

Outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques

Auteur : Stylianidis, Eleftherios

Promoteur(s) : Attia, Shady; Elsen, Catherine

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/4644>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Annexes

Annexe n°1 : Labels pour matériaux

Dans cette section il sera question de présenter succinctement les labels concernant les matériaux dont il a été question dans l'état de l'art. Trois seront détaillés : L'Écolabel Européen, le Naturplus et le Der Blaue Engel. Notons que les sources sont les sites internet des labels concernés.

I. Ecolabel Européen

L'Écolabel Européen est un label dit « multicritères » pour une série de matériaux. Une de ses spécificités est de tenir compte de cycle de vie complet du produit étudié, allant du prélèvement des matières premières jusqu'à ce qu'il soit jeté. Les produits répondant à ce label sont récompensés.

Il existe de nombreux groupes de critères en fonction de l'impact environnemental de chacun de ses groupes et du moment où leur impact est le plus important. Le site de l'Écolabel EU prend comme exemple le détergent pour vaisselle à la main et l'imprimante. Le premier impacte l'environnement majoritairement lorsqu'il rentre en contact avec l'eau, le second a un impact important concernant la consommation de papier et l'utilisation d'énergie.

La procédure est très stricte. En effet, chacun des critères a eu droit à une étude rigoureuse et une étroite collaboration avec des ONG environnementales, des associations de consommateurs, des unions professionnelles, des PME et autres intermédiaires. De nombreux types de produits sont concernés, concernant la construction on peut citer les matériaux de type bois, Liège et Bambou pour les couvertures, des recouvrements en durs. Les pompes à chaleurs et les chauffages à l'eau sont également dans la liste des produits susceptibles d'être des produits bénéficiant de l'Écolabel.

Il existe plusieurs critères différents dans ce label spécifique aux matériaux (bois, liège, bambou) :

- 1) Description du matériau
- 2) Bois, liège et bambou
- 3) Besoins généraux pour des substances et mixtures hasardeuses
- 4) Besoins spécifiques au niveau des substances
- 5) Consommation d'énergie dans le processus
- 6) Émissions de COV (composants organiques volatiles) pour les recouvrements de sol
- 7) Émissions de formaldéhyde du recouvrement de sol et des panneaux de bois
- 8) Aptitude à l'usage
- 9) Réparation et extension de garantie
- 10) Information au consommateur
- 11) Information apparaissant dans l'Écolabel EU

Des informations supplémentaires sont disponibles sur <https://www.ecolabel.be/fr>

II. Naturplus

Ce label allemand concerne les matériaux de construction écologiques. Il est attribué à tout type de produit qui se veut respectueux de l'environnement. Naturplus prend de plus compte des critères de santé des usagers. Il existe différentes gammes de produits pour lesquels ce label est d'application (naturplus.uk) :

- Le bois
- Les tapis et moquettes
- Les peintures
- L'isolation
- Matériaux de toitures
- Mortiers et plâtres
- Adhésifs
- Éléments de maçonneries (blocs béton, briques)

Chaque type de matériaux concernés sont évalués au moyen de critères spécifiques, mais la base des critères est la même. En effet, la philosophie du label Naturplus se base sur trois points essentiels :

- La production propre et efficace

La fabrication des divers produits dans le domaine de la construction se doit d'être écologique et économe en énergie. Le but est d'atteindre un impact environnemental moindre (émissions de CO2 évitées, respect des normes de responsabilité sociale...). Les matériaux concernés ont de plus besoin d'être fonctionnels et recyclables (naturplus.uk).

- Protection de l'environnement et de la santé

Les produits de construction portant ce label Naturplus nuisent le moins possible à l'environnement ou à la santé humaine par le biais de substances nocives et garantissent en particulier des espaces de vie intérieurs sains (naturplus.uk).

- Durabilité des ressources

Seuls les matériaux de construction fabriqués à partir de ressources renouvelables ou de matières premières minérales disponibles en abondance ou de matières premières secondaires sont autorisés. Les matières premières doivent provenir de sources durables (naturplus.uk).

Le label est attribué par une association internationale, Nature Plus. Cette dernière prône la protection de la santé et de l'environnement dans le secteur de la construction. L'association en question informe les consommateurs sur les produits et autres matériaux de construction ou de décoration qui respectent l'environnement tout en garantissant des produits sains. L'attribution du label se fait au moyen de rapports d'évaluation et d'analyses par plusieurs instituts de contrôle indépendants tous désignés par NaturePlus (naturplus.uk).

Pour des informations supplémentaires, je vous invite à vous rendre sur leur site internet : <http://www.naturplus.uk/>

III. Der Blaue Engel (l'Ange bleu)

Der Blaue Engel est également un label allemand. Il a été mis en place dans la fin des années 80 par le gouvernement allemand afin de labelliser des produits écologiques. Le label impose des critères spécifiques à chaque type de produit et garantit un mode de production écologique. Il est géré par le ministère allemand de l'Environnement et son administration, mais également par un jury multidisciplinaire et le RAL (l'institut allemand de la santé, de la qualité et de l'étiquetage). Mais il est contrôlé par des organismes indépendants (blauer-engel.de).

Les gammes de produits pouvant être labélisées sont nombreuses comme produits utilisés dans notre quotidien dans la maison ou le mobilier de jardin, des papiers et des produits d'imprimantes, des produits électroniques et des matériaux de construction (blauer-engel.de).

Parmi ceux-ci, nous pouvons citer (blauer-engel.de) :

- Isolants
- Plâtres intérieurs
- Recouvrement de sols (plastique, textile, bois)

Pour plus d'informations, il est intéressant de se rendre sur le site qui a été consulté pour trouver ses informations: <https://www.blauer-engel.de/en>

Annexe n°2 : Cas non retenus et images de cas

I. Cas non retenu : L'Eastgate Center

L'Eastgate Center, comme explicité dans l'état de l'art section..., est sans doute un des bâtiments biomimétiques les plus connus à l'heure actuelle. Son imitation de la termitière a permis de mettre en place un système d'HVAC complexe, mais fonctionnel et très rentable (EIDin & al., 2016).

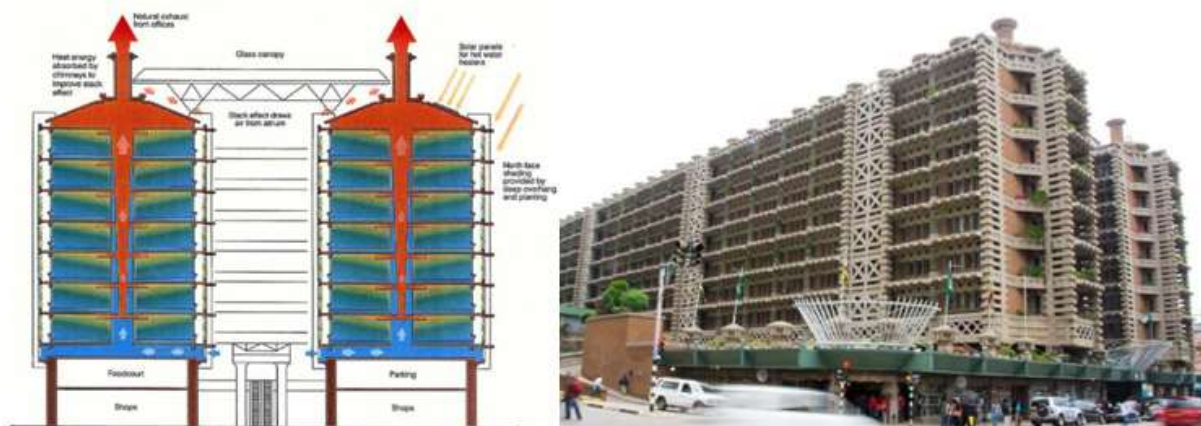


Figure 1 : Eastgate Center - Fonctionnement interne (EIDin & al., 2016)

Ce dernier n'a toutefois pas été retenu dans l'étude, car les explications sur sa façade ne sont pas aussi nombreuses et précises que l'explication du système interne. De plus, il me paraissait intéressant de ne pas reprendre ce projet déjà très étudié et d'offrir, dans ce travail, d'autres bâtiments peut-être moins reconnus, mais tout aussi intéressants.

II. Cas non retenu : Le modèle du mur respirant

Le mur respirant étudié en Égypte en 2006 est inspiré principalement de la respiration cutanée. Le but était de diminuer les besoins en énergie dus à la ventilation dans le bâtiment, en intégrant un système de renouvellement d'air frais directement dans les murs. Il s'agissait donc de contrôler les flux d'air à travers la surface en le refroidissant, ce qui créerait un avantage considérable dans les pays les plus chauds. Le but de cette intégration dans les murs aurait été de sauver de l'énergie, mais également un gain de matériaux. Les bouches d'aérations remplaçant les briques (EIDin & al., 2016).

