Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier – méthode ADEQUA

Cherqui Frédéric

Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqué au Bâtiment, Université de La Rochelle, Av. M. Crépeau, 17042 La Rochelle Cedex (fcherqui@univ-lr.fr)

RESUME. La démarche HQE, puis l'émergence rapide et incontrôlée d'une volonté de "développement durable" dans le domaine de la construction, sont à l'origine de nouvelles exigences d'aménagement urbain. Or la prise en compte du concept de développement durable requiert une échelle d'étude plus large que celle du bâtiment. Ce travail concerne la mise en place d'une méthode d'analyse de variantes d'un projet d'aménagement d'un quartier. La quantification des indicateurs associés aux objectifs permet au professionnel de la construction, l'aménageur ou la collectivité de comparer différentes alternatives d'aménagement d'un quartier, à l'aide de diagrammes radars. La méthode « ADEQUA » est une contribution au projet national initié par le Ministère de l'Équipement et l'ADEME : le projet ADEQUA. Dans cet article, le choix de l'échelle d'étude est tout d'abord justifié, ensuite les principes généraux de la méthode sont énoncés, les objectifs retenus pour la comparaison des projets d'aménagement d'un quartier sont décrits. Dernièrement, la méthode proposée est mise en situation grâce à un cas d'étude.

MOTS-CLÉS : simulation, quartier, environnement, évaluation,

ABSTRACT. The fast and uncontrolled emergence of a will to promote sustainable development in the field of building construction generates new requirements for urban development. Besides technical solutions, the project manager or urban planner must take into consideration the overall impact of his project on the local and global environment as well as social trends, economic development, health and safety for users. Integration of a large number of evaluation criteria makes the assessment of such strategy very hard to carry out without a real methodological work. In the last few years, a strong effort has been made in order to organize this debate and various methods evaluating environmental quality of a building project have been proposed. However, this concept of sustainable development requires solutions at a higher level than the single building. This paper proposes a first methodological approach in order to evaluate the sustainability of a district project, in the framework of the French ADEQUA project. This methodology allows actors in the building sector to consider different sustainable alternatives for a project. No unique alternative fits perfectly to sustainable development principles, but there are several best solutions according to specific characteristics of a project and to its own objectives.

KEYWORDS : simulation, district, environment, evaluation.

---

1. INTRODUCTION

L'approche multicritère s'imposant progressivement dans le secteur du bâtiment, les opérations de construction ou de réhabilitation doivent à présent répondre à de nombreux critères parfois contradictoires. L'évolution des pratiques, des connaissances et des capacités de calcul entraîne un élargissement nécessaire de l'échelle d'étude envisagé : le bâtiment ne peut plus être étudié hors du contexte urbain environnant. Le choix de l'échelle d'étude détermine les personnes concernés, le niveau de précision souhaitable et les limites temporelles pour l'étude. Dans cet article, nous présenterons une méthodologie permettant d'évaluer différents projets d'aménagement d'un quartier à dominante résidentielle. Cette méthodologie développée dans le cadre de ma thèse (Cherqui, 2005) s'inscrit également dans le cadre du projet ADEQUA (Wurtz *et al.*, 2003) financé par le ministère de

l'équipement, le PUCA et l'ADEME. Le présent article rendant compte du travail de thèse se focalise sur la mise en place de la méthodologie et la définition d'objectifs liés à l'environnement, aux personnes et à la qualité des ambiances intérieures et extérieures.

2. LA METHODE ADEQUA

La méthode ADEQUA issue du projet du même nom a pour but de réaliser un outil d'aide à la décision lors de la réalisation ou de la réhabilitation d'un quartier résidentiel.

2.1. PORTEE DE LA METHODE

Les impacts des projets d'aménagement concernent différentes échelles allant de la parcelle à la planète. Ces projets d'aménagement concernent également différentes échelles : depuis la construction d'un bâtiment jusqu'à la planification urbaine. Chaque échelle de projet présente des spécificités intrinsèques et la figure 1 en présente certaines liées à la consommation d'énergie.

