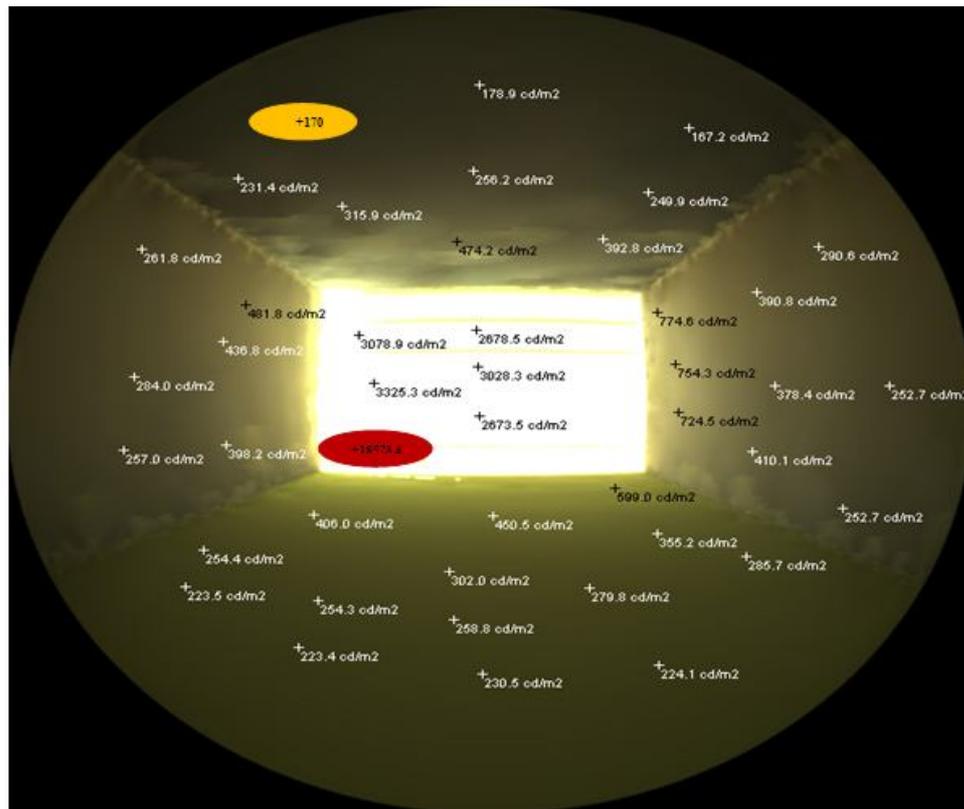


14h

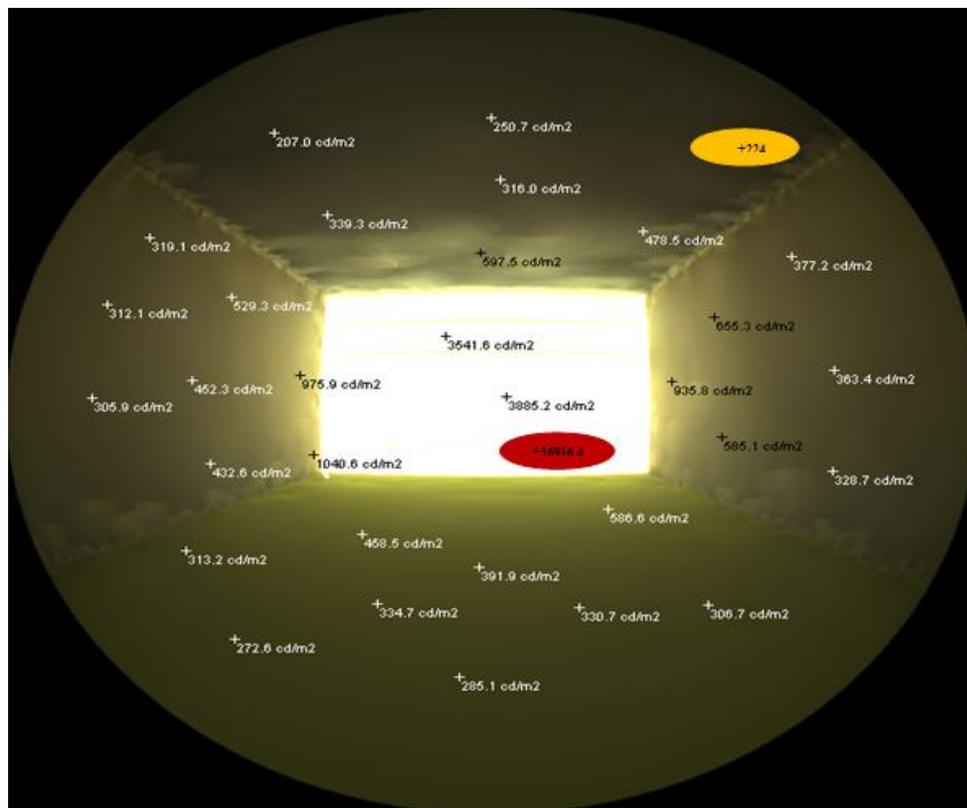


16h

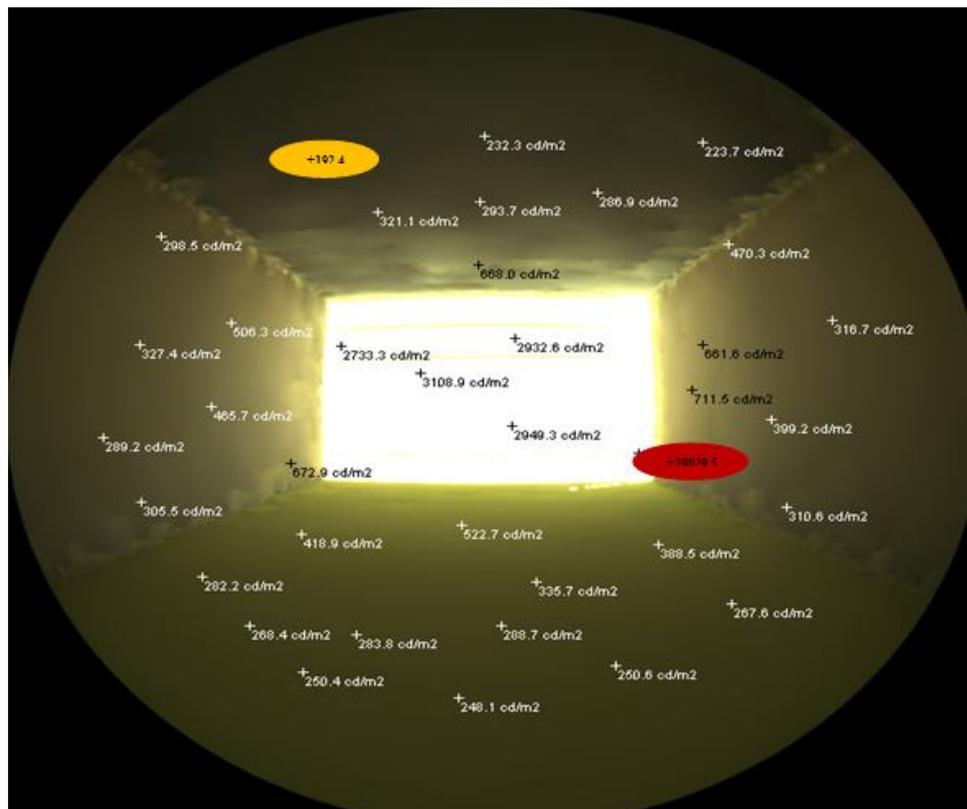
Figure D.2.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Auvent subdivisé a 10h;12h;14h;16h.



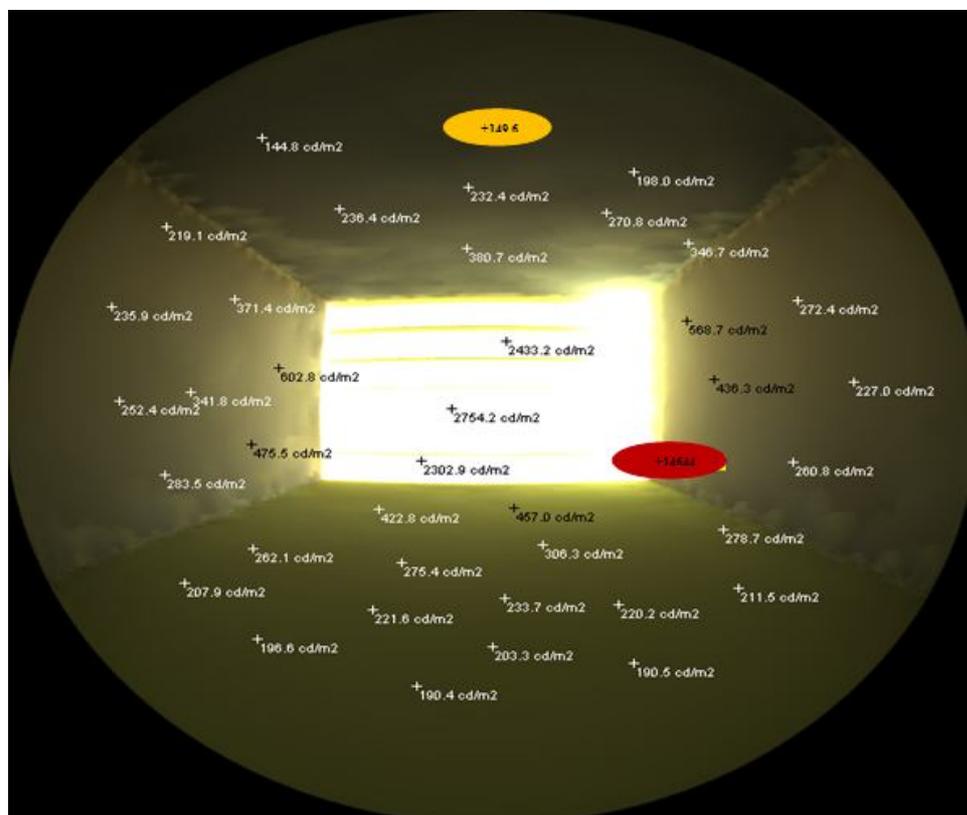
10h



12h

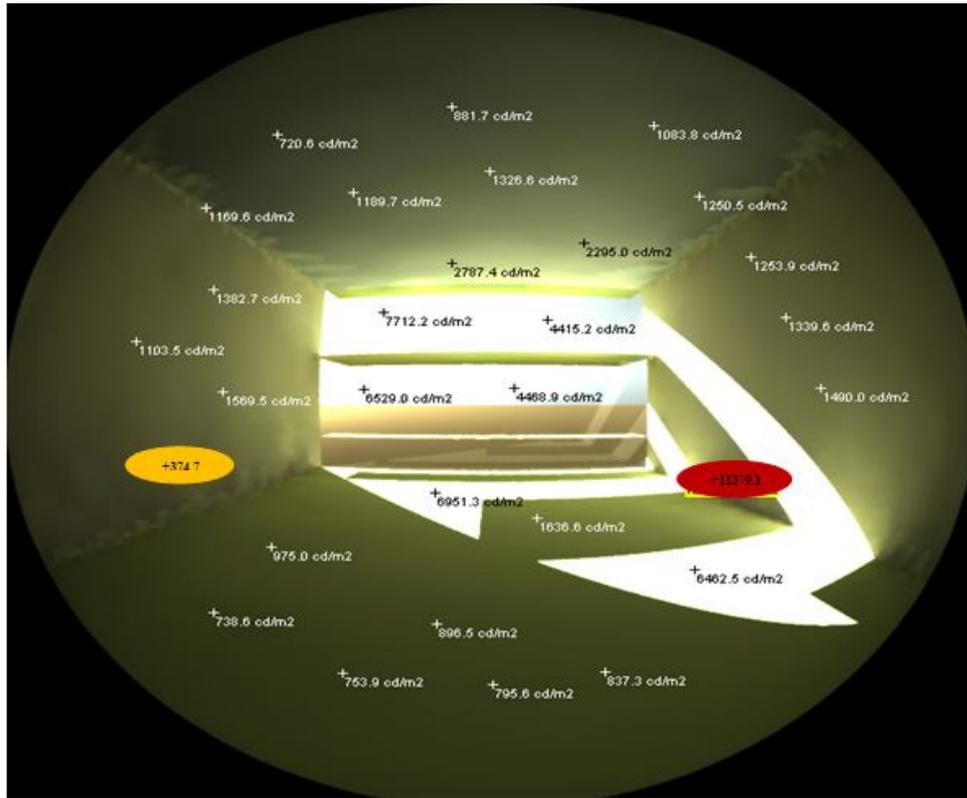


14h

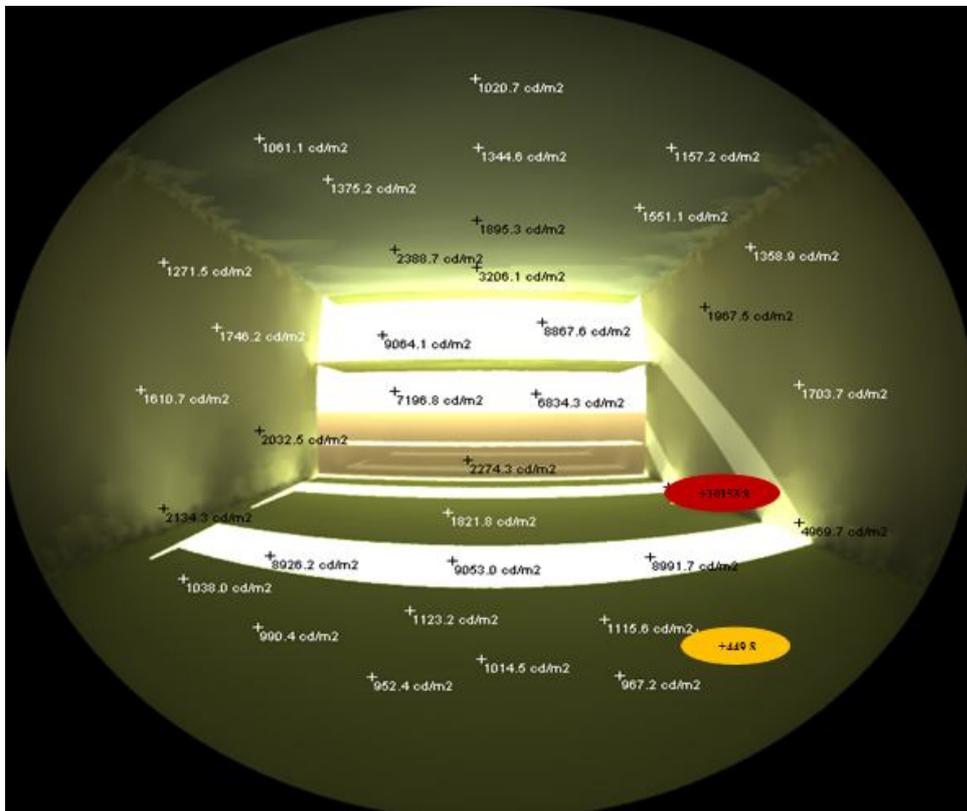


16h

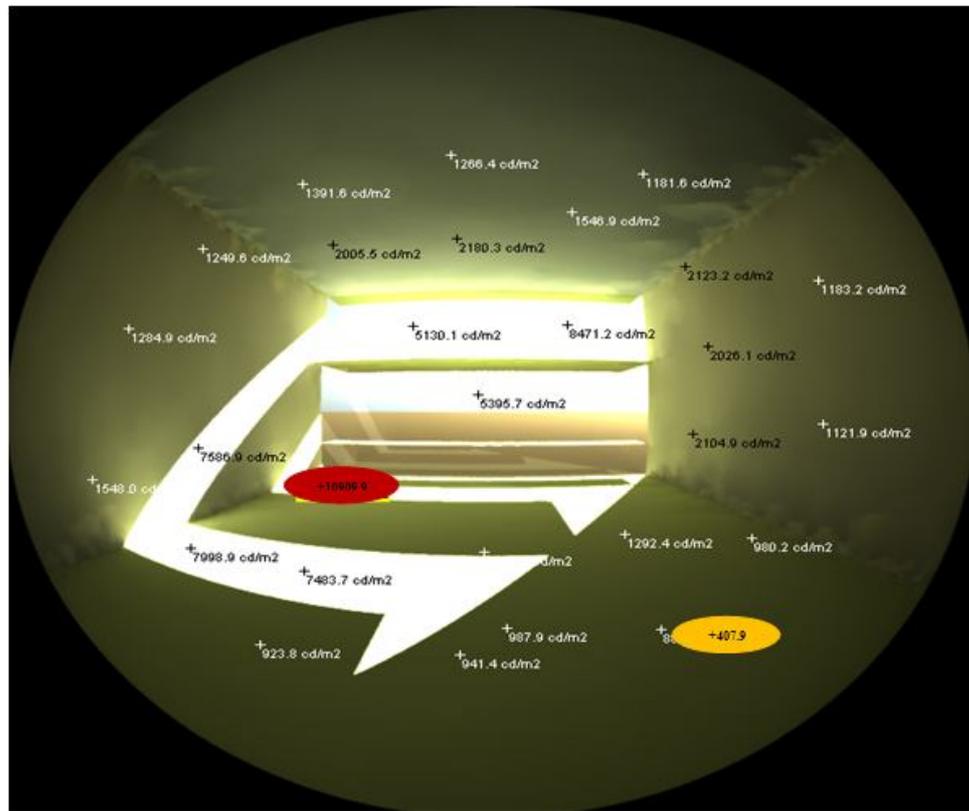
Figure D.2.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Auvent subdivisé a 10h;12h;14h;16h.



