

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy
Université Henri Poincaré (Nancy 1)
Institut National Polytechnique de Lorraine

Mémoire de Master Design Global, spécialité « Architecture, Modélisation, Environnement »

Qualité Environnementale des Bâtiments
Modélisation et Visualisation de « Patterns » pour assister la conception

REDON Adeline

Sous la direction de : Monsieur Jean-Claude BIGNON

Laboratoire d'accueil : CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie)

Septembre 2010



Nancy-Université
INPL



Remerciements

En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à l'ensemble des enseignants du Master Architecture, Modélisation et Environnement, qui nous ont suivis dans le cadre de cette formation, ainsi que l'ensemble de l'équipe du MAP-CRAI pour son accueil et son écoute au sein du laboratoire de recherche.

Je tiens à remercier plus particulièrement Monsieur Jean-Claude Bignon, directeur de stage et enseignant, pour le suivi et l'intérêt qu'il a pu porter à mon travail, et pour les connaissances qu'il a bien voulu me transmettre.

Mes remerciements s'adressent également à Vida Gholipour, étudiante doctorante, pour m'avoir intégrée dans la continuité de sa recherche, expliqué sa démarche et permis de comprendre son travail.

Enfin, je remercie Monsieur Pascal Humbert pour son investissement dans le cadre de cette recherche.

Sommaire

INTRODUCTION	7
1. PROBLEMATIQUE	9
1.1 Développement durable et monde de la construction	9
1.2 La notion de conception environnementale et les outils associés	11
1.3 Objectifs par rapport aux Eco-Patterns	13
2. ETAT DE L'ART	15
2.1 Le <i>Pattern Language</i>, de Christopher Alexander	16
2.1.1 La notion de « <i>Pattern</i> »	16
2.1.2 Caractéristiques des <i>Patterns</i>	17
2.1.3 Structuration des <i>Patterns</i> en un véritable langage	18
2.2 La philosophie du retour d'expérience	19
2.2.1 Le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC)	19
2.2.2 La méthode TRIZ (Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs)	22
2.3 Les Eco-Modèles, réinterprétation des <i>patterns</i>	24
2.3.1 Définition de la notion d'Eco-Modèle	24
2.3.2 Méthode d'identification et de sélection des Eco-Modèles	25
2.3.3 Catégorisation des Eco-Modèles	26
2.3.4 Modélisation des Eco-Modèles	26
2.3.5 Synthèse et Perspectives	27
2.4 Conclusion	28
3. DEFINITION DE NOUVEAUX ECO-MODELES	31
3.1 Eco-Modèles en attente	32
Arbres feuillus	32
Flexibilité des espaces	32
Piscines écologiques	33
Récupération d'énergie	33
Récupération des eaux pluviales	33
Système d'isolation par l'extérieur	34

3.2 Eco-Modèles développés	35
EM 32 Bâtiment Hors-Sol	35
EM 33 Encorbellement de façade	37
EM 34 Bâti Densifié	39
EM 35 Produits Recyclés	41
EM 36 Jardins verticaux	43
EM 37 Module Tridimensionnel	45
EM 38 Toiture courbe	47
EM 39 Mur Capteur Thermique	49
EM 40 Démontable en fin de vie	51
EM Éolien Urbain	53
EM Forme Triangulaire	55
3.3 Conclusion	57
4. VERS UN OUTIL DE SYNTHÈSE DES SÉLECTIONS	59
4.1 Démarche et première hypothèse posée : les relations avec les cibles privilégiées	60
4.1.1 Méthode	62
4.1.2 Exemple et questionnements	65
4.1.3 Conclusion et résultats	69
4.2 Approfondissement et précision de la méthode proposée	70
4.1.1 Précision de la méthode	70
4.1.2 Validation de la méthode	75
5. CONCLUSION	76
TABLE DES FIGURES	79
RESSOURCES BIBLIOGRAPHIQUES	81
ANNEXES	85
1. Exemple d'un <i>Pattern</i> , extrait issu de l'ouvrage <i>A Pattern Language</i>	86
2. Définition des différentes cibles, décrites dans l'outil EcoMod	88
3. Tableau récapitulatif des réalisations liées aux nouveaux Eco-Modèles développés	92
4. Présentation de l'interface utilisateur de l'outil EcoMod	94
5. Tableau de synthèse des relations existantes entre les Eco-Modèles	98
6. Tableau de synthèse des relations entre les Eco-Modèles et les cibles	99
7. Tableau synthétisant les cibles communes aux Eco-Modèles	100

Introduction

Ce travail de recherche, d'une durée de cinq mois, s'est effectué dans le cadre du Master Design Global spécialité « Architecture, Modélisation, Environnement », au sein du laboratoire MAP-CRAI, le CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie) étant le laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy. Le CRAI conduit des travaux répondant à des problématiques variées. Il mène des recherches dans le domaine des modèles, de la simulation pour l'architecture, et développe aussi des méthodes et outils informatiques relatifs à la conception architecturale, urbaine, patrimoniale et technique, et ce, en partenariat avec des organismes d'Etat, d'autres centres de recherches, et des industriels privés et publics.

La notion de conception architecturale est abordée sous différentes thématiques au sein du laboratoire. Elle représente une notion essentielle dans le cadre de la recherche qui va être exposée.

La question environnementale représente aujourd'hui un sujet fondamental et essentiel pour la préservation et l'avenir de notre planète. La prise de conscience concernant ce sujet est en marche, et il s'agit d'outiller les différents intervenants afin qu'ils puissent concevoir et construire des projets en accord avec notre environnement, et ce, en toute sérénité. Le sujet traité tâchait donc de développer l'idée de l'intégration des données environnementales dès la phase d'esquisse du projet. La manière dont les bâtiments sont aujourd'hui conçus et construits est ainsi remise en cause et questionnée.

Le travail que j'ai effectué, intitulé :

« Modélisation et visualisation de « *patterns* » pour assister la conception »

s'inscrit dans la continuité du travail de thèse mené par Vida Gholipour depuis bientôt trois ans.

Fondée sur la notion de « Pattern » développée par Christopher Alexander¹, cette recherche met en place une méthode pour intégrer les données environnementales dès la phase conceptuelle et d'esquisse du projet architectural. La notion d'Eco-Modèle, qui sera définie dans cet exposé, a été développée et constitue une réinterprétation de la notion de « Patterns » dans le cadre de projets « environnementaux » et « durables ». Elle induit une méthode basée sur l'idée de « modèle » et de « patron de conception » au sens où elle apparaît chez Christopher Alexander.

Les objectifs fixés par le contexte de cette recherche s'inscrivent dans deux directions. Le premier axe de travail était d'enrichir la banque de « formes-solutions » ou plus précisément « d'Eco-Modèles » actuellement proposés à l'utilisateur. Cette démarche avait pour but d'évaluer, de valider, voire d'améliorer le modèle de développement des Eco-Modèles proposé jusqu'ici. Leurs critères de sélection, déterminés et testés dans le cadre du travail de Vida Gholipour, ont ainsi pu être réinterrogés. Enrichir le corpus proposé par l'analyse d'autres opérations dites « environnementales » a été le premier objectif de ce stage. Le second axe de travail était de mener une réflexion, voire d'établir une proposition sur la spécification d'un outil de navigation, de visualisation et de synthèse d'Eco-Modèles sélectionnés. Plus qu'une consultation, l'outil offrirait donc une nouvelle perspective à l'utilisateur. Il s'agissait de lui offrir une nouvelle dimension, celle d'un outil actif, qui serait capable d'établir des propositions.

Après une présentation du contexte au cœur de la problématique, le point sera fait sur l'état de l'art, notamment dans le domaine de la capitalisation et la réutilisation des connaissances, mais aussi dans celui des « Patterns ». Ensuite, le travail de Vida Gholipour et notamment les critères de sélection et de pertinence des Eco-Modèles seront précisés, dans le but de situer et de contextualiser de manière claire le travail effectué.

La seconde partie de ce mémoire évoquera le travail réalisé durant le temps imparti. Dans un premier temps, la remise en cause de la méthode de sélection des Eco-Modèles, et son enrichissement sera évoqué. Puis, dans un second temps, la proposition réalisée pour développer l'outil et lui donner, outre la possibilité de consultation, une possibilité de synthèse, sera exposée, questionnée et interprétée.

¹ Christopher Alexander (1936-), anthropologue et architecte anglais, auteur notamment des ouvrages « *The Nature of Order* » (2002), « *A Pattern Language* » (1977), « *The Timeless Way of Building* » (1979), ... est à l'origine de la notion de « patron de conception » ou « patterns ». Cette notion sera définie dans les paragraphes suivants.

1. Problématique

Aujourd'hui, un grand nombre de pratiques, que ce soit en architecture ou dans le milieu de la construction, sont remises en question. De nombreux secteurs s'intéressent à la notion de durabilité. Les changements climatiques et l'augmentation du coût de l'énergie alertent notamment les acteurs de la construction, qui sont directement concernés par ces bouleversements. C'est dans ce contexte que s'insère la réflexion exposée tout au long de ce mémoire.

1.1 Développement durable et monde de la construction

La notion de « développement durable » ou « Sustainable Development » fait aujourd'hui partie intégrante de notre vocabulaire, et notamment de celui de l'architecte. Apparue et surtout définie depuis 1987 (Rapport Brundtland)², la notion de développement durable met en relation enjeux économiques, sociaux, et surtout environnementaux afin de pouvoir penser et construire l'avenir. Comment concilier progrès économique et social sans pour autant sacrifier l'équilibre naturel de notre planète ? Car notre futur s'attache à la notion de développement durable, qui ne sera efficace que si elle induit une cohérence et un équilibre entre les trois dimensions évoquées précédemment, c'est-à-dire économique, sociale et écologique. La prise de conscience concernant la valeur de nos ressources et notre influence sur la planète semble, à ce jour, enclenchée.

Certes, le terme développement durable est apparu en 1987, mais les enjeux environnementaux et leurs relations avec les activités humaines sont des questionnements présents depuis bien plus longtemps, apparaissant déjà dans les philosophies grecques et romaines. C'est à partir des années cinquante que le concept se développe de manière significative, avec la publication du premier « Rapport sur l'Etat de l'Environnement dans le Monde » par L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 1951).

² Rapport au nom de Gro Harlem Brundtland (ministre norvégienne de l'environnement à l'époque), qui a présidé la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement. Aussi intitulé *Notre avenir à tous*, ce rapport définit la politique nécessaire pour parvenir au développement durable (publié en 1987).

Dès 1970, le danger provoqué par la croissance économique et démographique au niveau de la surexploitation des ressources naturelles est dénoncé par le Club de Rome³, ce dernier considérant alors développement économique et protection de l'environnement contradictoires. Mais, en 1972, avec la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement humain de Stockholm, la notion d'éco-développement est née, et on prend conscience qu'il est essentiel de remettre en cause certains modes de développement. Certes, la notion d'éco-développement ne perdurera pas, mais l'idée d'un développement qui ne soit pas guidé uniquement par une vision économique entre dans les mœurs. En effet, les exigences sociales, mais surtout écologiques sont essentielles, et vont se développer tout au long des années 80. La consécration de cette réflexion aboutit, comme il a été dit précédemment, à la création et la définition du concept développement durable, comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacités des générations futures à répondre aux leurs »⁴. Cette notion est adoptée par 182 états dès 1992 à Rio de Janeiro, dans le cadre de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement. L'approche du développement durable sera ensuite précisée, développée au travers de différents évènements (1993, Conférence mondiale sur les droits de l'homme ; 1995, Sommet mondial sur le développement social ; 2002, Sommet mondial sur le développement durable,...).

Concernant dans un premier temps les scientifiques, Organisations Non Gouvernementales, puis les gouvernements et nations, les acteurs du développement durable ont évolué ces dernières années. Aujourd'hui, chacun est concerné par la préservation de notre planète, et il est nécessaire de changer les pratiques à chaque échelle, et ce, dans tous les domaines.

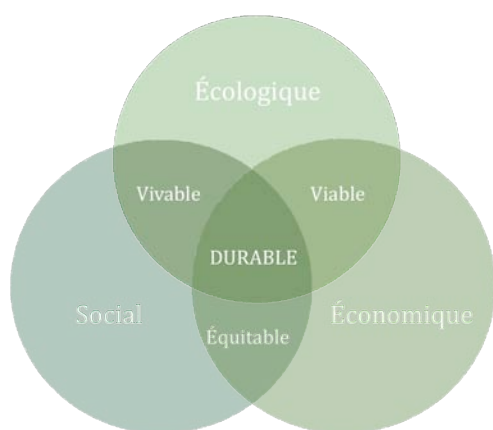


Figure 1 Les trois piliers du développement durable

³ Le premier rapport du club de Rome, *The Limits to Growth* (Halte à la croissance?) souligne, en 1972, les conséquences écologiques du développement économique et démographique.

⁴ Définition du concept de Développement Durable, décrite dans le cadre du rapport Bruntland, lors de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (1987).

Le secteur du bâtiment représente, à lui seul, plus de 40% de la consommation d'énergie en France. C'est un domaine complexe, qui induit l'intervention de multiples acteurs, la mise en place d'installations variées et de procédés à différentes échelles. Que signifie qualité environnementale dans un tel domaine ? Les fonctions remplies par un bâtiment sont multiples, et les exigences complexes.

« Un bâtiment constitue un lieu intermédiaire entre ses occupants et l'environnement extérieur, ayant pour but de constituer un espace approprié aux activités prévues (logements, activités professionnelles, etc.) tout en s'intégrant dans le site »⁵.

L'exigence d'un confort accru, l'augmentation des populations dans les villes, l'utilisation de nombreuses matières premières, la production d'importants déchets,... sont autant de données constituant le milieu de la construction. Pour une architecture donnée, la qualité environnementale est intrinsèquement liée à la qualité des ambiances intérieures proposées, mais aussi aux impacts environnementaux du bâtiment dans son ensemble, et même bien au-delà. C'est également la manière de concevoir, de construire, de gérer un chantier, de produire des matériaux,... qui est remise en question.

C'est donc dans ce contexte que les notions de développement durable et de qualité environnementale ont été interrogées. Comment les intégrer dans l'architecture et les constructions actuelles ?

1.2 La notion de conception environnementale et les outils associés

« Les problèmes de l'environnement doivent être considérés le plus tôt possible, si non, les changements postérieurs au dossier coûteront de l'argent et des ennuis »⁶.

Le processus de conception est une phase du projet architectural complexe, tant au niveau de l'élaboration d'un bâtiment qu'au niveau des choix portant sur la notion de qualité environnementale. Le processus architectural est d'ailleurs dans son ensemble difficile à définir. En effet, il se compose de nombreuses étapes, de nature et de précisions différentes, et chacune complétée par de nouveaux intervenants. Cette complexité est cependant une grande composante de la richesse de ce domaine.

⁵ Peuportier Bruno, *Eco-conception des bâtiments, Bâtir en préservant l'environnement*, Paris : Presses de l'école des mines de Paris, 2003, Citation p. 3

⁶ Lowton, R.M., 1997, *Construction and the Natural Environment*, Butterworth Heinemann, Oxford.

La conception architecturale se compose de plusieurs étapes, et dans chacune d'elles, les critères environnementaux doivent être intégrés. Notre sujet s'oriente principalement sur les phases de conception d'esquisse et d'avant-projet, mais aussi sur la phase de qui permet souvent de valider les choix effectués en terme d'implication environnementale. Ces moments du projet paraissent les plus adaptés aux réflexions concernant ce domaine, car, plus le projet évolue, et plus il sera difficile d'y intégrer les notions environnementales (éléments validés remis en question,...).



Figure 2 *Le processus d'évolution du projet architectural*

À chacune des phases de conception et de réalisation d'un projet correspond un niveau de définition, notamment sur le thème des approches environnementales. Ainsi, pour être efficaces, les outils d'aide à la conception doivent être cohérents et adaptés au niveau de définition correspondant à ce niveau projectuel.

L'intégration du développement durable au cœur du secteur de la construction étant pourtant relativement récente, des outils se sont rapidement développés afin de pouvoir aider les différents intervenants dont, entre autres, l'architecte, tout au long du processus constructif,

Évaluer la qualité environnementale d'un bâtiment consiste à évaluer ses performances dans le champ du développement durable.

Les outils existants et concernant l'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments s'orientent actuellement vers différentes méthodes. D'une part, les approches par référentiels permettent d'évaluer la performance environnementale des bâtiments en fonction, entre autre, de labellisation et de check-list. Par exemple, des certifications du type de celles proposées par l'association HQE (*Haute Qualité Environnementale*), la certification *Habitat & Environnement*, *BBC Effinergie* (Bâtiment Basse Consommation), *Minergie*,...sont souvent utilisées. Un autre modèle d'évaluation se développe à travers la simulation des comportements des bâtiments, notamment au niveau des ambiances thermiques, acoustiques, lumineuses,... qui nécessitent la définition précise de données sur un thème ciblé (thermique avec, par exemple, *PLEIADES-COMFIE* ; analyse de cycle de vie avec *EQUER*,...).

Or, ces outils restent aujourd'hui le plus souvent concentrés sur un aspect particulier du projet plutôt que sur son approche globale. Pour être utilisés, ils requièrent un état d'avancement important, la phase de conception du projet étant laissée à l'écart. Ces outils se révèlent bien souvent inadaptés aux situations de conception, étant données les quantités d'informations nécessaires à fournir pour obtenir une évaluation de la qualité environnementale. On peut donc dire que la démarche environnementale, dans le monde de la construction, reste peu instrumentée, notamment dans le champ de la conception architecturale. Les outils existants sont plus aptes à décrire, classifier ou simuler une proposition qu'à aider à formuler cette même proposition, et s'utilisent sur le bâtiment construit, plutôt que sur le bâtiment conçu.

Ainsi, cette recherche a pour objectif d'enrichir et de faire évoluer un outil proposé dans ce contexte, afin de le rendre le plus efficient et intéressant possible dans une situation de conception environnementale.

1.3 Objectifs par rapport aux Eco-Patterns

Dans le cadre de la recherche menée par Vida Gholipour, dans laquelle mon travail s'insère, l'approche par patterns a été privilégiée. En s'appuyant sur le « Pattern Language » développé par Christopher Alexander, et dans le domaine de la qualité environnementale, l'idée d'Eco-Pattern, Eco-Patrons, ou Eco-Modèle a pu être interprétée.

L'utilisation de « patrons » ou « modèle » est un dispositif heuristique proposé comme réponse aux situations complexes de conception. Dans son ouvrage « *A pattern Language* », Christopher Alexander a défini plus de deux cent cinquante patterns. Ces patterns composent un véritable système relationnel créant ainsi un langage à part entière. Ces composants, véritables « sous-ensembles de conception »⁷, s'inscrivent dans une dimension globale, nécessaire à une activité de conception (le « langage »).

⁷ Article, BIGNON J-C., V. GHOLIPOUR, et L. MOREL-GUIMLARES, 2009 *Les éco-modeles : Une méthode d'aide à l'Eco-conception de bâtiments durables*, Colloque CONFERE'09, Marrakech, Juillet 2 et 3

« Chaque patron décrit un problème qui se manifeste constamment dans notre environnement, et donc décrit le cœur de la solution à ce problème, d'une façon telle que l'on puisse réutiliser cette solution des millions de fois, sans jamais le faire deux fois de la même manière »⁸ Christopher Alexander, 1977.

Basée sur cette définition des « patterns », la notion d'Eco-Modèle a été retenue, considérée comme un modèle de solution capable d'être réutilisé de manière efficace, et ce, dans le champ de la qualité environnementale. Il s'agit d'un dispositif spatial, technique, identifié à travers l'analyse de bâtiments reconnus pour leurs qualités dans ce domaine.

Le présent stage de recherche a donc pour principal objectif d'enrichir le corpus d'Eco-Modèles⁹ proposé, par l'analyse de différentes opérations « environnementales ». Il s'agit également de valider et d'interroger la méthode actuellement proposée pour sélectionner ces « patterns », et, par conséquent, enrichir l'outil développé jusqu'alors. Enfin, un autre axe de recherche a été déterminé. L'outil de navigation et de visualisation des Eco-Modèles se compose aujourd'hui d'un espace de consultation. Il s'agit donc de réfléchir à une méthode permettant de lui attribuer un caractère actif, en outre, de donner à cet outil une dimension de synthèse.

⁸ ALEXANDER, C. et al, 1977, *A Pattern Language*. New-York : Oxford University press, 1171 p.

⁹ Les Eco-Modèles seront intitulés également « EM » dans le cadre de ce mémoire.

2. Etat de l'art

L'utilisation de solutions ayant déjà été testées et ayant fait leurs preuves est, dans quelque domaine que ce soit, une démarche humaine couramment, voire quotidiennement exploitée. Tirer des leçons de ses expériences passées pour s'améliorer au fil du temps est une idée récurrente dans nos sociétés, tant d'un point de vue personnel que professionnel (gestion d'entreprise,...). Elle apparaît comme un moyen efficace de s'approcher de l'idée de perfection. Cette idée se rapproche de la notion d'« échelle de modèle », développée dans le domaine de l'architecturologie par Philippe Boudon, d'ailleurs cité ci-dessous. Il définit cette notion comme « une classe d'opération qui consiste à reprendre un modèle antérieur tout en effectuant éventuellement des modifications de divers degrés et de diverses natures ».

« Une autre phrase d'Alain m'avait frappé [...], qui disait que « *Tout bateau est copié d'un autre bateau* ». J'y reconnaissais une sorte de micro-théorie de l'architecture, pensant à tant de temples copiés d'autres temples, de châteaux copiés d'autres châteaux, de chapiteaux copiés d'autres chapiteaux. [...] On peut en effet reconnaître dans la première phrase d'Alain, l'idée courante de « modèle », dans la seconde, de Valéry, l'idée courante d' « échelle ». La phrase d'Alain qui veut que tout bateau soit copié d'un autre bateau contient un fond de vérité, évocatrice qu'elle est de l'idée de modèle. Pour autant, la pertinence du modèle a ses limites qui sont, justement, d'échelle : pour rester dans l'architecture navale (qui est celle dont parle le Socrate de Valéry) la barque ne saurait être reproduction du paquebot et *vice versa*. »

Philippe Boudon¹⁰, 2009

Cette citation permet d'introduire la notion de « pattern » autour de laquelle s'est développée cette recherche, et que nous allons expliquer.

Il s'agit, dans les paragraphes suivants, de faire le point sur certaines applications liées aux notions de « modèle » et de « retour d'expérience » et de comprendre comment ces notions ont été réinterprétées par Vida Gholipour dans le cadre de son travail de thèse, orienté sur l'aide à la conception environnementale.

¹⁰ BOUDON, P., 2009, *Complexité de la conception architecturale : Conception et Représentation*, Synergies Monde n° 6, p. 105-110

2.1 Le *Pattern Language*, de Christopher Alexander

Dans l'ensemble de l'œuvre de l'anthropologue et architecte Christopher Alexander, l'ouvrage « *A Pattern Language* »¹¹ développe une véritable philosophie de l'architecture, et tente à la fois de lui extraire, mais aussi de lui apporter des règles. L'approche par « patterns » représente un véritable dispositif heuristique, ayant comme objectif de proposer un guide pour répondre aux situations complexes de conception.

2.1.1 La notion de « *Pattern* »

Christopher Alexander sera, tout au long de sa vie, à la recherche de « l'Insaissable », de la « qualité sans nom », d'une forme de totalité harmonieuse qui font que les choses paraissent évidentes une fois accomplies.

« On sait bien qu'il se passe parfois des choses qui vont au-delà de l'architecture, mais on ne sait pas en parler ». ¹²

Christopher Alexander définit la conception de la manière suivante : il s'agit de « trouver une bonne adéquation entre la forme et le contexte (comme une chaussure va 'au pied'). La forme est la solution au problème. Le contexte définit le problème. Une mauvaise adéquation ('misfit') exige que l'on reprenne tout à zéro et que l'on recommence »¹³. L'architecte, dans sa réflexion conceptuelle, est face à des milliards de possibles. Le bon sens peut, à lui seul, en éliminer une grande partie. Cependant, pour un problème posé, la multiplicité des solutions reste présente, et des choix doivent être faits. Comment juger la pertinence d'une solution par rapport à une autre ? Pourquoi privilégier la solution A à la solution B ? Face à ces questionnements, Christopher Alexander énonce, dans son ouvrage « *A Pattern Language* », 253 patterns, chacun défini comme une configuration reliant un problème à une solution dans un contexte donné, et repéré par un numéro et une dénomination. Rédigés à un niveau d'abstraction moyen afin de laisser au concepteur une marge créative, il cherche à les organiser selon une « hiérarchie de sous-systèmes ».