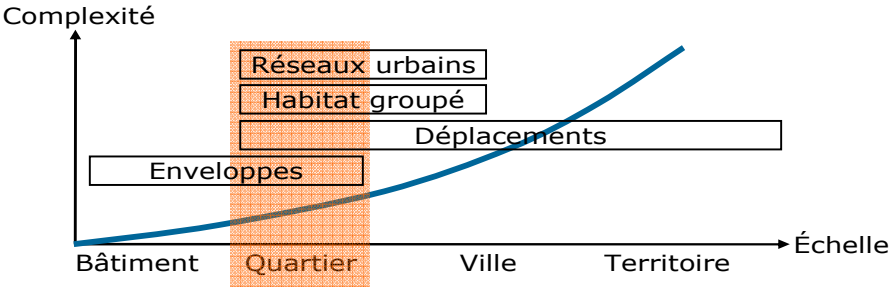

Figure 1 : Comparaison des échelles d'étude.

D'après (Owens, 1986), l'occupation du sol et la planification urbaine peuvent significativement influencer la consommation énergétique d'une communauté. La complexité de l'évaluation d'un projet croit naturellement en fonction de l'élargissement de la zone d'étude (voir figure 1), lorsque l'on souhaite garder un niveau de précision et un nombre de points d'évaluation constants. L'échelle adéquate se veut donc être un compromis entre une prise en compte trop parcellaire ou trop restreinte et une complexité inhibante : nous avons choisi le quartier comme échelle intermédiaire entre le bâtiment et la ville. Le quartier constitue un ensemble de vie cohérent et correspond mieux au niveau de résolution de nombreux problèmes tels que la collecte des déchets ou la limitation des nuisances (Cherqui *et al.*, 2004). De plus, à cette échelle la concertation est facilitée entre les élus, les (futurs) habitants, les associations, l'aménageur, l'urbaniste et les différents bureaux d'étude.

La méthode doit intervenir dès les phases initiales du projet, et elle doit pouvoir être applicable durant l'ensemble des phases de conception et construction du projet jusqu'à la vie du quartier ; la difficulté étant de s'adapter aux données disponibles. Concernant les besoins et les attentes des acteurs lors d'opération d'aménagement, l'aménageur est l'acteur clef et il reste en relation étroite avec une partie ou l'ensemble des intervenants. Le processus de construction est un travail collectif et non pas une succession d'étapes. L'implication de tous est la base nécessaire au bon fonctionnement de la méthode ADEQUA.

2.2. PRINCIPES GENERAUX

L'objectif principal de la méthode développée est de servir d'aide à la décision (sans prendre la place du décideur), par la visualisation des conséquences positives et négatives d'un projet. Les conséquences concernent l'analyse du cycle de vie complète du quartier depuis sa construction jusqu'à

sa démolition, en passant par la phase d'utilisation (soit une période de l'ordre de 100 ans). L'information doit donc être concise pour permettre une vue d'ensemble mais elle ne doit pas se résumer à une note globale unique. La démarche retenue est basée sur des objectifs évalués à partir d'un ensemble d'indicateurs (voir la figure 2) dont la grande majorité est quantifiable. La comparaison d'alternatives est basée sur des diagrammes radar, voir l'exemple du cas d'application figure 4. Cette visualisation offre de nombreux avantages tant au niveau de la compréhension que de la représentation, par ailleurs, ses limites ont étés clairement identifiées (Cherqui *et al.*, 2004).

