

Université Libre de Bruxelles

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

Faculté des Sciences

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

Le biomimétisme & la ville : Enjeux, discours et méthodes

Mémoire de Fin d'Etudes présenté par

Maud Corcoral

en vue de l'obtention du grade académique de

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

« Finalité Gestion de l'Environnement »

M-ENVIG

Année Académique : 2017-2018

Directeur : Mme Marie-Françoise Godart

*“Dans la vie il n’y a pas de solution ; il y a des forces en marche :
Il faut les créer et les solutions suivent.”*

Antoine de Saint-Exupéry

Je tiens à remercier ma promotrice de mémoire, Mme Marie-Françoise Godart,

Ainsi que le CEEBIOS et notamment Mme Estelle Cruz, de m'avoir aiguillée avec pertinence et vivacité.

J'exprime ma sincère gratitude envers mes parents, famille et amis,
pour leurs encouragements et soutien sans faille.

Merci à toutes les personnes rencontrées lors de cet exercice, qui ont manifesté un vif intérêt pour le sujet et ont contribué, chacune à sa manière, à affiner mes intuitions et orienter ma méthode.

Merci à ma mère et Sarah pour leurs relectures attentives.

RESUME

Cette contribution traverse deux thématiques, le biomimétisme et la ville, pour aborder leurs modalités de rencontre. Nous sommes partis d'un double-constat : premièrement l'essor, l'enthousiasme et les moyens que suscite le biomimétisme actuellement ; et secondement le développement galopant d'un urbanisme fictionnel, ainsi que la multiplication des invitations à penser et bâtir la « Ville de demain ». Dès lors, émerge timidement l'idée d'une « ville biomimétique ».

Dans une démarche empruntant à l'épistémologie et à la prospective, nous sommes allés à la rencontre des porteurs d'un tel projet, pour évaluer leur positionnement sur le sujet. Pour se faire, nous avons laissé la parole aux acteurs, de sorte à identifier quelles aspirations et intentions guident leur motivation, quels outils ils mobilisent et quelles valeurs ils souhaiteraient voir attribuer à la « ville biomimétique ». Le biomimétisme est souvent présenté comme une démarche ou discipline apolitique. Toutefois, ce gage fédérateur dissimule un ensemble de sous-écoles au sein desquelles s'affirment des regards et visées hétérogènes, que nous sommes venus ici questionner, par le biais de la thématique urbaine.

L'on retrouve actuellement trois principaux éléments de justification à l'avènement d'une ville biomimétique. La première s'axe sur un biomimétisme entendu comme technique et trouve sa réalisation dans des actions sectorielles, comme la création d'œuvres architecturales. La seconde repose sur un biomimétisme entendu comme mot d'ordre, la « Ville biomimétique » serait dès lors une injonction servant de cadre pour évaluer la compatibilité des projets urbains avec les principes du vivant et la capacité de charge de la biosphère. Enfin, le troisième élément de définition présente la ville biomimétique selon un entendement ontologique, dans cette acceptation, le biomimétisme est perçu comme métaphore et moyen pour repenser nos relations -entre humains et non-humains- et tendre vers une autre manière d'habiter la terre.

Mots clés : Biomimétisme, Ville, Epistémologie, Axiologie, Définition, Méthodes.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	13
I. CE QU'EST LE BIOMIMETISME, CE QU'IL N'EST PAS.....	19
I.1. UNE BREVE HISTOIRE DU BIOMIMETISME.....	19
I.1.1 Une histoire plurielle.....	19
I.1.2. L'émergence du concept : de ses origines.....	20
I.1.3 (...) A nos jours.....	22
I.1.4 Le biomimétisme, un concept qui séduit ?	23
I.1.5 Précisions lexicales	24
I.2 LE BIOMIMETISME : UNE PHILOSOPHIE	25
I.2.1 Les fondements : L'éthos, la (re)connexion et l'émulation	25
I.2.2 Du biocentrisme, à la bioinclusivité.....	26
I.2.3 Les principes du vivant	27
I.3. LES 3 NIVEAUX DU BIOMIMETISME : QUAND LE VIVANT INSPIRE LA VILLE	30
I.3.1 L'inspiration par la forme : L'arbre à vent ou comment optimiser plutôt que de maximiser	31
I.3.2 L'inspiration par le processus : Physarum polycephalum ou comment fonctionner en réseau.....	32
I.3.3 L'inspiration par l'écosystème : La ville de Kalundborg au Danemark.....	34
II. HABITER L'ANTHROPOCENE.....	40
II.1. A L'ORIGINE : LE PROJET MODERNE	40
II.2. L'EFFONDREMENT DU MONDE & DES VILLES A LA DERIVE.....	42
II.3 URBANISME, UTOPIES ET RECITS.....	44
II.3.1 Les utopies concrètes	44
II.3.2 L'émergence de nouveaux récits urbanistiques.....	45
III. « VERS UNE VILLE BIOMIMETIQUE » : AXIOLOGIE DES DISCOURS.....	47
III.1. CONSTATS SUR LES SITUATIONS ENVIRONNEMENTALES ET URBANISTIQUES.....	48
III.2. CONSIDERATIONS SUR LE BIOMIMETISME	49
III.3. CONSIDERATIONS SUR LA VILLE BIOMIMETIQUE.....	51
III.4. LA VILLE BIOMIMETIQUE, SOURCE DE REMISE EN CAUSE ?	52
III.5. LA VILLE BIOMIMETIQUE : POUR REPENSER NOTRE PLACE SUR TERRE ?	54
III.6 BILAN ET LIMITES DE L'ANALYSE	55
III.7 MISE EN PERSPECTIVE.....	55

IV. CONSTRUIRE LA VILLE : L'EXEMPLE D'UNE VILLE BIOMIMETIQUE, LAVASA	57
IV.1. GENESE & CONTEXTE DE LA VILLE	57
IV .1.1 L'Inde : une population urbaine en plein essor.....	57
IV.1.2 Le projet de Lavasa City Hill	58
IV.2 LE DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE : GENIUS OF BIOME	59
IV.3 BILAN CRITIQUE DU PROJET.....	61
IV. RECONSTRUIRE LA VILLE : QUELLE PLACE POUR LE BIOMIMETISME ?	63
V.1 LE METABOLISME URBAIN : PENSER LA VILLE COMME UN ECOSYSTEME	63
V.1.1 L'écosystème urbain : généralités.....	63
V.1.2 Le cas Bruxellois	65
V.1.3 D'un métabolisme linéaire à un métabolisme circulaire	69
V.2 UN BIOMIMETISME QUI S'IGNORE ? L'EXEMPLE DES TRAMES VERTES ET BLEUES.....	72
V.2.1 Les trames vertes & bleues : l'Homo Urbanicus entre protecteur & bon gestionnaire	73
V.2.3 Diversité des approches & discours	75
CONCLUSION.....	78
BIBLIOGRAPHIE	82
ANNEXES	89

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 Index global Da Vinci de 2016, source : FBEI (2015)	23
Figure 2 Insertion de l'arbre à vent dans le paysage urbain, source NewWordWind.....	31
Figure 3 Schéma de l'arbre à vent, source : NewwordWind.....	31
Figure 4 Physarum Polycephalum, source : www.hampshire.edu.....	32
Figure 5 : Reconstitution du réseau de Tokyo par le Physarum & comparaison avec celui actuel, source : Fayemi (2015)	33
Figure 6 Vue aérienne de la ville de Kalundborg, source : http://kalundborgrekrutteringsalliance.dk	34
Figure 7 : Etapes successives de la mise en place de la Symbiose de la ville de Kalundborg, de 1972 à 1993, source : J. Rudler 2013.....	36
Figure 8 Localisation de Lavasa, source : Google Map	58
Figure 9 Vue de Lavasa, Source : Cabinet d'architecture Hok, www.hok.com	59
Figure 10 De la biologie au design, Lavasa City Hill, source : élaboration personnelle	60
Figure 11 Modélisation de l'écosystème bruxellois selon Paul Duvignaud et son équipe	67
Figure 12 Bilan des flux entrants/sortants de la ville de Bruxelles, 2010, selon une étude de A.Athanassiadis	68
Figure 13 Fonctionnement d'un écosystème forestier, source : www.maisonlavaz.wordpress.com ...	70
Figure 14 Schéma des trames verte & bleue, source : DREAL Centre Val de Loire.....	74
Figure 15 Elements de justifications des acteurs quant aux trames vertes et bleues, résultats issus d'une analyse de Michel Le Bot & Françoise Philip (2014)	76

« Notre planète est en danger, Il sera bientôt trop tard. »

Affichait la couverture du magazine Le Monde, le 27 octobre 2017 en police 60. Police utilisée dans l'univers journalistique, uniquement en cas de catastrophe nucléaire. Le sujet que l'on abordera dans ce présent mémoire de recherche ne concerne pas directement le changement climatique. Mais plutôt l'urgence d'agir couplée à la difficulté d'agir. Le terrain d'action choisi est la ville. Parce qu'elle construit en même temps qu'elle détruit.

Les constats sur les impacts environnementaux des villes ne sont plus à réitérer. Selon le Living Planet Report de WWF (2016), elles occupent actuellement 3 à 4 % de la surface du globe, utilisent 80 % des ressources et rejettent 80% des déchets mondiaux. Ajouté à cela, aujourd'hui 30 métropoles au monde accueillent chacune plus de 10 millions de la population, à l'horizon 2030 les projections indiquent que près des 2 tiers de l'humanité résideraient en ville. L'urbain apparaît sous un visage double, à la fois comme lieu de manifestations des dysfonctionnements globaux et creuset d'innovations économiques,

sociales et culturelles, faisant émerger des futurs souhaitables. Nous entendrons ici la « ville » dans son acception la plus répandue, c'est-à-dire dans sa dimension quantitative et fonctionnelle¹. En somme, nous considérerons la ville comme étant un système composé d'un ensemble d'éléments en interaction dynamique. Aussi, nous n'opérerons pas de distinctions entre les différences d'ampleur spatiales et démographiques des villes, ni même leurs implantations géographiques ou identités culturelles. Bien que ces considérations nous semblent tout à fait centrales pour penser l'urbain dans sa diversité et sa complexité. Nous conserverons ce fait là à l'esprit tout au long de notre démarche, sans pour autant y placer un accent fort, puisque ces distinctions ne nous apparaissent pas fondamentales pour le sujet que l'on interroge.

C'est avant tout sous couvert d'une recherche des modalités de réintégration des systèmes urbains dans les limites des capacités de charge de la Planète, que l'on est venu à considérer le biomimétisme comme un potentiel vecteur de changement pour la ville. Au moment où émerge une prise de conscience aigüe des conséquences irréversibles et potentiellement incontrôlables de nos activités sur les écosystèmes, se multiplient les discours valorisant le biomimétisme comme solution offerte à la crise écologique. Par-delà l'inspiration recherchée dans la nature pour produire des artefacts ou agir au niveau des systèmes, le biomimétisme est souvent présenté comme alternative au paradigme productiviste et à la représentation du progrès pendant plusieurs siècles. Par essence pluridisciplinaire, l'essor du biomimétisme traverse les secteurs d'activité -primaire, secondaire et tertiaire-, ouvrant de nouvelles perceptives pour la science, les industries et l'innovation. On comprend dès lors le pouvoir d'attraction qu'un tel projet exerce sur les différents praticiens cherchant à façonner de nouvelles formes et à créer des écosystèmes. Ainsi, le biomimétisme a aussi rejoint le champ de l'urbain, n'échappant pas à la vigilance des architectes, urbanistes, élus politiques et tous autres acteurs qui « fabriquent la ville ». A la ville durable, la ville écologique ou la ville en transition, s'ajoute aujourd'hui des ambitions de « ville biomimétique ». Bien qu'encore peu développée, l'idée gagne désormais du terrain : la municipalité de la ville de Velizy-Villacoublay en France a été pionnière en la matière, puis Lavasa en Inde, Masdar dans les émirats Arabes. A cela s'ajoute l'ambition de la région Nouvelle Aquitaine de devenir une région « biomimétique » et quatre bâtiments se réclamant d'une démarche biomimétique furent primés dans le cadre des appels à projets du Grand Paris. Aussi, l'hôtel de ville de Paris ainsi que le musée de la Sciences et de l'Industrie de la Vilette accueilleront à l'automne prochain une semaine d'exposition sur le thème du biomimétisme et de la ville -La Biomim'Expo-². Etit phénomène ou véritable envol ?

¹ Selon l' INSEE, une ville est une agglomération comptant au minimum 2 000 habitants, qui serait un lieu d'échanges de capitaux, de marchandises et d'informations.

² Biomim'Expo est un événement annuel, organisé par NewcorpConseil -Cabinet de conseils et stratégie en innovation- en partenariat avec le CEEBIOS -Centre européen d'excellence en biomimétisme de Senlis-, pour regrouper les acteurs du biomimétisme et présenter les travaux réalisés.

Quoi qu'il en soit, l'idée d'une « ville biomimétique » semble peu à peu faire son chemin. C'est essentiellement sous l'aune de la prospective que notre étude s'axera. Puisque « la ville biomimétique » cherche encore ses grandes lignes directrices et qu'elle se retrouve essentiellement dans des déclarations d'intentions plus que dans des projets concrets. De plus, les conduites d'anticipation s'imposent actuellement comme un fait majeur de notre temps. Les figures en sont multiples -projet, prévision, planification- et se diversifient sous l'action des interventions technologiques et scientifiques. S'il s'agit d'explorer l'avenir pour le prévenir, cela n'a d'égal que son corollaire : la maîtrise de plus en plus grande que nous cherchons à développer sur l'espace pour le ménager, l'aménager et mieux l'habiter. C'est dans ce contexte de recherche que se positionne l'objet de notre étude.

QUESTION DE RECHERCHE & HYPOTHESES DE RECHERCHE

Partant de ces présupposés, émergea notre question de recherche :

Comment est pensée la ville biomimétique ? selon quelles injonctions ?

Aux vues de la diversité d'acteurs s'emparant du concept de ville biomimétique et des définitions ambivalentes qui lui sont offertes, l'on a souhaité s'interroger sur les intentions qui sous-tendent ce projet. Dans une démarche relevant quasiment de l'épistémologie, nous cherchons à étudier sous quelles modalités les promesses du biomimétisme rencontrent les espoirs de l'urbain. L'on ne traitera ni purement du biomimétisme, ni complètement de la ville, mais resterons à l'interstice des deux. Il ne s'agira pas de voir comment les villes peuvent faire la promotion de productions biomimétiques, ni comment le biomimétisme peut être appliqué à la ville, mais plutôt de sonder comment est pensée la ville biomimétique.

Le postulat de départ est qu'il n'y pas, a priori, d'unicité sur la pratique biomimétique urbaine, mais des usages hétérogènes et des ressources discursives qui lui sont associées. Dès lors, travailler sur les pratiques dans tel ou tel domaine d'action n'a pas de sens. L'on a préféré ici axer notre étude sur les acteurs, leurs représentations, leurs stratégies et leurs pratiques. De plus, l'hypothèse de recherche majeure guidant notre recherche est la suivante : Un projet de conception n'est pas neutre, il revêt de facto une intention, des ambitions, d'où en découlent des valeurs. Si le biomimétisme est présenté par ses défenseurs comme relevant d'une démarche apolitique, il n'est reste pas moins composé de plusieurs écoles. Bien que pour l'heure ces écoles ne sont pas théorisées, elles laissent émerger plusieurs clans : High Tech VS Low Tech, approche techniciste VS approche frugale etc. De ces différents positionnements se déclinent, de manière simplifiée, deux visions. La première est une réaffirmation du projet Moderne au sein duquel l'essor des technologies est perçu comme gage de résolutions de tous défis. Tandis que la seconde mise sur un renouvellement des relations entre humains et non humains et fait appel à un changement des regards et pratiques comme pistes de réponses aux enjeux actuels. Si elles ne sont pas antagoniques, elles n'en restent du moins distinctes par les intentions qu'elles posent et les leviers qu'elles soulèvent.

Agir sur l'urbain est compliqué puisque cela présuppose de sonder au préalable les forces d'un lieu, ses logiques internes et ses besoins spécifiques. Comme nous le rappelle le sociologue Henri Lefebvre, la ville n'est pas une surface neutre, puisqu'elle enregistre les productions humaines et se fait le reflet des changements de société. Ainsi, travailler à l'avènement d'une ville biomimétique revient à s'enquérir de la complexité spécifique de cette ville, ses populations humaines et non humaines, ainsi que des écosystèmes sur lesquels elle repose. C'est aussi au regard de cette complexité patente que l'on a cherché à sonder le positionnement et démarches des différents acteurs qui aspirent à l'émergence d'une ville biomimétique.

Pour se faire, nous avons décliné notre question de recherche autour de plusieurs problématiques :

- **Quelles sont les différents éléments de définitions de ce que serait une ville biomimétique ?**
- **Un tel projet participe-t-il à une modification des regards & des pratiques sur la fabrique de la ville ?**
- **Appelle-t-il à renouveler la traditionnelle opposition « Nature-Culture » ?**
- **Engage-t-il à un renoncement du dogme dominant issu de la Modernité ?**

PLAN DE RECHERCHE

Pour y répondre, nous avons décliné notre étude en 5 parties. La première partie propose des éléments de cadrage pour penser le biomimétisme. Oscillant entre philosophie et technique, nous étudierons comment le biomimétisme a émergé, quelle est son histoire et nous présenterons divers exemples de ses déclinaisons dans l'univers urbain (*Le quoi*). La seconde opérera à une mise en contexte de la situation actuelle des villes. Que signifie le fait d'Habiter l'Anthropocène ? (*Le pourquoi*). La troisième partie ouvrira un examen critique des positionnements des acteurs pensant l'avènement d'une ville biomimétique : Quels acteurs se saisissent d'un développement urbain biomimétique ? Comment le formulent-ils et comment le déclinent-ils ? Sur base de quels intérêts ou de quelles représentations ? Et quelles sont leurs divergences de positionnement ? (*Le Comment*). Tandis que les deux dernières parties offriront des exemples d'applications biomimétiques urbaines déjà réalisées. Ces parties exposeront tour à tour les moyens déployés pour construire -4^{ème} partie- ou reconstruire -5^{ème} partie- la ville. L'on y observera, au-delà de leurs démarches et perspectives, comment elles se répondent ou s'affrontent. Et surtout quelles conception et philosophie du biomimétisme elles mettent à l'œuvre (*Le pourquoi du comment*).

METHODOLOGIE DE RECHERCHE

D'un point de vue méthodologique, nous avons d'une part réalisé un état de l'art sur le biomimétisme, son ancrage philosophique, ses préceptes et ses exemples d'applications. Ce qui nous a

conduit vers une revue de la littérature scientifique, mais aussi de nombreux documents et vidéos de sources journalistiques et populaires. Puisqu'à l'heure actuelle, ce sont ces voies de communication qui offrent le plus de contenu -quantitatif et non qualitatif- au thème. Secondement, nous avons réuni des contributions provenant des branches des sciences sociales -aménagement, géographie, science politique, sociologie, urbanisme, urban studies, etc.- permettant de faire le point sur les questions relatives à la question urbaine et aux enjeux sous-jacents. Nous avons porté un intérêt singulier aux contributions émanant de la discipline de l'écologie urbaine, ainsi qu'aux écrits relevant de la relation Humain-Nature. Aux vues des emprunts que nous avons réalisés et n'étant pas spécialiste de toutes les disciplines que nous avons mobilisées pour contribuer à cette étude, nous nous excusons d'avance si nous froissons certains chercheurs ou tout individu spécialisé dans une discipline particulière.

De plus, nous avons assisté à de nombreuses conférences et séminaire pour nous aider à penser le sujet. Mais nous désirons porter l'attention sur trois événements majeurs qui ont aiguillé notre réflexion : Un séminaire de deux jours en février 2018 sur le biomimétisme & les zones polaires.³ Au-delà de la thématique des milieux extrêmes, ce séminaire nous a offert un aperçu de comment les acteurs du biomimétisme présentaient le concept, ainsi que leurs démarches et objectifs. La participation à la Maddy Keynote⁴ en février aussi, événement sur trois jours dédiés à « la ville de demain », qui nous a permis de sonder l'esprit du temps et de voir comment le biomimétisme s'insérait dans les scénarios d'avenir. Enfin, nous avons aussi participé à un atelier sur la ville biomimétique⁵, organisé par la cité des Sciences et de l'Industrie de la ville de Paris. L'enjeu était d'étudier des écosystèmes dits matures, pour en extraire des principes forts, les convertir sous formes d'algorithme en vue de les appliquer dans des constructions architecturales. Bien que ces trois événements ne soient pas restitués dans la suite de notre étude, ils ont eu le mérite de contribuer à nous situer face à notre problématique de recherche et à faire émerger les questionnements précédemment évoqués. Aussi, nous avons réalisé des entretiens exploratoires dans le but d'éclaircir nos intuitions de départ et de guider notre démarche.

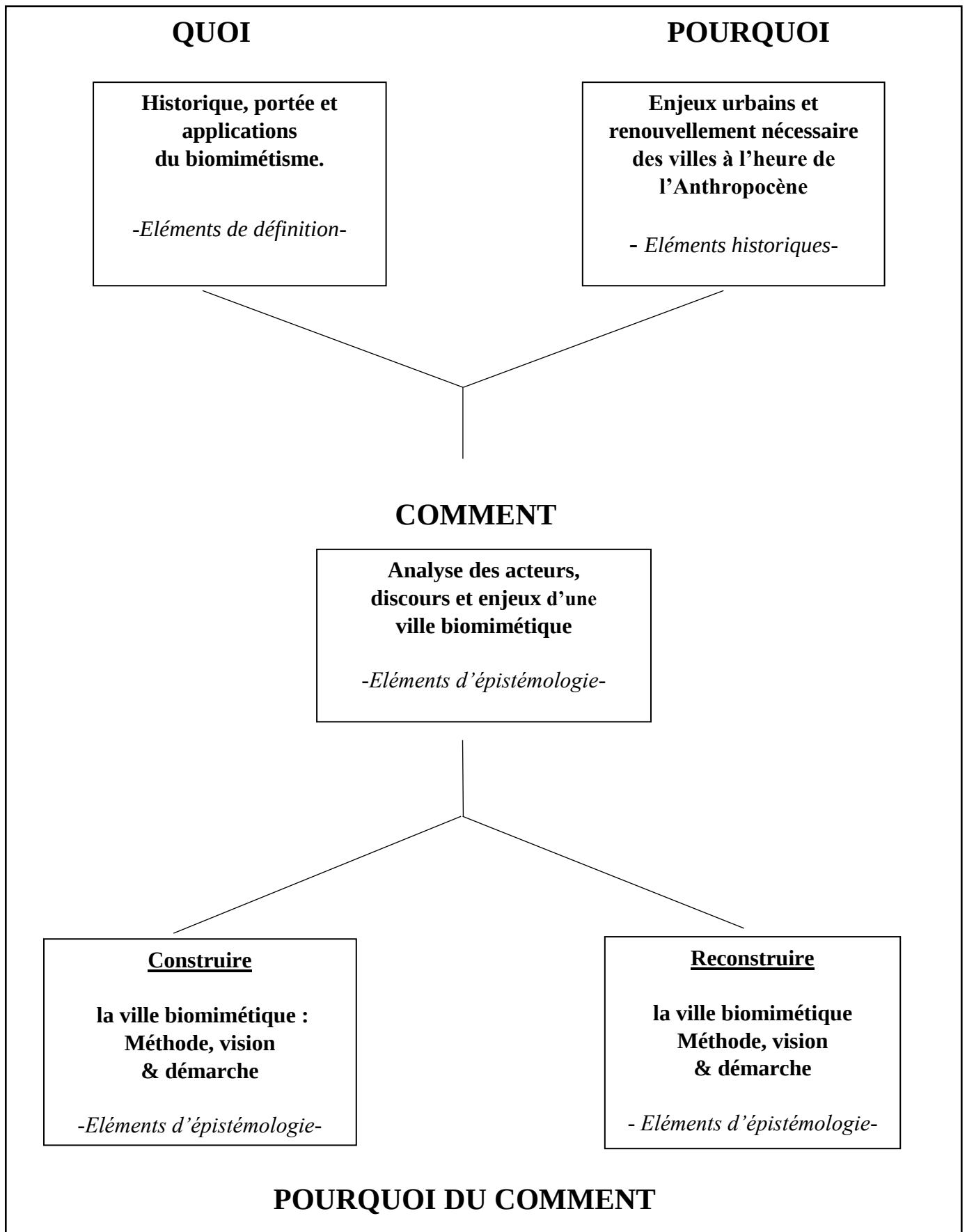
Enfin, c'est dans la volonté d'échapper aussi bien aux travers d'une posture surplombante et désabusée d'une part, qu'aux pièges de l'empressement à théoriser le changement et les virtualités positives du développement urbain biomimétique d'autre part, que nous avons conduit notre recherche.

³« Milieux polaires et Biomimétisme » Colloque du jeudi 2 et vendredi 3 février, à la cité des Sciences et de l'Industrie de Paris, en partenariat avec Pôles actions, Pour la science et France culture, parrain du colloque : Mr Gilles Bœuf

⁴ Maddy Keynote, colloque organisé par Maddyness, le 1^{er} février 2018, au 104 à Paris, sur la « Cité du futur » autour de 4 thématiques : la Mobilité, l'Habitat, le Bien-être et l'Agora.

⁵ Atelier du 10 au 20 juillet 2018, à la cité des Sciences et de l'industrie, organisé en partenariat avec L'Atelier international expérimental pour la Cité bio-numérique.

STRUCTURE DE RECHERCHE



I. CE QU'EST LE BIOMIMÉTISME, CE QU'IL N'EST PAS.

« La nature est un professeur universel et sûr pour celui qui l'observe. »

Carlo Goldoni

Cette première partie a pour intention de clarifier les termes du débat, en l'occurrence ici le biomimétisme, et de proposer des éléments de compréhension de sorte à s'approprier plus amplement la discipline. Il s'agira de la restituer dans son historicité -d'où il vient- ses principes directeurs -où il s'ancre- et de présenter certains cas de figures des déclinaisons du biomimétisme dans le champ urbain -comment il se décline-.

I.1. Une brève histoire du biomimétisme

I.1.1 Une histoire plurielle.

La fascination de l'humain pour le vivant a conduit chaque époque à puiser dans la nature les inspirations et stratégies pour bâtir dans la matière leur civilisation. De nombreux témoignages d'une telle entreprise ont été relayés depuis l'invention de l'écriture : durant l'Antiquité, un grec aurait conçu une colombe en bois apte à voler, au début de notre ère, un chinois aurait inventé le papier en observant un nid de guêpe. (A.Guillot, J-A Meyer, 2008). Autant d'éléments qui préfigurent l'avènement du biomimétisme. Si la discipline est récente en tant que sciences théorisée -ou en voie de théorisation-, elle est bien plus ancienne en tant que pratique. Du grec « Bio » (vie) et « mimesis » (l'art d'imiter), le biomimétisme consiste à utiliser les principes de la nature comme trajectoires d'action. Dans son acception la plus courante, cela réfère à l'art d'explorer le vivant afin d'y trouver des sources d'inspirations propices à la création de produits, de services ou de modèles d'organisation. En somme, il s'agit d'une transposition du génie de la nature vers une application anthropique (Bœuf, 2014). Au cours des dernières décennies, de nombreux termes sont apparus, venant se cristalliser autour du sujet : biomimétique, bionique, solutions basées sur la nature etc. Compte tenu du peu de littérature scientifique et d'une abondance d'écrits populaires sur le sujet, issus d'auteurs aux parcours très distincts, des aspirations antithétiques apparaissent. La situation de l'objet est d'avantage compliquée, que la discipline a émergé dans diverses disciplines scientifiques ou non, dont chacune a son langage propre, sa méthodologie et son but. Nous considérerons ici que chaque terme revêt des aspects normatifs et idéologiques. Clarifier le sens des termes pourrait aider à en desceller les contours.

I.1.2. L'émergence du concept : de ses origines...

Otto Herbert Schmitt, ingénieur et physicien, faisait partie d'une génération de scientifiques qui ambitionnait de repousser les limites de leur discipline. Délaissant une approche spécialisée au profit d'une méthode interdisciplinaire, et jetant notamment des passerelles entre les communautés techniques et scientifiques. Ce dernier effectuait des recherches sur les interactions électriques au niveau des terminaisons nerveuses. Otto cherchait à mimer dans un circuit artificiel, le fonctionnement du système nerveux, ou plus exactement un état de formation et de propagation d'impulsions le long d'un réseau de fibres nerveuses. Ce faisant, Otto H. Schmitt identifia une conduction variable le long des axones des calmars géants (Schmitt, 1940). C'est à partir de cette observation que naîtra la bascule de Schmitt - aussi appelée trigger de Schmitt-, qui vise à éliminer le bruit des signaux électriques des circuits imprimés. L'invention de cette bascule bioinspirée donnera à Otto H. Schmitt, l'opportunité de proposer en 1957 dans sa thèse de doctorat, pour la première fois, le concept de « biophysique ». Qui mènera plus de dix ans plus tard, à celle de la biomimétique (Fayemi, 2016). A ce moment de l'histoire des sciences, où deux approches de l'ingénierie prédominaient, l'une ancrée dans les apports de la physique, l'autre dans ceux de la biologie, l'auteur -pourtant physicien de formation- conçut ce terme pour révéler l'apport de la biologie au sein de l'ingénierie. (Schmitt, 1969 cité par Vincent et al., 2006). Selon lui, « *La biophysique n'est pas tant une question de sujet que de point de vue. C'est une approche des problèmes issus des sciences du vivant sous l'angle de théories et technologies de la physique. Réciproquement, la biophysique est aussi l'approche qu'aurait un biologiste à un problème de physique ou d'ingénierie, bien que cet aspect ait été grandement délaissé* » (Traduit de (Schmitt, 1957) cité dans Harkness, 2002).

