
École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy
Université Henri Poincaré (Nancy1)
Institut National Polytechnique de Lorraine

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

Qualité environnementale des bâtiments

**«L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE COMME MODÈLE POUR
ASSISTER LA CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE DES
BÂTIMENTS»**

BOULFEKHAR Sarah

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

Sous la direction de : *Monsieur Jean-Claude BIGNON*

Septembre 2011

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des enseignants du master AME ainsi que toute l'équipe du MAP CRAI pour son accueil, particulièrement Mr Bignon, directeur de stage qui m'a encadrée et guidée tout au long de ce travail.

Merci à ma famille et à mon cher Nazim d'avoir toujours cru en moi.

SOMMAIRE :

INTRODUCTION	7
1- PROBLEMATIQUE.....	8
1.1- EcoMod, vers un outil d'aide à l'éco-conception des bâtiments.....	8
1.2- L'architecture vernaculaire comme nouvel axe de recherche	9
2- ETAT DE L'ART	12
2.1- Notion de « Modèle ».....	12
2.1.1- « A pattern language » Christopher Alexander 1977.....	12
2.1.2- Les Eco-Modèles, réinterprétation des Patterns pour la conception environnementale des bâtiments	13
2.1.3- Conclusion	16
2.2- L'architecture vernaculaire comme modèle.....	17
2.2.1- « Encyclopedia of vernacular architecture of the world » Encyclopédie de l'architecture vernaculaire du monde.....	17
2.2.2- Architecture sans architectes.....	19
Pour une nouvelle architecture vernaculaire	20
2.2.3- Travaux Professeur Frédéric Aubry, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.....	21
2.2.4- Travaux de recherche « Welsh School of Architecture »	23
2.2.5- Conclusion.....	24
3- IDENTIFICATION ET GENERATION D'ECOMODELES DE SOURCE VERNACULAIRE.....	26
3.1- Approche d'intervention	26
3.1.1- Principe de sélection des réalisations vernaculaires.....	27
3.1.2- Adaptation de la filtration multicritère au champ d'étude.....	29
3.2- Les Éco-Modèles proposés.....	30
3.2.1- Éco-Modèles issus d'une recherche par dispositif	31
3.2.1.1- EM -PAROI POREUSE-	31
3.2.1.2- EM -PAROI VEGETALE-.....	33
3.2.1.3- EM -IMPLUVIUM-	35
3.2.1.4- EM -MAINTENANCE INTEGREE-.....	36
3.2.1.5- EM -MATERIAUX MANUPORTABLES-	37
3.2.2- Éco-Modèles issus d'une recherche par région et/ou climat	38

3.2.2.1- EM -EVENT LUMINEUX-	38
3.2.2.2- EM -PAROI FRAICHE-	40
3.2.2.3- EM –GALERIE EXTERIEURE-	41
3.3- Exemple de génération d’un EcoModèle	42
3.4- Analyse de la démarche entreprise.....	45
3.5- Proposition pour la démarche de génération d’EM.....	46
3.5.1- Nouveau critère de validation	46
3.6- Impact sur les EM d’origine contemporaine	49
3.7- Conclusion.....	51
3.7.1- Facteurs clés d’identification d’un EM	
3.7.2- Étapes d’identification des EM	
3.7.3- Nouveau critère d’évaluation	
3.7.4- Formalisation des EM	
3.8- Propositions pour l’outil EcoMod	53
3.8.1- Présentation de l’outil et de ses fonctionnalités	53
3.8.2- Adaptations du contexte physique	54
4- CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	57
TABLE DES FIGURES.....	59
RESSOURCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	61
ANNEXES.....	64

Introduction :

C'est dans le cadre du master design global de spécialisation « architecture, modélisation, environnement » que s'inscrit ce travail de recherche. D'une durée de cinq mois, le stage s'est effectué au sein du laboratoire du CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie) à l'école nationale supérieure d'architecture de Nancy. Le laboratoire gère plusieurs travaux de recherche qui permettent de développer différents outils informatiques et méthodes dans le domaine de la conception architecturale de l'urbanisme et du patrimoine ...etc.

En phase avec les préoccupations actuelles, le CRAI développe certaines recherches dans le domaine de la qualité environnementale des bâtiments, l'objectif étant d'intervenir dans le domaine de la conception architecturale afin d'intégrer la donnée environnementale le plus tôt possible dans le processus de conception.

Le thème développé durant la période de stage a pour intitulé « l'architecture vernaculaire comme modèle pour l'aide à la conception environnementale des bâtiments ». Ce travail s'inscrit en continuité du projet de thèse mené par Vida Gholipour. Influencé par les travaux de Christopher Alexander et essentiellement par le concept de « Pattern », l'objectif principal consistait à créer un outil d'aide à l'éco-conception des bâtiments, c'est ainsi que la notion d'Eco-Modèles, réinterprétation des Patterns, a vu le jour.

L'introduction de l'architecture vernaculaire comme nouvel axe de recherche a pour but de créer de nouveaux patrons de conception en vue d'enrichir la base de données de l'outil EcoMod et de remettre en question la méthodologie développée auparavant et éventuellement l'adapter.

Dans la première partie du mémoire, on évoquera la problématique dans laquelle s'insère la recherche ensuite l'état de l'art permettra de prendre connaissance des travaux et ouvrages développés selon deux grandes thématiques. La première concerne la notion de modèle et de son instrumentalisation à travers les travaux de Christopher Alexander et le « pattern language » ainsi que les travaux de Vida Gholipour dans le développement du concept d'Eco-Modèles. La seconde thématique s'intéressera à l'architecture vernaculaire, des ouvrages significatifs seront présentés ainsi que quelques travaux de recherche qui considèrent l'architecture vernaculaire comme modèle ou source d'inspiration pour la conception architecturale, notamment les travaux du professeur Aubry au sein de l'EPFL¹.

La méthodologie utilisée et les diverses étapes de développement du travail effectué seront présentées en seconde partie du mémoire. Les Eco-Modèles générés y seront décrits, ainsi que quelques propositions pour la méthode de génération des patrons de conception. D'autres suggestions concernent l'outil, son interface et l'adaptation de la recherche par critère au domaine de l'architecture vernaculaire.

Enfin, une conclusion générale permettra de faire le point sur les objectifs atteints, les éléments restés en suspend et les nouvelles pistes à explorer.

¹ Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

1- Problématique :

Les préoccupations actuelles liées à l'environnement bouleversent de façon significative le domaine de la construction. La production, le transport et la mise en œuvre des matériaux ainsi que les bâtiments qui en résultent participent fortement aux changements et mutations du paysage et de l'environnement.

Le secteur du bâtiment, grand consommateur d'énergie, produit une part importante des gaz à effet de serre. De nouvelles mesures réglementaires ont été mises en place pour faire face à ce problème, celle-ci, nécessitent néanmoins un temps d'adaptation des différents acteurs de la construction.

La réflexion menée dans ce mémoire est de mettre en évidence les outils qui permettraient d'aider les acteurs du bâtiment, essentiellement ceux qui s'occupent de la conception architecturale, de s'adapter à cette nouvelle situation pour atteindre la qualité environnementale souhaitée et ce, dès les premières phases de projet.

Intégrer l'environnement dans la conception s'avère être un enjeu majeur dans l'anticipation des effets que peut avoir le bâtiment sur l'environnement.

L'éco-conception : « consiste à intégrer l'environnement dès la phase de conception des produits, qu'il s'agisse de biens, de services. Cette intégration repose sur une approche globale et multicritère de l'environnement et est fondée sur la prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie des produits. »²

Différents outils ont été mis en place afin de permettre l'évaluation environnementale des bâtiments tels que les certifications HQE (haute qualité environnementale) ou autres outils de simulation du comportement du bâtiment. Ces outils nécessitent un avancement important dans la conception du projet, une somme d'informations assez conséquente est nécessaire pour pouvoir évaluer la qualité environnementale de ce dernier ce qui réduit considérablement la possibilité d'effectuer des ajustements.

Or l'éco-conception des bâtiments est un processus complexe qu'il est nécessaire de maîtriser dès la définition des premières grandes lignes de projet. Souvent, le parti architectural se voit modifié en vue de satisfaire des exigences environnementales.

L'intérêt de ce travail de recherche est de pouvoir développer un outil qui intervient dès les premières phases de conception en vue d'assister la prise de décision et ainsi permettre d'avancer simultanément l'architecture du bâtiment et sa qualité environnementale.

1.1- EcoMod, vers un outil d'aide à l'éco-conception des bâtiments:

C'est en continuité du projet de thèse mené par Vida Gholipour que s'intègre cette recherche. L'objectif visé par la création de l'outil EcoMod est d'offrir une aide à la conception environnementale, et ce en phase amont.

L'outil propose des patrons ou modèles de conception appelés Eco-Modèles, créés et sélectionnés selon une méthode précise. Ils apportent des solutions types à des problèmes donnés et répondent nécessairement à des cibles HQE³ afin de permettre de définir et mesurer les enjeux de qualité environnementale à atteindre.

Ces cibles sont au nombre de 14 et sont regroupées en quatre grandes familles, elles sont le fruit des travaux de l'association HQE (Haute Qualité Environnementale) qui ont permis de mettre en place la

² Définition ADEME : <http://www.ademe.fr/>

³ Définition des cibles HQE en annexe

définition de la Qualité Environnementale des Bâtiments. Celle-ci constitue un langage commun nécessaire à l'ensemble des acteurs du bâtiment.

« La Qualité Environnementale d'un Bâtiment est l'aptitude de l'ensemble des caractéristiques intrinsèques du bâtiment, des équipements et de la parcelle à satisfaire les exigences liées à la maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et la création d'un environnement intérieur confortable et sain. »⁴

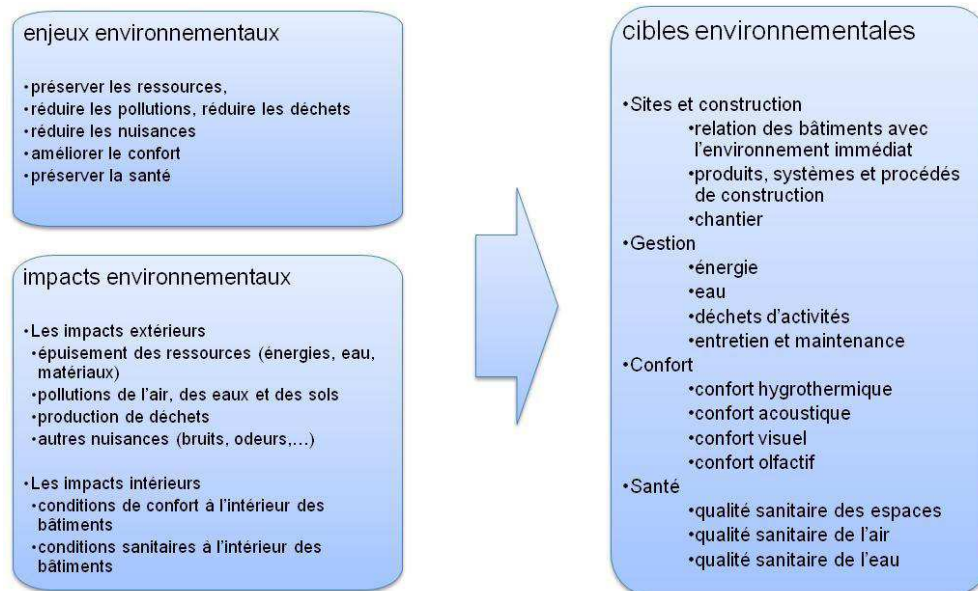


Figure 1 Grille de lecture des cibles environnementales (Source : <http://www.assohqe.org>)

L'objet de ces Eco-Modèles est de stimuler la créativité du concepteur et de le guider dans ses choix et non pas de lui apporter des solutions types à appliquer directement.

Cette base de données constitue un stock de référentiels de solutions architecturales environnementales, inspirées du concept de Pattern ou patrons de conception issus des travaux de recherche de Christopher Alexander.

1.2- L'architecture vernaculaire comme nouvel axe de recherche :

L'architecture dite « vernaculaire » est souvent définie comme « indigène », « primitive » ou « sans architectes », ces définitions peuvent laisser croire que cette dernière n'est régie par aucune règle ni faire partie d'une discipline reconnue « Vernaculaire: terme consacré actuellement par l'usage dans le sens propre au lieu. Plus au moins synonyme de l'architecture dite sans architecte, spontanée, indigène, rurale, primitive, anonyme ». [Guindani, Doepper, 1990] op.cit.pV

Longtemps dévalorisée et sous-estimée elle a pourtant pour principale qualité de s'adapter à son milieu « adj. (lat.vernaculus, indigène) propre au pays.»⁵

⁴ <http://www.assohqe.org/hqe/spip.php?article66>

⁵ Définition Encyclopédie Larousse

Elle est le fruit d'un long processus d'adaptation et de traditions transmises de génération en génération : « La construction vernaculaire est le moyen traditionnel et naturel par lequel les communautés créent leur habitat. C'est un processus en évolution nécessitant des changements et une adaptation constante en réponse aux contraintes sociales et environnementales. »⁶

Dans son ouvrage « De la synthèse de la forme, Essai », Christopher Alexander démontre que l'architecture vernaculaire, contrairement à ce que l'on peut prétendre, répond à des règles et à une méthode et n'est certainement pas le fruit du hasard.

L'auteur tente de définir et de comprendre ce qu'il appelle « les sources de la bonne adaptation », car il constate que les formes architecturales primitives sont d'une grande cohérence, leurs formes découlent d'une adaptation réussie au contexte dans lequel elles s'insèrent. Elles résultent d'un processus de conception certes inconscient que l'auteur qualifie de « processus naturel », mais efficace. D'un autre côté, il constate que les civilisations « évoluées » actuelles fonctionnent différemment dans leur démarche de conception qu'il qualifie cette fois-ci de « processus conscient », génère des formes architecturales qui parfois manquent de cohérence

« On a souvent soutenu dans les cercles architecturaux que les maisons des civilisations plus simples, moins sophistiquées que n'est la notre, sont dans un certain sens meilleurs que nos propres demeures » [Alexander, 1971] op.cit.p23

Ces formes architecturales « primitives » sont porteuses de précieux enseignements d'adaptation et de respect de l'environnement. Elles peuvent très certainement être d'un grand apport pour les démarches environnementales actuelles.

Le professeur Frédéric Aubry⁷ précise que pour appréhender l'architecture vernaculaire il faut étudier une trilogie conceptuelle qui intègre : l'Homme, le site et les matériaux. La combinaison de ces trois éléments permet de définir les particularités des différentes architectures vernaculaires: « La morphogénèse de l'architecture vernaculaire s'établit sur la synthèse d'une trilogie conceptuelle composée de trois pôles de référence à partir desquels on peut analyser méthodiquement chaque construction et l'interpréter en répondant aux simples questions quoi ?, pour qui ?, où ?, pourquoi ?, comment ?

L'HOMME enveloppe et exprime le contenu de toutes les données thématique, activités et besoins de nature socio-économique, culturelle et historique.

LE SITE intègre toutes les données environnementales, climat, morphologie,...

LES MATERIAUX impliquent les choix et les techniques mis en œuvre de la forme bâtie. » [Guindani, Doepper, 1990] op.cit.pV

Cette trilogie telle que définie par le professeur Frédéric Aubry rappelle le concept de développement durable dont les piliers sont : « l'équité sociale, la préservation de l'environnement et l'efficacité économique ».