¹¹ ALEXANDER, C. et al, 1977, *A Pattern Language*. New-York : Oxford University press, 1171 p.

¹² Philippe Deshayes, à propos de Chartres, 1999. « Discussion », *Programme 'Modélisation de la complexité'*, Lyon, 1-2 Février 1999. (cité dans l'article de Quillien, J., 1993, *Saisir l'Insaissable : Dans le sillage de Christopher ALEXANDER*. p. 5)

¹³ Quillien, J., 1993, *Saisir l'Insaissable : Dans le sillage de Christopher ALEXANDER*. p.9-10

C'est à partir de cette volonté d'organiser et de cataloguer des « patterns archétypaux » que sa réflexion va se porter dans cet ouvrage. Afin de préciser cette organisation, un exemple de pattern issu de l'ouvrage « *A Pattern Language* » est situé en annexe.

Le travail de Christopher Alexander, comme nous l'avons vu précédemment, s'est développé autour de la recherche de solutions archétypales, appelées aussi « patterns ». Pour résumer, ces patterns se définissent comme des « ensembles », « configurations » ou même « motifs » reliant une solution à un problème, et ce, dans un contexte donné.

2.1.2 Caractéristiques des *Patterns*

La pertinence d'un pattern peut s'évaluer à partir de la fréquence de son utilisation. Une solution fréquemment utilisée sera plus aboutie et aura probablement plus de capacité à être réinterprétée qu'une solution utilisée rarement. Face au problème posé, on peut alors réinterpréter ces solutions, et les adapter.

Un problème soulevé de manière fréquente met en avant une solution testée dans différents contextes, et c'est justement cette solution qui devient alors candidate au titre de « pattern ».

De nombreux patterns peuvent ainsi être issus des traditions architecturales et architectures vernaculaires. Un pattern considéré comme « efficient » est formé et perfectionné par le temps, et par ses utilisations dans des contextes variés. Il est un *fruit du temps*. Les patterns de l'ouvrage *A Pattern Language* proviennent pour la plupart de cultures traditionnelles où le bâtisseur se confond avec l'habitant.

Une autre caractéristique des patterns est qu'ils doivent être définis à un « niveau d'abstraction moyen », de manière à proposer des lignes directrices sans pour autant compromettre les marges de liberté du concepteur. Les patterns ne sont pas à appliquer rigoureusement pour « faire un bon bâtiment ». Chaque pattern se compose d'une description du processus qui mène au résultat souhaité, avec un certain nombre d'actions à entreprendre pour y arriver, ainsi que d'une description du résultat lui-même, le but étant d'ouvrir les possibles au regard de l'architecte.

2.1.3 Structuration des *Patterns* en un véritable langage

Les 253 *Patterns* de Christopher Alexander peuvent être considérés en tant de sous-ensembles de conception constituant un langage. Ils s'inscrivent dans un véritable système relationnel, qui permet de conserver la dimension globale nécessaire à la conception et à la création, d'où l'idée du *Pattern Language*.

La méthode proposée par Christopher Alexander ne s'attache donc pas seulement à la définition des patterns en tant que tels. Chacun d'entre eux s'inscrit dans un système de relations. Les modèles, outre leur définition donnée par l'ensemble « contexte, problème, solution », sont caractérisés par ce système de relations, qui symbolise l'interdépendance des patterns.

« Une *langue* de patterns est un sous-ensemble cohérent de patterns et de règles combinatoires qui, à l'instar d'un pattern individuel, peut donner lieu à un nombre infini de variations. »¹⁴

C'est à partir de ces données que le concept d'« Eco-Modèle » s'est défini, réinterprétant les données offertes par le *Pattern Language*, et ce, dans le contexte de la conception environnementale.

¹⁴ Quillien, J., 1993, *Saisir l'Insaisissable : Dans le sillage de Christopher ALEXANDER*. p.13

2.2 La philosophie du retour d'expérience

Développée principalement dans le domaine de l'informatique, la démarche fondée en outre sur le retour d'expérience et la capitalisation des connaissances a fait l'objet de nombreuses recherches dans des domaines tel que la psychologie ou le développement d'intelligence artificielle.

Les travaux ayant pour objectif de doter les systèmes d'une mémoire afin de résoudre de nouveaux problèmes posés s'inspirent de la manière dont les êtres humains sont capables de raisonner.

Le retour d'expérience se base sur l'idée que l'on peut se perfectionner en tenant compte des connaissances issues de ses expériences passées, et qui permettent, face à un problème inédit, de l'interpréter et de le résoudre plus efficacement.

Afin de préserver, de capitaliser et de transmettre leurs connaissances et savoir-faire, les entreprises ont bien souvent recours à cette méthode. Elles ont, en effet, rapidement compris que, pour être efficaces dans un environnement où la concurrence est importante, il est essentiel d'exploiter au mieux les connaissances déjà existantes dans l'entreprise afin de les développer, d'optimiser le temps et d'améliorer leur fonctionnement. Le retour d'expérience a donc pour objectifs la transmission des connaissances entre les personnes, la résolution de problèmes, et la mémorisation des connaissances une fois le problème résolu.

2.2.1 Le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC)

Il existe plusieurs méthodes permettant de développer la notion de retour d'expérience. Celle que nous allons voir maintenant est une méthode développée dans le cadre de l'ingénierie des connaissances. La capacité de l'homme à utiliser et adapter des expériences passées dans le but de résoudre de nouveaux problèmes est la base des travaux de Schank et Riesbeck (1989), dans lesquels apparaît pour la première fois le terme de Raisonnement à Partir de Cas (Case-Based Reasoning).

La capacité d'un humain à agir face à un problème qui lui est posé est liée à sa capacité à l'expliquer, et ce processus d'explication est lui-même issu de ses connaissances et de sa mémoire. En ce sens, les travaux de Riesbeck et Schank se différencient des théories établies à l'époque. Les méthodes alors existantes, appelées raisonnement à base de règles, reposaient sur l'idée de chaque domaine est fondé sur un système de règles.

Si un expert de ce domaine est amené à expliquer le raisonnement qu'il utilise pour résoudre un problème posé, c'est en dictant des règles qu'il le ferait. Or, Riesbeck et Schank développent la notion d'explication, en tant que processus central à notre compréhension quotidienne. Cette notion induit la prise en compte de l'expérience de l'expert, autrement dit de l'ensemble de ses connaissances. Ces connaissances lui permettent, en cas « d'exception à la règle », de pouvoir résoudre tout de même le problème posé.

L'objectif du RàPC (Raisonnement à Partir de Cas) est donc de résoudre les problèmes auxquels on est confronté, en se basant sur la réutilisation par analogie d'expériences passées. La notion de « cas » décrit ces expériences. Un cas est un épisode de résolution du problème. Il s'agit d'une expérience à laquelle quelqu'un s'est déjà confronté, et dont il peut y avoir un enseignement à tirer. Un cas se définit également par des caractéristiques (appelées aussi « indices ») précises, qui le situent dans le contexte dans lequel il s'est développé.

Un cycle de RàPC consiste, à partir d'un nouveau problème cible (pb_{cible}), à trouver une solution (sol_{cible}) à partir des autres cas de la base, appelés solution source et notés sol_{source} . Un cas est donc l'association d'un problème avec sa solution: $cas = (pb, Sol(pb))$. La figure du carré d'analogie permet d'exprimer ce cycle.

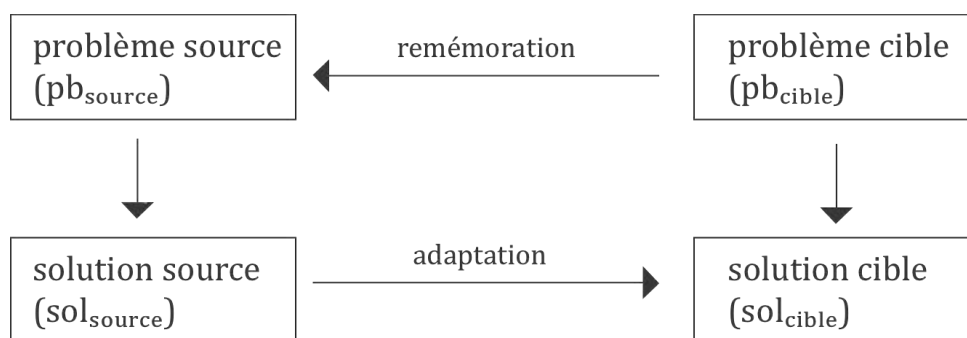


Figure 3 Le carré d'analogie [Source : Mille et al., 1996]

Ainsi, pour résumer, les différentes phases sont :

- l'Identification du problème cible
- la phase de réutilisation ou de remémoration, consiste à sélectionner, dans une base de cas, un cas similaire au problème présenté. Elle fonctionne généralement par filtrage (réduire l'environnement de recherche en fonction d'un certain nombre de critères), puis par sélection (par réflexion heuristique, choix des cas les plus similaires au problème posé)
- Le processus d'adaptation consiste à fournir une solution sol_{cible} au problème cible pb_{cible} à partir du cas précédemment sélectionné. L'objectif est de modifier le cas trouvé, afin de construire une solution adaptée au contexte du problème posé, car deux problèmes ne peuvent jamais être identiques. Il est ainsi essentiel de passer par l'adaptation des solutions, en associant problème posé et cas similaires rencontrés, et en tenant compte de leurs différences. Les méthodes d'adaptation varient selon les domaines.
- la phase de révision, lors de laquelle la solution proposée par le raisonnement précédent est confrontée à la réalité du domaine, et peut être remise en cause (par un test automatique, mais aussi par un intervenant extérieur, expert,...). L'étape de révision peut s'avérer inutile si la phase d'adaptation a permis la proposition d'une solution satisfaisante.
- et enfin, la phase d'apprentissage ou de mémorisation, qui consiste à mettre à jour les connaissances du système avec le nouveau cas afin de l'enrichir.

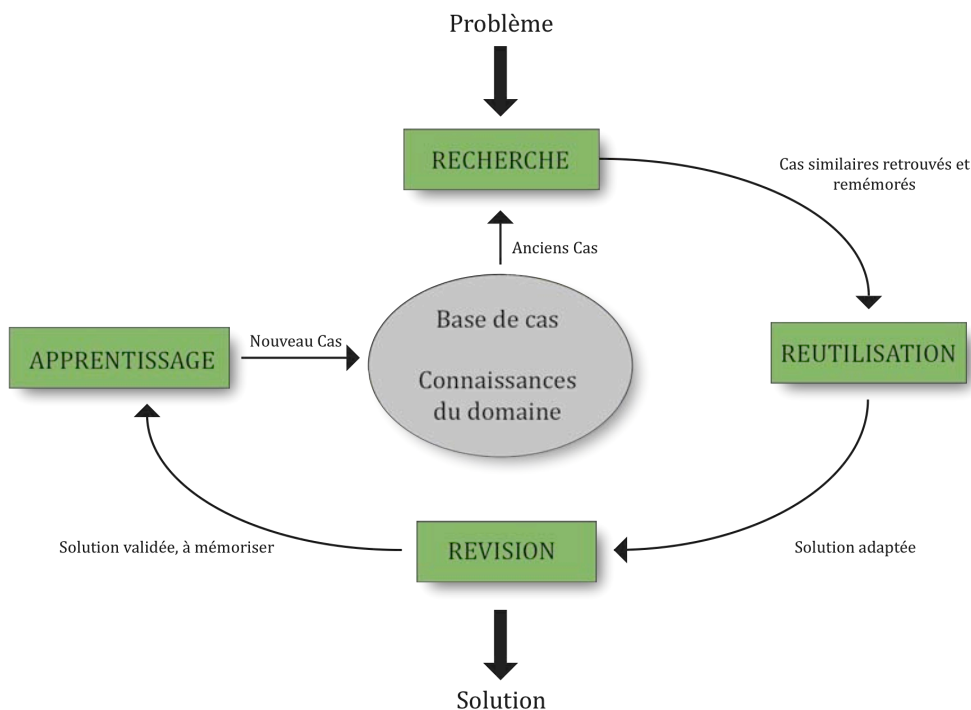


Figure 4 Le cycle du Raisonnement à Partir de Cas [Source : Mille, 2006]

2.2.2 La méthode TRIZ (Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs)

La méthode TRIZ (acronyme russe pour « Тэориа Реchэния Изобрэтателских Задатч », (traduite aussi par « Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs »), développée principalement par l'ingénieur et scientifique russe Genrich Altshuller, est une autre méthode de résolution des problèmes posés. Elle a été l'objet de près d'un demi-siècle de recherches, depuis 1946 jusqu'à la fin des années 80, mais continue encore aujourd'hui à évoluer. Abordée dans un premier temps en ex Union Soviétique, elle a été ensuite développée aux Etats-Unis, et, depuis quelques années maintenant, elle s'étend dans différents domaines, notamment des bureaux d'études et services liés à la conception de produits. Dans le cadre de cette méthode, des concepts de solutions sont proposés après une recherche effectuée dans des bases de données pluridisciplinaires. Ces bases de données sont réalisées à partir de savoirs recueillis et structurés.

Dans un premier temps, des connaissances ont été capitalisées, suivant quatre étapes successives : analyse des brevets, analyse des comportements psychologiques des inventeurs, analyse des méthodes et outils existants, et analyse de la littérature scientifique. Des études approfondies ont pu conclure que, sur un ensemble de 400 000 brevets analysés, 40 000 peuvent être considérés comme innovants, et, parmi ces 40 000, seuls 40 principes communs aux solutions ont été identifiés. Ces analyses ont permis à Genrich Altshuller de se rendre compte que la plupart des inventions sont le fait d'un nombre limité de principes physiques, chimiques ou géométriques. Il a cherché, par cette méthode, à mettre en évidence des mécanismes d'invention. En utilisant ces principes, une personne confrontée à un problème non résolu peut aboutir à une solution innovante. La méthode TRIZ cherche à mettre en avant les contradictions posées par un problème, afin de mieux y répondre. Car l'innovation est souvent le fruit d'une réponse à des contradictions. Le problème se pose alors à travers des contradictions élémentaires, qu'on cherche à résoudre à travers une matrice (ARIZ, Algorithme de la Résolution des Problèmes Inventifs).

En résumé, la méthode TRIZ s'appuie sur deux postulats

- Le caractère innovant de solutions peut se traduire à travers un nombre limité de principes, par exemple, physiques, chimiques, géométriques,...

- Les systèmes techniques et solutions évoluent selon des lois et, par conséquent, sont considérés comme « prédictibles ». En effet, un de ces postulats se résume dans cette phrase : « Un problème inventif peut se rapporter à un autre problème similaire résolu dans un autre contexte. »¹⁵

La méthode se développe ensuite à travers différentes étapes

1. Identification du problème innovant (causes du problèmes, ressources existantes)
2. Modélisation du problème innovant : le problème spécifique du départ est transformé en un modèle de problème connu
3. Recherche des voies de solutions (solutions présentes dans les bases de données)
4. Evaluation et sélection des voies de solutions : toutes les voies de solutions ne peuvent aboutir, c'est à l'utilisateur de sélectionner celle qui lui paraît la plus adaptée et pertinente
5. Transformation des voies de solutions en solutions spécifiques (adaptation au contexte, au problème posé)
6. Evaluation des solutions spécifiques
7. Entrée de la solution spécifique retenue dans la base de données.

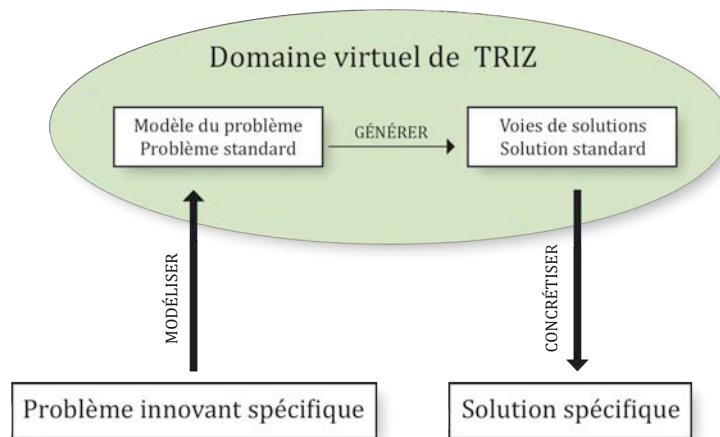


Figure 5 Schéma récapitulatif de la méthode TRIZ [Source : <http://www.si.ens-cachan.fr>]

Cette méthode ne résout pas « miraculeusement » les problèmes, mais elle cherche à mettre en avant les voies de solutions possibles. Si de nombreuses entreprises se sont essayées à cette méthode, souvent avec succès, elles sont peu à l'avoir intégrée durablement dans leur processus d'innovation, du fait d'un emploi complexe (nécessité de faire appel à un spécialiste de TRIZ pour modéliser les contradictions).

¹⁵ <http://www.si.ens-cachan.fr/>, Article « TRIZ - Outil d'aide à l'innovation »

2.3 Les Eco-Modèles, réinterprétation des *patterns*

L'architecture dite « durable » s'inscrit dans un contexte complexe, comme nous avons pu le voir précédemment, du fait de la multiplicité des variables et situations à prendre en compte. Chacun des éléments du projet doit être interprété au sein d'une totalité, et non pas en tant qu'élément indépendant. Pour un même projet, le nombre de possibles est infini. Outre le bon sens, une méthode associée à un outil peut permettre de développer un projet de manière efficace et pertinente, sans pour autant contraindre la créativité.

2.3.1 Définition de la notion d'Eco-Modèle

La réinterprétation de la notion de *Pattern* dans la conception et la démarche environnementale a abouti au développement de la notion d'Eco-Modèle (EM), par la doctorante Vida Gholipour. Intitulés aussi « patrons de conception » ou « formes prototypes », les EM disposent d'une qualité approuvée et testée, et peuvent être réutilisés dans le cadre d'un projet dit « environnemental » de manière efficace. La notion de qualité, intitulée aussi « qualité sans nom » par Christopher Alexander, est une manière d'évoquer qu'une solution dispose de qualité reconnue, mais possède aussi une dimension difficilement définissable ou « nommable ». De tels systèmes peuvent être issus tant de réalisations contemporaines que de solutions vernaculaires, situations pourtant anonymes et approuvées par le bon sens et la réutilisation dont elles font bien souvent l'objet.

Un EM peut être caractérisé en tant que dispositif « architectural », « technique », ou « d'usage ». Il se définit par un ensemble « Problème-Solution-Contraintes », dans la lignée de la démarche proposée par Christopher Alexander.

Il faut garder à l'esprit qu'un EM ne dispose pas d'une dimension universelle. Il peut en effet être pertinent dans un contexte particulier, et non dans un autre.

2.3.2 Méthode d'identification et de sélection des Eco-Modèles

Dans un premier temps, les modèles ont été identifiés à partir de l'analyse d'une trentaine de réalisations ayant fait l'objet d'une reconnaissance dans le cadre des approches environnementales. Ces réalisations font l'objet d'articles, d'expositions,... dans le milieu de l'architecture dite « durable ».

A l'issue de ces analyses, un répertoire de « micro-solutions » a pu être établi, solutions qui représentent des Eco-Modèles potentiels.

Afin de développer les différents EM, certaines conditions ont été établies. D'une part, les réalisations retenues doivent présenter un parti pris, au niveau des questions environnementales, clair et reconnu. D'autre part, afin d'être estimé opérationnel, il est nécessaire qu'un EM ait été utilisé dans différentes réalisations. Dans un travail de conception, une bonne solution est celle qui permet de résoudre différents problèmes, et qui crée une cohérence au niveau de l'ensemble du projet. L'idée n'est pas de résoudre les problèmes un par un, puis d'assembler les solutions ; il s'agit de travailler avec la totalité du projet. Ainsi, dans cette même logique et suite aux différentes analyses, il a pu être estimé que plus un EM a été mis en pratique, plus il s'avère pertinent dans le champ de la conception environnementale. En outre, il a été retenu dans le cadre de cette recherche qu'un EM doit avoir été utilisé dans au moins trois réalisations, conçues par des auteurs différents.

Concernant les relations qu'entretiennent les EM avec les cibles (14 Cibles HQE + Cible 15 Biodiversité ¹⁶), la réflexion suit la même logique que les relations avec les réalisations. On estime que plus un EM répond à un grand nombre de cibles, plus il est pertinent dans le champ de la conception environnementale. Il a été retenu, après différentes expérimentations, qu'un EM doit répondre à au moins trois cibles HQE afin d'être considéré comme valable.

Outre ces critères de sélection, la possibilité d'adaptation d'un EM doit être prise en compte, afin de pouvoir offrir des possibilités de création.

¹⁶ Les cibles sont définies et décrites en annexe.

2.3.3 Catégorisation des Eco-Modèles

Les EM ont été classés selon trois catégories :

- les EMA (Eco-Modèles Architecturaux), qui induisent des solutions spatiales importantes, comme par exemple l'EM 7. Forme arrondie, ou encore l'EM 23. Volume façonné par le vent.
- les EMT (Eco-Modèles Techniques), qui sont plutôt des « systèmes-solutions » (EM 29. Paroi rideau photovoltaïque,...)
- enfin, les EMU (Eco-Modèles d'Usage), sont des « comportements-solutions » qui mettent en place un certain nombre de bonnes pratiques environnementales à respecter au sein d'un bâtiment (EM 10. Parking à vélo,...)

Cette classification est, pour le moment, en attente de précision et d'élaboration de définitions précises.

2.3.4 Modélisation des Eco-Modèles

Outre cette classification, les différents EM sont définis sous la forme suivante : Problème, Solution, et Contraintes. Ils s'inscrivent dans des systèmes relationnels, puisqu'ils entretiennent des relations avec les autres EM (relation d'équivalence, de combinaison et d'opposition), et des relations avec les cibles (positives ou négatives) Cette méthode s'appuie sur la méthode descriptive des « patterns » de Christopher Alexander, dont on peut voir un exemple en annexe.

Enfin, le système de relations des EM avec les autres EM, et avec les cibles (explicité dans le paragraphe précédent) a été traduit dans le modèle ci-dessous.

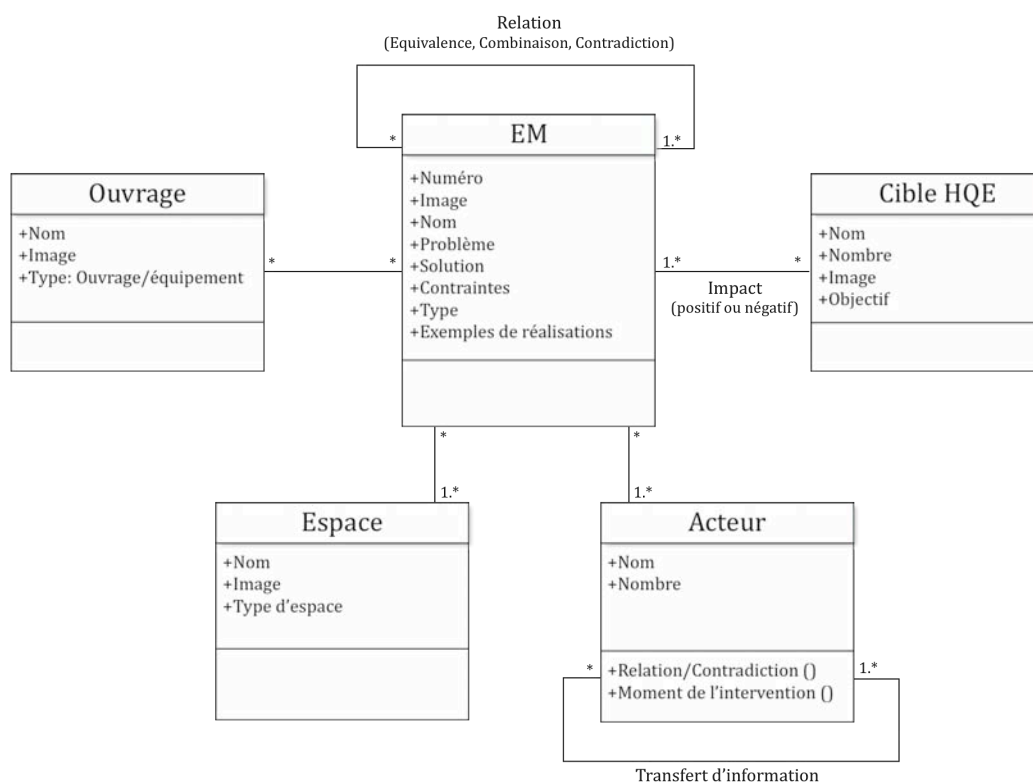


Figure 6 Modélisation des Éco-Modèles

2.3.5 Synthèse et Perspectives

L'outil développé, intitulé EcoMod, intègre déjà, à ce jour, les données qui ont été décrites précédemment (relations entre EM, relation EM-Cibles, trois entrées différentes possibles dans l'outil : par EM, par cible ou par réalisation,...). Cependant, les intentions de départ s'orientent vers un outil complexe intégrant les notions d'acteurs et de type d'ouvrage, qu'on peut d'ailleurs voir sur le modèle présenté précédemment. Il s'agit donc, en définissant et en employant la méthode proposée actuellement, de compléter l'outil déjà développé afin de répondre le plus efficacement possible aux situations de conception environnementale. Au-delà des architectes, cet outil pourrait s'ouvrir à d'autres professions, s'inscrire dans un cadre collaboratif, et s'enrichir.