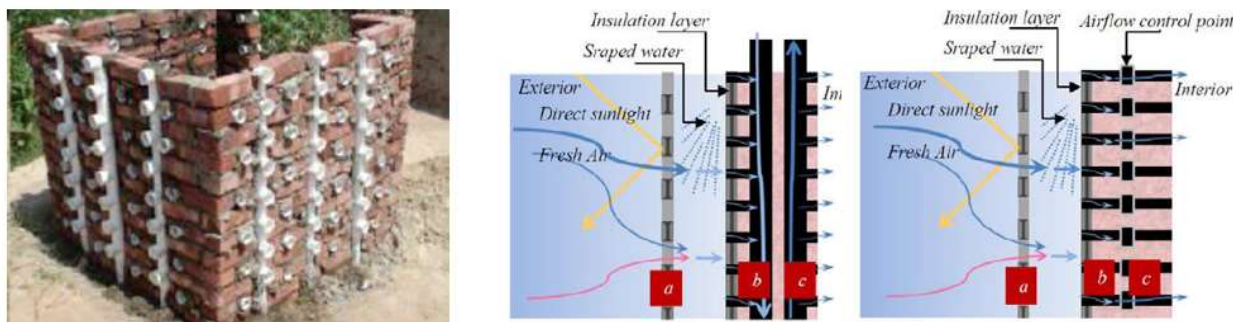


Figure 2 : Le mur respirant - prototype réalisé (gauche) - coupe de principe (droite) (EIDin & al., 2016)

L'auteur du projet a émis plusieurs avantages, mais a également été critique sur son travail, ses diverses remarques sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Avantages	Inconvénients
Technologie et matériaux déjà disponibles	Multifonctionnalité de l'idée
Fonctionne dans l'environnement sec et aride de l'Égypte	Intégration au bâti environnement
Répond aux changements environnementaux	Relation bâtiment/site
Température interne maintenue	Flexibilité de la forme
Peu ou pas besoin de ventilation extérieure	Permet de reprendre les charges.
Coût de la construction et de la maintenance	

Figure 3 : Tableau des avantages et inconvénients du mur respirant selon (EIDin & al., 2016)

Malgré le fait que le projet soit très intéressant, il n'a pas été retenu dans l'étude pour plusieurs raisons (outre les inconvénients présentés ci-dessus). Les premières sont la faible quantité d'informations et d'articles retrouvés (un article uniquement). Ensuite, la viabilité du projet est remise en cause. En effet, les tests ont été que trop peu nombreux et la réalisation à grande échelle n'a jamais été réalisée à ce jour. Enfin, le projet était un prototype unique, non existant à l'heure actuelle. Les tests sur ce dernier n'ont duré que 2 jours, les résultats n'étaient donc pas suffisants afin de les inclure dans l'étude.

III. Cas non retenu : Le Thermobimetal (TBM)

Le Thermobimetal et son « Armoured Corset Project » s'inspirent des ouvertures et fermetures des pores de la peau. Dans ce cas-ci, il s'agissait de mettre en œuvre un certain alliage de métal (nommé « Thermobimetal ») permettant de s'adapter aux conditions extérieures en autogérant la perméabilité de la surface traitée. C'est ainsi que le métal est décrit comme un matériau « respirant » capable de se protéger des diverses conditions extérieures (Sung,n.d.).

Le principe est la mise en œuvre de deux métaux réagissant à des températures différentes. Le premier, très sensible à un delta de température, va se dilater très rapidement lorsque la température augmente tandis que l'autre, moins sensible, permettra au premier de rester en place. Ainsi, la courbure générée engendrera l'ouverture de la surface, laissant pénétrer l'air frais à l'intérieur (Sung,n.d.).

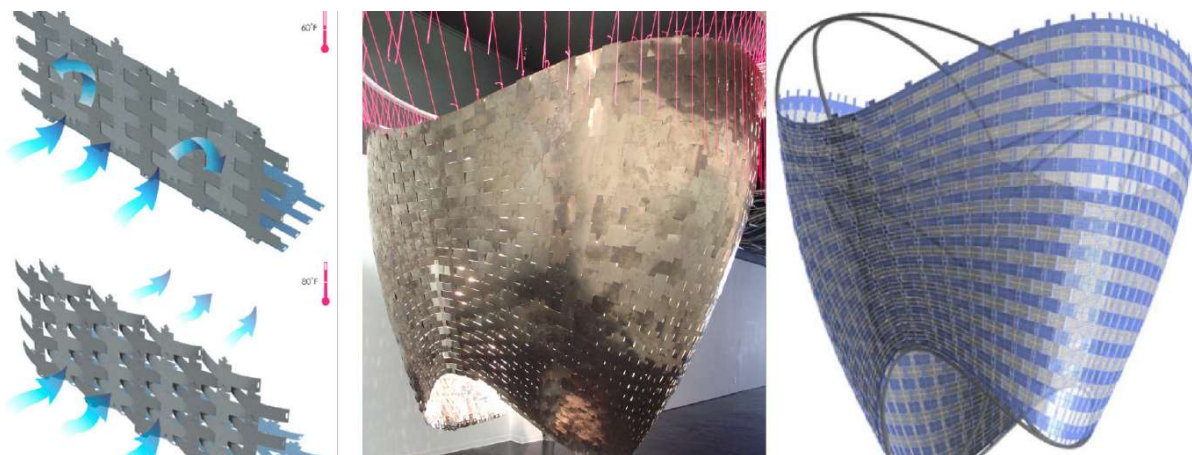


Figure 4 : Thermobimetal - Principe d'ouvertures en fonction de la température (gauche) et armoured corset project (milieu et droite) (Sung,n.d.)

L'avantage non négligeable de ce travail est sans doute le fait de ne pas recourir à de la technologie en terme de capteurs et moteurs afin de contrôler la perméabilité du matériau. Il est par contre à noter le fait que travail soit encore très expérimental et que les projets réalisés sont au stade de pavillon temporaire ou de corset (Sung,n.d.).



Figure 5 : TMB – Prototype - Bloom pavilion. Courtesy Brandon Shigeta (archdaily.com)

Ce cas n'a donc pas été retenu pour plusieurs raisons. Malgré le fait qu'il soit actuellement décrit dans un certain nombre d'articles (5 retrouvés), ils ont, la plupart, été décrit par son propre concepteur, Doris Sung. Le travail réalisé est très intéressant, mais encore beaucoup trop au stade de prototype. De plus, c'est un concept très proche de l'HygroSkin qui est décrit dans la section « Résultats », sous-section « Cas d'études » et qui fait référence au travail d'un matériau répondant aux changements de conditions extérieures. Il est à noter que le travail est toujours en cours. En effet, madame Sung et son équipe étudient la façon de mettre en œuvre le concept dans la réalisation de façades complètes (imperméables, isolantes, en y intégrant des ouvertures...).