« Le développement durable est le développement qui satisfait les besoins de la génération actuelle sans priver les générations futures de la possibilité de satisfaire leurs propres besoins » Rapport Brundtland, 1987

⁶ Charte du patrimoine bâti vernaculaire (1999) ICOMOS (conseil international des monuments et des sites)

⁷ Frédéric Aubry, Professeur Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne



Figure 2 Piliers du développement durable

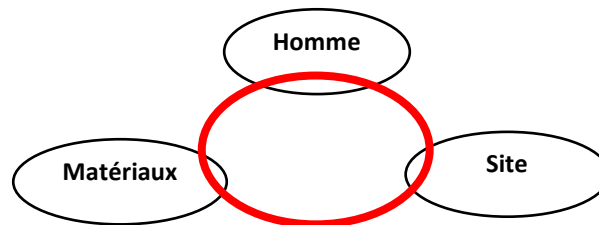


Figure 3 Proposition de représentation de la trilogie de l'architecture vernaculaire

À partir de ce constat, on peut confirmer que les formes architecturales primitives renferment des solutions qui peuvent répondre et correspondre aux questions environnementales actuelles. Ceci conforte l'objectif de ce travail de recherche qui consiste à étudier et à analyser les possibilités d'extraire de bonnes pratiques environnementales à partir de réalisations vernaculaires, ceci afin qu'elles puissent être répertoriées et mises à disposition au sein d'un outil d'aide à la conception environnementale des bâtiments.

C'est donc en continuité du travail mené sur le concept d'Eco-Modèles que ce travail s'intègre, il s'agira de se questionner sur les potentialités de l'architecture vernaculaire dans la création de nouveaux patrons de conception afin de les intégrer dans l'outil. On se posera la question de la démarche et méthode à entreprendre pour l'identification et la génération de ces Eco-Modèles vernaculaires. Aussi, avant de prétendre introduire ces Eco-Modèles particuliers dans l'outil, il serait nécessaire de vérifier leur compatibilité avec les Eco-Modèles existants, car n'ayant pas les mêmes caractéristiques.

On veillera à cibler directement notre recherche vers des solutions architecturales, d'usage ou techniques potentiellement porteuses de valeurs environnementales sans s'attarder dans une analyse détaillée qui considère l'architecture vernaculaire dans toute sa complexité. On exclura par exemple les questions liées à la culture locale, à l'organisation sociale, aux traditions et coutumes. N'oublions pas qu'un EM est d'abord défini comme : « Une forme-type architecturale capable d'être réutilisée d'une manière efficace » [Gholipour, 2011]

2- Etat de l'art :

2.1- Notion de « Modèle » :

Le recours à des solutions ayant fait leurs preuves est une démarche des plus communes, essentiellement en ce qui concerne le domaine complexe de la conception architecturale. L'usage de solutions antérieures en vue de répondre à un problème récurrent est très fréquent.

Cette façon de faire est souvent intuitive et résulte d'une longue expérience et d'un savoir-faire qu'acquiert l'architecte au fil du temps. Néanmoins, la réutilisation de solutions éprouvées nécessite parfois des adaptations ou de légères modifications pour une meilleure efficacité.

Philippe Boudon définit le processus d'ajustement de solutions antérieures qu'il qualifie d'« échelle de modèle » dans le champ de l'architecturologie 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 » (Gholipour, 2011).

On évitera donc de réutiliser un modèle qui ne fonctionne pas. Un modèle complexe nécessite parfois, avant de pouvoir être réadapté, l'étude des différentes échelles qui le constituent.

Dans cette notion de modèle ou de recours au « précédent »⁸ on s'intéressera à certains travaux de recherche qui ont permis d'instrumentaliser cette démarche et d'offrir ainsi une méthode d'aide à la conception.

2.1.1- « A pattern language » Christopher Alexander 1977

Toujours dans cette optique de résolution de problèmes à partir des « précédents », Christopher Alexander propose dans son ouvrage qui cristallise une partie de ses recherches « A Pattern Language » un guide de conception. Cette méthode permet d'utiliser une somme de solutions types qui répondent à des problèmes fréquents et qui s'inscrivent dans des contextes donnés. Ainsi, 253 patrons ont été définis comme formes prototypes ou patrons de conception et hiérarchisés selon trois grandes familles « Towns, Buildings et Construction » villes, bâtiments/édifices et construction.

Un pattern pertinent est un pattern auquel on a fréquemment recours « Ainsi, un problème qui revient fréquemment évoquera une solution rodée et prête à être adaptée à son contexte » [Quillien, 2007]

La méthode propose des règles et conseils qui permettent de sélectionner et de combiner différents patrons de différentes échelles afin d'atteindre de bons résultats. La combinaison de plusieurs patterns permet un infini de variations contrairement à un pattern utilisé seul, ceci stimule et encourage la créativité du concepteur.

De bonnes solutions archétypales sont celles qui résultent d'un long processus d'adaptation : « De bons patterns « qui marchent » sont l'œuvre du temps, comme les diamants. Ils sont donc moins des « inventions » que le fruit de longs processus d'essais, d'erreurs et de corrections dans des

⁸ Selon le projet de thèse [Gholipour, 2011]

circonstances variées. On les 'trouve', on les met en forme, on les utilise et on les chérit. Il s'avère très difficile et même vain de court-circuiter des siècles d'un tel travail en tentant d'en concevoir de nouveaux qui marcheraient du premier coup. » [Quillien, 2007]

Exemple d'un pattern :

Pattern 112 « transition dehors-dedans »

Transition psychologique du dehors au dedans est accompagnée selon le contexte par un changement de hauteur (escalier), par l'usage d'une matière ou d'un matériau, par un changement de direction,...etc.

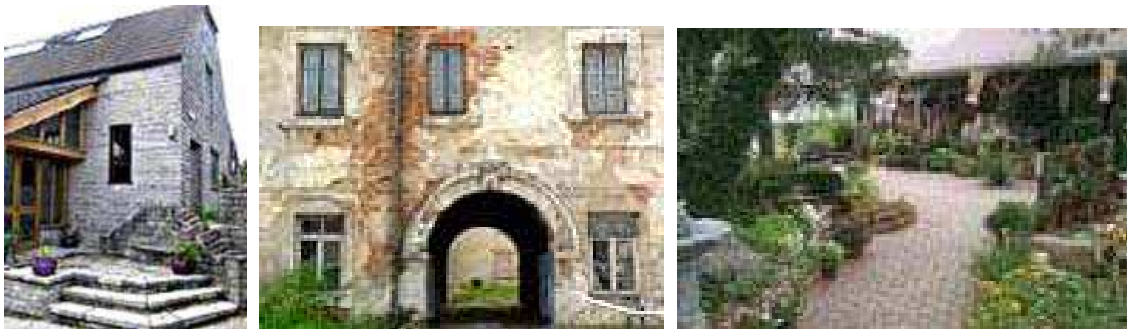


Figure 4 Exemple d'un Pattern [Quillien 2007]

2.1.2- Les Eco-Modèles, réinterprétation des Patterns pour la conception environnementale des bâtiments :

En se basant sur le concept de pattern développé par Alexander, Vida Gholipour propose dans sa recherche de les réinterpréter. L'objectif étant de mettre à disposition des acteurs de la construction un outil qui permette d'intégrer la qualité environnementale des bâtiments en phase de conception.

Cet outil se concrétise par un logiciel d'assistance numérique qui a été mis au point en tant que prototype afin de le tester et de lui apporter des améliorations. ECOMOD contient actuellement une base de données consultable contenant quarante Eco-Modèles validés.

- Le concept :

Un EM étant une réinterprétation d'un pattern, il partage certaines de ses caractéristiques à savoir un problème, une solution et des contraintes. Cela dit, la hiérarchisation des pratiques que propose Alexander n'a pas été reprise afin de se limiter aux pratiques architecturales qui se résument en des dispositifs techniques, d'usage ou architecturaux. Un EM ne peut être universel, une solution peut s'appliquer à un contexte donné de façon pertinente et pas à un autre.

- **Méthode de génération d'Eco-Modèle :**

Un EM⁹ résulte dans un premier temps d'un travail d'analyse de réalisations reconnues en terme d'approche environnementale afin de pouvoir en extraire des micro-solutions ou bonnes pratiques environnementales qui permettent de sélectionner des candidats . Ces candidats sont ensuite soumis à une filtration multicritère afin de vérifier leur pertinence à devenir des EM, cette méthode a été proposée au sein du Laboratoire du CRAI.

Le candidat doit être « **opérationnel** » c'est-à-dire avoir été utilisé de façon fréquente, afin de valider ce critère il doit avoir été utilisé dans au moins trois réalisations.

Il doit aussi être « **générique** » afin de permettre la fluidité de la conception et de la créativité, il doit de ce fait ni être trop simple ni faire partie d'une stratégie globale.

Une des conditions clés qui permet de sélectionner un EM est qu'il puisse répondre en même temps à plusieurs problèmes fréquemment rencontrés. Ce critère « **holistique** » est nécessaire pour répondre aux exigences de la conception architecturale qui doit gérer plusieurs contraintes en même temps. Un EM potentiel doit répondre au minimum à trois exigences environnementales et donc à trois cibles HQE.

Un EM doit être « **formalisable** » c'est-à-dire facile à illustrer par une image ou un dessin.

Enfin, il doit répondre aux questionnements posés en phase d'esquisse telle que l'intégration dans le site, l'orientation ou la volumétrie... etc.

- **Modélisation des EM**

Un EM est défini par un problème, une solution et des contraintes, il est classé en trois grandes catégories à savoir : EM architectural, EM technique et EM d'usage.

Il faut savoir que les EM répondent à un système relationnel, ils entretiennent avec d'autre EM des relations d'équivalence, d'opposition ou de combinaison.

Ils entretiennent aussi des relations avec les cibles HQE qui peuvent être positives ou négatives. Un EM qui répond à une cible HQE a une relation positive avec cette dernière et inversement.

⁹ « EM » Terme utilisé pour designer un Eco-Modèle

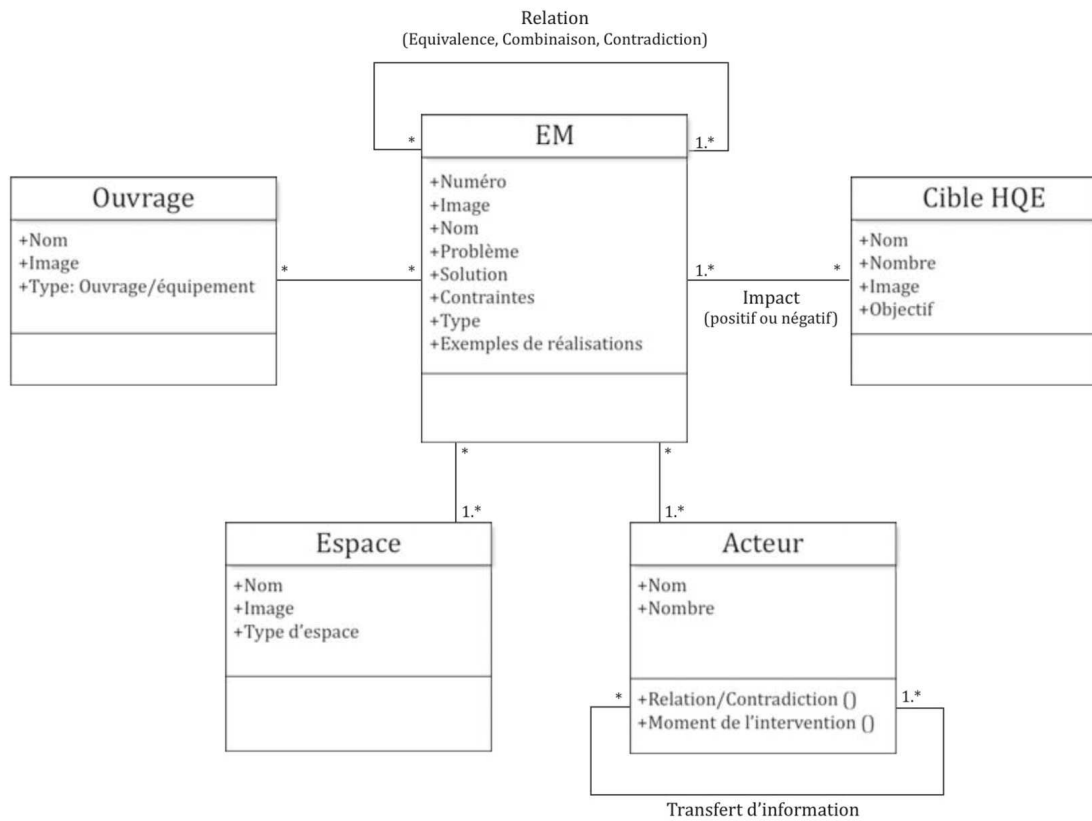


Figure 5 Modélisation des Éco-Modèles [Redon, 2010]

11. Toiture végétalisée

Problème

En ville, les températures moyennes sont de 2 à 3°C plus élevées que dans la campagne proche par effet d'inertie thermique et par faible évapo-transpiration liée à une végétation limitée.
Par ailleurs l'imperméabilisation croissante des sols conduit à une gestion des eaux de pluies de plus en plus délicate du fait de la limitation des dimensions des réseaux.

Solution

Une toiture (ou une terrasse) végétalisée est un système de couverture étanche à l'eau qui est recouvert en complément par un substrat et des végétaux adaptés. Ce système offre de nombreux avantages.
Accroissement du confort thermique par l'augmentation de l'isolation et de l'inertie thermique. La couverture végétale, l'ombre, l'évapo-transpiration, concourt à l'efficacité thermique du bâtiment.
Amélioration de la rétention d'eau (diminution de 10% à 90% de l'écoulement d'eau) et en conséquence diminution des dimensions des

Contraintes

Techniques
La structure du toit doit pouvoir supporter la charge permanente correspondant à la mise en place des couches et du substrat saturé d'eau et les charges occasionnelles (neige, vent, entretien, usage du jardin). Selon le type de végétalisation (intensive ou extensive) la surcharge par rapport à un toit « classique » peut être estimée entre 100 et 300 daN/m².

Maintenance
Il est nécessaire de choisir les variétés de plantes en fonction de la région, de l'orientation de la toiture

Choisir une réalisation (23)
Afficher les réalisations toutes

Archives Bauhaus
Berlin

Complexe Débris
Berlin

Parlement
Canberra

Maisons organiques
Dietikon

Centre de conférence
Pines Calyx
Douvres

Musée
Eyjafjord

Parking à vélo
Fribourg

Figure 6 Interface de l'outil EcoMod, exemple d'un Eco-Modèle (Safari <http://www.crai.archi.fr/eco.mod/eco.mod/N1Accueil.html>)

2.1.3- Conclusion :

Le recours à des solutions antérieures est une démarche qui a fait l'objet de travaux de recherche, comme nous l'avons développé précédemment, en vue d'offrir des méthodes d'aide à la conception architecturale et environnementale.

Bien avant d'être instrumentalisée, cette façon de faire existait de façon naturelle au sein des traditions architecturales vernaculaires.

« L'architecture vernaculaire intègre des savoir-faire et des modèles transmis d'une génération à l'autre et elle évolue en fonction des besoins nouveaux tout en assimilant les influences extérieures »¹⁰

Les solutions architecturales vernaculaires possèdent un degré de pertinence important pour générer des patterns et des Eco-Modèles car, issu d'un processus d'adaptation lent, mais efficace. L'architecture vernaculaire répond de ce fait par sa propre définition au critère principal nécessaire à la définition d'un patron de conception.