2.4 Conclusion

Nous avons pu voir, dans le cadre de cet état de l'art, quelques méthodes basées sur le retour d'expériences, que ce soit dans la logique des patterns ou du raisonnement à partir de cas. De nombreuses autres méthodes existent et sont développées, et ce, dans tous les domaines. Les méthodes de réutilisation de connaissances sont beaucoup utilisées, La contribution de ces méthodes à l'innovation et à la créativité est réelle, et c'est en ce sens qu'elles nous intéressent.

Pourtant considéré comme un ouvrage de référence, notamment Outre-Atlantique, « A Pattern Language » n'a pas été le point de départ de constructions ou projets à grande échelle. Les professionnels, plus que cet ouvrage, restent les intermédiaires nécessaires à la communication et au développement d'un projet pour les maîtres d'ouvrage. On peut ainsi considérer que le *Pattern Language* s'inscrit aujourd'hui plutôt comme une philosophie que comme une réelle pratique. Cependant, son influence dans d'autres domaines tels que l'informatique ou même les milieux industriels est aujourd'hui approuvée. En effet, les informaticiens, lecteurs plutôt inattendus de l'ouvrage d'Alexander, ont pu tirer de la théorie et du langage des patterns « une approche à un méta-niveau de leurs problèmes de génie logiciel »¹⁷. La traduction des patterns en séquences est le point d'attrait principal pour de tels domaines.

Ces méthodes sont bien souvent considérées, à tort, comme pouvant résoudre les problèmes et inventer, donner des solutions. Ce n'est pas le processus créatif qu'elles veulent maîtriser. Elles cherchent, bien au contraire, à le stimuler pour l'enrichir. En puisant dans l'existant, de nombreuses erreurs peuvent être maîtrisées. Et c'est ainsi que l'on peut enrichir un projet, en tenant compte du passé, pour mieux créer l'avenir. D'autre part, nous avons pu remarquer que dans chacune des méthodes étudiées, les notions de contextualisation et d'adaptations étaient essentielles. La prise en compte des données du problème auquel on se trouve confronté passe par sa compréhension, tant dans la conception architecturale que dans d'autres domaines.

¹⁷ Quillien, J., 1993, *Saisir l'Insaisissable : Dans le sillage de Christopher ALEXANDER*. p.24

L'objectif de cette recherche n'est donc pas d'offrir au concepteur une somme d'éléments qu'il devra intégrer à son projet. Ce que nous cherchons à créer, c'est un outil qui présente un état des lieux, un certain nombre de « modèles » pertinents dans le domaine de la conception environnementale, micro-solutions ayant été interprétées de différentes manières, et pouvant être exploitées dans de nouvelles perspectives. La créativité et l'innovation sont essentielles dans le métier d'architecte, et chaque problème est différent. Nous ne cherchons pas à imposer des solutions, mais à stimuler le processus de conception pour que les données environnementales y soient intégrées le plus tôt possible et ce, sans contraindre la créativité.

3. Définition de nouveaux Eco-Modèles

La réinterprétation du Pattern Language de Christopher Alexander, mais aussi la réflexion autour du retour d'expériences a clairement orienté les axes et objectifs de la recherche. Le travail de Vida Gholipour a été, à partir de l'analyse de réalisations ayant une reconnaissance dans le domaine de la qualité environnementale, d'extraire un certains nombres d'Eco-modèles potentiels, qui pourraient être développés. Identifiés de manière empiriques, ils ont ainsi constitué un réservoir de micro-solutions à étudier, plus ou moins pertinentes, et ayant pour objectif de devenir « patron de conception » ou « Eco-Modèle ». Un Eco-Modèle, pour rappel, se définit comme une forme-solution pouvant être réutilisée dans différents contextes et ayant été reconnue comme pertinente au niveau des approches environnementales. Son utilisation dans différents contextes et son adaptabilité sont des éléments essentiels pour sa définition et sa pertinence.

La première partie de ce travail avait pour objectif de compléter le « pattern tank » qui avait déjà été développé. En puisant dans le réservoir qui avait été établi, mais aussi à travers l'analyse de nouvelles réalisations (offrant une dimension environnementale), d'autres Eco-modèles ont pu être mis en exergue. D'autre part, un nouveau point de vue porté sur le corpus des réalisations déjà associées à des EM a permis de mettre en avant d'autres Eco-Modèles.

Il s'agit, dans ce chapitre, de présenter les différents EM qui ont pu être proposés, développés et qui ont abouti ou non dans le cadre de ce travail. Ils vont être présentés un à un, au travers des questionnements qu'ils ont soulevés, les difficultés auxquelles nous avons été confronté, les définitions qu'ils ont pu revêtir, mais aussi les réalisations qui leur ont été associées.

3.1 Eco-Modèles en attente

Arbres feuillus



Figure 7 *Maison à Hallstatt (Autriche)*

Le premier Eco-Modèle développé avait déjà été souligné et classé dans le réservoir des EM. Il s'agit de la notion « d'arbre feuillu ». L'idée sous-jacente était que des éléments naturels, tels les arbres feuillus, peuvent permettre de créer l'ombre nécessaire à un bâtiment, ou de laisser passer rayons lumineux et chaleur, selon les différentes saisons. Situé à proximité d'éléments vitrés, il permet de pouvoir gérer les apports lumineux et caloriques. Un arbre feuillu perd ses feuilles dès l'automne et permet au soleil de pénétrer dans le bâtiment de manière généreuse. Au printemps, son feuillage se développe à nouveau et permet de créer un ombrage bien souvent suffisant pour limiter les apports de chaleur. Il permet d'éviter de manière naturelle les surchauffes pouvant être cause de désagrément à de telles périodes de l'année.

Cependant, ce système n'a, pour l'instant, pas été défini en tant qu'Eco-Modèle. En effet, lors des recherches effectuées, peu de réalisations se réclament de l'utilisation de ce système en tant que composant durable, et les références rencontrées sont trop peu équivoques sur ce sujet. En ce sens, cette solution est restée au stade de système, et n'a pu être définie en tant qu'EM pertinent, du moins à ce jour.

Flexibilité des espaces

La flexibilité des espaces est aujourd'hui une notion importante dans la conception architecturale. Nos bâtiments doivent être capables de s'adapter dans le futur, le fonctionnement et les modes de vie évoluant rapidement dans nos sociétés actuelles. Il s'agissait d'exprimer la flexibilité qu'un bâtiment pouvait développer. En outre, l'idée de pouvoir évoluer dans son agencement intérieur était sous-jacente à ce concept. Or, cette idée de flexibilité intérieure existe déjà au niveau de l'EM 16. Structure Poteau-Poutre, et ne paraissait pas pertinente en tant qu'EM à part entière.

Piscines écologiques



Figure 8 Piscine municipale
Bad Königshoffen (Allemagne)

Les piscines écologiques, concept en plein développement, représentent un système qui a été interrogé. Concernant une autre échelle de projet, et ne s'appliquant pas au bâtiment, elle ne paraissait pas convenir. Trop éloignée de la définition même d'Eco-Modèle, cette solution essentiellement technique a été abandonnée.

Récupération d'énergie



Figure 9 Discothèque,
Rotterdam (Pays-Bas)

La notion de récupération d'énergie a également été abordée. Les références s'y appliquant étaient des systèmes techniques et « ponctuels » (sol récupérant l'énergie produite par les danseurs d'une discothèque, utilisation de l'énergie produite par les vélos dans une salle de sport,...). La ponctualité de ces systèmes n'a pas permis de développer cette solution en tant qu'EM.

Récupération des eaux pluviales



Figure 10 Maison à
Dresde (Allemagne)

La récupération des eaux pluviales, au-delà de la mise en place de citernes ou de noues, aurait pu également être définie en tant qu'Eco-Modèle. En effet, dans certaines réalisations, elle est intégrée dans le projet en tant qu'élément constitutif, en disposant de rôles complémentaires (effet de l'eau sur l'acoustique par exemple,...). Cependant, de tels projets concernent généralement des installations urbaines, s'éloignant quelque peu du sujet. Pour le moment, il s'agit de s'orienter sur l'échelle du bâtiment, et, dans ce cadre, les réalisations trouvées se sont avérées insuffisantes. Nous avons donc décidé de mettre cette notion dans le réservoir d'EM potentiels, et de peut-être lui donner suite plus tard.

Système d'isolation par l'extérieur



Figure 11 *L'isolation par l'extérieur par Edouard François*

La technique de l'isolation par l'extérieur a été également abordée, étant utilisée dans de nombreux bâtiments reconnus comme « durables ». Or, cette notion représente une solution seulement technique, et ne requiert pas nécessairement une intervention et un parti pris dès le stade de l'esquisse.

Il nous semblait plus intéressant de mettre en avant des EM qui interviennent le plus tôt possible dans le projet, et qui permettent à l'utilisateur une ouverture des possibles. Ce système étant essentiellement technique, il ne représente donc pas un Eco-Modèle au sens où nous l'entendons.

Ainsi, les EM exprimés ci-dessus ont été abordés, mais mis de côté pour le moment. Certaines notions paraissant pertinentes mériteront probablement une nouvelle analyse, une fois l'outil testé et d'autres réalisations analysées. Mais ils restent dans nos esprits, et l'analyse d'autres réalisations (pour d'autres EM, recherches de références,...) peut permettre d'affiner ces notions et de les rendre plus pertinentes, sous une autre appellation, ou à travers des solutions plus générales.

Nous allons maintenant exposer, définir et illustrer les « formes-solutions » qui ont été développées au sein de cette recherche et adoptées en tant qu'Eco-Modèles.

3.2 Eco-Modèles développés

EM 32 Bâtiment Hors-Sol

La forme-solution « Bâtiment Hors-Sol » est issue des traditions vernaculaires. Comme Christopher Alexander le fait d'ailleurs remarquer, de nombreuses solutions pertinentes et ayant été testées et approuvées se trouvent dans des méthodes anciennes et traditionnelles. Ce système a oscillé entre différentes appellations : « Hausser le bâtiment du sol », « Construction légère », pour finalement aboutir à la dénomination « Bâtiment Hors-Sol ». Lors des recherches effectuées sur différentes réalisations, ce système nous a interrogé sur la notion de contexte associé aux EM. Car le fait de surélever une construction du sol et de la percher sur pilotis s'avère pertinent dans le cadre d'une approche environnementale dans des climats particuliers. Cette solution est effectivement utile dans les climats chauds et humides. Cependant, dans des climats froids, cette solution ne l'est plus du tout : un bâtiment hors-sol n'a plus d'inertie. Or, dans des zones géographiques où le climat est rigoureux (chaud et sec, froid et sec) l'apport d'inertie permet de se protéger des variations climatiques. Une nécessité était de préciser dans la définition de l'EM ces contraintes climatiques. D'autre part, il a été décidé, pour chacune des réalisations, de localiser le type de climat dans lequel elle se trouve. Grâce à cette contextualisation, l'utilisateur comprend clairement l'importance de l'environnement et du climat dans lequel on implante une construction.

Après avoir rencontré ce système dans différentes réalisations, nous avons pu le définir en tant qu'EM, étant donné qu'il a su répondre aux exigences attribuées à un tel statut. Ci-dessous, l'ensemble Définition-Solution-Contraintes qui a été défini, et les relations que cet EM entretient avec les autres EM, et avec les différentes cibles référencées.

Problème :

L'implantation d'un bâtiment sur le sol nécessite le plus souvent des modifications de la topographie ou des mouvements de terre importants en déblais ou en remblais. Ces transformations peuvent conduire à des changements conséquents pour le site et apportent des difficultés à sa réutilisation ultérieure. Enfin le positionnement sur, ou dans, le sol amène souvent une imperméabilisation des terrains en créant des contraintes pour l'environnement extérieur (infiltration des eaux de pluie limitée, dérivation des eaux souterraines...).

Solution :

Les constructions surélevées ou sur pilotis limitent les modifications à apporter au site, et permettent ainsi de le laisser en l'état en fin de vie du bâtiment. Ces constructions peuvent également permettre la circulation de l'air sous les bâtiments et contribuer ainsi à la création d'une ventilation naturelle efficace (essentielle en climat chaud et humide) ainsi qu'à la préservation des matériaux. D'autre part, elles privilégient le développement de la biodiversité et peuvent permettre dans certains contextes permettre de se protéger des animaux.

Cette solution peut se révéler également intéressante pour une construction sur un terrain en pente, dans des zones humides, marécageuses ou inondables, limitant les dégâts en cas de montée des eaux. Enfin, la création d'un espace aménageable au niveau bas peut être propice au développement de certains usages.

Contraintes :

Contextuelles : Cette solution s'avère essentiellement pertinente dans des climats chauds et humides. En effet, en climat froid elle induit une surface d'enveloppe extérieure plus importante et donc plus déperditive. En outre, elle prive le bâtiment de l'inertie thermique du sol, ce qui est pourtant fort utile dans certaines régions.

Usages : Dans les contextes urbains denses, cette solution engendre parfois des espaces mal ou peu entretenus.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 3. Chantier vert, 8. Confort hygrothermique, 10. Confort Visuel, 13. Qualité de l'air, 15. Bio diversité

- Négatives : 7. Maintenance

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence: 16. Structure poteau-poutre

- Relation de combinaison : 6. Espace tampon, 13. Volume compact, 18. Matériaux bruts, 19. Matériaux locaux, 20. Fenêtre ouvrable, 23. Volume façonné par le vent, 24. Ouverture adaptée

- Relation de contradiction : 26. Mur masse

Réalisations associées :



Figure 12 Kike House (Cahuita), Loblolly House (Taylors Island) et Villa Ecololo (Guadeloupe)

EM 33 Encorbellement de façade

L'idée sous-jacente à la proposition « Encorbellement de façade » était la création d'ombre réalisée grâce à la forme de la façade elle-même. Le bâtiment et sa géométrie interviennent de manière claire dans cette solution. C'est un système qui influence la volumétrie générale, et qui doit être nécessairement pris en compte tôt dans le projet. La difficulté principale liée à cet EM était le fait de distinguer, dans les réalisations, les volontés simplement « esthétiques » des volontés réellement « durables » de l'emploi de ce système. En effet, nombre de bâtiments développent ce que l'on a appelé l'encorbellement de façade, mais il s'agit bien souvent d'une volonté architecturale sans réelle prise en compte des orientations et des ombres créées. Il était donc nécessaire de choisir les réalisations les plus pertinentes et répondant à des volontés durables.

Ci-dessous, la définition de l'EM qui a pu être établie.

Problème :

Les protections solaires sont le plus souvent des éléments rapportés sur les façades. Dans les cas les plus défavorables, elles ne sont pas intégrées lors de la conception du bâtiment et ne sont rapportées qu'ultérieurement sans être toujours cohérentes avec les baies et parfois au détriment de la qualité même des façades.

Solution :

La protection solaire des baies fait partie intégrante de la démarche environnementale. Elle permet de réguler de manière efficace les apports. Une façade peut être plus qu'un simple plan et devenir un véritable volume architectural dont les différences de nus, si ils sont correctement étudiés, jouent un rôle de protection solaire. Ainsi, débords et encorbellements peuvent permettre d'apporter de l'ombre aux étages inférieurs et contribuer passivement à la régulation des apports solaires par les différentes baies (un composant spécifique comme un store pouvant ensuite venir compléter le dispositif).

Contraintes :

Volumétriques : La création de débords de dalles, l'inclinaison des parois,... conduit à un traitement complexe de la façade dont la forme doit être pleinement réfléchie.

Techniques : Constructivement, un tel système impose une mise en œuvre complexe, car elle multiplie les points singuliers qui induit couramment des surcoûts.

Thermiques : Le fait de multiplier les faces conduit à une multiplication des zones thermiques fragiles (ponts thermiques).

Relations Cibles :

- Positives : 8. Confort hygrothermique, 9. Confort acoustique, 10. Confort visuel
- Négatives : 7. Maintenance

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence: 2. Balcon filant, 21. Masques proches
- Relation de combinaison : 4. Double peau, 23. Volume façonné par le vent, 28. Réflecteurs de lumière
- Relation de contradiction : 13. Volume compact

Réalisations associées :



Figure 13 *Bureaux SIEEB (Pékin), Bureaux Cocoon (Zürich), City Hall (Londres), Maison Buchel (Liechtenstein)*

EM 34 Bâti Densifié

D'abord intitulé « Densification Urbaine », cet EM s'intéresse à une échelle différente. Cependant, il est important de s'attacher au bâtiment, et pas seulement à l'échelle urbaine. Le terme « Bâti densifié » paraissait répondre d'une manière pertinente aux intentions souhaitées. Il s'agit d'analyser des projets d'adjonctions, d'occupations de dents creuses, de sites abandonnés,... au cœur de la ville. L'extension à l'infini de l'urbanisation des villes est un des problèmes actuels les plus importants. Il s'agit de souligner le fait qu'il existe des sites, bien souvent insolites, mais qui peuvent être reconquis, et ce, au cœur de nos villes. La manière dont une architecture s'implante dans un tel site est essentiellement prise en compte dès le début du projet, et l'influence du site est alors sans équivoque.

Problème :

L'extension des villes à l'infini consomme du territoire. L'étalement urbain oblige à des extensions démesurées des réseaux (alimentation en eaux, collecte des eaux usées, électricité...). Il se fait par ailleurs au détriment des terres agricoles ou des espaces naturels. Enfin l'étalement urbain s'avère responsable d'une utilisation massive des véhicules motorisés individuels.

Solution :

Dans les villes actuelles, il existe bien souvent des possibilités non perçues de densifier la ville sur elle-même, notamment par l'utilisation de « dents creuses », de sites improbables, ou encore des « adjonctions » à l'existant. L'entre-deux, les friches urbaines devenues des espaces délaissés, les extensions verticales,... sont autant d'espaces d'interventions possibles. Reconstruire une ville sur la ville induit une densification de l'environnement construit source de nombreuses économies.

Contraintes :

Contextuelles: Les contraintes d'intervention dans l'urbain existant sont souvent importantes et découlent directement des bâtiments voisins et du foncier existant (détermination des largeurs, hauteurs maximales autorisées,...). Chaque site est différent et induit la prise en compte de critères variés.

Technique: Venir contre un bâtiment existant ou se poser dessus oblige à des techniques spécifiques. L'accessibilité du chantier est également souvent un vrai problème.

Volumétrie: La volumétrie est souvent guidée par l'environnement proche. Il est en effet nécessaire qu'un bâtiment soit cohérent dans son contexte. Les espaces créés peuvent être de dimensions restreintes voire de formes inhabituelles. Il s'agit alors de les aménager et de les organiser de la manière la plus pertinente possible, afin qu'ils soient habitables.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 2. Choix des composants, 3. Chantier vert
- Négatives : 7. Maintenance, 10. Confort visuel

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence: 13. Volume compact
- Relation de combinaison : 8. Lumière du toit, 24. Ouverture adaptée, 27. Puits de jour
- Rouge : 7. Forme arrondie

Réalisations associées :

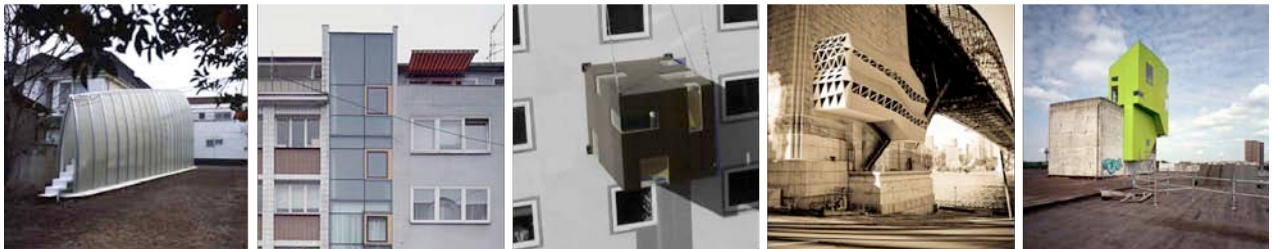


Figure 14 *Lucky Drops (Tokyo), Logements (Cologne), Rucksack House (Köln), Prefab Parasite, Parasite Las Palmas (Rotterdam)*

EM 35 Produits Recyclés

D'abord intitulé « matériaux recyclés », cet EM nous a interrogé sur ses limites, et l'élaboration de sa définition s'est avérée complexe. En effet, la notion de recyclage englobe le fait d'utiliser des matériaux recyclés, mais aussi de prendre en compte le recyclage futur du bâtiment que l'on construit. L'idée du « matériau recyclé » peut être source de confusion. En effet, certains isolants se composent de tissus recyclés,... mais ce ne sont pas ces matériaux que l'on souhaitait mettre en avant dans cet EM.

Il ne s'agissait pas de s'attarder sur des matériaux mais plutôt sur des dispositifs mis en œuvre nécessairement dès le stade de l'esquisse, et qui ont une influence indéniable sur l'architecture des réalisations construites (par exemple, architecture de tubes de carton de Shigeru Ban,...). En outre, il fallait préciser les limites de cet EM, et ce n'était pas tant vers des matériaux recyclés que l'on s'orientait, mais plutôt vers la notion de « produit ». Les produits sont des éléments existants que l'on peut utiliser « bruts ». Par exemple, l'architecture de containers peut s'intégrer dans la définition de cet EM, d'où l'intitulé « Produit recyclés », et non pas « matériaux recyclés ».

Problème :

La production de matériaux nécessaires à la construction constitue une dépense d'énergie et de matières premières importante. D'autre part, la démolition de bâtiments existants, qui n'ont souvent pas été conçus dans une perspective de recyclage, produit de nombreux déchets, la plupart du temps saturant les décharges publiques. Ainsi, le secteur de la construction affiche un bilan négatif en terme de gestion des déchets.

Solution :

L'utilisation de matériaux recyclés provenant de bâtiments antérieurs ou de produits recyclés ayant d'autres provenances (palettes, bouteilles, tubes de carton,...) permet de limiter la dépense énergétique liée à la production de matériaux pour un bâtiment tout en offrant de nouveaux composants à l'architecture.

Dans le cadre d'une démarche environnementale, il s'agit bien évidemment de choisir des matériaux et produits ne représentant pas de danger pour la santé des usagers.

Contraintes :

Techniques : L'utilisation de matériaux et produits recyclés nécessite souvent une mise en œuvre adaptée à leurs caractéristiques physiques et statiques.