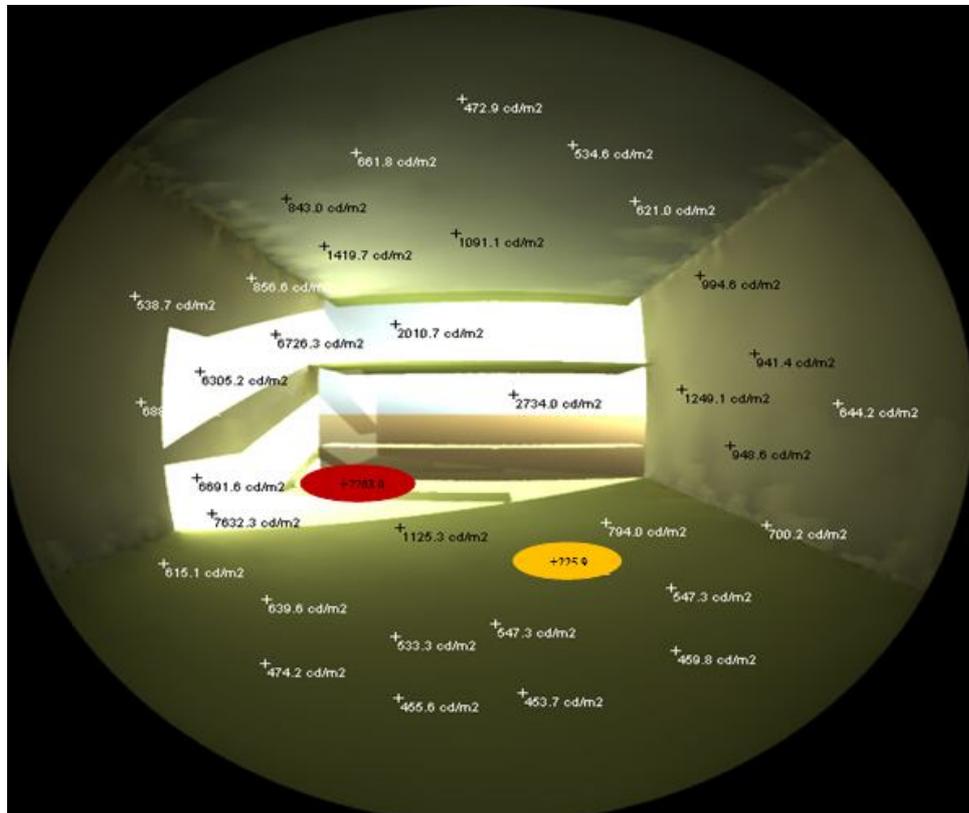
10h



12h

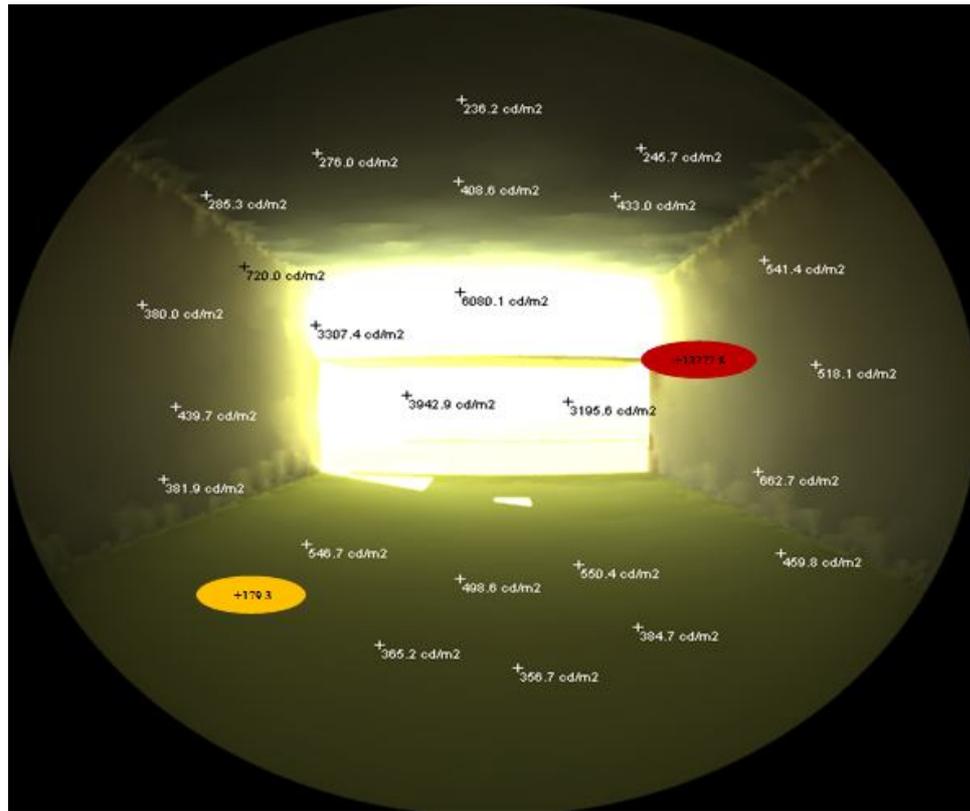


14h

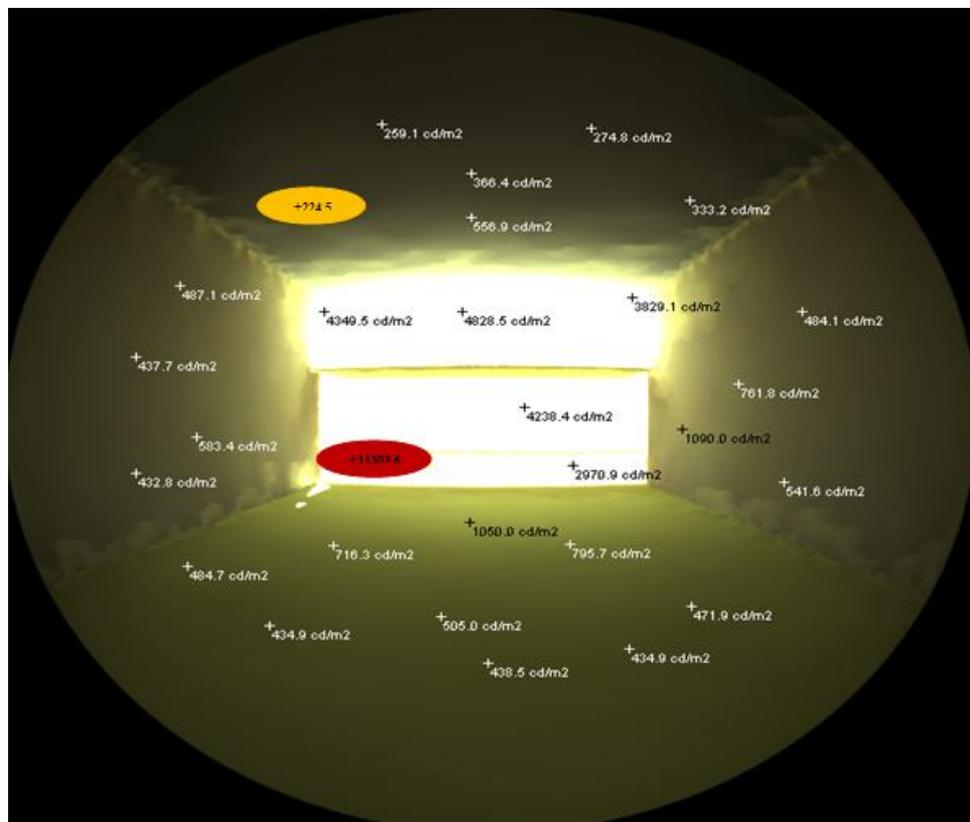


16h

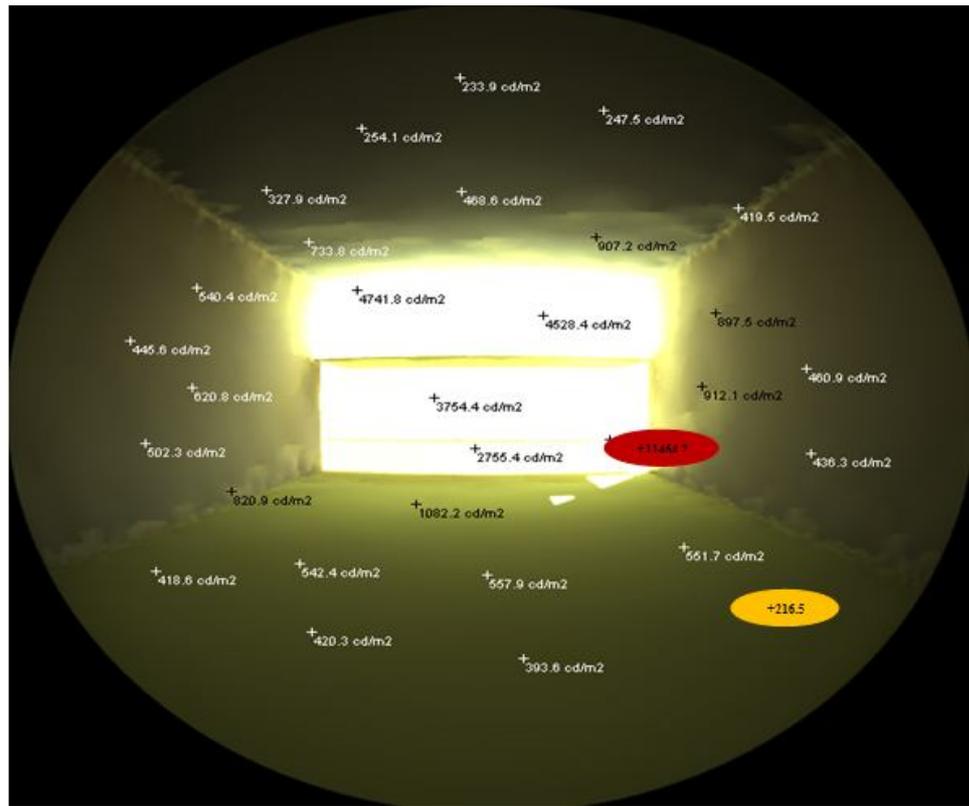
Figure D.3.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, light shelf a 10h; 12h; 14h; 16h.



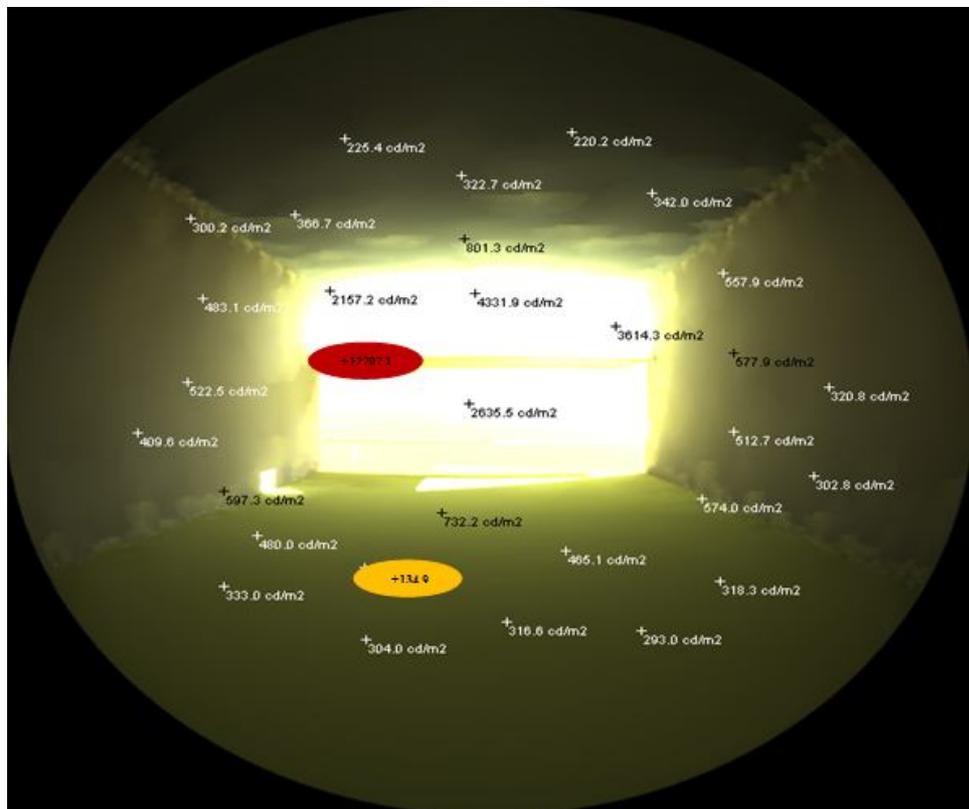
10h



12h

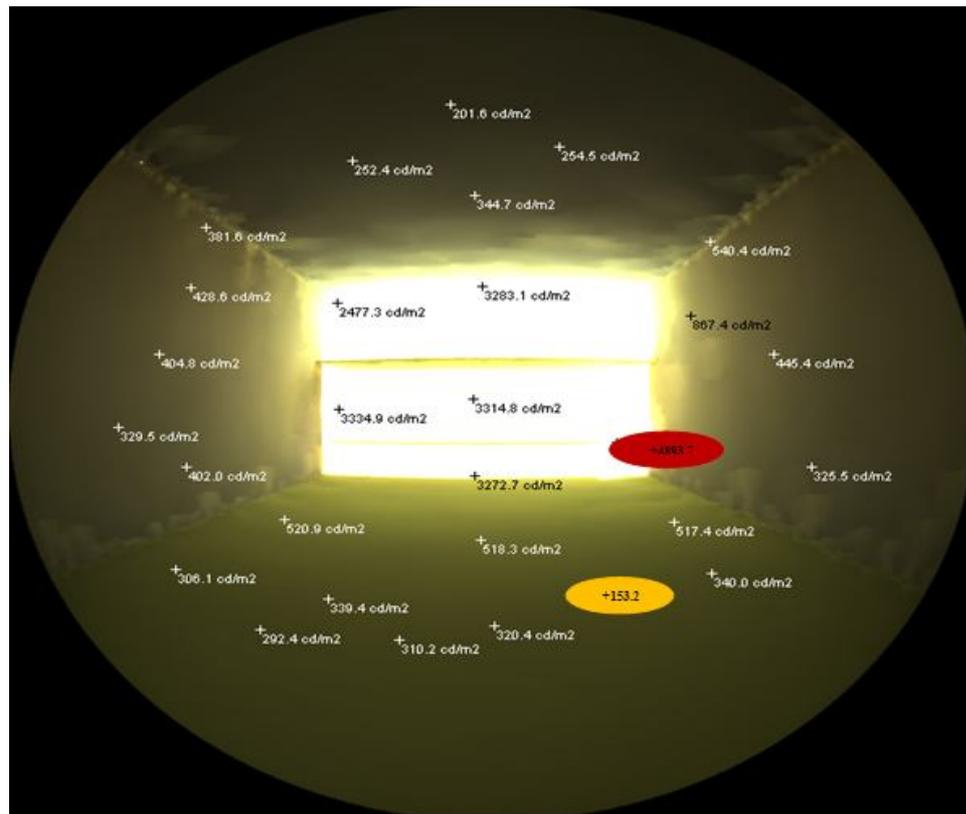


14h



16h

Figure D.3.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, light shef a 10h;12h;14h;16h



14h

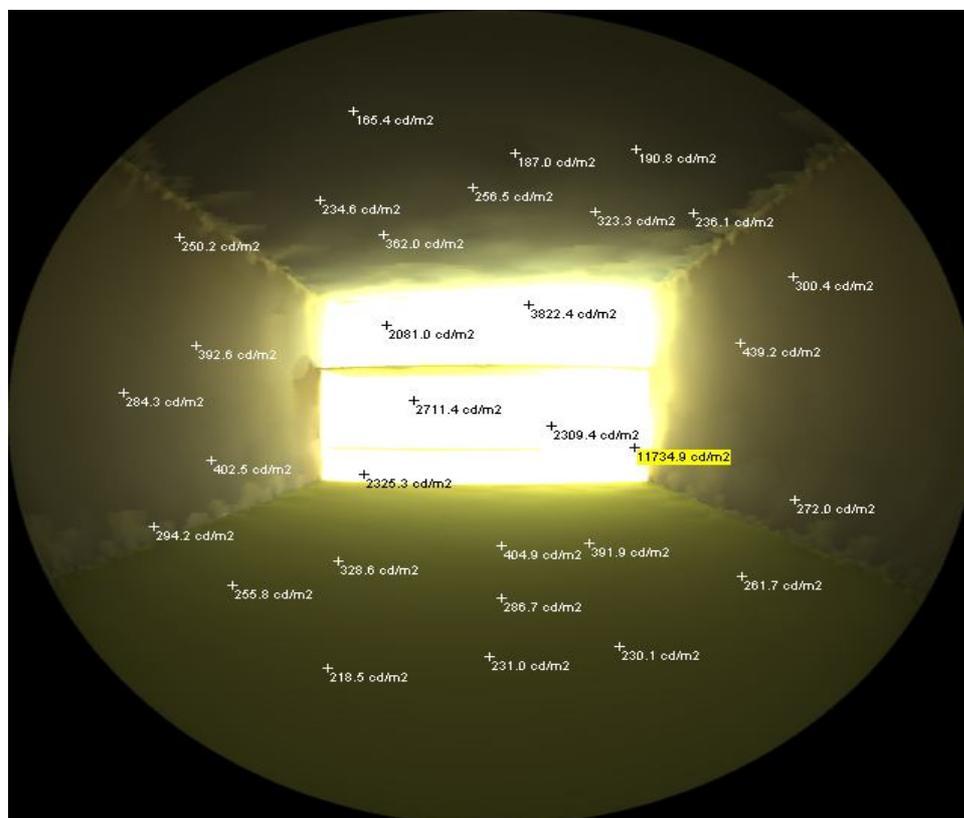
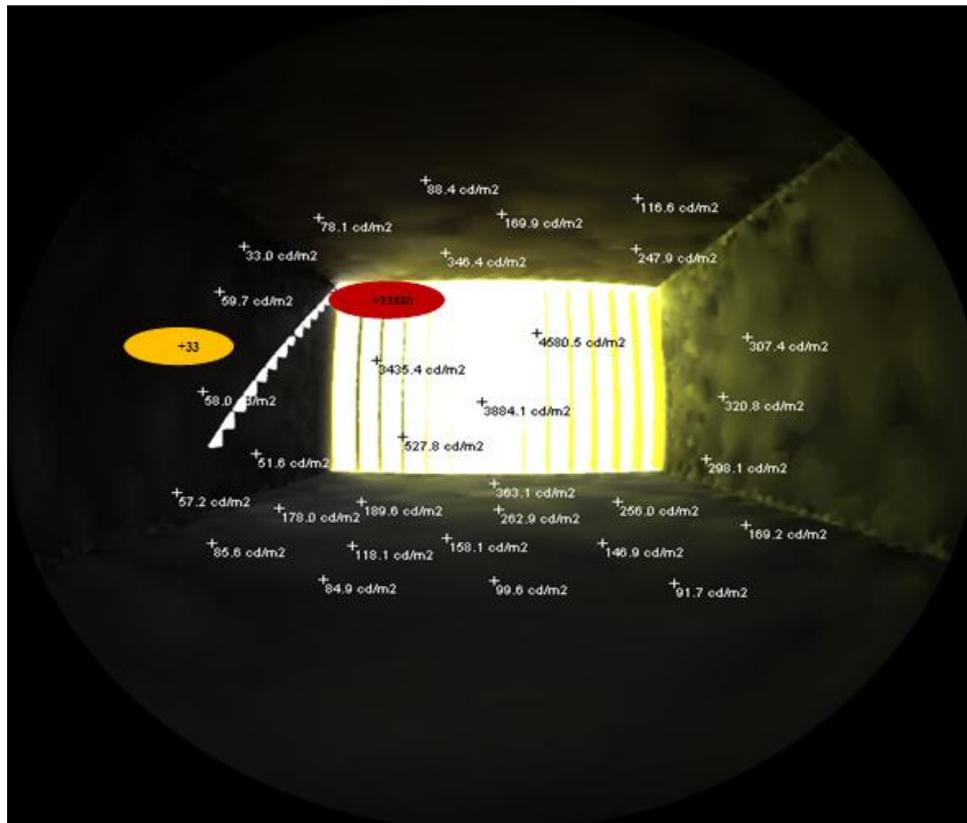
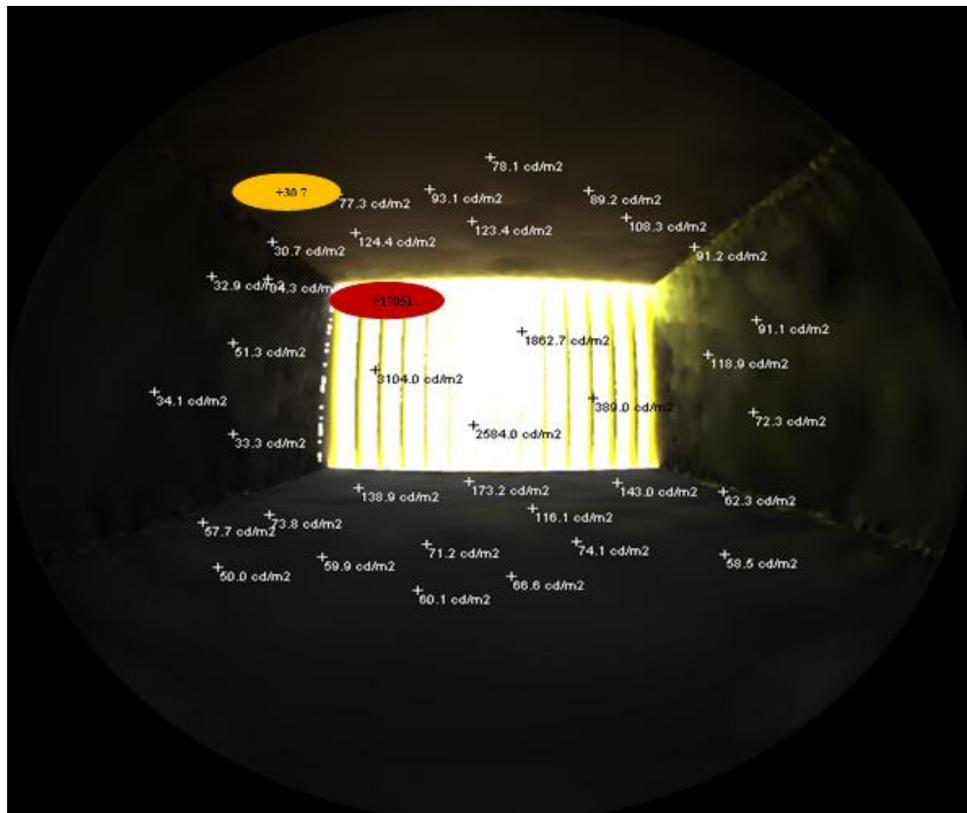