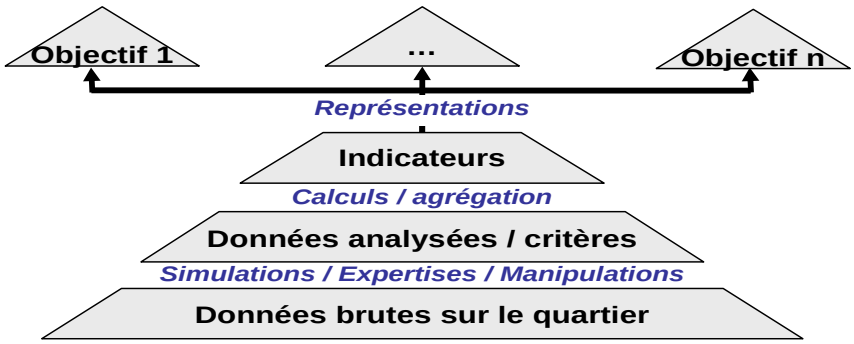

Figure 2: Principe de la méthode ADEQUA (Cherqui, 2005).

Ainsi une alternative ou proposition est évaluée à partir de la représentation d'un ensemble d'objectifs, eux-mêmes définis par différents indicateurs quantifiés à partir de données sur le quartier. L'optimum du diagramme radar est choisi comme la courbe extérieure du diagramme. La comparaison de deux alternatives est visuelle : ce mode de représentation permet de comparer les points forts et les faiblesses de chaque alternative et dans les cas plus ambigus où les alternatives semblent difficiles à départager, l'utilisateur pourra privilégier certains aspects.

3. LES OBJECTIFS ADEQUA

Le système d'objectifs a été décidé par l'ensemble des partenaires du projet ADEQUA, représentants plusieurs disciplines et plusieurs métiers. Nous limitons volontairement le nombre d'objectifs et d'indicateurs, afin d'offrir une vision compacte et compréhensive (Jesinghaus, 1999 ; Dhakal, 2002 ; Lopez-Ridaura *et al.*, 2002 ; Ronchi *et al.*, 2002). Conformément à nos domaines de compétence, seuls 4 objectifs sont traités en détail dans la suite de l'article. Le travail d'évaluation des 4 autres objectifs (tableau 1) peut suivre la même démarche, seules les compétences permettant d'établir les indicateurs et leur mode d'évaluation diffèrent.

Prendre en compte le patrimoine dans le sens large du terme (naturel, architectural, historique, etc.)
Favoriser le développement local : encourager le développement local du quartier (économique, culturel, etc.)
Renforcer la vie sociale par la conjonction de moyens hétéroclites (mixité, accession à la propriété, etc.)
Mettre en valeur la place du quartier dans la ville et assurer son intégration dans le tissu urbain

Tableau 1 : 4 premiers objectifs de la méthode ADEQUA.

Les objectifs retenus dans cette étude sont décrits ci-après. Le lecteur désireux de connaître plus en détail leur mode de calcul pourra se référer à ma thèse (Cherqui, 2005).

3.1. PRESERVER LES RESSOURCES

Les ressources concernées sont l'énergie primaire, l'eau, les autres ressources abiotiques épuisables (matériaux de construction et combustibles) et le sol. Un indicateur est défini pour chaque type de ressource. Le calcul de chaque indicateur prend en compte actuellement uniquement les bâtiments. L'indicateur d'énergie primaire est calculé en fonction de la consommation de chaque type d'énergie convertie en énergie primaire afin de pouvoir prendre en compte différents types d'énergie distribués sur une base homogène. Le deuxième indicateur mesure la quantité d'eau consommée au niveau du quartier pour le cycle de vie complet des bâtiments du quartier. L'ensemble des ressources épuisables consommées est calculé pour le cycle de vie des bâtiments. La consommation de surface équivalente de terrain (sol) est estimée grâce à la somme de chaque m² de terrain multiplié par un coefficient d'usage dépendant du type de terrain (de 0 pour une zone artificielle étanche à 1 pour une zone naturelle) ; la comparaison entre le projet étudié et l'état initial nous permet de connaître le changement de la valeur écologique du terrain.