La question à laquelle il faudrait apporter une réponse est de vérifier si des solutions vernaculaires peuvent être réinterprétées dans des réalisations contemporaines et à caractère environnemental.

¹⁰ Définition par François Varin <http://www.international.icomos.org/publications/vernacular.htm>

2.2- L'architecture vernaculaire comme modèle

Divers travaux se sont intéressés aux potentialités et à la richesse que renferme l'architecture vernaculaire. L'intérêt d'en explorer certains est de mettre en évidence les questionnements qui ont été posés et d'en tirer les correspondances avec les questionnements posés au sein de notre recherche. Aussi, il est intéressant de prendre connaissance d'éventuelles méthodes ou démarches particulières qui permettent d'appréhender et d'analyser le champ très vaste que constitue l'architecture vernaculaire.

2.2.1- « Encyclopedia of vernacular architecture of the world » Encyclopédie de l'architecture vernaculaire du monde

Constituée de trois grands volumes l'encyclopédie regroupe un stock impressionnant de réalisations vernaculaires étudiées, répertoriées et classées selon des critères précis.

Le premier volume « Theories and principles » théories et principes met en évidence la complexité que revêtent la définition et l'étude de l'architecture vernaculaire. Un chapitre entier, est consacré à déterminer les différentes approches et méthodes pour étudier l'architecture vernaculaire. On notera parmi celles qui semblent pertinentes pour notre recherche l'approche écologique, l'approche géographique,... etc.

Différents critères d'influence sur ce type d'architecture sont répertoriés notamment, l'influence des traits culturels, l'impact de l'environnement, le rôle des matériaux et des techniques, l'importance des éléments symboliques et décoratifs, ainsi que les usages et fonctions, sont définis dans les huit points suivants :

- Traits de culture et attributs : regroupe les croyances, les habitudes culturelles, la politique, la structure sociale ou encore l'économie... etc.
- Environnement : regroupe l'influence du climat et du site ou encore les catastrophes naturelles.
- Ressources et matériaux de construction : sont classés par type de matériaux qu'ils soient d'origine animale, végétale ou à base de terre ou de pierre.
- Production : regroupe les différents types d'assemblages, d'ouvertures ou de toitures.
- Services : regroupe par exemple les systèmes de circulations, de ventilation, de climatisation...
- Symbolisme et décoration : décline les rituels, les symboles et motifs, les inscriptions...
- Typologies : regroupe les typologies de formes, de plans, de type de structures...
- Usages et fonctions : renvoi aux fonctions liées à l'autorité et au pouvoir, aux activités économiques, aux sanctuaires et temples...

Le deuxième et le troisième volume « Cultures and habitats » répertorient de façon plus détaillée les traditions constructives dans le monde selon une classification géographique déterminant de grandes zones culturelles telles que : Amérique latine, Amérique du Nord ou encore Afrique subsaharienne... etc.

Il est clair que cet ouvrage représente un travail de longue haleine et l'investissement d'un nombre important de spécialistes venant du monde entier, cela dit dans le cadre de la recherche entreprise au sein du CRAI nous nous référerons à certaines caractéristiques de l'architecture

vernaculaire qui se rapprochent de la méthode de définition des Eco-Modèles et qui s'intéresse à des dispositifs techniques, architecturaux ou d'usage. Nous avons volontairement mis de côté tout ce qui touche à l'aspect culturel économique ou social afin de nous consacrer aux questions qui touchent aux matériaux, à l'adaptation à l'environnement et aux diverses typologies répertoriées. La classification géographique peut constituer dans notre méthode un point de départ intéressant pour aborder ce sujet.

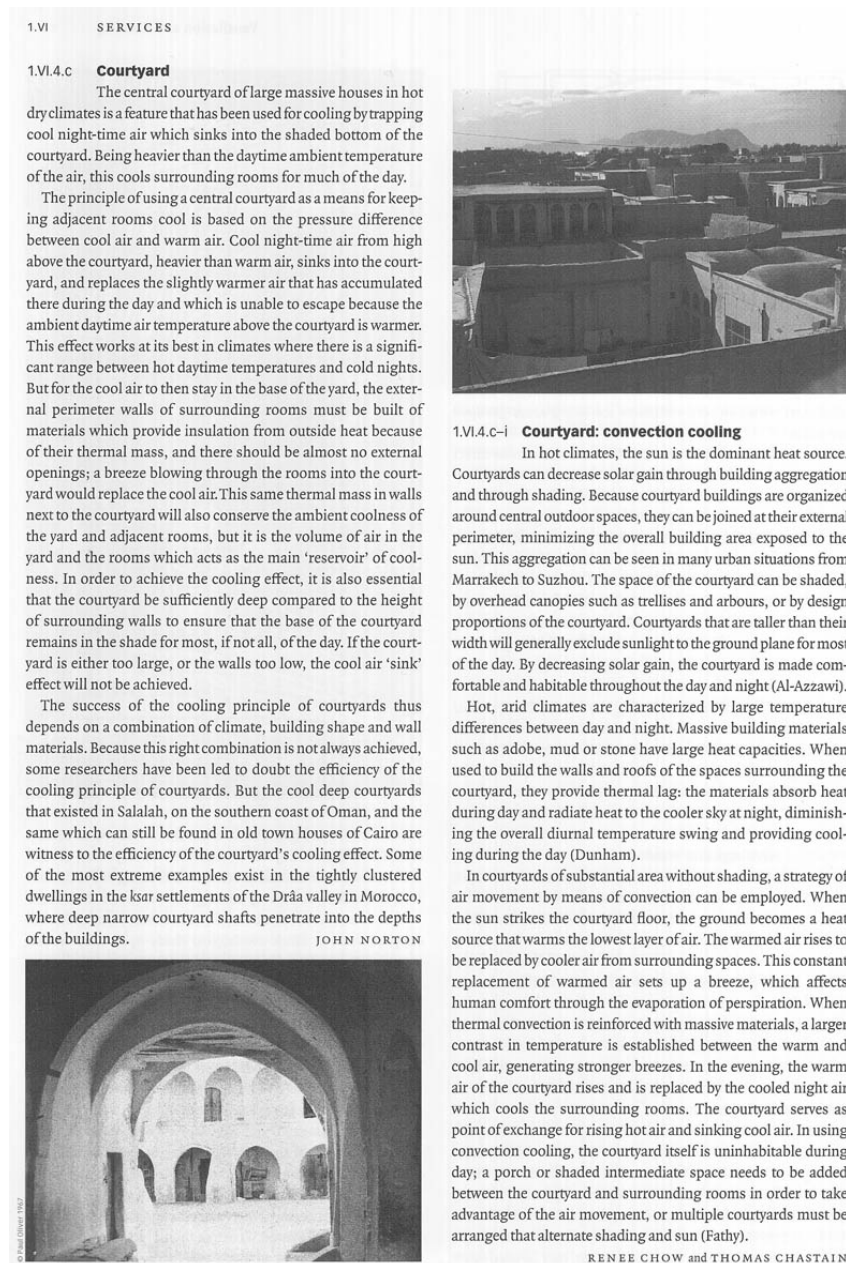


Figure 7 Exemple d'un dispositif répertorié pour la ventilation et le rafraîchissement : « cour intérieure »

[Oliver, 1997]

2.2.2- « Architecture sans architectes » :

Dans son ouvrage « Architecture sans architectes » Bernard Rudofsky met le point sur le fait que l'architecture vernaculaire est peu connue et peu valorisée, vouée à disparaître, il existe très peu de documentations qui traitent de ce sujet.

« L'architecture vernaculaire n'est pas soumise aux caprices des modes. Pratiquement immuable, elle n'est pas non plus susceptible d'améliorations, puisqu'elle répond parfaitement à son objet. »

[Rudofsky, 1964] op.cit. p1

Il rassemble et classe une somme des dispositifs divers auxquels il apporte des définitions et des descriptions simples et concises.



Figure 8 Exemple d'un dispositif [Rudofsky, 1964]

Les dispositifs répertoriés répondent aux contraintes de climat et de géographie dans lesquels ils s'intègrent. On pourrait à travers l'étude de ces derniers dégager des candidats potentiels pour devenir des Eco-Modèles. Cet ouvrage constitue donc une banque de données à part entière qu'il serait intéressant d'étudier dans le cadre de cette recherche.

2.2.3- « Pour une nouvelle architecture vernaculaire » :

Dans son ouvrage, Pierre Frey fait une critique des modes contemporains de production du bâti et attire l'attention sur certaines valeurs perdues appartenant aux modes de production vernaculaires. Il insiste sur le fait que l'architecture vernaculaire devrait servir de modèles dans les pratiques actuelles.

« ... le domaine des pratiques vernaculaires offre un stock merveilleux de dispositifs ingénieux témoignant des effets spectaculaires que peuvent produire des techniques extrêmement économes en matériaux et en énergie... » [Frey, 2010] op.cit. p38

L'auteur met en avant les caractéristiques et qualités de plusieurs réalisations vernaculaires ainsi que l'ingéniosité dont elles font preuve. Elles sont extraites de la collection de maquettes réalisées sous la direction du Professeur Frédéric Aubry.

D'autres réalisations sont décrites dans l'ouvrage que l'auteur qualifie de « nouvelle architecture vernaculaire », il s'agit de bâtiments qui répondent à quatre arguments :

«- Les « nouvelles architectures vernaculaires » sont collectives. Pour créer des abris, des espaces, elles recourent certes à des compétences spécialisées d'ingénieurs et d'architectes, mais mobilisent surtout la capacité à coopérer au sein de ces sociétés qui se construisent en bâtissant... »

«- Les « nouvelles architectures vernaculaires » recourent aux matériaux disponibles en abondance et à faible cout ; elles réemploient et recyclent... »

«- Les « nouvelles architectures vernaculaires » s'appuient sur des savoirs et des savoir-faire ancestraux... »

«- La « nouvelle architecture vernaculaire » est en majorité féminine...Elles invitent à interroger de manière approfondie la place des femmes dans les sociétés traditionnelles souvent très différentes des apparences. » [Frey, 2010] op.cit. p121

Chaque argument est illustré par une réalisation contemporaine qui le représente bien.

Cette démarche est intéressante pour appuyer notre intention de créer de nouveaux EM inspirés de traditions vernaculaires. Les réalisations vernaculaires et contemporaines mentionnées dans le livre peuvent ainsi servir de support d'étude pour la sélection de nouveaux candidats. Les quatre arguments sur lesquels l'auteur s'appuie pour définir les nouvelles architectures vernaculaires peuvent nous aider dans notre démarche à sélectionner et à étudier des réalisations contemporaines porteuses de solutions vernaculaires et qu'on qualifierait dans le cadre de notre recherche de « Néo-vernaculaires ».

L'argument qui semble le plus pertinent pour servir de critère de sélection de bâtiments « néo-vernaculaire » est le troisième, c'est-à-dire celui qui s'appuie sur des savoirs et savoir-faire ancestraux.

2.2.4- Travaux du Professeur Frédéric Aubry, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne :

Durant ses trente années d'enseignement, le professeur Frédéric Aubry a pu constituer avec la participation de ses étudiants une « collection » de plus de 680 maquettes au 1/20 qui reprennent des réalisations vernaculaires.

Ces maquettes ont un but pédagogique, elles permettent aux étudiants en architecture de mieux comprendre et de découvrir des procédés constructifs et des savoir-faire issus de cultures vernaculaires.

Ces maquettes servent de modèles ou de source d'inspiration pour assister les étudiants durant l'élaboration de leurs projets dans lesquels ils sont invités à transposer des techniques anciennes à des situations contemporaines. Les photos des maquettes réalisées sont toutes consultables sur le site internet de l'EPFL et constituent une base de données très riche, une recherche par critère y est proposée telle que : pays, climat, matériaux, catastrophe naturelle... etc.

EPFL > ENAC > ACM > Learning from Ver... > Maquettes

Accueil Evènements Catalogue Maquettes Info Vernaculaire Liens utiles Enseignement Contact & Médias

Recherche Personnalisée

Recherche

Pays

Climat

Annuler

Catastrophe Naturelle

Type d'usage

N° de model

Situation

Matériaux

Nom

Region

Zone Géographique

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 ... | > | >>>

1 à 10 sur 711

Torba
Tessin
Suisse

Bhaidyo Sattal
Bhaktapur
Népal

N/A
N/A
N/A

Steiner Aste
Zillertal
Autriche

Habitation Salish
Washington
Etats-Unis

Maison B
Peristera
Grèce

N/A
Jura
Suisse - France ?

Maison d'été
Kikapu
Mexique

Habitation Urbaine
Malakka
Malaisie

Habitation Ty'rceilyn
Llandeilo, Carmarthenshire
Pays de Galles

Figure 9 Interface du site internet de l'EPFL (Source : <http://learning-from-vernacular.epfl.ch/>)



Figure 10 Exemple de maquette : Concession Kusasi di Bako Youga Burkina Faso(Source : <http://learning-from-vernacular.epfl.ch/>)

Les réalisations étudiées ainsi que la recherche par critère proposé sur le site internet précédemment cité peuvent servir de point de départ dans le cadre de notre travail par contre, on notera qu'aucune description ou explication concernant les maquettes n'est donnée, une interprétation personnelle reste nécessaire.

Les enseignements proposés à l'EPFL montrent l'intérêt d'acquérir une culture architecturale plus vaste et moins conventionnelle en vue de sensibiliser les étudiants à des solutions simples et ingénieuses qui peuvent répondre aux questions environnementales actuelles.

2.2.5- Travaux de recherche « Welsh School of Architecture » :

Une nouvelle approche d'enseignement est proposée au sein de cette école d'architecture Galloise, cette dernière s'appuie sur l'usage de l'architecture vernaculaire comme modèle pour la conception environnementale des bâtiments.

Le musée en plein air de « St Fagan » sert de laboratoire aux étudiants en première année qui ont la possibilité durant une semaine d'observer et d'analyser la collection de bâtiments gallois reconstitués sur site. Cela leur permet également de voir concrètement comment ces réalisations s'adaptent efficacement à l'environnement dans lequel elles s'intègrent.

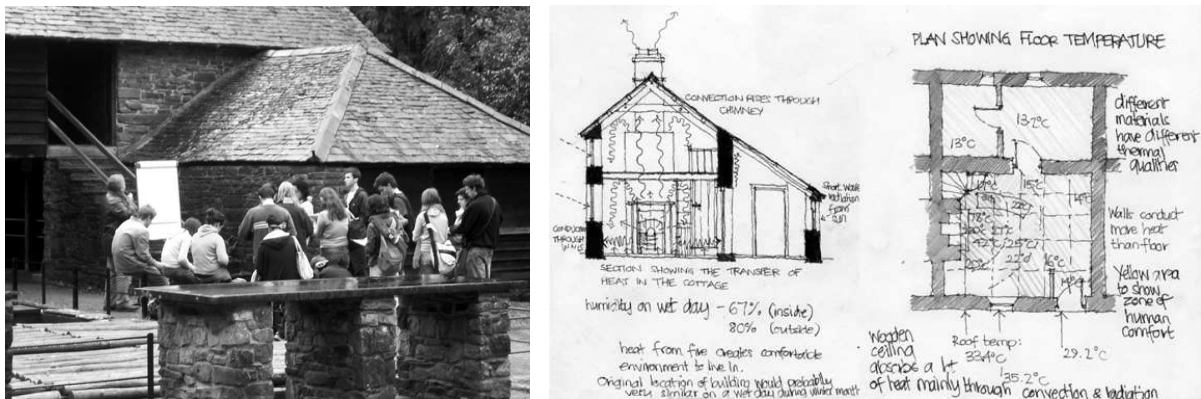


Figure 11 Travaux d'étudiants au musée St Fagan [Forster, 2006]

Ces enseignements permettent de sensibiliser les étudiants aux potentialités environnementales que renferme l'architecture vernaculaire. Cela dit, leurs références se limitent aux réalisations présentes sur site ce qui n'offre pas une grande diversité de dispositifs.