Plus tard, Schmitt (Schmitt, 1969, p. 297) a utilisé le mot biomimétique dans le titre d'un article qui a fait sa première apparition publique dans le dictionnaire de Webster en 1974, accompagné de la définition suivante: "*L'étude de la formation, structure ou fonction de substances et de matériaux biologiquement produits (comme les enzymes ou la soie) et de mécanismes et processus biologiques (comme la synthèse protéique ou la photosynthèse) spécialement pour synthétiser des produits similaires par des mécanismes artificiels qui imitent ceux naturels.* » (Harkness, 2001) cité par (Vincent et al., 2006). Cette définition offre deux interprétations possibles de la biomimétique : la synthèse artificielle de matériaux, substances ou autres configurations structurelles de sources naturelles et l'imitation de procédés biologiques par la création de produits. Chacune de ces significations se concentre exclusivement sur le résultat sans aborder spécifiquement la contribution dynamique potentielle de la biomimétique dans le développement de ces produits, matériaux ou structures. (Fayemi, 2016)

Un an après les découvertes de Schmitt, en 1958, le médecin américain Jack Steele, alors en poste dans un laboratoire de recherche médicale aérospatiale, présenta une interprétation dérivée de la biomimétique, qu'il appela Bionique -contraction de biologie et technique, puis de biologie et

électronique-. Il énonça les objectifs scientifiques de la discipline lors d'un congrès de biophysique organisé à Dayton dans l'Ohio en septembre 1960 : lancer un programme de recherche transdisciplinaire -ingénieurs, physiciens, chimistes, mathématiciens, biologistes, psychologues- en vue de rechercher dans la nature des méthodes de conceptions de systèmes artificiels performants. (Guillot et al, 2008) Ces aspirations de recherche mèneront, bien plus tard et non exhaustivement, à des avancées dans les champs relatifs à la robotique, les nanotechnologies et l'intelligence artificielle.

Entre biomimétique et bionique, les définitions semblent proches, pour ne pas dire quasi identiques. Ce qui diffère toutefois sont les univers de recherche dans lesquels ils s'insèrent. Schmitt a critiqué le recours au terme « bionique », en soulignant que les recherches qui en découlaient se concentraient en grande partie sur l'activité cérébrale et l'informatique, il ne fallait pas perdre de vue l'émergence d'une multitude de nouvelles possibilités, comme les nouveaux matériaux. Comme Schmitt l'avait pressenti, le terme « bionique » acquit à terme une signification différente, notamment après la publication de *Cyborg* en avril 1972, roman de science-fiction de Martin Caidin. Celui-ci met en scène un pilote grièvement blessé après un vol expérimental et qui, grâce à des technologies médicales de pointe, est transformé en cyborg, un hybride mi-homme mi-machine doté de superpouvoirs (Kapsali, 2017).

À la création de la biomimétique et de la bionique en tant que concepts, se succède celle de la « bio inspiration », inventée et popularisée par le chimiste américain George McClelland Whitesides, connu notamment pour ses recherches sur la résonance magnétique nucléaire (RMN) et ses apports sur les nanotechnologies. La bio inspiration consiste en l'utilisation de la compréhension des fonctions en biologie pour stimuler la recherche des sciences et techniques non biologiques. Pour le chimiste, la bio inspiration revêt deux caractéristiques majeures : sa simplicité et son accessibilité. Les procédés biologiques sont sources d'une extrême complexité et nécessitent des moyens et temporalités de recherche conséquents pour leur compréhension. Premièrement, l'auteur y voit une possibilité pour tendre vers des procédés technologiques et chimiques plus simplifiés. Là où les sciences techniques procèdent par des méthodologies très complexes et riches en ressources, le génie du vivant use de moins de subterfuges et d'énergie pour des résultats similaires. Secondement, selon l'auteur pour s'inspirer du vivant, il n'y a pas forcément besoin de connaître tous les ressorts du fonctionnement d'un organisme, mais des principes directeurs qui nous seront utiles. Il s'agit en somme d'une procédure de simplification de la biologie, dans l'optique d'une application non biologique. *« En dépit de cette complexité ultime, une compréhension des rudiments de la fonction biologique (par exemple des comportements phénotypiques de niveau supérieur) nous permet de commencer à apprécier les processus d'optimisation de la fonction apparus au cours de milliards d'années d'évolution darwinienne. Cette appréciation clarifie pourquoi les cellules et les organismes ont les structures qu'ils font, et fournit des raccourcis vers la fonction «réaliste» dans les systèmes synthétiques. Pour imiter une fonction, nous n'avons pas besoin de le comprendre complètement. Nous n'avons pas besoin de comprendre comment les solvants*

agissent au niveau moléculaire pour les utiliser en synthèse organique. Un avion n'utilise pas les mêmes processus qu'un oiseau pour voler, mais les oiseaux et les avions partagent l'idée du vol ». (Whitesides, 2015)

La recherche bioinspirée a donc le potentiel d'être accessible à des laboratoires aux ressources limitées, d'offrir des voies vers des fonctions nouvelles et utiles, et de combler les différences d'interactions techniques et culturelles de différentes régions géographiques.

I.1.3 (...) A nos jours

Ce sera en 1997 que la notion de biomimétisme prit un second souffle, avec la parution du livre de la biologiste américaine Janyne Beynus, intitulé *Biomimétisme, quand la nature inspire des innovations durables*. L'auteure, désormais présentée comme figure de proue de la discipline, s'est employée à définir l'ambition de la démarche biomimétique : « *La nature a déjà résolu les problèmes auxquels nous sommes confrontés. Les animaux, les plantes et les microbes sont des ingénieurs accomplis. Voilà le message du biomimétisme : après 3,8 milliards d'années de recherche et développement, les échecs sont devenus fossiles, et ce qui nous entoure est la clé de la survie* » (Beynus, 1997). Son ouvrage présente une synthèse des applications inspirées du fonctionnement du Vivant, dans des domaines multiples tels l'agriculture, des matériaux, de l'informatique, de l'industrie, etc. Face aux concepts de biomimétique, bionique et bioinspiration, le biomimétisme se distingue par l'accent mis sur la recherche de durabilité. « *Le biomimétisme utilise une norme écologique pour juger la justesse de nos innovations.* » (Beynus, 1997) Durant une conférence, l'auteur affirma que « *l'environnement bâti est le terrain le plus fertile pour la bioimitation* » (cité dans Klein (2009)). Effectivement, le secteur du BTP -Bâtiment Travaux Publics- est l'un de ceux les plus en avance dans l'utilisation de produits biomimétiques. Et pour cause, ce secteur est aussi responsable de 40% des émissions européennes en CO₂, de 30% à 40% des déchets solides et subit donc une forte pression pour réduire son impact sur l'environnement (Deshayes, 2012). Janine Benyus estimait fin 2008, que 300 000 édifices en Europe arborent des vitres autonettoyantes qui copient la manière dont l'eau perle et glisse sur les feuilles de lotus entraînant la poussière avec elle (Klein, 2009). Si la démarche biomimétique trouva une application silencieuse jusqu'alors majoritairement dans les domaines de l'ingénierie, de la physique, du médical et militaire⁶, elle recouvre actuellement des spectres bien plus larges allant de l'architecture à l'économie -la permaéconomie⁷-, jusqu'aux activités de management avec la création récente d'un cabinet d'audit

⁶ : R.G Busnel, spécialiste du sonar des dauphins, organisa en 1966 le second congrès international qui se déroula en Italie sous les auspices de l'OTAN et de l'Office des recherches navales des Etats-Unis, (THIERY, BRETON, 2017)

⁷ Inventée par Emmanuel Delannoy qui dans son ouvrage intitulé Permaéconomie (2016) la définit comme une discipline économique « Fondée sur une nouvelle relation au vivant, inspirée de la permaculture, qui entretient la richesse de la biosphère, ce socle fondamental de la prospérité. »

et de conseils basés sur des solutions biomimétiques⁸ pour ne citer que cela. C'est cette déclinaison rapide du biomimétisme au sein de disciplines diverses et variées qui nous fait croire à une potentielle reprise du concept dans l'univers urbain.

I.1.4 Le biomimétisme, un concept qui séduit ?

Une plus grande applicabilité du biomimétisme dans les pratiques industrielles et entrepreneuriales a été permise par les avancées et diffusions des sciences du vivant. Cela a conduit à la création d'instituts de recherche et d'ingénierie uniquement dédiés au biomimétisme, comme le Wyss Institute⁹ de Harvard. L'on observe cette dernière décennie une augmentation significative du nombre de brevets, d'innovations et de produits qui sont totalement ou en partie inspirés de la nature. Dans son étude de 2011 le Fermanian Business & Economic Institute introduit un outil, l'index « Da Vinci », qui vise à mesurer l'activité de recherche et d'innovation dans le domaine de la bioinspiration (FBEI, 2011). L'évolution au cours des dernières années de cet index, constitué à hauteur de 30 % du nombre de publications, de 30 % du nombre de brevets, de 15 % du nombre de bourses de recherche attribués et de 25 % du montant des bourses de recherche attribuées est présenté en Figure 1. (Fayemi, 2016)

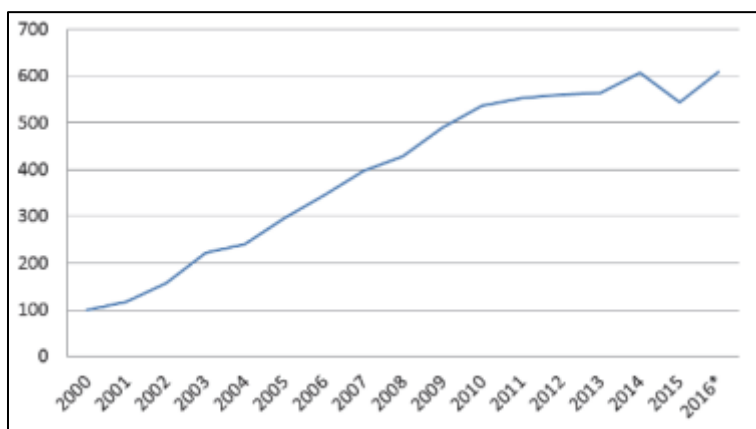


Figure 1 Index global Da Vinci de 2016, source : FBEI (2015)

En 2011, le même rapport spéculait que : “While the field today is just emerging, in 15 years biomimicry could represent \$300 billion annually of U.S. gross domestic product (GDP) in 2010 dollars. Biomimicry

⁸ Voir à ce sujet l'agence Pikaia, filière naissante du groupe Indiggo, www.pikaia.fr, consulté le 25 mai 2018

⁹ Voir à ce sujet le site internet du Wyss Institut : <http://wyss.harvard.edu>, consulté le 7 février 2018

could account for 1.6 million U.S. jobs by 2025. Globally, biomimicry could represent about \$1.0 trillion of GDP in 15 years”¹⁰.

Le biomimétisme a aujourd’hui le vent en poupe. Toutefois, une étude de notoriété réalisée par le groupe Newcorp Conseil¹¹ en 2016 sur la notoriété du biomimétisme au sein du grand public relève que 11% de l’échantillon sondé est familier à la notion. Ce chiffre peut sembler assez peu conséquent pour prétendre à une étendue sociétale du biomimétisme. Toutefois, il faut garder deux éléments à l’esprit pour l’interpréter correctement. Premièrement, le biomimétisme est à ce jour surtout connu dans les sphères de l’industrie, la technologie et la recherche & développement. Comme en témoignent les chiffres précédemment du rapport du FBEL. Secondement, peut-être s’explique-t-il par l’étendu du champ lexical gravitant autour du biomimétisme : bio inspiration, bionique, biomimétique, nature-based solutions etc. L’ensemble de ces dénominations viennent au fur et à mesure compléter et enrichir l’approche biomimétique par une diversité d’intentions, de modèles et d’outils.

I.1.5 Précisions lexicales.

Dans le but de définir une base commune et une cohérence, des normes ISO furent élaborées

L’encadré ci-dessous présente les définitions retenues à ce jour par l’organisme compétent :

BIOMIMETISME : philosophie et approches conceptuelles interdisciplinaires prenant pour modèle la nature afin de relever les défis du développement durable (social, environnemental et économique).

BIO-INSPIRATION : approche créative basée sur l’observation des systèmes biologiques.

BIOMIMETIQUE : coopération interdisciplinaire de la biologie et de la technologie ou d’autres domaines d’innovations dans le but de résoudre des problèmes pratiques par le biais de l’analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, leur abstraction en modèles ainsi que le transfert et l’application de ces modèles à la solution. Trois critères doivent être remplis pour qu’un produit soit considéré comme biomimétique : -une analyse fonctionnelle d’un système biologique disponible a été effectuée ; -une abstraction du système biologique vers un modèle a eu lieu ; -un modèle a été transféré et appliqué pour concevoir le produit. La biomimétique peut être considérée comme une discipline scientifique, un processus d’innovation, ou une technique de créativité selon l’intensité avec laquelle elle est appliquée.

BIONIQUE : discipline technique qui vise à répliquer, améliorer, ou remplacer des fonctions biologiques par leurs équivalents électroniques ou mécaniques

Tableau 1 : Définitions ISO (International Organisation for Standardisation), 2015

¹⁰ « Alors que le domaine actuel est en train d’émerger, en 15 ans, le biomimétisme pourrait représenter 300 milliards de dollars américains de produit intérieur brut américain (PIB) en dollars de 2010. La biomimétisme pourrait représenter 1,6 million d’emplois américains d’ici 2025. À l’échelle mondiale, le biomimétisme pourrait représenter environ 1,0 billion de dollars du PIB en 15 ans » (traduction personnelle)

¹¹ Etude sur la notoriété du Biomimétisme, réalisé par NewCorpConseil, 2016, consultable sur : www.biomimexpo.wordpress.com, consulté le 4 janvier 2018.

La multiplicité des pratiques fait qu'il est parfois délicat de discerner ce qui relève du biomimétisme ou non. A cela s'ajoute le fait que, comme nous le rappelle l'écologue Marc Barra lors d'un entretien, certains font du biomimétisme sans le savoir ou sans le concevoir ainsi. Ce qui s'apparenterait en quelque sorte à du « biomimétisme accidentel » (Fayemi, 2016). Si le recours au corpus de la biologie dans certaines démarches de production est clairement explicite, à d'autres échelles d'action, comme sur l'étude des organisations, cela devient plus complexe. S'agit-il de métaphores naturalistes ou d'imitations formelles ?

Aux définitions présentes ci-contre, nous nous proposons d'ajouter celle de « Nature-Based Solutions » définis par l'UICN comme « *les actions qui s'appuient sur les écosystèmes afin de relever les défis globaux comme la lutte contre les changements climatiques ou d'autres (santé, approvisionnement et qualité de l'eau, sécurité alimentaire...)* ». ¹² Afin de s'entendre et puisque la finalité de notre étude réside dans le tracé des éléments épistémologiques de la ville biomimétique, il nous paraît plus approprié de considérer ici le biomimétisme essentiellement selon son approche philosophique, en n'excluant pas toutefois les autres dimensions.

I.2 Le biomimétisme : Une philosophie

I.2.1 Les fondements : L'éthos, la (re)connexion et l'émulation

Le courant de l'écologie profonde, dont Arne Naess est le père fondateur, prône une éthique non-utilitariste de la nature fondée sur la défense de la valeur intrinsèque des êtres vivants, c'est-à-dire une valeur indépendante de leur utilité pour les êtres humains. L'environnement y est présenté comme l'espace d'interactions constantes qui viennent modifier sans cesse l'équilibre de chaque composant. De fait, la nature serait un système à la fois global et supérieur à chacune de ses parties – dont l'humain fait partie-. Proche de ces considérations la philosophie sous-tendant le biomimétisme place l'humain comme une espèce en coévolution avec d'autres, qui pour le maintien et le bien-être de sa population doit apprendre à se placer avec justesse dans la sphère du vivant.

De fait, une démarche biomimétique obéit à une triple intention¹³ : l'éthos, la (re)connexion et l'émulation.

- **L'éthos** -soit l'éthique- traduit la philosophie sous-jacente à la pratique, respectueuse et responsable face à chaque forme de vie, faisant écho aux considérations précédemment évoquées.

¹² Définition issue du site officiel de l'UICN Union Internationale pour la Conservation de la Nature

¹³ Il est à noter que ces trois piliers de la démarche biomimétique sont ceux énoncés par Biomimicry 3.8, organisation fondée par Janine Benyus, et que chaque production se présentant comme « biomimétique » n'obéit pas forcément à cette chartre éthique.

- **La reconnexion** est la volonté d’explorer et d’approfondir la relation entre humains et non-humains. A la recherche d’une modification des regards et perceptions sur le règne du vivant. La reconnexion est un moyen pour prendre la mesure de l’importance de s’insérer dans un système global.
- **L’émulation** est la recherche proactive des processus et stratégies issus de l’observation des phénomènes naturels, qui pourraient contribuer à un changement qualitatif de nos modes de production et de consommation, ainsi que de nos relations.

Chaque démarche biomimétique est appelée à s’inscrire dans ce triptyque afin d’assurer un engagement qui s’insère dans le sens d’une durabilité forte.¹⁴ Néanmoins, le biomimétisme est parfois décrié pour son manque d’assise philosophique et nombreux s’interrogent du fait que la notion peine encore à s’introduire dans les recherches fondamentales en sciences humaines. (Pitrou et al, 2015) Qualifié de « *philosophiquement sous-développée, descriptif et ad hoc* » par Freya Mathews (Mathews, 2011), le biomimétisme est dans une grande mesure abordée par le biais d’éléments de discours informels, adoptant un style journalistique et dont la finalité est la vulgarisation scientifique (Dicks, 2016). En quête de fondations stables, les applications biomimétiques se partagent majoritairement entre deux visions : L’une biocentrique, l’autre bioinclusive (F. Mathews, 2010), quand elles ne sont pas clairement anthropocentrées.

I.2.2 Du biocentrisme, à la bioinclusivité

L’approche biocentrique vise à réinsérer les finalités humaines dans une perspective plus large, dans une vision globale du vivant, affirmant que tout être vivant mérite le respect moral. La vision bio-inclusive, adopte la même démarche, ce à quoi elle ajoute une vision non-dualistique du rapport entre nature et humains (Marsault, 201). Si la première approche vise la réduction des externalités négatives, la seconde ambitionne la création d’externalités positives et création de modèles qui soient régénératifs pour l’environnement et l’humain. (F. Mathews, 2011). Il s’agit ici d’une dichotomie théorique, qui peut appeler à de plus amples nuances dans sa dimension pratique. Néanmoins, la perspective bio-inclusive est un vecteur utile pour dépasser l’opposition nature & culture, en réintégrant l’humain dans le cycle du vivant et en considérant les entrelacs complexes qui contribuent à la « cohabitation » et «

¹⁴ Selon Joelle Salomon Cavin & Dominique Bourg, la durabilité faible « *prône une substitution continue du capital reproductible et technologique au capital naturel. La durabilité forte oppose à cette conception l’impossibilité d’une telle substitution et la nécessité d’une préservation du capital naturel, en mettant notamment en avant la question des services écologiques* », dans l’article « *Deux conceptions de la durabilité urbaine : ville prométhéenne versus ville orphique* », dans Philosophie de l’environnement et milieux urbains. Paris, La Découverte, « Armillaire », 2010, p. 117-136

coévolution » entre les humains et non humains, êtres animés et inanimés. (Pitrou et al, 2015). A contrario de la perception d'une nature comme gisement de ressources, la philosophie du biomimétisme occasionne une transition où il ne s'agirait plus de « prendre » de la nature, mais d'« apprendre » de celle-ci (J.Benyus 2011). Il ne s'agit pas de simples rhétoriques séduisantes mais d'une nécessité, qu'a l'humanité en tant qu'espèce, de repenser son rapport au monde. Ce qui fait échos aux propositions de Gaston Pineau de « transformer nos rapports d'usage en rapports de sage » (Pineau,2015).

I.2.3 Les principes du vivant

Tout comme les physiciens qui, grâce à l'analyse des principes de thermodynamique, ont tenté de faire transparaître les lois gouvernant les systèmes ; biologistes et écologues ont cherché à extraire les mécanismes fondamentaux de fonctionnement du vivant. L'association Biomimicry3.8, fondée par Janine Benyus, a regroupé dans un diagramme les différentes façons par lesquelles la Terre régule et conserve ses ressources au sein de son écosystème global. Ces principes du vivant sont le fruit des pressions de l'évolution et de l'adaptation des écosystèmes. D'autre part, ils sont basés sur 3 contingences, inhérentes au Système Terre, à partir desquelles toutes formes de vie ont dû trouver des stratégies d'adaptation :

- **Le système Terre est fini et borné**
- **L'environnement est en équilibre dynamique**
- **La planète est basée sur l'eau**

L'on retrouve une correspondance remarquable entre les principes énoncés par Janine Benyus et ceux proposés par le biologiste Mahlom Bush Hoagland, l'un des découvreurs de l'ARNt, dans son ouvrage *Exploring the way life works : the science of biologie*, co-écrit avec Judy Hauck. Le tableau qui suit propose une synthèse de ces différents travaux, ainsi qu'une contribution personnelle, visant à aiguiller par quels exemples ces principes pourraient être déclinés sur la thématique urbain.

Principes du Vivant selon Hoagland & Hack	Principes du vivant selon Janine Benyus et al (2011)	Application des principes pour un usage urbain (Contribution personnelle)
La vie se développe du bas vers le haut	La nature utilise principalement l'énergie solaire	Usage d'un mix énergétique renouvelable
La vie s'assemble en chaînes	La nature n'utilise que la quantité d'énergie dont elle a besoin	Usage efficient de l'énergie Bâtiment à énergie positive
La vie a besoin d'un dedans et d'un dehors	La nature adapte la forme à la fonction	Bâtiment modulable
La vie utilise peu de thèmes pour générer de multiples variations	La nature recycle tout	Economie circulaire et symbiose industrielle
La vie s'organise grâce à l'information	La nature récompense les coopérations	Encourager la création de lien et la résilience locale
La vie encourage la diversité en redistribuant l'information	La nature valorise l'expertise locale	Etude du biome préexistant à l'anthropisation d'un lieu pour dégager des principes d'aménagement
La vie crée à partir d'erreurs	La nature parie sur la diversité pour s'adapter	Participation citoyenne aux processus de décisions et création de projet
La vie naît dans l'eau	La nature limite les excès de l'intérieur	Recyclage des déchets et réutilisation
La vie se nourrit de sucres	La nature utilise les contraintes en opportunités	Bâtiment réversif et évolutif
La vie fonctionne par cycles		
La vie recycle tout ce qu'elle utilise		
La vie perdure grâce aux rotations de matière		
La vie tend à optimiser plutôt qu'à maximiser		
La vie est opportuniste		
La vie est compétitive sur un socle de coopération		
La vie est interconnectée et indépendante		

Tableau 2 : Tableau comparatif des "principes du vivant" issus de M. Hoagland & J. Hauck, et ceux issus de J. Benyus. Et application au cas de la ville (contribution personnelle).

A ces principes, F. Matthews propose l'ajout de deux autres : ceux de connectivité et de moindre résistance (F. Matthews, 2011). Premièrement, le principe de connectivité, hérité de Spinoza, repose sur la volonté de toutes formes de vie et des systèmes vivants de maintenir ou d'augmenter leur propre existence. Ceci implique d'explorer les mécanismes de sélection naturelle qui vont déterminer de la survie d'une espèce ou de sa capacité d'adaptation. D'un point de vue plus « méta », ce principe questionne le fait suivant : Nos productions et actions sont-elles au service du maintien de la vie humaine sur Terre ?

Secondement, l'idée de « moindre résistance » traduit les stratégies déployées par les formes vivantes, préférant recourir à un usage le plus efficient possible de leur énergie, et d'éviter au possible les obstacles et affrontements. (F. Matthews, 2011). Ces deux principes sont orchestrés ensemble : en prenant soin de leur intégrité, les organismes usent du principe de « moindre résistance », et en évitant les affrontements non nécessaires, ils ménagent aussi les autres. L'auteure les conçoit comme des principes fondamentaux pour rendre intelligible les précédents décrits par Janine Benyus et Hoagland . Ce à quoi elle ajoute « *“Only when we have understood why nature runs on sunlight and why it banks on diversity can we truly get inside the mind-set of nature, so to speak, and start designing our world, non dualistically, from inside that mind-set”* »¹⁵

Ces stratégies sont issues d'une observation des processus d'évolution du vivant, afin d'en dégager certaines caractéristiques pour guider l'œuvre humaine. Le chercheur et philosophe Henry Dicks nous alerte quant au fait qu'ils ne soient universels (Dicks, H, 2015). En effet, ils sont à entendre comme des principes et non des lois, dans le sens où des exceptions demeurent. Dans le cas du principe selon lequel « *La nature utilise principalement l'énergie solaire* », le cas des organismes chimiotrophes se place en contre-exemple. Les chimioautotrophes, organismes autotrophes de la famille des chimiotrophes. Ces organismes sont en général lithotrophes, et sont principalement des bactéries. Sans utiliser l'énergie solaire, ils utilisent le carbone prélevé dans le dioxyde de carbone ou les carbonates pour puiser l'énergie nécessaire à la synthèse de leurs propres molécules. (Bercker, 2013)

Toutes proportions gardées, il n'en demeure que cette grille de lecture se présente à la fois comme un cahier des charges à l'intention des projets et un outil de diagnostic puissant pour mesurer la durabilité de toute innovation. Cependant, ces principes se doivent d'être appliqués de concert pour générer un réel impact. Il ne s'agit pas d'optimiser un paramètre au détriment des autres, mais a contrario d'user d'une action conjointe. Il est à noter que malgré ces lignes directrices bien marquées, le recours à une démarche biomimétique peut parfois être au service d'une communication verte, au sein de laquelle les impacts réels demeurent cantonnés uniquement dans l'énonciation d'une forte ambition. En leur permettant d'accéder à de nouvelles sources d'inspiration et d'innovation venant du vivant, comme nous

¹⁵ « Ce n'est que lorsque nous aurons compris pourquoi la nature fonctionne grâce aux rayons solaires et pourquoi elle repose sur la diversité, que nous pourrons vraiment entrer dans l'esprit de la nature et grâce à cela, concevoir notre monde de manière non dualiste.

le rappelle Olivier Allard, les entreprises réduisent bien trop souvent le biomimétisme à un avantage comparatif pour se positionner dans des marchés dont la compétition est loi. « *L'accent est mis sur des solutions techniques découplées des systèmes biologiques, environnementaux et sociaux. Le risque est de perdre au passage les pratiques de conception aboutissant à une production durable et saine, intégré à l'environnement, en soutien à la vie* ». (Allard,2012). S'il s'agit d'un fait indépendant de la pertinence des fondements directeur de la discipline, il n'en reste pas moins à vigiler. Nous y reviendrons plus tard.

Ajoutons à cela que la correspondance entre ces principes et les injonctions d'un urbanisme durable - voir écologique- est indéniable : recyclage, transition énergétique, mobilité douce, objectif bas -voir zéro- carbone, gestion durable de l'eau, alimentation locale, haute qualité de vie, participation citoyenne etc. C'est cette possibilité d'application du biomimétisme dans le cadre urbain que l'on va désormais aborder.

