

Les architectes peuvent-ils devenir de réels acteurs de l'adaptation des villes des latitudes tempérées à l'augmentation des températures estivales?

10e Colloque de la Relève VRM

INRS-UCS, Montréal

21-22 mai 2013

DUBOIS Catherine

Doctorante

École d'architecture & génie civil

Université Laval & INSA de Toulouse

André POTVIN & Luc ADOLPHE

Catherine.dubois.1@ulaval.ca

Le réchauffement climatique *pratiquement certain* et l'augmentation *très probable* des vagues de chaleur (GIEC 2007, p.27) sont particulièrement préoccupants pour les villes des latitudes tempérées comme Québec. L'augmentation des températures estivales engendre en effet une dégradation de la qualité de l'air et exacerbe le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Ce dernier a des répercussions sur le confort, la morbidité et la mortalité des franges les plus vulnérables de la population comme l'ont recensé certains chercheurs (Auger N. & Kosatsky T. 2002). Il a également des conséquences sur la consommation d'énergie estivale des bâtiments qui pourraient augmenter de 90 % dans les secteurs résidentiel et tertiaire d'ici 2030 (Aubé et coll. 2011).

Les architectes pourraient être des acteurs majeurs de l'adaptation des villes à l'augmentation des températures estivales. En effet, les décisions prises à l'échelle urbaine facilitent la provision de microclimats extérieurs confortables ou au contraire contribuent à la formation d'un îlot de chaleur urbain. Ce dernier est le fruit de l'interaction entre la forme urbaine, les émissions de chaleur anthropique, les propriétés radiatives et thermiques des matériaux et par la place occupée par le couvert naturel. De même, les décisions prises à l'échelle architecturale déterminent la capacité d'un bâtiment de répondre, partiellement ou en totalité, à ses besoins en eau et en énergie selon les principes de la « survivance passive » (Wilson, A. 2006).

Pour devenir de véritables acteurs de l'adaptation, les architectes doivent être cependant sensibilisés et responsabilisés à l'égard des changements climatiques. Ils doivent également comprendre et maîtriser les phénomènes à l'origine des îlots de chaleur urbains pour être en mesure de concevoir des quartiers et des bâtiments adaptés à l'augmentation des températures estivales. Ces deux conditions sont essentielles à la mise en œuvre de la stratégie d'adaptation « douce » promue par cette thèse :

« Concevoir la ville et les bâtiments aujourd'hui pour le climat de demain. »

Pour connaître l'état de la situation, deux ateliers réunissant des professionnels du bâtiment et des étudiants en architecture ont été organisés. Ces ateliers ont eu recours à plusieurs méthodes : les indicateurs environnementaux (GRECAU 2002), une activité de hiérarchisation des secteurs selon leur degré d'exposition à la chaleur, la classification « local climate zone » (Stewart 2011) et les relevés *in situ* transversaux des températures ambiantes.

Atelier 1 – Choix et définition des indicateurs environnementaux

Le premier atelier a réuni 5 professionnels québécois du bâtiment: 1 architecte, 1 architecte-urbaniste, 2 ingénieurs et 1 climatologue urbain réputé expert du phénomène d'îlot de chaleur urbain. L'objectif de l'atelier était de les consulter pour déterminer avec eux quels seraient les indicateurs, pouvant être mesurés à l'échelle urbaine ou architecturale, qui permettrait d'évaluer objectivement le degré d'exposition à la chaleur d'un quartier donné (GRECAU 2002). Quarante indicateurs ayant déjà été utilisés par d'autres chercheurs confrontés aux problématiques énergétiques, climatiques ou environnementales des villes (Adolphe 2003), (Stewart 2011), (Ratti et al. 2005), (APUR 2009) leur ont ainsi été présentés sous la forme de tableaux.

Les professionnels ont ensuite été invités à remplir individuellement chacun des tableaux remis. Cette réflexion individuelle a été suivie d'une période de discussion commune pendant laquelle chaque professionnel a identifié les indicateurs qu'il n'avait pas retenus en expliquant pourquoi. À l'issue des discussions, 18 indicateurs ne seront pas validés, jugés trop complexes, non discriminants ou nécessitant des données non

accessibles et deux seront ajoutés. Le bilan de ce premier atelier est donc une liste de 22 indicateurs ayant été validés par 50 % des professionnels.