Cette démarche intègre un cas pratique où l'architecture vernaculaire est considérée comme modèle pour la conception de projets environnementaux.

2.2.6- Conclusion

Les différents ouvrages et travaux de recherche cités auparavant montrent un intérêt de plus en plus grandissant vis-à-vis de « l'architecture sans architectes ».

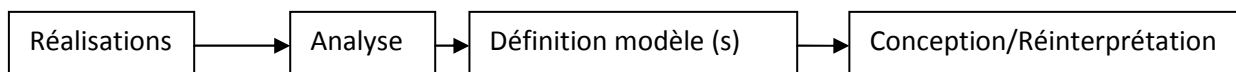
Longtemps ignorée et non reconnue, elle trouve enfin sa place dans l'enseignement de l'architecture où elle commence à être considérée comme modèle. Cette dernière est employée de façon active afin de stimuler les étudiants et les pousser à réfléchir de façon critique. Il ne s'agit donc pas d'assimiler simplement des connaissances, mais de les analyser, de les étudier et enfin de les réinterpréter.

Face aux problèmes actuels liés à l'environnement, les futurs architectes ont plutôt intérêt à élargir leur champ de connaissance en commençant par assimiler les précieux enseignements dont regorgent les réalisations vernaculaires du monde. Des solutions simples et peu onéreuses qui répondent de façon efficace à des problèmes liés à des contextes variés.

Le travail que nous proposons de faire, à savoir sélectionner, répertorier et classer des modèles vernaculaires pour l'aide à la conception architecturale, peut aussi s'intégrer dans un cadre pédagogique. Il offrirait par contre une collection de modèles préalablement étudiés synthétisés et faciles à consulter grâce à l'interface de l'outil ECOMOD qui permet une lecture rapide et efficace de dispositifs qui représentent des solutions répondant à des problèmes et à des contextes. Les réalisations sont employées dans l'outil pour illustrer les différents modèles mis en place.

Ces schémas représentent les étapes nécessaires pour concevoir un projet en ayant recours à l'architecture vernaculaire comme modèle, trois démarches sont comparées :

1 Processus de conception dans un cadre d'enseignement



2 Processus de conception à partir d'ouvrages spécialisés



3 Processus de conception à partir de l'outil EcoMod

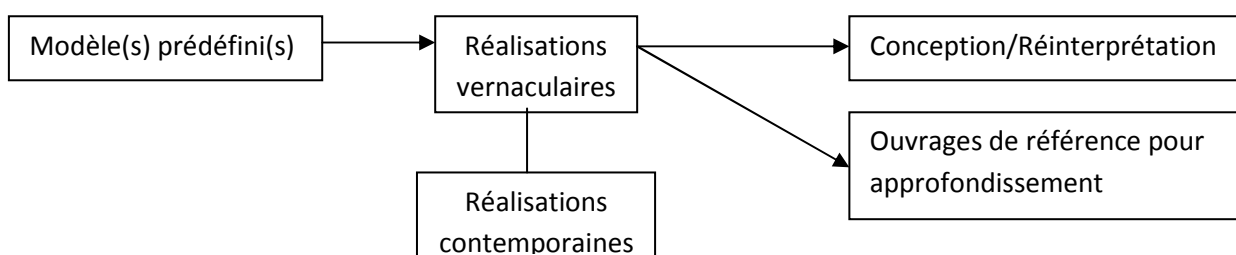


Figure 12 Schématisation des trois voies de conception possible

Il est clairement observable dans ces schémas que le recours à des modèles prédéfinis est une démarche rapide et efficace. Rechercher soi-même des réalisations vernaculaires dans des ouvrages spécialisés pour en tirer des dispositifs réutilisables est une démarche intéressante, mais plus longue. L'avantage de reprendre des EM assure un degré de fiabilité quant à la pertinence des dispositifs choisis, car ils répondent à des caractéristiques bien définies.

L'avantage des EM vernaculaires est donc triple :

- Avoir accès à un réservoir de modèles prédéfinis.
- Avoir accès à des réalisations contemporaines qui suggèrent des réinterprétations de dispositifs vernaculaires.
- Avoir accès à une bibliographie prédéfinie qui donne la possibilité de s'approfondir sur un sujet précis.

3- Identification et génération d'Eco-Modèles de source vernaculaire :

Dans cette partie, on évoquera la méthode de génération d'Eco-Modèles à partir de l'étude de réalisations vernaculaires.

On commencera par un rappel de la méthode conventionnelle à laquelle on proposera quelques ajustements liés au nouveau champ d'étude.

Par la suite, on présentera les EM proposés et nous développerons un cas concret comme exemple de l'application du protocole.

Nous dégagerons aussi les remarques et conclusions auxquelles nous sommes arrivés et définirons les éventuelles améliorations à faire ainsi que les nouvelles pistes à explorer.

3.1- Approche d'intervention :

Le protocole proposé dans les travaux précédent reste le même, c'est l'objet d'étude qui change et donc la manière de l'appréhender. Nous rappelons que les étapes d'identification d'un Éco-Modèle sont les suivantes :

- 1- **Consultations de réalisations récentes à caractère environnemental** : permet une présélection de bâtiments ou projets porteurs de dispositifs environnementaux.
- 2- **Extraction de bonnes pratiques environnementales** : permet de définir des solutions réutilisables qui pourraient devenir des Éco-Modèles.
- 3- **Filtration multicritères** : les candidats sélectionnés doivent répondre aux critères définis dans le tableau ci-dessous pour être validés.

<i>Critère</i>	<i>Condition</i>
Opérationnel	Faire preuve de sa pertinence en étant utilisé dans au moins trois réalisations d'auteurs différents
Générique	Avoir un certain degré de généralité : être ni une solution simple, ni une stratégie globale
Holistique	Répondre en même temps à plusieurs problèmes fréquemment rencontrés sans dépasser un certain degré de particularité : répondre au minimum à trois exigences environnementales abordées parmi les cibles HQE®
Formalisable	Pouvoir être représenté par une illustration, un dessin
Adaptée au niveau de l'esquisse	Répondre aux questions posées en phase d'esquisse comme le positionnement, la volumétrie, l'organisation spatiale ou encore le système constructif général de bâtiments

Figure 13 Critères de filtration [Gholipour, 2011]

C'est la première étape qu'il s'agit de réadapter au contexte de recherche, nous serons donc amenés à consulter des réalisations vernaculaires à caractère environnemental.

La validation d'un Éco-Modèle dans notre approche selon la filtration multicritère implique que ce dernier doit être utilisé dans au moins trois réalisations **vernaculaires** différentes.

La question qui se pose est de savoir sur quels critères on peut sélectionner des réalisations vernaculaires susceptibles de contenir des réponses architecturales environnementales intéressantes.

3.1.1- Principe de sélection des réalisations vernaculaires :

Les travaux précédents se sont basés sur l'étude de bâtiments environnementaux contemporains reconnus par des experts ou spécialistes et ayant fait l'objet de publications, voire d'expositions. Cela a conduit à la consultation d'environ 200 réalisations¹¹ qui ont permis de mettre en place un corpus d'étude et de définir une quarantaine d'Éco-Modèles intégré dans l'outil numérique ECOMOD.

Les réalisations vernaculaires que nous avons consultées durant notre recherche devaient dans un premier temps être reconnues comme étant « vernaculaires » et dans un second temps avoir un caractère environnemental.

Pour ce faire, nous nous sommes premièrement référés aux ouvrages spécialisés qui traitent de l'architecture vernaculaire de façon générale. Le recours à ce type d'ouvrage élaboré par des spécialistes assure la fiabilité des données récoltées.

L'Encyclopédie de l'architecture vernaculaire du monde « Encyclopedia of vernacular architecture of the world » est très certainement l'ouvrage le plus complet et le plus fiable qui traite de l'architecture vernaculaire et qui a donc constitué le point de départ de notre recherche.

Néanmoins, comme son nom l'indique l'encyclopédie traite de l'architecture vernaculaire du « monde », il est donc difficile de savoir par quel angle l'aborder. Ce qui nous a amenés à définir une première règle pour amorcer la recherche.

Nous avons proposé d'étudier en priorité des réalisations issues d'une adaptation à des climats extrêmes, ce processus génère souvent des solutions très ingénieuses. On s'intéressera donc aux climats : sec, tropical et montagnard¹²

Nous avons étudié d'autres ouvrages moins détaillés, mais qui décrivent et répertorient certaines architectures vernaculaires. L'ouvrage de Bernard Rudofsky en fait parti il est intéressant à étudier, car initié dans le cadre d'une exposition. « Architecture sans architectes » décrit plusieurs réalisations vernaculaires qui ne se limitent pas à une seule zone géographique et dont nous avons étudié certains cas.

Les travaux du professeur Frédéric Aubry semblent intéressants, on peut très bien imaginer puiser dans le stock de maquettes de bâtiments vernaculaires réalisées dans le cadre de ses enseignements.

D'autres ouvrages plus spécifiques traitent d'architecture vernaculaire locale donc propre à une région. La consultation de ces ouvrages permet d'orienter la recherche et de cibler une zone géographique précise. Une analyse rapide des réalisations présentées est toutefois nécessaire pour en dégager des dispositifs environnementaux. Parmi ces ouvrages : Maisons du Sahara, L'architecture de lumière, Le M'Zab une leçon d'architecture.

¹¹ Selon (Gholipour, 2011),

¹² Nomenclature des climats de région de bâtiments (Gholipour, 2011), voir annexes

Une seconde possibilité de recherche est offerte dans l'encyclopédie citée ci-dessus, celle-ci répertorie dans le premier volume un stock préétabli de dispositifs architecturaux. On peut alors prétendre rechercher des dispositifs architecturaux qui répondent à des climats extrêmes ou qui possèdent un caractère environnemental. Des exemples de réalisations sont aussi mis à disposition pour illustrer les différents dispositifs.

Ce type de recherche est encore plus intéressant, car il mène directement à des solutions architecturales qui peuvent devenir des candidats potentiels. Cette façon de faire permet d'inverser les deux premières étapes d'identification d'Éco-Modèles, on peut alors commencer par effectuer une recherche de bonnes pratiques environnementales puis la recherche de réalisations porteuses de ce dispositif.

Bien entendu, l'encyclopédie offre plusieurs possibilités de recherche, telle que la recherche par type de matériaux ou typologies de construction, mais nous nous limiterons à celles décrites ci-dessus.

En résumé, nous avons favorisé dans notre approche trois grands axes de recherche :

- La recherche de réalisations par climat.
- La recherche de réalisations par région.
- La recherche par dispositif.

Cela n'exclut pas d'utiliser d'autres critères de recherche dans l'avenir, telle que la recherche par matériaux. La démarche entreprise n'est en aucun cas définitive et possède très certainement des lacunes auxquelles il faudrait remédier dans les travaux de recherche futurs. Elle constitue une première proposition pour appréhender le champ très vaste de l'architecture vernaculaire.

3.1.2- Adaptation de la filtration multicritère au champ d'étude :

Les travaux précédents, qui se sont consacrés à la définition d'EM à partir de l'étude de bâtiments contemporains, avaient comme condition dans la filtration multicritère d'identifier trois réalisations d'auteurs différents (architectes).

Or, pour l'architecture vernaculaire définie justement comme « architecture sans architectes » ce critère est remis en question. Dans un même village, toutes les habitations se ressemblent et contiennent les mêmes dispositifs. Pour la validation d'un EM il ne suffira pas de dire qu'une solution est présente dans toutes les maisons du village par exemple même si chacune a été réalisée par des individus différents.

La validation d'un EM dépendra alors de l'existence de ce dispositif dans des régions différentes où les savoir-faire et traditions ne sont pas les mêmes.

Selon cette hypothèse, l'architecte est remplacé, quand il s'agit de bâtiments vernaculaires, par les traditions et savoir-faire présents dans une région et qui génèrent une architecture propre à celle-ci.

Une habitation dans l'architecture vernaculaire n'est pas identifiable comme entité seule, mais comme appartenant à une typologie propre à une région, on parlera d'habitations Dogon ou de maisons du M'zab de façon très fréquente. Rares sont les bâtiments vernaculaires singuliers reconnaissables comme entité à part entière ex. temple, mosquée, palais...

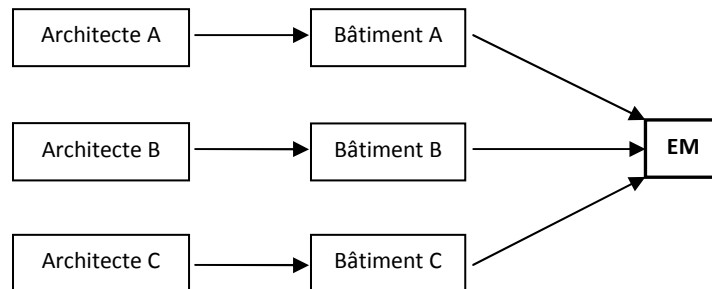


Figure 14 Condition de validation d'un EcoModèle dans le champ de l'architecture contemporaine

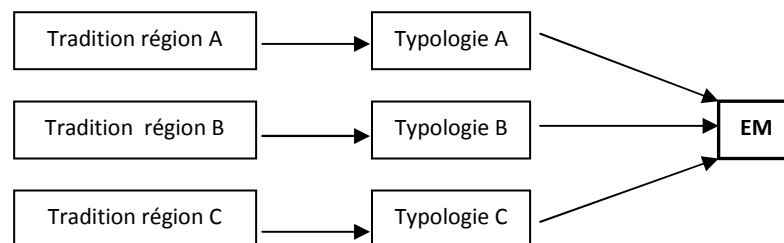


Figure 15 Condition de validation d'un Eco-Modèle dans le champ de l'architecture vernaculaire

3.2- Les Éco-Modèles proposés:

Les Éco-Modèles proposés ci-dessous sont définis par un problème récurrent, une solution et des contraintes. Ils répondent au moins à trois cibles HQE et sont répertoriés dans trois réalisations vernaculaires au minimum.

Ils constituent un premier travail de sélection en vue d'améliorations, il faut savoir que l'objectif principal était de tester l'application de la méthode conventionnelle dans le cadre du nouvel axe de recherche.

Pour chaque EM nous allons définir l'élément initiateur qui a conduit à la définition finale. Nous allons aussi accompagner chaque EM de quelques réalisations contemporaines porteuses du même dispositif que nous avons trouvé suite à une recherche par mot clé sur internet, les mots clé utilisés sont souvent en relation avec l'appellation de l'EM concerné.

Une distinction a été volontairement faite entre EM résultants d'une recherche par dispositif et EM résultants d'une recherche par climat et région afin de pouvoir apprécier l'apport de chacune des démarches.

Les définitions proposées ont été faites en s'alignant sur le modèle conventionnel de définition. Elles se détachent de ce fait volontairement du contexte vernaculaire.