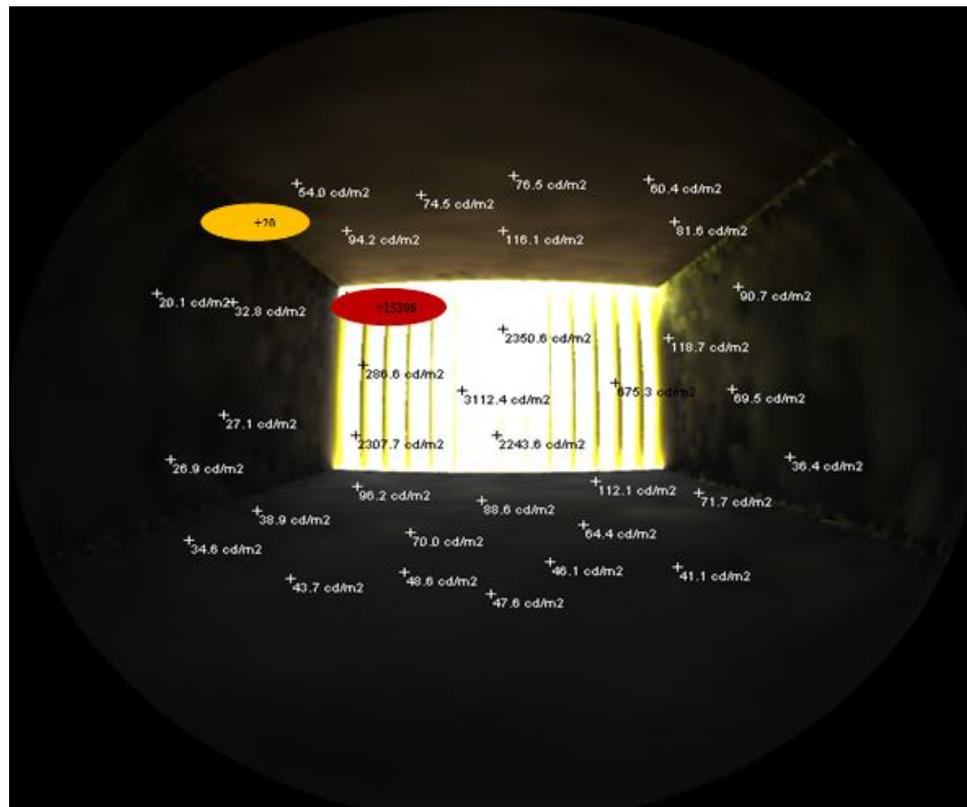
Figure D.3.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Light shef a 10h; 12h; 14h; 16h



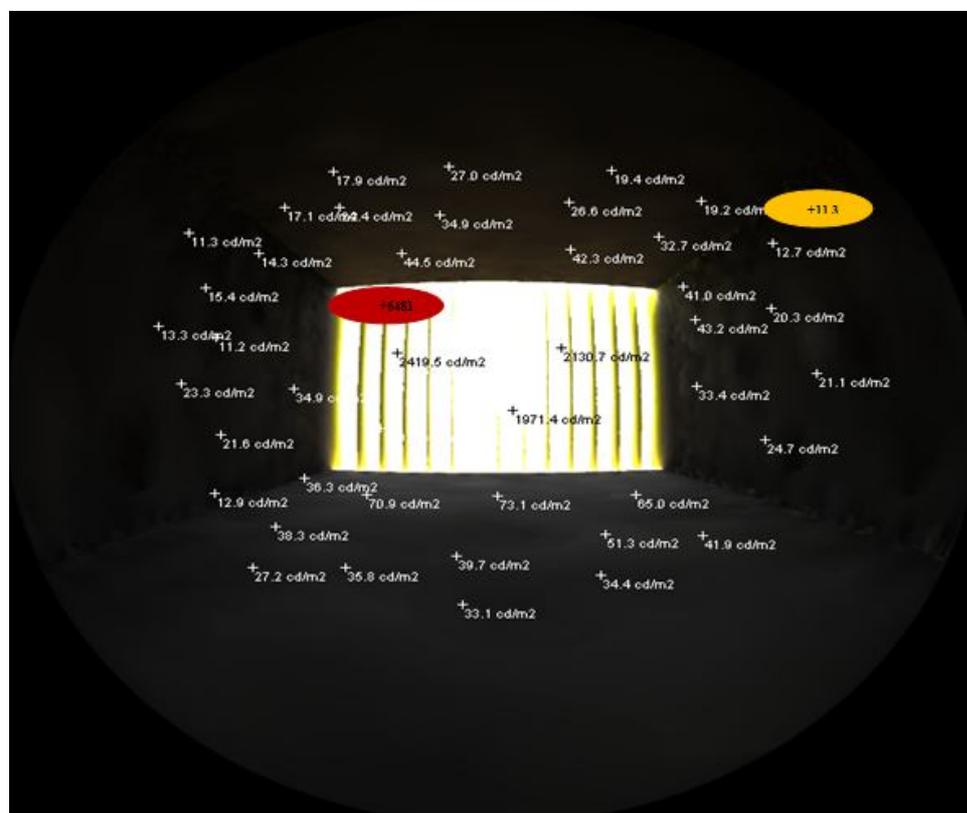
10h



12h

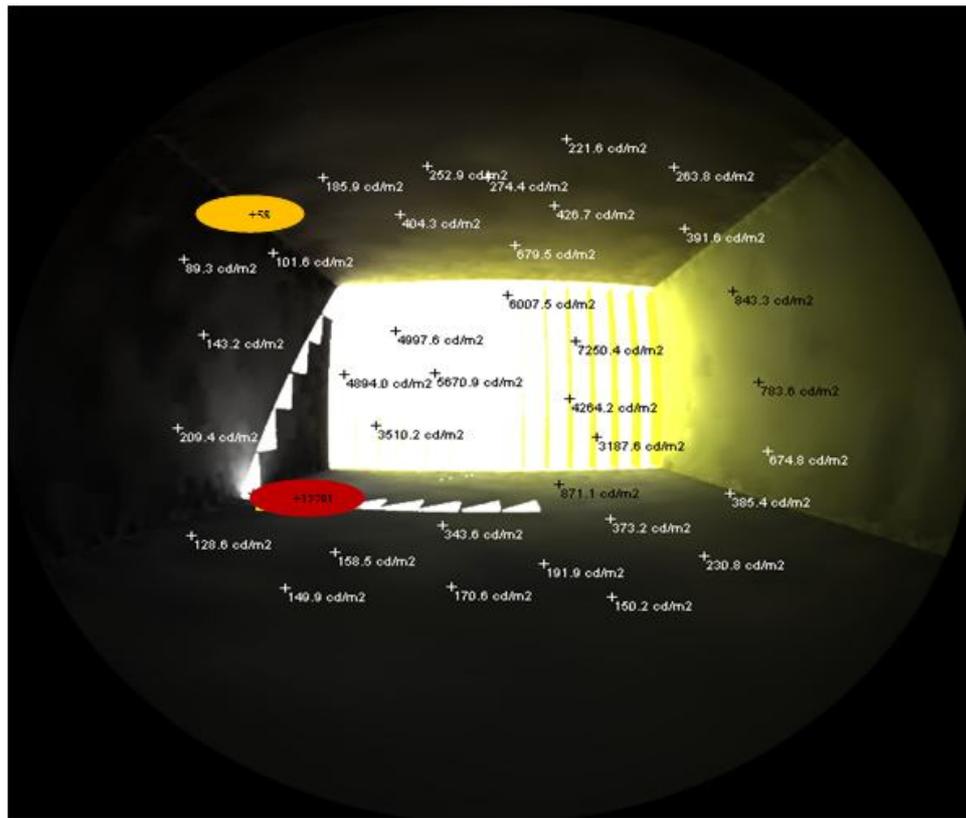


14h

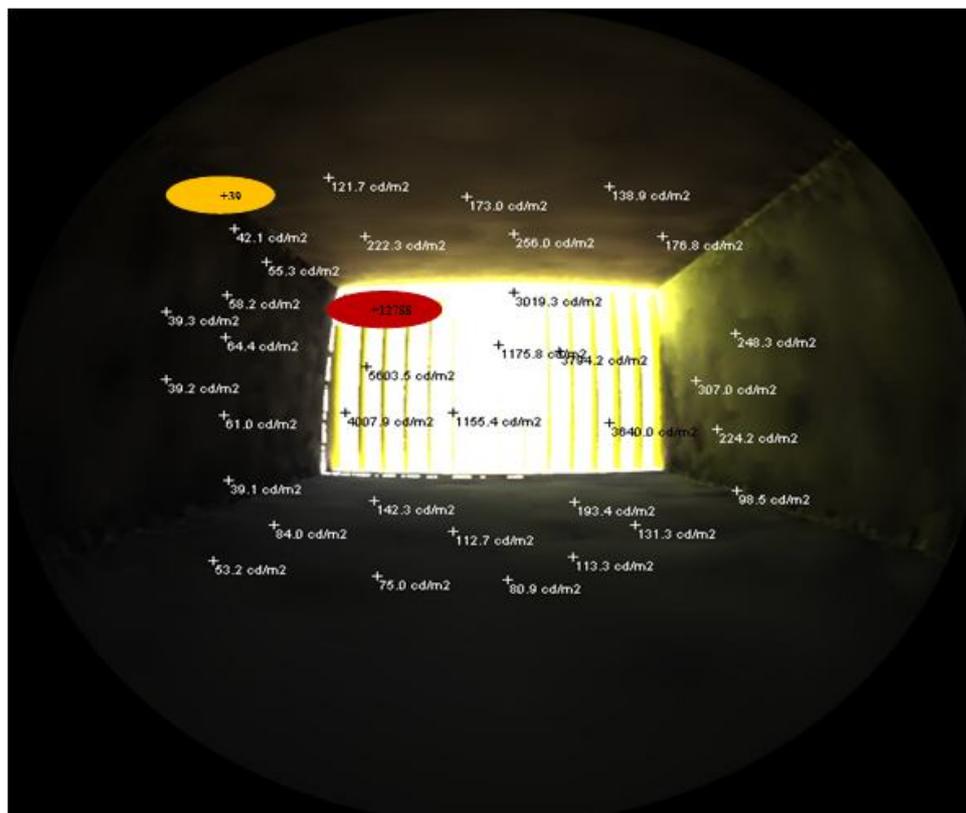


16h

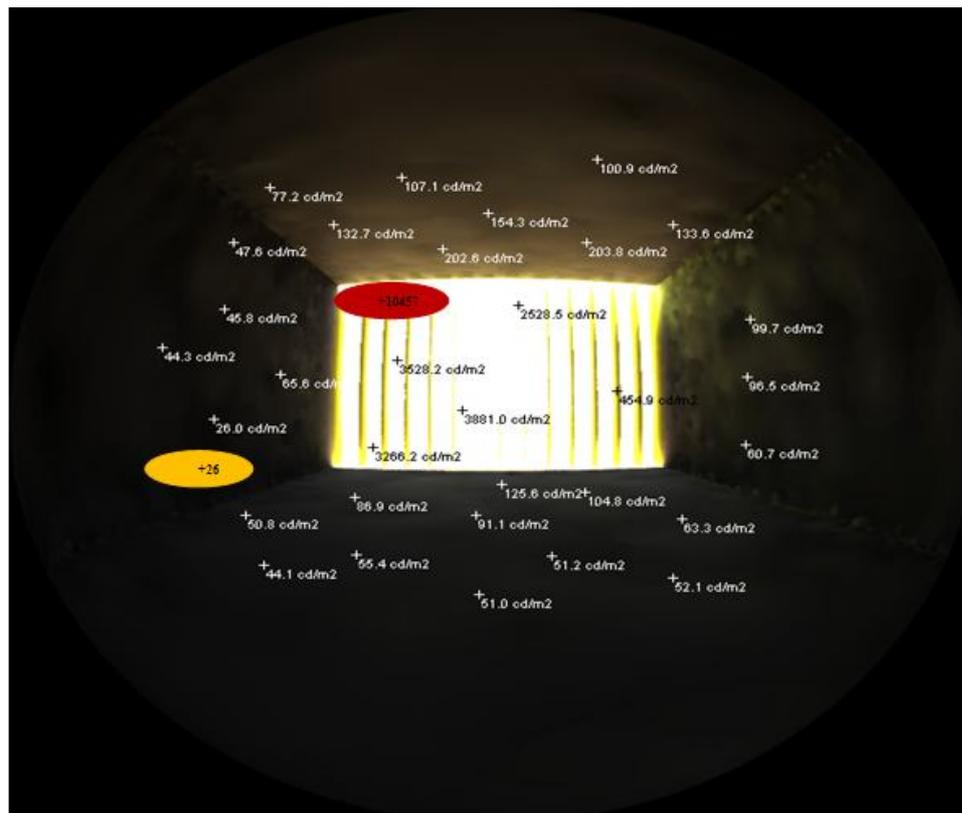
Figure D.4.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Flanc a 10h; 12h; 14h; 16h.