I.3. Les 3 niveaux du biomimétisme : quand le vivant inspire la ville

Il est coutumier de distinguer 3 niveaux d'inspiration dans la démarche biomimétique : l'inspiration par les formes, les processus (l'étude des synthèses) & les écosystèmes (l'étude des relations entre les parties). Chaque niveau obéit à des approches et des leviers d'action différente. Nous déclinons ces trois échelles de travail par le biais des 3 exemples sélectionnés :

- L'arbre à vent ou la comment optimiser plutôt que maximiser
- Le *Physarum polycephalum* ou comment fonctionner en réseau
- La ville de Kalundborg & la symbiose industrielle

I.3.1 L'inspiration par la forme : L'arbre à vent où comment optimiser plutôt que de maximiser

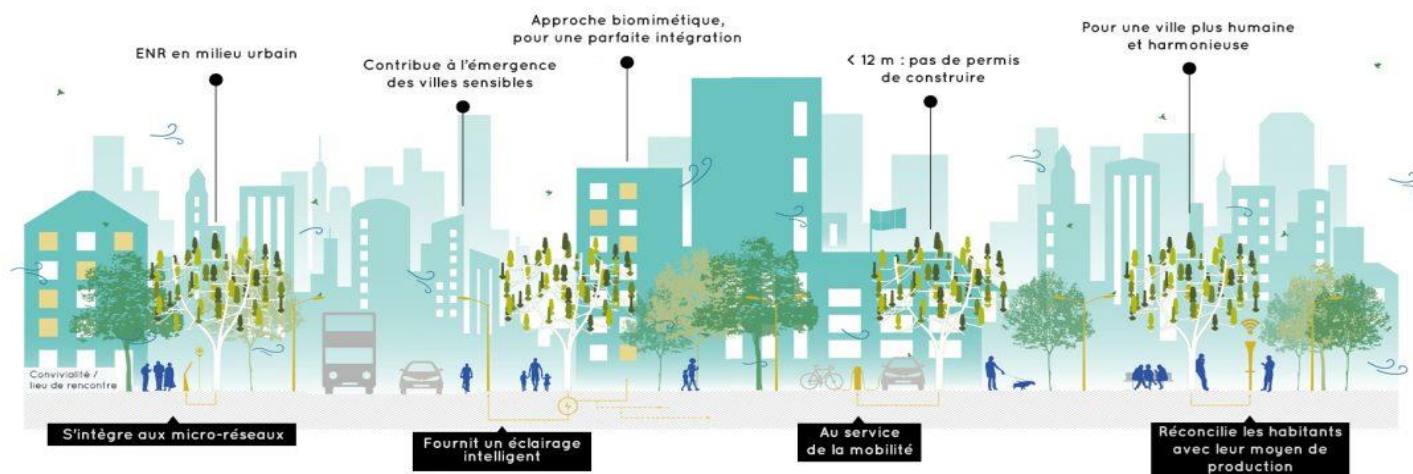


Figure 2 Insertion de l'arbre à vent dans le paysage urbain, source NewWordWind

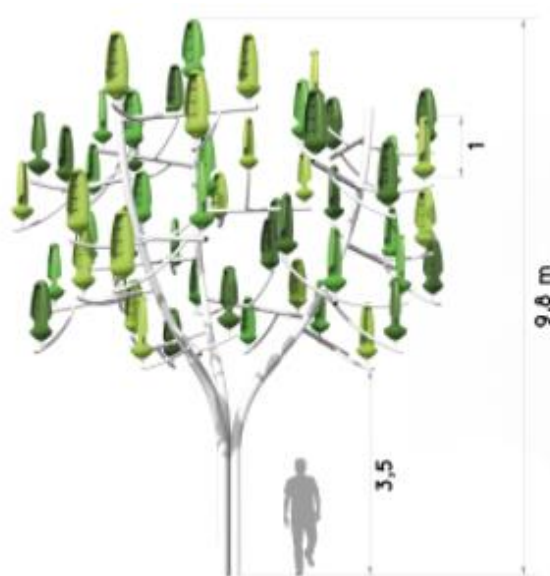


Figure 3 Schéma de l'arbre à vent, source : NewwordWind

L'arbre à vent est un système éolien mimant la forme d'un arbre. Son fonctionnement puise son inspiration des légères oscillations des feuilles d'un arbre, qui se meuvent en l'absence aérien notable, grâce à de longs pétioles. Les matériaux utilisés sont essentiellement l'acier et le PVC et 99% des matériaux sont produits en France. Ainsi, la structure de l'arbre à vent est composée de 60 feuilles, chacune possédant un micro-générateur. Ce qui permet de potentialiser les énergies diffuses. Il s'agit de « *répéter la génératrice un grand nombre de fois dans un petit volume sans que les effets de sillage ne pénalisent l'extraction d'énergie* », explique Jérôme Michaud-Larivière, fondateur de New Wind.¹⁶ « *Nous avons développé un algorithme capable de donner le nombre et les positions idéales des*

feuilles ». S'il faut une vitesse moyenne de vent de 4m par seconde pour qu'une éolienne classique fonctionne, le seuil de démarrage de l'arbre à vent est de 1,6m par seconde, ce qui lui permet un rythme de production de près de 300 jours par an (versus 120 ou 140 pour les autres).

¹⁶ Propos recueillis au sein d'une interview pour l'Usine Nouvelle, article n°3457, « L'éloge de la Nature », Manuel Moragues, publié le 25 février 2016,

L'arbre à vent permet de fournir 3KW, soit l'alimentation nécessaire pour 25 réverbères ou les besoins électriques d'un foyer de 4 personnes hors chauffage¹⁷ et présente l'avantage d'être silencieux et de pouvoir s'intégrer aisément aux construits urbains. Selon Jérôme Michaud-Larivière, son fondateur, l'enjeu premier était de capter l' *"énergie plus diffuse, tordue, instable, que les industriels négligent, mais qui est partout"*.¹⁸ Ainsi, l'arbre à vent ambitionne de minimiser les risques d'intermittences liés au captage des énergies à grande vitesse, mais aussi à rapprocher les lieux de production des consommateurs en les plaçant proche des habitats, au cœur des villes (voir figure 2). Toutefois, la commercialisation du produit a fait défaut et l'entreprise en faillite. La commercialisation des produits biomimétiques est une étape très délicate, il n'est pas rare que beaucoup d'innovations restent au stade de la recherche et du développement quel que soit le secteur concerné. ¹⁹ Comme l'annonce l'architecte Estelle Cruz en poste au CEEBIOS *« De plus, les produits biomimétiques disponibles sur le marché ne constituent que très rarement de véritables ruptures technologiques et pas nécessairement écologiques. Les principaux freins reposent sur la transposition artificielle de propriétés naturelles ainsi que l'industrialisation des procédés développés. »*

I.3.2 L'inspiration par le processus : Physarum polycephalum ou comment fonctionner en réseau.



Figure 4 Physarum Polycephalum, source : www.hampshire.edu

Le Physarum polycephalum est un myxomycète, micro-organisme unicellulaire de la famille des amibes. Il a la capacité de se combiner avec d'autres organismes au sein de la même paroi cellulaire afin de maximiser les ressources. A l'intérieur de l'amibe se trouve des veines protoplasmiques en mouvement grâce à un débit pulsatile constant, qui transportent les matériaux, nutriments et informations chimiques à

travers les cellules. Ces oscillations continues et synchrones permettent à cet organisme, sans système cérébral, d'avoir une compréhension assez complète de son environnement.

Cette amibe a retenu l'attention de la communauté scientifique pour ses capacités à optimiser les réseaux de transport et de distribution. Une expérience menée par une équipe de chercheurs japonais et

¹⁷ Source : www.newworldwind.com

¹⁸ Usine Nouvelle, art cit

¹⁹ Propos d'Estelle Cruz, chargé de la mission Habitat pour le CEEBIOS, propos recueillis dans le rapport : Evaluation du potentiel de développement de la biomimétique en région Nouvelle-Aquitaine, octobre 2017

deux britanniques a permis de reproduire, à l'échelle du physarum, la problématique du réseau de Tokyo qui relie la capitale aux 36 villes voisines (Tero et coll., 2010). Ils ont recréé sur une plaque couverte de gel d'agar, la cartographie de Tokyo, puis ont placé 37 points de nourriture, correspondants aux 36 villes reliées à la capitale. Le physarum fut déposé au point correspondant à Tokyo et ils ont observé comment l'organisme se développait. Ce dernier a d'abord colonisé l'ensemble du plateau, puis s'est réorganisé et stabilisé au bout de 26 heures ce qui a donné lieu à la création d'un réseau de larges circuits interconnectant les sources de nourriture.

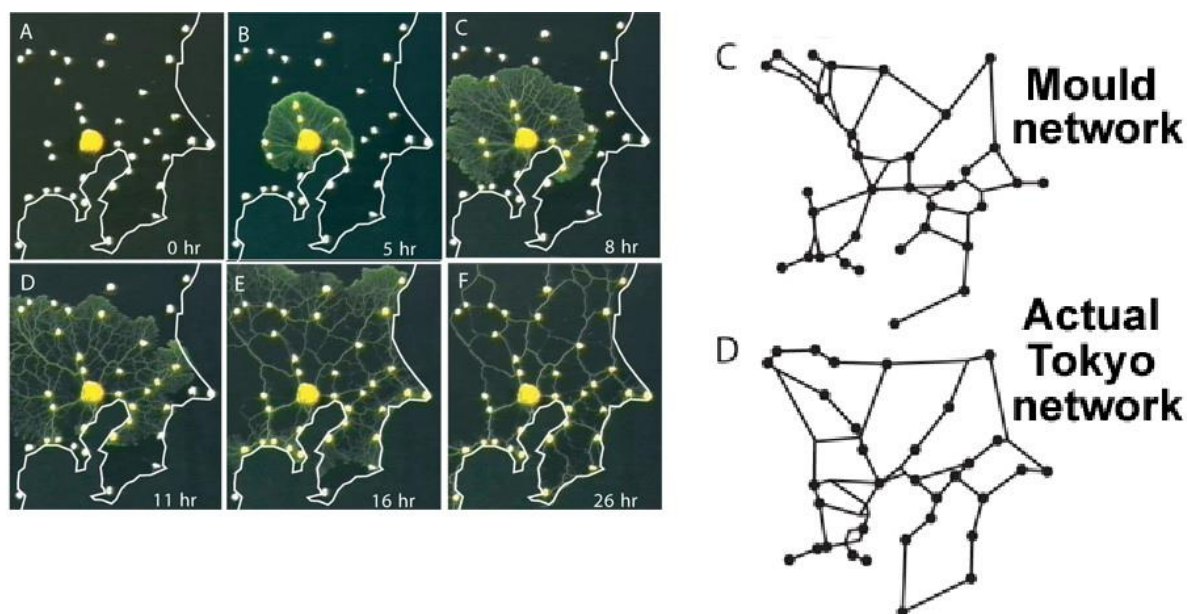


Figure 5 : Reconstitution du réseau de Tokyo par le Physarum & comparaison avec celui actuel, source : Fayemi (2015)

Le résultat a été comparé au réseau ferré régional selon trois critères : efficacité, coût et tolérance aux défauts. La conclusion publiée dans la revue Science, témoigne que le réseau formé par l'organisme est au moins aussi performant que celui conçu préalablement par les ingénieurs du génie civil. (Tero et coll., 2010) Un modèle mathématique imitant le comportement du Physarum a été créé pour aider à la conception de réseaux de transports efficaces (Tero et coll., 2010).

I.3.3 L'inspiration par l'écosystème : La ville de Kalundborg au Danemark

- **Présentation**



Figure 6 Vue aérienne de la ville de Kalundborg,
source : <http://kalundborgrekrutteringsalliance.dk>

L'exemple de la ville de Kalundborg est souvent mis en avant lorsqu'il s'agit de traiter d'un biomimétisme écosystémique. Et pour cause, il s'agit d'une illustration majeure des principes de l'écologie industrielle et du concept de symbiose industrielle. Kalundborg est une ville danoise de 20 000 habitants, à une centaine de kilomètres à l'ouest de Copenhague.

C'est une ville industrielle, située sur les côtes de la mer du Nord et dont le port dessert la plus importante centrale à charbon et raffinerie du pays. Dès la fin des années 50, le gouvernement danois a choisi Kalundborg, pour son emplacement stratégique, afin d'implanter des industries lourdes : une raffinerie (Statoil), une centrale électrique (Asnaes), le site principal d'une entreprise de biotechnologie (Groupe Novo), une usine de panneaux en plâtre (Gyproc), et aussi une entreprise de traitement des sols (Soilrem). Ces 5 industries et entreprises, en partenariat avec les municipalités de Kalundborg, sont devenues au fil des années, les acteurs majeurs de la "symbiose industrielle".

Dans sa forme initiale, l'expression « symbiose industrielle » a été proposée pour décrire des relations d'échanges de produits entre plusieurs entreprises, situées près de la ville danoise de Kalundborg (Ehrenfeld, Gertler, 1997). S'appuyant sur la notion de relations symbiotiques biologiques, la symbiose industrielle est généralement illustrée par un réseau d'échanges entre différentes entités localisées sur un territoire. Christensen (2006) la définit comme « a collaboration between different industries for mutual economic and environmental benefits ».²⁰ En travaillant ensemble, les entreprises s'efforcent de proposer une prestation collective supérieure à la somme des bénéfices individuels qui pourrait être obtenue dans le cas d'actions indépendantes.

²⁰ « Une collaboration entre différentes industries afin d'obtenir des bénéfices économiques et environnementaux mutuels. » (traduction personnelle)

- **Fonctionnement**

Le développement de la symbiose industrielle de Kalundborg est décrit comme un processus évolutif (Chertow, 2004) et volontariste au cours duquel des échanges de sous-produits indépendants ont progressivement évolué vers un réseau complexe d'interactions symbiotiques entre cinq entreprises implantées près d'une municipalité locale (Ehrenfeld, Gertler, 1997). Traditionnellement, l'usine de panneaux de plâtre Gyproc utilisait le gypse comme matière première. Il provenait d'Espagne, extrait de carrières naturelles, puis transporté par bateau sur près de deux mille kilomètres, avec tous les coûts financiers et les impacts environnementaux que cela suppose. Parallèlement, juste à côté de Gyproc, la centrale électrique produit une grande quantité de gypse, résultant du procédé de désulfurisation des gaz issus de la combustion du charbon, considéré comme un déchet. Ce dernier était ensuite placé en décharge, ce qui représente un coût non négligeable pour l'entreprise. Cette série de flux parallèles s'ignoraient entre eux. Dans ce cas, une entreprise génère un déchet -gypse- dont elle doit se débarrasser en payant pour le mettre en décharge. Juste à côté, une autre entreprise -Gyproc- doit payer pour importer de loin cette même matière première.²¹

Ce constat a mené à l'établissement d'un contrat bilatéral entre Asnaes et Gyproc. Toutefois, il fallait tenir compte du fait que le gypse naturel ne possède pas le même taux d'humidité que le gypse artificiel. Il y a donc eu une phase de transition, durant laquelle Gyproc mélangeait les deux sortes de gypse. Puis, une fois que la confiance entre les deux partenaires s'était bien établie, et que les aspects techniques et économiques étaient également clarifiés, Gyproc a investi dans une installation de séchage du gypse spécifiquement adaptée au gypse artificiel. Ce qui a conduit à élargir le champ de la coopération puisque par ailleurs, l'énergie nécessaire pour sécher le gypse est fournie par le gaz perdu de la raffinerie Statoil, à bas prix puisqu'il s'agit d'un déchet de raffinage. Par la suite, la logique s'est étendue aux autres entreprises en présence sur le territoire, sous formes d'échange les flux de matières -eau, déchets solides- et d'énergies -chaleur, vapeur-. Le tableau ci-dessous, traduit de Goosens (2009) et issus des travaux de J.Rudler (2013), décrit chronologiquement les étapes de mise en place de la symbiose jusqu'à 1993. Il exprime bien la variété des échanges et leur établissement progressif.

²¹ *Kalundborg, La voie Danoise*, article paru dans « L'Usine nouvelle », le 16 juin 2008, dossier : économie circulaire

Année	Événement
1972	Le gaz produit par la raffinerie Statoil devient source d'énergie pour la gypserie Gyproc
1976	La centrale électrique Asnae fourni des cendres aux cimenteries de la region
1979	Novo Nordisk commence la livraison de boues comme engrais pour les agriculteurs
1981	La centrale électrique fourni du chauffage urbain à la municipalité de Kalundborg
1982	La centrale électrique commence à livrer de la vapeur à Statoil et Novo Nordisk (après la construction de pipelines)
1987	La raffinerie Statoil fourni de l'eau de refroidissement pour les chaudières de la centrale électrique
1989	La centrale électrique fourni aussi de la chaleur perdue aux piscicultures (qui produisent 250 tonnes de poisson par an)
1990	La raffinerie commence la livraison de soufre liquide (chaud) à une centrale d'acide sulfurique à Jutland, un sous-produit de la désulfuration du pétrole requis par les nouvelles réglementations
1992	La raffinerie commence à fournir du gaz à la centrale électrique
1993	La centrale électrique commence à livrer du gypse (sulfate de calcium) à Gyproc après avoir installé un épurateur faisant réagir le soufre avec l'hydroxide de calcium

Figure 7 : Etapes successives de la mise en place de la Symbiose de la ville de Kalundborg, de 1972 à 1993, source : J. Rudler 2013

*

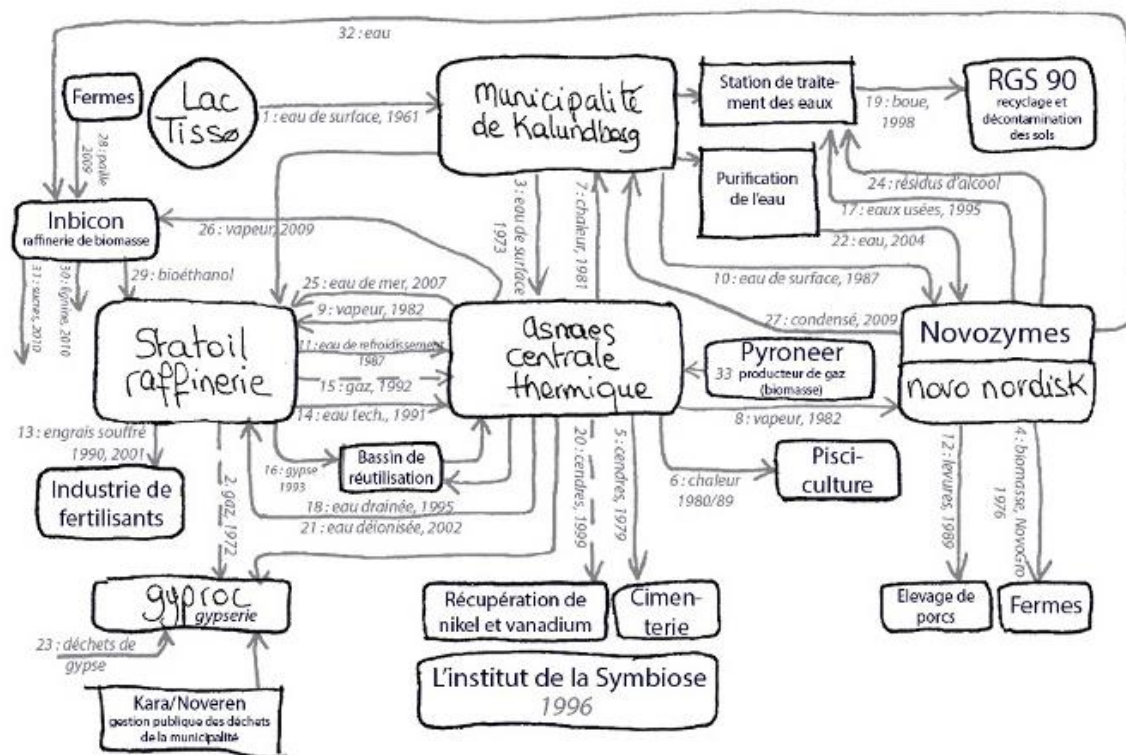


Tableau 4 : Schéma de fonctionnement de la Symbiose de Kalundborg en 2010, source : J. Rudler, 2013

Le schéma ci-dessus, repris des travaux de Jade Rudler (2013), adapté de celui de Chistensen (2010), offre une vision complète des modalités symbiotiques actuelles. Dans l'exemple de Kalundborg, il semblerait que les échanges réalisés au sein de la symbiose industrielle combinent à la fois des avantages importants -échanges d'eau de refroidissement entre Asnaes et Statoil- et des avantages mineurs -échanges d'eaux usées entre les deux mêmes sociétés- (Arnaud, 2008). La symbiose apparaît ainsi sous les traits d'une substitution directe/indirecte et d'un partage de services. Du point de vue entropique (Georgescu-Roegen, 1995), elle pourrait même proposer une solution physique à la gestion des déchets et à la circulation des flux géochimiques.

• Impacts & Bénéfices

Afin d'analyser la performance environnementale et économique de la symbiose de Kalundborg, Jacobsen (2016) a proposé une analyse quantitative des ressources matérielles économisées et des gains économiques qui en découlent.²²

²² L'on fera l'impasse ici sur la méthodologie adoptée et les critères sélectionnés pour l'étude, toutefois, pour plus de précisions, nous vous invitons à consulter la synthèse des travaux de Jacobsen, JACOBSEN, N., *Brings. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects*. Journal of industrial ecology, 2006, vol. 10, p. 239-255.

Les résultats concernant les ressources économisées sont les suivants :

- Eau souterraine : 1,9 million m³ / an
- Eau de surface : 1,0 million m³ / an
- Pétrole : 20 000t/an
- Gypse : 200 000t/an

Pour une meilleure lecture de ces chiffres, outre les pressions exercées sur les ressources naturelles, qui incitent à leur ménagement -dans le cas du pétrole et du gypse-, il est bon de souligner que la région de Kalundborg est caractérisée par un déficit en eaux souterraines. Ainsi, de nombreuses initiatives publiques et privées ont cherché au cours de ces dernières décennies à économiser les eaux souterraines. (Lambert et Boons, 2002). A cela s'ajoute un intérêt économique pour les entreprises. Puisque suite à un investissement initial de 75 millions de dollars US, les économies annuelles sont d'une moyenne de 15 millions de dollars US, ce qui représente 160 millions sur la période 1980-1998, permettant ainsi un retour sur investissement au bout de 5 ans maximum.

La symbiose a permis de découpler l'augmentation des impacts environnementaux et l'augmentation des activités industrielles, en favorisant systématiquement des synergies entre entreprises pour un usage optimal des ressources. L'impact environnemental global des activités économiques se stabilise donc à un certain niveau, voire même peut diminuer (Arnaud, 2008).

Toutefois, et pour conclure cet exemple, il paraît bon de souligner que la mise en place de cette symbiose industrielle a été influencée par un certain nombre de facteurs (Diemer, 2012). IL ne faut pas négliger la nature des activités des entreprises concernées, leurs histoires et leur proximité spatiale. La question de la spécificité du contexte est ainsi souvent rappelée dans la littérature pour expliquer les succès ou les échecs d'une symbiose (Christensen, 2006).

CONCLUSION DE PARTIE :

Nous considérons ici que ces solutions peuvent être pertinentes. Dans la mesure où elles contribuent à la création d'une myriade de possibles. Et dans des conditions où elles sont intégrées les unes aux autres et conçues dans le respect des limites des ressources et des nuisances à réduire. Néanmoins, des trois échelles envisagées par la discipline -forme, processus et écosystème- notre intérêt ici se penchera principalement sur la dernière. Puisque l'observation des interactions au sein d'un écosystème offre une vision holistique, complexe et riche d'enseignement pour guider à la création des circuits d'innovations qui soient à la hauteur des défis de notre temps. Aussi, interroger les interactions revient à questionner

les relations, ce qui permet de penser et d'intégrer chaque élément dans un rapport d'unité avec l'ensemble. A contrario de solutions ponctuelles qui reposeraient sur une optimisation de l'existant, il s'agit d'envisager l'innovation sous l'aune de rupture plus que de la continuité. Pour y induire un changement comportemental ou de pratique, voir un renouvellement du paradigme dominant sur la question.

De plus, le flou sémantique gravitant autour du « biomimétisme » n'est pas sans faire échos aux critiques adressées au « développement durable » (Zaccai, 2015), ainsi qu'au concept de « résilience » (Klein, 2004.). Tous deux souvent qualifiés de « mots valises » au sein desquels, chacun y puise les ressorts qui les intéressent et revendiquent l'ancrage de leurs actions au sein de ses concepts, sans pour autant se soucier de la cohérence globale de l'idée même de développement durable ou de résilience. Replacer le biomimétisme dans son cadrage historique est ainsi l'occasion de desceller les racines multiples du concept et d'accroître notre vigilance sur l'amplitude des ambitions qu'il draine. En effet, les démarches préfigurant le biomimétisme sont nées dans une temporalité bien spécifique moitié du XXème siècle, marquées par des événements et des idéologies propres à leurs temps, qui ensemble concourent à façonner « l'esprit du temps »

Pour contextualiser ses prémisses, il nous aussi cerner les facteurs historiques et culturels qui façonnent les avancées de ces recherches. Les historiens Bernstein et Milza traitent de « *l'avènement d'un nouveau système technique* », prenant racine dès la seconde du XIXème, pour s'étendre au XXème siècle. Si sciences et techniques conservent leurs autonomies, elles tissent toutefois des liens d'interdépendance. Et pour causes « *Les relations entre science et technique se font de plus en plus étroites, la science apportant le savoir et la méthode que la technique transforme industriellement en de multiples applications qui, en retour, procurent aux savants des instruments d'expérimentation toujours plus perfectionnés sans lesquels leurs recherches ne pourraient progresser au même rythme.* » De plus, durant la période contemporaine - moitié du XIX-XXème siècle-, la pression de la demande économique et sociale est assez forte pour que se multiplient des innovations de plus en plus tributaires des progrès scientifiques ; les méthodes de la production industrielle y puisent un constant renouvellement tandis que la vie quotidienne s'en trouve profondément modifiée. Les historiens y voient « *les prémisses d'une civilisation technicienne* », puisque « *les progrès transforment en conséquence la vie quotidienne des gens, plus intensément dans les villes* ». (Bernstein et Milza, 1996)

Enfin, recourir aux fondements du vivant comme éléments de réponse aux défis de notre temps semble un ambitieux et harmonieux projet, mais encore pour en dessiner les modalités d'action faut-il définir au préalable l'état des lieux de la situation des villes. Ce sera l'objet de cette seconde partie.

II. HABITER L'ANTHROPOCENE

« Si on me donnait une heure pour sauver la planète,

Je consacrerai 59 minutes à définir le problème et une minute à le résoudre. »

Albert Einstein

Il nous a paru essentiel de revenir sur l'origine de la pensée Moderne -XVIIème siècle- et du mythe de la Modernité. Nous aborderons tant le cadrage idéologique issu de la Modernité, que ces influences posthumes sur les pratiques de l'urbanisme. Pour ainsi voir comment est apparu l'injonction selon laquelle la ville du XXIème siècle nécessite d'être repensée & renouvelée, puisque c'est suivant ce mot d'ordre là que s'axe « la ville biomimétique ».

II.1. A l'origine : le Projet Moderne

« *La science véritable est la science des causes* » selon Francis Bacon, philosophe du XVIème siècle. Et c'est bien dans les causes épistémologiques et forces historiques que l'on cherche à entendre comment se sont conçues les urbanités actuelles. Francis Bacon (1620) décrit l'ambition des partisans de la Modernité comme un processus de maîtrise croissante de la nature, dont la finalité serait de « *faire reculer les bornes de l'empire humain sur la nature* ». Si l'Unité est le mot d'ordre de la pensée grecque Antique -avec l'idée de Cosmos-, le partage sera celui de la Modernité en Europe Occidentale. (Journet, 2009) Elle introduit une dualité, une séparation de l'homme et la nature, qui se décline avec les dichotomies suivantes : naturalisme/humaniste, morale/physique, sujet/objet. Aristote et Platon voyaient dans la ville un « tout naturel », puisque étant par essence le lieu de la sociabilité humaine, sorte de niche écologique de prédilection de l'espèce. La science Moderne, a contrario, perçoit la ville comme un espace où la nature n'y aurait sa place que si elle est désincarnée de toute capacité propre, c'est-à-dire si elle régulée par l'action humaine et au service de l'humain. (Bernard et Chaunu, 1997) Sur un plan épistémologique, la modernité opère un décentrement : l'observateur est désormais extérieur à la nature observée, et l'expérimentation obéit à un ensemble de procédures de production, de « standardisation des objets », c'est-à-dire rendu prévisible et instrumentalisé. L'expérience est mathématisée, la nature mécanisée. Descartes démontre qu'un artifice peut être abordé comme élément de la nature, et réciproquement la nature peut être assimilée à une machine, en vertu des lois mécaniques qui sont

identiques dans les deux cas. « Toutes les choses qui sont artificielles sont avec cela naturelles ». Dieu a créé la Terre à l'usage des hommes. Il s'agit d'en devenir « maître et possesseur » (Descartes, 1637).