Entretien et maintenance : On ne sait pas toujours comment vont vieillir les différents produits. Ainsi, il est nécessaire de penser à leur maintenance dès le départ, et de les mettre en œuvre de manière cohérente avec leur cycle de vie, ou d'avoir pleinement conscience des dégradations qu'ils pourraient subir.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 2. Choix des composants, 3. Chantier vert

- Négatives : 7. Maintenance

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence: \emptyset

- Relation de combinaison : 18. Matériaux bruts ; 19. Matériaux locaux

- Relation de contradiction : \emptyset

Réalisations associées :

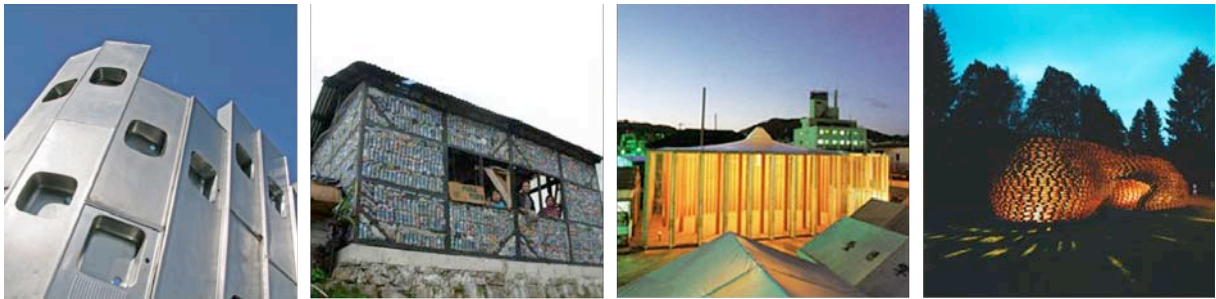


Figure 15 *Recycloop (Amsterdam), Pura Vida (Guatemala), Paper Church (Kobe), Palettenpavillon (Oberstdorfn)*

EM 36 Jardins verticaux

Ce système s'est révélé tout à fait représentatif de la définition d'Eco-Modèle, car il offre une pluralité de possibilités et de solutions différentes. Son caractère d'adaptabilité apparaît dans les réalisations sélectionnées. L'idée principale était de ne pas seulement s'attarder sur le système essentiellement technique des murs végétalisés, mais aussi d'offrir des visions de différentes méthodes permettant des effets similaires. Enfin, c'est un système qui développe un facteur contrainte extrêmement important (entretien complexe). Il fallait que ces inconvénients apparaissent clairement dans la définition de l'EM.

Problème :

En milieu urbain, la végétation se fait de plus en plus rare. Cette situation contribue à des températures moyennes plus élevées qu'à la campagne (faible évapotranspiration due au manque de végétation), soit environ 2 à 3 °C. Le confort thermique d'été des bâtiments s'en trouve affaibli, les usagers ayant recours le plus souvent à l'utilisation de systèmes de climatisation, généralement énergivore.

Solution :

Un jardin vertical est avant tout un système végétal vivant. Il permet d'augmenter le confort thermique d'un bâtiment, notamment l'été, grâce au pouvoir de régulation hygrothermique des végétaux, et parfois à l'augmentation de l'isolation thermique apportée par un tel système (ex : façades végétalisées). En été, l'évapotranspiration des plantes contribue au rafraîchissement de l'air et à la régulation de l'hygrométrie.

L'isolation phonique peut également être améliorée. En effet, substrat et racines permettent une absorption des sons.

La qualité de l'air environnant s'en trouve améliorée, poussières et certains polluants étant absorbés par la végétation. La photosynthèse permet également l'absorption de CO₂ et la production d'O₂.

Enfin, les jardins verticaux contribuent au développement et à la protection de la biodiversité, ce qui est essentiel en milieu urbain.

Contraintes :

Technique : Un jardin vertical représente toujours un équipement spécifique qui peut induire des contraintes sur la façade (choix des matériaux, charges supplémentaires, structure spécifique...). L'irrigation du système représente également un aspect critique (stockage et distribution de l'eau par un réseau adapté).

Maintenance : Un entretien assez important est nécessaire de la part des usagers, sous peine de voir les composants végétaux se dégrader. Il est nécessaire de choisir des variétés de plantes adaptées à la région, au climat et à l'orientation. Il est également important de surveiller le développement des plantes grimpantes notamment, afin d'éviter les enroulements autour des descentes d'eau, gouttières, câbles...

Coût : Etant données les difficultés de mise en œuvre induites par de tels procédés, mais aussi les difficultés d'entretien, les jardins verticaux représente un coût important qu'il convient de justifier par les fonctions d'assainissement de l'air et d'amélioration du confort thermique des murs végétaux.

Usages : La végétation abrite de nombreux insectes. Lorsqu'elle est située à proximité d'un espace d'usage (balcons...) ou des baies, les insectes (moustiques, guêpes...) peuvent être une véritable nuisance.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 2. Choix des composants, 8. Confort Hygrothermique, 9. Confort acoustique, 12. Santé-espaces, 13. Qualité de l'air, 15. Biodiversité

- Négatives : 5. Gestion de l'eau, 7. Maintenance

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence: 3. Bâtiment Paysage, 11. Toiture végétalisée, 15. Pied de façade végétalisé

- Relation de combinaison : 6. Espace tampon, 21. Masques proches

- Relation de contradiction : 4. Double peau, 29. Paroi rideau photovoltaïque

Réalisations associées :



Figure 16 Flower Tower (Paris), Harmonia 57 (São Paulo), Edificio Consorcio (Santiago), Garden House (Viksberg), l'immeuble qui pousse (Montpellier)

Les réflexions réalisées sur cet EM ont permis d'ouvrir d'autres voies de travail et de proposer deux EM qui seraient éventuellement à développer. En effet, le projet Baubotanik, que l'on peut voir ci-dessous, a d'abord été intégré avec l'EM « Jardins verticaux ». Or, nous avons pu nous rendre compte qu'il n'y répondait pas vraiment. La thématique soulevée par cette réalisation était plutôt le fait d'utiliser la végétation dans une structure construite. Cette notion pourrait peut-être représenter un EM intéressant à traiter.



Figure 17 Projet Baubotanik

D'autre part, un projet de maison (voir ci-dessous) nous a rappelé l'hypothèse de l'EM « Arbre feuillu », mais interprété d'un point de vue différent. En effet, il pourrait se traduire par la notion de « Respect du déjà-là » : l'idée serait de mettre en valeur le respect et l'intégration d'arbres, d'éléments préexistants au cœur des projets. Les réalisations nouvellement analysées peuvent nous conduire à étendre nos recherches, à développer de nouveaux EM, mais aussi à préciser des notions en suspens.



Figure 18 Maison construite autour d'un arbre

EM 37 Module Tridimensionnel

La notion de module a d'abord été considérée comme la répétition d'un élément identique pour former une totalité (un bâtiment). Or, il est vrai que cette vision du module n'est plus tellement réaliste aujourd'hui. Cette notion n'induit plus forcément une répétition d'éléments identiques, mais évoque plutôt un système d'assemblage, conçu dès la phase d'esquisse du projet. Des éléments préconçus et préfabriqués permettent une mise en place propre et rapide, et peuvent être intitulés également « modules ». Les nouvelles technologies permettent notamment de développer de tels projets.

Problème :

Le chantier représente une phase importante dans la construction d'un bâtiment. Souvent, de nombreux éléments sont façonnés directement sur le site, d'où un temps de construction qui s'avère relativement long et une gêne occasionnée pour le voisinage importante. N'oublions pas aussi que le chantier est également une source importante de production de déchets.

Solution :

L'architecture préfabriquée, ou plus précisément l'architecture par modules tridimensionnels permet de réduire non seulement le temps du chantier, mais également les nuisances produites par celui-ci. Les différents modules sont pré-assemblés puis assemblés ensemble sur place. Dans de telles architectures, la mise en œuvre étant réfléchi dès la phase de conception, l'assemblage sur site peut se réaliser rapidement. Outre un gain de temps, ce procédé permet souvent une économie de construction.

Contraintes :

Volumétriques : la volumétrie générale est conditionnée par l'assemblage des modules. Cependant, ce n'est pas parce que l'on emploie des éléments préfabriqués qu'ils sont obligatoirement identiques. Aujourd'hui, de nombreuses possibilités sont offertes pour créer une architecture constituée de modules différents.

Fonctionnelles : La division du bâtiment en module doit conduire à une attention particulière portée sur son organisation interne et sur les relations architecturales et fonctionnelles entre les différents éléments. Ce système doit produire un bâtiment, et non une accumulation d'éléments.

Thermiques/acoustiques : il faut veiller au respect des exigences acoustiques et thermiques des bâtiments réalisés, ce qui n'est pas toujours aisé à mettre en œuvre dans de tels systèmes.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 2. Choix des composants, 3. Chantier vert
- Négatives : 7. Maintenance

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence: 31. Circulation indépendante
- Relation de combinaison : 13. Volume compact, 16. Structure poteau-poutre
- Relation de contradiction : 23. Volume façonné par le vent

Réalisations associées :



Figure 19 *Air Force Academy Chapel (Colorado), Nomadic Museum (New-York), Murray Grove (Londres), 650 appartements (Ljubljana)*

EM 38 Toiture courbe

Cette solution se définit par rapport à la réduction des échanges thermiques qu'elle permet. Or, deux EM déjà présents dans EcoMod répondent aussi à cette problématique : la notion de « Forme compacte », mais aussi celle de « Forme arrondie ». Des questions se sont alors posées : Intègre-t-on ce nouvel EM dans l'un de ces deux EM déjà définis ? « Toiture courbe » en devient-il un exemple ? ou est-il pertinent indépendamment ?

Après analyse des réalisations, il paraissait que cet EM pourrait être pertinent en tant qu'entité à part entière.

Un autre problème posé par cet EM est lié à sa pertinence dans des contextes différents. Dans un environnement urbain, une toiture courbe rompt bien souvent les mitoyennetés, ... et ne s'insère donc pas aisément. En revanche, il crée une intégration paysagère intéressante en milieu plutôt rural. Ainsi, par rapport à la cible 1. Bâtiment et son environnement immédiat, l'EM a une relation positive (milieu rural) ou une relation négative (milieu urbain). Ces précisions étaient donc importantes, et ont été insérées dans les contraintes posées par l'EM.

Une autre difficulté concerne les cibles auxquelles il répond : elles sont au nombre de deux, alors que trois sont nécessaires.

Dans l'état actuel de la recherche, cet EM mériterait une requalification des réalisations auxquelles il est associé et est, pour le moment, laissé de côté. L'analyse de nouvelles réalisations pourra peut-être permettre de le préciser et, ainsi, de pouvoir l'associer à d'autres cibles. La définition qui lui a été donnée pour le moment se trouve ci-dessous.

Problème :

La toiture constitue une zone sensible en terme de déperditions thermique au niveau d'un bâtiment. Elle représente ainsi un enjeu stratégique afin d'améliorer les performances thermiques de nos constructions.

Solution :

La toiture courbe offre une forme compacte. Elle permet de réduire de manière significative les surfaces murales d'échanges thermiques avec l'extérieur. Le rapport entre ces surfaces d'échange et le volume sous-jacent est ainsi optimisé.

Contraintes :

Fonctionnelles : Les aménagements intérieurs et l'ameublement peuvent s'avérer difficiles, selon le rayon de courbure de la toiture.

Economiques : La réalisation de toiture courbe conduit à la production d'éléments structuraux et d'enveloppe différents des éléments courants employés dans la réalisation des toitures « classiques ». Les assemblages et jonctions sont en particulier plus complexes à concevoir et à réaliser, Ces différents points peuvent engendrer rapidement un surcoût.

Implantation urbaine : Le dispositif de toiture courbe peut rompre les mitoyennetés, notamment en milieux urbains denses, alors que dans des milieux plutôt ruraux, elle peut offrir une intégration paysagère intéressante.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 8. Confort hygrothermique

- Négatives : ∅

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence: 13. Volume compact

- Relation de combinaison : 3. Bâtiment-paysage, 5. Double toit, 7. Forme arrondie, 8. Lumière du toit, 17. Couverture solaire

- Relation de contradiction : 11. Toiture végétalisée

Réalisations associées :



Figure 20 Lotissement (*Sainte-Croix aux Mines*), Centre World Birding (*Mission*), Bodegas Protos (*Peñafiel*), Surélévation (*Montreuil*)

EM 39 Mur Capteur Thermique

D'abord orienté sur le principe du mur Trombe, cet EM a ensuite été généralisé. Le mur Trombe, système principalement technique, dispose tout de même d'une influence importante sur l'architecture d'un bâtiment. En effet, il se compose d'un mur opaque épais « revêtu » d'un vitrage, et disposant d'une orientation précise. Cependant, le mur Trombe n'est pas le seul système de mur capteur thermique. Il est donc intéressant d'étendre l'EM afin d'offrir un large éventail des possibilités du système, des possibilités d'invention et d'adaptation.

Problème :

En hiver, l'énergie apportée durant les phases d'ensoleillement journalières permet de chauffer l'espace instantanément, mais si elle n'est pas stockée, une partie se perd. De plus, l'élévation de température doit pouvoir être régulée afin de distribuer la chaleur aux moments et aux endroits les plus appropriés selon les usages.

Solution :

Stocker l'énergie apportée par le soleil dans la masse du bâtiment et amortir les variations de température grâce à l'inertie thermique est une solution possible afin de maîtriser cette énergie. Les systèmes de murs capteurs parmi lesquels on compte les murs Trombe-Michel, permettent de capter l'énergie solaire, de l'accumuler dans leur masse puis de la restituer avec un déphasage de plusieurs heures à l'intérieur des locaux. Ils se composent d'un vitrage exposé au soleil couplé à une paroi à forte capacité thermique massique généralement constituée d'un matériau de couleur foncée afin d'augmenter l'absorption du mur. Un système de ventilation inversable permet de gérer vers l'intérieur ou l'extérieur l'air chaud.

Contraintes :

Contextuelles : La performance de tels procédés est fortement liée au contexte dans lequel ils sont installés. Latitude du lieu, type de site, orientation, inclinaison du mur, sont autant de paramètres qui déterminent l'efficacité du système. Dans l'hémisphère nord, l'orientation la plus appropriée est l'orientation sud, l'inclinaison optimale est la verticale, et le site idéal est exempt de tout effet de masquage significatif. Enfin, le rendement des murs capteurs dépendra également de la nature des vitrages, et des absorbeurs utilisés.

Thermiques : Dans le cas des murs Trombe notamment, la mise en place de brise-soleil ainsi que l'utilisation correcte des ventilations communiquant l'air chaud permet d'éviter les phénomènes de surchauffe survenant l'été notamment. La régulation reste pourtant souvent très délicate.

En raison des pertes, le mur capteur ne restitue pas la nuit toute l'énergie reçue durant la journée. Afin de limiter les pertes d'énergie, il est également utile de prévoir une isolation nocturne ou mettre en oeuvre un double vitrage.

Visuelles : Les possibilités d'offrir des vues ou d'apporter de la lumière naturelle sont limitées par le système, qui requiert une paroi opaque.

Relations Cibles :

- Positives : 2. Choix des composants, 4. Gestion d'énergie, 8. Confort Hygrothermique, 9. Confort acoustique

- Négatives : 7. Maintenance, 10. Confort Visuel

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence : 4. Double peau, 6. Espace tampon, 26. Mur masse

- Relation de combinaison : 9. Oriel transparente, 13. Volume compact

- Relation de contradiction : 14. Lumière renvoyée, 20. Fenêtre ouvrable

Réalisations associées :



Figure 21 *Maison d'habitation Prototype (Odeillo), Zion National Park Visitors Center (Utah), Immeuble de Bureaux Façade Lucido (Saint-Pierre en Faucigny)*

EM 40 Démontable en fin de vie

L'idée de la démontabilité s'associe aux notions de démantèlement et de l'acte de « débâter ». Elle est issue de la réflexion par rapport aux matériaux recyclés et recyclables. En effet, pour cet EM, on s'oriente plutôt vers la fin de vie du bâtiment et la notion de facilité de démontage, de réutilisation ou reconversion des matériaux,...

Problème :

La démolition ou le démantèlement de bâtiments existants, lors que ceux-ci arrivent en fin de vie, produit de nombreux déchets souvent non réutilisables. C'est ainsi que le secteur de la construction affiche un bilan négatif en terme de gestion des déchets. La démolition consomme par ailleurs une grande quantité d'énergie qui vient encore alourdir le bilan énergétique du bâtiment.

Solution :

Lorsque la réutilisation d'un bâtiment existant est difficilement envisageable, il est judicieux de concevoir un bâtiment qui puisse être démontable en fin de vie. La démontabilité d'un bâtiment permet de réutiliser ou de recycler les matériaux le constituant. D'autre part, introduire la notion de fin de vie d'un bâtiment dans une société qui évolue rapidement et dont les bâtiments doivent offrir une certaine flexibilité peut être intéressant dans le cadre d'une démarche environnementale.

Contraintes :

Technique : Le choix des matériaux, leurs assemblages et leurs mises en œuvre doivent être étudiés très tôt dans le projet. Le processus de démontage doit être également étudié au même titre que le processus de montage.

Entretien et maintenance : La démontabilité se prête bien aux réalisations à courte durée de vie. Lorsque celle-ci se prolonge, les problèmes de maintenance peuvent vite devenir conséquents et coûteux. Il faut avoir conscience de cet aspect afin de choisir avec justesse les produits nécessaires.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 2. Choix des composants, 3. Chantier vert
- Négatives : 7. Maintenance

Relations Eco-Modèles :

- Relation d'équivalence : 18. Matériaux bruts, 19. Matériaux locaux
- Relation de combinaison : 16. Structure poteau-poutre
- Relation d'opposition: 3. Bâtiment-paysage

Réalisations associées :



Figure 22 *Pavillon Suisse Expo 2000 (Hanovre), Nomadic Museum (New-York), Sansbag shelter prototype (Cal earth institute)*

EM Éolien Urbain

Cet EM est en fait un complément d'un EM déjà défini et intitulé « EM 23. Volume façonné par le vent ».

Le système d'éolien urbain permet de conférer à cet EM une nouvelle dimension. « Volume façonné par le vent » constitue une méthode passive, de travail sur la géométrie et la forme du bâtiment afin de la rendre la plus pertinente face au vent, alors que l'éolien urbain, qui s'attache au même thème, représente une méthode active. Elle permet de récupérer l'énergie produite par le vent, et met en place des systèmes et techniques spécifiques. Cependant, elle n'est pas simplement un système technique, puisqu'elle induit des emplacements spécifiques à déterminer dès l'esquisse du projet afin que l'éolien urbain fonctionne.

Problème :

Le vent façonne largement la forme de beaucoup d'objets industriels mobiles comme les voitures ou les avions. Bien qu'immobiles, les bâtiments sont aussi, par leurs dimensions, très sollicités par le vent, mais ils ne le prennent en compte que comme une force à laquelle il faut s'opposer.

Solution :

La forme d'un toit (ou d'une façade) exposé au vent dominant peut être profilée pour favoriser l'écoulement du vent et offrir une résistance la plus faible possible. Elle peut également canaliser le vent à des fins de confort comme l'amélioration de la ventilation par effet venturi ou le rafraîchissement par un meilleur écoulement de l'air. **À côté de cette approche passive, il existe également des moyens actifs pour récupérer l'énergie apportée par le vent. La mise en place d'éoliennes urbaines au niveau des bâtiments (façades ou toitures) permet de profiter d'un système de production d'énergie renouvelable.**

Contraintes :

Visuelle : Dans certains cas, la direction du vent oblige à fermer une façade qui pourrait offrir de belles vues aux espaces intérieurs.

Technique : La prise en compte du vent conduit à des formes de parois parfois complexes à réaliser et au coût élevé.

Par ailleurs, L'utilisation d'une méthode active nécessite de prendre en compte la mise en place du système éolien relativement tôt dans la conception. Des études sur le vent rencontrant un obstacle tel un bâtiment montrent que le vent s'accélère au contact de ce dernier. L'angle d'incidence d'une turbine peut également augmenter sa production d'électricité. Il existe donc une corrélation forte entre le système de turbine, sa position et les formes et dimensions du bâti avoisinant.

Relations Cibles :

- Positives : 1. Bâtiment et son environnement immédiat, 2. Choix des composants, 4. Gestion d'énergie, 8. Confort Hygrothermique, 9. Confort acoustique

- Négatives : 7. Maintenance, 10. Confort visuel

Relations Eco-Modèles :

- Vert : 3. Bâtiment-Paysage, 12. Cheminées à vent

- Bleu : 30. Bandeau Lumineux, 15. Pied de façade végétalisé, 5. Double Toit, 6. Espace Tampon, 7. Forme Arrondie

- Rouge : ∅

Réalisations associées :

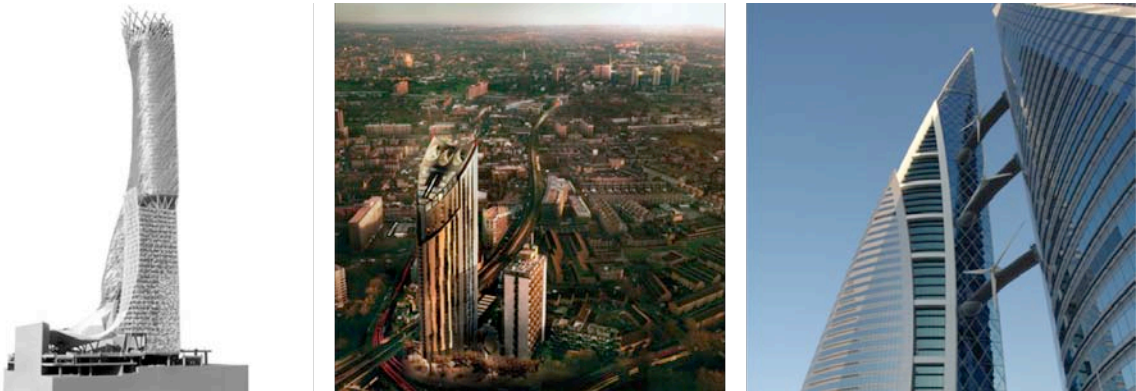


Figure 23 *Tour Phare Morphosis (Paris), Strata Tower (Londres), Bahrain World Trade Center (Bahrain)*

EM Forme Triangulaire

Cet EM nous a interrogé et a soulevé plusieurs questions. En effet, derrière l'idée de la forme triangulaire (en plan notamment), se trouve l'idée de la compacité. Or, cette même idée est présente dans différents EM déjà définis dans la base de données : EM 7. Forme arrondie, mais aussi EM 13. Volume compact. Il est possible de l'intégrer à ces deux EM. La forme triangulaire privilégie certaines orientations, mais permet également la création d'un espace central d'atrium offrant une prise de lumière.

Après réflexion, l'EM Forme Triangulaire évoque de manière privilégiée l'aspect compact d'un bâtiment, puisque les surfaces de façades sont réduites au minimum. Il a donc été décidé de l'intégrer à l'EM 13. Volume compact en tant qu'exemple et illustration.

Ci-dessous, les réalisations qui sont associées à cet EM :



Figure 24 *Commerzbank Tower (Frankfurt-sur-le-Main), Ecole primaire (Notley Green), Hôtel Sheraton, "Centro Histórico" (Mexico)*

Difficultés et évolution de l'outil Eco-Mod

Durant la période où j'ai effectué mon stage, l'outil et la méthode ont pu évoluer. D'une part, la notion de contextualisation des EM et des réalisations, peu abordée dans un premier temps, constituait un réel manque à l'outil. Pour certains EM, comme par exemple « Bâtiment Hors-Sol », le contexte est essentiel à définir. Comment peut-on le représenter ? La méthode choisie a été de préciser dans les contraintes, les dépendances de l'EM à un contexte donné, afin que l'utilisateur soit pleinement conscient de ces données. En ce qui concerne les réalisations, chacune d'entre elles est géolocalisée, mais est aussi décrite par le climat dans lequel elle s'installe (tempéré, tropical,...).

Un autre point abordé est l'utilisation des images, et des descriptions/analyses des réalisations. Soit nous réalisons les analyses nous-mêmes, soit nous utilisons des liens de pages internet ou de références bibliographiques, ce qui nous permettait d'utiliser les images et textes présents sur les sites. La seconde solution a été choisie, dans un souci d'éthique et de respect des droits d'images.

D'autre part, au départ, les informations relatives à la réalisation renvoyaient uniquement aux sites internet, mais il nous apparaissait nécessaire de pouvoir indiquer également des liens bibliographiques. La base de données de l'outil a été modifiée en ce sens. Ci-dessous, deux exemples de présentation de l'outil à travers deux entrées différentes : celle des EM, et celle des réalisations.

L'outil EcoMod, interface utilisateur des EM (présenté en annexe), est donc amené à se préciser et à évoluer en fonction des difficultés nouvelles que nous rencontrons.