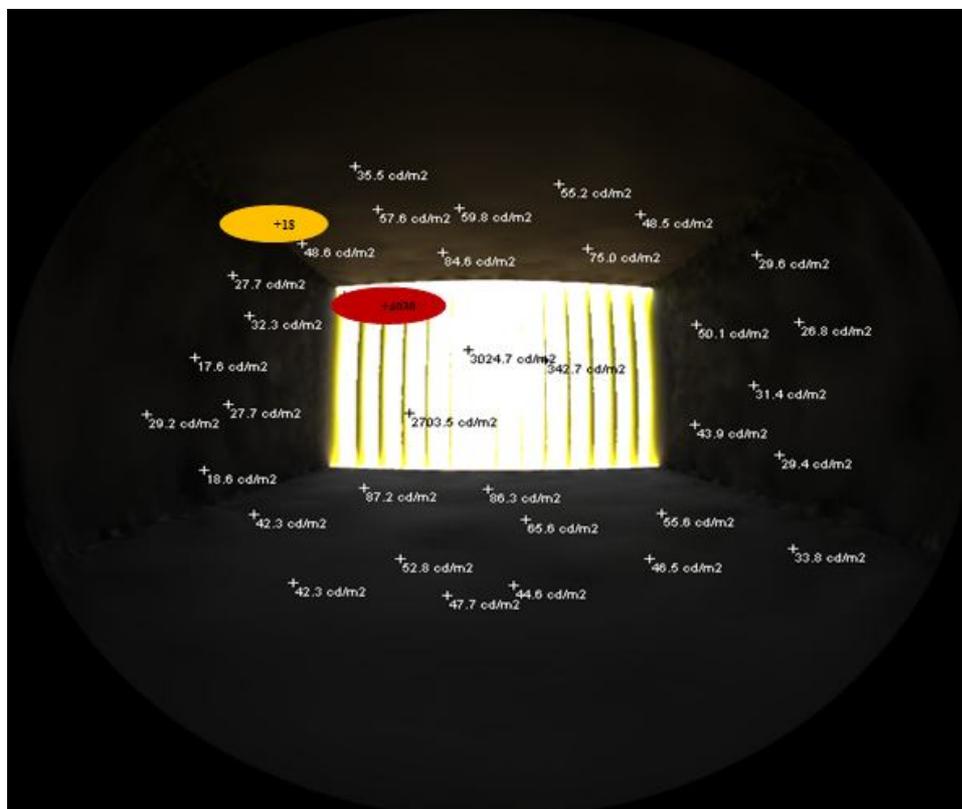
10h



12h

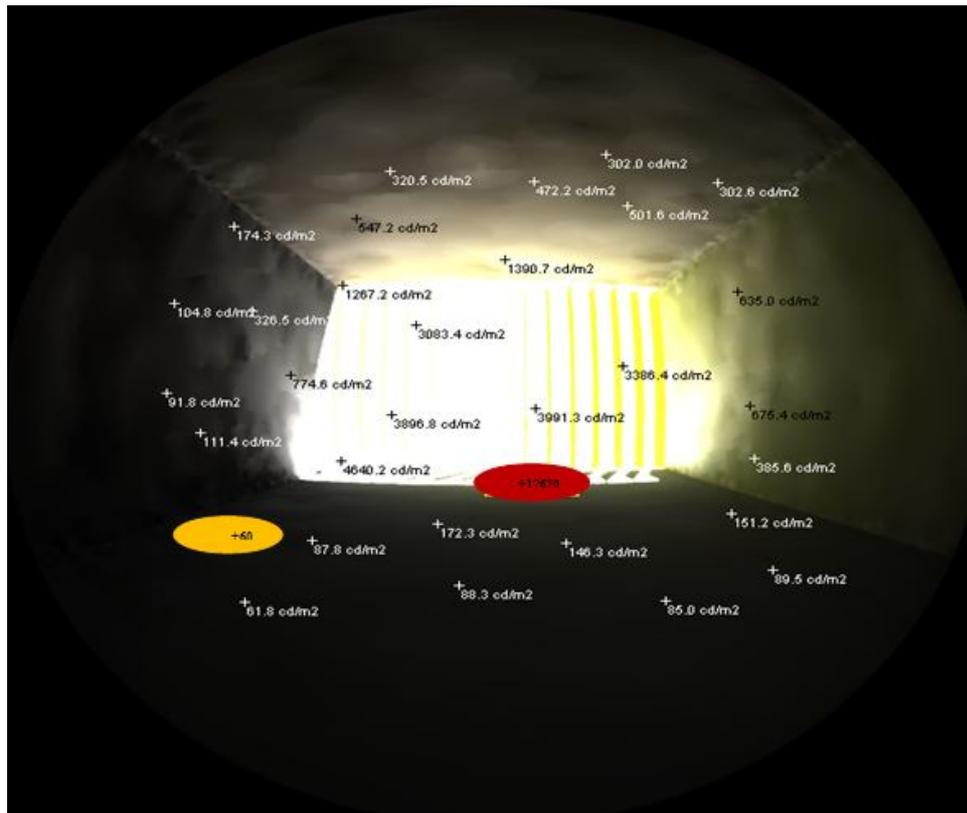


14h

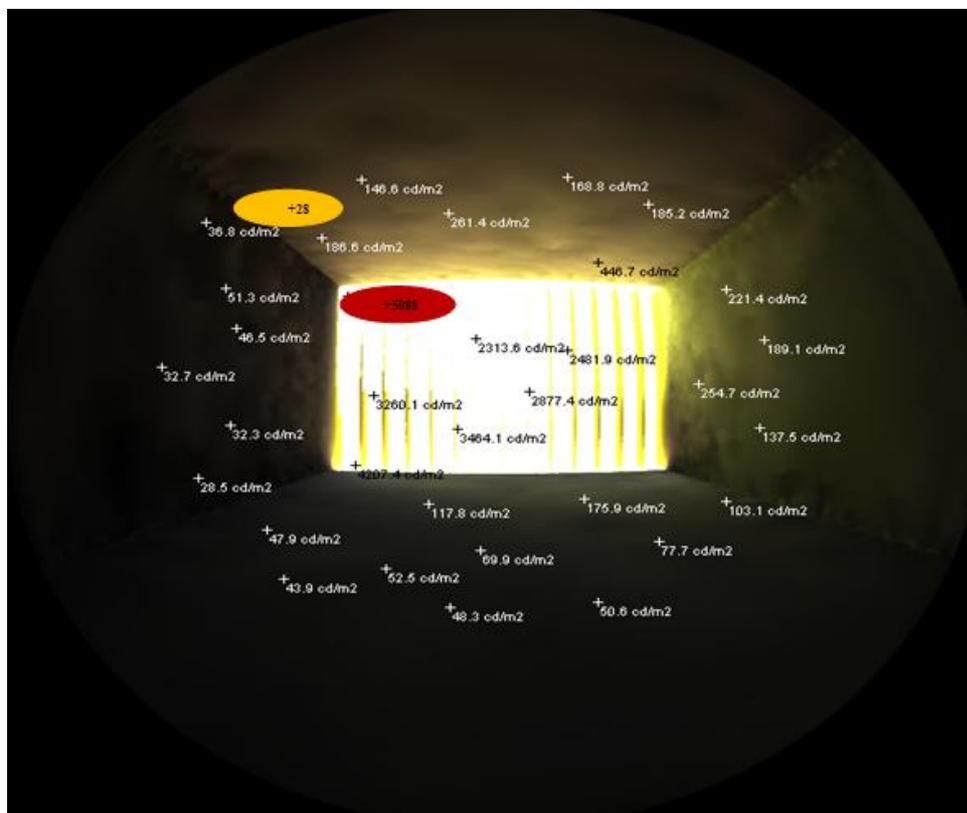


16h

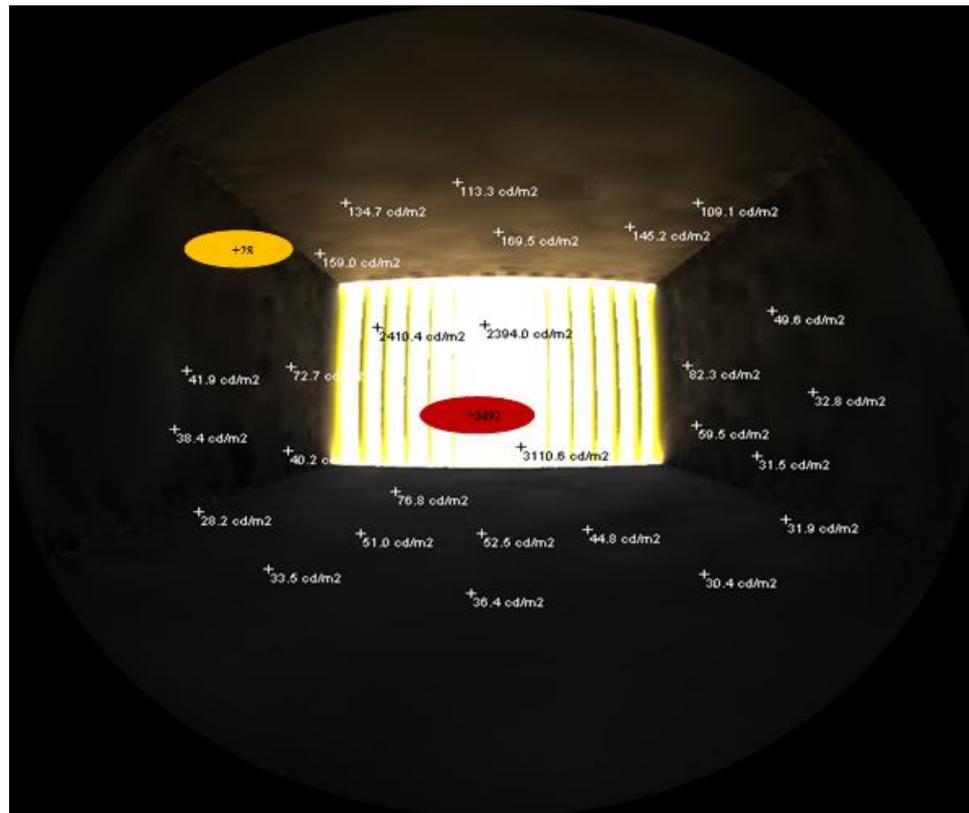
Figure D.4.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Flanc a 10h; 12h; 14h; 16h.



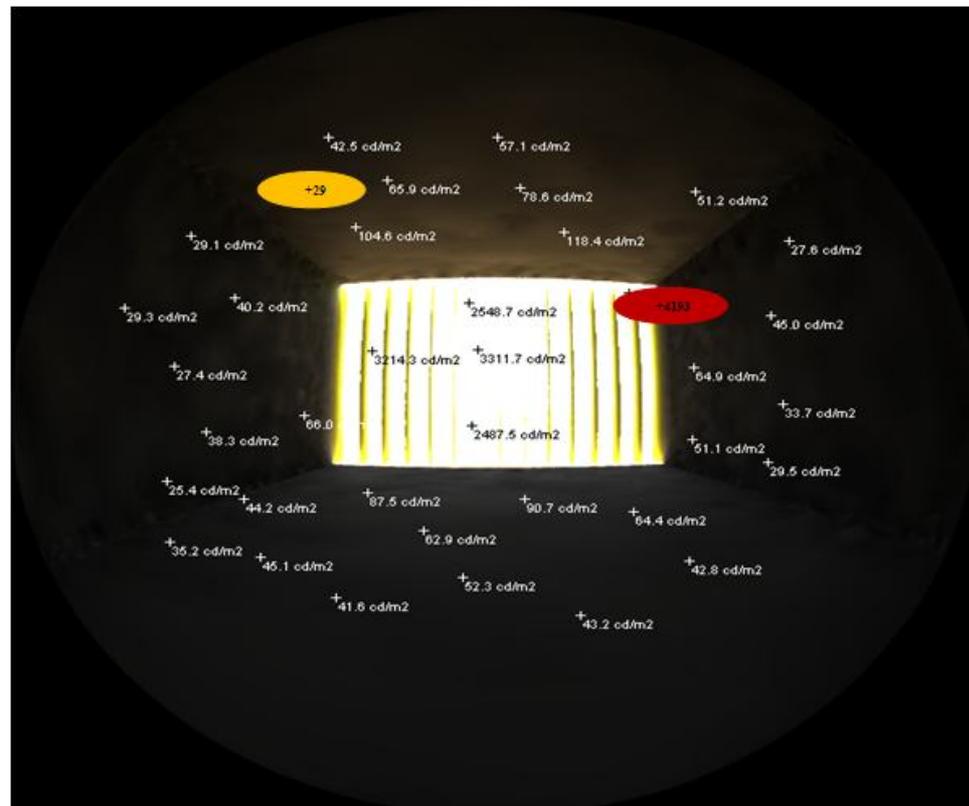
10h



12h

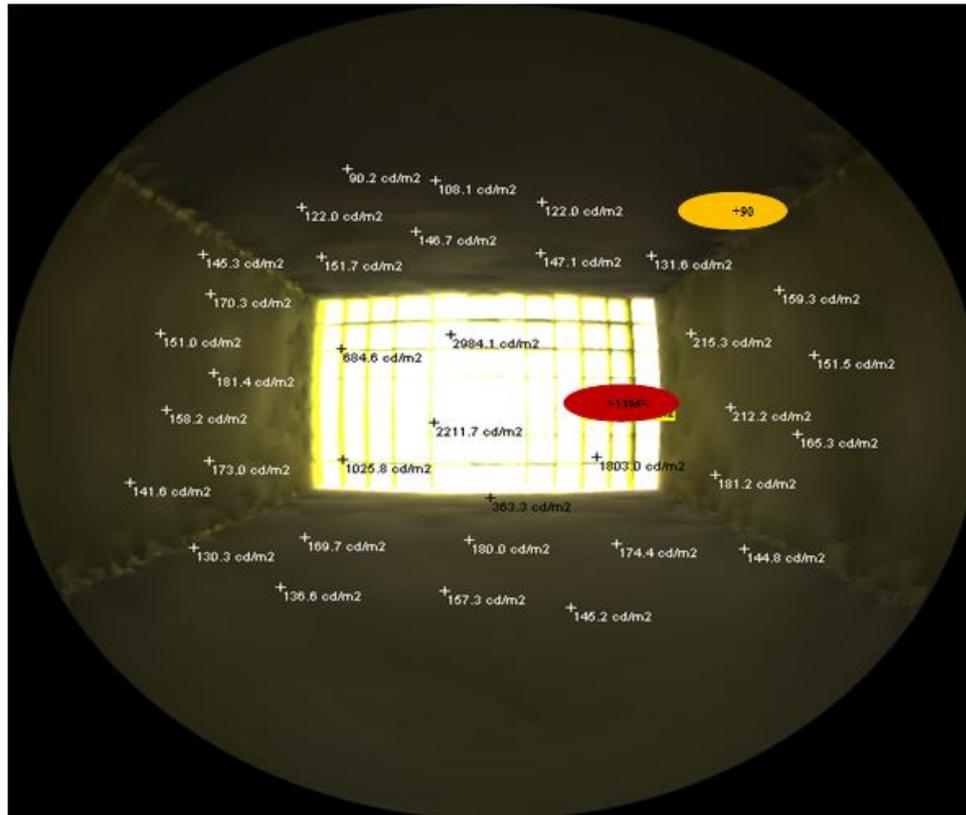


14h

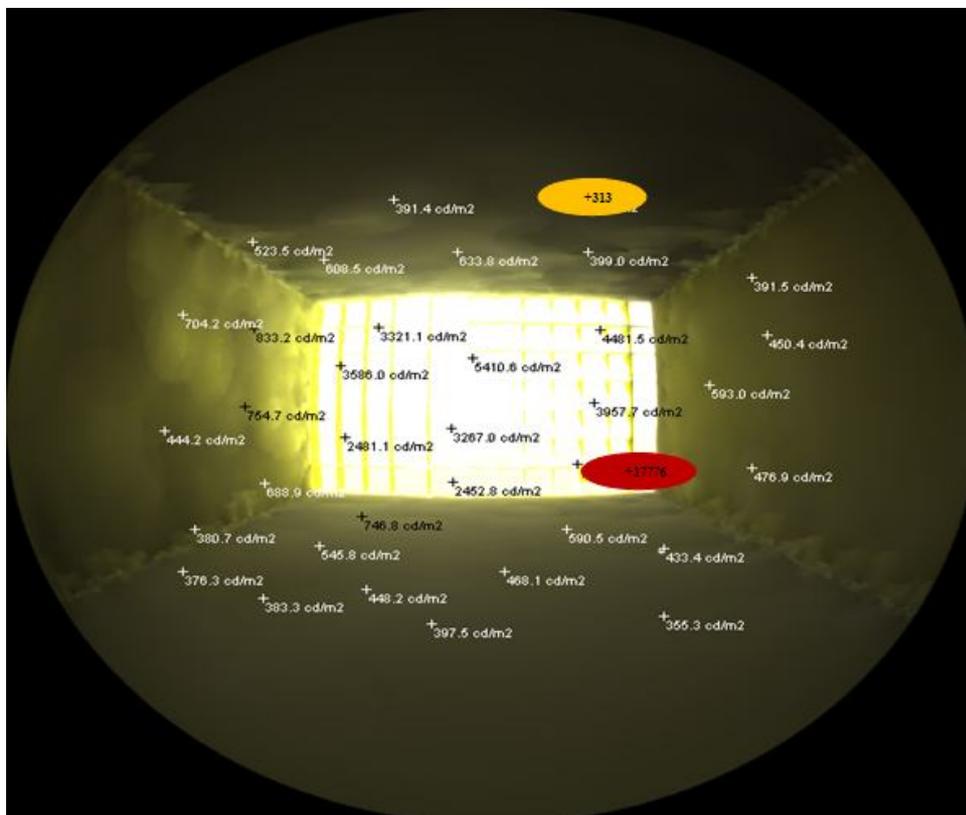


16h

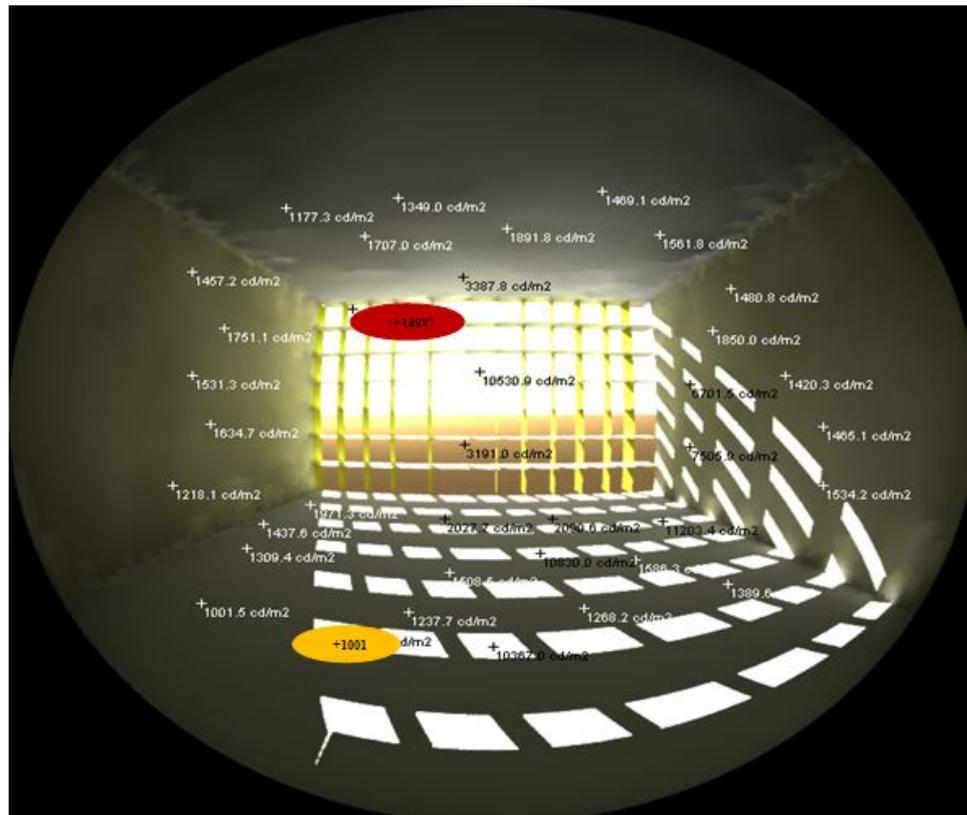
Figure D.4.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Flanc a 10h; 12h; 14h; 16h.