3.2.1- Éco-Modèles issus d'une recherche par dispositif :

3.2.1.1- EM -PAROI POREUSE-

La ventilation naturelle est un enjeu majeur dans les climats chauds et humides, l'encyclopédie de l'architecture vernaculaire traite ce sujet et répertorie plusieurs dispositifs à cet effet. De nos jours pour ventiler et rafraîchir l'air ambiant nous avons recours à des installations coûteuses qui consomment beaucoup d'énergie. C'est pour pallier à ce genre de problème qu'il serait intéressant d'étudier des solutions architecturales ancestrales simples et qui ne nécessitent aucune énergie.

Les murs et façades perforés présents dans les régions tropicales ainsi que dans les régions arides filtrent la lumière tout en laissant passer l'air. Le mouvement d'air provoqué dans les espaces rafraîchit lors de grandes chaleurs et assainit une atmosphère chargée d'humidité.



Figure 16 Maison en roseau (Irak), Maison Peul (Sénégal)

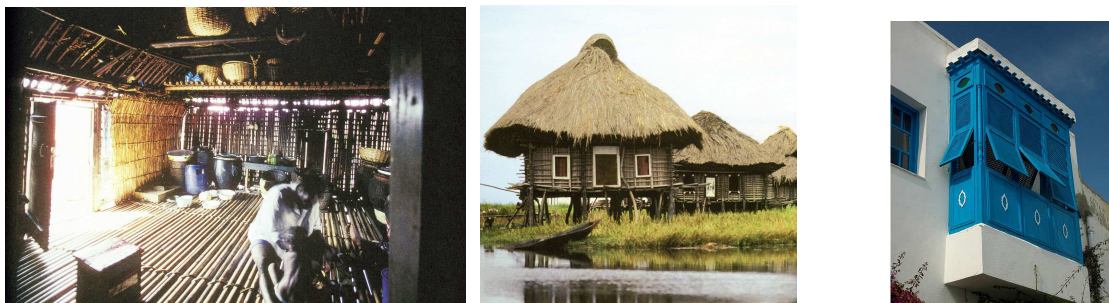


Figure 17 Habitations lacustre (Bénin), Moucharabieh (Tunisie)

Problème :

Dans les régions chaudes et humides, on a souvent recours à un système de climatisation pour pallier aux grandes chaleurs et à la sensation d'humidité. Ce type d'installation est coûteux, difficile à entretenir et frugal en énergie.

Solution :

La paroi poreuse est une paroi perméable à l'air, elle permet de ventiler et de rafraîchir naturellement un espace sujet à l'humidité et à la chaleur. Le mouvement d'air provoqué permet de chasser l'air chaud qui est remplacé par de l'air frais, il permet aussi de provoquer l'évaporation de l'humidité et de donner une sensation de fraîcheur.

Elle est constituée de petites ouvertures de tailles et formes variables, elle se décline en plusieurs matériaux et peut jouer aussi le rôle d'un brise-soleil en apportant une lumière agréable.

Contraintes :

Maintenance : constituée de petites ouvertures, la poussière s'y accumule rapidement, son entretien peut être difficile il faut alors qu'elle soit accessible afin d'assurer un nettoyage régulier.

Cibles positives :

Confort visuel, confort olfactif, qualité de l'air, confort hygrothermique



Figure 18 Réalisations contemporaines : Bamboo house (Costa Rica), 2009, Benjamin Garcia Saxe / Butterfly Houses (Thaïlande) 2009, TYIN Tegnestue/ Vocational school (Cambodge), 2011, Rudanko+Kankkunen.

3.2.1.2- EM -PAROI VEGETALE-

La question d'isolation contre le froid et le chaud est une des préoccupations majeures dans l'architecture vernaculaire.

On a constaté que l'usage de végétaux tel que le chaume est fréquent pour constituer une couche isolante qui recouvre une partie ou l'ensemble d'une construction.

La réflexion a été initiée suite à la consultation de l'ouvrage « architecture de lumière » puis de celui de Rudofsky qui a encore plus conforté le raisonnement établi. Avec un même dispositif, on arrive à répondre à deux contextes très différents.

Même si les toitures végétales sont plus fréquentes que les façades ou murs végétaux, nous avons préféré l'appellation de « paroi végétale » pour être le plus générique possible.



Figure 19 Maison en roseaux (Sardaigne, Italie), Maison (Japon septentrional), Habitation en chaume (Kenya)

Problème :

La réglementation actuelle encourage l'isolation des bâtiments par l'extérieur, l'installation de matériaux isolants usinés génère de la pollution et nécessite par ailleurs des revêtements de finition souvent coûteux.

Solution :

La paroi végétale est un isolant naturel non usiné constitué de végétaux séchés pouvant être compactés ou tressés et qui ne nécessite aucune finition lorsqu'il est posé sur les parois extérieures du bâtiment.

Contraintes :

Technique : la mise en œuvre de ce type de dispositif est assez délicate et requiert un savoir-faire et une rigueur lors de la pose pour éviter tout problème d'infiltration d'eau.

Risque : Les risques d'incendie sont à prévoir, il est donc indispensable de prendre en considération cette donnée et de l'intégrer dès la conception.

Maintenance : Des risques d'apparition de mousse ou autres organismes peuvent jouer dans la détérioration du dispositif, une maintenance régulière est à privilégier.

Cibles positives :

Confort hygrothermique, gestion énergies, choix des composants, bâtiment et son environnement immédiat.



Figure 20 Réalisations contemporaines : Maison individuelle (Zoetermeer, Pays Bas), Arjen Reas/ Bamboo dome (Vietnam), Trong Nghia

3.2.1.3- EM –IMPLUVIUM-

Cet EM a été initié suite à la découverte de réalisations d’Afrique de l’Ouest qui comportent ce système de récupération des eaux de pluie qu’on trouve communément dans l’architecture romaine antique.

A priori, face au besoin de se procurer de l’eau les populations ont dû s’adapter dans les régions où les averses se font rares. Prenant des formes différentes la finalité par contre reste la même.



Figure 21 Maison Joula Séléki (Sénégal), Maison (Burkina Faso), Maison (Chine)

Problème :

La récupération des eaux de pluie représente un enjeu majeur qui n’est pas souvent pris en considération ni intégré dans les bâtiments.

Solution :

L’impluvium est un dispositif ancestral qui permet grâce à un bassin faisant office de réceptacle de récolter les eaux de pluie et la neige provenant de la toiture.

La position du bassin et la pente des toitures sont décisives pour le bon fonctionnement du dispositif. L’impluvium peut être installé en partie centrale d’une cour intérieure ou d’un patio, il peut participer au rafraîchissement des espaces en climat chaud. Il peut aussi trouver sa place dans un espace intérieur et offrir un confort hygrométrique particulier.

Contraintes :

Usage : L’intégration de ce type de dispositif conditionne fortement l’agencement des espaces.

Programme : Ce type de dispositif ne convient pas à tout type de bâtiment.

Cibles positives :

Gestion de l’eau, Confort hygrothermique, Gestion d’énergie, Bâtiment et son environnement immédiat.

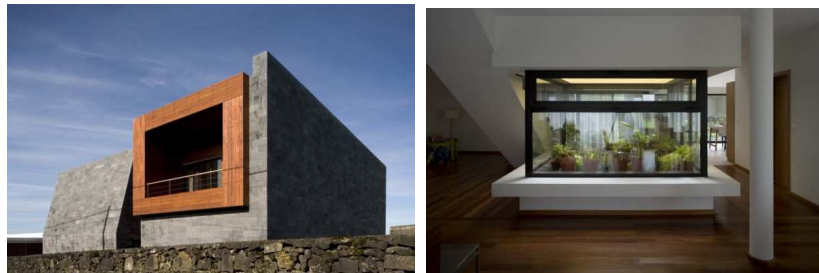


Figure 22 Domus Impluvium (Portugal), 2006, Bernardo Rodrigues

3.2.1.4- EM –MAINTENANCE INTEGREE-

Cet EM repose sur la particularité de certaines architectures vernaculaires qui prévoient l'entretien régulier de leurs structures. C'est en partant de cette notion d'entretien ou de maintenance que nous avons pensé à certaines réalisations aux formes singulières et non fortuites. Le côté pratique des choses est souvent intégré dans l'architecture vernaculaire et devient un élément de composition reconnaissable.



Figure 23 Mosquée (Tambouctou), Maison (Minorque), Habitat Mousgoum (Cameroun)

Problème :

Les installations provisoires nécessaires pour permettre l'entretien des bâtiments sont coûteuses et gênantes.

Solution :

La maintenance intégrée est un principe qui consiste à prévoir des structures et dispositifs permanents présents dans le bâtiment afin de pouvoir accéder aux endroits nécessitant un entretien régulier. Ce type de dispositif peut être apparent et participer à l'architecture du bâtiment.

Contraintes :

Risque : Les dispositifs de maintenance intégrée doivent répondre aux exigences de sécurité des personnes (chutes...)

L'intégration de ces dispositifs doit être prise en compte dès la phase de conception, car ils peuvent perturber l'esthétique du bâtiment ainsi que l'agencement des espaces intérieurs.

Cibles positives :

Choix des composants, chantier vert, maintenance.

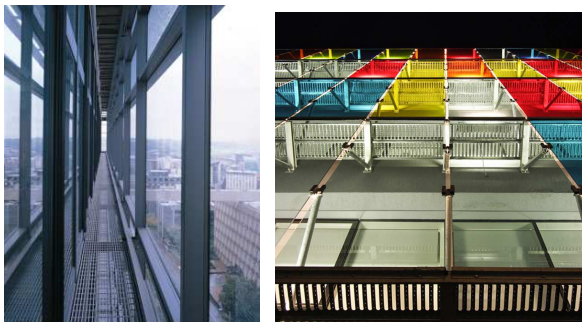


Figure 24 Système de mur rideau en double peau

3.2.1.5- EM –MATERIAUX MANUPORTABLES-

Cet EM fait référence à une particularité commune à toutes les architectures vernaculaires, à savoir l'usage de matériaux locaux et l'autoconstruction.
Cette façon de faire peut paraître très limitée, mais elle constitue l'origine des savoir-faire et de l'ingéniosité dont ont fait preuve ces populations.



Figure 25 Chantiers, Afrique de l'Ouest

Problème :

Dans les chantiers de réalisation, la manutention des différents composants de construction nécessite l'usage d'engins couteux et polluants.

Solution :

L'usage de matériaux manuable est une alternative intéressante qui permet de limiter l'intervention d'engins sources de beaucoup de nuisances. Ils participent ainsi à encourager l'auto-construction et génèrent des chantiers propres.

Contraintes :

Technique : Ce principe n'est pas toujours possible dans des chantiers de grande envergure.

Cibles positives :

Choix des composants, chantier vert, gestion énergie, maintenance.



Figure 26 Chantier école de formation professionnelle (Cambodge) 2011

3.2.2- Éco-Modèles issus d'une recherche par région et/ou climat :

Il faut savoir que nous nous sommes intéressés, pour la majorité des réalisations étudiées, au climat aride. Des déviations se sont parfois produites, et ce de façon pas toujours volontaire.

3.2.2.1- EM -EVENT LUMINEUX-

C'est en consultant le livre « le M'zab une leçon d'architecture » que l'identification du dispositif a été faite. Intégré dans une région du désert Algérien (Ghardaïa), la « chbika »¹³ est une ouverture de taille moyenne en terrasse qui apporte de la lumière et permet la ventilation des espaces de vie. Elle est accompagnée d'une grille stressée qui sert de filtre au rayon du soleil.

Dans cette région, les ouvertures en façade sont déconseillées, on préfère avoir recours à ce dispositif qui évite les surchauffes et permet la ventilation naturelle des espaces.

D'autres régions utilisent le même principe qui prend des formes différentes, mais dont la portée reste inchangée.

Ce système répond certes à des climats chauds, mais permet aussi de se protéger du froid, les yourtes mongoles en sont l'exemple. Réduire au maximum les ouvertures pour éviter les déperditions thermiques a conduit à cette réponse minimaliste qui permet d'offrir un apport suffisant de lumière tout en permettant le renouvellement de l'air.

La première définition proposée était « prise d'air et de lumière zénithale », trop longue elle s'est vite réduite à une appellation plus efficace « événement lumineux ».



Figure 27 Maison (Ghardaia, Algérie), Case (Sénégal), Yourte (Mongolie), Maison (Chine)



Figure 28 Habitation (Syrie)

¹³ Terme en arabe pour désigner l'ouverture en toiture

Problème :

Dans les régions très froides ou très chaudes, les ouvertures en façade provoquent d'importantes déperditions thermiques auxquelles il faut souvent pallier en utilisant plus de chauffage ou plus de climatisation ce qui génère une consommation d'énergie conséquente.

Solution :

L'évent lumineux est une ouverture en toiture de taille moyenne qui permet l'éclairage et la ventilation des espaces, il permet de réduire les ouvertures en façade et ainsi d'amoindrir considérablement les déperditions thermiques.

Contraintes :

Conception : ce dispositif n'est pas toujours compatible à toutes les situations de conception et n'est pas toujours admis.

Cibles positives :

Confort visuel confort olfactif, qualité de l'air, gestion d'énergie



Figure 29 Casa das historia (Portugal), 2009, Souto De Moura/ Jardin d'enfant (Espagne) Magén Arquitectos

3.2.2.2- EM -PAROI FRAICHE-

Dans l'ouvrage « Architecture de lumière », la majorité des réalisations qui y sont répertoriées sont de couleur blanche, cette particularité a constitué le point de départ de notre questionnement. L'usage de matériaux de couleur clair en toiture et en façades est une solution vernaculaire très efficace et d'une grande simplicité pour pallier aux importantes surchauffes qui surgissent dans les régions où le rayonnement solaire est important. L'architecture vernaculaire méditerranéenne en est la principale représentante.



Figure 30 Maisons Trullo (Pouilles, Italie), Village Oia (ile de Santorin, Grèce), Village Olvera, (province Cadix Andalousie, Espagne)

Problème :

Dans les régions chaudes et méditerranéennes les toitures et façades exposées au soleil ont tendance à cumuler de la chaleur et la restituer aux espaces intérieurs générant des surchauffes importantes durant les saisons chaudes. Ceci engendre une utilisation accrue de systèmes de climatisation.

Solution :

Le choix des revêtements extérieurs des bâtiments peut jouer un rôle important dans la diminution des surchauffes d'été, les matériaux et les couleurs s'ils sont bien choisis permettent d'importantes économies d'énergie.

Contraintes :

En région très froide, ce type de parois ne permet pas de profiter du rayonnement solaire pour contribuer au chauffage des bâtiments, ce système est donc intéressant dans les climats chauds et méditerranéens où l'hiver est plus clément.

Cibles positives :

Confort hygrothermique, gestion énergies, choix des composants, bâtiment et son environnement immédiat.



Figure 31 Maison (Leiria, Portugal), Aires Mateus/ Wear-House (Seto, Japon) 2010, AUAU/ Maison pour personnes âgées (Portugal), 2010, Aires Mateus

3.2.2.3- EM –GALERIE EXTERIEURE-

Les arcades sont souvent employées lorsque des bâtiments s'organisent autour ou à proximité d'un espace public. Ce dispositif peut aussi exister dans des maisons individuelles autour d'une cour intérieure ou au niveau d'un porche d'entrée.

Se protéger du soleil ou de la pluie a conduit à une réponse commune à deux types de climat pourtant opposés.