IV. Images cas d'études

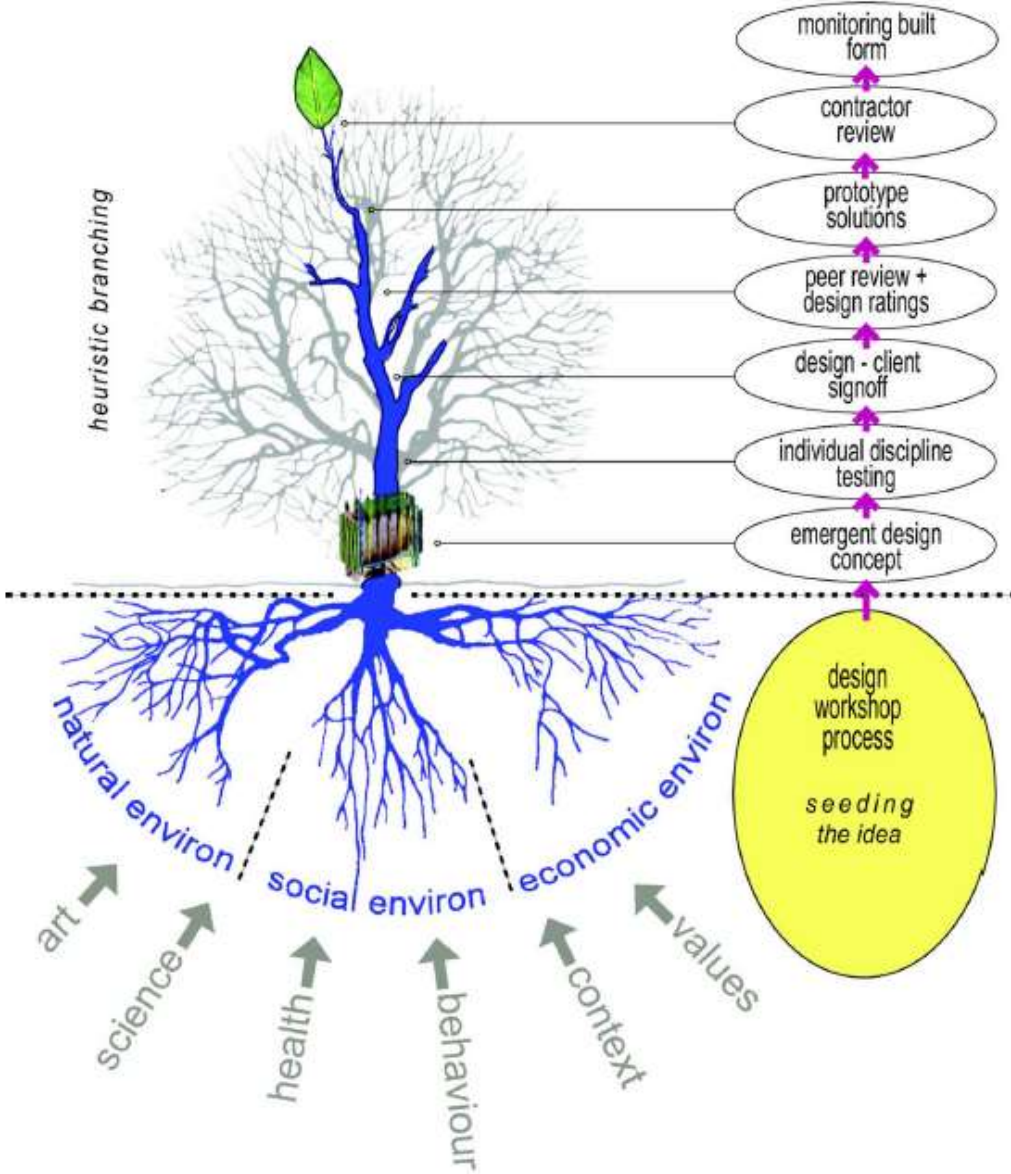


Figure 6 : CH2 - Explication du concept de l'arbre (Webb, 2005)

Annexe n°3 : Grille d'entretien

Enquête Travail de fin d'études

Le Biomimétisme en architecture

1. Avant de commencer, seriez-vous d'accord que votre nom apparaisse dans la rédaction de mon travail ?
2. Avez-vous déjà entendu parler de biomimétisme dans le cadre de l'architecture ? Pourriez-vous définir cette discipline avec vos propres mots ? Connaissez-vous des exemples construits en Belgique ou ailleurs ?
3. Mon sujet fait plus précisément référence à la conception de façade biomimétique (adaptative ou non), qui exploite souvent l'analogie entre la peau du vivant et la façade. Sachant cela, de quoi, selon vous, faudrait-il tenir compte lors de la conception de façades biomimétiques ?
4. Après plusieurs lectures sur le sujet, j'ai pris la liberté de définir certains critères clés à la conception de façades biomimétiques, listés ci-dessous, en m'inspirant de la peau du vivant et des besoins généraux d'une façade. Il est à noter que cette façon de concevoir est une manière différente de répondre aux divers enjeux du développement durable dans le secteur du bâtiment.

Voici ces critères :

- a. Matériaux biosourcés : Cycle de vie, énergie grise consommée
 - b. Protection/couverture : Pourcentage d'ouverture, protection contre la chaleur (rayons solaires)
 - c. Performance/énergie sauvée : Pourcentage d'énergie sauvée
 - d. Respiration/perméabilité : Taux d'air renouvelé, qualité de l'air à l'intérieur
 - e. Régulation de la chaleur/isolation : Performance des parois, taux d'isolation, capacité à capter/rejeter de la chaleur
 - f. Luminosité/confort visuel : Pourcentage de lumière artificielle sauvée, Taux d'ouverture
 - g. Régénération/maintenance : Facilité de maintenance du bâtiment, coût de la maintenance
- i) Voyez-vous d'autres critères, ou sous critères à ceux précités ?
 - ii) Pourriez-vous les classer dans l'ordre d'importance selon vous ?

- 5) Afin de réaliser au mieux mon travail, je me dois de pondérer chaque critère afin de comparer des façades et de rendre compte de leur performance. Faisant l'hypothèse que chaque critère devra être pondéré sur une échelle de 1 à 5: quelles seraient, selon vous, les valeurs les plus adaptées à associer à chacun de ces 5 points ?

Exemple pour le critère performance :

- Mauvais (1/5) : 0-15% énergie sauvée
- Ok (2/5) : 15-30% énergie sauvée
- Bon (3/5) : 30-45% énergie sauvée
- Très bon (4/5) : 45-60% énergie sauvée
- Excellent (5/5) : 60-85% énergie sauvée

a) Biosourcés :

- Mauvais (1/5) :
- Ok (2/5) :
- Bon (3/5) :
- Très bon (4/5) :
- Excellent (5/5) :

b) Protection/ouverture :

- Mauvais (1/5) :
- Ok (2/5) :
- Bon (3/5) :
- Très bon (4/5) :
- Excellent (5/5) :

c) Chauffage :

- Mauvais (1/5) :
- Ok (2/5) :
- Bon (3/5) :
- Très bon (4/5) :
- Excellent (5/5) :

d) Respiration perméabilité .

- Mauvais (1/5) :
- Ok (2/5) :
- Bon (3/5) :
- Très bon (4/5) :
- Excellent (5/5) :

e) Régulation

- Mauvais (1/5) :
- Ok (2/5) :
- Bon (3/5) :
- Très bon (4/5) :
- Excellent (5/5) :

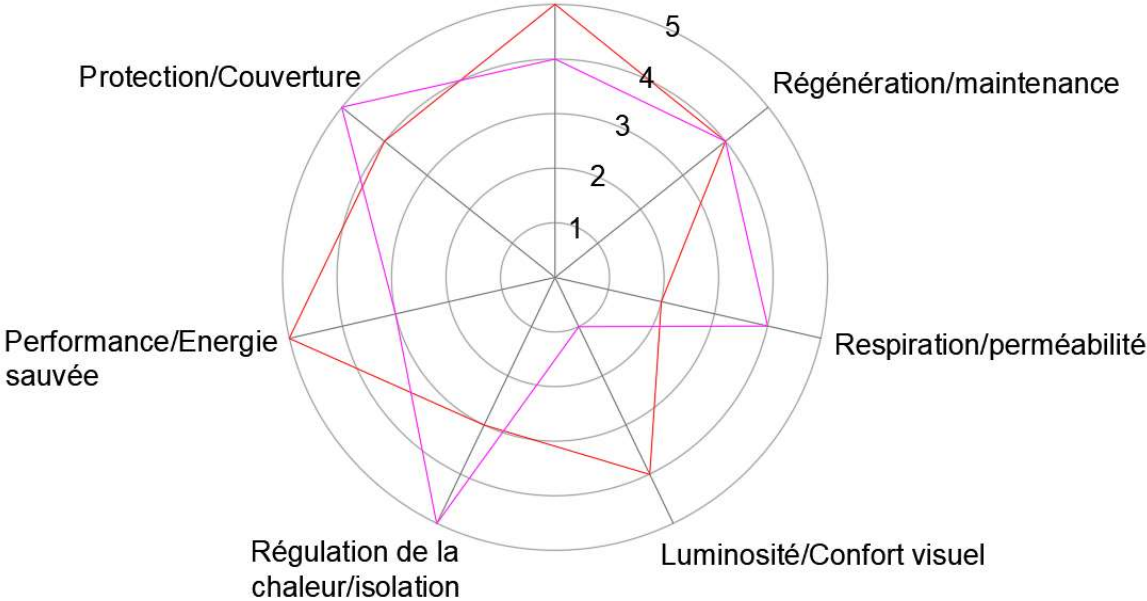
f) Luminosité :

- Mauvais (1/5) :
- Ok (2/5) :
- Bon (3/5) :
- Très bon (4/5) :
- Excellent (5/5) :

g) Régénération/maintenance :

- Mauvais (1/5) :
- Ok (2/5) :
- Bon (3/5) :
- Très bon (4/5) :
- Excellent (5/5) :

Matériaux Biosourcés



Annexe n°4 : Profil des personnes interviewées

Il s'agit, dans cette annexe, de présenter succinctement les diverses personnes qui ont été interviewées. Rappelons que le consentement de tous a été donné afin d'apparaître dans ce travail de fin d'études. Commençons par quelques chiffres. Au total 22 experts concepteurs ont été interviewées, dix femmes et douze hommes. Parmi celles-ci, les profils sont variés, nous retrouvons tout de même quatorze ingénieurs architectes et sept architectes de formations. Leurs activités actuelles sont également diverses, nous retrouvons des professeurs et chercheurs (5) au sein de l'université, dix personnes travaillent elles comme architectes et cinq sont consultants. Nous retrouvons de plus le directeur du cluster écoconstruction basé à Namur.