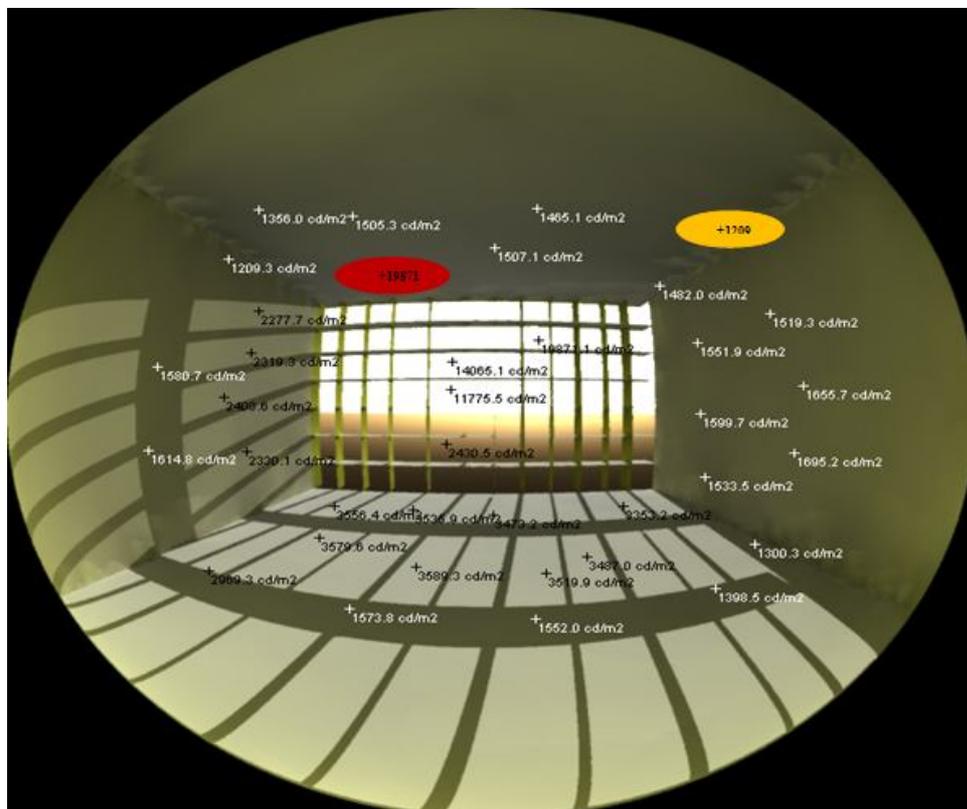
10h



12h

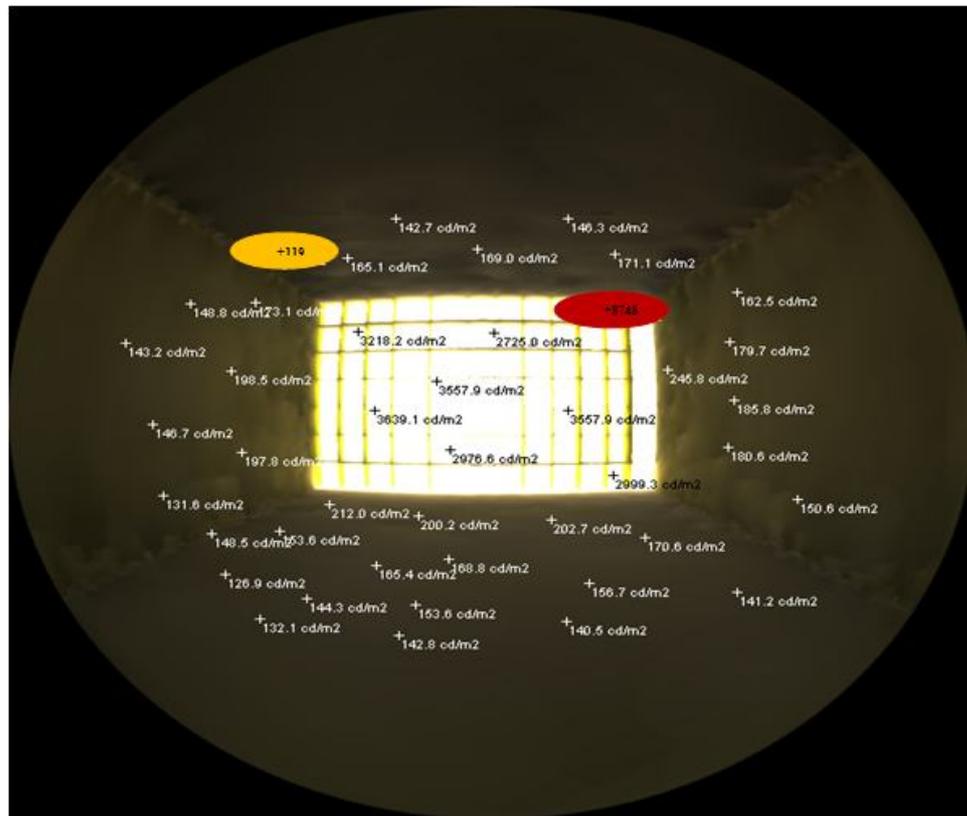


14h

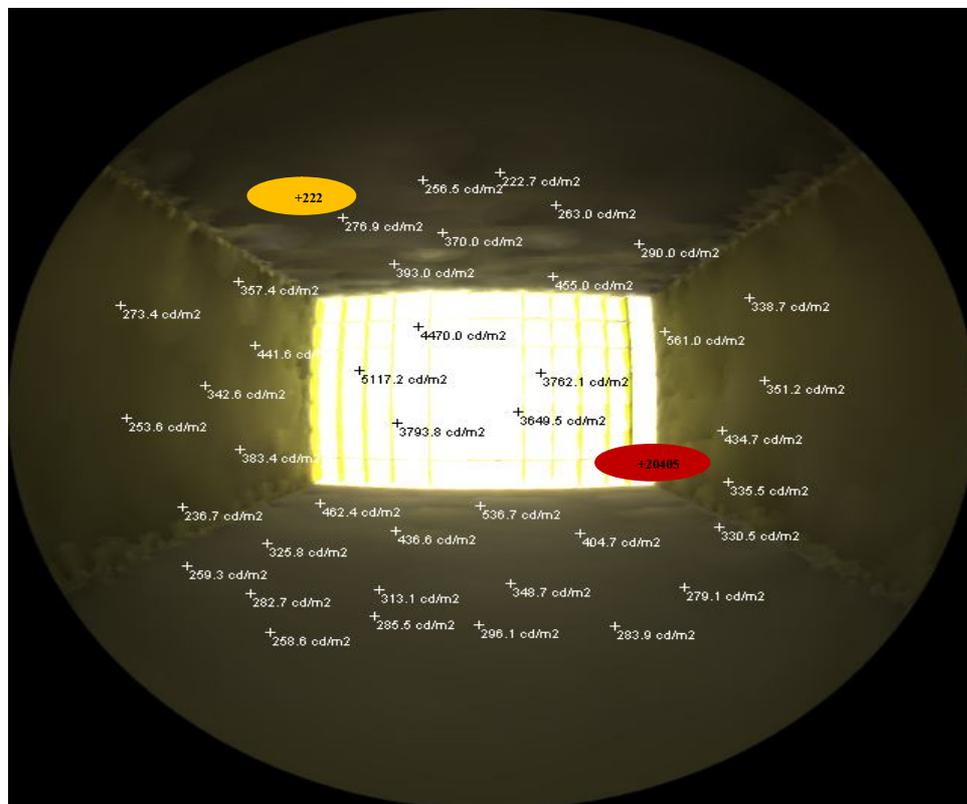


16h

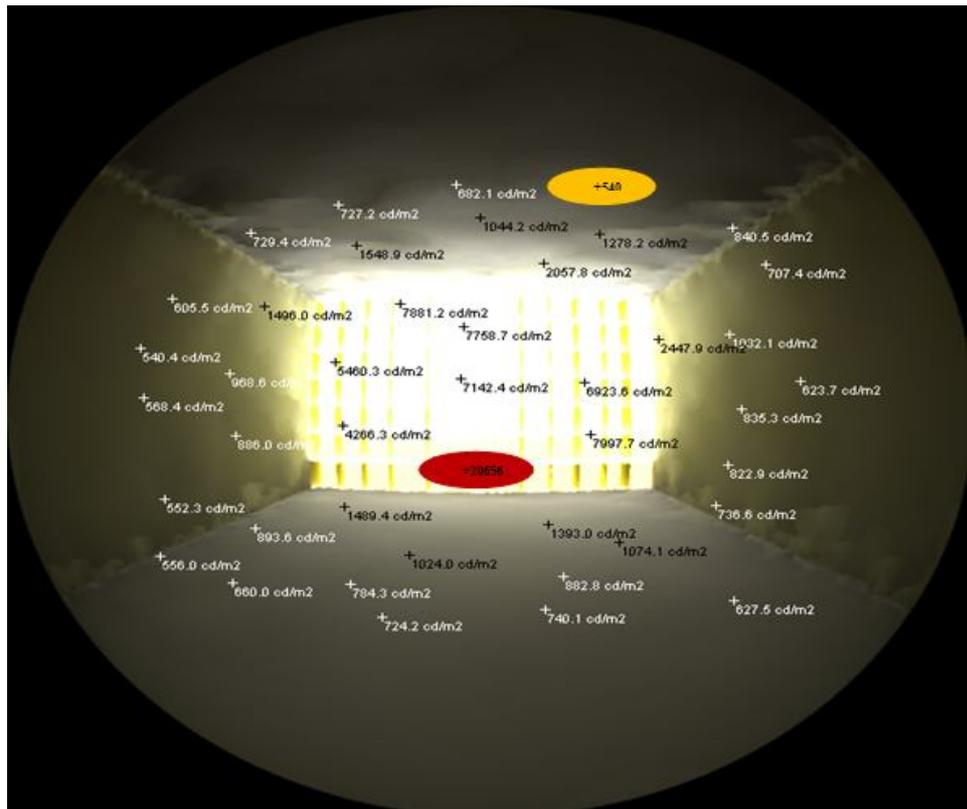
Figure D.5.1 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Décembre, Nie d'abeille a 10h; 12h; 14h; 16h.



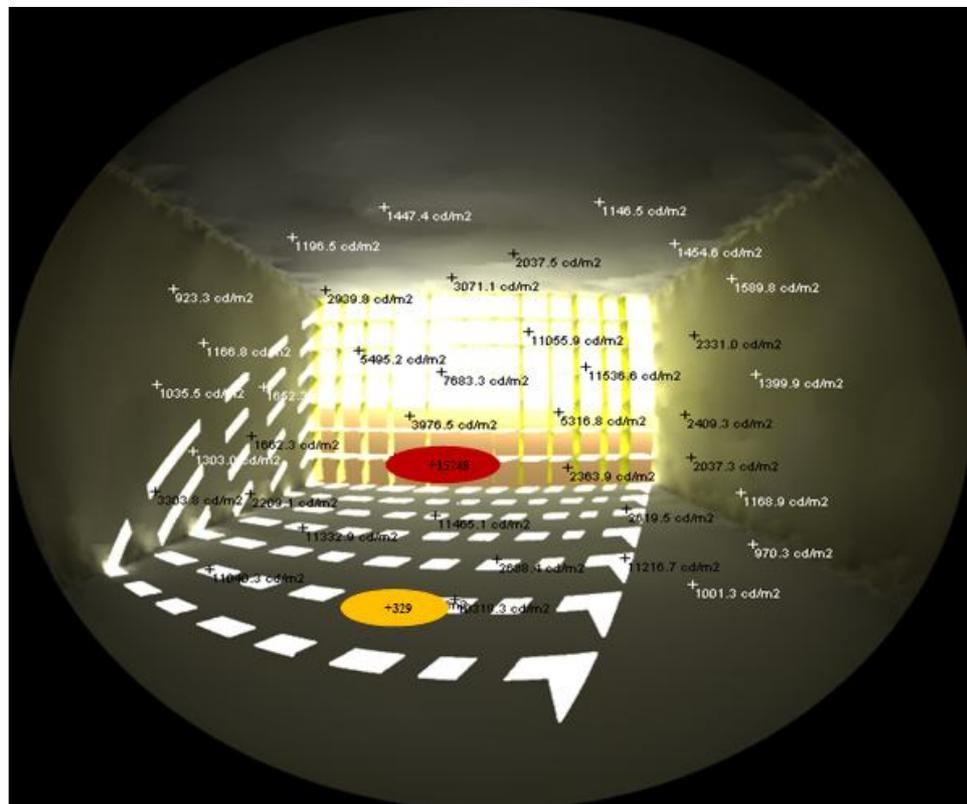
10h



12h

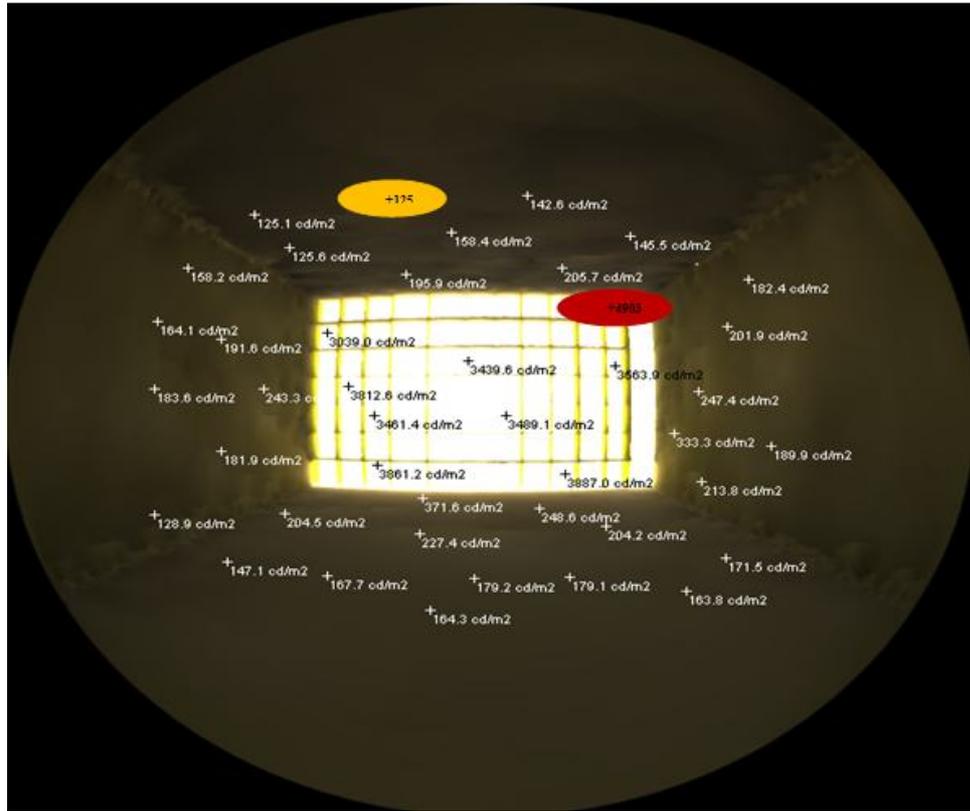


14h

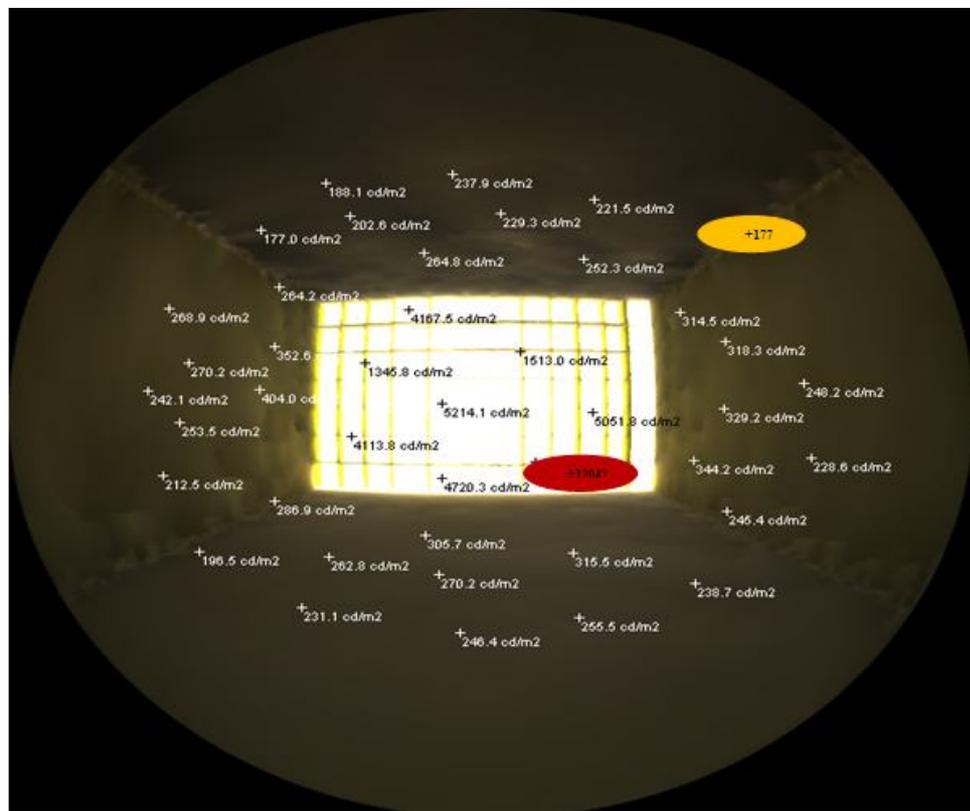


16h

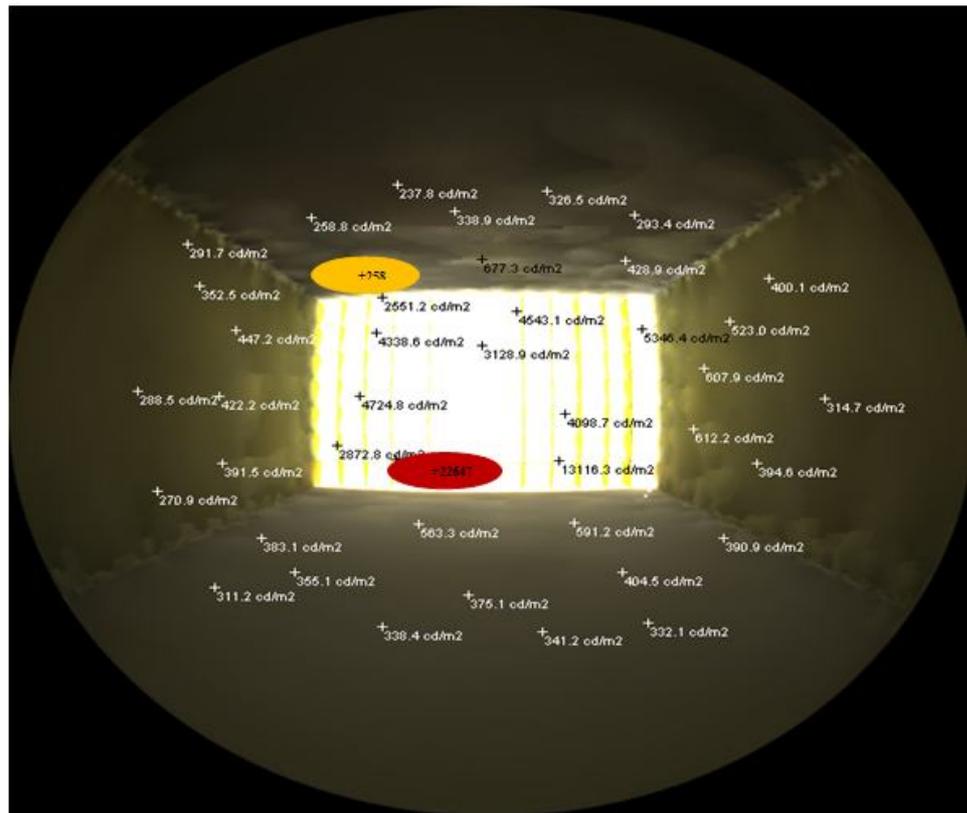
Figure D.5.2 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Mars, Nid d'abeille a 10h; 12h; 14h; 16h.



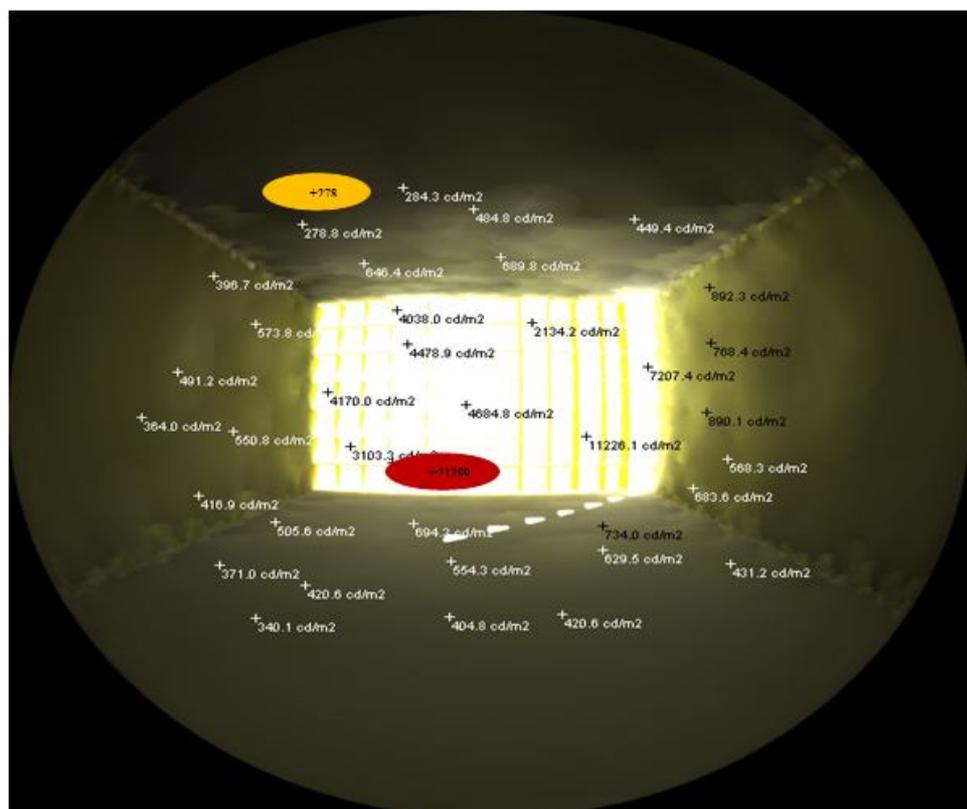
10h



12h



14h



16h

Figure D.5.3 : valeurs de luminance Max et Min pour le mois de Juin, Nid d'abeille a 10h; 12h; 14h; 16h

protection		Décembre			Mars			Juin		
		Max	Min	ratio	Max	Min	ratio	Max	Min	ratio
Avent unique	10h	10639.7	326.8	1/32	8537.7	182.4	1/46	3602.2	138.8	1/25
	12h	9706.4	212	1/45	11671.3	168.4	1/69	7726.4	169.5	1/45
	14h	10700.3	306.4	1/34	10502.9	174.7	1/71	5707.3	149.5	1/38
	16h	7381	228.9	1/34	5407.9	143.1	1/37	3085.6	110.5	1/27
Avent subdivisé	10h	16364.7	542	1/30	16613.8	269.7	1/61	18573.4	170	1/109
	12h	14576.3	619.6	1/23	20823.2	324.9	1/64	16916.4	224	1/75
	14h	15608.1	616.5	1/25	19568.9	291.7	1/67	20029.5	192.4	1/104
	16h	11590.5	345	1/36	11949.1	211.1	1/56	14644	149.6	1/97
Ligh shef	10h	11379.1	374.7	1/30	13272.8	179.3	1/74	4457.5	139.4	1/31
	12h	10153.8	449.8	1/22	11303.6	224.5	1/50	6149.8	185.9	1/33
	14h	10909.9	407.9	1/26	11464.2	216.5	1/52	4893.7	153.2	1/31
	16h	7703.0	225.9	1/34	12707.1	134.9	1/94	4107.1	113.2	1/36
Flanc	10h	13880	33	1/420	12791	58	1/220	17620	60	1/293
	12h	17051	30.7	1/560	12788	39	1/327	5088	28	1/181
	14h	15306	20	1/765	10457	26	1/402	3492	28	1/124
	16h	6481	11.3	1/573	4030	18	1/223	4193	29	1/144
Nid d'abeille	10h	13965	90	1/155	8748	119	1/73	4903	125	1/39
	12h	17776	313	1/56	20405	222	1/91	12042	177	1/68
	14h	14937	1001	1/14	20656	540	1/38	22647	258	1/87
	16h	19871	1209	1/16	15748	923	1/17	21289	278	1/76