3.2. PRESERVER L'ECOSYSTEME

La préservation de l'écosystème requiert de minimiser les risques pour la faune et la flore. Cela nécessite la prise en compte des impacts sur l'ensemble du cycle de vie du quartier. De même que pour l'objectif de préservation des ressources, l'analyse du cycle de vie du quartier est basée uniquement sur les bâtiments. Les indicateurs concernent les émissions et rejets ayant un impact local ou global sur l'environnement. Ils sont quantifiés à partir de la somme des quantités de substances émises multipliés par un coefficient caractérisant le potentiel de dégradation de l'écosystème. Le premier indicateur concerne les émissions des substances entraînant des pluies acides, qui ont un impact sur la végétation de manière directe (altération superficielle) ou indirecte (appauvrissement du sol). Le deuxième indicateur permet de prendre en compte les impacts des émissions toxiques pour la faune et la flore. Ces substances nocives proviennent des matériaux (principalement le bitume ou l'acier) et de la consommation d'énergie (principalement l'utilisation de charbon, mais pas exclusivement). Le troisième indicateur se rapporte à l'eutrophisation excessive des milieux aquatiques. L'eutrophisation désigne l'étouffement des milieux aquatiques du à un enrichissement trop important qui favorise la croissance des algues conduisant à l'asphyxie du milieu par la diminution de la transparence de l'eau (blocage de la photosynthèse) et par l'appauvrissement en oxygène due à décomposition des algues mortes par les microorganismes. Le dernier indicateur permet de quantifier la quantité de déchets inertes ultimes (restant après tri, recyclage ou incinération) produit sur le cycle de vie complet des bâtiments du quartier.

3.2.1. Améliorer la qualité des ambiances

Dans cet objectif est recensé l'ensemble des indicateurs permettant de juger de la qualité des ambiances intérieures et extérieures proposées aux futurs habitants du quartier ; cette décomposition intérieur – extérieur est utilisée également pour présenter les indicateurs. Les ambiances intérieures et extérieures proposées aux futurs habitants doivent être prise en considération lors de l'évaluation des projets d'aménagement d'un quartier. L'échelle d'étude implique cependant une faible connaissance de l'intérieur du bâtiment (disposition des espaces, systèmes, matériaux), mais l'aménageur, par ses choix, peut avoir une influence directe sur cette ambiance (par exemple sur l'éclairage naturel), et il peut faire des propositions à l'intention des futurs bâtisseurs de logements sur le confort hygrothermique ou acoustique. L'ambiance intérieure est caractérisée par les indicateurs de confort hygrothermique et aéraulique, de visibilité intérieure, d'éclairage naturel et d'espace intérieur disponible par habitant.

L'ambiance extérieure est caractérisée par le confort acoustique, la visibilité extérieure depuis la rue et les espaces verts et par l'ensoleillement des bâtiments et des espaces verts.

3.2.2. Préserver la santé et gérer les risques

Cet objectif regroupe trois catégories : la santé, la sécurité et les risques. Comme l'a montré clairement Jackson (2003), la santé publique dépend fortement de l'intégration de végétation, de lumière naturelle et d'un accès visuel et physique vers des espaces extérieurs. Ces aspects sont repris spécifiquement dans les objectifs de qualité des ambiances, de préservation du patrimoine et de développement local. D'autres indicateurs doivent être définis à partir de projets existants (IFEN, 2003, ARPE, 2004, Bornarel *et al.*, 2004, Carfantan *et al.*, 2005). Actuellement, nous concentrons l'analyse sur les indicateurs en rapport avec la santé des personnes : émissions de gaz à effet de serre, émissions de gaz toxiques pour l'homme et émissions de gaz à potentiel de smog d'été. Le smog d'été correspond à la production d'ozone photochimique, c'est-à-dire par décomposition de substances sous l'effet du rayonnement solaire. Il se forme essentiellement pendant l'été, durant les après-midi très chauds et ensoleillés, où le vent est faible. En plus de réduire la visibilité, les particules peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire et causer des risques pour la santé en particulier chez les personnes vulnérables dont les enfants et les personnes âgées. Le dernier indicateur concerne la production de déchets radioactifs, il correspond également à une préoccupation nationale (IFEN, 2003). Les déchets sont classés selon leur activité et leur durée de vie. Les déchets de catégorie A sont de faible ou moyenne activité et sont destinés à être stockés de l'ordre de 300 ans. Les déchets de catégorie B sont également d'activité moyenne ou faible, mais contiennent des éléments à très longue période comme les déchets de catégorie C, qui eux sont à très haute activité. Les déchets de type B et C doivent rester confinés pendant des milliers d'années.