Vous pouvez retrouver ci-dessous les fiches d'identité de chaque personne, avec nom et prénom, leur activité professionnelle actuelle et leur formation. De plus, une remarque supplémentaire sera donnée (si membre d'un groupe de travail ou autre) et le jour de l'interview sera indiqué. Les entretiens ont commencé le 26 février 2018 et se sont terminés le 21 mars 2018.

NOM, prénom	ATTIA, Shady
Activité professionnelle	Professeur à l'Université de Liège / Consultant en techniques spéciales
Formation	Architecte depuis 2002
Remarque supplémentaire	Membre du SBD Lab (Sustainable Buildings Design Lab)
Jour de l'interview	21 mars 2018

NOM, prénom	BALLARATI, Cédric
Activité professionnelle	Architecte
Formation	Ingénieur civil architecte
Remarque supplémentaire	Cogérant chez Hélium3
Jour de l'interview	28 février 2018

NOM, prénom	BRANDT, Muriel
Activité professionnelle	Coordnatrice de projets de conception et techniques spéciales
Formation	Ingénieure civil architecte depuis 2001
Remarque supplémentaire	Fondatrice du bureau Ecorce
Jour de l'interview	16 mars 2018

NOM, prénom	BREELS, Sébastien
Activité professionnelle	Responsable de projets (énergétiques, urbains,...)
Formation	Architecte depuis 2000
Remarque supplémentaire	Collaborateur chez Matriciel
Jour de l'interview	20 mars 2018

NOM, prénom	BRUYERE, Isabelle
Activité professionnelle	Gestionnaire de projets techniques
Formation	Ingénieure civil architecte depuis 1996
Remarque supplémentaire	Collaboratrice chez Matriciel
Jour de l'interview	20 mars 2018

NOM, prénom	DAUBE, Florence
Activité professionnelle	Architecte
Formation	Ingénieure civil architecte
Remarque supplémentaire	Collaboratrice chez Hélium3
Jour de l'interview	28 février 2018

NOM, prénom	DE HERDE, André
Activité professionnelle	Fondateur de Matriciel (2005)
Formation	Ingénieur civil architecte
Remarque supplémentaire	Professeur ordinaire émérite à l'UCL
Jour de l'interview	20 mars 2018

NOM, prénom	DE WISPELAERE, Olivier
Activité professionnelle	Architecte indépendant et Assistant à l'Université de Liège
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 2006 (ULiège/UCL)
Remarque supplémentaire	Membre de SUBSTRA
Jour de l'interview	27 février 2018

NOM, prénom	FINZINGER, Céline
Activité professionnelle	Architecte indépendante
Formation	Architecte
Remarque supplémentaire	Bureau : Architecture Conception Ecologique
Jour de l'interview	9 mars 2018 (Skype)

NOM, prénom	HAUGLUSTAINE, Jean-Marie
Activité professionnelle	Professeur et chercheur à l'Université de Liège
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 1979 (ULiège)
Remarque supplémentaire	Département des sciences et gestion de l'environnement (Arlon Campus Environnement) / Énergie et développement durable (EnergySuD : Energy and Sustainable Development)
Jour de l'interview	13 mars 2018

NOM, prénom	HUBERTY, Christelle
Activité professionnelle	Expert énergétique
Formation	Ingénieure civil architecte
Remarque supplémentaire	Certificatrice PEB
Jour de l'interview	7 mars 2018 (Téléphone)

NOM, prénom	MANS, Didier
Activité professionnelle	Architecte indépendant et Assistant à l'Université de Liège
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 2001 (ULiège)
Remarque supplémentaire	Membre de SUBSTRA
Jour de l'interview	28 février 2018

NOM, prénom	MARIQUE, Anne-Françoise
Activité professionnelle	Chercheuse
Formation	Ingénieure civil architecte depuis 2002 (Docteur en 2013)
Remarque supplémentaire	Département ArGEnCo - ARI : Planification : EEEF Membre de LEMA (Local Environment Management and Analysis) et Lepur (Centre de Recherche sur la Ville, le Territoire et le Milieu rural)
Jour de l'interview	6 mars 2018

NOM, prénom	POSKIN, Hervé Jacques
Activité professionnelle	Membre du Cluster Eco-Construction
Formation	
Remarque supplémentaire	Fondateur du Cluster Eco-construction de Namur
Jour de l'interview	14 mars 2018

NOM, prénom	POSSOZ, Jean-Philippe
Activité professionnelle	Professeur à l'Université de Liège
Formation	Architecte depuis 1996 + Master en développement durable
Remarque supplémentaire	Collaborateur au bureau Alain Richard
Jour de l'interview	27 février 2018

NOM, prénom	REUTER, Iris
Activité professionnelle	Architecte, assistante et doctorante à l'Université de Liège
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 2008
Remarque supplémentaire	Département ArGEnCo / Urbanisme et aménagement du territoire - Urban and Environmental Engineering
Jour de l'interview	28 février 2018

NOM, prénom	REITER, Sigrid
Activité professionnelle	Professeure et chercheuse à l'Université de Liège
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 1998 (ULiège)
Remarque supplémentaire	Département ArGEnCo / Urbanisme et aménagement du territoire - Urban and Environmental Engineering Membre de LEMA et Lepur
Jour de l'interview	26 février 2018

NOM, prénom	RUJELLAN, Guirec
Activité professionnelle	Architecte indépendant, Assistant ULG et Doctorant
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 2013
Remarque supplémentaire	Collaborateur au Bureau C. Vandenhove
Jour de l'interview	7 mars 2018

NOM, prénom	SIMON, Andromaque
Activité professionnelle	Conseillère en construction durable
Formation	Architecte et Master spécialisé en développement durable
Remarque supplémentaire	Membre de Green Imagineering
Jour de l'interview	26 février 2018 (Skype)

NOM, prénom	SCHRAYEN, John
Activité professionnelle	Architecte indépendant et Assistant à l'Université de Liège
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 2010 (ULiège)
Remarque supplémentaire	Membre de SUBSTRA
Jour de l'interview	6 mars 2018

NOM, prénom	SOMMA, Jacqueline
Activité professionnelle	Professeur Construction à Verviers et Certificatrice PEB
Formation	Architecte
Remarque supplémentaire	
Jour de l'interview	12 mars 2018

NOM, prénom	TELLER, Jacques
Activité professionnelle	Professeur à l'Université de Liège
Formation	Ingénieur civil architecte depuis 1992
Remarque supplémentaire	Département ArGEnCo / Urbanisme et aménagement du territoire - Urban and Environmental Engineering Membre de LEMA et du Lepur
Jour de l'interview	1 mars 2018