De surcroît, le projet de la modernité dans son rapport à la nature semble exempt de tout finalisme. Spinoza dans son *Ethique* (1677) va échafauder une critique radicale du finalisme qui revient à considérer « *toutes les choses étant dans la nature comme des fins à son usage* ». C'est bien parce que la nature n'est faite pour aucun usage que l'homme peut en user comme il veut. Germes d'un anthropocentrisme conquérant ? Paradigme d'une humanité émancipée des lois naturelles ? La modernité institue en soi une rupture ontologique de l'ordre humain par rapport à l'idée de nature. Il y convient, pour honorer l'essence humaine, de s'arracher aux déterminations d'une nature à maîtriser. « *La ville n'est plus, comme pour Aristote, naturelle, mais l'expression même de ce travail de négation et de distanciation de la nature. Elle apparaîtra comme l'œuvre par excellence de la civilisation conçue comme une distanciation progressive d'avec la nature* » (Paquot et Younès, 2010). Cette dynamique d'arrachement draine avec elle l'idée d'une nature conçue comme capital, comme stock de ressources exploitables. Ce que l'anthropologue Philippe Descola a appelé « *la naturalisation du monde propre à la civilisation occidentale* », donnera le ton de la cosmologie environnementale majoritairement dominante en environnement jusqu'au XXème. Selon Nicolas Journet, auteur du *Sens de l'histoire* (2009), c'est dans la mythologie de ce projet moderne que sont à chercher les fondements de notre rapport actuel à l'environnement. Ainsi, selon l'auteur, le « *développement d'une intelligence (humaine) capable d'user du monde extérieur selon un projet et une technique* » serait le moteur de la révolution industrielle et des formes d'urbanités qu'elle décline. A. Schiavone qualifie de « posthumain » l'avènement de cette volonté, qu'il caractérise comme étant dominée par le contrôle, la technique et la maîtrise des manques et des risques. Selon lui, il en va d'une singularité historique et préfigure une transformation profonde de manière d'être au monde. Ces considérations amènent l'auteur à affirmer que « *Les bases naturelles de notre existence cesseront rapidement d'être un présupposé immuable de l'agir humain et deviendront un résultat historiquement déterminé de notre culture* ». Si les critiques d'un épuisement des ressources au nom d'idéaux de progrès et de développement surgissent depuis bien longtemps, c'est seulement depuis une trentaine d'années que l'idée du caractère extrêmement rapide et des répercussions multiples du changement climatique est venue compliquer ce problème. « *A cette terre fragile que nous massacrons est venue s'ajouter une autre figure de la terre (...) celle d'une puissance redoutable (...) qui fait intrusion dans nos histoires* » ²³ (Stengers, 2013).

²³ Extrait d'une interview d'Isabelle Stengers, réalisée le 15 décembre 2013, consultable sur le site internet www.humanitesenvironnementales.fr

II.2. L'effondrement du monde & des villes à la dérive.

« *Nous ne sommes plus dans l'Holocène mais dans l'Anthropocène* » déclara le chimiste Paul Crutzen lors d'un colloque du Programme international géosphère-biosphère à Cuernavaca en 1995 au Mexique, portant sur l'ancienneté et l'intensité des impacts d'origines anthropiques sur la Planète. Naissent alors un nouveau mot et une nouvelle époque géologique dominée par l'action humaine, qui se caractérisent par le fait que « *L'empreinte humaine sur l'environnement planétaire est devenue si vaste et intense qu'elle rivalise avec certaines des grandes forces de la nature en terme d'impact sur le système Terre.* » (Fressoz, Bonneuil, 2016) Le prix Nobel propose de faire débiter symboliquement cette nouvelle ère en l'année 1784, date du brevet de James Watt sur la machine à vapeur et repère historique commode pour marquer l'entrée dans la Révolution industrielle dont les énergies fossiles sont le moteur. Les dérèglements observés à la source sont pluriels et contribuent dans leur diversité à justifier ce positionnement ; l'augmentation du taux de concentration des gaz à effet de serre dans les couches de l'atmosphère engendrant un changement climatique d'origine majoritairement anthropique, la dégradation généralisée de la biosphère et les prémices de la 6^{ème} vague d'extinction massive, la modification des cycles biogéochimiques impactant les processus d'érosion et de sédimentation et ajoutant à l'insécurité hydrique et l'artificialisation croissante des écosystèmes terrestres. Actuellement l'on estime que 83% de la surface émergée non glacée est anthropisée, c'est-à-dire, sous influence humaine directe. « *A la vision dépassée du monde comme « écosystèmes naturels perturbés par les humaines* » poursuit le géographe Erle Ellis (2016), « *émerge une image de la biosphère comme « systèmes humains incorporant des écosystèmes naturels en leur sein* ».

Dans cette accélération patente de l'instabilité du monde (N.Blanc, 2007) les villes sont un des contributeurs majeurs à « l'avènement Anthropocène », puisqu'elles incarnent le paroxysme de l'artificialisation de la surface Terre et enregistrent des taux de concentration humaine et des activités jamais connues au préalable. Toutefois, si elles s'invitent sur le banc des coupables elles n'en restent pas moins victimes. Dû à la densité des habitations et des bâtiments, les ensembles urbains sont très vulnérables aux catastrophes engendrées par le changement climatique (Servigne, 2017). Les sept villes les plus exposées à un « risque climatique majeur » sont Dhaka, Manille, Bangkok, Yangon, Jakarta, Ho Chi Minh City, et Kolkata (Fang, 2016) En 2016, le typhon Meranti, d'une intensité de vent allant jusqu'à 360 km/h, a causé 1,6 milliards de dollars de pertes dans la ville de Xiamen en Chine (Moriarty et Honnery, 2015). Selon les projections récentes de l'ONU, plus de 60% des villes de plus de 750000 habitants sont exposées à au moins un risque majeur. De plus, comme le rappelle Pablo Servigne, les villes sont doublement vulnérables : elles le sont face aux événements extérieurs et face aux perturbations intérieures. Leurs modes d'organisation manquent de résilience, ce qui entraîne une gestion défaillante des crises. Un des exemples repris par l'auteur fait suite à l'augmentation des prix du

diesel en l'an 2000 qui entraîna la grève de 150 camionneurs en Grande Bretagne. Les conséquences furent lourdes : « *Quatre jours seulement après le début de la grève, la plupart des raffineries du pays avait stoppé ses activités (...). Le jour suivant, des gens se ruèrent dans les supermarchés et les épiceries pour stocker de la nourriture. Un jour plus tard, 90% des stations-essences étaient hors-service et le système de santé publique commença à annuler des opérations chirurgicales non-essentiels. Les livraisons postales de la Royal Mail stoppèrent et les écoles dans de nombreuses villes et villages fermèrent leurs portes. Les grands supermarchés comme Tesco et Sainsbury's introduisirent un système de rationnement et le gouvernement fit appel à l'armée pour escorter les convois de biens vitaux. (...)* » (Servigne, Stevens, 2015) Or il s'agit là d'une menace qui pèse directement, à court ou moyen terme, sur la sécurité des villes car elle met en jeu la sécurité alimentaire des citadins²⁴.

L'étude de « l'effondrement » de nos sociétés porte un nom : la collapsologie. Les auteurs s'ancrent dans le prolongement des constats dressés sur l'Anthropocène et proposent une lecture systémique d'indicateurs variés convergeant tous sur le même constat : la fin des possibilités de fonctionnement de nos sociétés thermo industrielles. L'effondrement est « *le processus à l'issue duquel les besoins en base (eau, alimentation, logement, habillement, énergie etc.) ne sont plus fournis [à un coût raisonnable] à une majorité de la population par des services encadrés par la loi.* »²⁵ S'il s'agit d'une fin, elle est à envisager d'un point de vue cyclique, comme étape préalable à l'avènement d'un renouveau, précisent les auteurs et non comme un point de chute.

Alors que les indicateurs environnementaux et sociétaux convergent vers le rouge, l'enjeu n'est pas d'introduire les menaces à venir comme paramètre parmi tant d'autre dans la question de l'aménagement urbain, mais d'en faire un postulat de base à l'élaboration de nouvelles manières de penser et faire la ville. Ainsi, Bruno Latour (2015) présente l'anthropocène comme le tournant « *le plus décisif jamais produit comme alternative aux idées de modernité* », le philosophe voit dans ce concept l'annulation de la coupure entre nature et culture, entre histoire humaine et histoire de la vie et de la terre. C'est justement en tant que vecteur de conciliation entre système-ville & biosphère, entre citoyens & environnement, que nous envisageons le biomimétisme comme une philosophie et démarche apte à guider, ou du moins aiguiller, l'avenir urbain. Ceci présuppose deux éléments : de modifier nos regards sur la nature et de choisir le vivant comme projet. Pour se faire, il nous faudra concevoir de nouveaux mythes fondateurs.

²⁴ La sécurité alimentaire est définie par la FAO (1996) comme « la situation où les gens ont un accès économique et physique à suffisamment de nourriture saine et nutritive afin de répondre à leurs besoins physiologiques ».

²⁵ Cité d'Yves Cochet, ancien ministre de l'Environnement, cité dans Servigne, Stevens (2015)

II.3 Urbanisme, utopies et récits

L'urbanisme et le biomimétisme ont pour commun de générer des récits, qui naviguent et convergent vers l'actualisation des récits culturels. Dans *Désir de villes* (2018), l'architecte Nicolas Gilsoul et l'écrivain Erik Orsenna, présentent le carnet de bord d'un voyage dans plus de 200 villes, où ils sont allés sonder les trajectoires qu'empruntent ces urbanités pour s'inventer ou se réinventer. Ce surprenant tour d'horizon laisse transparaître les figures émergentes des prospectives urbaines. Certaines idées sont à ce jour déjà bien sur le devant de la scène, comme les Smart cities -villes intelligentes-, d'autres sont plus surprenantes, à l'exemple des villes souterraines offertes comme réponse au problème de l'étalement urbain²⁶. La diversité des scénarios des « ville de demain », n'entrave en rien leur unité : tous proposent l'élaboration de nouveaux récits pour refonder la fabrique urbaine.

II.3.1 Les utopies concrètes

« L'utopie a changé de camp : est utopiste celui qui croit que tout peut continuer comme avant. L'effondrement est l'horizon de notre génération, c'est le début de son avenir. Qu'y aura-t-il après ? Tout cela reste à penser, à imaginer, et à vivre... »

Pablo Servigne

C'est animés par la volonté d'influer dans le sens d'un meilleur souhaitable, que les bâtisseurs de villes depuis l'Antiquité n'ont cessé d'élaborer des modèles de cités selon l'idéal du moment. Ils y ont projeté l'esprit de leur temps, leurs conceptions du beau et du bon (P-Y. Saunier et V. Claude, 1998). La recherche d'un agencement urbain apte à avoir un impact positif sur l'organisation sociale et l'épanouissement vertueux de ses habitants ont guidé ces recherches. D'Hippodamos de Milet à Vitruve, de la Cité idéale de Platon de Thomas More, des principes d'Alberti à la Cité-jardin de Howard, de Broadacre City au New urbanism la ville a toujours été au cœur de l'imaginaire utopique. En puisant dans les recherches de Lewis Mumford sur l'utopie, deux types sont distingués : celles qui « invitent à fuir la réalité et celles qui cherchent au contraire des façons de s'y inscrire. » (Paquot, Younès, 2000)

Les premières sont perçues par les auteurs comme ayant vocation à l'université et étant générées de manière ad hoc, sans considérer les forces profondes du site, c'est à dire les facteurs historiques et culturels et les paramètres géophysiques qui constituent la spécificité intrinsèque du lieu. Tandis que la

²⁶ Pour plus d'informations à ce sujet, se référer au manifeste Grounscape publié par l'architecte Dominique Perraults et au GECUS -Groupe d'études et de coordination de l'urbanisme souterrain- fondé en 1933 par Edouard Utudjian

seconde démarche s'apparenterait à une utopie, pensée plus au sens de vision, qui aurait la capacité de s'ancrer dans la réalité du monde. Il ne s'agit pas de rêver la ville sans se référer à son historicité mais, au contraire, d'un jeu subtil entre héritage du passé, force du présent et souhait pour l'avenir. Dès lors, ces utopies concrètes, cristallisées autour des récits du durable, sont des « *systèmes ouverts aux situations dans leur spatialité et leur temporalité propres et esquissent l'espoir d'une réconciliation de l'homme et la nature* » (T Paquot, C Younès, 2000). Dans cette trajectoire, s'il n'y a rien à inventer, tout reste à repenser.

II.3.2 L'émergence de nouveaux récits urbanistiques.

Ces narratives se déploient en réponse aux évolutions récentes de l'urbanisme, qui depuis la révolution industrielle a répondu à la recherche de fonctionnalité, d'adaptabilité des villes, mais aussi dans un rythme effréné et une étendue sans précédent. L'industrialisation va engendrer le bouleversement des villes, motivée par l'accroissement de la population et les remodelages urbains. L'idéal du chemin de fer, de l'électricité et l'essor des activités industrielles et de commerce sont autant de nouvelles fonctions qui vont modifier la morphologie des villes. Le XXème siècle et le mythe de la Modernité se positionnent en continuité avec la célébration de « l'esthétisme des machines » prônés par Le Corbusier et la Charte d'Athènes. Qui s'inspirent de la fonctionnalité des machines et concrétisent l'ère de la verticalité en urbanisme. Ces transformations morphologiques sont à entendre comme le fruit des facteurs pesant sur les sociétés urbaines. Celles-ci se retrouvent imbriquées dans des processus denses, échos des évolutions économiques et politiques, entre « *globalisation et contextualisation, standardisation et pluralité, proximité et éloignement, autonomie et dépendance* » (Therrin, 2014). La triple crise économique, énergétique et environnementale, dont l'économiste américain Jeremy Rifkin (2009) fait état, est en train de bouleverser en profondeur la fabrique des villes. Face à cette crise triaire, deux attitudes majeures sont à l'adoption : la poursuite d'une expansion difficile à soutenir ou une résilience choisie voir imposée (Therrin, 2014). Quelles sont les sources inspirations pour répondre à la dérive des villes ?

Cette recherche d'un sens nouveau à offrir, émerge depuis près de trente ans dans les productions d'urbanistes, sous le nom de « storytelling ». Travail centré sur la production d'image et d'imaginaires, ces récits offrent des modèles prescriptifs ou descriptifs, comme autant de projets en devenir. Cet «urbanisme fictionnel» (Matthey, 2011) repose sur l'injonction selon laquelle « *fabriquer les villes revient à projeter de la pensée dans la morphologie et les structures* » comme le suggèrent Thierry Paquot et Michel Lussault (2010). Dans cette trajectoire d'une fiction au service de l'action, les récits autour de villes conçues comme des écosystèmes éclosent. Pour le philosophe Henry Dicks, « *Le moment semble opportun de poétiser une nouvelle métaphore vive : celle de la ville-forêt avec ses habitats-arbres, ses réseaux-rhizomes, ses agora-clairières, ses ruisseaux ouverts, et ses chemins encore inexplorés* » (Dicks, 2016). Bien sûr ces projections font fi des drivers économiques, politiques et juridiques qui encadrent les projets urbains, ainsi que des rapports de pouvoir à l'œuvre dans la

concrétisation de projets. Cette démarche éprise de liberté est importante, car elle permet de laisser libre place à l'expression des champs des possibles, élément consubstantiel à l'avènement de la créativité. Comme nous interpelle l'architecte David Mangin, « *Sommes-nous capables de nous donner la liberté d'imaginer comme les mutations urbaines pourraient devenir si les priorités changeaient ?* ». Aussi, l'épistémologie moderne a tendance à porter un regard méfiant sur les images et les imaginaires. (Dicks, 2016) Cette défiance s'exprime aux travers des propos de Gaston Bachelard, lorsqu'il écrit par exemple : « *Une science qui accepte les images est, plus que toute autre, victime des métaphores. Aussi, l'esprit scientifique doit-il lutter sans cesse contre les images, contre les analogies, contre les métaphores* » (Bachelard, 1999). Le résultat souhaité est une pensée fondamentalement abstraite et conceptuelle, et donc une pensée qui réfléchit d'abord au signifié, au vouloir dire, et ne lui attribue un signifiant que dans un second temps, et cela de manière purement conventionnelle » (Popper, 2011).

Selon Henry Dicks (2016), une telle épistémologie présente deux dangers principaux. Le premier concerne le fait que nous nous trouvons d'ores et déjà dans un monde dont la formation a été fortement influencée par des images et des imaginaires. « *Ne pas reconnaître ce fait au nom d'une pensée scientifique qui ne traite que de concepts purs, exacts et rationnels revient donc à passer à côté du fondement même de l'urbanité moderne et, de fait, de se priver de toute possibilité de le changer.* » affirme le chercheur. Secondement et à partir de ce constat, il est utile de considérer la distinction qu'établit Paul Ricoeur entre la métaphore morte et la métaphore vive (Ricoeur, 1975). D'après lui, la métaphore morte est une métaphore « lexicalisée », c'est-à-dire intégrée au discours ordinaire à un tel point qu'on ne la reconnaisse plus comme telle. Or, la réponse que propose Ricoeur à des métaphores mortes n'est pas l'enterrement définitif de toute métaphore, comme le voudrait la science bachelardienne, mais la poétisation de nouvelles « métaphores vives ». Cette vision du rôle des métaphores vives va de pair avec l'argument de Jean-Philippe Pierron (2012), selon laquelle la méconnaissance répandue des images et des imaginaires tient au fait qu'ils sont interprétés à partir d'une « *théorie de la connaissance* » et non pas à partir d'une « *poétique de l'action* ». Ces métaphores servent moins à *décrire* un monde existant qu'à *faire émerger* un monde à venir.

III. « VERS UNE VILLE BIOMIMETIQUE » : Axiologie des discours

*« Les termes de nature et de société ne désignent pas
des êtres du monde, des cantons de la réalité,
mais une forme très particulière d'organisation politique »*

B.Latour

Comme mentionnée précédemment, l'idée d'une ville « biomimétique » a fait l'objet de peu de publications scientifiques jusqu'à ce jour. Pour saisir la signification de ce qu'elle serait, il nous faut faire des recherches sur les paramètres annexes à ceux scientifiques. Des solutions biomimétiques existent dans les politiques sectorielles telles l'énergie, la mobilité, les bâtiments etc. Mais rechercher les chemins de liaisons entre ces éléments qui pourraient mener à constituer une ville, est un exercice qui s'avère bien difficile. A l'heure actuelle, l'on retrouve le label « biomimétique » pour de rares cas de villes créées ex-nihilo²⁷ ou dans des déclarations d'intention de la part de ville porteuse de projet biomimétique.²⁸

Pour donner des éléments clarifications à ce que pourrait être une ville biomimétique, nous avons jugé pertinent de prendre comme support d'analyse une conférence ayant lieu en 2013, intitulé « *Vers une ville biomimétique* », donnée dans le cadre du festival des Utopiales de Nantes, évènement annuel et transdisciplinaire, qui fait dialoguer sciences dures et sciences fiction. Vous trouverez en annexe la retranscription de cette table ronde ainsi qu'une brève présentation des conférenciers. Quatre invités issus de disciplines différentes viennent y présenter leur vision d'une ville biomimétique et leur retour d'expérience : Les architectes Luc Schuiten & Vincent Callebaut, l'auteur et scientifique Jean-Louis Trudel, ainsi que l'ingénieur et artiste Michel Ida. L'intérêt pour le biomimétisme unit ces individus, qui le déclinent dans des pratiques différentes. Si Luc Schuiten & Vincent Callebaut sont tous deux architectes, leur rapport à l'architecture et aux matériaux divergent. Jean-Louis Trudel puise dans les sciences du Vivant et dans le contexte environnemental actuel ses inspirations pour bâtir ses univers de science-fiction. Quant à Michel Ida, homme à plusieurs casquettes, il réalise actuellement des recherches sur les zones polaires, aux côtés de Luc Jacquet en vue de s'inspirer des enseignements de ses zones extrêmes marqués par l'autarcie des populations pour la création d'habitat autonomes.

²⁷ Comme pour la ville de Lavaza que l'on abordera postérieurement, ou Masdar City à Abu Dhabi

²⁸ La ville de Vélizy avait le projet de devenir une « ville biomimétique », voir à ce sujet la présentation vidéo « Vélizy, ville biomimétique, ville de demain » disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=nQSqNW0xPVM>

Nous avons choisi ce support pour trois raisons principales. Premièrement, il s'agit d'un des seuls -voir du seul- document accessible à l'heure actuelle qui traite de la question et dans lequel surgit l'appellation « Ville biomimétique ». Mais le choix de l'analyse de ce document ne s'est pas effectué par défaut, puisque cette source présente l'intérêt, non négligeable à nos yeux, de synthétiser les différentes définitions et approches d'une « ville biomimétique ». Aussi, elle offre une opportunité pour saisir les divergences de positionnement des acteurs sur la question, les continuités et point de rupture dans leurs perceptions d'un tel projet et permet aussi au travers des sémantiques en rigueur, de tenter d'en desceller les ambitions d'un biomimétisme urbain. Christophe Bonneuil dans son ouvrage *Du nouveau sous le soleil* soutient que « *Ce que les gens pensent à un impact sur l'environnement parce que c'est en partie la raison de leur comportement. Et bien sûr l'évolution de l'environnement contribue à influencer ce que les gens pensent* ». C'est ici moins dans les comportements que l'on cherchera les conséquences, que dans les ambitions sous-jacentes au projet. Cette recherche est motivée par la croyance que l'intention d'un projet et les regards idéologiques ont une emprise forte sur le projet lui-même. De ce fait, il nous paraît intéressant de chercher à desceller quels sont les ancrages fondamentaux qui motivent les acteurs du biomimétisme. Et c'est dans cette quête des intentions, clairement affirmées et de celles plus masquées, que nous désirons réaliser un examen critique de cette table ronde. Il ne s'agira pas de questionner l'ancrage politique des acteurs, mais des intentions, en somme : obéit-on à une rupture normative ? à une alternative à la mythologie de la modernité ?²⁹ En voici les grandes trajectoires dégagées.

III.1. Constats sur les situations environnementales et urbanistiques.

Les participants se rallient uniformément au constat de l'état environnemental et urbanistique dressé initialement par Daniel Tron, modérateur de cette conférence. Qu'il présente en les termes suivants : « *En ces temps de refonte, où l'on commence à repenser la manière dont nous habitons et puis l'impact de nos habitats* ». Daniel Tron présuppose ici un basculement. Evoquer une « refonte » appelle à se placer en rupture avec un système de référence précédent. Luc Schuiten réaffirme la critique environnementale sur un ton plus acerbe encore : « *La civilisation industrielle n'a aucun avenir possible, puisqu'elle est basée sur l'exploitation du patrimoine de la planète que nous épuisons à une vitesse considérable, que nous sommes de plus en plus nombreux à réclamer l'accès à des biens de consommation qui ne font qu'augmenter cet appauvrissement.* » Les causes anthropiques de l'épuisement des ressources naturelles sont reconnues et partagées par les auteurs, selon qui la non-soutenabilité des villes porte l'injonction urgente de leur réaménagement. A cela s'ajoute le constat

²⁹ Nous avons réalisé un sondage pour répondre aux mêmes intentions. Vous pouvez le consulter en Annexe 3. Toutefois, nous avons jugé bon de ne pas l'introduire au cœur de l'étude. Les raisons expliquant ce choix sont détaillées en fin de document.

d'un urbanisme uniformisé. Ce dernier rappelle l'importance de garder à l'esprit que la ville s'est construite selon des forces historiques et politiques de son temps. Et que sa construction fait écho au biotope dans laquelle elle s'insère. Il ne s'agit plus dès lors de chercher à remédier aux failles des mécanismes antérieurs, mais d'y chercher des nouvelles voies de fonctionnement. En effet, selon lui « *La manière dont on a conçu l'habitat et les villes à partir de la Révolution Industrielle, du développement des nouvelles technologies, de l'acier, du béton et du verre, a fourni une forme de paradigme.* » Ce paradigme détermine encore le décor de nos urbanités actuelles et leurs fonctionnalités. Au travers de leurs agencements l'on retrouve la projection des idées directrices de leur époque. Ainsi, la majorité des villes américaines furent conçues autour de la voiture individuelle et du gratte-ciel comme affirmation de pouvoir. Cette lecture historicisée de la planification urbaine amène à considérer les facteurs de développement des villes individuellement, en prenant en considération leur singularité. L'auteur canadien Jean-Luc Trudel reprend l'exemple du développement urbain européen au XXème siècle, « *L'Europe a dû gérer à la fois une concentration urbaine et une population élevée. C'est une vision de la ville qui a toutes sortes de problèmes, mais qui soulignent les particularités de chaque pays.* » Daniel Tron, après avoir réalisé la critique les « machines à habiter » de Le Corbusier, dont l'intention était de trouver un modèle universel, répliquable en tout point de la sphère terrestre, conclut que « *L'on a manifestement plus la possibilité d'un modèle qui s'applique à tous les points. Chaque ville sera différente car elle est implantée à tel endroit et s'appuie sur tel écosystème.* ». Si l'implantation d'une démarche biomimétique doit se faire en cohérence avec les particularismes environnementaux d'un lieu, les aspects culturels doivent aussi être considérés. Vincent Callebaut rappelle sa préoccupation à ce sujet « *On essaye tout le temps de créer une identité propre en fonction de la culture. Par exemple en Chine, toute cette culture du biomimétisme est importante, car elle suit le mouvement Confucéen et autour du feng-shui selon laquelle la ville doit-être le juste équilibre entre l'homme et l'action de la nature.* ». Cette affirmation soulève ici plusieurs questions. S'agit-il de rechercher dans les cultures locales des affinités qui coïncideraient avec la pratique biomimétique ou de construire des bâtiments et des plans d'urbanisme dans une démarche biomimétique en concert avec la population ? En soit, sommes-nous face à une démarche de justification en aval ou de concertation en amont ?

III.2. Considérations sur le biomimétisme

Une première définition du biomimétisme est présentée par Vincent Callebaut : « *Le biomimétisme c'est le fait de faire de l'ingénierie inspirée par la science du vivant* », qu'il assimile à une pratique faisant partie des trois formes de biotechnologies inspirées par les sciences du vivant. La bionique & le biomorphisme seraient pour lui les deux autres : « *Par le biomorphisme on peut créer des formes architecturales ou des formes urbanistiques qui s'inspirent des formes de la nature (...). On travaille aussi sur la bionique, qui elle ne s'intéresse pas aux formes de la nature, mais aux structures comme les structures des feuilles d'arbre, des ailes d'oiseaux. Et enfin on travaille avec le biomimétisme, de*

façon beaucoup plus large, plus à l'échelle urbaine, pour étudier toutes les interactions entre les êtres vivants d'un écosystème mature. » Cette définition a été approuvée et félicitée par Luc Schuiten. Toutefois, en la comparant à celles offertes par les normes ISO présentées en première partie, l'on constate un certain décalage. Le découpage qu'effectue Vincent Callebaut en fonction des formes, structures et écosystèmes fait écho aux trois niveaux du biomimétisme abordé précédemment. La définition présentée par l'architecte témoigne des diverses acceptabilités du sens du biomimétisme, dont les acteurs s'accaparent librement le concept en fonction de leurs considérations et pratiques ce qui rend difficile l'entreprise d'en dessiner des contours précis. Luc Schuiten n'offre pas de définition supplémentaire, mais plutôt une narrative du concept de biomimétisme, qui selon lui *« est pour le moment, la voie principale d'un monde différent »*. Il y voit une possibilité de redéfinir nos pratiques, regards et relations entre humains et de l'humain à la nature. C'est aussi sous l'aune de l'inspiration que fait émerger l'approche biomimétique que Jean-Luc Trudel la présente : *« Il y a dans les idées générées par les conceptions biomimétiques (...) des idées susceptibles de s'insérer dans un avenir plus large, soit catastrophique, soit souhaitable et désirable »*. Les deux se rejoignent ainsi dans la narrative d'un biomimétisme perçu en fonction de son potentiel, de sa capacité à ouvrir des voies nouvelles, plus que dans sa déclinaison actuelle et pragmatique. Présentée tantôt comme source d'inspiration, tantôt comme mentor, la Nature fait l'objet de l'attention des intervenants. *« La nature utilise toujours un minimum d'énergie [fournie] par la photosynthèse, elle essaye toujours d'utiliser un minimum de matériaux, elle essaye toujours que tout soit recyclable, elle essaye toujours de privilégier l'expertise locale et l'interaction entre les êtres vivants au sein d'un même écosystème. »* Ces affirmations font écho aux principes du vivant déclinés par la philosophie du biomimétisme. La nature est ici exposée comme le maître et mentor d'interactions harmonieuses dont l'on devrait s'inspirer afin de retrouver un sens de la justesse dans nos actes et productions.

Dans la même veine, Luc Schuiten s'emploie à une ode à la nature pour présenter ce qui lui sert de modèle dans ses constructions *« Vous prenez un arbre, c'est une merveille ! Nous n'avons jamais construit un bâtiment qui fonctionne aussi bien. »* Comme souvent chez les défenseurs du biomimétisme, la nature est introduite à la lumière de l'emphase et du sensible plus que de la donnée écologique. A cela s'ajoute l'invitation de Vincent Callebaut à dépasser l'idée d'une imitation formelle avec ce qui sert de modèle. *« Sur la définition du biomimétisme, le mot n'est pas génial pour décrire la discipline. Car mimétisme veut dire imiter le vivant. J'insiste sur le fait que c'est s'inspirer des processus de la nature »*. Tantôt déclinée comme fonction de l'ingénierie, tant sous l'aune du sensible, le biomimétisme apparaît ici plus comme une source d'inspiration que d'un modèle à copier. S'il ne s'agit pas de mimer, s'agit-il plus de prendre exemple ? De changer le référentiel dans la conception de nos actions ? Un autre élément qui advient aussi de l'analyse des propos des acteurs est l'accent mis sur l'intégration de la nature en ville. L'on tend dès lors vers une acceptation du concept du biomimétisme qui ne vise non plus à aménager selon les fonctionnements du vivant, mais avec le vivant. Sommes-nous

dès lors dans une logique d'utilisation du vivant à des fins anthropiques ou de coopération avec le vivant ? Selon Michel Ida « *Dans les siècles passés, la ville était protectrice (...). Puis elle est devenue fonctionnaliste. Aujourd'hui on est dans une phase où l'on réintègre la nature.* » Toutefois de quelle nature parlons-nous ? Une nature sauvage ? sélectionnée ? domestiquée ? Pour Vincent Callebaut « *En tant qu'architecte, on va toujours chercher le juste milieu entre le fantasme complet de l'intégration de la nature et la façon de la maîtriser.* »

III.3. Considérations sur la ville biomimétique

Lorsque l'on aborde les ancrages conceptuels dans lesquels s'insèrent la ville biomimétique, deux approches majeures ressortent. Distinctes, mais pas forcément antithétiques. La première repose sur une démarche techniciste. Dans une logique de transformer les contraintes en opportunités, axe majeur du biomimétisme, Vincent Callebaut propose de recycler les algues vertes présentes sur les fleuves et littéraux, drainées par les productions d'agriculture intensive, pour concevoir un prototype de puit de carbone. L'idée est de placer ces algues vertes dans des bioréacteurs afin de dégrader biologiquement les déchets plastiques ou carbonés.