Le terme « arcades » généralement utilisé renvoie à la forme des demi-cercles qu'on rencontre souvent, afin de cibler essentiellement l'abri généré par ces « arcades » et pour éviter de faire l'amalgame nous avons préféré le terme « galerie extérieure », le terme extérieur permet de bien comprendre qu'il ne s'agit pas d'un souterrain.



Figure 32 Place du marché (Ghardaïa, Algérie), Place (Telc, République Tchèque), Place de Monpazier (France)

Problème :

En zone urbaine, le rez-de-chaussée des bâtiments accueille souvent des commerces et services qui se trouvent exposés aux intempéries, au soleil, à la pollution et aux nuisances sonores.

Solution :

La galerie extérieure abrite les trottoirs attenants aux bâtiments des diverses nuisances, elle constitue un masque solaire et protège de la pluie et de la neige. Elle trouve sa place près d'espaces publics majeurs ainsi que dans des habitations individuelles ou groupées autour d'une cour intérieure ou en façade.

Contraintes :

Conception : dans un souci de respect des règlements d'urbanisme, essentiellement en zone urbaine ce dispositif n'est pas toujours admis (alignement de façade, recul...)

Cibles positives :

Confort visuel, confort hygrothermique, confort acoustique, bâtiment et son environnement immédiat.



Figure 33 Eglise (Portalegre, Portugal) 2008, da Graça/ Pavillon Galerie Serpentine (Londres) 2011, Peter Zumthor

3.3- Exemple de génération d'un Eco-Modèle :

Dans cette partie nous allons aborder plus en détail la méthode de génération des EM en prenant un exemple concret.

EM -Paroi poreuse-

1- Identification d'un problème fréquent :

C'est en initiant une recherche par dispositif que nous avons pu dégager cette solution. Le problème posé concernait la ventilation naturelle. Comment étaient assurés la ventilation et le rafraîchissement des espaces dans l'architecture vernaculaire, notamment dans les régions chaudes et/ou humides ?

2- Identification de dispositifs ou solutions existantes :

Une première approche a consisté à consulter l'encyclopédie de l'architecture vernaculaire, celle-ci aborde dans un chapitre la question de ventilation et de rafraîchissement « ventilation and cooling ». Chacun des phénomènes est expliqué puis différentes solutions sont énumérées, chacune étant propre à une région donnée.

Exemples :

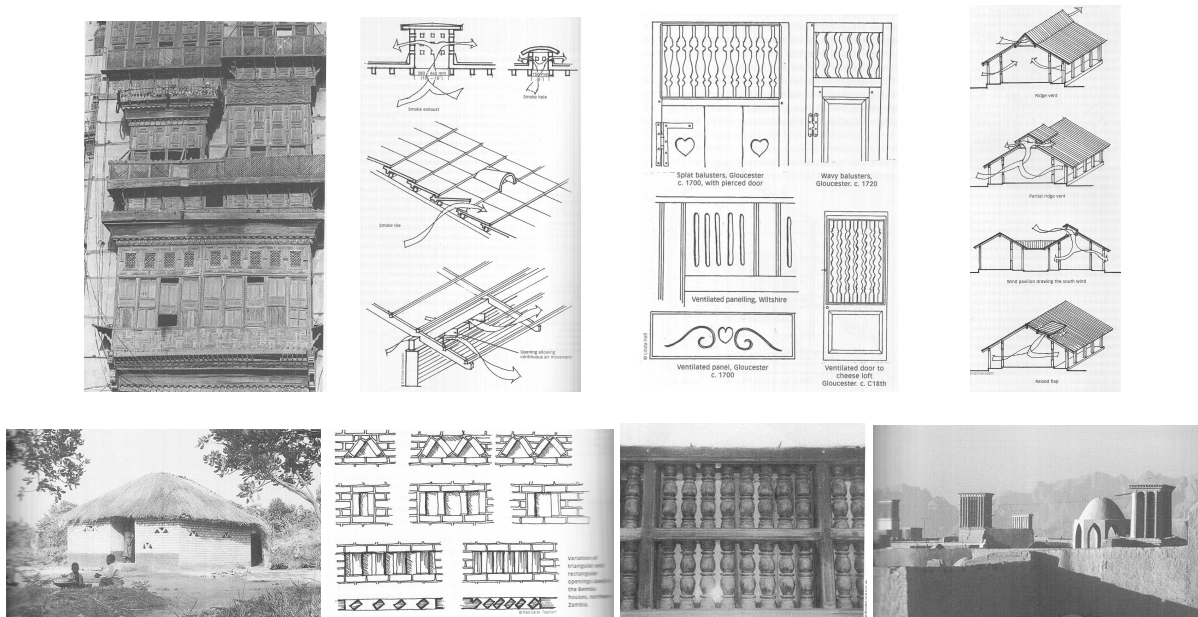


Figure 34 Quelques dispositifs de ventilation naturelle tirés de l'Encyclopédie de l'architecture vernaculaire du monde V1

3- Choix d'un type de solution :

Parmi ces dispositifs nous avons choisi d'explorer plus en détail les murs et parois perforés. Ces derniers sont présents dans des climats chauds et humides, le mouvement d'air provoqué permet la ventilation des espaces. Ce système offre une gamme de formes et matériaux variés : bois sculpté, brique de terre...

4- Filtration multicritères :

- **EM opérationnel** : plusieurs typologies ont pu être identifiées dans des ouvrages qui traitent de ce type de climat, des recherches complémentaires sur internet ont aussi été effectuées. Les exemples choisis sont différents en terme d'expressions architecturales, de matériaux et techniques afin de stimuler la créativité (moucharabieh en bois sculpté, roseau tressé...).

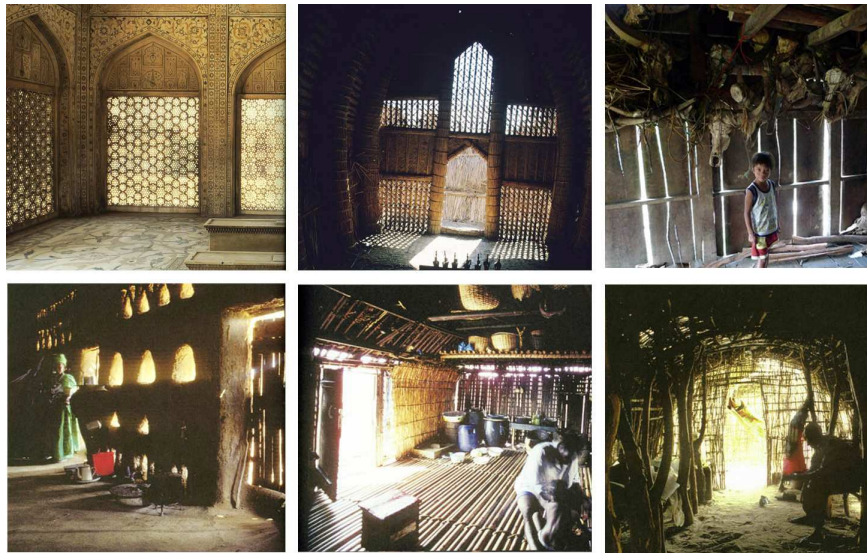


Figure 35 Typologies vernaculaires répertoriées

- **EM générique** : ce système possède diverses possibilités de formalisation et d'application, il ne s'agit donc pas d'une solution figée.
- **EM holistique** : cette solution répond à d'autres problèmes en plus de celui d'assurer la ventilation naturelle des espaces, elle contribue au confort visuel, car elle constitue aussi un filtre contre les rayons du soleil, elle assure aussi un confort hygrométrique en diminuant les effets d'humidité et assure la qualité de l'air ambiant. Elle assure donc plusieurs cibles HQE.
- **EM formalisable** : on peut imaginer illustrer cet EM par différentes images, soit on peut utiliser une image relative à une des réalisations répertoriées, mais cette démarche peut engendrer une lecture trop orientée vers un seul projet, soit on effectue des recherches sur internet pour trouver une image neutre. On utilisera à cet effet plusieurs mots clés qui font référence au dispositif : moucharabieh, claustra...

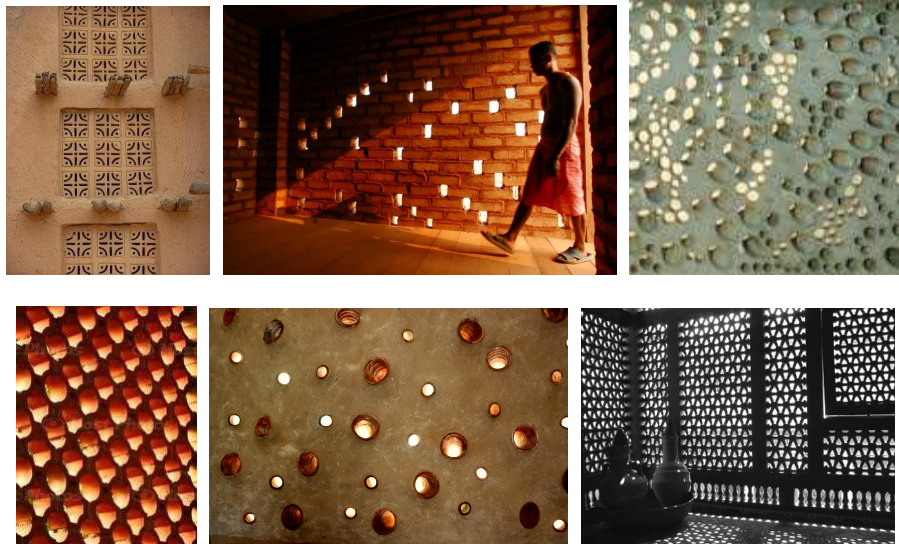


Figure 36 Images potentielles pour la représentation de l'Eco-Modèle

- **EM adapté au niveau d'esquisse** : ce dispositif doit être intégré au projet dès la phase d'esquisse, car il contribue à l'esthétique et à la composition architecturale du projet, il doit aussi être bien positionné selon certaines orientations qui favorisent son bon fonctionnement.

3.4- Analyse de la démarche entreprise:

Suite à la mise en pratique de la démarche proposée, nous avons pu constater ce qui suit :

- Les axes de recherche proposés, à savoir par dispositif, par climat et par région, permettent une recherche plus maîtrisée et efficace dans l'ensemble.
- On remarque que le processus d'identification d'EM potentiel commence dans certains cas par une réalisation singulière qui appartient soit à une région ou à un climat donné. Si celle-ci est porteuse d'une bonne pratique environnementale, elle ouvre un nouveau champ de recherche qui peut parfois aboutir à l'identification d'autres réalisations appartenant à des régions dont le climat est très différent de celui qui a initié le questionnement.

Donc, un même EM peut correspondre à deux contextes différents, voire opposés, cela dit, son rôle principal ne change pas.

Si on prend à titre d'exemple l'EM « Galerie extérieure », ce dernier a été identifié en consultant un ouvrage qui traite de l'architecture d'une région du désert algérien. Après des recherches complémentaires notamment dans l'ouvrage de Rudofsky nous avons identifié d'autres réalisations qui sont porteuses de ce système, et que l'auteur qualifie « d'arcades », ces dernières se trouvent par contre dans des régions aux climats différents du premier, Espagne, Italie, République tchèque...

Ce dispositif d'arcades est donc soit utilisé pour se protéger du soleil, soit pour se protéger contre la pluie et la neige, il peut être alors défini comme abri contre les intempéries.

- Le fait d'avoir accompagné les EM proposés par quelques réalisations contemporaines ne faisait pas partie du protocole et découle d'une initiative personnelle, néanmoins cela nous a permis de remarquer que pour certains EM les exemples étaient nombreux et pour d'autres beaucoup plus rares, voire difficiles à trouver.

Ceci nous a menés à un nouveau questionnement qui concerne la pertinence des EM proposés. Peut-être que ceux qui présentent des réalisations « néo-vernaculaires » sont plus justes, car n'oublions pas que l'intérêt de recourir à l'architecture vernaculaire est de pouvoir s'en inspirer. Si des architectes ont repris des dispositifs vernaculaires, c'est qu'ils ont fait leurs preuves. Ces réalisations contemporaines de ce fait représentent des cas réels de réinterprétations de systèmes ancestraux.

On se posera alors la question d'intégrer un nouveau critère d'évaluation pour la validation des EM d'inspiration vernaculaire.

- Un dilemme s'est posé en ce qui concerne la formalisation des EM d'inspiration vernaculaire. Doit-on utiliser une image qui évoque un procédé vernaculaire ou trouver une expression plus contemporaine pour s'aligner aux travaux précédents ? Doit-on faire une distinction entre les EM extraits d'ouvrages contemporains et les EM extraits de pratiques vernaculaires ?

3.5- Proposition pour la démarche de génération d'EM:

3.5.1- Nouveau critère de validation :

L'une des remarques qu'on avait faites lors de l'analyse de la démarche entreprise est qu'un nouveau critère pourrait servir pour vérifier la pertinence des EM vernaculaires. Il s'agit de vérifier si l'EM concerné trouve sa réinterprétation dans des réalisations contemporaines, si cette condition est assurée ce dernier serait encore plus pertinent.

Les réalisations contemporaines liées à un EM donné serviraient de modèles complémentaires ou d'illustration aux possibilités de réinterprétations existantes.

N'oublions pas que l'objet d'introduire l'architecture vernaculaire dans notre recherche est d'offrir l'opportunité de la réinterpréter dans les pratiques d'éco-conception actuelles.

Un EM qui ne comporte pas ou peu de réalisations contemporaines sera donc moins pertinent mais toujours valide. Un EM qui comporte uniquement des réalisations vernaculaires reste tout de même intéressant à étudier et peut engendrer de nouveaux questionnements, on n'exclura pas ce type d'EM, on leur apportera des mises à jour si nécessaire.

Néanmoins, il faut rester attentif quant aux bâtiments contemporains qui reprennent des systèmes vernaculaires, car ils peuvent parfois être le résultat d'un simple pastiche et ne comporter aucune valeur environnementale.

Pour mieux comprendre l'application de ce critère, nous allons prendre deux cas pratiques d'EM, le premier « pertinent », le second moins.

- 1- **EM paroi poreuse** : pour ce dernier nous avons pu trouver plusieurs réalisations contemporaines très intéressantes qui s'adaptent au climat tropical grâce à des systèmes très simples. La recherche a été faite sur des sites ou blogs consacrés au développement durable.

Vocational school

Sra pou, Cambodge 2011

Ecole de formation professionnelle

Architectes : Rudanko+Kankkunen

Usage de mur en terre avec des percements et des parois légères poreuses qui peuvent s'ouvrir complètement selon les besoins.





Butterfly Houses
Noh Bo, Tak, Thaïlande 2009

Maisons papillons

Architecte : TYIN Tegnestue

Usage de parois végétales composées de Bambou et posées sur une ossature en bois.



Bamboo house
Costa Rica, 2009

Architecte: Benjamin Garcia Saxe

Toutes les parois de cette maison, y compris le toit sont composés de bambou découpé en petite section et assemblé de façon à laisser passer l'air et diffuser la lumière, les parois sont agrémentées de moustiquaire.





2- EM maintenance intégrée :

Pour cet EM il a été plus difficile de trouver des réalisations contemporaines, les seules qui prenaient en compte la maintenance des bâtiments sont ceux qui contiennent des murs rideau ou double-peaux. De petites coursives sont prévues au sein même de la structure des murs rideau pour assurer l'accès du côté intérieur.