Atelier 2 – Évaluation du degré d'exposition à la chaleur de secteurs de la CMQ

L'objectif du deuxième atelier était de confronter les mêmes professionnels aux indicateurs choisis précédemment pour évaluer le degré d'exposition à la chaleur de certains quartiers situés dans la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ). Plus précisément, les professionnels ont été invités à hiérarchiser 13 secteurs de la CMQ, représentatifs des principales formes urbaines rencontrées sur le territoire, sur une échelle allant du « moins exposé » au « plus exposé » à la chaleur.

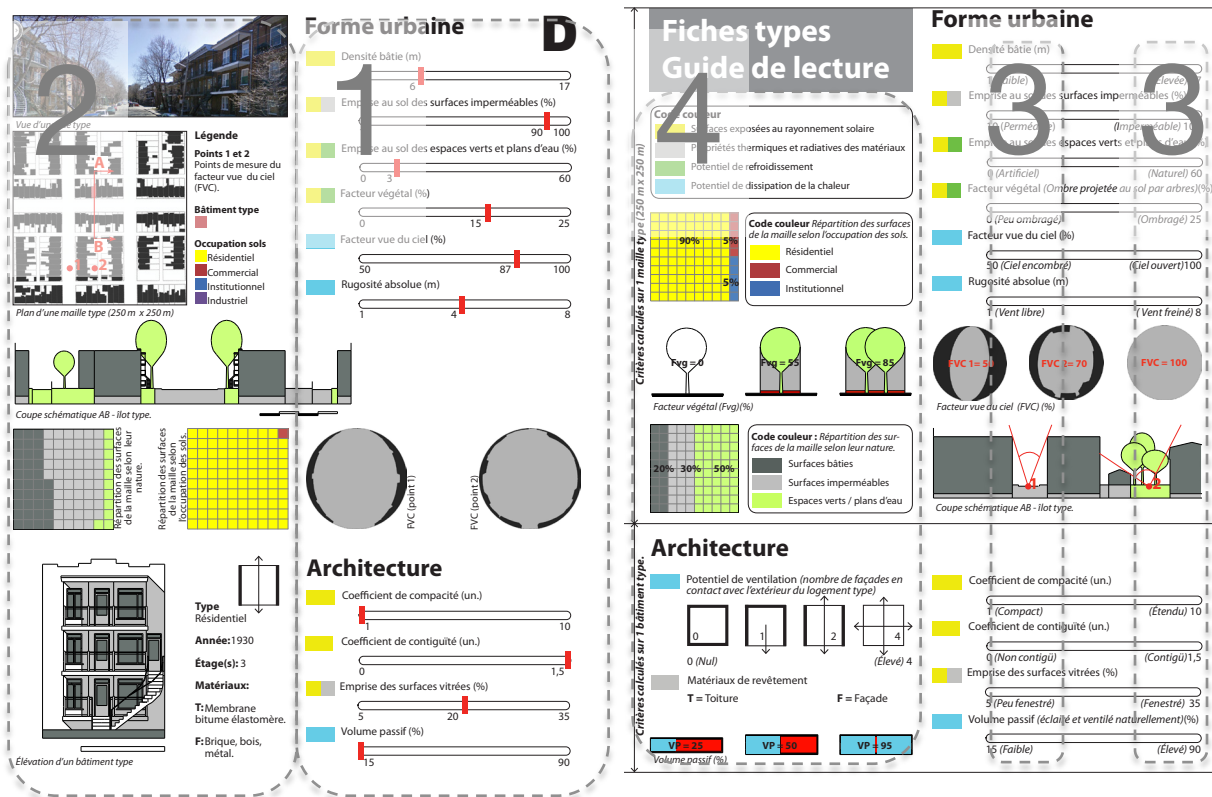


Figure 1: Fiches standardisées du secteur D et fiche « guide de lecture ».

Le cas de Québec. Les 5 professionnels ont été divisés en deux équipes pour hiérarchiser les 13 secteurs de la CMQ. L'exercice a duré 90 minutes, soit 30 minutes de plus que ce qui avait été prévu initialement. Les nombreux échanges, parfois

contradictoires entre les participants sont révélateurs de la difficulté de l'exercice. Au final, comme le montre les deux premières colonnes du Tableau 1 les deux équipes ont proposé un classement légèrement différent. Les secteurs situés aux extrémités de l'échelle d'exposition à la chaleur (A, B, M et C, J, K) sont identiques, mais des divergences apparaissent dans les classes intermédiaires.