Annexe n°5 : Résultats entretiens

Question 4-5	Sigrid Reiter	Andromaque Simon	Olivier De Wispelaere	Jean-Philippe Posoz
Critère 1 Matériaux	Naturalité du matériau	Recyclabilité du matériau	Naturel : On peut le remplacer	Ecopoints Ecoinvent => SIA (Suisse) Qualité biosourcée pas un corrolaire de l'impact environnemental
Mauvais (1/5)	0-20%	Récupérable (si pas écologique)	Non Naturel : On peut le recycler	
Ok (2/5)	20-40%	Ecologique (fibre de bois,...) / Local		
Bon (3/5)	40-60%	Récupérable (écologique)		
Très bon (4/5)	60-80%	Downcycling		
Excellent (5/5)	80-100%	Upcycling		
Critère 2 Protection	Fusionner avec critère 6 Facteur UDI	Proportion vitré / transparent (40-60)	Rapport aux besoins des occupants Post occupancy report ?	kWh/m²/an => PEB
Mauvais (1/5)			Stores fixes	60
Ok (2/5)			Stores mobiles manuellement	
Bon (3/5)			Stores mobiles automatiquement	
Très bon (4/5)				
Excellent (5/5)	Stores intelligent	>90 %	15	
Critère 3 Performance	Fusionner avec Critère 5 PEB	Fusionner avec Critère 5 Critère PEB ou regarder U de la façade	Rapport aux besoins des occupants Post occupancy report ?	
Mauvais (1/5)	Niveau classique PEB			
Ok (2/5)	Très basse énergie			
Bon (3/5)	Passif			
Très bon (4/5)	Zéro énergie			
Excellent (5/5)	Energie positive		>90 %	
Critère 4 Respiration	Dépend fortement du type de climat Voir monsieur Arnaud Evrard	2 sous-critères (a) et (b) (a) : étanchéité (compacité du bâtiment) Trouver max (b) : Ventilation naturelle	Rapport aux besoins des occupants Post occupancy report ?	PPM CO2
Mauvais (1/5)		Fenêtre s'ouvre		15000
Ok (2/5)		Niveau faible et élevé d'ouverture		
Bon (3/5)		Traversant		
Très bon (4/5)		Ventilation verticale		
Excellent (5/5)	Cheminée étage par étage / Ouverture auto	>90 %		500
Critère 5 Isolation	Fusionner avec Critère 3 PEB	Fusionner avec Critère 5 Critère PEB ou regarder U de la façade	Rapport aux besoins des occupants Post occupancy report ?	Régulation importante à tenir compte
Mauvais (1/5)				Aucune régulation possible
Ok (2/5)				
Bon (3/5)				
Très bon (4/5)				
Excellent (5/5)		>90 %		Tout est manipulable
Critère 6 Luminosité	Fusionner avec critère 2	Nouveau label WELL	Rapport aux besoins des occupants Post occupancy report ?	Fonction du taux d'ouverture Taux de luxe + contraste
Mauvais (1/5)				
Ok (2/5)				
Bon (3/5)				
Très bon (4/5)				
Excellent (5/5)		>90 %		
Critère 7 Maintenance	Voir label Suisse : Cout de la maintenance inférieur à 10%		Rapport à la pérenité du matériau	
Mauvais (1/5)	Accès facile?	Nacelle	3 mois	
Ok (2/5)	Nettoyage?	Anticiper la durée de vie des matériaux		
Bon (3/5)		Remplacabilité aisée		

Tableau 1 : Réponses question 4 et 5 (Reiter - Posoz)

Annexes

Question 4-5	Hélium3	Didier Mans	Iris Reuter	Anne-Françoise Marique	Christelle Huberty
Critère 1 Matériaux		Energie grise et naturalité	Voir labels : BREEAM, HQE, LEEDS	Distinction matériau et mise en œuvre : Assemblage, démontable facilement	(Critère difficilement groupable, comment mettre l'alu par rapport au bois ?) Recyclage : (Oui ou non, durée de vie), énergie de fabrication, énergie durant la vie du bâtiment. => Voir les 3 sous-critères et regarder si c'est bien ou non. => Regarder code couleur « bon effort, raté, etc ».
Mauvais (1/5)	Tous les critères cités ici se retrouvent dans le Batex	Energie grise mauvaise Fort intelligent / 100% métallique		Matériau artificiel, fort consommateur et collé	
Ok (2/5)					
Bon (3/5)				Amener un des aspects seulement	
Très bon (4/5)					
Excellent (5/5)		Matériau de façade se générant naturellement		Ensemble de matériau naturel et principe de réversibilité	
Critère 2 Protection		Protection	Protection, Vue Stéréo		PEB
Mauvais (1/5)		Absence de protection	Eviter la surchauffe		
Ok (2/5)		Protection basique, non amovible			
Bon (3/5)		Protection basique amovible			
Très bon (4/5)		Protection fixe bien calculée + amovible			
Excellent (5/5)		Adaptable + 0 surchauffe et éblouissement	Adaptabilité et contrôle humain		
Critère 3 Performance		Dépend du type de bâtiment	PEB		PEB Ventilation?
Mauvais (1/5)					
Ok (2/5)					
Bon (3/5)				Réglementation PEB BREEAM Excellent....	
Très bon (4/5)					
Excellent (5/5)					
Critère 4 Respiration		Taux de satisfaction des usagers	Regarder la norme et attention au confort (Post Occupancy Report)	Lier vec 3 et 5	Problème d'humidité. (U-WERT, calculer la valeur U de la paroi, regarder le problème de condensation possible)
Mauvais (1/5)					
Ok (2/5)					
Bon (3/5)					
Très bon (4/5)					
Excellent (5/5)					
Critère 5 Isolation				Lier avec critère 3 et 4	Critère PEB => Réglementation PEB. Critère de chauffage par rapport aux
Mauvais (1/5)		< x % de satis' des utilisateurs			
Ok (2/5)					
Bon (3/5)		Confort du plus grand nombre / Chauffage classique			
Très bon (4/5)					
Excellent (5/5)		Pas besoin de chauffage			
Critère 6 Luminosité			Préférence de la lumière HQE	Suffisamment éclairé naturellement + Facteur quantitatif UDI	Changer en confort : Confort température, luminosité, acoustique
Mauvais (1/5)		Pas possible de travailler			
Ok (2/5)		Lumière suffisante (classique)			
Bon (3/5)					
Très bon (4/5)		Système modulable (pas commandé)			
Excellent (5/5)		Système modulable fct usager			
Critère 7 Maintenance			HQE. Regarder le cycle de vie. Retraiter ? Remplacer ? Facilement détachable ? Réemploi.	Durabilité du matériau (avec sous sans entretien. Voir les moyens)	Durée de vie Coût de maintenance
Mauvais (1/5)		Bug = système HS (monde arabe)			
Ok (2/5)					
Bon (3/5)					
Très bon (4/5)					
Excellent (5/5)		Matériau autonettoyant		Accesible et fréquence d'entretien facile et long	

Tableau 2 : Réponses question 4 et 5 (Hélium 3 - Huberty)

Question 4-5	Céline Fizinger	Jacqueline Somma	Muriel Brandt	André de Herde
Critère 1 Matériaux	(Certains critères du cycle de vie, eutrophisation, surface de terre consommée, ressource renouvelable) 11 chiffres.	Cycle court	Référer à NIBE, écolable européen, Blue Angle, Naturplus	Ne s'auto-entretient pas, il respire, oui, comparaison possible.
Mauvais (1/5)	Ciment (extraction, température, pas de respiration...)			
Ok (2/5)	Façade "traditionnelle" (recyclable et non)			
Bon (3/5)	Bois : Mauvaise origine			
Très bon (4/5)	Bois : Bonne origine			
Excellent (5/5)	Matériau du site (argile, paille)			
Critère 2 Protection	Critère 5 et 6	Ok	PEB Protetion/Isolation (contre le soleil) Dépend de l'affectation du bâtiment	Confort de l'individu/Protection du climat (chaud, froid, pluie). Protection à l'intrusion.
Mauvais (1/5)	Simple vitrage (Nord)			
Ok (2/5)	Double vitrage pas bien orienté			
Bon (3/5)	Double vitrage bien orienté			
Très bon (4/5)	Triple vitrage			
Excellent (5/5)	Serre bioclimatique			
Critère 3 Performance	Fonction de l'endroit. Facteur U et G PEB	Respect des exigences PEB	Regarder la production ou non d'énergie. % de ce que la façade produit % aux besoins du bâtiment. Tenir compte de l'énergie consommée par le système	Aspect isolation. « Passif ». / Actif (énergie solaire à capter)
Mauvais (1/5)		Production électrique		
Ok (2/5)		Poêle à énergie fossile		30 kWh/m² chauffage
Bon (3/5)		Poêle à bois		
Très bon (4/5)		Poêle à inertie		
Excellent (5/5)		Passif		
Critère 4 Respiration	(Taux d'air renouveler, c'est compliqué. La ventilation naturelle n'est pas une bonne solution. Aller chercher l'hygrométrie. Taux d'humidité à l'intérieur). Regarder l'hygrothermie à l'intérieur. Regarder mur en terre	En r	Besoin par locaux fonction de l'affectation	Confort une fois de plus. Qualité de l'air à l'intérieur. Mécanique ou naturel en façade. Perméabilité => Confort thermique.
Mauvais (1/5)		Renouvelle par système électrique (VMC double flux)		
Ok (2/5)		VMC simple flux (méca)		
Bon (3/5)		VMC simple flux (nat)		
Très bon (4/5)				16m³/h/personne / % de Co2
Excellent (5/5)		Renouvellement autosuffisant pour la construction (terre)		
Critère 5 Isolation		Lier avec c		
Mauvais (1/5)	Toile tendue sans régulation			c et e.
Ok (2/5)	Construction plac-plâtre			
Bon (3/5)				
Très bon (4/5)	Toiture/façade verte			
Excellent (5/5)	Mur à forte inertie (+ hygro)			
Critère 6 Luminosité	(Eblouissement et lumière naturelle : diminuer les besoins en lumière artificielle heures d'inconfort)	Prendre les règles architecturales de base (Norme, Neufert, UDI) Dépend de l'endroit et de la fonction	Voir pièces en contact avec façade. UDI	
Mauvais (1/5)		Lumière non gérée		Confort une fois de plus, très compliqué. => En principe on doit avoir l'économie de lumière artificielle
Ok (2/5)				
Bon (3/5)				
Très bon (4/5)				
Excellent (5/5)		Lumière totalement gérée contre surchauffe		
Critère 7 Maintenance	L'intervalle entre chaque intervention nécessaire. + Difficulté. + Cout ! Cout par intervention et par intervalle de temps.	Bon critère	Cout très important. Voir accessibilité	
Mauvais (1/5)		Gadget Hi-Tech		
Ok (2/5)				
Bon (3/5)				
Très bon (4/5)				