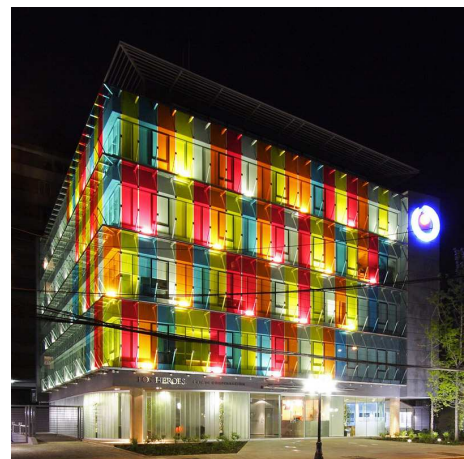
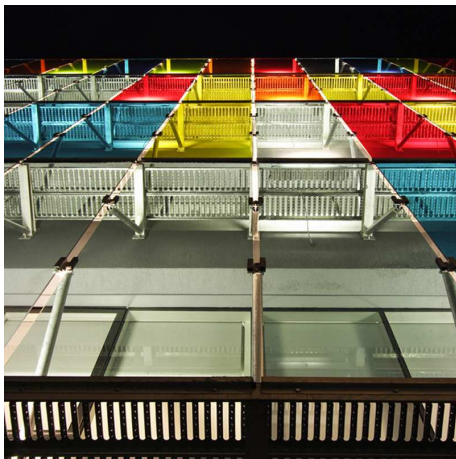


Figure 37 Dispositif d'accès pour entretien du mur rideau

Nous avons aussi pensé au système de nacelle dans les immeubles de grande hauteur pour nettoyer le vitrage de l'extérieure. Aussi de nouvelles technologies permettent d'obtenir des matériaux autonettoyants qui ne nécessitent pas d'entretien régulier.



Figure 38 Nacelle pour entretien des façades

Même en ce qui concerne les réalisations vernaculaires, dans les exemples répertoriés il s'agit surtout de systèmes qui permettent l'accès à des endroits difficile à atteindre, et ce sans recourir à une échelle ou à un échafaudage. Peut-être que c'est la définition de l'EM qu'il faut revoir, au lieu de parler de maintenance intégrée on devrait plutôt parler de dispositifs d'accès intégré ?

Cette remise en question a été initiée de façon implicite grâce à la recherche d'éventuelles réalisations contemporaines qui correspondent à l'EM proposé. Ceci conforte notre proposition pour valider des EM vernaculaires en introduisant ce nouveau critère qui finalement peut être décisif dans certains cas.

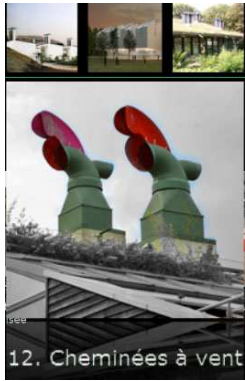
3.6- Impact sur les EM d'origine contemporaine :

Dans un souci de cohérence de la démarche entreprise, on peut se poser une nouvelle question qui cette fois-ci propose d'expérimenter le cheminement inverse, c'est-à-dire étudier les EM d'inspiration contemporaine déjà répertoriés et voir si des réalisations vernaculaires leur correspondent. On ne remettra pas en question la validité de ces l'EM, par contre, on évaluera les définitions qu'on leur aura attribuées. Le recours à l'étude de réalisations vernaculaires permettra une mise à jour des définitions existantes dans l'outil.

Nous avons pu constater que pour une grande majorité des EM validés précédemment, il existe une correspondance avec des solutions vernaculaires. L'impact des réalisations vernaculaires sur les EM valides sera minime, on ne peut pas envisager la remise en question totale d'un EM ayant subi auparavant les différentes phases de validation conventionnelle.

Aussi, on exclura l'hypothèse émise précédemment de faire une distinction entre EM d'origine vernaculaire et les EM d'origine contemporaine. La différence se fera au niveau des réalisations choisies pour représenter un EM donné. Cette décision découle de la nécessité de répondre à la condition de validation des EM qui précise qu'un EM doit être « générique » donc ne pas avoir de connotation particulière (contemporain/vernaculaire).

Parmi ces EM on peut citer :



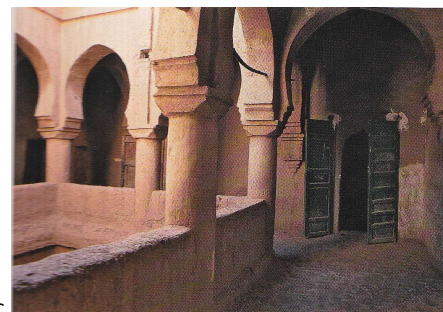
Bagdir Iran



Monastère Bouddhiste, Himalaya



Maison Islande



Maison Maroc

Figure 39 Correspondance de quelques Eco-Modèles avec des réalisations vernaculaires

3.7- Conclusion :

À l'issu des diverses expérimentations et recherches que nous avons effectuées, de nouvelles hypothèses sont apparues concernant la démarche entreprise, on notera les observations et propositions suivantes:

3.7.1- Facteurs clés d'identification d'un EM :

On constate que pour l'identification d'un EM on a toujours besoin d'un élément déclencheur qui mène à une solution donnée, le chemin qu'on entreprend par la suite pour sa validation importe peu. On peut commencer ses recherches dans le domaine de l'architecture vernaculaire puis s'orienter, une fois l'hypothèse définie, vers des réponses contemporaines.

La démarche qui inclus un champ de recherche spécifique (architecture contemporaine ou architecture vernaculaire) aurait pour but d'instaurer une méthodologie qui canalise et oriente le processus de recherche et constitue une sorte de canevas qui nous aide à éviter de tomber dans une démarche aléatoire, voire intuitive. Le résultat par contre sera le même, on aboutira à des EM sans connotation vernaculaire ni contemporaine.

3.7.2- Étapes d'identification des EM :

La démarche que nous avons proposée au départ donne la possibilité d'entamer les recherches selon trois grands axes : par climat, par région et par dispositif. La recherche par dispositif peut aussi convenir lorsqu'on s'intéresse au champ de l'architecture contemporaine, cette méthode pourrait alors constituer une alternative à la première.

La première phase d'étude de bâtiments reconnus se fera dans un second temps en vue de valider l'hypothèse émise.

Cela n'exclut pas le fait d'amorcer la réflexion par une cible HQE à atteindre par exemple, en se posant la question : comment faire pour satisfaire telle condition ?

3.7.3- Nouveau critère d'évaluation :

L'application de la démarche conventionnelle de génération d'EM dans le cadre de l'architecture vernaculaire nous a permis de définir un nouveau critère susceptible de renforcer et d'appuyer la pertinence d'une solution environnementale.

Un EM pertinent est sensé être générique, une réponse vernaculaire doit pouvoir se concrétiser et s'appliquer dans plusieurs contextes géographiques et temporels. Ce critère ne remettra pas pour autant en cause un EM qui ne trouve pas de réalisations contemporaines.

Les bâtiments contemporains suggèrent des solutions adaptées au contexte actuel de conception.

Ce critère s'appliquera uniquement aux EM d'inspiration ou d'origine vernaculaire. Les EM d'origine contemporaine n'ont pas nécessairement besoin de réalisations vernaculaires pour

être validés. Les éventuelles réalisations vernaculaires répertoriées serviront à compléter la définition de ces derniers.

3.7.4- Formalisation des EM

On veillera à ce que la formalisation des EM n'ait pas de connotation particulière, elle doit être la plus neutre possible en suggérant une solution ou un dispositif, mais en aucun cas indiquer s'il s'agit d'un EM d'inspiration vernaculaire ou d'inspiration contemporaine.

3.8- Propositions pour l'outil EcoMod:

3.8.1- Présentation de l'outil et de ses fonctionnalités :

En vue de favoriser au mieux l'usage de l'outil proposé, il serait intéressant en premier lieu de prendre connaissance des fonctionnalités qui y sont offertes. Ainsi une personne qui ne connaît rien de l'outil peut grâce à sa présentation l'appréhender sans difficulté. Cette proposition a été récemment intégrée dans l'outil.



Figure 40 Page d'accueil proposée pour l'outil et page d'accueil appliquée à l'outil



Figure 41 Fenêtre d'information et de présentation de l'outil

3.8.2- Adaptations du contexte physique :

Nous rappelons que le contexte physique d'un bâtiment a été défini dans les travaux précédents par plusieurs critères : l'usage du bâtiment, la nature de l'opération, le milieu urbain et le climat. Cela dit, ces critères sont plus adaptés à des réalisations contemporaines et ne prennent pas vraiment en charge l'intégration de réalisations vernaculaire dans l'outil.

<i>Catégorie d'usage</i>	<i>Contenus</i>
Logement individuel	Habitat destiné à un seul ménage
Logement collectif	Habitats regroupés, Bâtiments résidentiels destinés à plusieurs ménages, etc.
Bâtiment commercial	Magasin, Marché, Boutique, Centre commercial, etc.
Bâtiment industriel et agricole	Usines, Ateliers, Bâtiments d'élevage, Stocks industriels et agricoles, etc.
Bâtiment culturel et de loisir	Cinémas, Théâtres, Centres d'activités culturelles, Complexes sportifs, Musées, etc.
Bâtiment de transport	Parkings, Gares, Aéroports, etc.
Autres	Usages flexibles ou exceptionnels

Figure 42 Nomenclature d'usages de bâtiments [Gholipour, 2011]

- Les catégories d'usage renvoient à des situations contemporaines. Même si la catégorie « autre » permet d'inclure d'autres types d'usage il serait quand même nécessaire d'actualiser ces données et intégrer des réalisations vernaculaires dans l'outil.

L'architecture vernaculaire comprend essentiellement l'usage d'habitation, on peut suggérer d'ajouter en plus des catégories « logement individuel » et « logement collectif » la catégorie « groupement d'habitation » ou « habitations vernaculaire ». Cette nouvelle catégorie permettrait à l'utilisateur de cibler directement la typologie d'usage qui l'intéresse et avoir ainsi un accès direct aux réalisations qui y sont attenantes. Une autre possibilité consisterait à modifier les appellations existantes liées à l'usage d'habitation, les catégories « logement collectif » et « logement individuel » se transformeraient en « habitat individuel » et « habitat collectif » ce qui devrait permettre d'inclure les habitations vernaculaires sans avoir à rajouter une nouvelle catégorie.

- Le critère qui s'intéresse à la nature de l'opération pourrait aussi être actualisé et inclure une nouvelle catégorie « bâtiment vernaculaire ».

Catégorie de nature d'opération Contenus

Bâtiment neuf	Concevoir dans un terrain vide, Remplacement total, etc.
Réhabilitation	Réaménagement intérieur, Transformation, Optimisation thermique, acoustique, etc.
Extension	Prolongation de façade, ajout d'un étage, ajout d'un bâtiment annexe, etc.
Autres	Opérations exceptionnelles

Figure 43 Nomenclature des natures d'opération de bâtiments [Gholipour, 2011]

- Le critère lié au milieu dans lequel s'intègre le bâtiment devrait subir le même sort, car il intègre uniquement des milieux urbains or, l'architecture vernaculaire n'est pas toujours urbaine.
- Le critère climat ne nécessite pas de modifications, il convient à tout type d'architecture.

Catégorie de milieu	Caractère	Contenus
Urbain dense	- Une D_b proche de 2 - Une densité (immeubles/hectare) entre 100-150 - Des infrastructures de transport public très fréquentes	Centre historique ancien, Centre-ville de la reconstruction, etc.
Urbain peu dense	- Une D_b proche de 1 - Une densité (immeubles/hectare) entre 30- 100 - Des infrastructures de transport public peu fréquentes	Habitats groupés anciens, Grands ensembles, Banlieues, Périphéries, cités, etc.
Pavillonnaire	- Une D_b en dessous de 1 - Une densité (immeubles/hectare) entre 20-30 - Des infrastructures de transport public limitées	Pavillonnaire récent en opération groupée, Habitat individuel en lotissement, etc.
Village	- Une D_b entre 1 et 2 - Une densité immeubles/hectare entre 5-20 - Rareté des infrastructures de transport public	Cœur de village, Centre historique de village, etc.
Isolé	- Une D_b proche de 0 - Une densité (immeubles/hectare) entre 1-5 - Des infrastructures de transport public inexistantes	Milieu agricole, rural, Campagne, etc.
Autres	Non-défini	Milieus exceptionnels

Figure 44 Nomenclature des milieux urbains de bâtiments [Gholipour, 2011]

En conclusion, on peut dire que l'objectif de remanier les différents critères liés au contexte physique des bâtiments dans l'outil est essentiellement d'intégrer et de prendre en compte les caractéristiques de l'architecture vernaculaire. Cette manipulation permettrait alors aux utilisateurs d'orienter leurs recherches de façon directe vers des réalisations vernaculaires. C'est au sein du critère lié à la nature du bâtiment qu'il serait le plus intéressant d'intégrer le nouveau critère « bâtiment vernaculaire », les autres critères ont moins d'impact sur l'orientation de la recherche.



Figure 45 Intégration du critère « vernaculaire » dans l'outil

4- Conclusion et perspectives

Le travail de recherche que nous avons entrepris avait pour principal objectif d'introduire un nouvel axe de réflexion. Il s'agissait d'étudier et d'expérimenter les potentialités de l'architecture vernaculaire dans la création de nouveaux Eco-Modèles et dans l'aide à la conception environnementale des bâtiments

La démarche consistait dans un premier temps à appliquer la méthode conventionnelle pour l'identification et la génération d'Eco-Modèles, il a tout de même été nécessaire de définir une approche pour nous aider à appréhender le domaine de l'architecture vernaculaire.

Ce processus nous a permis de dégager quelques propositions d'EM à partir de l'étude de dispositifs existants ou de réalisations spécifiques et surtout d'évaluer la compatibilité de la méthode avec le champ d'étude. C'est ainsi que des propositions d'ajustements pour la méthode ont été faites, notamment avec l'introduction d'un critère supplémentaire de validation qui serait propre au champ de l'architecture vernaculaire. Bien entendu, il ne s'agit pas de grands bouleversements ni de remises en question conséquentes, mais de petites nuances qui permettent d'élargir le champ de recherche conventionnel.

Nous avons pu confirmer, à travers cette recherche, l'intérêt et la pertinence des réponses vernaculaires. En effet, celles-ci ne manquent pas d'ingéniosité et peuvent trouver, pour la majorité d'entre elles, leurs réinterprétations dans le contexte actuel.

Cela dit, pour évaluer de façon significative l'utilité de l'architecture vernaculaire dans l'aide à l'éco-conception architecturale, il faudrait envisager des tests complémentaires. Pour ce faire, on pourrait se baser sur les travaux de recherche précédents qui ont permis de mener des expérimentations pour l'évaluation de l'outil EcoMod. L'expérience s'est déroulée dans un cadre pédagogique, des étudiants (master AME) devaient concevoir un projet à caractère environnemental. Une évaluation des projets a été faite avant et après que les étudiants aient recours à l'outil d'aide à la conception.

Dans notre situation, il s'agirait plutôt d'évaluer l'impact des EM d'origine vernaculaire sur la conception des étudiants. On pourrait par exemple leur soumettre les deux grandes familles d'EM (d'inspiration vernaculaire et d'inspiration contemporaine) et voir vers quel type ils ont plus de facilité à s'orienter et à se projeter. Un second test donnerait une idée sur la pertinence des réponses et réinterprétations que peuvent produire les étudiants en puisant uniquement dans des EM d'origine vernaculaire.