3.3 Conclusion

À partir de l'identification de nouveaux Eco-Modèles, le modèle défini a pu être interrogé et questionné. Le but était d'évaluer les critères de sélection des Eco-Modèles, et également d'enrichir la manière dont ils sont définis et présentés. L'enrichissement de la définition des EM, des réalisations et des cibles a été évoqué ci-dessus.

En ce qui concerne le critère de sélection des EM par rapport aux cibles (réponse à au moins trois cibles positives), nous avons pu voir qu'il était parfois déterminant, si l'on considère notamment le cas de l'EM Toiture arrondie. Cet EM nous a interrogé de différentes manières, et l'on s'est demandé s'il était réellement pertinent. En ce sens, le fait qu'un EM doive répondre à trois cibles positives permet de remettre en question les EM qui ne sont pas encore totalement aboutis ou précisés.

D'autre part, nous avons pu constater que la définition des Eco-Modèles n'est pas toujours évidente à réaliser. Il s'agit de choisir ceux qui nous semblent les plus intéressants d'un point de vue environnemental, ce jugement se constituant toujours d'une part de subjectivité. Cependant, le choix et la sélection des réalisations, et les variations d'interprétations de l'EM dans ces réalisations lui confèrent un caractère concret. La pluralité des solutions associées à un même EM permet, non pas de montrer une technique fixe et figée, mais plutôt une idée qui a déjà été interprétée de différentes manières, et qui peut encore être développée sous d'autres formes. Le fait de satisfaire à plus de trois cibles confère à l'EM un caractère environnemental. D'autre part, s'il apparaît dans au moins trois réalisations différentes, l'EM est considéré comme pertinent et répond aux critères environnementaux, puisqu'il a déjà été expérimenté. A mon sens, ce critère de sélection fonctionne, et est fondamental dans la démarche de sélection des EM.

En ce qui concerne les relations entre les EM, elles me paraissent plus subjectives. C'est ici au développeur des EM de déterminer les relations qu'un EM entretient avec les autres EM. D'une personne à l'autre, les points de vue peuvent changer et il est nécessaire, d'après moi, de les valider en tenant compte de plusieurs points de vue.

Ainsi, le modèle proposé pour sélectionner les EM a permis de développer de nouveaux EM, illustrés et répondant à des qualités environnementales approuvées. La méthode a donc pu être testée dans le cadre de mon travail, et a pu aboutir à des résultats, puisque de nouveaux EM ont vu le jour. Chacun des critères à respecter permet d'affiner leur définition. En ce sens, cette méthode m'a paru suffisamment définie et précise.

Outre ce statut de « réservoir d'idées », le second objectif de ce travail était de pouvoir conférer une nouvelle dimension à cet outil. C'est ce que nous allons voir dans cette seconde partie.

L'autre objectif de cette recherche était de développer un outil de synthèse des sélections qui ont pu être réalisées par un utilisateur. L'approche privilégiée a été orientée principalement sur les cibles définies par l'association pour la Haute Qualité Environnementale.

4. Vers un outil de synthèse des sélections

Comme il a été dit précédemment, le second objectif de cette recherche, outre la recherche de nouveaux EM, était le développement d'EcoMod¹⁸ selon une nouvelle dimension. Il s'agissait de participer à la spécification d'un outil de navigation, mais surtout de synthèse : imaginer, lors de la navigation, que l'utilisateur puisse faire une sélection des EM l'intéressant, et qu'il dispose ensuite d'un « récapitulatif » de ses choix. En somme, quels EM parmi ceux sélectionnés se contredisent ? Quelles cibles sont privilégiées dans la sélection réalisée ? Quels autres EM sont capables de répondre à des thématiques similaires ?

L'idée était donc de créer un « panier de sélection » ou espace de choix. L'utilisateur peut y sélectionner un certain nombre d'EM. A partir de cette sélection, un espace de proposition lui permettrait de découvrir d'autres EM pertinents par rapport à sa sélection.



Figure 25 Schéma représentant les objectifs de l'outil de synthèse

Les questionnements évoqués précédemment ont été les points de départ d'une réflexion concernant la création de cet outil. Dans ce cheminement, plusieurs hypothèses ont pu être posées, et vont être décrites ci-dessous.

¹⁸ EcoMod, (interface utilisateur) : c'est l'outil qui permet de consulter la base de données des EM. Des captures d'écran situées en annexes présentent cette interface (Annexe n°4).

4.1 Démarche et première hypothèse posée : les relations avec les cibles privilégiées

La première idée s'est orientée sur les relations existantes entre les EM. En effet, comme on a pu le voir précédemment, un EM peut entrer en relation d'équivalence, de combinaison ou de contradiction avec un autre EM¹⁹. Cette première réflexion se basait sur l'idée que plus un EM a de relations communes avec un autre EM, plus ils sont proches et pertinents l'un par rapport à l'autre. En d'autres mots, plus les types de relations qu'ils entretiennent avec d'autres EM sont identiques et nombreuses, plus ils sont similaires.

Nous nous sommes rapidement rendu compte que cette entrée n'offrait pas de résultats pertinents. La détermination des pertinences par NOMBRE de relations similaires ne permettait pas d'obtenir des résultats justifiés. En effet, certains EM entretiennent de nombreuses relations avec les autres EM, ce qui fausse les résultats.

Le système des relations entre les différents EM ne paraissant pas être une entrée pertinente pour la conception de l'outil de synthèse, nous nous sommes orienté vers les relations entre les EM et les CIBLES.

La première hypothèse posée est donc que si un EM répond aux mêmes cibles qu'un autre EM, alors ils disposent d'objectifs proches et peuvent être considérés comme similaires. Dans un premier temps, un tableau a été réalisé afin de synthétiser les données dont nous disposions. Ces données ont été révisées et quelquefois modifiées, afin que chacune des relations établies entre un EM et ses cibles soient cohérentes²⁰.

Une étape de questionnement s'est alors imposée :

- Est-ce qu'une relation entre un EM et une cible VERTE (relation positive) équivaut à une relation entretenue par un EM et une relation rouge (relation négative/opposition) ? Si l'on considère qu'elles ne sont pas équivalentes, comment exprime-t-on cette différence ? Par pondération ?
- Comment peut-on exprimer les relations d'oppositions qui existent entre les EM ? (si l'un a une relation positive avec une cible alors que l'autre a une relation négative avec cette même cible)
- D'autre part, prend-on en compte ces relations qui s'opposent ? ou valorise-t-on seulement les relations similaires ?

¹⁹ Le tableau synthétisant les relations entre les EM (relations d'équivalence, de combinaison ou d'opposition) se situe en annexe (Annexe n°5)

²⁰ Le tableau réalisé, synthétisant les relations existantes entre EM et Cibles se situe en annexe (Annexe n°6)

Un tableau synthétisant les cibles communes aux EM a été réalisé. Cependant, ce tableau avait pour objectif de mettre en exergue les cibles communes entre seulement deux EM. Or, une sélection d'EM réalisée par un utilisateur sera probablement constituée de plus que deux EM. Ce tableau nous donc a simplement permis de mettre au clair les informations dont nous disposions, et se situe en annexe²¹.

Afin de tester l'hypothèse posée, trois réalisations ont été choisies. Elles répondent toutes trois à un nombre d'EM différent (2, 5 ou 10 relations avec des EM), afin de pouvoir observer des résultats dans des configurations de sélections différentes.

La première réalisation sélectionnée est le centre de danse contemporain de Londres. Elle est en relation avec les deux EM suivants :

EM 4. Double peau
et EM 15. Pied de façade végétalisé.

La seconde réalisation, la bibliothèque Lancaster située à Coventry, répond à cinq EM :

EM 6. Espace tampon
EM 12. Cheminées à vent
EM 20. Fenêtre ouvrable
EM 26. Mur masse
et EM 27. Puits de jour

Enfin, la dernière réalisation sélectionnée, le collège de Provenchère-sur-Fave, est associée à dix EM :

EM 3. Bâtiment-Paysage
EM 6. Espace tampon
EM 10. Parking à vélo
EM 16. Structure poteau-poutre
EM 17. Couverture solaire
EM 19. Matériaux locaux
EM 21. Masques proches
EM 26. Mur masse
EM 29. Paroi rideau photovoltaïque
et EM 30. Bandeau lumineux.

²¹ Voir Annexe n°7.

Le choix des réalisations n'est pas tant ce qui nous intéressait, En sélectionnant trois réalisations, nous souhaitions accéder rapidement à une sélection d'EM préétablie et, implicitement, à leurs cibles. On considère que ces sélections auraient pu être réalisées par un utilisateur naviguant dans EcoMod, ou en se basant sur un projet particulier. Il s'agissait donc de voir les résultats obtenus dans ces différents scénarii, et de mettre en place une méthode pour tester l'hypothèse établie.

4.1.1 Méthode

1. Relevé des EM associés à la réalisation (tableau « EM associés »)
2. Identification des cibles auxquelles répond chacun des EM relevés précédemment (« Cibles positives » et « cibles négatives associées à chaque EM ») ;
3. Synthèse des cibles apparaissant dans les EM relevés : les cibles apparaissent au MOINS une fois dans un EM sélectionné (« Synthèse »).

Cette synthèse est réalisée en répondant à des questions du type : Combien de fois apparaît chacune des cibles dans la sélection d'EM réalisée ? Quelles sont les cibles qui apparaissent le plus souvent ? Quelles sont celles qui n'apparaissent qu'une fois ?,...

4. Attribution d'une valeur (nombre) à chacune des cibles présentes en « Synthèse » : cette valeur correspond au nombre de fois où la cible est en relation avec les EM de la sélection.

Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4	
Réalisation	EM associés	Cibles positives associées à chaque EM	Cibles négatives associées à chaque EM	Synthèse
Centre de danse contemporain, Londres 2 EM associés	4. Double Peau 15. Pied de façade végétalisé	EM 4. C2, C4, C8, C9 EM 15. C1, C8, C9, C10, C11, C15	EM 4. C6, C7, C15 EM 15. C7	Cibles positives: C8: 2 fois C9: 2 fois C1: 1 fois C2: 1 fois C4: 1 fois C10: 1 fois C11: 1 fois C15: 1 fois Cibles négatives: C7: 2 fois C6: 1 fois C15: 1 fois
Bibliothèque Lancaster, Coventry 5 EM associés	6. Espace tampon 12. Cheminées à vent 20. Fenêtre ouvrable 26. Mur masse 27. Puits de jour	EM 6. C1, C4, C8, C9 EM 12. C1, C2, C4, C7, C8, C11, C13 EM 20. C1, C2, C7, C8, C11, C12, C13 EM 26. C2, C4, C8, C9 EM 27. C1, C4, C8, C10	EM 6. ø EM 12. C9 EM 20. ø EM 26. C10 EM 27. C9, C11	Cibles positives: C8: 5 fois C1: 4 fois C4: 4 fois C2: 3 fois C7: 2 fois C9: 2 fois C11: 2 fois C13: 2 fois C10: 1 fois C12: 1 fois Cibles négatives: C9: 2 fois C10: 1 fois C11: 1 fois
Collège de Provençères, Provençères-sur-Fave 10 EM associés	3. Bâtiment-paysage 6. Espace tampon 10. Parking à vélo 16. Structure poteau-poutre 17. Couverture solaire 19. Matériaux locaux 21. Masques proches 26. Mur masse 29. Paroi rideau photovoltaïque 30. Bandeau lumineux	EM 3. C1, C2, C3, C4, C8, C9, C15 EM 6. C1, C4, C8, C9 EM 10. C1, C4, C9, C15 EM 16. C2, C3, C6, C7 EM 17. C1, C2, C4, C8 EM 19. C1, C2, C3, C4, C6, C7, C15 EM 21. C1, C2, C4, C8, C9, C10 EM 26. C2, C4, C8, C9 EM 29. C1, C2, C4, C8 EM 30. C2, C8, C10	EM 3. C10, C13 EM 6. ø EM 10. ø EM 16. ø EM 17. C7 EM 19. ø EM 21. C6, C7 EM 26. C10 EM 29. C7 EM 30. C7	Cibles positives: C2: 8 fois C4: 8 fois C1: 7 fois C8: 7 fois C9: 5 fois C3: 3 fois C15: 3 fois C6: 2 fois C7: 2 fois C10: 2 fois Cibles négatives: C7: 4 fois C10: 2 fois C6: 1 fois C13: 1 fois

Figure 26 Tableau de synthèse des cibles associées aux trois réalisations sélectionnées

Ci-dessus, le tableau réalisant la classification des cibles, pour les trois réalisations sélectionnées.

On considère à ce niveau que « plus une cible est commune à un grand nombre d'EM sélectionnés (donc plus la valeur dans la partie « Synthèse » du tableau est élevée), plus elle sera considérée comme importante et prioritaire ». En d'autres termes, plus une cible apparaît souvent, plus elle sera considérée comme prioritaire dans la recherche d'EM associés.

En se basant sur ce « classement » des cibles, on cherche à identifier d'autres EM, les plus pertinents possibles, afin de les proposer à l'utilisateur. L'objectif est de lui présenter d'autres EM cohérents avec la sélection qu'il a pu réaliser, et auxquels, dans un premier temps, il n'aurait pas forcément pensé. C'est ici qu'apparaît clairement la complexité de la notion d'Eco-Modèle. Deux EM qui se « ressemblent » au niveau de la mise en œuvre peuvent être tout aussi pertinents si on les met en relation avec d'autres EM qui sont, à première vue, moins semblables. Le système d'association de chaque EM à des cibles et à d'autres EM permet la création d'un véritable réseau, un langage comme Christopher Alexander peut l'évoquer, qui induit des relations implicites souvent pertinentes. L'outil que l'on veut développer doit mettre en avant ce système de relations implicites.

Le classement des cibles permet donc d'en privilégier certaines pour la recherche et la proposition d'EM associés à la sélection réalisée. Afin de déterminer quels EM sont les plus pertinents et répondent de la manière la plus significative au classement des cibles, nous avons précisé la méthode.

Ainsi, les étapes suivantes de la méthode sont :

5. Les EM présents actuellement dans EcoMod, au nombre de 30²², ont été repris un par un, et leurs relations avec les cibles (positives ou négatives) relevées
6. Une à une, leurs relations avec les cibles sont comparées aux cibles présentes dans les EM sélectionnés ou les EM de la réalisation (étape 2)
7. Si une cible est commune aux deux EM, alors on attribue la valeur associée à la cible au calcul effectué.
8. Un système d'additions a alors été effectué, afin de déterminer quels autres EM sont les plus pertinents par rapport à la sélection réalisée.

²² Ils sont au nombre de 30 dans la base de données développée par Vida Gholipour, qui a été la base de ce travail, (c'est-à-dire sans les EM développés dans le cadre de ma recherche)

4.1.2 Exemple et questionnements

Afin de comprendre plus précisément le raisonnement, détaillons la démarche à travers un exemple. Prenons ici comme illustration la liste d'EM associée à la réalisation « Bibliothèque de Lancaster, Coventry ». Ci-dessous, un zoom sur le tableau et la synthèse des cibles présentes :

Réalisation	EM associés	Cibles positives associées à chaque EM	Cibles négatives associées à chaque EM	Synthèse
Bibliothèque Lancaster, Coventry 5 EM associés	6. Espace tampon 12. Cheminées à vent 20. Fenêtre ouvrable 26. Mur masse 27. Puits de jour	EM 6. C1, C4, C8, C9 EM 12. C1, C2, C4, C7, C8, C11, C13 EM 20. C1, C2, C7, C8, C11, C12, C13 EM 26. C2, C4, C8, C9 EM 27. C1, C4, C8, C10	EM 6. ∅ EM 12. C9 EM 20. ∅ EM 26. C10 EM 27. C9, C11	<p>Cibles positives:</p> <p>C8: 5 fois C1: 4 fois C4: 4 fois C2: 3 fois C7: 2 fois C9: 2 fois C11: 2 fois C13: 2 fois C10: 1 fois C12: 1 fois</p> <p>Cibles négatives:</p> <p>C9: 2 fois C10: 1 fois C11: 1 fois</p>

Figure 27 Tableau de synthèse des cibles associées à la réalisation « Bibliothèque Lancaster », Coventry

Maintenant, prenons l'EM 1. Atrium, qui dispose de relations positives avec les cibles : **C2**. Choix des composants, **C4**. Gestion d'énergie, **C8**. Confort hygrothermique, **C10**. Confort visuel et **C13**. Qualité de l'air.

D'autre part, il établit des relations négatives avec les cibles :

C7. Maintenance, **C9**. Confort acoustique et **C11**. Confort olfactif.

Comparons l'EM 1. Atrium avec la sélection d'EM réalisée (« EM associés »). Pour se faire, on réalise une addition en utilisant le nombre de fois où les cibles apparaissent dans les EM sélectionnés :

RELATIONS POSITIVES

- C2 apparaît 3 fois en tant que cible positive donc on associe C2 à la valeur 3
- C4 apparaît 4 fois en tant que cible positive donc on associe C4 à la valeur 4
- C8 apparaît 5 fois en tant que cible positive donc on associe C8 à la valeur 5
- C10 apparaît 1 fois en tant que cible positive, mais aussi 1 fois en tant que cible négative. Ce cas nous a interrogé. Comment gère t'on cette opposition ?.....
- C13 apparaît 2 fois en tant que cible positive donc on lui associe la valeur 2

RELATIONS NEGATIVES

- C7, qui est en relation négative dans l'EM 1. Atrium apparaît 2 fois, mais en tant que cible positive. Elle n'apparaît pas dans la liste comme cible négative. Ainsi, ces relations s'opposent. Comment gère t'on ce niveau d'opposition ? Est-ce qu'on le traite ? Ou le néglige t'on afin de valoriser seulement les relations de similarités ?
- C9 pose la même interrogation que celle que l'on a pu voir ci-dessus. En effet, C9 apparaît 2 fois en tant que cible positive et 2 fois en tant que cible négative
- Enfin, même question pour C11 qui apparaît cependant ici avec 2 coefficients différents : 2 fois en tant que cible positive, et 1 fois en tant que cible négative.

Dans un premier temps, la manière dont les additions ont été réalisées a négligé les oppositions. En effet, il s'agissait de mettre en valeur les relations de SIMILARITÉ, et de voir si les résultats étaient suffisamment explicites et pertinents de cette manière. Ainsi, si une cible est en relation positive avec l'EM sélectionné et en relation négative avec l'EM à proposé, on considère que la valeur attribuée à cette cible est nulle.

Résultats :

Cibles positives : Valeur C2 + Valeur C4 + Valeur C8 + Valeur C10 + Valeur C13

$$\text{soit } 3 + 4 + 5 + 1 + 2 = 15$$

Cibles négatives : Valeur C7 + Valeur C9 + Valeur C11

$$\text{soit } 0 + 2 + 1 = 3$$

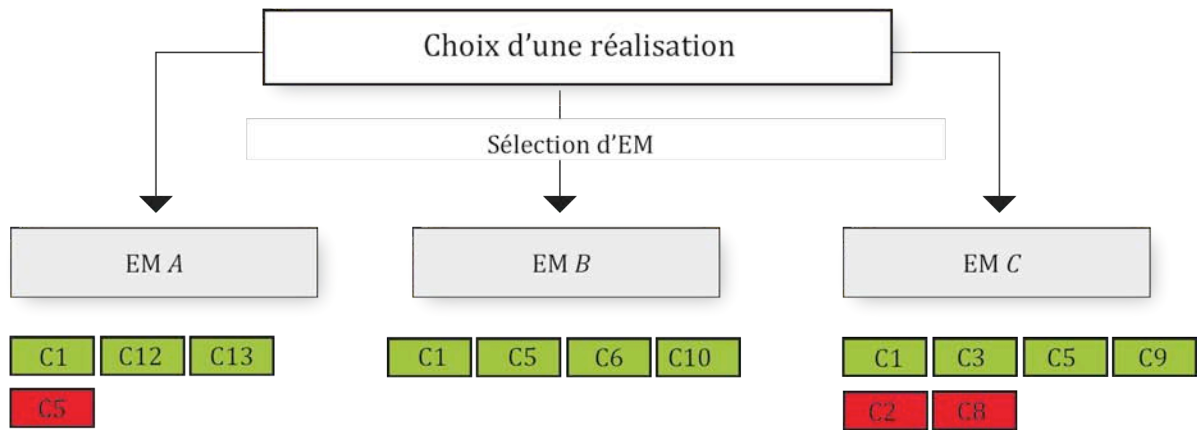
Ainsi, on obtient pour l'EM 1. Atrium un résultat de $15+3=18$.

Ci-dessous, le tableau réalisé pour chacun des 30 EM en relation avec la réalisation « Bibliothèque Lancaster » en suivant cette méthode.

Tableau Bibliothèque Lancaster, Coventry
Méthode proposée

Eco-modèle étudié	CALCUL Cibles positives		CALCUL Cibles négatives	Somme/Total
EM 1. Atrium	3 + 4 + 5 + 1 + 2	+	0 + 2 + 1	18
EM 2. Balcon filant	3 + 4 + 2 + 5 + 2 + 1	+	∅	17
EM 3. Bâtiment-Paysage	4 + 3 + 0 + 4 + 5 + 2 + 0	+	1 + 0	19
EM 4. Double Peau	3 + 4 + 5 + 2	+	0 + 0 + 0	14
EM 5. Double Toit	3 + 4 + 5 + 2	+	0 + 0 + 0	14
EM 6. Espace Tampon	4 + 4 + 5 + 2	+	∅	15
EM 7. Forme arrondie	4 + 5 + 1	+	0 + 0 + 2	12
EM 8. Lumière du toit	3 + 4 + 5 + 2 + 1	+	0	15
EM 9. Oriel transparente (véranda)	3 + 4 + 5 + 2 + 1 + 2 + 2	+	0	19
EM 10. Parking à vélo	4 + 4 + 2 + 0	+	∅	10
EM 11. Toiture végétalisée	4 + 3 + 0 + 4 + 0 + 5 + 2 + 1 + 2 + 0	+	0	21
EM 12. Cheminées à vent	4 + 3 + 4 + 2 + 5 + 2 + 2	+	2	24
EM 13. Volume compact	0 + 4 + 2 + 5 + 2	+	1 + 0	14
EM 14. Lumière renvoyée	3 + 4 + 1	+	0	8
EM 15. Pied de façade végétalisée	4 + 5 + 2 + 1 + 2 + 0	+	0	14
EM 16. Structure poteau-poutre	3 + 0 + 0 + 2	+	∅	5
EM 17. Couverture solaire	4 + 3 + 4 + 5	+	0	16
EM 18. Matériaux bruts	4 + 3 + 0 + 4 + 0 + 5 + 1	+	0	17
EM 19. Matériaux Locaux	4 + 3 + 0 + 4 + 0 + 2 + 0	+	∅	13
EM 20. Fenêtre ouvrable	4 + 3 + 2 + 5 + 2 + 1 + 2	+	∅	19
EM 21. Masques Proches	4 + 3 + 4 + 5 + 2 + 1	+	0	19
EM 22. Patio	4 + 4 + 5 + 2 + 1 + 2 + 0	+	0	18
EM 23. Volume façonné par le vent	4 + 3 + 4 + 5	+	0 + 1	17
EM 24. Ouverture adaptée	4 + 4 + 5 + 1	+	0	14
EM 25. Bassin de phyto-épuration	4 + 0 + 2 + 0 + 0	+	1 + 0	7
EM 26. Mur masse	3 + 4 + 5 + 2	+	1	15
EM 27. Puits de jour	4 + 4 + 5 + 1	+	2 + 1	17
EM 28. Réflecteurs de lumière	3 + 4 + 5 + 1	+	0	13
EM 29. Paroi rideau photovoltaïque	4 + 3 + 4 + 5	+	0	16
EM 30. Bandeau lumineux	3 + 5 + 1	+	0	9

Figure 28 Tableau de synthèse des résultats obtenus par la méthode proposée
(en gris, les EM de la sélection réalisée et, en jaune, les résultats proposés)



SYNTHESE des cibles présentes dans l'ensemble de sélection des trois EM ci-dessus

C1	3 fois	C2	1 fois
C3	1 fois	C5	1 fois
C5	2 fois	C8	1 fois
C6	1 fois		
C9	1 fois		
C10	1 fois		
C12	1 fois		
C13	1 fois		

COMPARAISON avec les autres EM présents dans la base

EM H	C1	C9	C15	Soit $3 + 1 + 0 = 4$	
	3 x	1 x	0 x		
EM O	C3	C7	C8	C5	Soit $1 + 0 + 0 + 1 = 2$
	1 x	0 x	0 x	1 x	

L'EM H est donc plus pertinent à proposer en relation avec la sélection d'EM présentée ci-dessus que l'EM O.