Solution qualifiée « *d'hyper technologique* » par Daniel Tron. Quant à Michel Ida, il affirme vouloir « *replacer l'humain au cœur de la conception* » et critique cette vision techniciste « *On ne peut plus confier aux seuls technologues ou seuls bâtisseurs, le choix de développer nos villes.* », sûrement peu vecteur d'inclusivité pour l'acteur. Semble s'affronter ici deux écoles du biomimétisme différentes, l'une qui chercherait à gérer les externalités négatives environnementales via des solutions technologiques, et l'autre qui prônerait un ancrage dans des valeurs humaines voir humanistes. Si certains projets adoptent un aspect très technique -à l'instar de ces stations d'épuration- et nécessitent un apport matériel et énergétique important durant leur phase de construction, d'autres a contrario se rallient à une démarche visant plus la frugalité, comme en témoignent les constructions végétalisées de Luc Schuiten, réalisées à partir de matériaux essentiellement biosourcées et qui se fondent dans les arbres qui les soutiennent. Toutefois, à cette affirmation quasi machiënne, Luc Schuiten rétorque « *Pour moi cet univers et celui de Vincent sont complémentaires. La recherche doit-être faite dans tous les domaines possibles. Nous ne devons pas créer des mondes et des solutions qui sont univoques, qui ne se développent que dans un sens. Nous allons avoir besoin de toutes les énergies, de toutes les forces, pour arriver à créer quelque chose.* » C'est donc le pari de la diversité des approches à l'œuvre que fait l'architecte et c'est d'ailleurs un des éléments revendiqués par beaucoup d'acteurs du biomimétisme, qui voit en cela un gage de fédéralisme autour du concept.

Au de-là de cette dichotomie, un autre aspect revenant fréquemment dans les enjeux sous-jacents à l'avènement d'une ville biomimétique est celui de l'interaction. Pensée d'abord par Vincent Callebaut

sur la question des flux d'énergie et d'une conception cyclique, l'interaction se présente comme un moyen de redistribution. Il s'agit d'« *étudier les cycles entre les bâtiments. Entre les bâtiments classés au patrimoine, entre les bâtiments à énergie positive qui vont pouvoir transmettre leur énergie aux bâtiments patrimoniaux. C'est toutes ces interactions entre les bâtiments qui créent la ville* ». Cette vision d'un réseau de distribution énergétique décentralisé et de bâtiments autonomes voir à énergie positive, n'est pas sans rappeler paradigme des villes intelligentes. Celles-ci visent l'intégration des nouvelles technologies de l'information et de la communication au sein des réseaux communicants de sorte à prendre en considération les actions des acteurs du système énergétique au sein de la distribution d'électricité, pour viser plus d'efficacité par le biais d'un pilotage plus flexible et adaptatif.³⁰

Aussi, l'analyse systémique est privilégiée par l'architecte, qui insiste à considérer le terrain d'action choisi en fonction des cycles qui le traversent et des boucles d'interaction qui se créent. « *Parce qu'on a beau trié nos déchets, une partie est recyclée, une partie est brûlée, cela crée quand même des gaz à effet de serre et cette boucle là c'est la clé du système.* ». Mais la question des interactions est aussi sous l'angle des relations humaines. Pour Luc Schuiten, une des ambitions d'une ville biomimétique réside dans premièrement dans l'impulsion des valeurs de solidarité et de coopération. « *Ça se fait de manière solidaire, ensemble. C'est un projet enthousiasmant de retrouver les liaisons que l'on a coupée* ». Son approche fait appel à la quête de régénérescence. Il ne s'agit plus de réduire les externalités environnementales négatives, mais d'en susciter l'émergence d'aménités tant pour la biosphère, que pour les espèces, dont l'humain fait partie : « *Si on peut trouver des solutions pour réparer toutes les erreurs que l'on a faites dans notre environnement, plutôt que d'en créer de plus en plus, l'on commence à se diriger vers des voies qui sont tout à fait intéressantes (...) C'est tout simplement parce que l'on a tout fait à l'envers (...) On est dans des cercles vicieux. On pourrait rentrer dans d'autres manières de voir les choses (...) En reprenant les choses à l'endroit cette fois. Cette hypothèse de travail va tout à fait dans un sens biomimétique.* » (Luc Schuiten)

III.4. La ville biomimétique, source de remise en cause ?

Les aspirations des auteurs quant à l'avènement d'une ville qui s'appuierait sur les fondements du biomimétisme, ont fait ressortir des éléments, pouvant être pensés à la fois comme freins, leviers ou opportunités. Le premier est la remise en question du système juridique et des normes légales qui les composent. Le droit, que l'on pensera ici comme un élément de régulation sociale et politique, est un élément déterminant à l'avènement d'une ville biomimétique³¹ puisque chaque construction ou

³⁰ Définition issus du site internet du CRE, la Commission de Régulation de l'Energie: www.smartgrids-cre.fr, consulté le 28 avril 2018.

³¹ A ce sujet, vous pouvez consulter le mémoire de recherche de Marion Humbert, « Aspects juridiques de la ville biomimétique », réalisée dans le cadre d'un Master 2 Droit de l'environnement et de l'urbanisme, à l'Université Jean Moulin Lyon 3, en 2016-2017.

aménagement s'inscrit dans un territoire juridique, et de fait soumis au contrôle et à évaluation du respect des normes en vigueur. Ainsi, l'activité de l'architecte Vincent Callebaut s'accompagne d'une action à la frontière du lobbysme. *« Avant de faire des maisons passives, d'intégrer des énergies renouvelables, on essaye de travailler avec les investisseurs et des politiciens pour changer la juridiction. La juridiction, par exemple en France, interdit de créer des tours mixtes. Des tours mixtes, c'est par exemple, des tours dans lesquelles les ailes ouest et sud seraient des bureaux et les ailes est et nord seraient des logements. Ce qui entraînerait que l'on chauffe par exemple la totalité des espaces de bureau la journée et cette chaleur serait réintégrée dans les espaces de logement le soir. »* Ce poids des normes juridiques qui dans le cas présent, empêche toutes possibilités de repenser l'usage du bâti, entraîne l'architecte à penser la délocalisation comme élément péremptoire pour réaliser les premiers prototypes de ses constructions. *« Dans les pays émergents, qui eux ont des législations beaucoup moins sévères et moins poussées ; on a, en tant qu'architecte, des champs d'expérimentation beaucoup plus larges. Et je pense que c'est dans ces pays-là que l'on verra les premiers prototypes. »*

Si l'avènement d'une biomimétique urbaine remet en question les fondements des normes juridiques, elle questionne aussi celles comportementales. Comme le reconnaît Michel Ida *« Parce que la ville ce n'est pas seulement nos bâtiments, c'est aussi nos actes quotidiens. »* Et ces actes sont basés sur deux agents de motivations : la satisfaction de nos besoins et celle de nos désirs, fondées tout deux sur nos idiosyncrasies. Ce qui amène Luc Schuiten à affirmer *« Une question m'a semblé fondamentale, c'est les mentalités. Qu'est-ce qui fait que les mentalités évoluent ? Il y a deux siècles, du temps de la révolution industrielle, on est parti sur l'idée que la planète était susceptible de réponse à tous nos besoins. Aujourd'hui l'on sait que ce n'est pas vrai. (...) Alors qu'est-ce qu'on peut faire ? Nous ne devons pas attendre la solution de là d'où vient le problème, c'est toujours en regardant à côté du problème que l'on trouve des solutions. Et ce n'est qu'en changeant les mentalités que l'on peut trouver des solutions. »*. Daniel Tron va dans le même sens en énonçant *« Ce qui apparaît assez clairement, c'est que finalement la ville biomimétique implique des changements finalement plus profonds, des changements à plus grande échelle et dans la manière que l'on a de vivre ensemble avec la technologie. Et que l'on n'est pas juste à un niveau d'introduire des technologies qui permettent de réduire notre empreinte. Nous sommes dans des modifications qui paraissent plus profondes et plus fondamentales dans la manière dont on vit avec notre environnement et par conséquent les uns avec les autres. »* L'enjeu dès lors consiste à s'interroger sur nos besoins fondamentaux en tant qu'humains et de la manière dont y répond.

Aussi, la transdisciplinarité est à l'honneur chez les auteurs. *« En tant qu'architecte l'on est pas du tout omniscient, en tant que physicien non plus, le secret c'est de travailler de façon transdisciplinaire pour essayer d'implémenter les disciplines entre elles et d'accélérer l'innovation par cette interdisciplinarité. »* affirme Vincent Callebaut. Cette transdisciplinarité s'effectue par une sincère

collaboration entre des acteurs de secteurs différents, incluant politiques, juristes, écologues, architectes, mais aussi artistes et visionnaires pour « *nous aider à décaler nos points de vue* » comme l'annonce Michel Ida. Néanmoins, elle ne semble pas sans causer de rivalité « *On ne peut plus confier aux seuls technologues ou aux seuls bâtisseurs, le choix de développer nos villes.* » affirme Michel Ida, tandis que Jean-Louis Trudel se questionne sur la distribution des rôles à l'heure d'un travail transdisciplinaire « *C'est là que je vois une différence entre l'auteur de sciences fiction qui manie des conceptions et l'architecte qui est le planificateur, celui qui doit faire fructifier ces concepts, rendre cela plausible, concret et fonctionnel.* ». D'autre part, l'on peut se questionner sur l'opérationnalité d'une transdisciplinarité radicale, car elle nécessiterait plusieurs facteurs : un engagement sincère des acteurs, une temporalité de projet plus ample et un réel dialogue entre les participants, qui passe aussi par un même langage. Ce doute qui anime une telle ambition amène Michel Ida à décrier qu'« *Il faut absolument expérimenter. On ne peut pas rester simplement dans les idées. Ce qui sépare le génie de la folie, c'est l'œuvre que l'on est capable de réaliser. Donc c'est très bien d'avoir des idées, de les explorer, de les faire avancer. Mais il faut être capable de les réaliser, de les tester et de les mettre dans les mains du plus grand nombre pour vérifier que cela ait du sens.* »

Cette recherche d'identités plurielle n'est pas forcément qu'à penser dans le cadre de la profession, mais aussi dans la rencontre des cultures comme le rappelle Michel Ida « *L'Inde c'est plus d'un milliard d'individus et 500 millions sous le seuil de pauvreté. Ce pari sur la diversité s'inscrit dans une volonté mobilisatrice et fédératrice du biomimétisme, présentée précédemment. Quelles représentations se font-ils sur la ville du futur ? Il me semble que l'on a besoin d'aller chercher ses regards décalés pour penser les villes biomimétiques.* ». Ainsi, refonte des normes légales, appel à des changements de mentalités et transdisciplinarité, sont autant d'enjeux que soulève l'avènement d'une biomimétique de la ville.

III.5. La ville biomimétique : pour repenser notre place sur Terre ?

Dans les discours des acteurs en présence, l'impulsion vers un biomimétisme urbain paraît être l'occasion de faire émerger de nouvelles visions du monde, cristallisées autour de l'identification d'objectifs vers lesquels tendre et de considérations plus amples sur notre manière de concevoir la planète. L'auteur de science fiction Jean-Louis Trudel se rattache à la conception d'une Terre vivante, théorisée par Lovelock et Margulis sous le nom de « Gaïa ». Conçue comme un organisme, la Terre est considérée dans sa dimension vivante, c'est-à-dire, auto-organisée et apte à faire émerger et fonctionner des flux, des espèces, réguler des cycles etc. « *Ce concept d'organisme nous fait entrer dans une vision holiste, considérer le tout* » affirme l'auteur, selon lequel l'interrelation des cycles porte en lui l'essence de l'homéostasie et ainsi le maintien du vivant. Cette perception unitaire est rendue possible par une mise à distance, une prise de recul concernant la place de l'humain sur Terre. « *Il y a une clé que la science-fiction peut fournir et qui représente un recul par rapport au biomimétisme et aux petits gestes*

de la vie quotidienne qu'on cherche à intégrer dans un fonctionnement plus vert (...). C'est celui essentiellement d'une vision de la nature qui inclut aussi (...) le reste de la galaxie. Et en fait ce point de recul nous fait comprendre à quel point la biosphère terrestre est petite dans l'univers. » Appel lancé contre l'ubris humaine, l'auteur nous présente par la suite ce que serait pour lui la motivation première et à la fois la finalité d'une ville biomimétique « Il y a quand même des concepts très fondamentaux d'organismes, de Tout, de fonctionnement unitaire visant une fin utile : le maintien de la vie ». Ce recours à des éléments fondamentaux, à replacer la position de l'être humain au sein d'un ensemble beaucoup plus vastes, à s'interroger sur nos besoins premiers, sont autant d'éléments venant justifier l'affirmation de Luc Schuiten, selon lequel nous vivons « hors sol » et qu'il nous faut « retrouver les liaisons que l'on a coupées ».

III.6 Bilan et limites de l'analyse

Comme indiqué principalement, l'analyse de cette table ronde a pour but d'identifier les discours et positionnements des acteurs. Il ressort de cet examen, que la ville biomimétique est plus déclinée sous forme de concepts adjacents tels la résilience, l'homéostasie, la régénérescence, que dans des propositions pragmatiques. Il semble intéressant aussi de souligner que des deux démarches distinctes émergent des propos des acteurs, celle techniciste et l'autre plus frugale et solidaire, seule la première fut déclinée en plan d'action. Toutefois, il serait peu honnête et faussé d'essayer de tirer des conclusions à caractère général aux vues de la démarche adoptée. En effet, en l'absence de plus amples entretiens avec les invités en présence, il ne nous est pas possible de sonder au-delà leurs propos, d'en vérifier leurs ancrages et de les questionner sur les éléments manquants ici, comme la méthodologie d'action ou des propositions concrètes.

III.7 Mise en perspective

Il nous paraît opportun, pour conclure cette partie, de mettre en parallèle les éléments de discours précédents aux récits de l'Anthropocène. Le consensus n'existe pas au sujet de l'interprétation à donner à l'Anthropocène et des récits antagonistes s'affrontent. Toutefois l'historien des sciences Christophe Bonneuil (2014) identifie ainsi quatre lectures distinctes de l'Anthropocène. Une chronique naturalise et le récit apologique d'un bon Anthropocène, qui sont tous deux des récits du progrès, proposant la technique comme remède et s'affirmant comme apolitique. Tandis que les narrations de la décroissance et les récits éco-marxistes de l'échange inégal sont tous deux des politiques très critiques, dénonciateurs du néolibéralisme et des empreintes de l'impérialisme. Ils sont sceptiques vis-à-vis de la technique et proposent plutôt des réformes sociales. Ainsi, l'anthropocène suscite ainsi des interprétations antagoniques. D'un côté, on a des promesses de contrôle planétaire et une apothéose de l'humanité, et

de l'autre la dénonciation de l'hubris humaine. Les deux lectures impliquent également des réponses radicalement différentes soit une intensification du projet moderne, avec sa promesse toujours renouvelée d'émancipation et de liberté, soit au contraire un appel à l'abandon de ce projet et une retraite vers des modes de vie plus doux aux niveaux énergétique et matériel (Federau, 2016). Bruno Latour (2015) a parlé d'une guerre des humains contre les terriens pour décrire ces deux narrations que tout oppose. L'on retrouve dans ces classifications un écho certain aux perspectives dégagées dans l'examen des discours antérieurs.

CONCLUSION DE PARTIE :

Comme l'avons abordé dans cette partie, la ville biomimétique ne fait pas l'objet d'une définition unique et précise. Chacune de ses acceptations traduit une perception, singulière à l'auteur, des enjeux urbains et du biomimétisme. Elles se font ainsi le reflet des idéaux en présence et se déclinent, dans leurs aspects pragmatiques, en des méthodologies diverses. Dès lors, nous examinerons comment le biomimétisme se met à l'œuvre, que ce soit pour construire la ville (IV^{ème} partie) ou pour la reconstruire (V^{ème} partie).

IV. CONSTRUIRE LA VILLE : L'exemple d'une ville biomimétique, Lavasa

Les villes biomimétiques sont sorties des déclarations d'intentions pour s'ancrer en terre. L'exemple de Lavasa en Inde est pionnier en le sens qu'il s'agit de la première forme urbaine dont l'intégralité de sa conception relève d'une démarche biomimétique. Créée ex-nihilo, sur les flancs de collines des Ghats occidentaux, la ville aspire à de fortes performances écologiques. Les créations de villes hors-sols prennent répondant à l'impératif de développement du contexte urbain.

IV.1. Genèse & contexte de la ville

IV .1.1 L'Inde : une population urbaine en plein essor

Entre 1960 et 2016, le taux de population urbaine a augmenté de 85%, passant de 17,9% à 33,1%³². Comptant près de 377,1 millions d'urbains en 2011, soit plus que n'en accueillent les États-Unis ou l'Union européenne, les trois plus grandes métropoles dépassent largement les 10 millions d'habitants : Mumbai (18,4 millions d'habitants), Delhi (16,3 millions), Kolkata (14,1 millions)³³. Parallèlement, l'Inde a opéré à un tournant néolibéral marqué par des réformes conséquentes en 1991. Suite à la chute de l'Union Soviétique qu'elle prenait pour modèle et la signature des accords de Washington, l'Inde s'ouvre désormais au commerce mondial et trouve sa place dans le rang des pays à l'économie émergente -les BRICS-. La libéralisation commerciale s'est manifestée par une ouverture progressive aux investissements étrangers et un accroissement de la part du secteur privé dans l'économie indienne. Reconfiguration économique est souvent synonyme de reconfiguration territoriale. Si l'Union Indienne demeure encore hautement ruralisée, le pouvoir attractif des villes, et notamment en terme d'emploi, vient nuancer le bilan. Une étude récente du McKinsey Global Institute prédit qu'en 2030, 70% des emplois de l'Inde seront créés dans les villes, et que 590 millions d'Indiens seront des citoyens. Pour répondre à la demande de logements et de locaux commerciaux, l'Inde va devoir construire l'équivalent d'une ville comme Chicago chaque année. Les autorités indiennes envisagent à horizon 2050 la création de 100 nouvelles villes.³⁴ Or, les mégapoles indiennes sont déjà incapables d'offrir des solutions

³² Chiffre issu du laboratoire de perspective de l'université de Sherbrooke, Canada, consultable sur : <http://perspective.usherbrooke.ca>, consulté le 6 mars 2018.

³³ Op cit.

³⁴ Issu de l'article de Julien Boissou, pour Le Monde, le 17 février 2018, «En Inde, les ratés d'un urbanisme débridé » consultable sur : <https://www.lemonde.fr>, consulté le 14 juin 2018.

d'hébergements au plus grand nombre, et près de 54% de sa population est contrainte à vivre dans les gigantesques bidonvilles implantés en périphérie des villes.³⁵ Selon les recherches récentes sur le sujet, ces nouvelles villes sont destinées à accueillir des universités et entreprises privées et capter des futurs habitants tous azimuts. Comme le note Marie-Hélène Zerah, chercheuse à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) « *En Inde, les ouvriers, les pauvres, sont les oubliés de la planification urbaine* », « *Une remise en question radicale de notre politique de développement urbain s'impose* ».

IV.1.2 Le projet de Lavasa City Hill



Figure 8 Localisation de Lavasa, source : Google Map

La ville nouvelle de Lavasa City Hill Project a été pensée initialement pour désengorger les mégapoles voisines Pune et Bombay, située à 30kms. Conçue comme un lieu de travail, résidence et tourisme, la nouvelle ville s'étend sur 32 000 hectares et prévoit d'accueillir à terme 200 000 habitants et 2 millions de visiteurs annuels. La compagnie d'architecture HOK a remporté le concours pour la création du site et la phase de construction prévue sur 7 ans débuta en 2001 et fut primée de 4 récompenses internationales. Le projet a attiré des partenaires économiques et académiques de renom tels Deloitte, Microsoft, Accenture et l'université d'Oxford -bien qu'elle se soit retirée de l'aventure en 2010-.. Cette « new city », bordée par 60 kms de ports de lacs, prends place au sein d'un Hotspot de biodiversité.

³⁵ « Territoires, villes et sociétés urbaines en Asie du Sud », Colloque de recherche organisé par le Thinkthank Les Futurables, à Mumbai, du 11 au 12 mars 2012, consultable sur le site www.lesfuturibles.com



Figure 9 Vue de Lavasa, Source : Cabinet d'architecture Hok, www.hok.com

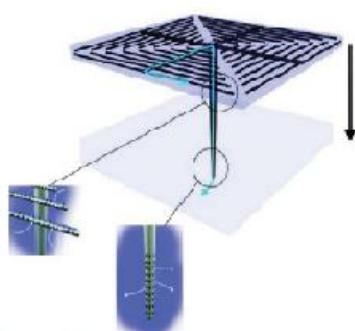
La ville est construite à flanc de colline sur un site historiquement lieu de culture sur brûli et dûment déforesté. Sujet à l'érosion, ce site connaît une très forte érosion de ces sols, aggravé par de fortes moussons annuelles. Le reste des 9 mois de l'année le site est aride, dû à une rapide évaporation. L'ambition du projet est double : se réinsérer dans le biotope local et atteindre des performances écologiques hautes : 70% de taux de reforestation, 30% de réduction d'émission de CO₂, 65% de réduction de consommation d'eau potable, 95% de réduction de déchets. Pour atteindre ces objectifs, la compagnie HOK s'est associée à l'expertise des biologistes du Biomimicry 3.8.

IV.2 Le diagnostic écologique : Genius of biome

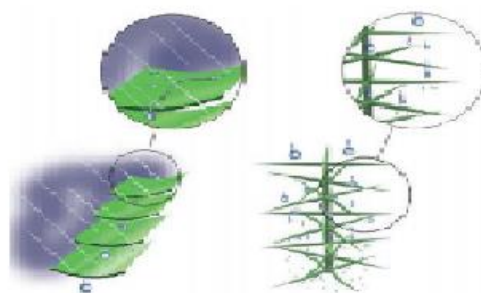
Afin de concevoir une stratégie et des modèles les plus efficaces possibles, l'équipe a étudié le biotope pré-anthropisé de Lavasa. De quoi était composé l'écosystème ? Comment fonctionnait-il ? Appelé par leurs concepteurs « Genius of biome », l'étude vise à une compréhension profonde de l'écologie locale qui permettrait ainsi d'établir par transposition des stratégies de conception localement adaptées et durables -voir régénératives- (Biomimicry Oregon, 2013). Un diagnostic écologique approfondi a fait apparaître que l'écosystème de référence était à l'origine une forêt humide à feuilles caduques. Dans l'état de référence choisie, les arbres remplissaient les fonctions de maintenance de la qualité du sol, de stockage d'eau durant la saison sèche et de régulation de l'évapotranspiration. Les taux d'écoulement, le pourcentage d'albedo, le taux de séquestration du carbone, les pourcentages de

polluants capturés dans l'eau et les cycles de l'azote et du phosphore ont été modélisés et quantifiés. Ces calculs ont servi à définir les nouveaux standards écologiques auxquels la ville prétend.

Le focus central du projet d'urbanisme a été la gestion de l'eau. Le bureau HOK a élaboré un système de gestion hydraulique inspiré du biotope local précédent. Les paramètres clés du bilan écologique dressés initialement ont été structurés pour répondre au majeur de la construction de Lavasa : comment créer une ville qui soit résiliente face aux moussons ? Ainsi, les concepteurs ont retenu les connaissances biologiques qu'ils jugeaient les plus pertinentes et, par un travail d'abstraction, les ont transféré et appliqué sous formes de productions design .



Système de fondation enraciné



Barreaux de toits carrelés inspirée des aiguilles de pin



Nid des fourmis messors



Routes sinueuses de Lavasa City Hill

Figure 10 De la biologie au design, Lavasa City Hill, source : élaboration personnelle

Système de fondation enraciné: Creuser des diviseurs en forme de L traditionnels dans les pentes causerait une érosion suffisante du sol pour impacter les lacs avoisinants. Au lieu de cela l'équipe s'est inspirée du réseau racinaire des arbres pour créer des fondations qui relient les bâtiments à la pente.

Bardeaux de toit carrelés : Inspirés des aiguilles de pin , les tuiles comprennent une «pointe de goutte» similaire - une extension pointue à l'extrémité- qui double l'écoulement de l'eau et nettoie sa propre surface.

Hydrocanopée: Les toitures végétalisées et les plantations d'arbres à feuilles caduques évaporent l'eau de pluie et conduisent les pluies de mousson à l'intérieur des terres pour prévenir la sécheresse.

Système de dérivation de l'eau inspiré par les fourmis: Pour prévenir les inondations, les systèmes de dérivation d'eau s'inspirent des fourmis messeurs -fourmis moissonneuses- qui construisent des canaux à basse teneur pour évacuer l'eau de leurs nids. Ainsi l'eau circule plus fluidement et le débit est maîtrisé. Le plan du site adopte cette stratégie en démultipliant leur système de canalisation à travers la ville, de sorte à pouvoir maîtriser les flux exceptionnels des périodes de mousson.

Routes sinueuses: Les routes sont construites selon un schéma sinusoïdal, se courbant comme des lits rivières, pour intercepter et ralentir l'eau de pluie de sorte qu'elle soit moins érosive.

Chaussée perméable : L'imperméabilité de l'asphalte et du béton provoque des refoulements d'eau et des ruissellements qui entraînent une pollution de l'eau. Les plans de Lavasa comprennent du ciment poreux, semblable à celui produit par le corail, qui stocke l'eau et la libère lentement.

IV.3 Bilan critique du projet

Cette démarche présente l'avantage de chercher s'insérer en cohérence avec l'écosystème local. Néanmoins, les documents fournis par le cabinet d'architecture ne présentent que les stratégies développées pour atteindre une bonne gestion des eaux et remédier au problème d'érosion des sols. Il nous faudrait disposer du cahier des charges du projet pour pouvoir l'analyser dans ses subtilités et nuances et de vérifier les chiffres de son bilan environnemental.

Toutefois, cette ville construite hors-sol emploie une stratégie d'aménagement innovante. Ses planificateurs ont su transformer les contraintes, de l'érosion des sols et de la saison des moussons, en opportunités pour repenser la gestion des eaux et le bâti, en misant sur les paramètres morphologiques du système urbain et en pensant les solutions dans leurs effets en cascade. Néanmoins, bien que vitrine du biomimétisme urbain actuel, cette « écocité » a soulevé de violents débats. Lavasa est une « ville privée », c'est-à-dire qu'elle émerge d'un partenariat Public-Privé et adopte un fonctionnement d'entreprise privée : « un city manager » et non un élu gère la ville, les forces de « Lavasa Corp »³⁶ assure les fonctions policières. Mais les controverses vont plus loin. Les investigations accusent les promoteurs immobiliers d'avoir acquis frauduleusement les terres, au prix de déplacements forcés de populations. D'autre part, un rapport du Ministère de l'Environnement et des Forêts annonce en 2010 la suspension forcée des travaux de construction³⁷. Le motif ? Le non-respect des normes environnementales. Le réaménagement jugé « hasardeux » des collines sur lesquelles est construite la

³⁶ Article de Tarsh Thekaek, *The great urban juggernaut*, paru in : New Internationalist Magazine, en mai 2010, consultable sur <http://www.newint.org>, consulté le 27 juin 2018

³⁷ opcit

ville provoque « glissements de terrain » et « pollution de l'eau » (Miklian et al, 2014). Ces controverses -auxquelles s'ajoutent d'autres, que l'on ne mentionnera pas ici- ont conduit l'université d'Oxford à se retirer du partenariat précédemment conclu.³⁸ Lavasa se fait le symbole d'un urbanisme à deux vitesses. Ce cas de figure nous interpelle sur la problématique suivante : Pour qui et avec qui construisons-nous la ville ? Une ville biomimétique n'a de sens que si elle inclut conjointement les problématiques écologiques et sociales, les spécificités du lieu et son rapport aux territoires adjacents, les impacts et opportunités créés. Le rapport de l'Institut Entreprise, intitulé *Smart Cities. Efficace, innovante, participative : comment rendre la ville plus intelligente ?* (2014) montre bien dans quelle mesure "les processus de développement doivent désormais inclure la grande variété des acteurs qui composent la ville et leurs activités, dans l'objectif de maintenir leur richesse et leur puissance créatrice tout en évitant la marginalisation". Dans un contexte urbain indien, où les bidonvilles prédominent, la question de l'inclusion est de premier lieu. Il ne s'agit pas de créer un biomimétisme hors sol, mais de l'insérer dans la hiérarchie des priorités du territoire. Car une ville se construit et se reconstruit avant tout en fonction des besoins et d'usages. Séparer ce diagnostic de la démarche, revient à créer une esthétique désincarnée de l'esprit de lieu, sous fond de préoccupations écologiques. F.Choay critique violemment cette approche techniciste, dont elle en dira que : « *L'architecture du bulldozer est née qui nivelle les montagnes et comble les vallées.* » (1965).