Tableau 3 : Réponses question 4 et 5 (Fizinger- De Herde)

Question 4-5	Isabelle BRUYERE	Sébastien BREELS	Shady ATTIA
Critère 1 Matériaux	Très compliqué. Recyclé mais si il vient très loin. BREEAM étudie LCA et on compare avec autre chose et on regarde la référence. % de matériau recyclé ou recyclable. Référentiel bâtiment durable. % du prix de la construction.	Point important : Pas necessairement cycle de vie (tout et rien dire), énergie consommée c'est qu'un paramètre. Inscription dans un contexte de production/Origine, manière dont il est cultivé. Matériau pas biosourcé, à nuancer. Matériau qui doit répondre à des performances/contraintes => Moins d'impact possible sur l'environnement et l'homme. ON regarde plein d'aspects (impact, esthétique etc.. reste que 5 matériaux puis on les	<i>Tableau 5 : Résultats question 4-5 (Bruyère - Attia)</i>
Mauvais (1/5)		Pas régénératif	
Ok (2/5)		Biosources high negative landscape impact	
Bon (3/5)		Biosources average landscape impact	
Très bon (4/5)		Biosources low negative landscape impact	
Excellent (5/5)		Regénératif	
Critère 2 Protection	Dépend de la fonction du bâtiment (Logement, tertiaire). Lié à la compacité du bâtiment. Difficile de fixer un objectif. Si on regarde c,d,f et on reprendre cette protection. Protection à l'instruction. Confort thermique ? Confort de l'usager. % de satisfaction (Post occupancy report).	b et e sont à rejoindre. => Pas dissociable. Regarder le rôle de protection mécanique. Critère différent.	
Mauvais (1/5)			Pas conforme
Ok (2/5)			Normes (feu, acoustique, energy efficiency) Prescritif approach NGN (Faire la norme mais....)
Bon (3/5)			
Très bon (4/5)			
Excellent (5/5)			Approche performentielle dynamique (on va au-delà de la règle)
Critère 3 Performance	Ce n'est pas que le chauffage, éclairage, ventilation.... Fonction du logement/bureau regarder entre besoin et consommation. Tertiaire : ... Regarder PEB mais faire attention à la géothermie, refroidissement naturel etc pas pris en compte. Même idée que Sigrid	Oui. Energie y a deux choses. Protège des déperditions thermiques amis aussi protéger de la surchauffe. Eviter de mettre des productions de froid à mettre en place pour ...	
Mauvais (1/5)			Low Energy
Ok (2/5)			Consommation de 15jwkh
Bon (3/5)			Passif
Très bon (4/5)			Energy Neutral
Excellent (5/5)			Energy Positive (15 Kwh)
Critère 4 Respiration		ok. Deux sujets très importants. Qualité de l'air à l'intérieur plus important. De manière autonome ou par intervention humaine. Renouvellement d'air à l'intérieur.	CAH = Changement d'air par heure
Mauvais (1/5)			
Ok (2/5)			3 CAH
Bon (3/5)			6 CAH
Très bon (4/5)			10 CAH
Excellent (5/5)			15 CAH
Critère 5 Isolation			Idem c
Mauvais (1/5)			
Ok (2/5)			
Bon (3/5)			
Très bon (4/5)			
Excellent (5/5)			
Critère 6 Luminosité	Critère du BREAM : Facteur de lumière du jour et couleur	Pas d'accord. L'optimisation de l'éclairage naturelle est à mettre en avant et après on aura in fine une performance au niveau de l'éclairage artificiel	SDA
Mauvais (1/5)			60%
Ok (2/5)			70%
Bon (3/5)			80%
Très bon (4/5)			90%
Excellent (5/5)			100%
Critère 7 Maintenance	Coûts de fonctionnement	Mécanique ici. Réflexion économique et technique. Maintenance à mettre en place surtout. Pérennité.	
Mauvais (1/5)			> 500 Km (Savoir faire étranger)
Ok (2/5)			500 Km
Bon (3/5)			300 km
Très bon (4/5)			200km
Excellent (5/5)			100 Km (Produit Local)

Tableau 4 : Résultats question 4-5 (Bruyère - Attia)

Annexes

Date	Personnes interrogées	1	2	Question 2 b	Question 2 c	Question 3	Remarques critères	Ordre des critères / Remarques
26-févr	Sigrid REITER	Oui	Oui	C'est l'inspiration de la nature qui a pour but d'améliorer la conception	Eastgate center	Isolation thermique, Perméabilité Ensoleillement Acoustique Ventilation	Critère 5 important + rapport à l'humidité Critère 7 : maintenance important également surtout pour le biomimétisme Intégrer acoustique	(2,6) ; 1; 7; (3,5); 4
26-févr	Adromaque SIMON	Oui	Oui	Résoudre des problèmes pratiques en s'inspirant de la nature	Eastgate center	ombrage, éclairage, vitrages autonettoyant, toiture verte		Pour le propriétaire : 7 6;4;(3,5);1;2;7
27-févr	Olivier DEWISPELAERE	Oui	Oui	C'est l'action de l'homme de développer un produit/projet en imitant la nature et espérer bénéficier des propriétés.	Art nouveau Train Guggenheim Burno Albert (maastricht, arbre)	Etanchéité Respiration Cicatrisation	Fusionner e et c Respiration et perméabilité à séparer Fusionner d et f (capacité de l'enveloppe à s'ouvrir et à se fermer : échanges d'air, lumière ,...) Fusionner a et g : Enjeu de la pérennité 3 critères => Facile à générer, et montrer des réalités bien distinctes. 3 enjeux	
27-févr	Jean-Philippe POSOZ	Oui	Oui	Observations de phénomènes bio-physiques et chimiques à l'œuvre dans la nature et à travers leur compréhension, transposer l'interaction à un objet inerte ou actif.	Philippe Samin Peau multiple	Orientation Ventilation Régulation Hygrothermique Transfert de vapeur d'eau	limiter les critères	Liège 1 : Coût de rénovation. Marché public : 20.000.000 euros : Très confortable, on était à une moyenne de 1000 euros m² or la ville nous a diminué à 400m². Dur de dissocier lumineux, chauffage,... Simulation en terme d'entrée de lumière + facteur solaire/ombrage. Comment varier l'entrant énergétique sans diminuer les lux. Attention à la ventilation en plus. Travail itératif pour, luminosité, régulation et couverture. Bernard Roy, aide à la décision multicritère. Dur de travailler en valeur absolue. Regarder un gradient et regarder une variante. Avoir un moins bon et meilleur. Et l'intérieur est variant fonction des critères. Projet MNG Outil d'évaluation environnemental des bâtiments pour la Belgique. (Batibauw)
28-févr	Cédric BALLARATI	Oui	Oui	Oui, c'est limitation du monde végétal (structurel) et orienté vers la structure/enveloppe	Luc schuiten Vincent Callebaut	Isolation Protection Respiration Matière Esthétique		
28-févr	Florence DAUBE	Oui	Oui	Prendre des principes de la vie naturelle (végétaux, animaux afin de les remettre dans l'architecture.		Matériaux naturels Reflets de la peau d'insectes Respiration Interaction intérieur/extérieur Panneau OSB sur béton Toiture/mur végétal	Voir BATEX	

Tableau 21 : Réponses question 1 à 3 + Remarques (Reiter – Daube)

Légende Profils	Couleur
Chargé de cours Ulg et chercheur	
Chargé de cours Ulg et praticien	
Assistant Ulg et doctorant	
Assistant Ulg et praticien	
Praticien architecte	
Praticien ingénieur	
Directeur Eco-construction	
Professeur filière construction	