Figure 29 Schéma synthétisant les différentes étapes de la méthode proposée en réponse à la première hypothèse développée

4.1.3 Conclusion et résultats

En raisonnant de cette manière, nous avons pu nous rendre compte d'un manque de précision des résultats. En effet, dans les différents EM, certains établissent des relations avec un nombre important de cibles (par exemple, l'EM 11. Toiture végétalisée entretient des relations avec 10 cibles positives et une négative, soit 11 relations²³ avec les cibles au total, alors que d'autres ne répondent qu'à quelques unes : l'EM 30. Bandeau lumineux, ne répond qu'à 3 cibles positives et 1 négative). Or, avec cette méthode, les EM répondant à beaucoup de cibles apparaissent comme « pertinents » avec quasiment chaque sélection d'EM étudiée. En revanche, d'autres EM répondant à moins de cibles, mais aux plus importantes (c'est-à-dire celles qui apparaissent le plus grand nombre de fois dans la sélection d'EM), n'apparaissent pas comme pertinentes. Prenons un exemple : la réalisation « Centre de danse contemporain, Londres, » est associée à deux EM : EM 4. Double peau et EM 15. Pied de façade végétalisée. Or, les résultats obtenus avec cette démarche nous indiquent que « Toiture végétalisée » (en relation avec onze cibles) est l'EM le plus proche. Cependant, il n'apparaît pas, à nos yeux, comme le plus pertinent. En effet, on aurait par exemple aimé pouvoir retrouver l'EM « Espace Tampon », qui ne répond qu'à quatre cibles. En somme, il s'agit d'obtenir des résultats mettant en valeur les EM ayant des relations avec les cibles les plus pertinentes par rapport à la sélection réalisée, et non les EM ayant beaucoup de relations avec les cibles.

Ainsi, la méthode a été approfondie selon plusieurs axes. La première idée était d'attribuer un ratio en fonction du nombre de cibles communes entre l'EM sélectionné dans EcoMod et l'EM potentiel à proposer. En d'autres mots, si un EM quelconque répond à 11 cibles, et qu'il n'a en commun que 5 cibles avec l'EM sélectionné par l'utilisateur, alors on va soustraire au résultat de l'addition 6 (11-5). Il s'agit, par cette méthode, de ne pas favoriser les EM qui disposent de nombreuses relations avec les cibles. En effet, ce grand nombre de rapports avec les cibles leur donne une chance plus importante d'avoir des cibles communes avec celle de l'EM sélectionné, et donc d'avoir un résultat élevé dans le cadre de l'addition expliquée précédemment. Cependant, cet axe n'a pas été développé, puisqu'il n'avait aucune influence sur les résultats obtenus.

²³ 11 relations sur 15 possibles, car nous avons défini 15 cibles (les 15 cibles sont décrites en annexe).

4.2 Approfondissement et précision de la méthode proposée

L'autre hypothèse développée est en réalité la continuation et la précision de la méthode proposée précédemment. Après avoir repéré les problèmes évoqués ci-dessus (certains EM répondant à beaucoup de cibles ayant été privilégiés), il a fallu préciser la méthode. L'utilisation d'un système de pondération a été établie.

4.1.1 Précision de la méthode

Après avoir réfléchi à la méthode de pondération, nous avons choisi d'appliquer une pondération sur les cibles.

Des questions sur l'attribution des pondérations se sont posées :

Quelles pondérations applique-t-on sur les cibles ? Une pondération de 2, 3 ou 4 valeurs ? La solution de pondérer avec trois valeurs ne paraît pas pertinente : à chaque doute, la valeur intermédiaire serait attribuée, et la pondération perdrait alors tout son sens.

Choisir de pondérer une cible avec 4 valeurs était également complexe. En effet, un tel degré de précision est difficile à attribuer à une cible ; nous avons donc choisi de réaliser une pondération à deux valeurs : cible faible (valeur 1)/ cible forte (valeur 2) (pour un EM particulier).

La méthode se traduit par les étapes suivantes :

1. comme pour la méthode précédente, on réalise un tableau de synthèse des cibles présentes dans les EM sélectionnés
2. on a ensuite réalisé le tableau de pondération des cibles²⁴, présenté ci-dessous
3. à partir de la synthèse et du tableau de pondération des cibles, on effectue un calcul sur chacun des EM présents dans la base de données

Le calcul s'effectue de la manière suivante :

La méthode est la même que précédemment, sauf que l'on attribue des pondérations sur les cibles. Dans un premier temps, le tableau décrivant ces pondérations a été validé (soumis à plusieurs points de vue).

²⁴ Pour chaque relation EM-Cible, les cibles ont été pondérées afin de privilégier les axes les plus importants mis en avant par un EM (un EM peut répondre à une cible de manière plus pertinente et plus importante qu'à une autre)

	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6	EM 7	EM 8	EM 9	EM 10	EM 11	EM 12	EM 13	EM 14	EM 15	EM 16	EM 17	EM 18	EM 19	EM 20	EM 21	EM 22	EM 23	EM 24	EM 25	EM 26	EM 27	EM 28	EM 29	EM 30
C1 Bâtiment et son environnement immédiat			2			1				1		1			2		1		2	2	1	1	1	2	1		1			
C2 Choix des composants	2	2	2	2	2			2	2		2	2	2	2		2	2	2	2	2	2		2		2		2	2	2	2
C3 Chantier vert			1								1		1			1		1	1											
C4 Gestion d'énergie	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1		2	2	2	2	2	1		2	1	1	1	1	2	2	2
C5 Gestion de l'eau											2														2					
C6 Gestion des déchets				-1	-1		-2									1		2	1											
C7 Maintenance	-2	2		-2	-2		-1	-2	-2		-2	1	1	-2	-1	2	-2	-1	1	2	-2	-1			-1			-2	-2	-2
C8 Confort hygrothermique	2	1	2	2	2	2	1	1	2		2	2	2		1		1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1
C9 Confort acoustique	-2	1	2	2	1	2		1	2	1	2	-2	1		1						1	1			2	-1				
C10 Confort visuel	1	2	-2				2	2	2				-2	2	1						2	2	-2	2		-2	2	1	1	2
C11 Confort olfactif	-1								1			1			1				1	1					-2	-1				
C12 Santé-espaces																		2		1										
C13 Qualité de l'air	1		-1						1		1	2	-1							2		2								
C14 Qualité de l'eau																									2					
C15 Biodiversité			1							1	2								1						2					

EM 1. Atrium, EM 2. Balcon filant ; EM 3 Bâtiment-Paysage, EM 4. Double peau, EM 5. Double Toit, EM 6. Espace Tampon, EM 7. Forme arrondie, EM 8. Lumière du toit, EM 9. Oriel transparente, EM 10. Parking à vélos, EM 11. Toiture végétalisée, EM 12. Cheminées à vent, EM 13. Volume compact, EM 14. Lumière renvoyée, EM 15. Pied de façade végétalisée, EM 16. Structure poteau-poutre, EM 17. Couverture solaire, EM 18. Matériaux bruts, EM 19. Matériaux locaux, EM 20. Fenêtre ouvrable, EM 21. Masques proches, EM 22. Patio, EM 23. Volume façonné par le vent, EM 24. Ouverture adaptée, EM 25. Bassin de phyto-épuration, EM 26. Mur masse, EM 27. Puits de jour, EM 28. Réflecteurs de lumière, EM 29. Paroi rideau photovoltaïque, EM 30. Bandeau lumineux

Figure 30 Tableau de la pondération des cibles pour chaque Éco-Modèle (en rouge, l'EM entretient une relation négative avec la cible ; en blanc, relation positive ; en gris, pas de relation (neutre))

Reprenons maintenant l'exemple de la « Bibliothèque de Lancaster, Coventry » et la comparaison avec EM 1. Atrium²⁵, mais avec la méthode des pondérations :

En se référant au tableau précédent, on peut attribuer les valeurs de pondération aux cibles, pour l'EM 1 :

Cible	Valeur de pondération
C2 (relation positive)	2
C4 (relation positive)	1
C8 (relation positive)	2
C10 (relation positive)	1
C 13 (relation positive)	1
C 7 (relation négative)	-2
C 9 (relation négative)	-2
C 11 (relation négative)	-1

En reprenant la méthode de calcul expliqué dans le paragraphe précédent et en appliquant les pondérations, on obtient :

Méthode de calcul :

$$\Sigma (\text{Valeurs Cibles} \times \text{Valeur pondération})$$

Principes et règles de calculs : (voir schéma de synthèse)

1. Les cibles entretenant une relation négative avec un EM ont des valeurs de pondérations négatives
2. Si, dans la synthèse des cibles d'une sélection d'EM, une cible est présente en POSITIF et en NEGATIF, alors on réalise la différence entre les deux (afin que la cible ne soit présente que dans une catégorie)
3. Si un EM dispose d'une relation positive avec une cible, et que l'EM de la sélection dispose d'une relation négative avec cette même cible (et inversement), l'opposition est représentée à travers l'attribution d'une valeur négative.

²⁵ Pour rappel, l'EM 1. Atrium répond aux cibles C2, C4, C8, C10 et C13 de manière positive, et à C7, C9 et C11 de manière négative.

Les calculs pour cet exemple sont donc :

Cibles positives : $C2 \times 2 + C4 \times 1 + C8 \times 2 + C10 \times 1 + C13 \times 1$

$$\text{Soit } 3 \times 2 + 4 \times 1 + 5 \times 2 + 0 \times 1 + 2 \times 1 = 22$$

Cibles négatives : $C7 \times (-2) + C9 \times (-2) + C11 \times (-1)$

$$\text{Soit } 2 \times (-2) + 0 \times (-2) + 1 \times (-1) = -5$$

Ainsi, on obtient pour l'EM 1. Atrium un résultat de $22 - 5 = 17$

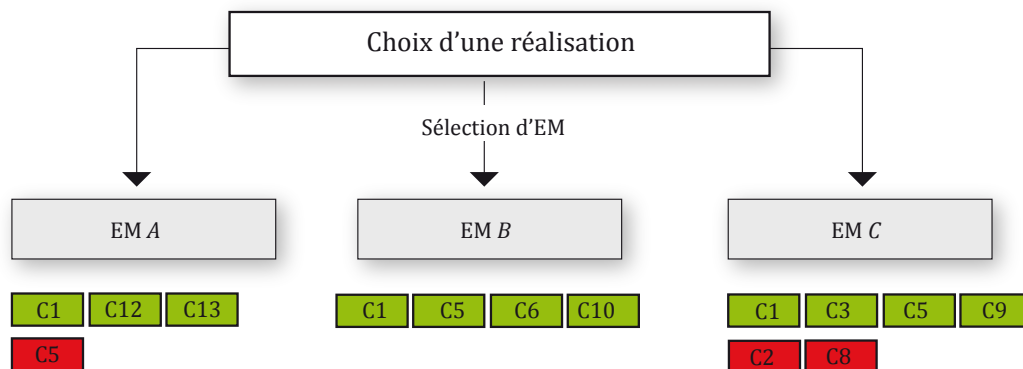
4. Les EM dont la valeur est la plus élevée (autre les EM sélectionnés au départ), sont considérés comme les plus pertinents et plus proches de la sélection d'EM du départ.

Tableau Bibliothèque Lancaster, Coventry
Approfondissement de la méthode, Pondération des cibles

Eco-modèle étudié	CALCUL Cibles positives	CALCUL Cibles négatives	Somme/Total
EM 1. Atrium	$3x2 + 4x1 + 5x2 + 0x1 + 2x1$	$+ 2x(-2) + 0x(-2) + 1x(-1)$	17
EM 2. Balcon filant	$3x2 + 4x1 + 2x2 + 5x1 + 0x1 + 0x2$	$+$ \emptyset	19
EM 3. Bâtiment-Paysage	$4x2 + 3x2 + 0x1 + 4x1 + 5x2 + 0x2 + 0x1$	$+ 0x(-2) + 2x(-1)$	26
EM 4. Double Peau	$3x2 + 4x2 + 5x2 + 0x2$	$+ 0x(-1) + 2x(-2)$	20
EM 5. Double Toit	$3x2 + 4x2 + 5x2 + 0x1$	$+ 0x(-1) + 2x(-2)$	20
EM 6. Espace Tampon	$4x1 + 4x1 + 5x2 + 0x2$	$+$ \emptyset	18
EM 7. Forme arrondie	$4x1 + 5x1 + 0x2$	$+ 0x(-2) + 2x(-1)$	7
EM 8. Lumière du toit	$3x2 + 4x1 + 5x1 + 0x1 + 0x2$	$+ 2x(-2)$	11
EM 9. Oriel transparente (véranda)	$3x2 + 4x1 + 5x2 + 0x2 + 0x2 + 1x1 + 2x1$	$+ 2x(-2)$	19
EM 10. Parking à vélo	$4x1 + 4x1 + 0x1 + 0x1$	$+$ \emptyset	8
EM 11. Toiture végétalisée	$4x2 + 3x2 + 0x1 + 4x2 + 0x2 + 5x2 + 0x2 + 1x1 + 2x1 + 0x2$	$+ 2x(-2)$	31
EM 12. Cheminées à vent	$4x1 + 3x2 + 4x2 + 2x1 + 5x2 + 2x1 + 2x2$	$+ 0x(-2)$	36
EM 13. Volume compact	$0x1 + 4x1 + 2x1 + 5x2 + 0x1$	$+ 0x(-2) + 2x(-1)$	14
EM 14. Lumière renvoyée	$3x2 + 4x1 + 0x2$	$+ 2x(-2)$	6
EM 15. Pied de façade végétalisée	$4x2 + 5x1 + 0x1 + 0x1 + 1x1 + 0x2$	$+ 2x(-1)$	12
EM 16. Structure poteau-poutre	$3x2 + 0x1 + 0x1 + 2x2$	$+$ \emptyset	10
EM 17. Couverture solaire	$4x1 + 3x2 + 4x2 + 5x1$	$+ 2x(-2)$	19
EM 18. Matériaux bruts	$3x2 + 0x1 + 0x2 + 5x1 + 1x2$	$+ 2x(-1)$	11
EM 19. Matériaux Locaux	$4x2 + 3x2 + 0x1 + 0x1 + 2x1 + 0x1$	$+$ \emptyset	16
EM 20. Fenêtre ouvrable	$4x2 + 3x2 + 4x2 + 2x2 + 5x2 + 1x1 + 1x1 + 2x2$	$+$ \emptyset	42
EM 21. Masques Proches	$4x1 + 3x2 + 4x1 + 5x2 + 0x1 + 0x2$	$+ 2x(-2)$	20
EM 22. Patio	$4x1 + 5x2 + 0x1 + 0x2 + 2x2 + 0x1$	$+ 2x(-2)$	14
EM 23. Volume façonné par le vent	$4x1 + 3x2 + 4x2 + 5x1$	$+ 2x(-2) + 0x(-2)$	19
EM 24. Ouverture adaptée	$4x2 + 4x1 + 5x2 + 0x2$	$+$ \emptyset	22
EM 25. Bassin de phyto-épuration	$4x1 + 0x2 + 0x2 + 0x2$	$+ 2x(-1) + 1x(-2)$	0
EM 26. Mur masse	$3x2 + 4x1 + 5x2 + 0x2$	$+ 0x(-2)$	20
EM 27. Puits de jour	$4x1 + 4x1 + 5x1 + 0x2$	$+ 0x(-1) + 1x(-1)$	12
EM 28. Réflecteurs de lumière	$3x2 + 4x2 + 5x1 + 0x1$	$+ 2x(-2)$	15
EM 29. Paroi rideau photovoltaïque	$4x1 + 3x2 + 4x2 + 5x1$	$+ 2x(-2)$	19
EM 30. Bandeau lumineux	$3x2 + 5x1 + 0x2$	$+ 2x(-2)$	7

Figure 31 Tableau de synthèse des résultats obtenus en utilisant la méthode de pondération des cibles

Ci-dessus, le tableau réalisé pour chacun des 30 EM en relation avec la réalisation « Bibliothèque Lancaster » en suivant cette méthode. En gris, sont indiqués les EM de la sélection réalisée, et, en jaune, les résultats proposés.



SYNTHESE des cibles présentes dans l'ensemble de sélection des trois EM ci-dessus

- C1 3 fois
- C3 1 fois
- C5 2 fois
- C6 1 fois
- C9 1 fois
- C10 1 fois
- C12 1 fois
- C13 1 fois

- C2 1 fois
- C5 1 fois
- C8 1 fois

Règle de calcul n°2: C5 apparait en tant que cible POSITIVE et NEGATIVE

- C5 2 fois C5 1 fois

On réalise donc la soustraction: $2-1=1$

Dans les calculs, C5 aura donc l'0aleur suivante:

- C5 1 fois C5 0 fois

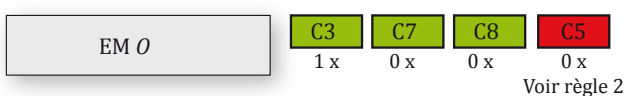
COMPARAISON avec les autres EM présents dans la base



Soit $3 \times 2 + 1 \times 1 + 0 \times 2 = 7$

PONDERATION sur les cibles (Valeur: 1 ou 2) pour l'EM H

- C1 pondérée avec la valeur 2 pour l'EM H
- C9 pondérée avec la valeur 1 pour l'EM H
- C15 pondérée avec la valeur 2 pour l'EM H



Soit $1 \times 2 + 1 \times 0 + 1 \times 0 + 0 \times (-2) = 2$

PONDERATION sur les cibles (Valeur: 1 ou 2) pour l'EM O

- C3 pondérée avec la valeur 2 pour l'EM H
- C7 pondérée avec la valeur 1 pour l'EM H
- C8 pondérée avec la valeur 1 pour l'EM H
- C5 pondérée avec la valeur -2 pour l'EM H

Règle de calcul n°1: on attribue aux cibles ayant une relation négative avec l'EM étudié une valeur de pondération négative

L'EM H est donc plus pertinent à proposer en relation avec la sélection d'EM présentée ci-dessus que l'EM O. On remarque que l'EM H, qui dispose de plus d'EM commun avec la sélection réalisée (EM A, EM B et EM C), est clairement mis en avant.

Figure 32 Schéma synthétisant les différentes étapes de la méthode précisée (utilisation de la pondération des cibles)

4.1.2 Validation de la méthode

- Une contradiction est apparue : certains EM présents dans la sélection effectuée à priori (ici « EM associés » aux réalisations) ne ressortent pas comme pertinents lorsque l'on utilise la méthode de calcul. Cela met en évidence le fait qu'il est difficile de distinguer les EM mis en exergue car ils répondent à beaucoup de cibles, et les EM réellement pertinents à proposer.

- Cependant, on observe des résultats qui sont capables de répondre à nos objectifs premiers, dans le sens où des EM ressortent, et ne sont pas incohérents avec les résultats que l'on souhaitait observer. Les propositions mises en avant par cette méthode paraissent plus précises que précédemment, et plus sélectives.

Mais il reste tout à fait complexe de juger la pertinence des résultats. L'analyse de ces derniers par des regards différents nous a permis de nous en rendre compte. Il est, d'autre part, relativement difficile de « prévoir » ces résultats. En effet, le langage des Eco-Modèles se constitue d'un ensemble de relations d'identités différentes, entre Eco-Modèles, mais aussi entre Eco-Modèle et cibles, qui ne peuvent pas forcément être perçues au premier abord.

5. Conclusion

Ce travail de recherche, divisé principalement en deux axes, a permis de remettre en question certains aspects de la définition des EM, mais aussi les perspectives à donner à l'outil.

Du point de vue de l'outil proposé, malgré une première expérimentation réalisée dans le cadre d'un projet de ferme expérimentale et inscrite dans un contexte de « durabilité » avec la contribution d'une dizaine d'étudiants²⁶, la volonté de présenter cet outil à un plus grand panel d'acteurs est encore aujourd'hui nécessaire. En effet, les différences perçues lors de cette première expérimentation ne se sont pas avérées réellement explicites.

Cependant, la méthode de sélection des EM a pu être testée lors de mon travail, et elle paraît tout à fait cohérente, puisqu'elle a permis de développer une dizaine de nouveaux EM. D'autre part, elle a permis de sélectionner les EM les plus pertinents par rapport aux volontés premières. En ce sens, elle apparaît comme efficiente.

En ce qui concerne l'outil de synthèse, nous n'avons malheureusement pas eu l'occasion de parcourir d'autres voies jusqu'à aujourd'hui. La simplification de la méthode, en tenant compte simplement des relations existantes entre les EM et en les synthétisant, n'a pas permis d'obtenir des résultats plus explicites.

Les résultats obtenus, bien que disposant souvent d'une dimension pertinente et « logique », n'ont malheureusement pas eu l'occasion d'être expérimentés et testés, faute de temps. D'autre part, n'étant pas toujours satisfait des résultats, nous nous sommes questionné sur les objectifs que cet outil pourrait atteindre. L'objectif principal était de souligner des relations pertinentes et « invisibles » existantes entre les EM par rapport à une sélection réalisée par l'utilisateur. Lui offrir de nouvelles perspectives et solutions, dans le cadre de la conception d'un projet dit « environnemental ».

²⁶ Etudiants du master Architecture, Modélisation et Environnement : un groupe de 11 étudiants divisé en deux parties: 6 utilisent EcoMod en phase esquisse du projet, les autres utilisent Pléiade-Comfie

Ces objectifs sont clairs, et pourtant difficiles à qualifier. La principale difficulté étant le jugement des résultats obtenus selon les différentes méthodes, comment attribue-t-on un caractère pertinent à ces résultats? En effet, les résultats que l'on obtient sont « implicites », des résultats qui, bien souvent, sont cohérents et auxquels, au premier abord, l'utilisateur n'aurait pas forcément pensé. En ce sens, l'hypothèse posée atteint ses objectifs. Mais la méthode de sélection et de proposition des EM développée dans le cadre de cette recherche n'est pas unique, et l'on pourrait l'approfondir, ou la développer selon d'autres axes.

Une question reste en suspens. Comment juge-t-on les résultats obtenus comme pertinents ? Afin de valider ou d'invalider certaines hypothèses, il serait nécessaire à ce stade de la recherche d'effectuer une phase d'expérimentation en situation de projet, ce qui n'a malheureusement pas pu être réalisé dans le temps imparti. Selon une sélection d'Eco-Modèles réalisée par l'utilisateur, on pourrait effectivement tester différentes méthodes afin d'arriver à un choix de propositions. L'utilisateur pourrait alors juger les différents panels proposés, et nous indiquer celui qui lui semble le plus pertinent, et qui lui offre de nouvelles perspectives dans le cadre de son projet.

Dans l'avenir, il serait nécessaire, pour le développement de cet outil, de tester d'autres méthodes de sélection, peut-être en passant par une entrée différente (plutôt que de se baser sur les cibles, trouver un moyen de se baser sur les relations entre les EM). Il serait également nécessaires de soumettre les différents résultats à des utilisateurs (étudiants ou même, pourquoi pas, professionnels), dans un contexte de projet, afin d'avoir d'autres points de vue sur les résultats que l'on propose.