Figure D.6 : Tableau récapitulatif des valeurs de luminance Max et Min

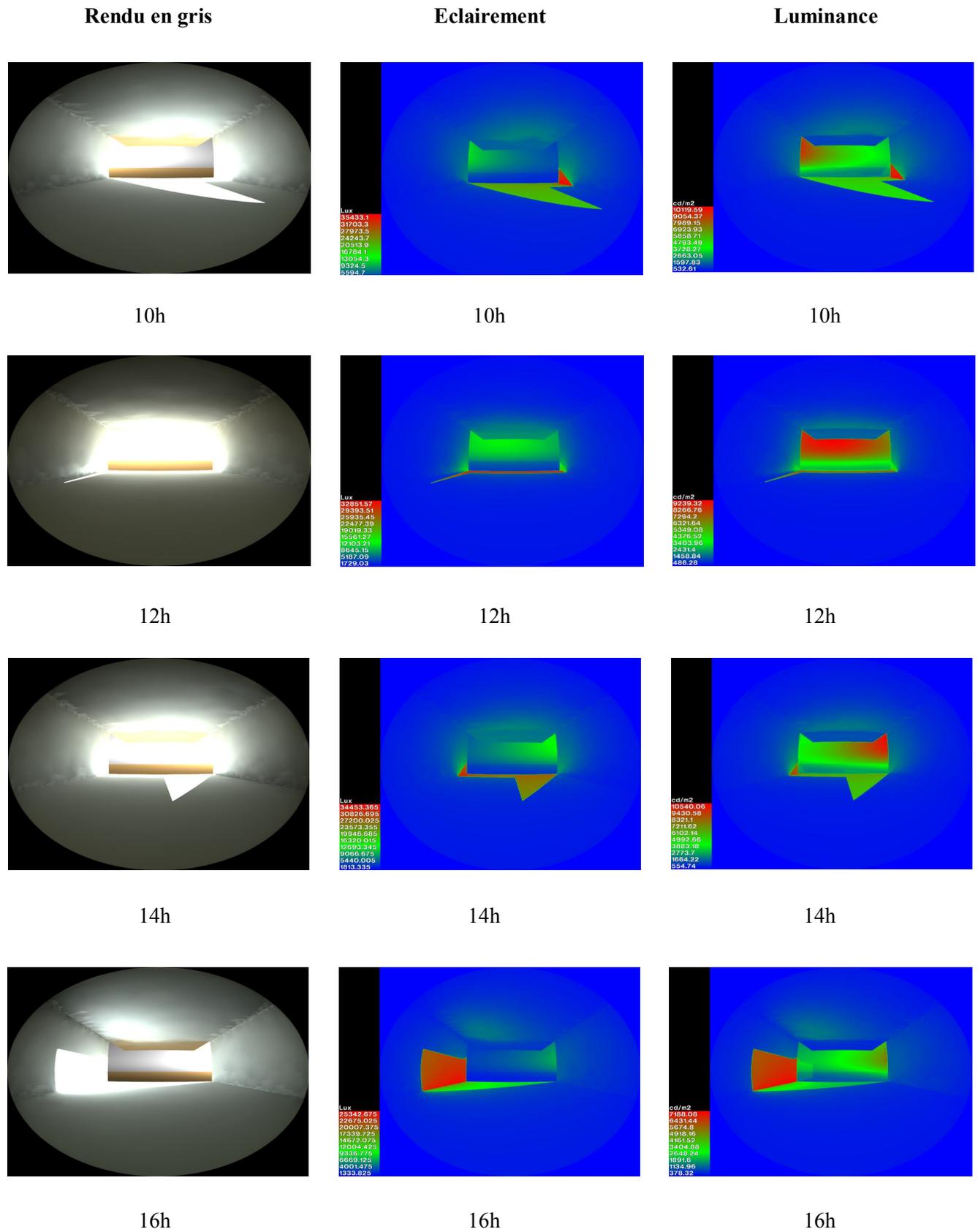


Figure F.1.1: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel. Bureau Equipé d'un Auvent unique Orientation sud mois de Décembre

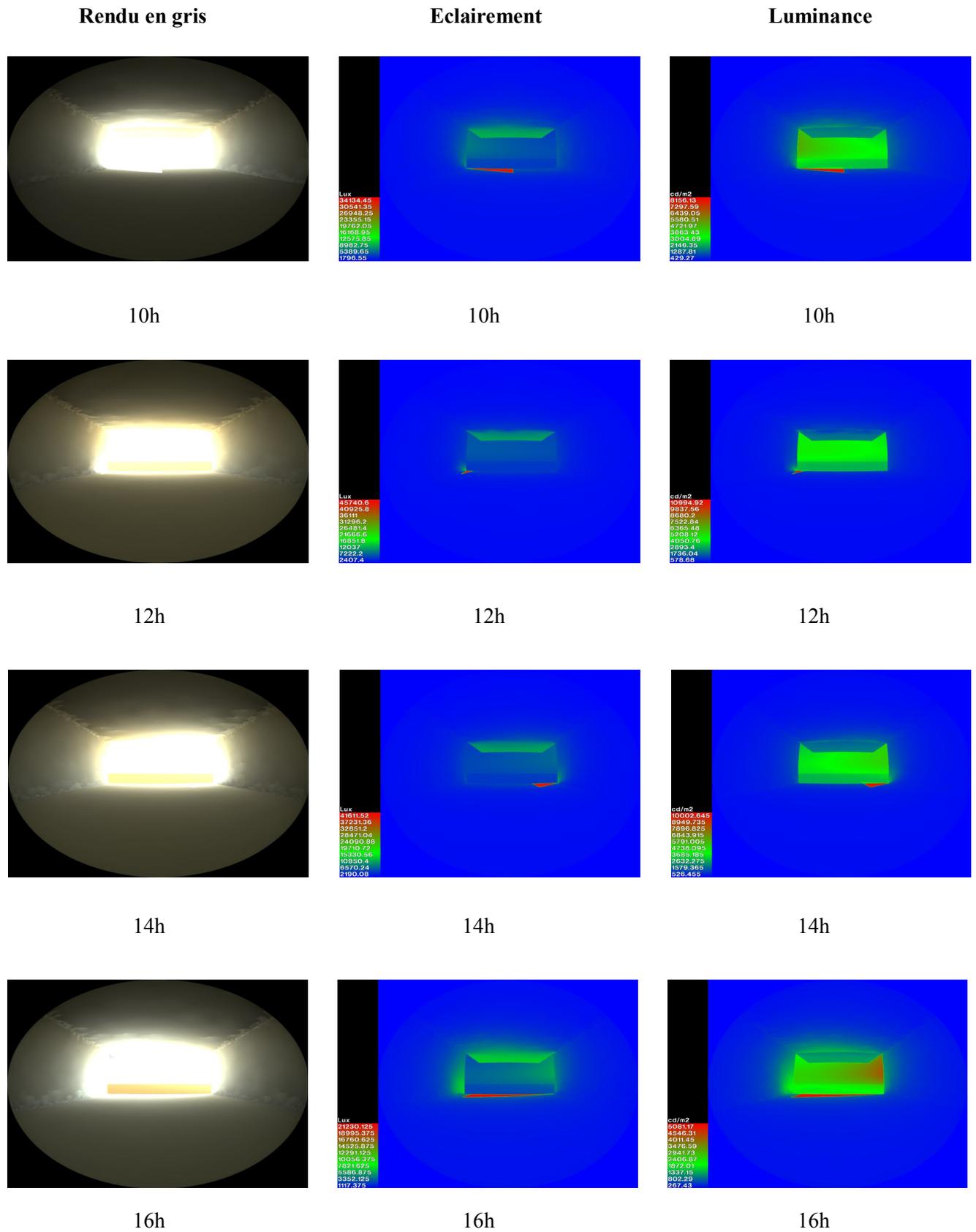


Figure F.1.2: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclaircements et des luminances dans le Macro-champs visuel. Bureau Equipé d'un Auvent unique Orientation sud mois de Mars

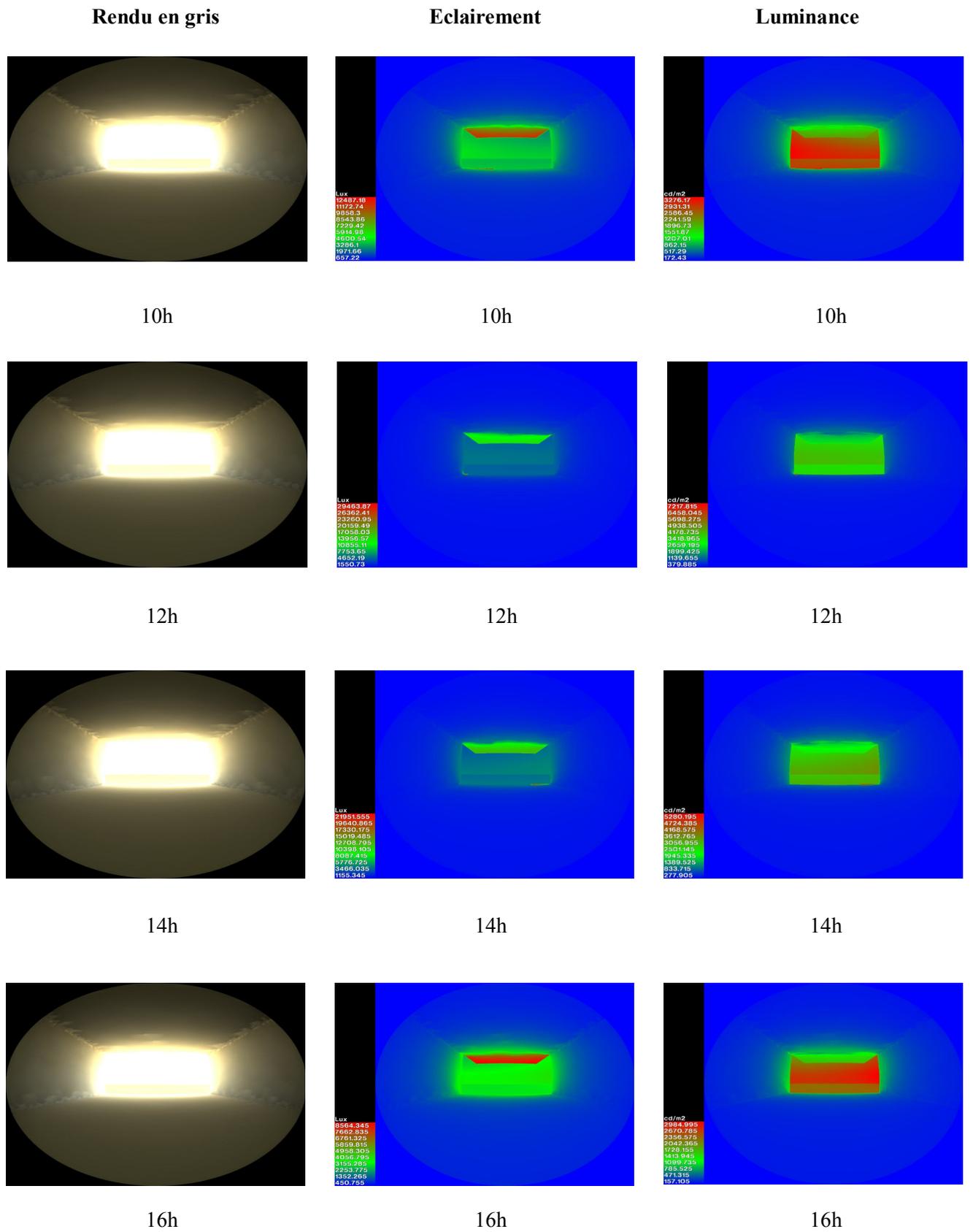


Figure F.1.3: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairements et des luminances dans le Macro-champs visuel. Bureau Equipé d'un Auvent unique Orientation sud mois de Juin

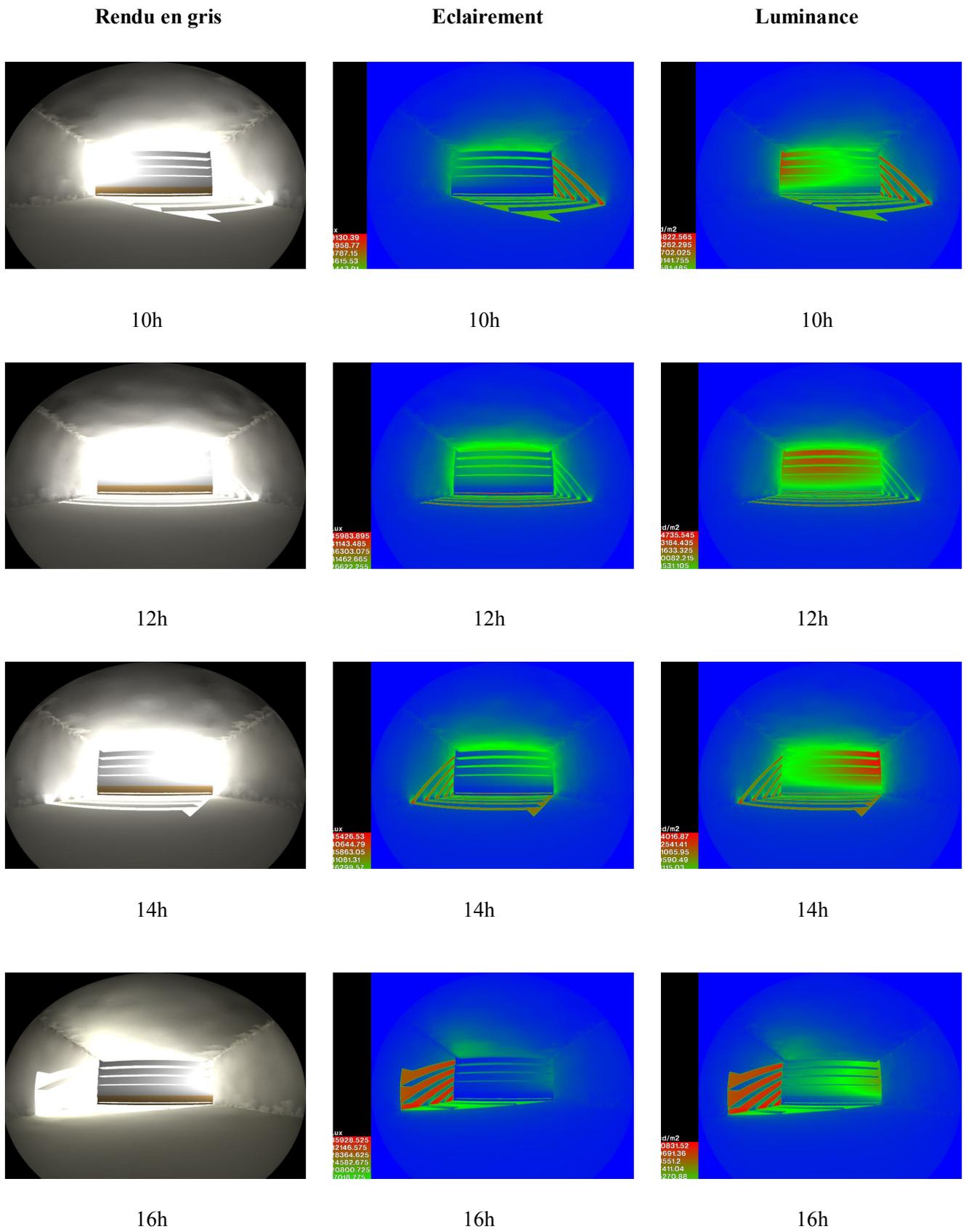
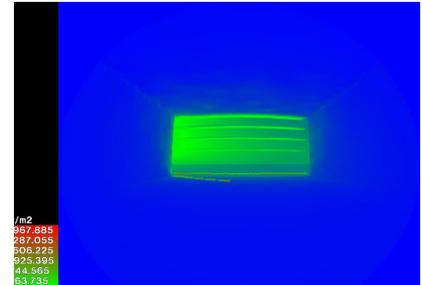
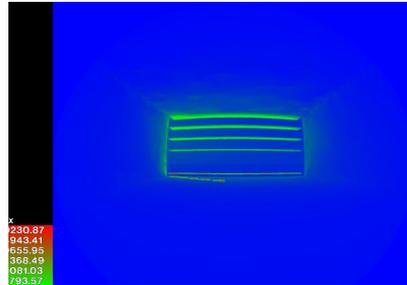
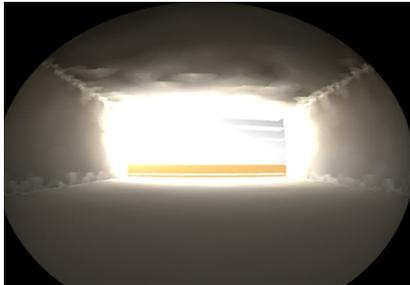


Figure F .2.1: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclaircissements et des luminances dans le Macro-champs visuel. Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé Orientation sud mois de Décembre

Rendu en gris

Eclairement

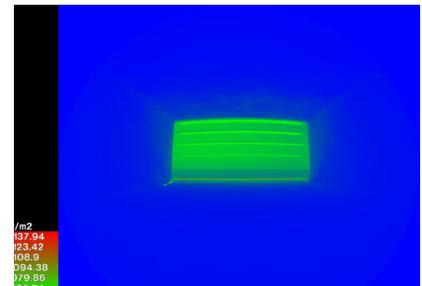
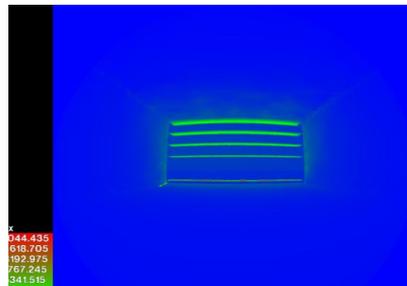
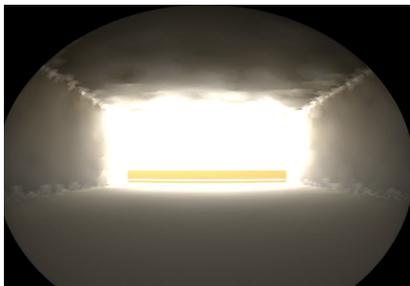
Luminance



10h

10h

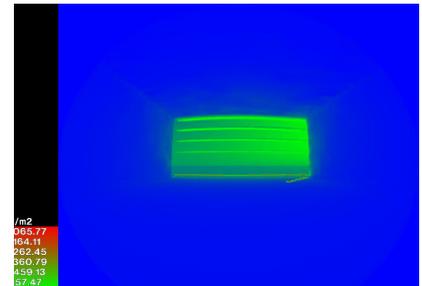
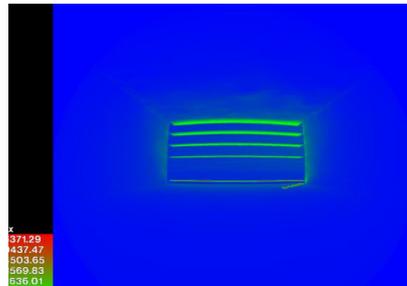
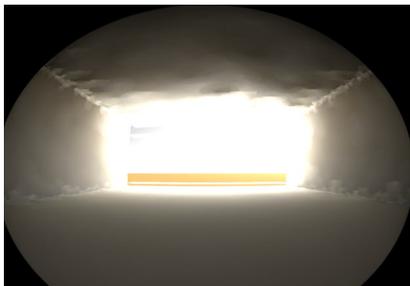
10h



12h

12h

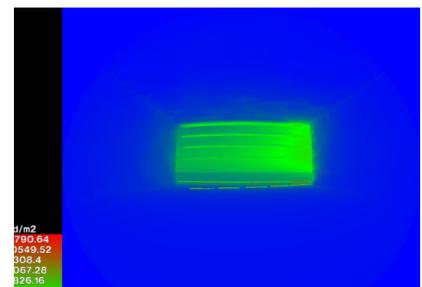
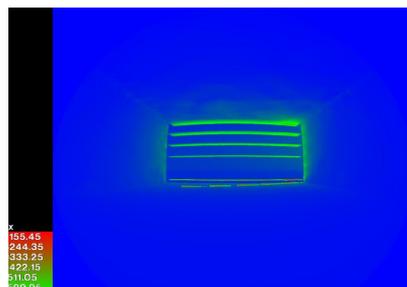
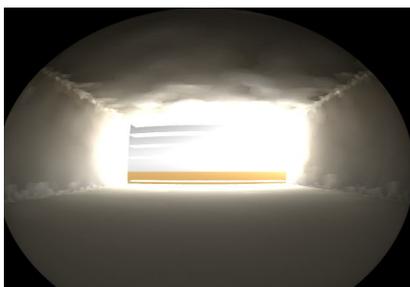
12h