4. CAS D'APPLICATION

Nous avons confronté la méthode élaborée avec un cas d'étude. A la demande de l'aménageur *Espaces Ferroviaires*, le LEPTAB a participé à l'aménagement d'une zone située en centre ville de La Rochelle, à travers l'évaluation de variantes envisagées et proposées par le cabinet d'urbanisme *AREP*. Le projet « Espaces Gare » porte sur trois quartiers à l'est, à l'ouest et au sud de la gare. Nous présentons dans cet article les résultats de l'étude menée sur le quartier est. Ce partenariat a conduit à l'application de la méthode et à un premier retour d'expérience.

4.1. PRESENTATION DU PROJET DE QUARTIER ET DES ALTERNATIVES

Les deux alternatives étudiées ont été proposées en juillet et en septembre 2005 par le cabinet d'urbanisme *AREP*. Nous avons accompagné le comité de pilotage du projet en évaluant chaque alternative, afin de l'aider à mieux cerner les implications des changements effectués. L'alternative proposée en juillet concerne la construction de 22 bâtiments en R+3 ou R+4, qui totalisent 19 500 m² de surface hors œuvre nette (SHON). L'alternative proposée en septembre totalise 12 bâtiments uniquement en R+3, avec une SHON équivalente conformément au souhait de l'aménageur. Ces deux alternatives sont présentées dans la figure 3.

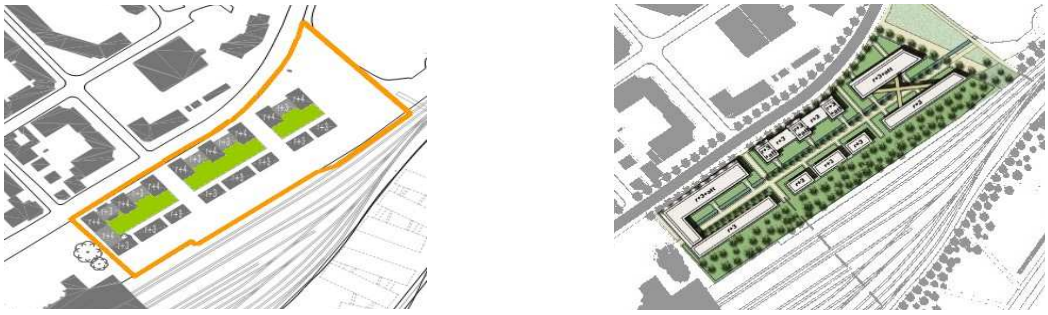

Figure 3: Présentation des deux alternatives pour le projet du quartier EST (à gauche l'alternative proposée en juillet et à droite celle proposée en septembre).

L'alternative proposée en septembre présente un regroupement plus important des bâtiments, une forme plus régulière de l'enveloppe des bâtiments (uniformisation de la hauteur et moins de variation de la largeur des bâtiments). Cette alternative offre aussi une surface d'espaces verts plus importante : ces espaces ne sont plus confinés au cœur du quartier mais étendu également autour des bâtiments.

4.2. HYPOTHESES ET EVALUATIONS

Étant donné le stade d'avancement du projet, nous disposons de peu de données précises et définitives sur la composition des enveloppes des bâtiments. La comparaison proposée a pour principal but d'aider à optimiser l'implantation des bâtiments, le choix des formes bâties et la localisation des espaces intérieurs (logements, commerces, etc.) et des espaces verts. Ces choix auront des conséquences sur l'ensemble des indicateurs. De nombreuses hypothèses sont donc nécessaires ; le choix des valeurs repose sur l'expérience acquise avec d'autres quartiers ou sur des mesures ou calcul provenant de la littérature. Les hypothèses sont les mêmes pour chaque variante pour limiter l'importance de ces données estimées. Au fur et à mesure de l'avancement du projet, il sera possible de fixer différentes variables et de calculer plus précisément les indicateurs. Les hypothèses traitent des aspects d'ensoleillement, d'énergétique, d'analyse du cycle de vie et d'acoustique ; elles sont énoncées et justifiées dans ma thèse (Cherqui, 2005).