Table des Figures

Figure 1 Les trois piliers du développement durable	10
Figure 2 Le processus d'évolution du projet architectural	12
Figure 3 Le carré d'analogie [Source : Mille et al., 1996]	20
Figure 4 Le cycle du Raisonnement à Partir de Cas [Source : Mille, 2006]	21
Figure 5 Schéma récapitulatif de la méthode TRIZ [Source : http://www.si.ens-cachan.fr]	23
Figure 6 Modélisation des Éco-Modèles	26
Figure 7 Maison à Hallstatt (Autriche)	32
Figure 8 Piscine municipale Bad Königshoffen (Allemagne)	33
Figure 9 Discothèque, Rotterdam (Pays-Bas)	33
Figure 10 Maison à Dresde (Allemagne)	33
Figure 11 L'isolation par l'extérieur par Edouard François	34
Figure 12 Kike House (Cahuita), Loblolly House (Taylors Island) et Villa Ecololo (Guadeloupe)	36
Figure 13 Bureaux SIEEB (Pékin), Bureaux Cocoon (Zürich), City Hall (Londres), Maison Buchel (Liechtenstein)	38
Figure 14 Lucky Drops (Tokyo), Logements (Cologne), Rucksack House (Köln), Prefab Parasite, Parasite Las Palmas (Rotterdam)	40
Figure 15 Recycloop (Amsterdam), Pura Vida (Guatemala), Paper Church (Kobe), Palettenpavillon (Oberstdorfn)	42
Figure 16 Flower Tower (Paris), Harmonia 57 (São Paulo), Edificio Consorcio (Santiago), Garden House (Viksberg), l'immeuble qui pousse (Montpellier)	44
Figure 17 Projet Baubotanik	44
Figure 18 Maison construite autour d'un arbre	44
Figure 19 Air Force Academy Chapel (Colorado), Nomadic Museum (New-York), Murray Grove (Londres), 650 appartements (Ljubljana)	46
Figure 20 Lotissement (Sainte-Croix aux Mines), Centre World Birding (Mission), Bodegas Protos (Peñafiel), Surélévation (Montreuil)	48
Figure 21 Maison d'habitation Prototype (Odeillo), Zion National Park Visitors Center (Utah), Immeuble de Bureaux Façade Lucido (Saint-Pierre en Faucigny)	50

Figure 22 Pavillon Suisse Expo 2000 (Hanovre), Nomadic Museum (New-York), Sansbag shelter prototype (Cal earth institute)	52
Figure 23 Tour Phare Morphosis (Paris), Strata Tower (Londres), Bahrain World Trade Center (Bahrain)	54
Figure 24 Commerzbank Tower (Francfort-sur-le-Main), Ecole primaire (Notley Green), Hôtel Sheraton, "Centro Histórico" (Mexico)	55
Figure 25 Schéma représentant les objectifs de l'outil de synthèse	59
Figure 26 Tableau de synthèse des cibles associées aux trois réalisations sélectionnées	63
Figure 27 Tableau de synthèse des cibles associées à la réalisation « Bibliothèque Lancaster », Coventry	65
Figure 28 Tableau de synthèse des résultats obtenus par la méthode proposée (en gris, les EM de la sélection réalisée et, en jaune, les résultats proposés)	67
Figure 29 Schéma synthétisant les différentes étapes de la méthode proposée en réponse à la première hypothèse développée	68
Figure 30 Tableau de la pondération des cibles pour chaque Éco-Modèle	71
Figure 31 Tableau de synthèse des résultats obtenus en utilisant la méthode de pondération des cibles	73
Figure 32 Schéma synthétisant les différentes étapes de la méthode précisée (utilisation de la pondération des cibles)	74

Ressources bibliographiques

ACHARD G., N. CHATAGNON et C. GERARD, 2000, *A method for assessing the environmental quality of buildings at the design stage*. Lyon : 2ème conférence internationale sur l'Aide à la Décision dans le domaine Génie Civil et Urbain

ADEME, 2002, *Qualité environnementale des bâtiments : Manuel à l'usage de la maîtrise d'ouvrage et des acteurs du bâtiment*, Avril 1

ADEME, 2008, *Les économies d'énergie dans le bâtiment, L'ensemble des dispositifs pour améliorer la performance énergétique des bâtiments*, Avril

ALEXANDER, C. et al, 1977, *A Pattern Language*. New-York : Oxford University press, 1171 p.

ALEXANDER, C., 1979, *Timeless Way of Building*, New-York : Oxford University Press, 551 p.

BADRA, F., 2009, *Extraction de connaissances d'adaptation en raisonnement à partir de cas*, Thèse Université Henri Poincaré, Nancy 1, Novembre, 122 p.

BIGNON J-C., G. HALIN, et S. KUBICKI, 2009, *Conception architecturale numérique et approches environnementales : actes du 3ème séminaire de conception architecturale numérique*, Scan'09, ENSA Nancy, 14 et 15 mai, Nancy : Presses universitaires de Nancy, 255 p.

BIGNON J-C., V. GHOLIPOUR, et L. MOREL-GUIMLARES, 2009 *Les éco-modeles : Une méthode d'aide à l'Eco-conception de bâtiments durables*, Colloque CONFERE'09, Marrakech, Juillet 2 et 3

BOUDON, P., 2003, *Langages singuliers et partagés de l'architecture*. Actes de la journée organisée par le Laboratoire des organisations urbaines – Espaces, sociétés, temporalités, Louest UMR CNRS 7544, Paris : L'Harmattan, 286 p.

BOUDON, P., 2009, *Complexité de la conception architecturale : Conception et Représentation*, Synergies Monde n° 6, p. 105-110

CTSB, Bonne pratiques 2005, *Bâtiments tertiaires et démarche HQE*, Paris : CTSB, Assises HQE, 56 p.

COURGEY S., et J.-P. OLIVA, 2006, *La conception bioclimatique : des maisons économes et confortables : en neuf et en réhabilitation*, Mens (Isère) : Terre vivante, 239 p.

GAUZIN-MÜLLER D., 2001, *L'architecture écologique*. Paris : Le moniteur, 287 p.

GAUZIN-MÜLLER, D., 2009, *Habiter écologique, Quelles architectures pour une ville durable ?*, Actes Sud/Cité de l'Architecture et du Patrimoine, Arles (Bouches-du-Rhône) : Actes Sud, 412 p.

GAUZIN-MÜLLER, D., 2009, *L'architecture écologique du Vorarlberg : un modèle social, économique et culturel*. Paris : Le Moniteur, 405 p.

LIEBARD, A., et A. DE HERDE, 2006, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Paris : Le Moniteur, 736 p.

MILLE, A., 2002, *Le Raisonnement à Partir de Cas*, Conférence, 15th European Conference on Artificial Intelligence, Lyon

PEUPORTIER, B., 2006, *Des éco-techniques à l'éco-conception des bâtiments*, Journée thématique SFT-IBPSA, Chambéry, Ecole des Mines de Paris-CEP, mars

PEUPORTIER B., et F-H. JOURDA, 2003, *Eco-conception des bâtiments : bâtir en préservant l'environnement*. Paris : Presses de l'école des mines de Paris, 276 p.

PEUPORTIER B., et F-H.JOURDA, 2008, *Eco-conception des bâtiments et des quartiers*, Les Presses-Mines, Paris, Collection : Sciences de la Terre et de l'Environnement

PUCA (Plan Urbanisme Construction Architecture), 2003, *Concevoir et construire durable*, Actes du colloque *Les deux jours du PUCA*, Février 27

QUILLIEN J., 2007, *Saisir l'insaisissable : Des « patterns » aux « séquences » dans l'œuvre de Christopher Alexander*. Réseau Intelligence de la Complexité, 26 p.

ROVER B., 2007, *Concevoir en coût global*, Mémoire de TPFE, ENSA-Nancy, 143 p.

Webographie

<http://www.actu-environnement.com/>

<http://www.ademe.fr/>

<http://www.assohqe.org/>

<http://www.crai.archi.fr/ecomod>

<http://www.cstb.fr/>

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/>

<http://www.patternlanguage.com/>

<http://www.si.ens-cachan.fr/>

Annexes

1. Exemple d'un pattern, extrait issu de l'ouvrage <i>A Pattern Language</i>	86
2. Définition des différentes cibles, décrites dans l'outil EcoMod	88
3. Tableau récapitulatif des réalisations liées aux nouveaux Eco-Modèles développés	92
4. Présentation de l'interface utilisateur de l'outil EcoMod (triple entrée : par Eco-Modèle, par Cibles et par Réalisation)	94
5. Tableau de synthèse des relations existantes entre les Eco-Modèles	98
6. Tableau de synthèse des relations entre les Eco-Modèles et les cibles	99
7. Tableau synthétisant les cibles communes aux Eco-Modèles	100

1. Exemple d'un pattern, extrait issu de l'ouvrage : « *A Pattern Language* » de Christopher Alexander (1977)

BUILDINGS

The overall arrangement of a group of buildings

95 BUILDING COMPLEX

... this pattern, the first of the 130 patterns which deal specifically with buildings, is the bottleneck through which all languages pass from the social layouts of the earlier patterns to the smaller ones which define individual spaces.

Assume that you have decided to build a certain building. The social groups or institutions which the building is meant to house are given - partly by the facts peculiar to your own case, and partly, perhaps, by earlier patterns. Now this pattern and the next one - NUMBER OF STORIES (96), give you the basis of the building's layout on the site. This pattern shows you roughly how to break the building into parts. NUMBER OF STORIES helps you decide how high to make each part. Obviously, the two patterns must be used together.



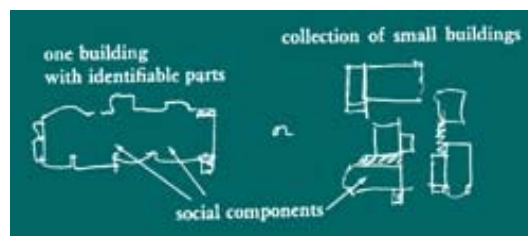
A building cannot be a human building unless it is a complex of still smaller buildings or smaller parts which manifest its own internal social facts.

Therefore:

Never build large monolithic buildings. Whenever possible translate your building program into a building complex, whose parts manifest the actual social facts of the situation. At low densities, a building complex may take the form of a collection of small buildings connected by arcades, paths, bridges, shared gardens, and walls.

At higher densities, a single building can be treated as a building complex, if its important parts are picked out and made identifiable while still part of one three-dimensional fabric.

Even a small building, a house for example, can be conceived as a "building complex" - perhaps part of it is higher than the rest with wings and an adjoining cottage.



* * *

A building is a visible, concrete manifestation of a social group or social institution. And since every social institution has smaller groups and institutions within it, a human building will always reveal itself, not as a monolith, but as a complex of these smaller institutions, made manifest and concrete too.

A family has couples and groups within it; a factory has teams of workers; a town hall has divisions, departments within the large divisions, and working groups within these departments. A building which shows these subdivisions and articulations in its fabric is a human building - because it lets us live according to the way that people group themselves. By contrast, any monolithic building is denying the facts of its own social structure, and in denying these facts it is asserting other facts of a less human kind and forcing people to adapt their lives to them instead.

We have tried to make this feeling more precise by means of the following conjecture: the more monolithic a building is, and the less differentiated, the more it presents itself as an inhuman, mechanical factory. And when human organizations are housed in enormous, undifferentiated buildings, people stop identifying with the staff who work there as personalities and think only of the institution as an impersonal monolith, staffed by personnel. In short, the more monolithic the building is, the more it prevents people from being personal, and from making human contact with the other people in the building.

The strongest evidence for this conjecture that we have found to date comes from a survey of visitors to public service buildings in Vancouver, British Columbia. (*Preliminary Program for Massing Studies, Document 5: Visitor Survey*, Environmental Analysis Group, Vancouver, B.C., August 1970.) Two kinds of public service buildings were studied - old, three story buildings and huge modern office buildings. The reactions of visitors to the small building differed from the reactions of visitors to the large buildings in an extraordinary way. The people going to the small buildings most often mentioned friendly and competent staff as the important factor in their satisfaction with the service. In many cases the visitors were able to give names and describe the people with whom they had done business. Visitors to the huge office buildings, on the other hand, mentioned friendliness and staff competence rather infrequently. The great majority of these visitors found their satisfaction in "good physical appearance, and equipment."

In the monoliths, the visitors' experience is depersonalized. They stop thinking primarily of the people they are going to see and the quality of the relationship and focus instead on the building itself and its features. The staff becomes "personnel," interchangeable, and indifferent, and the visitors pay little attention to them as people - friendly or unfriendly, competent or incompetent.

We learn also from this study that in the large buildings visitors complained frequently about the "general atmosphere" of the building, without naming specific problems. There were no such complaints among the visitors to the smaller buildings. It is as if the monoliths induce a kind of free-floating anxiety in people: the environment "feels wrong," but it is hard to give a reason. It may be that the cause of the uneasiness is so simple - the place is too big, it is difficult to grasp, the people are like bees in a hive - that people are embarrassed to say it outright. ("If it is as simple as that, I must be wrong - after all, there are so many of these buildings.")

However it is, we take this evidence to indicate deep disaffection from the *human* environment in the huge, undifferentiated office buildings. The buildings impress themselves upon us as things: objects, commodities; they make us forget the people inside, as people; yet when we use these buildings we complain vaguely about the "general atmosphere."

It seems then that the degree to which a building is broken into visible parts does affect the human relations among people in the building. And if a building must, for psychological reasons, be broken into parts, it seems impossible to find any more natural way of breaking it down, than the one we have suggested. Namely, that the various institutions, groups, subgroups, activities, are visible in the concrete articulation of the physical building, on the grounds that people will only be fully able to identify with people in the building, when the building is a building *complex*.

A gothic cathedral - though an immense building - is an example of a building complex. Its various parts, the spire, the aisle, the nave, the chancel, the west gate, are a precise reflection of the social groups - the congregation, the choir, the special mass, and so forth.

And, of course, a group of huts in Africa, is human too, because it too is a complex of buildings, not one huge building by itself.

For a complex of buildings at high density, the easiest way of all, of making its human parts identifiable, is to build it up from narrow fronted buildings, each with its own internal stair. This is the basic structure of a Georgian terrace, or the brownstones of New York.

* * *

At the highest densities, 3 or 4 stories, and along pedestrian streets, break the buildings into narrow, tall separate buildings, side by side, with common walls, each with its own internal or external stair. As far as possible insist that they be built piecemeal, one at a time, so that each one has time to be adapted to its neighbor. Keep the frontage as low as 25 or 30 feet. [LONG THIN HOUSE \(109\)](#). [BUILDING FRONTS \(122\)](#) ; [MAIN ENTRANCE \(110\)](#) and perhaps a part of an [ARCADE \(119\)](#) which connects to next door buildings.

Arrange the buildings in the complex to form realms of movement - [CIRCULATION REALMS \(98\)](#) ; build one building from the collection as a main building - the natural center of the site [MAIN BUILDING \(99\)](#); place individual buildings where the land is least beautiful, least healthy - [SITE REPAIR \(104\)](#) ; and put them to the north of their respective open space to keep the gardens sunny - [SOUTH-FACING OUTDOORS\(105\)](#); subdivide them further, into narrow wings, no more than 25 or 30 feet across [WINGS OF LIGHT \(107\)](#). For details of construction, start with [STRUCTURE FOLLOWS SOCIAL SPACES \(205\)](#).

Extrait issu de l'ouvrage :

ALEXANDER, C. et al, 1977, *A Pattern Language*. New-York : Oxford University press, 1171 p.



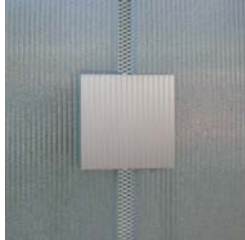
2. Définition des différentes cibles, décrites dans l'outil EcoMod

Cible 1. Bâtiment et son environnement immédiat



L'objectif est d'établir un compromis harmonieux entre le bâtiment, son voisinage immédiat et, à une plus grande échelle, le site. Les avantages et inconvénients de la parcelle (forme, orientation, relief, végétation) mais également les attentes du maître d'ouvrage doivent être abordés avec attention. On cherchera également à réduire les risques de nuisances du bâtiment envers son voisinage et le site (création d'ombre portée, émissions de bruits, vues,...). Ces exigences visent à créer un cadre de vie satisfaisant.

Cible 2. Choix des composants



La pertinence dans le choix des produits, systèmes et procédés de construction permet d'offrir au bâtiment adaptabilité et durabilité, tout en cherchant à limiter les impacts environnementaux. Les choix structuraux déterminent des mises en œuvre particulières, produisant plus ou moins de nuisances au niveau des chantiers. D'autre part, le choix des produits et matériaux doit se faire en cohérence avec les contraintes d'usage (nature des matériaux, utilisation, coût), d'énergie consommée (fabrication, transport, mise en œuvre), de durabilité, de santé,...

Cible 3. Chantier vert



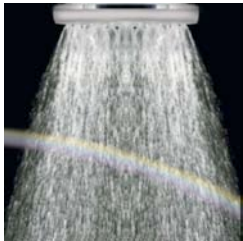
L'objectif est de réduire les nuisances sonores et visuelles induites par le chantier, afin de limiter les perturbations pour le voisinage. D'autre part, la maîtrise des pollutions (sol, eau, air), notamment grâce au nettoyage du chantier à des étapes clés, est essentielle. Enfin, il est important d'organiser la gestion des déchets de chantier, en les limitant et en valorisant au mieux les déchets en adéquation avec les filières locales existantes.

Cible 4. Gestion d'énergie

La limitation des déperditions et des consommations d'énergie, le recours aux énergies renouvelables et l'utilisation de solutions passives permettent de minimiser les impacts environnementaux d'un bâtiment.



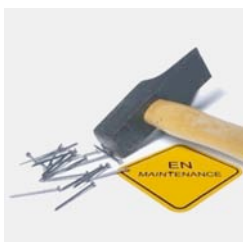
La réduction de la demande et des besoins énergétiques passe en particulier par une conception architecturale pertinente, mais aussi par la programmation des équipements, la mise en place de confort thermique d'hiver (réduire les déperditions, récupérer la chaleur d'ensoleillement) et de confort thermique d'été (traitement de l'enveloppe du bâtiment, système de ventilation, système actif ou passif de refroidissement). On veillera à la mise en place d'installations peu polluantes et dont les charges de fonctionnement restent faibles.

Cible 5. Gestion de l'eau

L'objectif principal consiste à limiter les consommations d'eau potable (gestion des débits de soutirage, réduction des linéaires de distribution d'eau chaude...), mais aussi à avoir recours à l'eau non-potable pour les usages qui le permettent. La récupération et l'optimisation de la gestion des eaux pluviales peuvent être adaptées à ces usages. Il ne faut également pas négliger la gestion des eaux usées et de leur assainissement.

Cible 6. Gestion des déchets

Cette cible souligne la nécessité de valoriser la gestion des déchets dans les bâtiments en respectant les politiques collectives de leur traitement. La prise en compte du tri des déchets permet la conception de dépôts adaptés aux modes de collecte actuels et futurs.

Cible 7. Maintenance et pérennité

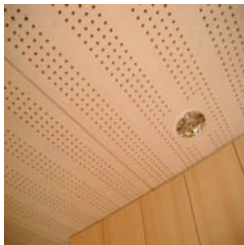
Il est nécessaire de concevoir des bâtiments intégrant des besoins de maintenance optimisés, dont l'entretien est facilité, sans pour autant négliger les performances de l'ouvrage. Le maintien des performances des systèmes de chauffage, de ventilation, d'éclairage et de gestion de l'eau doit être facilité, afin de conserver la qualité sanitaire du bâtiment.

Cible 8. Confort hygrothermique



Les choix architecturaux et constructifs doivent permettre d'assurer un confort hygrométrique à l'utilisateur, et ce, en toutes saisons. L'isolation et l'inertie des parois, la mise en place de protections solaires, les systèmes de ventilations, les limitations des effets de parois froides, la stabilité des températures d'air intérieur,... sont autant de choix pouvant être retenus pour répondre à de telles exigences.

Cible 9. Confort acoustique



Les dispositions architecturales et les dispositifs constructifs doivent être optimisés afin de protéger les usagers du bâtiment des nuisances acoustiques extérieures et intérieures. D'autre part, l'emplacement des équipements doit permettre d'éviter les éventuelles nuisances sonores selon l'affectation des locaux. Les différentes ambiances acoustiques doivent être adaptées aux usages.

Cible 10. Confort visuel



Pour offrir un meilleur confort à l'utilisateur, l'éclairage naturel doit être privilégié, ainsi que la mise en place d'une relation visuelle avec l'extérieur, tout en évitant leurs inconvénients (gestion de l'éblouissement par exemple). Les sources complémentaires d'éclairage artificiel doivent être appropriées, et doivent concilier maîtrise des consommations d'énergie et confort. Le niveau d'éclairement doit pouvoir être optimal à chaque moment de la journée, et non éblouissant.

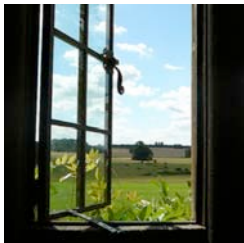
Cible 11. Confort olfactif



La conception architecturale et technique doit permettre de maîtriser les sources d'odeurs désagréables afin de réduire les risques de nuisances olfactives. La mise en place d'un système de ventilation efficace (active ou passive) peut permettre de répondre aux exigences de cette cible.

Cible 12. Qualité sanitaire des espaces

Des conditions d'hygiène et ambiances intérieures satisfaisantes sont essentielles afin d'éviter le développement d'humidité et de micro-organismes, notamment dans des pièces sensibles telles que cuisines et salles d'eau, ou dans des lieux d'activités particulières. D'autres part, la limitation des nuisances électromagnétiques fait partie intégrante de la qualité sanitaire d'un espace.

Cible 13. Qualité sanitaire de l'air

Radon, émissions de fibres et de particules, traitement des bois, ventilation, colles, peintures, moquettes, et autres sont autant de sources de pollution qui nécessitent de prendre des dispositions préventives permettant de les maîtriser. L'attention portée au choix des produits est importante (qualité des produits mais aussi choix des filtres pour la ventilation, position de la prise d'air neuf, etc.).

Cible 14. Qualité sanitaire de l'eau

La qualité de l'eau doit être maintenue par une conception, une mise en œuvre et une mise en service du réseau de distribution à l'intérieur des bâtiments répondant à des normes précises. Les matériaux employés dans le réseau intérieur doivent garantir durabilité et qualité, et être compatibles avec la nature de l'eau distribuée. Les systèmes d'eau chaude doivent être particulièrement étudiés.

Cible 15. Biodiversité

L'idée principale de cette cible est la possibilité de créer un bâti dont l'enveloppe pourrait offrir autant de place pour le développement d'une biodiversité naturelle qu'en l'absence de construction. Cet écosystème doit être capable de se stabiliser et de se réguler par lui-même, sans intervention humaine, si possible. Cependant, il doit rester adapté à l'infrastructure construite, et garantir un niveau de sécurité pour les usagers.