Le cas de Londres. Le même atelier a été organisé une deuxième fois, mais dans un contexte complètement différent, celui de l'école d'architecture « Architectural Association (AA) » de Londres. Cette fois-ci, les six équipes étaient composées exclusivement d'étudiants du deuxième et du troisième cycle en architecture. Les 45 participants, provenant de 25 pays différents, n'avaient aucune connaissance du territoire. Les colonnes A à F du Tableau 1 exposent les classements résultants: hormis quelques exceptions, ceux-ci sont très similaires à ceux des praticiens québécois.

Tableau 1: Résultats de la hiérarchisation de 13 secteurs de la CMQ réalisée par 2 équipes de professionnels québécois et 6 équipes d'étudiants-architectes internationaux, comparés aux classements issus des LCZ et des relevés in situ transversaux des températures ambiantes.

Rang	Professionnels		Étudiants AA (MArch, MSc, PhD)						Classification LCZ *	Relevés in Situ				
	Équipe 1	Équipe 2	A	B	C	D	E	F		No.	Nom	°C	Jour Secteurs	°C
	a	a	a	a	a	a	a	a	2	Compact midrise (h).				
	m	b	h	h	b	b	m	b			21,0	a	14,0	b h i
	b	m	m	e	m	h	g	m	3	Compact lowrise (d, i).				
	h,i	g	b	m	e	i	e	h			20,5	b f i		
	h,i	f	i	i	g	l	g	i	4	Open highrise (e.g).				
	d	e,h	d	b	h	e	d	j			20,0	g h		
	g	e,h	g	g	d	m	h	f	5	Open midrise (l, f).			13,5	d e g f l a
	l,f	e,h	e	f	i	d	f	l			19,5	l		
	l,f	l	f	l	f	g	i	c	6	Open lowrise (j, k).				
	e	d	l	d	l	f	l	e			19,0	d e		
	c	c	j	j	j	j	k	g	8	Large lowrise (a, b, m).				
	j	k	k	k	k	k	c	d			18,5	J	13,0	j
	k	j	c	c	c	c	j	k	9	Sparsely built ©				

* Local Climate Zone (Stewart, 2011).

Validation des résultats

Afin de valider les classements réalisés par les praticiens québécois et les étudiants internationaux, ces derniers ont été comparés à ceux issus d'une classification développée pour documenter et mesurer l'intensité des îlots de chaleur urbains, les « Local climate zone (LCZ) » (Stewart 2011). Les 17 classes LCZ se distinguent selon la morphologie urbaine et la couverture du sol et sont associées à des températures de surfaces spécifiques sous des conditions de ciel calme et dégagé (Stewart & Oke 2010). Selon cette classification les températures nocturnes dans les zones denses et compactes (LCZ 1, 2 et 3) sont les plus élevées alors qu'elles sont plus faibles dans les zones peu denses où le couvert naturel occupe une place importante (LCZ 8, 9 et 10) comme le montre la troisième colonne du Tableau 1.

Si les résultats des LCZ sont exacts, il semble que les professionnels et les étudiants en architecture ne comprennent pas complètement le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Les secteurs étant théoriquement les plus exposés à la chaleur (D, H et I), de couleur rouge dans le Tableau 1 sont pas au sommet de l'échelle d'exposition. Au contraire, ce sont des secteurs faiblement exposés (A, B et M), de couleur verte, qui s'y retrouvent. Les secteurs moyennement exposés (E, G, L et F), de couleur orangée, se situent pour la plupart au milieu de l'échelle tandis que les secteurs C, J et K, de couleur jaune et bleue, se retrouvent tout en bas, ce qui est assez proche de la réalité.

Les classes LCZ sont toutefois théoriques et présentent des limites dans un contexte urbain réel. Des relevés *in situ* transversaux de la température ambiante ont donc été réalisés par l'équipe de surveillance du climat du Ministère du Développement durable environnement et parcs du Québec (MDDEP) pour confronter les différents classements à la réalité. Deux séries de mesures ont été effectuées, la première (jour) pour évaluer les températures maximales quotidiennes (12 h à 15 h) et la deuxième (nuit) pour mesurer la vitesse de refroidissement des secteurs (21 h à 24 h) qui est intimement liée à l'effet d'îlot de chaleur urbain.