Tableau 6 : Légende profil personnes interviewées

Date	Personnes interrogées	1	2	Question 2 b	Question 2 c	Question 3	Remarques critères	Ordre des critères / Remarques
28-févr	Didier MANS	Oui	Oui	Inspiration de la nature qui fonctionne => Nouvelles techniques intelligentes et évolutives		Isolation Hygrothermie (pare vapeur intelligent) Flexibilité Adaptabilité		Classement difficile pour une façade
28-févr	Iris REUTER	Oui	Oui	S'inspirer de la nature pour résoudre un problème architectural ou créer un effet esthétique		Humidité Isolation Etanchéité à l'air Frontière		
01-mars	Jacques TELLER	Oui	Oui	Analogie Bâtiment/arbre : Agir comme des arbres, l'organisme va au delà de leur consommation, régère la qualité de l'air, réguler la température, améliorer les conditions climatiques, stabiliser les conditions hygrothermiques. => Produire des bâtiments s'inspirant des organismes naturels et dans leur mode de croissance	Eastgate center	Membrane extérieure = Interaction avec ext Régulation Apparence (intégration dans la ville) Protection régulation climat ext Membrane intérieure : Interaction avec int architecture carac en terme de temp et humidité assurer contact avec éclairage et vue		
06-mars	Anne-Françoise MARIQUE	Oui	Non	Trouver une analogie dans la nature pour optimiser le développement durable	Eastgate center	Isolation Transmission de vapeur Hygrothermie Protection Rôle esthétique	Notion de coût et d'esthétique. Intégration de l'existant et aussi au déplacement voiture Point 3/5=> Neutre	
06-mars	John SCHRAYEN	Oui	Oui	S'inspirer de la nature pour générer une forme	Biomorphisme Parlement de la région wallonie/bruxelles	Protection Transpiration Adaptabilité automatique		
07-mars	Chirstelle HUBERTY	Oui	Oui					
07-mars	Guirec RUELLAN	Oui	Oui	Imitation de la nature (inspiration) pour amener une meilleure efficacité (La nature s'est perfectionnée et à évoluer durant des millions d'années, il y a des choses à apprendre)	Géodome Gherkin Façades dépolluantes (fonctionnement d'une feuille)	Interface intérieur et extérieur Protection contre la température, UV		
09-mars	Céline FINZINGER	Oui	Oui	S'inspirer des formes/structure/matière de la nature, de la faune et de la flore.	Chaux, chanvre (matériau hygro, gérant la vapeur d'eau et augmentant le confort intérieur)	Protection extérieur Régulation transpiration/vapeur d'eau Surface caprice Protection	Assembler 1 et 7 2,4,5,6 et 7 facile à cerner c => Conséquence du reste	

Tableau 7 : Réponses question 1 à 3 + Remarques (Mans – Fizinger)

Date	Personnes interrogées	1	2 Question 2 b	Question 2 c	Question 3	Remarques critères	Ordre des critères / Remarques	
12-mars	Jacqueline SOMMA	Oui	Oui	Architecture qui sort de terre	Dépend du "niveau de biomimétisme"	Respiration (perspiration) Régulation de la chaleur Protection Imperméabilité Protection contre le soleil	Assembler 3 et 5 Se plier aux exigences de performance de manière générale	
13-mars	Jean-Marie HAUGLUSTAIN	Oui	Oui	Le fait d'imiter les mécanismes biologiques dans l'architecture, composition de parois,...	Murs végétaux Toiture végétale Ne pas utiliser qu'un matériau naturel Regarder d'autres mécanismes (respiration,...) attention aux raccourcis d'analogie	Protection de la vie à l'intérieur % extérieur Système respiratoire, circulation sanguine	Ajouter acoustique. Faire attention à la question d'intimité, esthétique (culturel, utilisation de matériaux locaux...) Référentiel bâtiment durable Regarder Leeds, Breeam. Ils font le total. Il y a une évaluation de critère tout à fait indépendante puis une pondération du critère. Validéo, référentiel belge (pas d'application). Sustainable building tool : SBtool => Méthode internationale. 1/5 => Respecte les normes (réglementations) => Plutôt ici 3/5 5/5 => Parfait pour le critère : Limite technique et technologique (actuelle)	
14-mars	Hervé-Jacques POSKIN	Oui	Oui	Prendre ce que la nature fait de mieux et l'intégrer dans le domaine architecturale Volonté d'observation, volonté de réflexion, d'innovation. Bien comprendre l'environnement dans lequel on est, évolue et toute son évolution (historique)		Imperméabilité à l'eau Volonté de préservation/barrière par rapport à la vapeur d'eau Protection de l'extérieur sur le bruit, l'eau, ... Reflet de qui est on est	Si pas de matériaux biosourcés, on perd des points partout Coûts de maintenance mais aussi coûts d'utilisation. Cycle de vie de tout le bâtiment. Coût de la déconstruction. Regarder le coût de la maintenance, environnementale,	Critère sociaux. Prendre des matériaux locaux. Intégration dans le tissu urbain et sociétale. => Critères mouvants. La construction a un rôle à jouer à l'environnement. La pondération est importante.
16-mars	Muriel BRANDT	Oui	Oui	Imiter la nature	Maison Communale d'Herstal	Couche extérieur. Protection? Régulation (humidité/froid) Identification	Confort visuel et protection. Acoustique : Quantifiable facilement, critères d'isolement Séparer critère 2 en plusieurs critères différents Aspect normatif : 3/5	
20-mars	André DE HERDE	Oui	Oui	Concept de façade qui réagit avec la peau oui. Façade qui réagit avec son environnement tout comme la peau le fait. Non Dans l'histoire, le Japin fait plus de biomimétisme.		Individu qui est derrière la peau Maintient de la température	Point de départ : Regarder l'occupant, le cout,... ou autre, mais choisir et se fixer. Type de fonction : Occupé la nuit ou non. Logement/Bureaux. Sélection de critère (propre) Difficulté : Regarder l'échelle... Regarder le poids des critères (avoir le même). Régénération de la peau. Respiration (perte d'eau). Le poids des critères est compliqué. Ok => Répond à un minimum. Dire « j'exclus tel ou tel élément ». Avoir partout au dessus de 2. Faire attention au recoupement. Le	
20-mars	Isabelle BRUYERE	Oui	Non			Respiration Dégage de l'humidité Protection éanique Sensation de chaud/froid et communiquer ça au reste de l'organisme		
20-mars	Sébastien BREELS	Oui	Oui	Retranscription de ce qu'on peut observer chez le vivant et le remettre dans l'architecture	Institut du monde arabe à Paris Produit de	Protection active Confort Rôle du confort (questionnaire Interface intérieur (dynamique avec les occupants) et extérieur (dynamique avec le climat (multifactoriel) Profiter un maximum des conditions favorables pour favoriser les conditions intérieures Solution dynamique	On oublie un point : Evolutivité, reconversion, réversibilité. Circularité.	
21-mars	Shady ATTIA	Oui	Oui	Plusieurs tests pour intégrer l'architecture avec la nature Echelle urbaine et architecturale d'intégration de la nature Allez voir "Nature-based".	Projet Caméléon (adaptation au niveau de la façade/ventilations		Quel est le rôle de l'occupant dans les façades ? Interaction des pigeons avec l'extérieur qui s'adaptent. Des animaux cherchent l'environnement externe et d'autres s'adaptent. Est-ce que l'occupant doit interagir et s'adapter ou alors le bâtiment est intelligent tout seul ? Regarder peut-être l'adaptabilité : S'adapte, pas du tout, un peu etc... Partir de conditions de bases.	

Tableau 8 : Réponses question 1 à 3 + Remarques (Somma – Attia)

Annexe n°6 : Mots-clés question 1 et 2

Mot	Récurr ence	Mot	Récurr ence	Mot	Récurr ence
Nature	15	Intéraction	1	Perfectionnement	1
Inspiration	7	Enveloppe	1	Apprendre	1
Architecture	7	Principe	1	Matière	1
Imitation	5	Vie	1	Faune	1
Observation	3	Animal	1	Flore	1
Evolution	3	Fonction	1	Terre	1
Intégration	3	Intelligence	1	Mécanismes	1
Concept	2	Esthétique	1	Biologie	1
Résoudre	2	Arbre	1	Parois	1
Végétal	2	Consommation	1	Réflexion	1
Structure	2	Air	1	Innovation	1
Organisme	2	Température	1	Comprendre	1
Forme	2	Climat	1	Façade	1
Environnement	2	Hygrothermie	1	Peau	1
Améliorer	1	Croissance	1	Réaction	1
Bénéfices	1	Analogie	1	Restranscription	1
Bio	1	Optimisation	1	Vivant	1
Physique	1	Développement	1	Tests	1
Transposer	1	Durable	1	Urbaine	1