3. Tableau récapitulatif des réalisations liées aux nouveaux Eco-Modèles développés

EM concerné(s)	Nom du projet	Année	Construction (neuve ou réhabilitation)	Adresse, ville, pays	Architecte
EM 32 Bâtiment Hors-Sol	Casa Kike/Kike House	2007	Neuf	Cahuita, Costa Rica (rural)	Gianni Botsford Architects
EM 32 Bâtiment Hors-Sol	Loblolly House	2006	Neuf	Taylor's Island, Maryland (rural)	Kieran Timberlake
EM 32 Bâtiment Hors-Sol	Villa Ecololo	2007	Neuf	Goyave, Guadeloupe (rural)	Laurent Darviot
EM 33 Encorbellement de façade	Bureaux SIEEB	2005-2006	Neuf	Université de Tsinghua, Pékin, Chine	Mario Cucchinella
EM 33 Encorbellement de façade	Maison Buchel		Neuf	Vaduz, Liechtenstein	Baumschlager & Eberle
EM 33 Encorbellement de façade	City Hall	2002	Neuf	Londres, Royaume-Uni	Fosters & Partners
EM 34 Bâti densifié	Lucky Drops	2005	Neuf	Tokyo, Japon (urbain)	Atelier Tekuto, Masahiro Ikeda
EM 34 Bâti densifié	Projet logement et centre commercial	1997	Neuf	Cologne, Allemagne (urbain)	Brandhuber & Kniess
EM 34 Bâti densifié	Prefab Parasite		Projet		Lara Calder
EM 34 Bâti densifié	Parasite Las Palmas	2001	Neuf	Las Palmas building, Rotterdam	Korteknie Stuhlmacher
EM 34 Bâti densifié	Rucksack House	2005	Neuf	Aachener Str. 60-62, Köln	Stefan Eberstadt
EM 35 Produits Recyclés	Palettenpavillon	2005	"Neuf"	Oberstdorfn, Allemagne	a.ml und partner
EM 35 Produits Recyclés	Recycloop	2007	"Neuf"	Amsterdam, Utrecht,... Pays-Bas (urbain)	2012 Architecten & Jeanneworks
EM 35 Produits Recyclés	Paper Church	1995-2005	Neuf	Kobe, Japon	Shigeru Ban
EM 35 Produits Recyclés	Projet Pura Vida	2008	Neuf	Guatemala	
EM 36 Jardins verticaux	Harmonia 57	2008	Neuf	São Paulo, Brésil	Triptyque
EM 36 Jardins verticaux	Edificio Consorcio	1994	Neuf	Las Condes, Santiago, Chile	Enrique Browne et Rocia Huidobro
EM 36 Jardins verticaux	Flower Tower	2004	Neuf	ZAC d'Asnières, Paris, France	Edouard François
EM 36 Jardins verticaux	L'immeuble qui pousse	2000	Neuf	Montpellier, France	Edouard François

EM 36	Jardins verticaux	Garden House	2009	Neuf	Viksborg, Suède	Tham & Videgård
EM 37	Module tridimensionnel	Murray Grove	1999-2000	Neuf	Londres, Royaume-Uni (urbain)	Cartwright and Pickard
EM 37	Module tridimensionnel	Air Force Academy Chapel	1956-1962	Neuf	Colorado Springs, Colorado (rural)	Walter Netsch/ SOM
EM 37	Module tridimensionnel	Nomadic Museum	2005/2008	"Neuf"	New-York, Etats-Unis (urbain)	Shigeru Ban
EM 37	Module tridimensionnel	650 appartements	2003-2006	Neuf	Ljubljana, Slovénie	Ofis Architects
EM 38	Toiture courbe	Surélévation bioclimatique	2006	Neuf	Montreuil, France (urbain)	Patrice CROS
EM 38	Toiture courbe	Bodegas Protos	2004-2008	Neuf	Penafiel, Espagne (rural)	Rogers Stirk Harbour + Partners
EM 38	Toiture courbe	Centre World Birding		Neuf	Mission, Texas, Etats-Unis (rural)	Lake Flato Architects
EM 38	Toiture courbe	Lotissement de la Gare	2007-2009	Neuf	Sainte-Croix aux Mines, Haut-Rhin, France (rural?)	G.Studio
EM 39	Mur capteur thermique	Maison d'habitation Prototype		Neuf	Odeillo	Felix Trombe
EM 39	Mur capteur thermique	Druk White Lotus School	2001-2009	Neuf	Shey, Ladakh, Inde (rural)	Arup Associates and Arcun
EM 39	Mur capteur thermique	Zion Visitor Center	2000	Neuf	Springdale, Utah, Etats-Unis (rural)	National Park Service/Department
EM 40	Démontable en fin de vie	Pavillon Suisse Expo 2000	2000	Neuf	Hanovre, Allemagne	Peter Zumthor
EM 40	Démontable en fin de vie	Nomadic Museum	2005/2008	"Neuf"	New-York, Etats-Unis (urbain)	Shigeru Ban
EM 40	Démontable en fin de vie	Sansbag shelter prototype	2004	Neuf	Etats-Unis	Nader Khalili
EM Eolien Urbain		Bahrain World Trade Center	2004-2008	Neuf	Manama, Bahreïn, Goffe Persique	Atkins
EM Eolien Urbain		Strata Tower	En cours	Neuf	Londres, Royaume-Uni	BFLS
EM Eolien Urbain		Tour Phare	Projet Lauréat	Neuf	La Défense, Paris, France (urbain)	Morphosis
EM Forme Triangulaire		Commerzbank Tower	1991-1997	Neuf	Frankfurt-am-Main, Allemagne (urbain)	Fosters & Partners
EM Forme Triangulaire		Ecole primaire		Neuf	Notley Green, Royaume-Uni (rural)	Allford Hall Monaghan Morris
EM Forme Triangulaire		Hôtel Sheraton, "Centro Histórico"		Neuf	Mexico, Mexique (urbain)	Pascal Arquitectos

4. Présentation de l'interface utilisateur de l'outil EcoMod

La triple entrée dans l'outil:
par les Eco-Modèles, les cibles et les réalisations

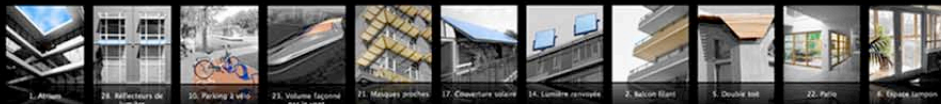


Éco-modèles

Présentation de l'interface, les Eco-Modèles

1. Espace de choix des Eco-Modèles

Choisir un éco-modèle (31)



Éco-modèles

2. Zoom sur un Eco-Modèle

Choisir un éco-modèle (31)





1. Atrium

Problème

Les bâtiments profonds ou épais sont souvent de bonnes réponses pour minimiser les dépenses énergétiques mais ils sont difficiles à éclairer par les façades.

Solution

L'atrium est un espace intérieur fortement vitré en couverture pour recevoir de la lumière naturelle. Par différence avec les patios et cours intérieures, il joue un rôle d'espace tampon climatique et peut permettre la réception des eaux pluviales. Généralement central, mais parfois disposé de manière axiale dans les bâtiments allongés, il sert le plus souvent de lieu de rencontre et de circulation. Il abrite fréquemment des coursives et passerelles.

Contraintes

Acoustique

Le grand volume de l'atrium et la présence de nombreuses parois réfléchissantes (béton, verre...) peuvent induire des réflexions gênantes vers l'atrium lui-même ou vers les locaux adjacents. On veille dans la géométrie de l'atrium, dans le dessin des ouvrages (coursives...) comme dans le choix des matériaux à trouver les solutions adaptées aux usages.

Thermiques

Un grand vitrage en toiture peut entraîner des

3. Description de l'Eco-Modèle

Ensemble Problème-Solution-Contraintes,

Réalisations associées,

Cibles concernées,

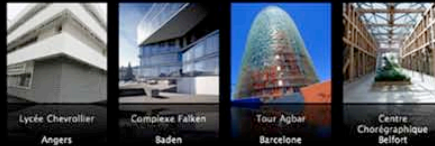
Relations avec les autres EM

(équivalence, combinaison, contradiction)

Choisir une réalisation (25)

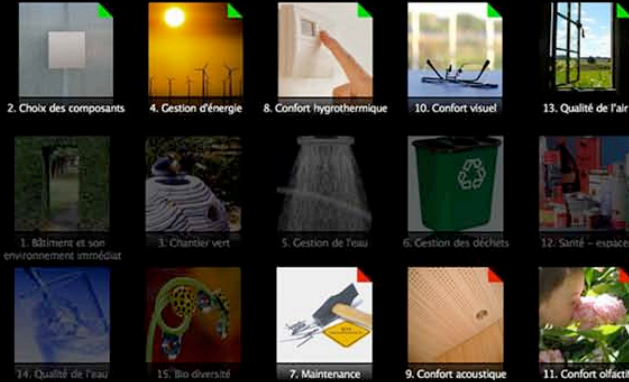
Afficher les réalisations

toutes



Conséquences environnementales

Positive
Négative



Éco-modèles apparentés

Équivalence
Combinaison
Contradiction



Présentation de l'interface, les cibles



1. Les 15 cibles

Choisir une cible (15)



2. Zoom sur une cible

Choisir une cible (15)



3. Description de la cible: objectifs et Eco-Modèles associés



4. Gestion d'énergie

Objectif

La limitation des déperditions et des consommations d'énergie, le recours aux énergies renouvelables et l'utilisation de solutions passives permettant de minimiser les impacts environnementaux d'un bâtiment. La réduction de la demande et des besoins énergétiques passe en particulier par une conception architecturale pertinente, mais aussi par la programmation des équipements, la mise en place de confort thermique d'hiver (réduire les déperditions, récupérer la chaleur d'ensolaillage) et de confort thermique d'été (traitement de l'enveloppe du bâtiment, système de ventilation, système actif ou passif de refroidissement). On veillera à la mise en place d'installations peu polluantes et dont les charges de fonctionnement restent faibles.

Choisir un éco-modèle (26)



Présentation de l'interface, les réalisations

1. Espace de choix des réalisations

Choisir une réalisation (145)

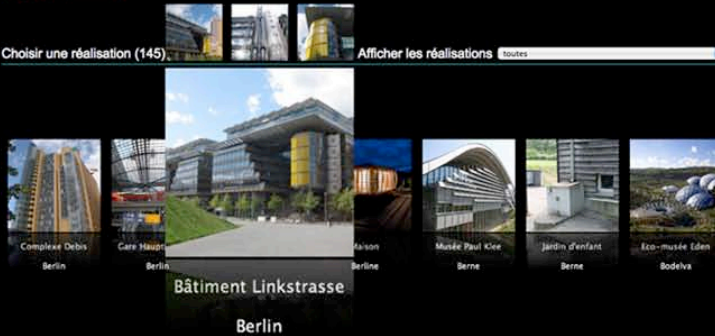
Afficher les réalisations



2. Zoom sur une réalisation

Choisir une réalisation (145)

Afficher les réalisations



3. Description de la réalisation:

description,
illustrations,
géolocalisation
et relations avec les EM

Type(s) : Bâtiment tertiaire, d'enseignement et de recherche
 Construction : Neuve
 Lieu : Urbain
 Climat : Continental
 Adresse : Linkstrasse
 59519 Mönnesee
 Berlin
 Pays : Allemagne
 Année : 1999
 Architecte(s) : Richard Rogers Partnership
 Maître d'ouvrage : Daimler Office & Retail Blocks



Informations

http://www.e-architect.co.uk/berlin/linkstrasse_6_building.htm
<http://www.ecospace.com/architects/rogers/bernz/>

Éco-modèles associés (3)





5. Tableau de synthèse des relations existantes entre les Eco-Modèles

	1. Atrium	2. Balcon filant	3. Bâtiment-Paysage	4. Double peau	5. Double toit	6. Espace Tampon	7. Forme arrondie	8. Lumière du toit	9. Oriel Transparente (véranda)	10. Parking à vélo	11. Toiture végétalisée	12. Cheminées à vent	13. Volume compact	14. Lumière renvoyée	15. Pied de façade végétalisée	16. Structure poteau-poutre	17. Couverture solaire	18. Matériaux Bruts	19. Matériaux Locaux	20. Fenêtre ouvrable	21. Masques Proches	22. Patio	23. Paroi façonnée par le vent	24. Ouverture adaptée	25. Bassin de phyto-épuration	26. Mur masse	27. Puits de jour	28. Réflecteurs de lumière	29. Paroi rideau photovoltaïque	30. Bandeau lumineux
1. Atrium	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2. Balcon filant	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
3. Bâtiment-Paysage	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
4. Double Peau	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
5. Double Toit	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
6. Espace Tampon	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
7. Forme arrondie	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
8. Lumière du toit	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
9. Oriel transparente (véranda)	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
10. Parking à vélo	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
11. Toiture végétalisée	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
12. Cheminées à vent	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
13. Volume compact	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
14. Lumière renvoyée	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
15. Pied de façade végétalisée	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
16. Structure poteau-poutre	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
17. Couverture solaire	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
18. Matériaux bruts	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
19. Matériaux Locaux	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
20. Fenêtre ouvrable	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
21. Masques Proches	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
22. Patio	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
23. Paroi façonnée par le vent	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
24. Ouverture adaptée	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
25. Bassin de phyto-épuration	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
26. Mur masse	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
27. Puits de jour	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue	Blue
28. Réflecteurs de lumière	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue
29. Paroi rideau photovoltaïque	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue
30. Bandeau lumineux	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue

- Relation d'équivalence
- Relation de combinaison
- Relation de contradiction

6. Tableau de synthèse des relations entre les Eco-Modèles et les cibles

	C1. Bâtiment et son environnement immédiat	C2. Choix des composants	C3. Chantier vert	C4. Gestion d'énergie	C5. Gestion de l'eau	C6. Gestion des déchets	C7. Maintenance	C8. Confort hygrothermique	C9. Confort acoustique	C10. Confort Visuel	C11. Confort Olfactif	C12. Santé-espaces	C13. Qualité de l'air	C14. Qualité de l'eau	C15. Bio diversité
EM 1. Atrium															
EM 2. Balcon filant															
EM 3. Bâtiment-Paysage															
EM 4. Double Peau															
EM 5. Double Toit															
EM 6. Espace Tampon															
EM 7. Forme arrondie															
EM 8. Lumière du toit															
EM 9. Oriel transparente															
EM 10. Parking à vélo															
EM 11. Toiture végétalisée															
EM 12. Cheminées à vent															
EM 13. Volume compact															
EM 14. Lumière renvoyée															
EM 15. Pied de façade végétalisée															
EM 16. Structure poteau-noutre															
EM 17. Couverture solaire															
EM 18. Matériaux bruts															
EM 19. Matériaux Locaux															
EM 20. Fenêtre ouvrable															
EM 21. Masques Proches															
EM 22. Patio															
EM 23. Paroi façonnée par le vent															
EM 24. Ouverture adaptée															
EM 25. Bassin de phyto-épuration															
EM 26. Mur masse															
EM 27. Puits de jour															
EM 28. Réflecteurs de lumière															
EM 29. Paroi rideau photovoltaïque															
EM 30. Bandeau lumineux															

 Relation positive
 Relation négative

7. Tableau synthétisant les cibles communes aux Eco-Modèles

Tableau des cibles communes entre EM (relations positives et négatives)	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 5	EM 6	EM 7	EM 8	EM 9	EM 10	EM 11	EM 12	EM 13	EM 14
EM 1. Atrium		C2, C4, C8, C10	C2, C4, C8	C2, C4, C8, C7	C2, C4, C8	C4, C8	C4, C8, C10, C7, C9	C2, C4, C8, C10, C7	C2, C4, C8, C10, C13, C7	C4	C2, C4, C8, C13, C7	C2, C4, C8, C13, C9	C4, C8	C2, C4, C10, C7
EM 2. Balcon filant			C2, C4, C8, C9	C2, C4, C8, C9	C2, C4, C8, C9	C4, C8, C9	C4, C8, C10	C2, C4, C8, C9, C10	C2, C4, C8, C9, C10	C4, C9	C2, C4, C8, C9	C2, C4, C7, C8	C4, C7, C8, C9	C2, C4, C10
EM 3. Bâtiment-Paysage				C2, C4, C8, C9	C2, C4, C8, C9	C1, C4, C8, C9	C4, C8	C2, C4, C8, C9	C2, C4, C8, C9	C1, C4, C9, C15	C1, C2, C3, C4, C8, C9, C15	C1, C2, C4, C8	C3, C4, C8, C9, C10, C13	C2, C4
EM 4. Double Peau					C2, C4, C8, C9, C6, C7, C15	C4, C8, C9	C4, C8, C6, C7	C2, C4, C8, C9, C7	C2, C4, C8, C9, C7	C4, C9	C2, C4, C8, C9, C7	C2, C4, C8	C4, C8, C9	C2, C4, C7
EM 5. Double Toit						C4, C8, C9	C4, C8, C6, C7	C2, C4, C8, C9, C7	C2, C4, C8, C9, C7	C4, C9	C2, C4, C8, C9, C7	C2, C4, C8	C4, C8, C9	C2, C4, C7
EM 6. Espace Tampon							C4, C8	C4, C8, C9	C4, C8, C9	C1, C4, C9	C1, C4, C8, C9	C1, C4, C8	C4, C8, C9	C4
EM 7. Forme arrondie								C4, C8, C10, C7	C4, C8, C10, C7	C4	C4, C8, C7	C4, C8, C9	C4, C8	C4, C10, C7
EM 8. Lumière du toit									C2, C4, C8, C9, C10, C7	C4, C9	C2, C4, C8, C9, C7	C2, C4, C8	C4, C8, C9	C2, C4, C10, C7
EM 9. Oriel transparente (véranda)										C4, C9	C2, C4, C8, C9, C13, C7	C2, C4, C8, C11, C13	C4, C8, C9	C2, C4, C10, C7
EM 10. Parking à vélo											C1, C4, C9, C15	C1, C4	C4, C9	C4
EM 11. Toiture végétalisée												C1, C2, C4, C8, C13	C3, C4, C8, C9	C2, C4, C7
EM 12. Cheminées à vent													C4, C7, C8	C2, C4
EM 13. Volume compact														C4
EM 14. Lumière renvoyée														
EM 15. Pied de façade végétalisé														
EM 16. Structure poteau-poutre														
EM 17. Couverture solaire														
EM 18. Matériaux bruts														
EM 19. Matériaux Locaux														
EM 20. Fenêtre ouvrable														
EM 21. Masques Proches														
EM 22. Patio														
EM 23. Volume façonné par le vent														
EM 24. Ouverture adaptée														
EM 25. Bassin de phyto-épuration														
EM 26. Mur masse														
EM 27. Puits de jour														
EM 28. Réflecteurs de lumière														
EM 29. Paroi rideau photovoltaïque														
EM 30. Bandeau lumineux														

EM 15	EM 16	EM 17	EM 18	EM 19	EM 20	EM 21	EM 22	EM 23	EM 24	EM 25	EM 26	EM 27	EM 28	EM 29	EM 30
CB, C10 C7	C2	C2, C4, CB C7	C2, C4, CB	C2, C4	C2, CB, C13	C2, C4, CB, C10 C7	C4, CB, C10, C13 C7	C2, C4, CB C7	C4, CB, C10	C11	C2, C4, CB	C4, CB, C10 C9, C11	C2, C4, CB, C10 C7	C2, C4, CB C7	C2, CB, C10 C7
CB, C9, C10	C2, C7	C2, C4, CB	C2, C4, CB	C2, C4, C7	C2, C7, CB	C2, C4, CB, C9, C10	C4, CB, C9, C10	C2, C4, CB	C4, CB, C10	C7	C2, C4, CB, C9	C4, CB, C10	C2, C4, CB, C10	C2, C4, CB	C2, CB, C10
C1, CB, C9, C15	C2, C3	C1, C2, C4, CB	C1, C2, C3, C4, CB	C1, C2, C3, C4, C15	C1, C2, CB	C1, C2, C4, CB, C9	C1, C4, CB, C9, C15	C1, C2, C4, CB C10	C1, C4, CB	C1, C15	C2, C4, CB, C9 C10	C1, C4, CB	C2, C4, CB	C1, C2, C4, CB	C2, CB
CB, C9 C7	C2	C2, C4, CB C7	C2, C4, CB	C2, C4	C2, CB	C2, C4, CB, C9 C6, C7	C4, CB, C9 C7	C2, C4, CB C7	C4, CB	aucun	C2, C4, CB, C9	C1, C4, CB	C2, C4, CB C7	C2, C4, CB C7	C2, CB C7
CB, C9 C7	C2	C2, C4, CB C7	C2, C4, CB	C2, C4	C2, CB	C2, C4, CB, C9 C6, C7	C4, CB, C9 C7	C2, C4, CB C7	C4, CB	aucun	C2, C4, CB, C9	C4, CB	C2, C4, CB C7	C2, C4, CB C7	C2, CB C7
C1, CB, C9	aucun	C1, C4, CB	C1, C4, CB	C1, C4	C1, CB	C1, C4, CB, C9	C1, C4, CB, C9	C1, C4, CB	C1, C4, CB	C1	C4, CB, C9	C1, C4, CB	C4, CB	C1, C4, CB	CB
CB, C10 C7	aucun	C4, CB C7	C4, CB	C4	CB	C4, CB, C10 C6, C7	C4, CB, C10 C7	C4, CB C7	C4, CB, C10	aucun	C4, CB	C4, CB, C10 C9	C4, CB, C10 C7	C4, CB C7	CB, C10 C7
CB, C9, C10 C7	C2	C2, C4, CB C7	C2, C4, CB	C2, C4	C2, CB	C2, C4, CB, C9, C10 C7	C4, CB, C9, C10 C7	C2, C4, CB C7	C4, CB, C10	aucun	C2, C4, CB, C9	C4, CB, C10	C2, C4, CB, C10 C7	C2, C4, CB C7	C2, CB, C10 C7
CB, C9, C10, C11 C7	C2	C2, C4, CB C7	C2, C4, CB	C2, C4	C2, CB, C11, C13	C2, C4, CB, C9, C10 C7	C4, CB, C9, C10, C13 C7	C2, C4, CB C7	C4, CB, C10	aucun	C2, C4, CB, C9	C4, CB, C10	C2, C4, CB, C10 C7	C2, C4, CB C7	C2, CB, C10 C7
C1, C9, C15	aucun	C1, C4	C1, C4	C1, C4, C15	C1	C1, C4, C9	C1, C4, C9, C15	C1, C4	C1, C4	C1, C15	C4, C9	C1, C4	C4	C1, C4	aucun
C1, CB, C9, C15 C7	C2, C3	C1, C2, C4, CB C7	C1, C2, C3, C4, CB, C12	C1, C2, C3, C4, C15	C1, C2, CB, C12, C13	C1, C2, C4, CB, C9 C7	C1, C4, CB, C9, C13, C15 C7	C1, C2, C4, CB C7	C1, C4, CB	C1, C5, C15	C2, C4, CB, C9	C1, C4, CB	C2, C4, CB C7	C1, C2, C4, CB C7	C2, CB C7
C1, CB, C11	C2, C7	C1, C2, C4, CB	C1, C2, C4, CB	C1, C2, C4, C7	C1, C2, C7, CB, C11, C13	C1, C2, C4, CB	C1, C4, CB, C13	C1, C2, C4, CB	C1, C4, CB	C1, C7	C2, C4, CB	C1, C4, CB C9	C2, C4, CB	C1, C2, C4, CB	C2, CB
CB, C9	C3, C7	C4, CB	C3, C4, CB	C3, C4, C7	C7, CB	C4, CB, C9	C4, CB, C9	C4, CB C10	C4, CB	C7	C4, CB, C9 C10	C4, CB	C4, CB	C4, CB	CB
C10 C7	C2	C2, C4 C7	C2, C4	C2, C4	C2	C2, C4, C10 C7	C4, C10 C7	C2, C4 C7	C4, C10	aucun	C2, C4	C4, C10	C2, C4, C10 C7	C2, C4 C7	C2, C10 C7
	aucun	C1, CB C7	C1, CB	C1, C15	C1, CB, C11	C1, CB, C9, C10 C7	C1, CB, C9, C10, C15 C7	C1, CB C7	C1, CB, C10	C1, C15	CB, C9	C1, CB, C10	CB, C10 C7	C1, CB C7	CB, C10 C7
		C2	C2, C3, C6	C2, C3, C6, C7	C2, C7	C2	aucun	C2	aucun	C7	C2	aucun	C2	C2	C2
			C1, C2, C4, CB	C1, C2, C4	C1, C2, CB	C1, C2, C4, CB C7	C1, C4, CB C7	C1, C2, C4, CB C7	C1, C4, CB	C1	C2, C4, CB	C1, C4, CB	C2, C4, CB C7	C1, C2, C4, CB C7	C2, CB C7
				C1, C2, C3, C4, C6	C1, C2, CB, C12	C1, C2, C4, CB	C1, C4, CB	C1, C2, C4, CB	C1, C4, CB	C1	C2, C4, CB	C1, C4, CB	C2, C4, CB	C1, C2, C4, CB	C2, CB
					C1, C2, C7	C1, C2, C4	C1, C4, C15	C1, C2, C4	C1, C4	C1, C7, C15	C2, C4	C1, C4	C2, C4	C1, C2, C4	C2
						C1, C2, CB	C1, CB, C13	C1, C2, CB	C1, CB	C1, C7	C2, CB	C1, CB	C2, CB	C1, C2, CB	C2, CB
							C1, C4, CB, C9, C10 C7	C1, C2, C4, CB C7	C1, C4, CB, C10	C1	C2, C4, CB, C9	C1, C4, CB, C10	C2, C4, CB, C10 C7	C1, C2, C4, CB C7	C2, CB, C10 C7
								C1, C4, CB C7	C1, C4, CB, C10	C1, C15	C4, CB, C9	C1, C4, CB, C10	C4, CB, C10 C7	C1, C4, CB C7	CB, C10 C7
									C1, C4, CB	C1	C2, C4, CB C10	C1, C4, CB C7	C2, C4, CB C7	C1, C2, C4, CB C7	C2, CB C7
										C1	C4, CB	C1, C4, CB, C10	C4, CB, C10	C1, C4, CB	CB, C10
											aucun	C1 C11	aucun	C1	aucun
												C4, CB	C2, C4, CB	C2, C4, CB	C2, CB
													C4, CB, C10	C1, C4, CB	CB, C10
														C2, C4, CB C7	C2, CB, C10 C7
															C2, CB C7