4.3. ÉVALUATION DES INDICATEURS POUR LES DIFFERENTES ALTERNATIVES

Nous présentons ici les résultats des analyses menées sur les deux alternatives, figure 4. A partir de ce cas d'étude, on peut tout d'abord constater que l'alternative de septembre offre de nombreuses améliorations par rapport à celle de juillet. Cependant, les différences ne sont pas significatives pour certains indicateurs, car les alternatives ne représentent pas de modifications radicales dans l'implantation et l'enveloppe des bâtiments.

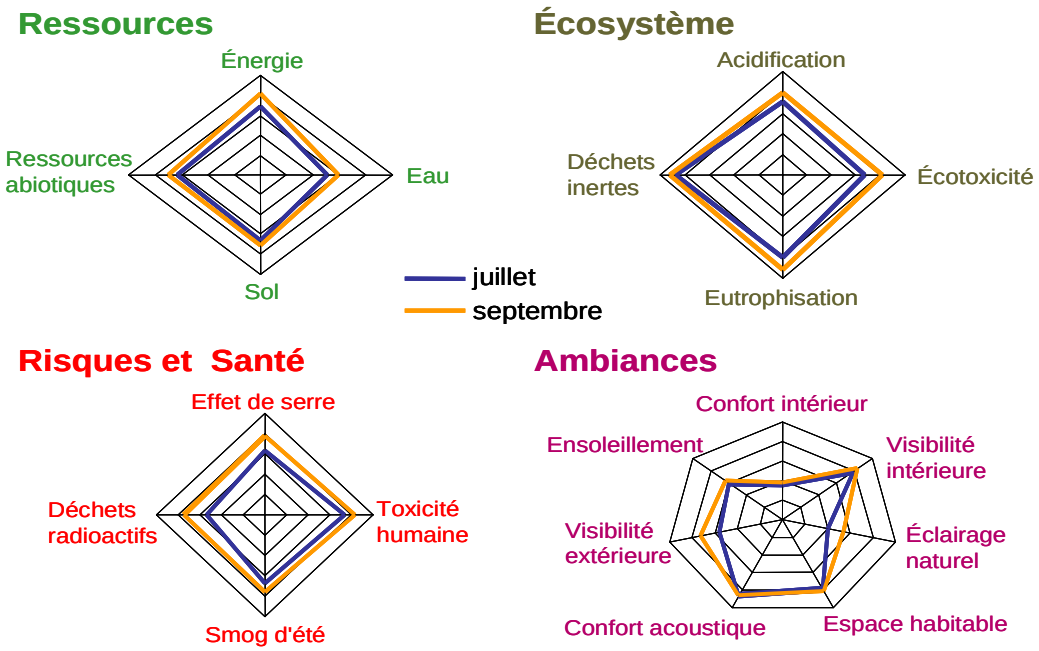

Figure 4 : Résultats de l'évaluation des deux alternatives de quartier (en bleu l'alternative proposée en juillet et en orange l'alternative proposée en septembre).

L'alternative de septembre sera préférée pour la réduction de nombreuses émissions, des déchets produits, pour l'amélioration de la visibilité extérieure et de l'éclairage naturel. La notion de synthèse est aussi plus marquée avec l'alternative de septembre car les écarts type entre indicateurs d'un même objectif sont plus faibles qu'avec l'alternative de juillet. Enfin, le choix est nettement simplifié par le fait qu'il n'existe pas d'indicateur pour lequel l'alternative de septembre est défavorable à celle de juillet. Le choix des valeurs de référence devra être affiné car il influe sur l'écart entre les indicateurs et il permet aussi de juger les alternatives de manière absolue et non l'une par rapport à l'autre.