Tableau 9 : Recensement question 1

Mot	Récurr ence	Mot	Récurr ence	Mot	Récurr ence
Protection	6	Cicatrisation	1	Communication	1
Isolation	6	Orientation	1	Confort	1
Respiration	6	Matière	1	Toiture verte	1
Hygrothermie	6	Flexibilité	1	Reflot de la peau d'insecte	1
Régulation	6	Adaptabilité	1	Matériaux naturels	1
Étanchéité	3	Autoréparation	1	OSB sur béton	1
Apparence	3	Résistance	1	Dynamique	1
Interface intérieur-extérieur	3	Humidité	1		
Transmission de vapeur	3	Frontière	1		
Ventilation	2	Architecture	1		
Eclairage	2	Vue	1		
Esthétique	2	Rôle	1		
Active	2	Transpiration	1		
Intéraction Intérieur-extérieur	2	Adaptabilité	1		
Perméabilité	1	Surface	1		
Ensoleillement	1	Caprice	1		
Acoustique	1	Imperméabilité	1		
Ombre	1	Circulation	1		
Autonettoyant	1	Identification	1		

Tableau 10 : Recensement question 2

Annexe n°7 : Paradigmes scientifiques

TABLE 6.1 Basic Beliefs (Metaphysics) of Alternative Inquiry Paradigms

<i>Item</i>	<i>Positivism</i>	<i>Postpositivism</i>	<i>Critical Theory et al.</i>	<i>Constructivism</i>
Ontology	naive realism— “real” reality but apprehendable	critical realism— “real” reality but only imperfectly and probabilistically apprehendable	historical realism— virtual reality shaped by social, political, cultural, economic, ethnic, and gender values; crystallized over time	relativism—local and specific constructed realities
Epistemology	dualist/objectivist; findings true	modified dualist/ objectivist; critical tradition/community; findings probably true	transactional/ subjectivist; value- mediated findings	transactional/ subjectivist; created findings
Methodology	experimental/ manipulative; verification of hypotheses; chiefly quantitative methods	modified experi- mental/manipulative; critical multiplism; falsification of hypotheses; may include qualitative methods	dialogic/dialectical	hermeneutical/dialectical

Tableau 11 : Paradigmes scientifiques (Guba & Lincoln, 1994)

TABLE 6.2 Paradigm Positions on Selected Practical Issues

<i>Issue</i>	<i>Positivism</i>	<i>Postpositivism</i>	<i>Critical Theory et al.</i>	<i>Constructivism</i>
Inquiry aim	explanation: prediction and control		critique and trans- formation; restitution and emancipation	understanding; reconstruction
Nature of knowledge	verified hypotheses established as facts or laws	nonfalsified hypoth- eses that are probable facts or laws	structural/historical insights	individual reconstructions coalescing around consensus
Knowledge accumulation	accretion—“building clocks” adding to “edifice of knowledge”; generalizations and cause-effect linkages		historical revisionism; generalization by similarity	more informed and sophisticated reconstructions; vicarious experience
Goodness or quality criteria	conventional benchmarks of “rigor”: internal and external validity, reliability, and objectivity		historical situatedness; erosion of ignorance action stimulus	trustworthiness and authenticity and misapprehensions;
Values	excluded—influence denied		included—formative	
Ethics	extrinsic; tilt toward deception		intrinsic; moral tilt toward revelation	intrinsic; process tilt toward revelation; special problems
Voice	“disinterested scientist” as informer of decision makers, policy makers, and change agents		“transformative intellectual” as advocate and activist	“passionate participant” as facilitator of multi- voice reconstruction
Training	technical and quantitative; substantive theories	technical; quantitative and qualitative; substantive theories	resocialization; qualitative and quantitative; history; values of altruism and empowerment	
Accommodation	commensurable		incommensurable	
Hegemony	in control of publication, funding, promotion, and tenure		seeking recognition and input	

Tableau 12 : Paradigmes scientifiques (Guba & Lincoln, 1994)

Annexe n°8 : Poster SDB Lab



Outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques

Authors: Styliandis Eleftherios

E-mail: Eleftherios.Styliandis@student.uliege.be
 Address: Building Design Lab (SDB)
 Quartier Polytech 1
 Allée de la Découverte 9
 4000 Liege, Belgium
 www.sbd.ulg.ac.be
 Tel: +32 43.66.91.55
 Fax: +32 43.66.29.09

RESUME

Le présent travail consiste en une recherche qualitative exploratoire du travail de façades biomimétiques. Il s'agit de proposer un outil d'aide à la conception de telles façades après analyse de six cas d'étude à travers le monde mais également au moyen d'une analogie forte avec la peau biologique de l'homme. Cette analyse permettra de mettre en place des critères qui seront soumis à l'avis d'experts concepteurs

MOTS – CLES

Architecture, performances, approche multicritère, nature-based design, peau, entretiens

PROBLEMATIQUE

Le Conseil européen estime que le secteur du bâtiment est responsable de 40% des consommations énergétiques et de 36% des émissions de CO2. La **diminution des consommations** passe notamment par un travail de façades plus efficace. Il s'agit de travailler avec des matériaux plus isolants, des sources d'énergies plus vertes, des technologies intelligentes, etc. Un des champs de recherche en plein essor est le **biomimétisme**. Ce dernier est défini comme une science appliquée qui reprend des inspirations de solutions retrouvées dans la nature afin de répondre à des problématiques humaines. A l'heure actuelle, le biomimétisme en architecture développe surtout des façades, c'est ainsi qu'il paraissait intéressant de proposer un outil qui aiderait le concepteur à comprendre les enjeux d'une conception de façade biomimétique.

OBJECTIF

L'objectif de ce travail est de pouvoir **sensibiliser** les concepteurs et les clients au biomimétisme, mais également de **montrer** la pertinence ou non de cette approche dans le cas du travail de façades. Il s'agit donc d'**offrir** un premier outil d'analyse permettant de rendre compte des performances énergétiques d'une enveloppe de ce type et appuyant la prise de décision des concepteurs

AUDIENCE

Ce travail est destiné à tout personne s'intéressant de prêt ou de loin au biomimétisme mais également aux concepteurs cherchant une autre manière, innovante, de concevoir l'architecture.

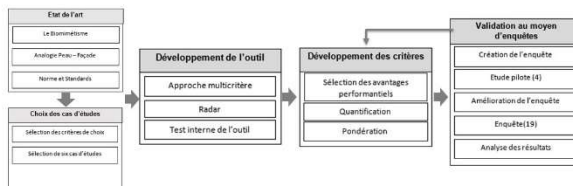
QUESTION DE RECHERCHE

Comment rendre compte de la **performance de façades biomimétiques** ?

ORIGINALITE

Ce travail se veut original car premièrement il présente une manière de concevoir encore peu répandue. En effet, le biomimétisme cherche à innover dans le monde de la construction en s'inspirant des mécanismes naturels permettant à l'Homme de trouver des solutions durables. Deuxièmement, le travail a pour but de mettre en place un outil permettant à tout concepteur ou client de rendre compte de la performance de façades biomimétiques mais pouvant se généraliser à un travail de façade classique

METHODOLOGIE



RESULTATS

L'analyse de six cas d'étude ont permis de ressortir des critères inhérents au travail d'enveloppe architecturale biomimétique

Ces derniers ont été comparé au fonctionnement de la peau biologique de l'être humain mais également à des standards qui permettent de quantifier chacun des critères proposés

	Matériaux	Protection	Isolation	Performance	Respiration	Luminosité	Maintenance
LEVIN							
STANISLAS							
LEED							
BELGIUM							
IND							
QSI							
BIEN							
SMI							

Le premier outil mis en place a été soumis à une enquête auprès de 23 experts qui ont proposé de le compléter et de le corriger



Le critère adaptabilité et acoustique ont été ajouté. Les critères « performance » et « régulation de la chaleur » ont été assemblés. La quantification n'est pas fixée mais reprendre celle des normes et standards est encouragée.

CONCLUSION

Il a été démontré, de par l'analyse des différents cas d'étude et de leurs rendements au niveau énergétique, que l'approche biomimétique à la conception de façade était une approche viable pour répondre au développement durable. Le premier outil mis en place pose cependant trois problèmes. Le premier est la définition et la quantification des critères qui est à fixer clairement afin de ne pas montrer une ambiguïté quelconque. Ensuite des critères importants tels que l'esthétique, l'intégration et le rôle n'ont pas leur place dans l'outil car ils sont non quantifiables. Enfin, plusieurs outils sont à proposer pour répondre à tout type de fonctions et de climats.

Benyus, J.M. (2011). *Biomimétisme : Quand la nature inspire des innovations durable*. (Rue de l'échiquier). Paris, France : L'Écopoche.
 Chayaamor-Heil, N., Guéna, F. & Hannachi-Belkadi, N. (2018). *Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils. Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 1. doi : 10.4000/craup.309.
 Nour ElDin, N., Abdou A & AbdElGawad, I. (2016). Biomimetic Potentials for Building Envelope Adaptation in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 375-386. doi:10.1016/j.proenv.2016.04.033



Figure 7 : Poster