CONCLUSION DE PARTIE :

« Deux conceptions de villes durables s'affrontent, pour décline à leur manière et à échelle urbaine, l'opposition entre durabilité faible et forte » affirment (Bourg, Cavin 2010). La première répond par une substitution du capital naturel par un apport technologique et affirme un contrôle de plus en plus poussé des processus naturels. Les biotechnologies y sont ici la condition de mise en œuvre du projet urbain. L'on qualifiera cette ville de « prométhéenne ». La ville « Orphique » quant à elle prend le contre-pied de la démarche précédente, elle s'ancre généralement à un niveau infra-local (tel le quartier), adopte une approche bottom-up et offre une large place au social et au spontané. (Bourg, Cavin, 2010). Lavasa pourrait se faire exemple de cette ville « prométhéenne », en adoptant une culture « unidirectionnelle de la performance » sans pour autant questionner l'usage du lieu et s'intégrer dans les forces profondes du territoire. Nous allons désormais aborder les pistes qui permettraient, non pas de construire, mais de reconstruire l'urbanité selon une perspective biomimétique. Comment le biomimétisme pourrait permettre de reconstruire la ville ?

³⁸Article de Soni Mishra *Le ministre qui en savait trop*, paru dans le Courrier International, février 2011

IV. RECONSTRUIRE LA VILLE : Quelle place pour le biomimétisme ?

« Nous avons besoin de l'autre non-humain – animal, végétal, ruisseau, montagnes et cosmos – que nous n'avons pas fait, qui n'est pas nous, pour nous sentir à notre juste place, pour nous sentir pleinement nous-mêmes, à la fois autres, radicalement humains, différents, et appartenant aussi à l'animal, au vivant et au cosmos »

Louis Espinassous

La dernière partie de notre recherche s'attache à étudier comment les acteurs pensent l'application d'une démarche biomimétique dans le cadre de ville déjà construite. Pour cela, l'on abordera la notion « d'écosystème urbain ». Ce concept permet de mettre en relief les relations d'une ville avec ses composantes internes, mais aussi externes -les territoires voisins-. Et permet de dégager des données qui peuvent être quantifiées -en faisant l'étude du métabolisme urbain-. De plus, l'étude des relations aux sein d'un système délimité permet d'identifier ses composantes et ainsi de soutenir les liaisons symbiotiques -comme nous le prouve l'exemple des trames vertes et bleues-. Il s'agira pour nous d'un cadre utile pour penser l'insertion d'une démarche bioinspirée visant à agir sur les liaisons d'un écosystème, en vue d'une gestion intégrée de la ville.

V.1 Le métabolisme urbain : penser la ville comme un écosystème

V.1.1 L'écosystème urbain : généralités

La ville est un écosystème particulier, avec sa faune et sa flore -une biocénose- et sujette à la régulation des cycles biogéochimiques. Appréhender son fonctionnement aux prismes de ces interactions-là, revient à traiter d'une écologie **dans** la ville. Or, si l'on peut aussi entreprendre une écologie **de** la ville. Ce qui nous amène à considérer la ville comme écosystème afin d'étudier ses interactions internes qu'externes, dans les limites du système de référence choisi.

Quelles sont ses liaisons avec les autres territoires ?

Comment y circulent les flux d'énergie et de matière ?

Nous nous rattacherons aux suggestions de Grimm et al (2003)³⁹ selon lesquelles les notions issues de l'écologie des écosystèmes offrent une structure de pensée pertinente pour permettre une

³⁹ **Bradshaw (2003)** Natural ecosystems in cities : A model for cities as ecosystems. In *Berkowitz A.R., Nilon C.H. & Hollweg K.S., Understanding urban ecosystems: A new frontier for science and education*. Springer-Verlag, New York

compréhension facilitée des processus. Sous l'influence de la publication de *Fundamentales of Ecology*, en 1953 par l'écologue Eugene Odum et son frère Howard, une autre manière d'envisager l'écologie urbaine émerge. Influencée par les concepts et méthodes. L'écologie scientifique a changé d'option dans l'application des principes écologiques. On est passé « du niveau des populations, au niveau de l'écosystème ». Dans une perspective d'approche globale, l'auteur aborde les thèmes fondamentaux de l'écologie sous l'éclairage constant du concept d'énergie et des niveaux d'organisation et d'intégration des organismes. (Carcenac-Suffert, 1978). Les frères Odum ont contribué à mettre en lumière l'unidirectionnalité et la déperdition énergétique qui caractérisent la circulation des flux d'énergie dans les chaînes trophiques. De manière simplifiée, l'on y retrouve la circulation de deux grands flux : l'énergie et la matière et de trois types de protagonistes : les producteurs -qui fournissent de la matière première à partir de l'énergie solaire -, les consommateurs -qui consomment et rejettent la matière première- et les décomposeurs -qui minéralisent ces rejets organiques-. C'est sous couvert de cet héritage qu'émergent les travaux de l'ingénieur Abel Wolman qui introduit pour la première fois la notion de métabolisme urbain. (Da Cunha, 2015). Ces apports scientifiques ont permis de faire émerger une vision renouvelée de l'écologie urbaine axée sur le constat suivant : les « écosystèmes humains » - les lieux de concentration d'humains et d'activités humaines- sont des systèmes hétérotrophes, dépendants de l'extérieur pour satisfaire leurs besoins énergétiques. Ce qui conduit aux considérations suivantes *« Ainsi, les villes doivent absorber continuellement de l'énergie disponible dans leurs enveloppes spatiales pour alimenter leurs métabolismes en y rejetant de l'énergie irrévocablement et irréversiblement dégradée. De fait, le fonctionnement de la ville ne peut se comprendre uniquement par l'analyse de la structure sociale et morphologique implantée dans un périmètre donné. Elle apparaît désormais comme un écosystème artificiel qui consomme, produit et entretient d'indispensables échanges matériels avec un support écologique beaucoup plus vaste »* (Da Cunha, 2015)

De manière simplifiée, l'on pourrait considérer que :

Les écosystèmes urbains sont composés:

1. D'espèces diverses en interaction
2. De sols stockant carbone et azote
3. De producteurs primaires.

Mais à la différence des écosystèmes naturels, les **écosystèmes urbains** :

1. sont hétérotrophes
2. sont fortement dépendants des apports externes
3. sont incapables de recycler leurs déchets efficacement
4. ont des systèmes de contrôle social et politique

L'étude d'un écosystème revient à aborder la question de la gestion des flux, entrants et sortants, ainsi que celles des ressources disponibles naturellement sur le territoire -eau, énergie, matière première-. Une telle démarche propose une vision systémique, qui permet de mettre en lumière les interactions entre sphères économiques, sociales et environnementales qui influencent les systèmes et sous-systèmes de l'ensemble urbain. Si les divergences entre écosystèmes naturels et urbains freinent l'opérationnalité du concept, elles nous offrent des éléments d'éclairage sur la non-durabilité des villes, comme le rappelle Antonio Da Cunha: *« leur sol est artificialisé et leur production végétale (primaire) est limitée ; elles sont des écosystèmes hétérotrophes dépendants dans leur fonctionnement de la matière et de l'énergie qu'elles doivent importer de leurs enveloppes spatiales ; la quasi-absence de sol organique (milieu de recyclage des déchets organiques dans les systèmes naturels) implique aussi l'évacuation de leurs déchets et leur élimination par des moyens coûteux en énergie ; leur métabolisme est imparfait, de ce fait, la capacité de charge des écosystèmes environnants est fortement mise à contribution par les déchets et émissions polluantes des activités urbaines. »*

Sur ces considérations, bien qu'imparfait, le calcul de l'empreinte écologique d'un territoire -en l'occurrence la ville ici-, peut-être un outil utile afin de définir le degré de pression que la ville exerce sur l'environnement. L'Empreinte écologique est une mesure de la pression exercée par l'homme sur la nature. L'Empreinte écologique évalue la surface productive nécessaire à une population pour répondre à sa consommation de ressources et à ses besoins en absorption de déchets.⁴⁰ (Da Cunha, 2015)

V.1.2 Le cas Bruxellois

Dans l'influence de l'Ecole de Chicago⁴¹, Paul Duvigneaud et son équipe – «L'Ecole de Bruxelles» - se sont attelés durant les années 1970 à modéliser l'écosystème urbain bruxellois. Ces derniers visaient à appliquer les théories de l'étude des systèmes à la capitale. Cette étude est découpée en quatre parties :

1. Un bilan énergétique subdivisé en énergie solaire et énergie subsidiaire (provenant de l'importation, soit les combustibles fossiles soit l'électricité). L'analyse de ce bilan énergétique fait apparaître que l'énergie subsidiaire correspond à environ la moitié de l'énergie solaire arrivant sur la ville de Bruxelles.

⁴⁰ Définition provenant du dictionnaire de l'environnement : <https://www.dictionnaire-environnement.com>, consulté le 13 mai 2018

⁴¹ « Ecole de sociologie urbaine qui s'intéresse à la répartition des groupes sociaux dans l'espace et modélise les transformations urbaines qui accompagnent les vagues d'immigration. L'inspiration est issue des concepts de l'écologie végétale ce qui justifie le terme d'écologie urbaine qui qualifie l'École de Chicago. » Source : www.ens-lyon.com, consulté le 19 mai 2018

2. Une analyse de cycle de l'eau incluant des précipitations (perdues par ruissellement ou par évaporation), l'eau potable importée et les eaux usées.
3. Une étude de la biocénose sur le territoire de Bruxelles. Cette biocénose comportait environ 1.000.000 habitants qui correspondent à 59.000 tonnes, 100.000 chiens (1.000 tonnes) et 250.000 chats (750 tonnes). Par ailleurs, le nombre total de lombric était estimé à 8 milliards (8.000 tonnes). La biomasse des plantes vertes était estimée à 750.000 tonnes de matière sèche dont 10.000 tonnes d'arbres plantés le long des avenues.
4. Une étude du métabolisme urbaine comprenant la production primaire de la biomasse, le rejet des polluants et la génération des déchets. La production de la biomasse était estimée à environ 180 tonnes de matière organique. En ce qui concerne les polluants, 6.350 tonnes de CO₂ étaient émis (dont 5.900 t proviennent de la combustion des combustibles et 450 t de la respiration des humains). L'on retrouve d'autres polluants comme produits de cette combustion, tels que le CO, le SO₂, NO_x, les hydrocarbures mais aussi des particules solides et du plomb.

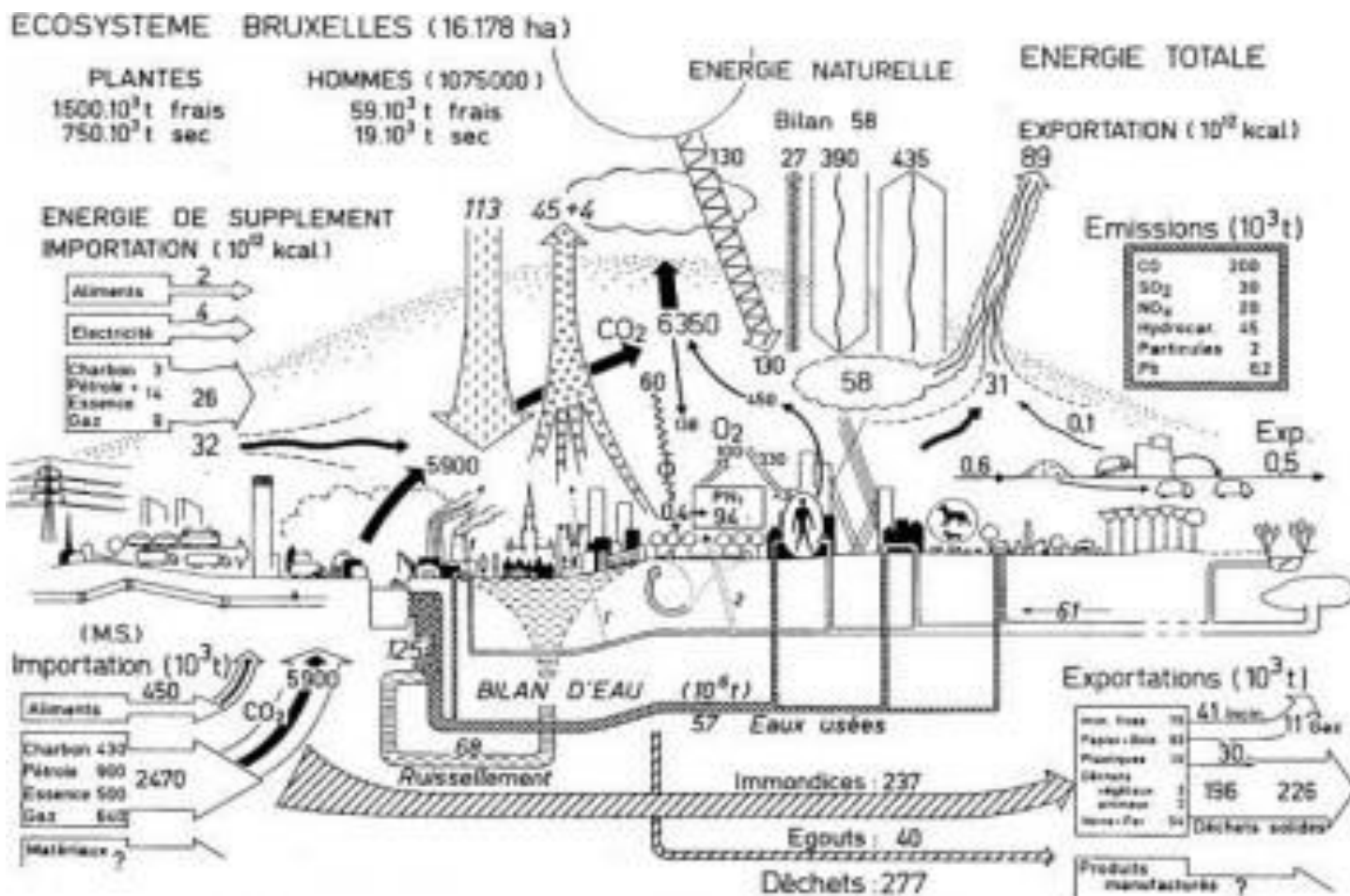


Figure 11 Modélisation de l'écosystème bruxellois selon Paul Duvignaud et son équipe

Le bilan de cette étude démontre que la majorité des ressources d'eau et d'énergie sont importées. Quant aux ressources fournies naturellement -eau de pluie & énergie solaire- elles ne sont guère utilisées. Aussi, il est intéressant de souligner le cas des eaux des précipitations perdues par ruissellement. Celles-ci ne sont ni collectées ni valorisées, mais de plus alourdissent le système d'égouttage puisqu'elles sont considérées comme eaux usées et traitées comme telles. Dans ce cas, il s'agit d'une double-perte. D'autre part, la consommation de matière alimentaire et associées engendre une moyenne d'1 kg de déchets par jour pour un habitant. Ce qui contribue à court-circuiter les cycles naturels de production, consommation, décomposition et retour de matière organique à l'environnement.

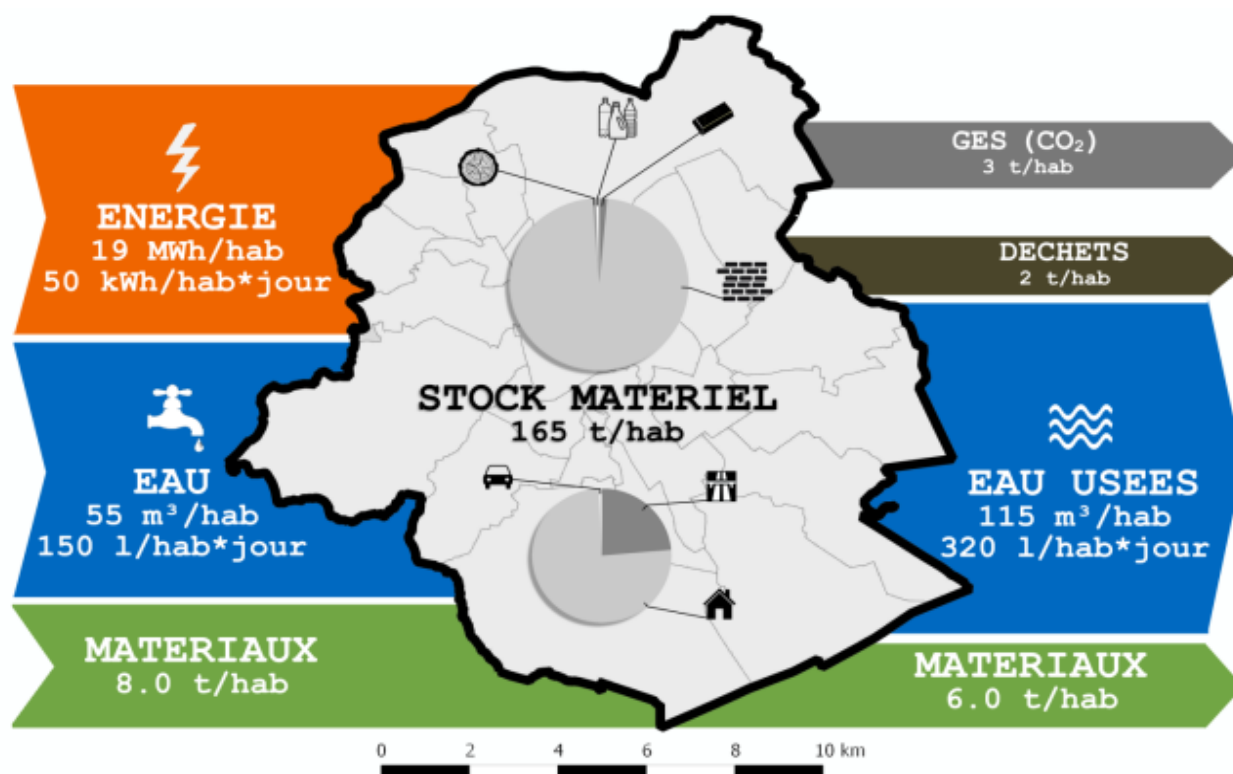


Figure 12 Bilan des flux entrants/sortants de la ville de Bruxelles, 2010, selon une étude de A.Athanassiadis

Près de 40 ans plus tard, en 2010, A. Athanassiadis et son équipe se sont également intéressés à l'écosystème Bruxellois en réalisant une évaluation du bilan des flux entrants et sortants, actualisant ainsi les données précédentes. Le diagramme ci-dessous présente les résultats chiffrés de l'étude. Avec presque plus d'output que d'input, la ville de Bruxelles fonctionne comme un système ouvert, à flux tendu, et dépendant d'autres enveloppes spatiales pour son approvisionnement et la gestion de ses externalités environnementales.

Ainsi, l'empreinte écologique de la région de Bruxelles-Capitale est de 408 fois sa surface, soit 66 096 km², soit 2,17 fois la surface de la Belgique.⁴² De ce fait, la ville de Bruxelles a une emprise considérable sur les ressources naturelles et met également à contribution la capacité de charge des écosystèmes environnants par les déchets et émissions polluantes de ses activités. L'on est face à un double dynamique : de prélèvement & de rejet. De tels chiffres indiquent ainsi l'ampleur des défis à relever pour les métropoles afin de tendre vers des stratégies de gestion qui feront coïncider besoins urbains et les limites des ressources.

⁴² Etude de William Rees, 2004, retransmise par BrusselsAcademy

V.1.3 D'un métabolisme linéaire à un métabolisme circulaire

Comme l'indique Girardet (1992) les flux de matière et d'énergie traversent l'écosystème urbain de manière linéaire. Matière & énergie sont extraites des réservoirs naturels, transportés, exploités, utilisés et renvoyés à l'écosystème sous formes dégradés voir non dégradables. Partant d'un constat similaire, K'Akumu (2007) affirme la nécessité de boucler les flux urbains : *«Cities with linear metabolism are cities that function as straight line processors of materials perpetually turning raw materials into wastes without any options of recycling nutrients or materials. Cities with circular metabolism on other hand function by recycling wastes and materials. The concept of metabolism therefore generally works towards a recommendation of circular metabolism as an option for sustainable developement »*.⁴³ Par la suite, ce concept a été appuyé en octobre 2006 à l'occasion de la présentation du New Urban Agenda sous l'égide de l'ONU dans le cadre du Plan Habitat III. Ce nouvel agenda appelle à *« an integrated urban and territorial planning and design in order to optimize the spatial dimension of the urban form and to deliver the positive outcome of urbanization. »*⁴⁴. Le message semble clair, il ne s'agit plus de minimiser les impacts environnementaux, mais de créer de réels bénéfices environnementaux. Quatre ans plus tard, en 2004, le World Future Council offre un cadre de compréhension à l'idée (Girardet, 2010, 2015). Une ville circulaire est une ville dont l'empreinte écologique serait moindre et qui remplirait une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Protection environnementale et restauration des relations environnementales entre la ville et les territoires dont elle dépend
- Recours à un système d'énergie renouvelable
- Encourager les nouveaux modes et choix économiques portés sur la transition et la participation citoyenne

L'on y retrouve les principes du Vivant tels énoncés par Janine Benyus : l'usage d'énergies renouvelables, la réutilisation, la valorisation et le recyclage des déchets dans le cadre d'une économie urbaine de proximité qui rapproche l'offre de la demande. A titre d'exemple, la ville d'Amsterdam réhabilite une ancienne zone industrielle, Buikloterham (LeMoigne, 2014). A l'horizon 2030, Circulair Buikloterham porte l'ambition de recycler l'intégralité des eaux grises, récupérer celles de pluies. Les matériaux de construction et ceux ménagers seront de même récupérés et valorisés en vue d'une réutilisation et le mix énergétique sera à majorité renouvelable. Une telle démarche appelle à identifier

⁴³ « Les villes à métabolisme linéaire sont des villes qui transforment perpétuellement les matières premières en déchets sans aucune option de recyclage des nutriments ou des matériaux. Les villes avec le métabolisme circulaire fonctionnent en recyclant les déchets et les matériaux. Le concept de métabolisme appelle à tendre vers un métabolisme circulaire comme option de développement durable » (traduction personnelle)

⁴⁴ « une planification et conception urbaines et territoriales intégrées afin d'optimiser la dimension spatiale de la forme urbaine et de produire des résultats qui soient positifs ». (traduction personnelle)

les multiples expressions matérielles d'un territoire dans son rapport à l'environnement, ainsi que les usages sociaux corrélés à un système économique et à un tissu d'acteurs. Sur ce dernier point, A. da Cunha (2015) met en garde sur les représentations de l'urbain comme immense machine thermodynamique. Bien que la métaphore soit séduisante, l'écologie urbaine est ici invitée à sortir de la simple comptabilité des flux de matière et d'énergie pour aborder le caractère évolutif et dynamique des écosystèmes urbains en y introduisant les paramètres sociaux.

Aussi, les biomiméticiens M. Braungart et W. McDonought, dans leur livre « Cradle-to-Cradle » (2002) nous suggèrent l'exercice suivant : « Imaginez un bâtiment comme un arbre et une ville comme une forêt ». Cet exercice de visualisation peut nous aider à nous projeter dans le contexte d'une ville régénératrice. Quel est le fonctionnement d'une forêt ? Les forêts sont souvent présentées comme des écosystèmes de Type III, appelés aussi « écosystème mature » (J.Benyus, 2004). Le type III est un écosystème où l'intégralité des éléments sont recyclés continuellement, seule l'énergie solaire apparaissant encore comme un intrant.

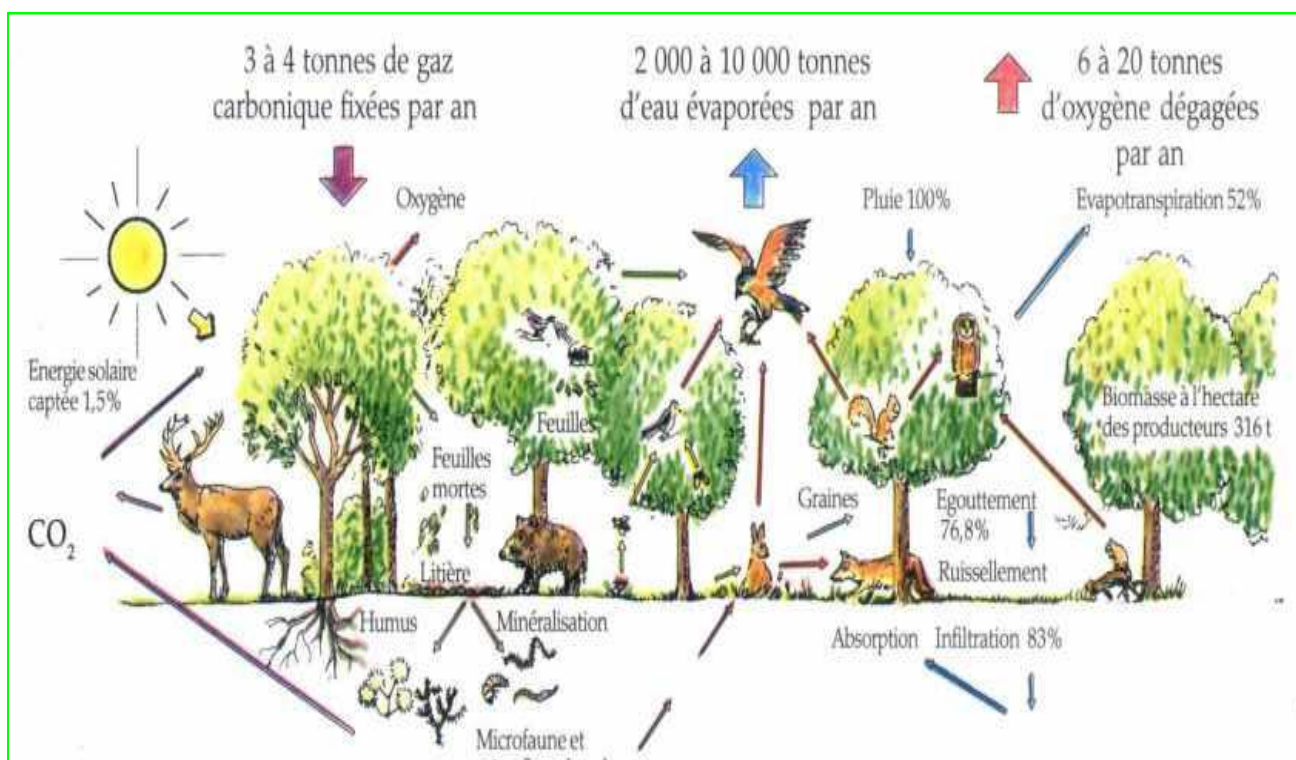


Figure 13 Fonctionnement d'un écosystème forestier, source : www.maisonlavaz.wordpress.com

Comme l'offre à voir le schéma précédent, les forêts -dans leur diversité- offre un modèle écologique exemplaire : usage efficient de l'Energie solaire, participation à la régulation thermique et au cycle de l'eau, recyclage des nutriments en boucles plus ou moins fermées, opérant dans la diversité et la coopération. Elles sembleraient à première vue un excellent modèle de référence pour penser

l'aménagement de nos villes. Néanmoins, la forêt n'est pas seulement une métaphore biologique à mimer dans l'élaboration de nos plans de bâtis. Elle n'est pas une cité « verte » au sens labelisé, c'est à dire où ses bâtiments rempliraient des fonctions similaires à celle des arbres. Elle serait plutôt un lieu de vie et de symbiose avec des espèces non-humaines, de sorte que sa verdure ne soit pas uniquement métaphorique. (Dicks, 2016) Il ne s'agit dès lors plus de construire comme la nature, mais avec la nature, dans la recherche d'un état symbiotique.⁴⁵

A cette critique, s'ajoute la considération suivante : le découpage des écosystèmes en trois phases est une conception issue de l'écologie de la succession. Or dans le déroulement du cycle évolutif, lorsqu'un écosystème « mature » atteint son climax, soit l'état final de sa succession écologique et le plus stable de son biotope, il s'expose de nouveau aux perturbations et aléas. Il ne s'agit pas d'un stade figé, mais un processus en mouvement (Connel, Slatver 1977). Ainsi, mimé le fonctionnement d'un écosystème ne doit pas être appréhendé comme un exercice figé où les composants resteront stables dans le temps, mais comme une application dynamique et respectueuse du temps biologique, condition nécessaire pour tendre vers plus de résilience. En effet, le processus de succession évolutif repose sur une série d'étape devant se succéder chronologiquement dans un ordre défini. L'imitation hâtive et accélérée des processions de résilience écologique et l'omission des étapes préalablement définie peuvent heurter le bon déroulement du projet. Les stades pionniers des écosystèmes (I et II) sont d'une grande importance puisqu'ils posent les fondations de la restauration ou de la création du substrat et de l'ancrage des végétaux, contribuant ainsi aux fonctions de rétention d'eau, à la captation de CO2 etc.. La conception de villes ou d'écoquartiers qui soient directement « matures » suppose de négliger ces étapes préalables, ce temps biologique. Selon Nicolas Buclet (2011), chercheur en écologie industrielle et territorial, il s'agit d'une preuve d'ubrys humaine.