14h

14h

14h



16h

16h

16h

Figure F .2.2: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
 Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé Orientation sud mois de Mars

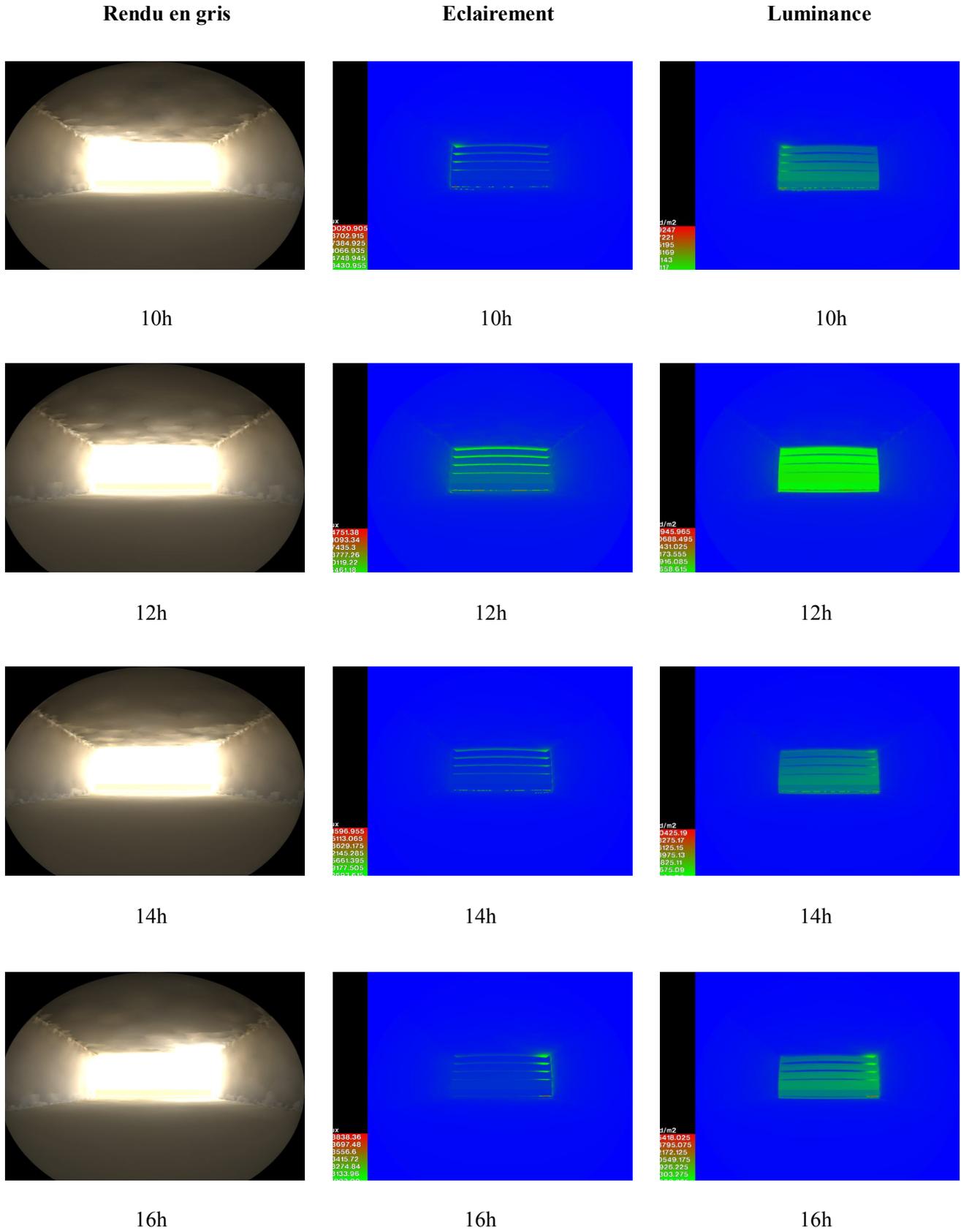


Figure F .2.3: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
 Bureau Equipé d'un Auvent subdivisé Orientation sud mois de Juin

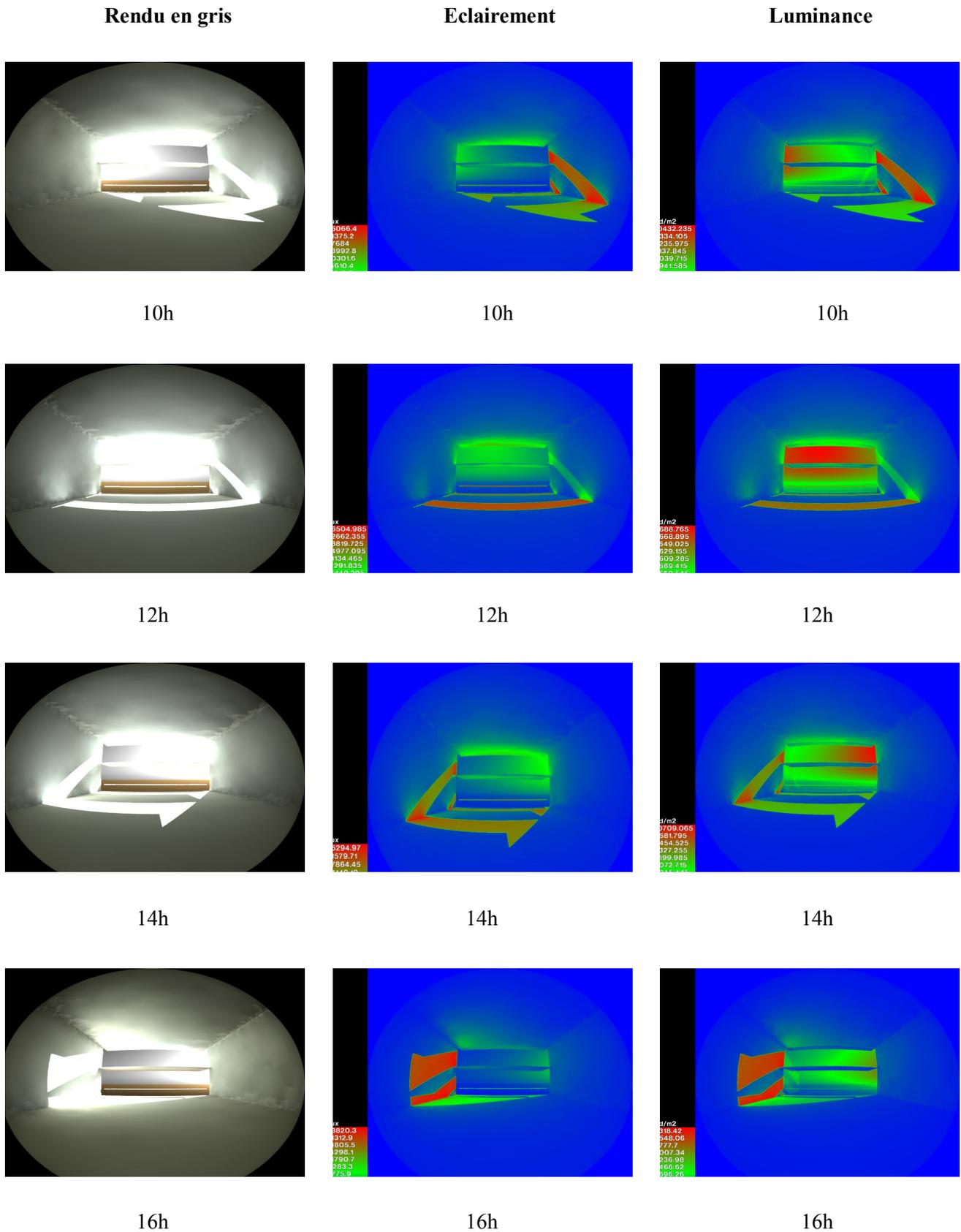


Figure F.3.1: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel. Bureau Equipé d'un Light shelf Orientation sud mois de Décembre

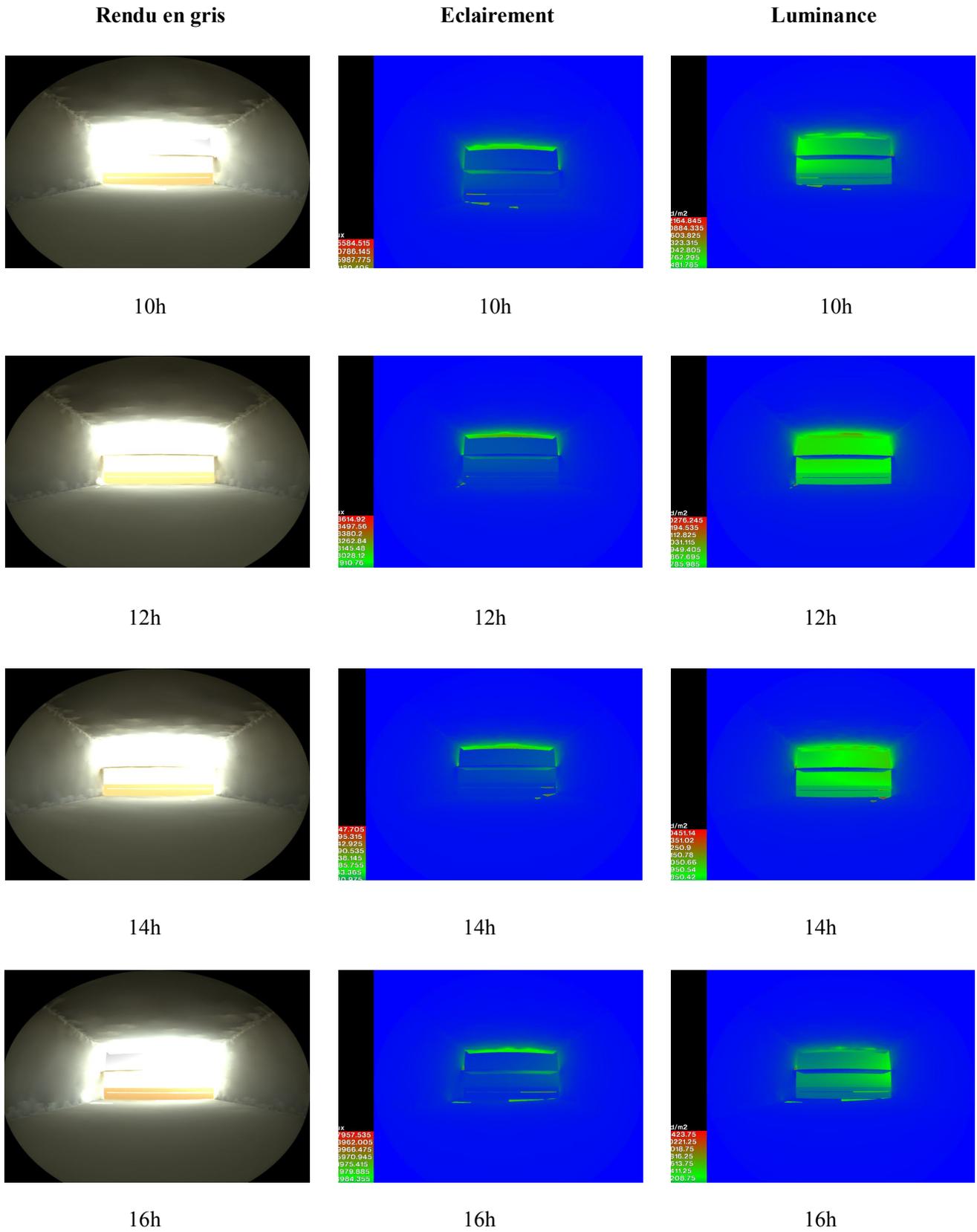
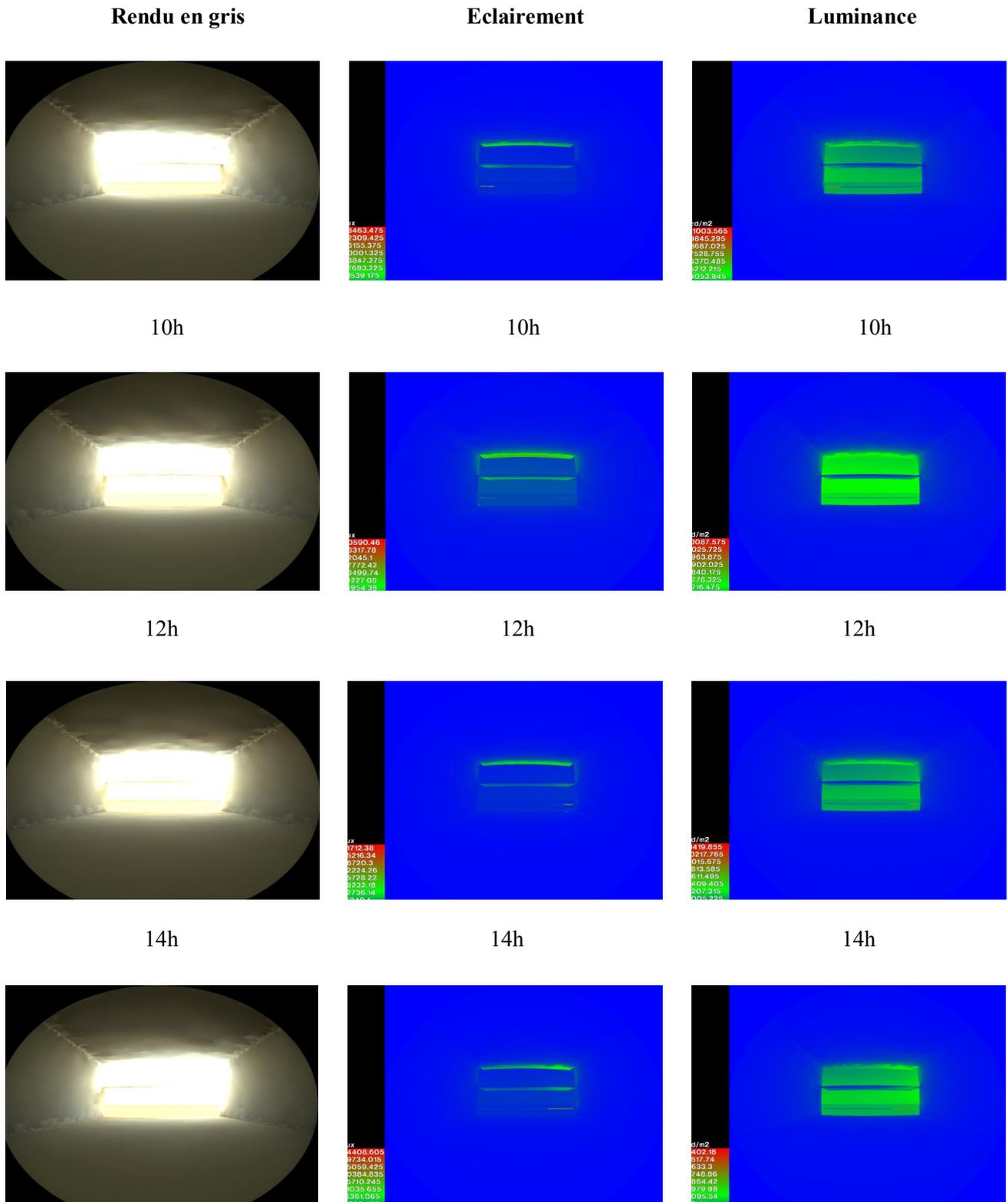


Figure F.3.2: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
Bureau Equipé d'un Light shelf Orientation sud mois de Mars



16h

16h

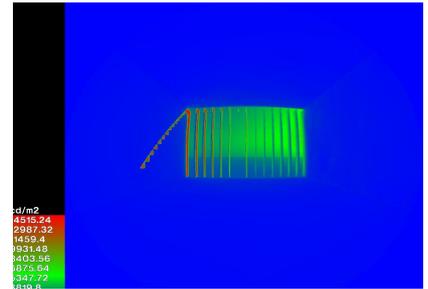
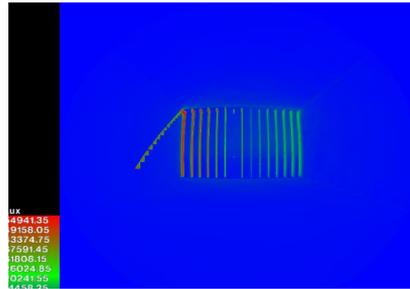
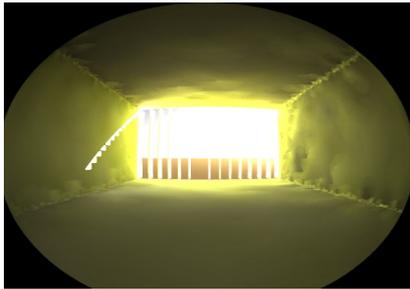
16h

Figure F.3.3: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel. Bureau Equipé d'un Light shelf Orientation sud mois de Juin

Rendu en gris

Eclaircement

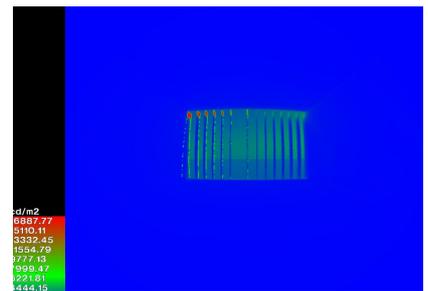
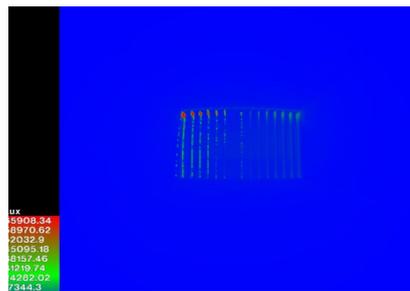
Luminance



10h

10h

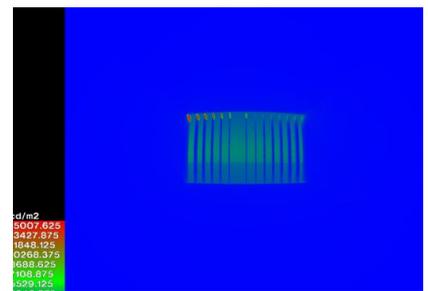
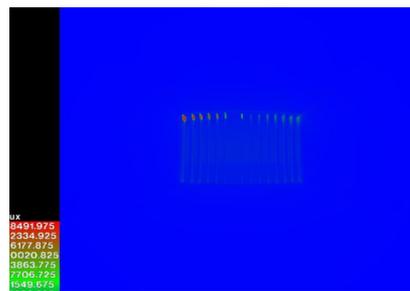
10h



12h

12h

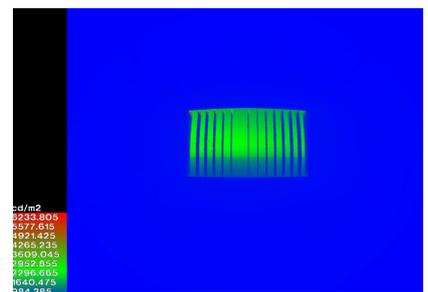
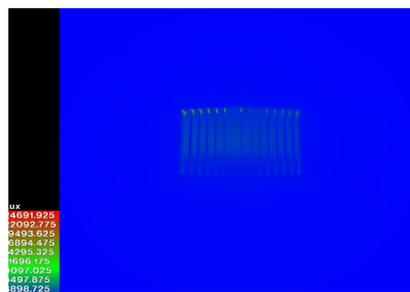
12h