La quatrième colonne du Tableau 1 expose les températures enregistrées à la mi-journée dans les différents secteurs de la CMQ¹. Elles varient entre 18,6 °C (J) et 21,2 °C (A). L'ordonnancement résultant est assez similaire aux classements effectués par les professionnels et les étudiants-architectes (colonnes 1 et 2). La cinquième colonne montre quant à elle un écart des températures nocturnes plus restreint, variant entre 13 °C (J) et 14 °C (B, H et I). Hormis quelques anomalies (A et B), celles-ci sont plus proches des résultats de la classification LCZ qui rappelons le, a été développée pour caractériser l'îlot de chaleur urbain.

Conclusion

Ces résultats permettent donc de confirmer que les étudiants et les professionnels du bâtiment ne comprennent pas entièrement les phénomènes régissant la formation d'un îlot de chaleur urbain. Cela a notamment pour conséquence de limiter la création de quartiers et de bâtiments adaptés à l'augmentation des températures estivales. En revanche, ils expriment clairement un besoin de formation et d'accompagnement, l'un des principaux objectifs poursuivis par cette thèse de doctorat.

¹ *Exceptés les secteurs C, K et M étant donné des contraintes de temps et de distance.*

Bibliographie

- Adolphe, L., 2003. Morphologic, a GIS devoted to the analysis of microclimate of outdoor urban spaces. In *EGS - AGU - EUG Joint Assembly*. EGS - AGU - EUG Joint Assembly. p. 226.
- Akbari, H., Levinson, R. & Rainer, L., 2005. Monitoring the energy-use effects of cool roofs on California commercial buildings. *Energy and Buildings*, 37(10), p.1007-1016.
- Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, H., 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), p.295-310.
- APUR, 2009. *Formes urbaines en Ile-de-France et émission de gaz à effet de serre*, Paris: APUR.
- Aubé, M. et al., 2011. *Changements climatiques, vulnérabilité et adaptation des immeubles. Document de travail.*, Québec, Canada.: Corporation d'hébergement du Québec.
- Auger Nathalie & Kosatsky Tom, 2002. *Chaleur accablante: mise à jour de la littérature concernant les impacts de santé publique et proposition de mesures d'adaptation*, Montréal (Québec): Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal-Centre.
- Augustin, S. & Coleman, C., 2012. *The Designer's Guide to Doing Research: Applying Knowledge to Inform Design*, John Wiley & Sons.
- Bachman, L., 2012. Architectural Design Learning. *Society of Building Science Educators Newsletter*, p.2.
- Baumüller, J., Hoffmann, U. & Reuter, U., 2007. Climate Booklet for Urban Development - Indications for Urban Land-use Planning.
- Bergeron, O. & Strachan, I.B., 2010. Wintertime radiation and energy budget along an urbanization gradient in Montreal, Canada. *International Journal of Climatology*.
- Boulfroy, E. et al., 2012. *Priorisation pour la conservation d'îlots de fraîcheur existants et l'implantation de nouveaux îlots de fraîcheur.*, Québec, Canada.: Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO).
- Bozonnet, E., 2005. *Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments - Cas de la rue canyon*. France: Université de La Rochelle.
- Braga, A.L., Zanobetti, A. & Schwartz, J., 2001. The time course of weather-related deaths. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 12(6), p.662-667.
- Burry, M., 2012. Towards meeting the challenges of facilitating transdisciplinarity in design education, research and practice. In *Design Innovation for the Built Environment: Research by Design and the Renovation of Practice*. Grande-Bretagne: Routledge, p. 52-66.
- Chaabouni, S., Bignon, J-C. & Halin, G., 2009. Utilisation d'une collection de références pour assister la conception des ambiances lumineuses. In *Conception architecturale numérique et approches environnementales*. Conception architecturale numérique et approches environnementales, Actes du 3ème séminaire de conception architecturale. SCAN 09 Séminaire de conception architecturale numérique. ENSA de Nancy: Presses universitaires de Nancy, p. 23-34.