La ville-forêt, peuplée de canopée offrant de larges clairières pour le développement de l'agora, captant le CO2 et rejetant de l'oxygène aux citoyens, lieu de vie et de biodiversité, l'image fait rêver. Toutefois, une revue attentive de la littérature nous amène à dire que si l'injonction a fait du chemin, la mise en pratique peine toutefois à se développer. Ainsi, les récits font partie intégrante de l'univers biomimétique, invitant ainsi la créativité humaine à ouvrir un large champ des possibles. Toutefois, il est parfois -et bien souvent- délicat de sortir de la simple invocation d'images. Pour échapper à la fatalité de ce constat, nous partirons de l'hypothèse de cette ville-forêt, n'appelle pas à être créée, mais plutôt à être émergée. (Dicks, 2015)

⁴⁵ Au sein de la communauté scientifique, la symbiose est entendue comme étant une association à caractère obligatoire ou non, à avantages et/ou inconvénients réciproques et partagés, entre partenaires avec des bénéfices pour la nouvelle entité émergente. Néanmoins, dans son utilisation la plus courante, le terme symbiose traduit des interactions mutualismes, axées sur l'émulation de co-bénéfices. C'est principalement dans ce sens que nous utilisons ici le terme de symbiose, pour le mettre à profit d'analogies.

Ce qui appelle une double-considération : travailler sur la morphologie des bâtis et circuits existants et au travers d'outils existants aussi. En somme, il s'agit d'une considération selon laquelle le biomimétisme entendu comme philosophie et approche du vivant pour le vivant, peut aussi trouver son application des cadrages de projet -au-delà des simples images-. A contrario d'une utilisation qui reposerait sur des créations supplémentaires, qu'elles soient architecturales ou urbanistiques. Ce point de vue se rallie aisément aux propos de Guillaume Porcheron, recueillis lors d'un entretien à visée exploratoire. Ce dernier, qui fut en poste à la Mairie de Vélizy-Villacoublay, en tant que chargé de projet pour une ville biomimétique, nous éclaira sur sa démarche. La méthodologie de travail adoptée au sein de son équipe fût de décliner tous les « Principes du Vivant » énoncés par Janine Benyus, à la manière d'un cahier des charges puis de venir y insérer tous les projets déjà menés au sein de la municipalité qui pouvaient être susceptibles de répondre aux injonctions de ses principes. La démarche de Mr Porcheron et de son équipe nous paraît intrigante en deux points : premièrement puisqu'il s'agit « d'optimiser plus que de maximaliser » et en ce sens travailler sur l'augmentation des performances des démarches préexistantes -si toutes fois elles sont considérées comme porteuse d'intérêts- et valoriser ainsi le temps et l'énergie consacrées à leur réalisation. Secondement, la méthode ne répond pas à la recherche d'un « chaînon manquant » pour créer une ville biomimétique grâce à l'émergence de nouvelles pratiques du design, de l'architecture ou de la gestion. Mais consiste plutôt à axer sa recherche sur l'existant, en essayant de tisser les fils invisibles qui permettraient à ces outils de jouer de concert la symphonie d'une démarche écosystémique. Ainsi relève du biomimétisme cette volonté et finalité du projet, qui sont de s'ancrer dans les « principes du vivant ». L'on rejoint dès lors dans une conception du biomimétisme entendu comme philosophie et non plus comme déclinaison technique. Bien qu'une fois de plus, l'un n'empêche pas l'autre.

V.2 Un biomimétisme qui s'ignore ? L'exemple des trames vertes et bleues.

Nathalie Blanc, géographe de formation et chercheuse au CNRS, interprète le biomimétisme comme une invitation « *à nous régler sur sur des formes naturelles comme une fabrication de l'environnement à partir de processus dits naturels, censée effacer la distinction entre nature et culture* » (Blanc, 2012). L'exemple des trames vertes et bleues, qui sont des dispositifs de maillage de territoires écologiques, nous offre selon elle, une perspective d'intervention du biomimétisme qui viserait à rétablir les continuités. Il ne s'agit plus de recréer l'écosystème, mais de le rétablir. Les trames, en mettant l'accent sur la dimension connective des écosystèmes, sont formalisées dans des cartographies-des modélisations géographiques des espaces- qui s'imposent au regard (Pitrou et al, 2015). Toutefois, l'esthétique qui en découle reste l'œuvre d'une nature qui évolue et l'on peut se

demander comment elle est vécue par les habitants de la ville. C'est en ce sens, que Nathalie Blanc, voit dans les trames vertes et bleues, une approche qui « *mobilise la relation sensible que les humains entretiennent avec leur environnement. Et doit permettre de faire émerger, grâce au réaménagement des territoires, des rencontres entre le naturel et le culturel* » (Pitrou et al, 2015)

De plus les dispositifs de trames vertes et bleues conduisent à concevoir la biocénose urbaine comme fonction de service pour la ville. Elles conduisent à la valorisation des services écosystémiques et opèrent par la multifonctionnalité. L'exemple des corridors écologiques est révélateur d'un co-bénéfice, tant pour le biotope de la ville -puisqu'ils contribuent au maintien et amélioration des processus écologiques- que pour l'activité anthropique offrant un service de support aux activités humaines et de régulation des procédés biogéochimiques. L'accroissement des trames vertes et bleues au sein d'une Europe aux sols majoritairement artificialisés, serait-il la promotion de l'accroissement du capital écologique comme ambition politique ? S'agit-il de ménager cette biodiversité ou d'aménager avec le Vivant ?

V.2.1 Les trames vertes & bleues : l'Homo Urbanicus entre protecteur & bon gestionnaire

- Rétablir le maillage écologique

Heuristiquement, l'on peut considérer deux pôles d'agentivité dans l'écosystème urbain : les agents non humains produisant des services et processus (des services écosystémiques) et les actions humaines de contrôle et d'influence sur ces dernières. (Laap, 2005)⁴⁶. L'idée sous-jacente à la création de corridors écologique est la réparation ou le maintien du vivant, par le vivant. Soit, de gérer écologiquement en restaurant le fonctionnement. Filles héritières du Grenelle de l'environnement⁴⁷, les trames vertes et bleue ont pour ambition de relier l'ensemble des continuités écologiques d'un territoire, inscrivant leur maintien et protection dans le droit. Les continuités écologiques sont composées de réservoirs de biodiversité, espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie et où les habitats naturels sont de qualité suffisante, et des corridors, espaces qui les relient.

⁴⁶ Ibid

⁴⁷ Le Grenelle de l'environnement est un ensemble de rencontres politiques organisées en France en septembre et décembre 2007, visant à prendre des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable, en particulier pour restaurer la biodiversité

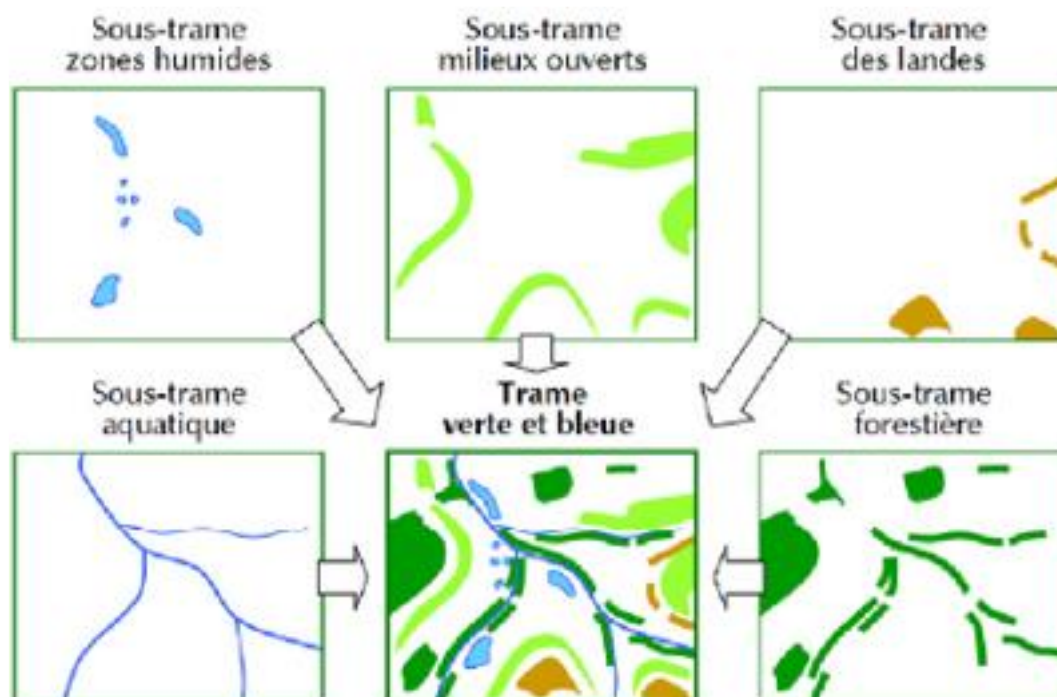


Figure 14 Schéma des trames verte & bleue, source : DREAL Centre Val de Loire

L'objectif est de créer ou de maintenir un maillage écologique sur la base d'un triptyque essentiel en conservation de la nature:

- ◇ **Augmenter la quantité d'habitat « naturel » ou « semi-naturel ».** Cet objectif est prioritaire pour les habitats rares, mais il rentre en compétition avec de nombreux besoins de nos sociétés qui conduisent à l'expansion urbaine, la fragmentation, l'agriculture intensive, etc.
- ◇ **Améliorer la qualité des habitats,** notamment en modifiant les pratiques de gestion et en conciliant les besoins sociétaux avec les enjeux environnementaux, en rendant les milieux urbains, agricoles ou forestiers également favorables aux espèces exigeantes.
- ◇ **Améliorer la connectivité entre les habitats,** en réduisant l'impact des barrières que peuvent constituer les infrastructures de transport, l'urbanisation, l'agriculture intensive ou les seuils dans les cours d'eau, en freinant l'expansion urbaine, en accroissant la transparence écologique des équipements quels qu'ils soient.

- De la protection du Vivant à la valorisation de ses services

Les Trames Vertes et Bleues supposent d'étendre l'attention jusqu'à présent centrée autour d'enjeux de qualité des écosystèmes vers une pratique davantage préoccupée par la fonctionnalité de ces milieux et

leur rôle dans le fonctionnement écologique global (Bourdil, 2004). L'on transite ainsi d'une ambition de protection à celle de gestion. Bien que l'objectif premier de la mise en place d'un maillage de continuités écologiques soit la préservation de la biodiversité, une telle trame peut aussi contribuer aux politiques économiques, paysagères, urbanistiques, sociales, ou de gestion des risques. C'est d'autant plus vrai que la plupart des corridors sont situés en dehors des zones protégées, dans des espaces habités supports d'activités humaines. Considérées dans une perspective territoriale, la préservation et la gestion des éléments de continuité écologique peuvent bénéficier aux populations humaines en offrant un vaste éventail d'habitats de qualité et peuvent limiter certains problèmes environnementaux comme l'infiltration des eaux de pluie, baisse des températures, diminution de pollution locale de l'air (Camproux-Duffrène, Stambouli, 2012).

V.2.3 Diversité des approches & discours

L'introduction de la préservation environnementale au sein des pratiques d'aménagement urbain est à fortiori susceptible d'entraîner des conflits d'intérêt (Bouvier, Patron, 2017). La préoccupation environnementale, comme objet hybride, revêt des acceptations et des pratiques divergentes en fonction des jeux d'acteurs. En 1991 les sociologues Luc Boltanski et Laurent Thévenot (1991) distinguaient 6 modes de justifications pour l'établissement d'une cité verte : le point de vue des marchand, des inspirés, de l'opinion, du civique et de l'industriel. Partant de l'hypothèse que les trames vertes & bleues pourraient être un nouveau support pour une cité verte, Jean-Michel Le Bot et Françoise Philip ont mené une enquête dans trois agglomérations françaises -Angers, Nantes & Rennes- qui ont mis en oeuvre des trames vertes. L'enquête, est constituée d'entretiens semi-directifs auprès de représentants institutionnels et d'acteurs locaux intervenant directement dans les projets de trames vertes de ces agglomérations : directeurs de services d'urbanisme, d'aménagement du territoire ou de services des jardins, chargés de mission, urbanistes, élus, responsables d'associations de protection de l'environnement. Cette analyse a pour finalité l'examen des discours au sujet des trames et de la façon dont ces dispositifs viennent s'inscrire dans les ordres de justifications préexistants définis par Boltanski & Thévenot (1991). Cette étude révèle la variété de considérations offertes à la préservation de la nature en ville en fonction des sens politiques, au niveau des entreprises et ceux environnementalistes. Nous avons résumé cette étude par le tableau suivant. Face au manque de représentativité de certains ordres de justifications dans l'analyse de Michel Le Bot & Françoise Philip (2012), nous avons choisi de présenter uniquement les positionnements des acteurs relatifs aux mondes industriels, civiques et marchands.

Acteurs	Monde industriel	Monde civique	Monde marchand
Perception du vivant	Ressource à exploiter : matière première & énergie	Nature a une valeur d'existence et culturelle, conception environnementaliste	Ressource à valeur monétaire en fonction de sa rareté
Discours	Techniciste	Naturaliste	Economique
Pratique / outil	Gestion différenciée	Plaidoyer, recours judiciaire	Evaluation de la valeur des services écosystémiques
Objectif / justification du discours	Développement durable	Intérêt général, Qualité de vie, Préservation environnementale	Productivité Equilibre entre sphère économique & environnementale

Figure 15 Elements de justifications des acteurs quant aux trames vertes et bleues, résultats issus d'une analyse de Michel Le Bot & Françoise Philip (2014)

Il ressort de la politique des trames vertes une dynamique paradoxale qui tend à faire de l'environnement un enjeu central, néanmoins la diversité des discours en vigueur vient nuancer l'objectif initial (Dobbès et al, 2011). En effet, l'instauration des trames verte & bleue en tant qu'outil d'aménagement urbain cristallise des conceptions et des modalités de gestion divergentes, principalement dues aux diversité d'intérêts des acteurs, pour qui les trames verte & bleue n'ont pas le même sens. Les différences de gradient de durabilité aux seins des acteurs -d'une durabilité forte à une moins soutenue- interfèrent dans les méthodes et approches déployées. Les acteurs concernés par la mise en oeuvre des trames vertes & bleues se focalisent actuellement sur au moins deux enjeux : la fonction écologique par la mise en continuité et connectivité des espaces et la fonction urbanistique de la trame verte, pensée en tant qu'équipement structurant de la ville. Ainsi, la multifonctionnalité de ces trames invitent aux compromis et aux négociations d'acteurs. Ce qui amène à considérer que les trames vertes & bleues oscillent entre contrainte et levier des développements de la relation Homme-Nature au sein de l'urbain. Cela peut-être une opportunité pour penser le vivant comme agent, c'est à dire doté d'une capacité à agir sur la fabrique urbaine, et ainsi être un partenaire actif. L'on s'approche ainsi d'une relation Homme-Nature axée sur la symbiose au sens d'émulation de co-bénéfice. Néanmoins, il est possible aussi d'inverser la tendance, en se rapprochant plus d'une conception du vivant basé sur sa valeur d'usage, c'est à dire, d'un ancrage utilitariste au sein duquel l'humain protégerait et gérerait le vivant au vue des bénéfices sous-jacents à son maintien. Ce qui n'exclue

pas la création de co-bénéfices, mais témoigne d'une acceptation et considération distincte du rôle du vivant et de la relation Humain-Non humains.

CONCLUSION DE PARTIE

Dans cette dernière partie nous avons pu aborder comment l'essor des connaissances écologiques a pu aider à penser la ville dans la complexité. Ces éclairages nouveaux vont conduire à l'émergence d'une nouvelle manière de penser la ville. Désormais perçu comme un « métabolisme », les villes sont lieux d'interactions constantes. Ces échanges se réalisent tant au sein de leurs frontières -échange d'énergie, de matière, circulation de faune et de flore et flux humains-, qu'envers les territoires avoisinants qui servent de grenier à ces urbanités. Aussi, s'il est parfois délicat d'agir directement sur la structure du métabolisme urbain, puisque cela présuppose une action qui induit une variété d'échelle, de secteurs et d'acteurs, n'est-il pas opportun de chercher à rétablir les maillages existants. Ceux écologique, mais aussi plus amplement économiques et sociaux ? Une telle action relèverait-elle d'un biomimétisme qui s'ignore ? L'exemple des trames vertes et bleues illustre cette hypothèse.

CONCLUSION

Il résulte de notre examen que la « ville biomimétique » est un concept pluriel, qui cristallise des discours multiples, des applications différenciées et des aspirations divergentes. Nous pouvons désormais identifier trois cadres de définitions ayant émergé de notre étude :

- Un biomimétisme comme technique pour renouveler les panoramas urbains.
- Un biomimétisme comme mot d'ordre pour encadrer les projets urbains.
- Un biomimétisme comme philosophie pour penser la ville et les relations urbaines.

Envisager le « biomimétisme urbain » sous l'aune de la technique revient à rechercher, dans les modèles et processus issus des connaissances du vivant, le support à l'avènement de nouvelles technologies et techniques de conceptions. Cela favorise la création de modules urbains relevant d'une démarche biomimétique. Dans ce cas présent, la technique est à l'honneur, la méthodologie aussi. Cela nécessite une transposition des connaissances issues de la biologie et/ou de l'écologie vers une application technique. Pour se faire, il faudra passer par une phase d'identification des problèmes ou solutions que l'on souhaite traiter, chercher les moyens déployés par le vivant pour des problématiques similaires. Puis procéder à une abstraction de ces connaissances et les convertir en application technique. Tel fût le cas pour la ville de Lavasa. Cette conception du biomimétisme s'applique uniquement dans le cadre d'objets sectoriels -bâtiments, transports, réseaux énergétique etc- et n'est opérationnelle que dans le cas de projets très spécifiques. Aussi, cette acceptation de la « ville biomimétique » nécessite pour réaliser, de connecter des pièces d'innovations les unes aux autres dans l'optique de créer -ou conquérir- un tissu urbain. L'enjeu nous paraît délicat, puisque dans le cas des villes déjà construites, la démarche risque de rester cantonnée à quelques projets phares se faisant vitrine du concept. En effet, le tissu urbain est déjà constitué, avec ses différents circuits et bâtis, il reste dès lors peu d'espace à l'implantation de nouvelles structures. S'il s'agit de rénover ou de reconstruire, il nous paraît essentiel que les acteurs se demandent à qui sert un tel projet et à quoi sert le projet en lui-même. Quelles sont les intentions ? Est-ce que ce projet participe à une amélioration qualitative des facteurs environnementaux et humains ? Dans le sens où l'application biomimétique peut paraître très séductrice pour les acteurs du design et de l'architecture notamment. Mais elle ne doit pas masquer pour autant les aspirations des usagers. Surtout, une réelle préoccupation environnementale doit être à l'œuvre pour que le biomimétisme déploie réellement tout son potentiel. Il ne s'agit pas seulement de s'inspirer de formes à caractères naturalistes ou de procédés biologiques pouvant être utiles pour incrémenter une innovation, mais de se questionner sur l'analyse de cycle de vie de nos productions, ainsi que des bénéfices créés. Bénéfices pour la

biosphère & pour ses habitants. Penser l'un sans l'autre est à nos yeux un non-sens et ne servirait qu'à la prouesse technique. Il ressort de l'historique du biomimétisme, que le concept émergea des sphères de l'ingénierie et autres associées. De telle racines expliquent sans doute pourquoi actuellement le biomimétisme est surtout déployée dans une application technique et peine encore à en sortir. Il nous paraît délicat de cerner l'intention de tels projet. Est-ce que le biomimétisme sert uniquement de support à l'avènement de nouvelles technologie et techniques ? Ou est-ce que la rencontre entre le génie du vivant et la technique puisse mener à la fin du paradigme productivisme issus de la Modernité ? Nous faisons face à la limite de notre sujet. L'absence de réponses certaines à ces questions, n'entrave en rien la vivacité de l'attention que nous portons à ces interrogations.

Si le biomimétisme est un mot d'ordre décliné pour penser l'avenir que l'on souhaite offrir à nos villes, dans ce cas-là l'on se rapproche de la thématique de la gestion de projet voir de l'ambition politique. La Nature et les apports des sciences du vivant sont alors envisagés comme mesures pour penser la durabilité de nos projets. Le biomimétisme ne se décline plus forcément ici exclusivement dans sa dimension matérielle, mais plutôt comme un élément de cadrage pour sonder l'acceptabilité des projets urbains. Dans ce sens, les « principes du vivant » se présentent comme un cahier des charges adressés aux tous ceux qui de près ou de loin « fabriquent la ville ». L'on est pas loin des injonctions du « développement durable », des « villes résilientes », des « villes en transition » etc. Le biomimétisme ici est appréhendée comme un cadre référentiel pour diriger les actions sur les villes. Il s'agit d'une ambition relevant quasiment du domaine du politique. Lors d'un entretien Guillaume Porcheron qui fut chargé du projet « Ville Biomimétique » pour la municipalité de Velizy Villacoublay, a souligné la forte volonté politique nécessaire à la réalisation d'un tel projet. De plus, l'émergence d'une ville biomimétique nécessite un temps long, pas toujours compatible avec le rythme de renouvellement des paysages politiques. Entendue de la sorte, une « ville biomimétique » seraient une ambition politique qui viendrait appuyer et fédérer un ensemble de projets, réunis en cohérence les uns aux autres. Dans la perspective que leur assemblage permettent de faire émerger un système urbain qui soit compatible avec les limites de la biosphère. L'on se place dès lors dans une quête d'auto-organisation, d'usage efficient des ressources, d'optimisation des flux. Dans une conception telle du biomimétisme, le terme ne semble bien pas choisi pour décrire la réalité vers laquelle il cherche à tendre. C'est pour cela que certains préfèrent parler de « bioinspiration » (Bœuf, 2015) En effet, il ne s'agit pas ici de « mimer » la nature, ni même les écosystèmes, mais de « s'inspirer » du vivant et de ses lois pour repenser nos fonctionnements. En portant le biomimétisme comme projet, l'on cherchera ainsi à placer le vivant comme principe d'action. L'exemple descellé par Nathalie Blanc des trames vertes et bleues comme outil biomimétique, laisse croire que certaines pratiques puissent relever d'un biomimétisme qui s'ignore. Ou plutôt qui ne se revendique pas comme tel. Ainsi, ce type d'action peut tout à faire s'insérer dans le cadre d'une « ville biomimétique » où les enseignements et l'émulation du vivant seraient la

matrice de toute conception. Si cela peut conduire à repenser les modèles de gouvernance ou les normes juridiques, toutefois ce n'est pas non plus une condition sine qua none. Une telle acception du biomimétisme se place en confrontation avec le mythe de la Modernité, mais n'appelle toutefois pour autant à un changement de paradigme, dans la mesure où il peut jouer des forces actuelles du présent et des outils déjà existants pour s'affirmer.

Enfin, un troisième positionnement émerge des discours des acteurs. Il s'agit d'un biomimétisme entendu comme philosophie. Dans ce cas-là, le biomimétisme ne se fait plus ni pure technique, ni unique injonction. Il se laisse appréhender comme un principe ontologique. Cette acceptation fait transparaître l'idée d'un biomimétisme qui serait au service d'un changement des valeurs et pratiques de notre civilisation. A la recherche de relations plus harmonieuses -tant entre humains, qu'entre humains et non humains-, l'observation du vivant offre un possible renouvellement des regards et des liens qui uniraient nos sociétés. L'on considère ainsi la nature comme un Mentor que l'on vient interroger afin de mieux penser nos manières d'habiter la terre. En ce sens, cette définition d'un biomimétisme perçue comme philosophie appelle à se questionner sur nos besoins fondamentaux en tant qu'espèce et la manière que l'on a d'y répondre. Un tel entendement du concept rejoint les idées d'Augustin Bercque. Le géographe, orientaliste et philosophe français propose l'idée de « Médiance » pour décrire le couplage dynamique de l'être et son milieu et de « mésologie » pour traduire le lien unissant l'espèce humaine à son habitat. Si l'écologie aborde la thématique de la biosphère grâce à des données environnementales brutes et objectives, la mésologie vise à étudier l'Oëcoumène⁴⁸ de notre espèce en mêlant objectivité et subjectivité. L'Oëcumène, milieu dans lequel évolue l'humain, est le point de rencontre entre l'immatériel -la valeur symbolique que l'on attribue à un espace- et la technique -qui permet une action sur la terre pour pouvoir l'habiter-. Selon Augustin Bercque « La réalité de leur milieu, pour les Japonais, ne relevaient ni seulement des données objectives de l'environnement, ni seulement des projections subjectives sur cet environnement. Mais des deux à la fois. Cette réalité-là n'était donc ni simplement objective, ni simplement subjective. Et résultait d'une longue histoire où nature et culture s'étaient en quelque sorte co-suscité l'une et l'autre »⁴⁹

Somme toute, les éléments émergeant de notre étude nous laissent penser que, bien que propulsé sur le devant de la scène avec beaucoup d'enthousiasme, le biomimétisme semble encore en recherche d'une identité propre. Ce concept présente l'avantage fort d'être fédérateur, en invitant à sa table nombreuses disciplines et autant d'acteurs aux idéologies diverses. Toutefois, ouvrir la voir à tous les acteurs ne veut pas dire accueillir toutes les volontés. La ville biomimétique n'aura de chance de s'offrir les moyens de son ambition que si elle parvient à répondre à l'urgence, en œuvrant avec sagesse et clairvoyance. En

⁴⁸ L'œcoumène est, au sens étymologique du terme, la partie des terres émergées habitées par les hommes. (Georges Prévelakis, Géopolitique de la Grèce, 2006)

⁴⁹ Propos recueillis lors de la conférence de Augustin Bercque au CIVA -Centre International pour la Ville et l'Architecture- à Bruxelles, le 19 juin 2018.

somme, il ne s'agit pas d'appliquer des techniques d'inspirations naturalistes en les découplant des besoins et spécificités du milieu. Il ne s'agit pas bon plus d'en faire une énième injonction pour penser l'avenir urbain sans référentiel et motivation solides, ou d'en faire une philosophie ad hoc sans principes directeurs, laissant ouverte la voie à n'importe quelle interprétation. Nous soutiendrons ici que le biomimétisme semble à l'heure actuelle être une technique qui s'affirme et une théorie qui s'ignore. Serait-ce dû au manque d'insertion des sciences humaines sur la question ? Toutefois, à terme le biomimétisme pourrait se faire « Pharmakéon » à la fois poison et remède. Tout dépendra de la capacité de ses acteurs à se poser les bonnes questions, à l'heure où nous habitons l'Anthropocène et cheminons vers des avenir incertains. Quoi qu'il en soit et pour finir, nous saluons le fédéralisme à l'œuvre derrière le biomimétisme. Car nous sommes convaincues que pour progresser dans le sens d'un meilleur souhaitable, notre société ne pourra pas faire les uns sans les autres, ou les uns contre les autres, mais il nous faudra faire les uns avec les autres.

« Les sciences modernes de la nature nous l'ont appris,
tout comme l'histoire, l'éthique et l'esthétique :
Il n'y a pas de vie possible sur le long terme,
sinon dans un milieu approprié »

Augustin Berque

« Jetez un regard au soleil
Contemplez la lune et les étoiles
Observez les beautés de la nature
Et maintenant pensez ! »

Hildegarde de Bingen

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

ALLARD, O., *Biomimétisme Comment les entreprises peuvent-elles intégrer le biomimétisme dans leur stratégie d'innovation ?* Thèse de recherche, ESIEE, 2012

ALLENBY, B.R., COOPER, W.E., *Understanding industrial ecology from a biological systems perspective*, Environmental Quality Management, 1994.

ARRIF, T., BLANC, N., et CLERGEAU, P., *Trame verte urbaine, un rapport Nature – Urbain entre géographie et écologie*, Cybergeographie : European Journal of Geography (En ligne), Environnement, Nature, Paysage, document 574, décembre 2011.

BACHELARD, G., *La formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance*, Vrin, Paris, 1999.

BACON, F., *Novum organum*. Clarendon press, 1878.