14h

14h

14h



16h

16h

16h

Figure F.4.1: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
 Bureau Equipé d'un Flanc Orientation Est-ouest mois de Décembre

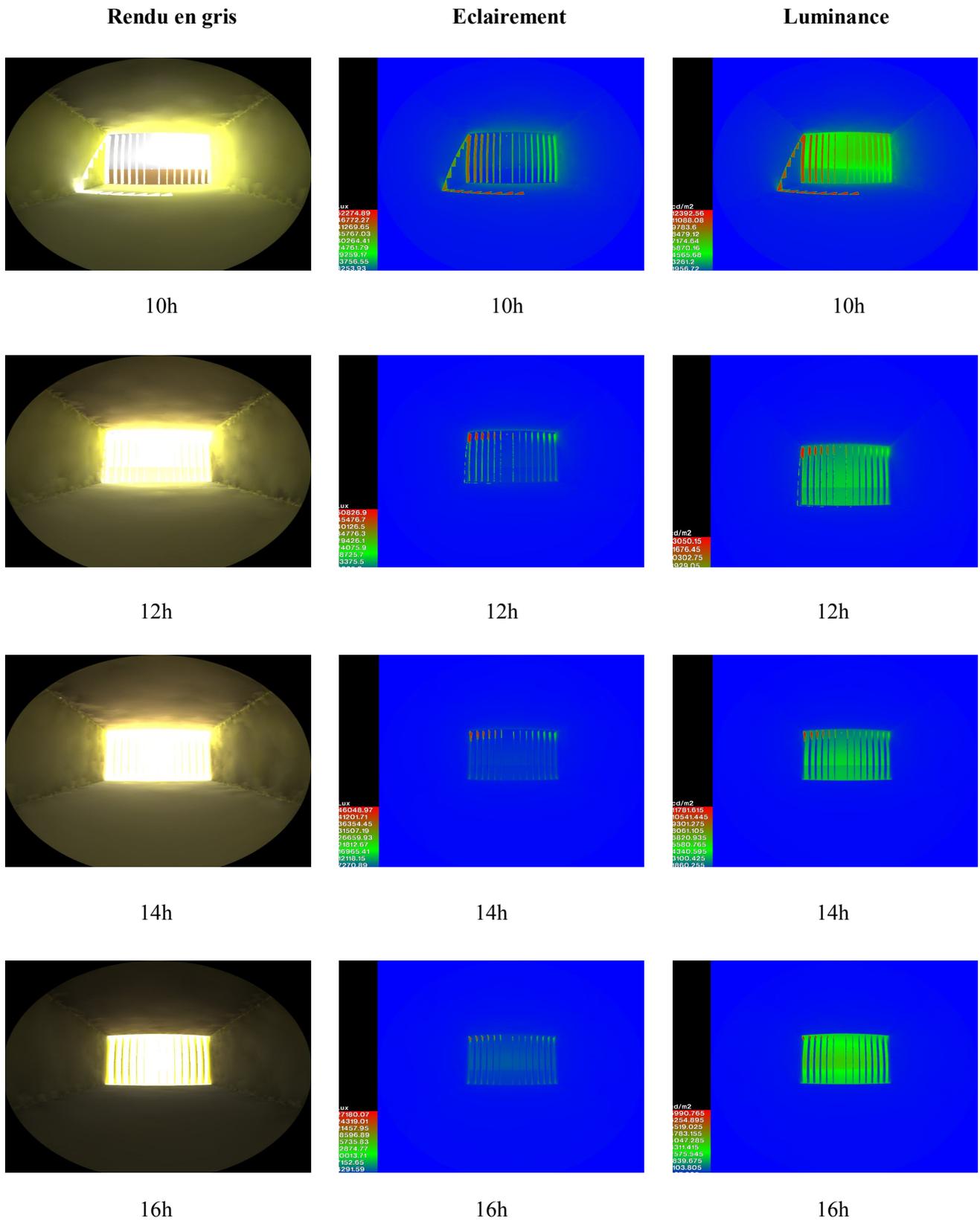


Figure F.4.2: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
Bureau Equipé d'un Flanc Orientation Est-ouest mois de Mars

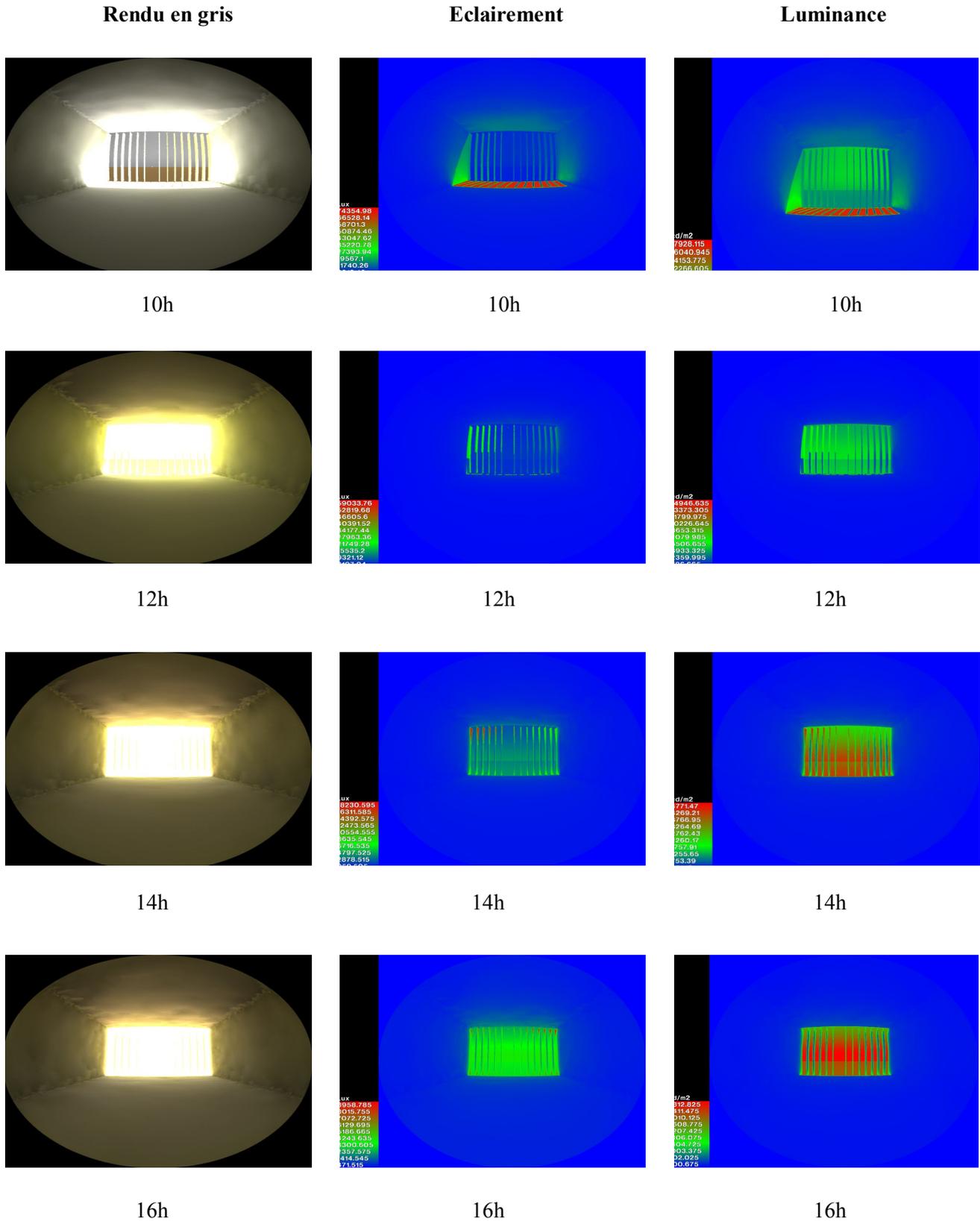


Figure F.4.3: Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
Bureau Equipé d'un Flanc Orientation Est-ouest mois de Juin

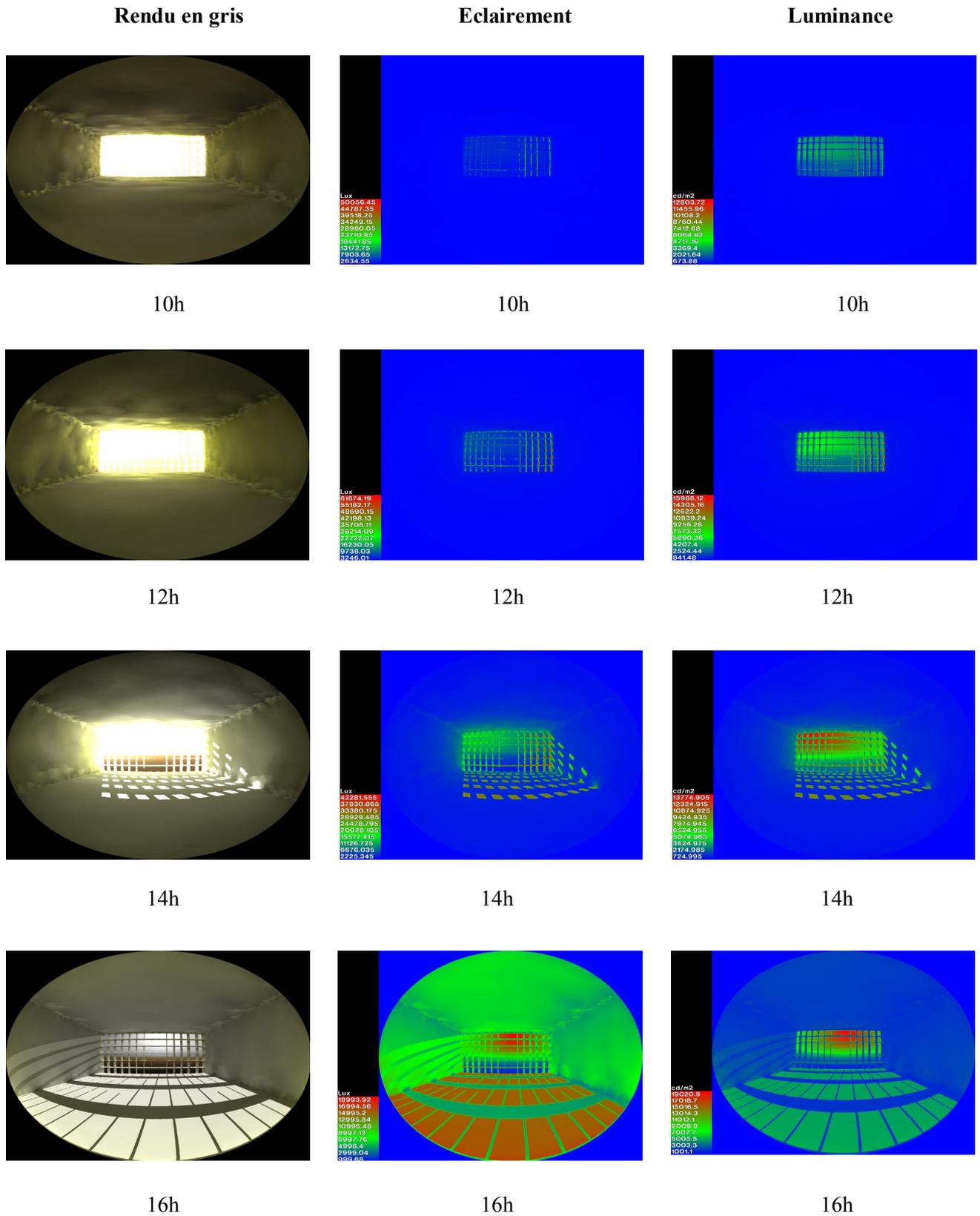


Figure F .5.1 : Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
 Bureau Equipé d'un Nie d'abeille Orientation Sud- ouest mois de Décembre

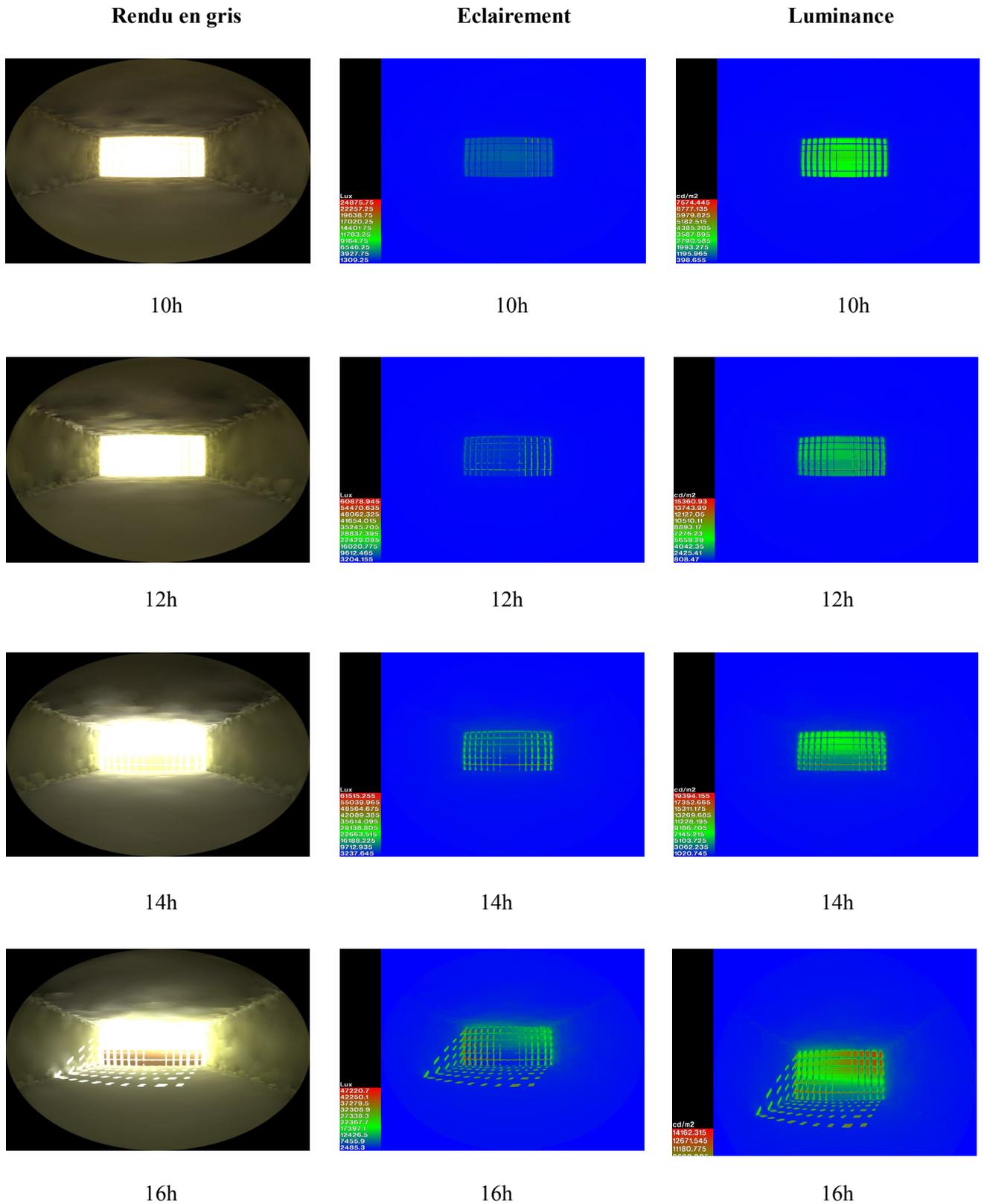
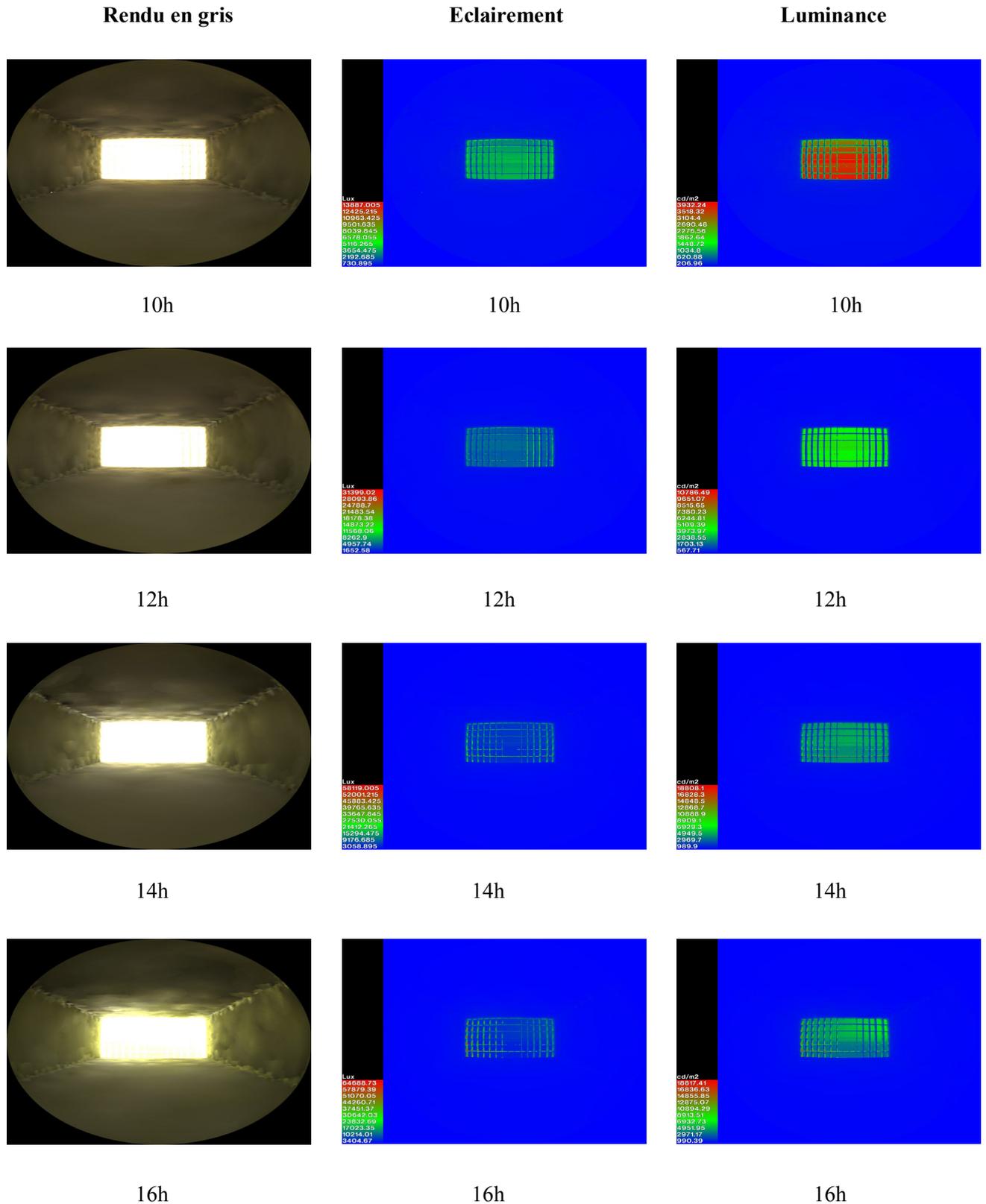


Figure F.5.2 : Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
Bureau Equipé d'un Nie d'abeille Orientation Sud- ouest mois de Mars



**Figure F .5.3 : Image Fish-eye simulé par « Radiance » des éclairagements et des luminances dans le Macro-champs visuel.
Bureau Equipé d'un Nie d'abeille Orientation Sud- ouest mois de Juin**