Avant de pouvoir lancer ces tests, il est nécessaire de valider les EM proposés (de sources vernaculaires) dans le cadre de cette recherche, puis éventuellement d'en générer d'autres afin de les intégrer dans la base de données de l'outil pour que ce dernier puisse être opérationnel. Ceci peut constituer un sujet de stage à part entière.

L'introduction de l'architecture vernaculaire comme nouveau champ de recherche nous a permis de nous questionner sur la méthodologie à entreprendre pour la définition de nouveaux patrons de conception. Ainsi sur la base de la démarche que nous avons proposée et qui consiste à faire des recherches par dispositif, par climat ou par région, on pourrait imaginer d'entreprendre des recherches plus spécifiques. Un travail de recherche pourrait par exemple se consacrer à une seule région, ou à un seul type de matériau pour en explorer toutes les possibilités existantes. Cette démarche systématique assurerait plus de rigueur et d'efficacité à la méthodologie de recherche. Une rigueur nécessaire afin de ne pas s'égarer dans le champ très vaste de l'architecture vernaculaire.

Table des figures :

Figure 1 Grille de lecture des cibles environnementales (Source : http://www.assohqe.org).....	9
Figure 2 Piliers du développement durable	11
Figure 3 Proposition de représentation de la trilogie de l'architecture vernaculaire.....	11
Figure 4 Exemple d'un Pattern [Quillien 2007]	13
Figure 5 Modélisation des ÉcoModèles [Redon, 2010].....	15
Figure 6 Interface de l'outil EcoMod, exemple d'un EcoModèle (Safari http://www.crai.archi.fr/eco.mod/eco.mod/N1Accueil.html)	15
Figure 7 Exemple d'un dispositif répertorié pour la ventilation et le rafraîchissement : « cour intérieure »	18
Figure 8 Exemple d'un dispositif [Rudofsky, 1964]	19
Figure 9 Interface du site internet de l'EPFL (Source : http://learning-from-vernacular.epfl.ch/).....	21
Figure 10 Exemple de maquette : Concession Kusasi di Bako Youga Burkina Faso(Source : http://learning-from-vernacular.epfl.ch/)	22
Figure 11 Travaux d'étudiants au musée St Fagan [Forster, 2006].....	23
Figure 12 Schématisation des trois voies de conception possible	24
Figure 13 Critères de filtration [Gholipour, 2011].....	26
Figure 14 Condition de validation d'un EcoModèle dans le champ de l'architecture contemporaine	29
Figure 15 Condition de validation d'un EcoModèle dans le champ de l'architecture vernaculaire	29
Figure 16 Maison en roseau (Irak), Maison Peul (Sénégal).....	31
Figure 17 Habitations lacustre (Bénin), Moucharabieh (Tunisie).....	31
Figure 18 Réalisations contemporaines : Bamboo house (Costa Rica), 2009, Benjamin Garcia Saxe / Butterfly Houses (Thaïlande) 2009, TYIN Tegnestue/ Vocational school (Cambodge), 2011, Rudanko+Kankkunen.....	32
Figure 19 Maison en roseaux (Sardaigne, Italie), Maison (Japon septentrional), Habitation en chaume (Kenya).....	33
Figure 20 Réalisations contemporaines : Maison individuelle (Zoetermeer, Pays Bas), Arjen Reas/ Bamboo dome (Vietnam), Trong Nghia	34
Figure 21 Maison Joula Séléki (Sénégal), Maison (Burkina Faso), Maison (Chine)	35
Figure 22 Domus Impluvium (Portugal), 2006, Bernardo Rodrigues	35
Figure 23 Mosquée (Tambouctou), Maison (Minorque), Habitat Mousgoum (Cameroun)	36
Figure 24 Système de mur rideau en double peau	36

Figure 25 Chantiers Afrique de l'Ouest	37
Figure 26 Chantier école de formation professionnelle(Cambodge) 2011.....	37
Figure 27 Maison (Ghardaia, Algerie), Case (Sénégal), Yourte (Mongolie), Maison (Chine)	38
Figure 28 Habitation (Syrie).....	38
Figure 29 Casa das historia (Portugal), 2009, Souto De Moura/ Jardin d'enfant (Espagne) Magén Arquitectos	39
Figure 30 Maisons Trullo (Pouilles, Italie), Village Oia (ile de Santorin, Grèce), Village Olvera, (province Cadix Andalousie, Espagne)	40
Figure 31 Maison (Leiria, Portugal), Aires Mateus/ Wear-House (Seto, Japon) 2010, AUAU/ Maison pour personnes âgées (Portugal), 2010, Aires Mateus	40
Figure 32 Place du marché (Ghardaia, Algerie), Place (Telc, République Tchèque), Place de Monpazier (France).....	41
Figure 33 Eglise (Portalegre, Portugal) 2008, da Graça/ Pavillon Galerie Serpentine (Londres) 2011, Peter Zumthor	41
Figure 34 Quelques dispositifs de ventilation naturelle tirés de l'Encyclopédie de l'architecture vernaculaire du monde V1	42
Figure 35 Typologies vernaculaire répertoriées.....	43
Figure 36 Images potentielles pour la représentation de l'EcoModèle	44
Figure 37 Dispositif d'accès pour entretien du mur rideau	48
Figure 38 Nacelle pour entretien des façades.....	48
Figure 39 Correspondance de quelques Eco-Modèles avec des réalisations vernaculaires	50
Figure 40 Page d'accueil proposée pour l'outil et page d'accueil appliquée à l'outil.....	53
Figure 41 Fenêtre d'information et de présentation de l'outil	53
Figure 42 Nomenclature d'usages de bâtiments [Gholipour, 2011]	54
Figure 43 Nomenclature des natures d'opération de bâtiments [Gholipour, 2011]	55
Figure 44 Nomenclature des milieux urbains de bâtiments [Gholipour, 2011].....	55
Figure 45 Intégration du critère « vernaculaire » dans l'outil.....	56

Ressources bibliographiques :

[Oliver et al, 1997] Oliver P -Encyclopedia of vernacular architecture of the world volume 1 : theories and principles - : University Press, 1997.-883p

[Oliver et al, 1997] Oliver P -Encyclopedia of vernacular architecture of the world volume 2 : cultures and habitats- : University Press, 1997.-780p

[Oliver et al, 1997] Oliver P -Encyclopedia of vernacular architecture of the world volume 3 : cultures and habitats - : University Press, 1997.-767p

[Frey, 2010] Frey P –Learning from vernacular, Pour une nouvelle architecture vernaculaire- Arles : Actes Sud , 2010 .173 p

[Rudofsky, 1977] Rudofsky B - Architecture sans architectes: brève introduction à l'architecture spontanée.- Paris: Chêne, 1977.

[Rudofsky, 1979] Rudofsky B - Architecture insolite- Paris : Tallandier , 1979, 383 p.

[Alexander, 1971] Alexander C -De la synthèse de la forme, essai- Paris:Dunod, collection aspect de l'urbanisme, 1971

[Alexander et al, 1977] Alexander C -A Pattern language : towns, buildings, construction - Oxford University Press , 1977, 1 vol

[Laffon, 2004] Laffon M, Laffon M - Habitat du monde-Paris : La Marinière , 2004.- 199p

[Bourdier, Minh-ha, 2005] Bourdier JP, Minh-ha T.- Habiter un monde : architectures de l'Afrique de l'ouest- Paris : Editions. Alternatives , 2005.- 191 p

[Ravereau et al, 1981] Ravereau A, Roche M, Fathy H - Le M'Zab, une leçon d'architecture - Paris : Sindbad , 1981, 282p

[Guindani, Doepper, 1990] Guindani S, Doepper U - Architecture vernaculaire: territoire, habitat et activités productives- Lausanne:Presses polytechniques et universitaires romandes,1990.-VII-218 p

[Le Quellec et al, 2006] Le Quellec JL, Tréal C, Ruiz J-M - Maisons du Sahara : habiter le désert- Paris : Hazan , 2006.- 197p

[Bresson,1976] Bresson J-M -L'Architecture de lumière- Paris : Serg , 1976,188 p

Travaux de recherche et articles :

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

[Forster et al, 2006] Forster.W, Paradise.C, Heal.A , Welsh School of Architecture, Cardiff University, Cardiff, Wales - The Vernacular as a Model for Sustainable Design- PLEA2006, 6-8 Septembre 2006.

[Bignon et al, 2009] Bignon J-C, Gholipour V, et MOREL-GUIMLARES, 2009 Les éco-modèles : Une méthode d'aide à l'Eco-conception de bâtiments durables, Colloque CONFERE'09, Marrakech, Juillet 2 et 3

[Redon, 2010] Redon A. Qualité Environnementale des Bâtiments- Modélisation et visualisation de "Patterns" pour assister la conception- Mémoire de Master Design Global, Spécialité "Architecture, Modélisation, Ecnvironnement", Institut Nationale Polytechnique de Lorraine, Nancy, France, 2010

[Gholipour, 2011] Gholipour V. - Eco-conception collaborative de bâtiments durable- Thèse en Génie des Systèmes industriels, Institut Nationale Polytechnique de Lorraine, Nancy, France, 2011.

Webographie :

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

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

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

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

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

<http://www.international.icomos.org/publications/vernacular.htm>

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

<http://learning-from-vernacular.epfl.ch/>

<http://www.anna-heringer.com/>

<http://inhabitat.com/architecture/>

<http://www.dezeen.com/architecture/>

Annexes :

Annexe1 - Les cibles HQE® et leurs définitions par (Redon, 2010)

Annexe 2- Nomenclature des climats de région de bâtiments (Gholipour, 2011)

Annexe 3 - Les contraintes identifiées pour la mise en œuvre des éco-modèles (Gholipour, 2011)

Annexe 4 - Nomenclature des impacts environnementaux par rapport aux cibles HQE® (Gholipour,2011)

Annexe 5 - Relations entre les éco-modèles (Gholipour, 2011)

Annexe1 - Les cibles HQE[®] et leurs définitions par (Redon, 2010)

<i>Cible</i>	<i>Définition</i>
<i>Cible 1 : Bâtiment et son environnement immédiat</i>	L'objectif est d'établir un compromis harmonieux entre le bâtiment, son voisinage immédiat, 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.
<i>Cible 2 : Choix intégré des composants</i>	La pertinence dans le choix des produits, systèmes et procédés de construction permet d'offrir une adaptabilité et une pérennité au bâtiment, 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), durabilité, santé, etc.
<i>Cible 3 : Chantier vert</i>	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 de gérer la gestion des déchets de chantier, en les limitant et en les valorisant au mieux en adéquation avec les filières locales existantes.
<i>Cible 4 : Gestion d'énergie</i>	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.
<i>Cible 5 : Gestion de l'eau</i>	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.
<i>Cible 6 : Gestion des déchets</i>	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.
<i>Cible 7 : Maintenance et pérennité</i>	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 des ambiances intérieures satisfaisantes sont essentielles afin d'éviter le développement d'humidité et de micro-organismes, notamment dans des pièces sensibles telles que les cuisines et les salles d'eau, ou dans des lieux d'activités particulières. D'autre 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, ventilations, 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.

Annexe 2- Nomenclature des climats de région de bâtiments (Gholipour, 2011)

Catégorie du climat	Définition	Contenus
Tropical	<p>Entre les latitudes 15°N et 15°S.</p> <p>Tropicaux humides: une faible variation saisonnière avec une température entre 21 et 32 °C, une humidité relative autour de 75 % et un ensoleillement important.</p> <p>Tropicaux secs : une évaporation supérieure aux précipitations. Une longue saison chaude et sèche et une courte saison chaude et humide.</p>	<p>Tropicaux secs et humides, Forêt humide, Mousson, Savane, etc.</p>
Sec	<p>Entre les latitudes 15° et 30° N et S.</p> <p>Une saison chaude et une saison froide. La température entre 10 et 49 °C. Un différentiel important de température entre le jour et la nuit. L'humidité de 10 à 55 % et l'ensoleillement intense. Les vents sont chauds et porteurs de sable. Les précipitations sont faibles.</p>	<p>Aride, Semi aride, Steppe, Désertique, etc.</p>
Tempéré	<p>Entre les parallèles 30° et 50° N et S</p> <p>Une saison froide (hiver) et une saison chaude (été). Les hivers et les étés sont doux et le rayonnement solaire limité.</p>	<p>Subtropical humide, Méditerranéen, Maritime, Océanique, etc.</p>
Continental	<p>Régions éloignées du littoral au N et les pays hauts du S</p> <p>Une variation importante de température annuelle due au manque de surface d'eau importante à proximité. L'hiver froid et neigeux. Une précipitation modérée en été (sauf dans les continentaux humides).</p>	<p>Humide continental, Subarctique, etc.</p>
Montagnard	<p>Diverses régions de montagne N et S</p> <p>Des hivers froids et des étés frais et humides. Les rythmes thermiques et pluviométriques proches des climats en voisinage, mais les températures sont plus faibles.</p>	<p>Hauteur, Glacial temporaire, etc.</p>
Autres	<p>Non-défini</p>	<p>Polaire, Glacial permanent, Exceptionnelles.</p>

Annexe 3 - Les contraintes identifiées pour la mise en œuvre des éco-modèles (Gholipour, 2011)

<i>Contrainte</i>	<i>Contenus</i>	<i>Contrainte</i>	<i>Contenus</i>
Économique	Conception, réalisation	Usage	Aménagements intérieurs
Technique	Fabrication, Mise en œuvre	Accessibilité	Aménagements pour les personnes à mobilité réduite
Maintenance	Pérennité : vérification, réglage, contrôle	Implantation	Position sur le terrain et relation avec l'environnement proche
Risque	Sécurité des personnes, santé, incendie	Site	Géo-localisation, climat, topographie
Visuelle	Visibilité, luminosité	Programme	Taille de bâtiments, type d'édifice
Acoustique	Bruits ambiants, bruits externes, bruit de fonctionnement	Esthétique	Volumétrie, composition, façades, couleurs, textures
Hygro-thermique	Comportement thermique, isolation, ventilation, inertie	Autres	Contraintes non-définies

Annexe 4 - Nomenclature des impacts environnementaux par rapport aux cibles HQE® (Gholipour, 2011)

***Impact Définition
environnemental***

Impact positif le problème qu'un éco-modèle traite est semblable à l'objectif défini pour une cible et vice versa.

Impact négatif les contraintes d'un éco-modèle sont semblables à l'objectif défini pour une cible HQE® et vice versa.

Impact neutre la relation avec une cible HQE® n'a ni les conditions de l'impact positif ni les conditions de l'impact négatif.

Annexe 5 - Relations entre les éco-modèles (Gholipour, 2011)

<i>Relation</i>	<i>Définition</i>	<i>Exemple des éco-modèles</i>
<i>Équivalence</i>	éco-modèles satisfaisant de manière proche à un même ensemble de problèmes et pouvant être envisagés en substitution l'un de l'autre	<u><i>Atrium</i></u> et <u><i>Patio</i></u>
<i>Combinaison</i>	éco-modèles pouvant être associés pour mieux répondre à un maximum de problèmes par diminution des contraintes	<u><i>Bâtiment-Paysage</i></u> et <u><i>Lumière du toit</i></u>
<i>Contradiction</i>	éco-modèles incompatibles entre eux compte tenu des solutions agissant simultanément sur un même objet de conception	<u><i>Double toit</i></u> et <u><i>Toit végétalisé</i></u>