- CMQ, 2011. *Bâtir 2031: Structurer, Attirer, Durer. Le Plan métropolitain d'aménagement et de développement du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec.*, Québec: Communauté métropolitaine de Québec.
- Colombert, M., 2008. *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville.* France: Université Paris-Est.
- Conklin, J., 2005. Wicked Problems & Social Complexity. In *Dialogue Mapping: Building Shared Understanding of Wicked Problems.* Wiley, p. 264.
- Crutzen, P.J., 2004. New Directions: The growing urban heat and pollution « island » effect—impact on chemistry and climate. *Atmospheric Environment*, 38(21), p.3539-3540.
- Desjarlais, C. et al., 2010. *Ouranos. Savoir s'adapter aux changements climatiques*, Montréal: OURANOS : Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques.
- Dimoudi, A. & Nikolopoulou, M., 2003. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), p.69-76.
- Djen, C.S., Jingchun, Z. & Lin, W., 1994. Solar radiation and surface temperature in Shanghai City and their relation to urban heat island intensity. *Atmospheric Environment*, 28(12), p.2119-2127.
- Doulos, L., Santamouris, M. & Livada, I., 2004. Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. *Solar Energy*, 77(2), p.231-249.
- Downton, P., 2003. *Design Research*, RMIT Publishing.
- Emmanuel, R. & Krüger, E., 2012. Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment*, 53, p.137-149.
- Environnement Canada, S. météorologique du C., 2010. Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000. Available at: http://climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals/index_f.html [Consulté le janvier 19, 2011].
- Fernandez, L., 2010. *Transposition en architecture des connaissances d'ingénierie environnementale et des savoirs relatifs au choix des matériaux.* France: INSA.
- Giannaros, T.M. & Melas, D., 2012. Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research*, 118, p.103-120.
- GIEC, 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève, Suisse.
- Giguère, M., 2009. *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains - Revue de littérature*, Institut national de santé publique du Québec (INSPQ).
- Gill, S. et al., 2004. *Literature review: Impacts of climate change on urban environments.*, Manchester: Centre for Urban & Regional Ecology, School of Environment and Development, University of Manchester.
- Givoni, Baruch, 1998. *Climate considerations in building and urban design*, John Wiley and Sons.

- GRECAU, 2002. *SAGACités; vers un système d'aide à la gestion des ambiances urbaines.*, France: ENSAT de Toulouse et de Paris-Belleville.
- Hallegatte, S., 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, 19(2), p.240-247.
- Hanna, R., 1998. Architectural Science and Research; Integration into Design? In P. Strandman, éd. *No Guru, No Method: Discussion on Art & Design Research*. University of Art and Design Helsinki UIAH. Helsinki, Finland: Art Books International Limited, p. 34-41.
- IAU Île-de-France, 2010a. Les îlots de chaleur urbains - L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines.
- IAU Île-de-France, 2010b. Les îlots de chaleur urbains - Répertoire de fiches de connaissance.
- Joerin, F. et al., 2011. Cartographie multicritère des risques urbains induits par les changements climatiques, Exemple pour le risque de contamination par l'eau potable. In 74th Meeting Multicriteria Decision Analysis. Yverdon-les-bains, p. 17.
- Karlessi, T. et al., 2011. Development and testing of PCM doped cool colored coatings to mitigate urban heat island and cool buildings. *Building and Environment*, 46(3), p.570-576.
- Kestens, Y. et al., 2011. Modelling the variation of land surface temperature as determinant of risk of heat-related health events. *International Journal of Health Geographics*, 10(7), p.22.
- King Roth, S., 1998. Establishing an Agenda for Design Reserch. In P. Strandman, éd. *No Guru, No Method: Discussion on Art & Design Research*. University of Art and Design Helsinki UIAH. Helsinki, Finland: Art Books International Limited, p. 14-22.
- Kohler, J. et al., 2009. *A blueprint for the integrated assessment of climate change in cities*, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research, Newcastle University.
- Kwok, A. & Grondzik, W., 2011. *The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design* Second Edition., Architectural Press: Elsevier.
- Leatherbarrow, D., 2012. The project of design research. In *Design Innovation for the Built Environment: Research by Design and the Renovation of Practice*. Grande-Bretagne: Routledge, p. 5-13.
- Leduc, R. et al., 1980. Ilot de chaleur à Québec: Cas d'été. *Boundary-Layer Meteorology*, 19(4), p.471-480.
- Menberg, K. et al., 2013. Subsurface urban heat islands in German cities. *Science of The Total Environment*, 442, p.123-133.
- Moser, S.C. & Dilling, L., 2007. *Creating a climate for change: communicating climate change and facilitating social change*, Cambridge University Press.
- Nakayama, T. & Hashimoto, S., 2011. Analysis of the ability of water resources to reduce the urban heat island in the Tokyo megalopolis. *Environmental Pollution*, 159(8-9), p.2164-2173.
- Nishimura, N. et al., 1998. NOVEL WATER FACILITIES FOR CREATION OF COMFORTABLE URBAN MICROMETEOROLOGY. *Solar Energy*, 64(4-6), p.197-207.
- Oke, T.R., 1988a. *Boundary Layer Climates, 2nd Edition*, London: Routledge.