A travers la confrontation de la méthode ADEQUA avec un cas d'application, nous avons pu montrer que l'ensemble des objectifs et indicateurs associés sont quantifiables, représentables et qu'ils aboutissent bien à une évaluation du quartier.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La comparaison d'alternative d'aménagement du quartier est réalisable et elle donne des résultats qui semblent probants. Dans la mesure où ce cas d'application n'est pas un exercice théorique ou pratique mais bel et bien un travail demandé par et pour des professionnels, le caractère opérationnel de cette méthode est démontré. Bien sûr il faut relativiser cette affirmation par l'absence de références pérennes et par les contraintes de ressources et de finances associées à l'utilisation des différents logiciels de simulation. L'outil développé au cours de ma thèse offre un moyen d'évaluer et de comparer les alternatives d'aménagement d'un quartier ; il permet à l'utilisateur d'interagir grâce à la visualisation immédiate des changements des diagrammes, en fonctions de la modification des données. L'utilisateur (aménageur, urbaniste, collectivité) peut aussi modifier la liste des indicateurs et choisir leur mode de calcul en fonction des spécificités d'un projet.

Ce travail ouvre de nouvelles perspectives de recherche. Tout d'abord, il est nécessaire de définir de nouveaux indicateurs afin de compléter l'évaluation des objectifs. Ensuite, l'application de la

méthode sur d'autres projets de quartier est indispensable pour bénéficier de retours d'expérience et pour rapprocher la méthode des données opérationnelles du terrain afin de simplifier son application.

6. BIBLIOGRAPHIE

ARPE (2004) « Indicateurs du développement durable urbain : présentation et description des indicateurs ».

Bornarel A., Coffre J.-L., Detrait G. (2004) « Urbanisme commercial et qualité environnementale - guide méthodologique ». Ile de France.

Carfantan G., Vignes-Rubio C., Bonnet K. (2005) « Méthodologie pour une démarche de qualité environnementale sur les opérations d'aménagement dans une perspective de développement durable », Chartres-de-Bretagne, mars 2005.

Cherqui F. (2005) « Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier - méthode ADEQUA ». Thèse doctorat. Université de La Rochelle, La Rochelle, France.

Cherqui F., Mora L., Wurtz E., et al. (2004) « Method to assess sustainable design of a district ». 21st International Conference Passive and Low Energy Architecture, Eindhoven, The Netherlands, p. 893-898.

Cherqui F., Wurtz E., Allard F., et al. (2004) « Caractérisation du développement durable à l'échelle du quartier : application du projet ADEQUA au cas d'étude de La Rochelle ». IBPSA France 2004, Toulouse.

Dhakal S. (2002) « Report on Indicator related research for Kitakyushu Initiative ». Ministry of Environment, Juin 2002.

IFEN (2003) « 45 indicateurs de développement durable : une contribution de l'Ifen ». IFEN, Etudes et travaux (2003) 144 pp.

Jackson L. E. (2003) « The relationship of urban design to human health and condition » Landscape and Urban Planning, vol. 64, n° 4, p. 191-200.

Jesinghaus J. (1999) « Indicators for Decision-Making »,European Commission, Ispra, Italie, 12 décembre 1999, 26 pp..

Lopez-Ridaura S., Masera O., Astier M. (2002) « Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework » Ecological Indicators, vol. 2, n° 1-2, p. 135-148.

Owens S. (1986) « Energy, Planning and Urban Form », Newnham College, Cambridge, Pion Limited.

Ronchi E., Federico A., Musmeci F. (2002) « A system oriented integrated indicator for sustainable development in Italy » Ecological Indicators, vol. 2, n° 1-2, p. 197-210.

Wurtz E., Achard G., Dufrasnes E., et al. (2003) « Projet ADEQUA : élaboration d'une méthodologie d'aide à la décision lors de la réalisation ou de la réhabilitation d'un quartier résidentiel », présentation du projet, 2003.