- Oke, T.R., 1988b. Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11(1-3), p.103-113.
- ONERC, 2010. *Rapport au Premier ministre et au Parlement : villes et adaptation au changement climatique.*, France.
- Potvin, A. et al., 2012. Assessing Seasonal Microclimatic Performance of Urban Environments. In *Proceedings of the 8th International Conference on Urban Climates and the 10th Symposium of the Urban environment*. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates. Dublin, p. 4.
- QUÉBEC. Office québécois de la langue française, 2012. Le grand dictionnaire terminologique. Available at: <http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/> [Consulté le mars 22, 2013].
- Ratti, C., Baker, N. & Steemers, K., 2005. Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings*, 37(7), p.762-776.
- Rittel, H.W.J. & Webber, M.M., 1973. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), p.155-169.
- Rizwan, A.M., Dennis, L.Y.C. & Liu, C., 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), p.120-128.
- Roaf, S., Crichton, D. & Nicol, F., 2009. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide 2^e éd.*, Architectural Press.
- Sacre, C., 1983. *Le confort dans les espaces extérieurs : analyse microclimatique*, Nantes: Division Climatologie du C.S.T.B.
- Sandifer, S. & Givoni, B., 2002. Thermal Effects of Vines on Wall Temperatures; Comparing Laboratory and Field Collected Data. In *Proceedings of the Annual Conference of the American Solar Energy Society*. SOLAR 2002. Reno, Nevada, p. 6.
- Scaletsky, C.C., 2009. Recherche blue sky et les « super constantes »: la vision de Flaviano Celaschi. In *Conception architecturale numérique et approches environnementales*. Conception architecturale numérique et approches environnementales, Actes du 3^{ème} séminaire de conception architecturale. SCAN 09 Séminaire de conception architecturale numérique. ENSA de Nancy: Presses universitaires de Nancy., p. 85-95.
- School of Architecture, The Chinese University of Hong Kong, 2011. *Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment - Feasibility Study - Stakeholders Engagement Digest.*, Hong Kong: School of Architecture, The Chinese University of Hong Kong.
- Shaw, R., Colley, M. & Connell, R., 2007. How to implement adaptation through design and development. In *Climate change adaptation by design: a guide for sustainable communities*. London: Town and Country Planning Association, p. 16-47.
- Stewart, I.D., 2011. *Redefining the urban heat island*. Electronic Thesis or Dissertation. Vancouver, Canada: The University of British Columbia.
- Stewart, I.D. & Oke, T.R., 2010. Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural field sites. In *Preprints*. 9th Symposium on Urban Environment. Keystone, Colorado.

- Sun, R. & Chen, L., 2012. How can urban water bodies be designed for climate adaptation? *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), p.27-33.
- Susca, T., Gaffin, S.R. & Dell'Osso, G.R., 2011. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental Pollution*, 159(8-9), p.2119-2126.
- Syversen, I.L., 2012. Reality Studio - a search for design tools to meet complexity. In *Design Innovation for the Built Environment: Research by Design and the Renovation of Practice*. Grande-Bretagne: Routledge, p. 79-90.
- Taha, H., 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25(2), p.99-103.
- Tourre, V., 2007. *Simulation inverse de l'éclairage naturel pour le projet architectural*. France: Université de Nantes.
- US EPA, 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Available at: <http://www.epa.gov/heat island/resources/compendium.htm> [Consulté le mai 18, 2011].
- Velazquez-Lozada, A., Gonzalez, J.E. & Winter, A., 2006. Urban heat island effect analysis for San Juan, Puerto Rico. *Atmospheric Environment*, 40(9), p.1731-1741.
- Wilson, A., 2006. Passive Survivability: A New Design Criterion for Buildings. *Environmental Building News*, 15(5).
- Wong, N.H., Jusuf, S.K. & Tan, C.L., 2011. Integrated urban microclimate assessment method as a sustainable urban development and urban design tool. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), p.386-389.
- Yannas, S., 2001. Toward more sustainable cities. *Solar Energy*, 70(3), p.281-294.