BARBIER R, CELINE, C., *Sociologie des changements environnementaux : futurs de la nature*, Système Terre-Environnement, Revue d'anthropologie des connaissances, Vol 12, n°2, 2016

BAUMEISTER, D., *Biomimicry resource handbook: a seed bank of best practices*, Biomimicry 3.8, 2014

BENYUS, J., *Biomimétisme: Quand la nature inspire des innovations durables*. Rue de l'échiquier, 2016.

BECKERS, L., *La production d'hydrogène par fermentation anaérobie: Voies d'optimisation et d'application du bioprocédé*. Thèse de doctorat. Université de Liège, Liège, Belgique, 2013.

BERNARD, P.-J., CHAUNU, P., *De l'utopie moderne et de ses perversions*. Presses Universitaires de France, 1997.

BERSTEIN, S., BERSTEIN, G., *Histoire du XIXe siècle*. Paris : Hatier, 1996.

BERTHOZ, A., *Simplexité (La)*. Odile Jacob, 2009.

BERQUE, A., *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*. Belin, 2014.

BLANC, N., GLATRON, S., SCHMITT, G., *Trames vertes urbaines : recherches en sciences humaines et sociales, Développement durable et territoires*, Vol. 3, n°2, Juillet 2012

BOEUF, G., « *Biomimétisme et bio-inspiration* », Vraiment durable, n° 5, 2014

- BOEUF, G., *Développement durable: environnement, énergie et société. L'annuaire* du Collège de France. Cours et travaux, n° 114, 2015
- BOLTANSKI L., THEVENOT L., *De la justification - Les économies de la grandeur*, Paris, Gallimard, 1991
- BONNEUIL, C., *L'Anthropocène et ses lectures politiques*. Les Possibles, vol. 3, 2014
- BOUTINET, J. P. *Anthropologie du projet*. Presses universitaires de France, 2018.
- BOUVIER-PATRON, P., *Innovation Frugale Environnementale : Futur Avantage Concurrentiel de la Firme ?*, Recherches en Sciences de Gestion, vol. 118, no. 1, 2017
- BRADSHAW, A., *Natural ecosystems in cities: a model for cities as ecosystems*, Understanding Urban Ecosystems. Springer, New York, NY, 2003. p. 77-94.
- BUCLET, N., *Ecologie industrielle et territoriale : Stratégies locales pour un développement durable Environnement et société*, Presses universitaires du Septentrion, 2011
- CALLEBAUT, V. et ANDRIEU-MILLAGOU, C. *Paris 2050: Les cités fertiles face aux enjeux du XXIe siècle*. Michel Lafon, 2015.
- CARCENAC-SUFFERT, C., ODUM, E., *Écologie, un lien entre les sciences naturelles et les sciences humaines*, Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 49, fascicule 2, 1978.
- CHAPELLE, G., et DECOUST, M., *Le Vivant comme modèle: La voie du biomimétisme*. Albin Michel, 2015.
- CHEKCHAK, T., et LAPP, K., *Biomimétisme, la nécessaire resynchronisation de l'économie avec le vivant*. Ecologie & politique, no 3, p. 159-166, 2011.
- CHERTOW, M., ASHTON, W., et KUPPALI, R. *The industrial symbiosis research symposium*, Yale: advancing the study of industry and environment. 2004.
- CHRISTENSEN, J. *The History of the Industrial Symbiosis at Kalundborg, Danemark*, Scientific Workshop Frontiers of Research, Industrial Ecology. 2006.
- CHOAY, F., *L'urbanisme. Utopies et réalités*. Paris, Éditions du Seuil, 1965.
- COLRAT, M., *Imiter la nature. La biomimétique en Allemagne*. Technologies internationales no 112, 2005
- CONNEL, J., SLATVER, R., « Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization », The American Naturalist, vol. 111, n°982, 1977.

- COUMEL, L., MORERA, R., et VRIGNON, A., *Pouvoirs et environnement: entre confiance et défiance, XVe-XXIe siècle*. Presses universitaires de Rennes, 2018.
- COUTURIER, F., *Les implications morales du darwinisme: une lecture de l'oeuvre de James Rachels*, Doctoral dissertation, Grenoble, 2014.
- DA CUNHA, A., *Nouvelle écologie urbaine et urbanisme durable. De l'impératif écologique à la qualité urbaine*. BSGLG, 2015.
- DE LIGIO, Giulio., *Prendre le projet moderne au sérieux*, Commentaire, vol. 152, no. 4, 2015,
- DESCARTES, R., *Discours de la méthode*. Vrin, 1987.
- DESCOLA, P., *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard, 2005
- DESHAYES, P., *Le secteur du bâtiment face aux enjeux du développement durable : logiques d'innovation et/ou problématiques du changement*, Innovations, vol. 37, no. 1, 2012
- DICKS, H., *Penser le nouveau paradigme de l'hydrologie urbaine: biomimétisme, éco-phénoménologie, et gestion intégrée*. La Houille Blanche, no 5, p. 92-98, 2015
- DICKS, H., *The philosophy of biomimicry*. Philosophy & Technology, vol. 29, no 3, 2016.
- DIEMER A., *Les symbioses industrielles : un nouveau champ d'analyse pour l'économie industrielle*, Innovations, vol.3, n° 50, 2016
- DOBBS, C., FRANCISCO, J-E. et WAYNE, C-Z., 2011, *A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators*, Landscape and urban planning n°99, 2011
- EHRENFELD, J., et GERTLER, N., *Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg*. Journal of industrial Ecology, vol. 1, no 1, 1997.
- FANG, Q., *Adapting Chinese Cities to Climate Change*, Science, n°354, 2016
- FAYEMI, P-E. *Innovation par la conception bio-inspirée: proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances*. Thèse de doctorat. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers-ENSAM, 2016
- FEDERAU, A., *Philosophie de l'Anthropocène: interprétations et épistémologie*. Thèse de doctorat, Université de Dijon, 2016.
- FESSEL, A., OETTMEIER, C., BERNITT, E., et al. *Physarum polycephalum percolation as a paradigm for topological phase transitions in transportation networks*. Physical review letters, vol. 109, no 7, 2012

- FOURNIER, M., *Quand la nature inspire la science. Histoires des inventions humaines qui imitent les plantes et les animaux*. Éditions Plume de carotte, Paris, 2011
- GAMAGE, A., et HYDE, R., *A model based on Biomimicry to enhance ecologically sustainable design*. Architectural Science Review, 2012, vol. 55, no
- GAUTIER, D., *Environnement, discours et pouvoir: l'approche Political ecology*. Quae, Versailles 2012.
- GILSOUL, N., ORSENNA, E., *Désir de villes*. Robert Laffont, 2018.
- GISLAIN, J-J., *Futurité et toposité: sitologie des perspectives de l'action*. Géographie, économie, société, vol. 6, no 2, 2004
- GLANSDORFF, P., NICOLIS, G., et PRIGOGINE, I. The thermodynamic stability theory of non-equilibrium states. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 71, no 1, 1974
- GUILLOT, A., MEYER, J-A., *La bionique: Quand la science imite la nature*. Dunod, 2008
- FRESSOZ, J-B, et BONNEUIL, C., *L'Événement anthropocène. La Terre, l'histoire et nous: La Terre, l'histoire et nous*. Points, 2016.
- HARKNESS, J., *In Appreciation, A Lifetime of Connections: Otto Herbert Schmitt, 1913-1998*, Physics in Perspective, vol. 4, no 4, 2002.
- HOAGLAND, M., DODSON, B., et HAUCK, J., *Exploring the way life works: the science of biology*. Jones & Bartlett Learning, 2001.
- JACOBSEN, N., *Brings. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects*. Journal of industrial ecology, vol. 10, no 1-2, 2016
- JOURNET, N., *Le sens de l'histoire*, Sciences humaines, N°210, 2009.
- KAPSALI, V., *Le grand livre du biomimétisme*, Dunod, Paris, 2017.
- KLEIN, L., *A phenomenological interpretation of Biomimicry and its potential value for sustainable design*. Thèse de doctorat. Kansas State University, 2009
- LAFAYE, C., et THEVENOT, L., « Une justification écologique?: Conflits dans l'aménagement de la nature ». Revue française de sociologie, 1993
- LANDAUEUR, P., *L'urbanisme des possibles*, Ecole des Renouveau Urbain, PUF, 2009.
- LAMBERT, A. J. D. et BOONS, F., *Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks*. Technovation, vol. 22, no 8, 2002.
- LA ROCCA, F., *La ville dans tous ses états*. CNRS, 2013.

- LASCOUMES, P., *L'Éco-pouvoir: environnements et politiques*. La découverte, 2010.
- LARRÈRE, C., *Anthropocène: le nouveau grand récit*. Esprit, n°12, 2015
- LARRERE, R., *L'écologie industrielle : nouveau paradigme ou slogan à la mode ?*, Les ateliers de l'éthique, 2006
- LATOUR B., *Politique de la nature, Comment faire entrer les sciences en démocratie*, Paris, La Découverte, 1999.
- LATOUR, B., *Face à Gaïa: huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Paris, La découverte, 2015.
- LAZARUS, M-A., et CRAWFORD, C., *Returning genius to the place*, Architectural Design, vol. 81, no 6, 2011
- LE BOT, J-M., et PHILIP, F., « *Les trames vertes urbaines, un nouveau support pour une cité verte ?* », *Développement durable et territoires*, Vol. 3, n° 2, Juillet 2012.
- LEFEBVRE, H., *Le Droit à la Ville*, Editora Anthropos, Paris, 1991.
- LOTFI, M., WEBER, C., DI PETRO, F., et SELMI, W., « *Évolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert à la trame verte* », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol.12 ; n°2, 2012.
- LOVELOCK J., *Gaïa. A new Look at Life on earth*, Oxford University Press, 1979
- MANDUJANO, D., et al. *Biomimicry approach to urban planning; How biomimicry can support urban planning and design, the context of Coyoacan district in Mexico City*, thèse, Mexico, 2014.
- MARGULIS L., *Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*, Basic Books, 1998.
- MARGULIS, L., LOVELOCK, J., "Biological modulation of the Earth's atmosphere", *Icarus*, vol.21, n°4, 1974
- MARSAULT, X., *Écoconception générative : Phase amont du projet d'architecture*. ISTE Editions, 2018.
- MARWAN, W. *Amoeba-inspired network design*. Science, vol. 327, no 5964, 2010.
- MCDONOUGH, W., BRAUNGARD, M., *Cradle to cradle. Remaking the way we make things*, New York, North Point Press. 2002
- MIKLIAN, J., HOELSCHER, K., RANE, S., SANGEETA. *A Tale of New Cities*. Harvard International Review, vol. 36, no 1, 2014
- MORIARTY, P., HONNERY, D., « *Future Cities in a Warming World* », *Futures*, n°66, 2015

- NILON, C.H., HOLLWEG, K.S., *Understanding urban ecosystems: A new frontier for science and education*. Springer-Verlag, New York, 2013
- PAQUOT, T., YOUNES, C., *Philosophie de l'environnement et milieux urbains*. La Découverte, « Armillaire », 2010.
- PAULI, G., *The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*. Paradigm publications, 2010.
- PERIG, P., « *Êtres vivants/artefacts, processus vitaux/processus techniques : remarques à propos d'un cadran analytique* », Des êtres vivants et des artefacts, Paris, 2016
- PIERRON, J-P., *Les Puissances de l'imagination : Essai sur la Fonction Ethique de l'Imagination*, Cerf, Paris, 2012.
- PINEAU, G., BACHELART, D., COTTEREAU, D., MONEYRON, A., (coord.), *Habiter la terre. Ecoformation terrestre pour une conscience planétaire*, Paris, L'Harmattan, coll. « Ecologie et formation », 2005.
- PITROU, P., DALSUET, A., HURAND, B., « *Modélisation, construction et imitation des processus vitaux. Approche pluridisciplinaire du biomimétisme* », Natures Sciences Sociétés, Vol.23, n°5, 2015.
- POPPER, K., *The Open Society and its Enemies*, Routledge, London, 2011.
- RAHM, P., CLEMENT, G., *Environ(ne)ment : manières d'agir pour demain/Approaches for tomorrow*, Montréal, Centre Canadien d'Architecture, 2007.
- REGISTER, R., *Ecocities: Rebuilding in Balance with Nature*, New Society Publishers, Gabriola Island, 2006.
- RICOEUR, P., *La Métaphore Vive*, Editions du Seuil, Paris, 1975.
- RICOEUR, P., *Temps et Récit. L'Intrigue et le Récit historique: L'Intrigue et le Récit historique*. Le Seuil, Paris, 2014.
- RIFKIN, J., *The Empathic Civilization : The Race to Global Consciousness in a World in Crisis*, Cambridge, Polity, 2009
- ROSSIN, K. J. *Biomimicry: nature's design process versus the designer's process*, WIT Transactions on Ecology and the Environment, vol. 138, 2010
- SAUNIER, P., CLAUDE, V., *L'urbanisme au début du siècle : de la réforme urbaine à la compétence technique. Vingtième siècle*, Fondation Nationale des Sciences Politiques, N° 64, novembre-décembre, 1998

- SCHANDL, H., BOYDEN, S., CAPON, A., et al. *'Biosensitive' cities—a conceptual framework for integrative understanding of the health of people and planetary ecosystems*. Current Opinion, Environmental Sustainability, vol. 4, no 4, 2012.
- SCHMITT, O.H., *Biological information processing using the concept of interpenetrating domains*. In : *Information processing in the nervous system*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1969.
- SCHUITEN, L., LABRIQUE, A-C., *Luc Schuiten: Vegetal City*. Editions Mardaga, 2009.
- SERVIGNE, P., STEVENS, R., *Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*, Le Seuil, Paris, 2015.
- SERVIGNE, P., « *Imaginer le futur des villes* », Barricades, édition spéciale, 2017
- SPECK, O., SPECK, D., HORN, R., et al. *Biomimetic bio-inspired biomorph sustainable? An attempt to classify and clarify biology-derived technical developments*. Bioinspiration & biomimetics, vol. 12, no 1, 2007.
- SPINOZA, B., *Éthique*. éditions de l'éclat, Paris, 2005.
- STOCK, M., *Théorie de l'habiter. Questionnements. Habiter, le propre de l'humain*. La Découverte, Paris, 2007.
- TCHENG, H., DENERVAUD, I., BLASCO, B., et al. *La créativité, une question de survie*. L'Expansion Management Review, no 3, 2008.
- TERO, A ;, TAKAGI, S., SAIGUSA, T, ITO, K., BEBBER, D., FRICKER, M., NAKAGAKI, T. *Rules for biologically inspired adaptive network design*,. Science, Janvier 2010.
- THOMSON, G., NEWMAN, P., *Urban fabrics and urban metabolism—from sustainable to regenerative cities*. Resources, Conservation and Recycling, vol. 132, 2018
- VINCENT, J., BOGATYREVA, O., BOGATYREV., et al. *Biomimetics: its practice and theory*. Journal of the Royal Society Interface, vol. 3, no 9, 2006.
- VIVIEN, F-D, « *Rencontre du troisième type... d'écosystème ou quand l'écologie devient industrielle* », Innovations, Vol.2, n° 18, 2011
- WILSON, E.O., *Biophilia*, Cambridge, Harvard University Press, 1984
- WHITESIDES, G., *Bioinspiration: something for everyone*. Interface focus, vol. 5, no 4, 2015.
- WOLMAN, J., « *The Metabolism of Cities* », Scientific American, vol. 213, n° 3, 1965
- ZACCAI, Edwin. *25 ans de développement durable, et après?*. Presses universitaires de France, 2015.

ZARI, M. P.. Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation. Architectural Science Review, n°53, 2010.

ZARI, M.P., *Biomimetic Urban Design: Ecosystem Service Provision of Water and Energy*, Buildings, vol. 7, no 1, 2017.

ZARI, M. P., et STOREY, J. B. *An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment*, Sustainable Building Conference. 2007.

LITTERATURE GRISE : RAPPORTS & ARTICLE DE PRESSE

BIOMIMICRY OREGON & HOK, rapport « *Genius of biome* », 2014, disponible sur www.hok.com, consulté le 5 février 2018.

FBEI WEISS, rapport *Bioinspiration: An Economic Progress*, November 2013

INSTITUT-ENTREPRISE, rapport *Smart Cities. Efficace, innovante, participative : comment rendre la ville plus intelligente ?*, mai 2014, disponible sur : www.Institut-entreprise.com, consulté le 27 janvier 2018.

LETEMPS, *Biomimétisme. La nature, ça vous inspire*. Industrie et Technologies n° 937, 2011

NOVETIC, *Le biomimétisme, un concept encore émergent*. Novethic, p. 1-2, 4 juillet 2011

NEWCORPSCONSEIL, Rapport « *Pourquoi le biomimétisme accélère-t'il* », publié le 25 octobre 2017, disponible sur www.newcorpconseil.wordpress.com, consulté le 27 mai 2018.

ENSURE rapport *-Enacing Sustainable Urban Development trough Ecosystem Service-*, disponible sur : <http://www.helsinki.fi>, consulté le 2 mai 2018

CESE (Conseil économique, social et environnemental), rapport, *Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement*, 9 septembre 2015,

OPECST (Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques), *Les produits bio-techniques et bio-inspirés*, 2007

TEEB– The Economics of Ecosystems and Biodiversity. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management, 2011, Disponible sur : www.teebweb.org, consulté le 27 avril 2018

VERTIGO LAB, rapport *:Evaluation du potentiel de développement du biomimétisme en Nouvelle-*

ANNEXES

ANNEXE 1 : RETRANSCRIPTION D'ENTRETIEN.....P0

ANNEXE 2 : RETRANSCRIPTION DE CONFERENCE.....P2

ANNEXE 3 : SONDAGE.....P10

ANNEXE 1 : RETRANSCRIPTION D'ENTRETIEN

Nous avons réalisé deux entretiens exploratoires, l'un avec Mr Marc Barra, l'autre avec Mr Guillaume Porcheron.

Pour des raisons de confidentialité de données et propos, nous avons fait le choix de ne pas retranscrire le second entretien.

Entretien exploratoire avec

Mr Marc Barra

Réalisé le 8 avril 2018 de 16h à 16h45

En poste à NaturParif, L'Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France

Chargé de mission écologie et économie

-Retranscription partielle d'éléments sélectionnés-

Marc Barra :

« En tant qu'écologue qui travaille sur la biodiversité, c'est important de préciser ce qu'on entend derrière biomimétisme ,puisqu' on sait très bien qu'il y a plein de diversité derrière. Et par ailleurs, je trouve qu'il y a à boire et à manger. Parfois, l'on a des produits qui parlent aux designers, qui s'inspirent du vivant, sans forcément questionner l'analyse de cycle de vie, les modalités de production. (...) En distinguant le biomimétisme de formes, de procédés et de fonctions. Pour l'écologue, le biomimétisme de forme n'a pas forcément un grand intérêt. Ce que je dis toujours, si vous prenez le shinkansen qui s'est inspiré du bec du martin pêcheur, ça reste un train. Ce qui est intéressant derrière, par rapport à sa soutenabilité, est , ce que c'est un train qui va fragmenter les paysages ? est -ce que c'est un train qui va nécessiter beaucoup de ressources pour être fabriqué etc etc Et donc, si on prend l'exemple de la ville ,est-ce que c'est une ville qui va avoir des transports inspirés de je ne sais quel animal pour faire des drones etc, ou est-ce une ville qui va creuser plus loin en essayant d'être moins fragmentant ? En fait il faut toujours tirer une ficelle un peu plus loin que les formes et les structures. (...) ,ce qui n'empêche pas de les incorporer, puisqu'en travaillant dessus on peut gagner au niveau efficience, consommation de ressources etc. Mais il faut aller plus loin. On peut prendre un autre exemple, celui de l'EastGate Center qui reprend l'exemple d'une termitière. Cela est intéressant, ça va contribuer à gagner en efficience. Cependant, dans une ville biomimétique, ce qui est important c'est de savoir si le bâtiment est construit au bon endroit, construit avec les bons matériaux, n'empiète pas sur les milieux naturels etc. Il y a d'autres questions à creuser que les aspects formes questions. C'est mon premier point de vue, d'être précis sur ce qu'on appelle biomimétisme et de ramener à la soutenabilité du vivant (...) Le second, c'est que la ville est un enchevêtrement d'échelles et qu'il faut prendre en compte ces échelles spatiales ,des matériaux, aux bâtis, au quartier, aux intercommunalités -notamment quand on va questionner les continuités de trames vertes- (...)

Maud Corcoral :

« Comment penser ces changements d'échelles ? Puisque chacun est associé à des acteurs spécifiques, comment s'effectue le passage de l'une à une autre ?

Marc Barra :

« Effectivement, c'est comme ça. C'est un peu du cas par cas, c'est entré dans la complexité. C'est ça

qui est intéressant (...) Quand on parle de ville biomimétique, ma première question c'est : est-ce qu'on le fait au bon endroit ? Le faire au bon endroit ça veut dire être compatible avec les éléments préexistants et notamment la biodiversité pré existante, donc faire un diagnostic écologique (...) Et puis pour les échelles, si on prend celui du bâtiment, ça va toucher les acteurs de l'architecture, du paysage, de la construction des matériaux. Et quand on va être à l'échelle de la ville, on va plutôt être sur des urbanistes, des écologues, les élus etc. Ça touche à différents acteurs. (...) Une question centrale sur le biomimétisme, c'est le dilemme High Tech, Low Tech. Mon point de vue en tant qu'écologue, c'est d'aller dans des agencements Low Tech.

Maud Corcoral :

«Quelle différence entre le biomimétisme et des « Nature Based Solutions » ?

Marc Barra :

« Nous [ndlr : en tant qu'écologue] on utilise le terme « solution basées sur la nature », mais pour un architecte selon pourrait être biomimétisme. En fait c'est de l'éco mimétisme ,c'est une question sémantique. C'est utiliser des écosystèmes et leur fonctionnement pour répondre à différents objets de gestion comme la gestion de l'eau, la gestion de la chaleur, ça pourrait être cela aussi. (...) Pour revenir autour du Low Tech / High Tech, il y a un réel enjeu. Ce terme biomimétique vient du monde ultra opérationnel, dans des secteurs où prédomine la technologie. Au différent de l'écologue. Les solutions fondées sur la nature sont plus une ingénierie écologique de service que des produits technologiques. Ce n'est pas les mêmes formes d'innovation. (...)

Ce que je constate, c'est que ce qui a du mal à se mettre en œuvre, c'est le biomimétisme de forme et de structure. Et que du jour au lendemain on ne peut pas attendre de la

part des maîtres d'œuvre qu'ils utilisent des matériaux qui absorbent les eaux etc. Tout ça c'est encore du domaine de la recherche. Toutefois, depuis je travaille avec des collectivités qui mettent en place de l'éco mimétisme sans le savoir, on a compilé plus de 400 retours d'expériences, comme des toitures végétalisées, de la phyto épuration, de la reconstruction de sol, de façades végétalisées. Tout ça c'est de l'éco mimétisme, et au regard de critères de soutenabilité , est-ce que finalement ce n'est pas du biomimétisme ? Est-ce que les démarches en faveur de la biodiversité ce n'est pas ça du biomimétisme ? Je travaille depuis près de dix ans sur les questions d'architecture et de biodiversité, de nature en ville etc, et finalement c'est ce qu'on essaye de développer. Avec le biomimétisme on est dans une confrontation de sémantique et d'acteur. D'un côté on a des architectes et des designers, de l'autre côté, des écologues et des urbanistes et on tend vers la même chose (le biomimétisme) sans utiliser le même langage (...) On n'a jamais le projet idéal. Puisque tout le monde tâtonne. (...)

ANNEXE 2 : RETRANSCRIPTION DE CONFERENCE

Titre : « Vers une ville biomimétique »

Réalisé le 14 novembre 2013, dans le cadre des « Utopiales » à Rennes.

Durée : 1h10

Lien Internet : <https://www.youtube.com/watch?v=FiPxT8otXu0>

En présence de : Luc Schuiten, Vincent Callebaut, Michel Ida, Jean-Luc Trudel

Modération : Daniel Tron

Présentation des auteurs :



16 La cité des Harbitarbre, Luc Schuiten

LUC SCHUITEN est un architecte belge. Il axe sa recherche sur des maisons bioclimatiques; des logements organiques en osmose avec le végétal. Il construit en ville des jardins verticaux. Mais c'est surtout dans ses visions utopiques d'une architecture futuriste qu'il se consacre. Luc Schuiten est responsable de l'Atelier d'Architecture Schuiten sprl et le Président de l'asbl VEGETAL CITY. Il est membre fondateur de Biomimicry Europa et de l'ASBL Archi Human. » Extrait de www.vegetalcity.org



17 Projet Grand Paris, Vincent Callebaut

VINCENT CALLEBAUT est un architecte belge. Souvent qualifié de visionnaire. Il pratique "l'archibiotique", une discipline qu'il a inventé. Elle est la contraction de « Architecture » « bionique » et « T.I.C ». Il voit chercher dans son travail à "réinventer les modes de vie de demain. Il puise dans le vivant son inspiration pour ses créations.

MICHEL IDA Michel Ida est ingénieur et artiste. Il est fondateur de 3 laboratoires d'expérimentations **Ideas Laboratory® (open lab)**, **Atelier Art Science (open lab)**, **Alps Design Lab**

JEAN-LUC TRUDEL : Auteur canadien de nouvelles et de romans de sciences fictions, il puise son inspiration de la nature, ses cycles

Retranscription de la conférence :

Daniel Tron :

« Bonjour à tous, nous allons ouvrir dans cette table ronde « Vers une ville biomimétique ». Nous avons ici Vincent Callebaut, qui est architecte et dont une des réalisations va bientôt prendre corps à Taipei, l'Agora Garden, un bâtiment en forme de double hélice d'ADN (...). Nous aurons la vision dont il conçoit l'architecture et des explications sur ce que nous voyons à l'écran, qui sont moins des visions fantasmées que des projets tout à fait sérieux et calculés pour l'avenir. Nous avons Jean-Louis Trudel, scientifique de formation en physique, en astrophysique et en histoire des sciences, auteur d'une dizaine de romans et d'une centaine de nouvelles (...). Michel Ida, entre la science et les arts, fondateur du IdeasLab en 2001, dans un pôle de recherche qui met la sociologie et l'utilisateur au cœur des recherches. Et Luc Schuiten (...) architecte bruxellois, qui = auteur entre autres de Vegetal City et Archiborescence, travaille sur l'intégration de l'habitat dans un biotope évolutif. Je vais plutôt leur laisser la parole sur l'idée de vers une ville biomimétique. En ces temps de refonte et où l'on commence à repenser la manière dont nous habitons et puis l'impact de nos habitats, l'on est dans un pays -La France- où près de 40% des besoins énergétiques sont liés au chauffage des maisons individuelles. Depuis le 1^{er} janvier 2013 tous les bâtiments neufs n'ont pas le droit de dépasser 50 kWh énergie primaire par m² (...) A partir de 2015 tous les bâtiments devront répondre au standard classique d'habitat passif, donc 15kWh au mètre carré, mais sans toute la complexité et la prise en charge de l'énergie primaire (...). Ceci dit, prendre en compte le calcul l'habitat individuel ou simplement les calculs thermodynamique, sont des choses relativement simples. Et finalement, sont abordés par les unités, un problème qui est beaucoup plus global. Dès qu'on passe à la ville, là on se retrouve dans quelque chose qui est beaucoup plus complexe, qui affecte l'ensemble de nos sociétés et qui surtout s'appuie sur une histoire. Au XX^{ème} siècle, la manière dont on a conçu l'habitat et les villes à partir de la Révolution Industrielle, du développement des nouvelles technologies, de l'acier, du béton et du verre, a fourni une forme de paradigme. Qu'on voit bien aux Etats-Unis avec ses constructions verticales, ses gratte-ciels (...) mouvement qui s'est relativement arrêté aux EU mais qui est repris en Asie ou au Moyen-Orient (...). Ce mouvement en un sens étant en train de s'arrêter, en Europe en tout cas, on commence à entamer une réflexion sur la manière dont on va transformer nos habitats. De quelle manière peut-on rendre nos villes compatibles, durables ? Et de quelle manière le développement de notre population ne nous amène pas à notre propre perte, à un épuisement des ressources dont nous dépendons et dont nous sommes les produits ? Donc en ces temps de changement de paradigme, on peut avoir un discours très inquiet sur l'incapacité qu'on a à convertir une ville comme LA au déplacement à pied ou à vélo. (...) Plusieurs des mégapoles américaines ont été construites autour de la voiture et que cette part de l'histoire est fondamentale dans la manière dont ils ont pensé leur espace, ils se sont organisés. Et donc l'effort qu'ils auraient à faire de transformation de leur ville et de leur mode de vie, serait bien plus impressionnant, rapide et radical que pour nous. (...) Je voudrais laisser la parole à nos invités et qu'ils nous définissent ce concept de qu'est-ce qu'une ville biomimétique ? »

Vincent Callebaut :

« On fait bien la différence entre biomimétisme et bio climatisme. Donc le biomimétisme c'est le fait de faire de l'ingénierie inspirée des sciences du vivant. Donc les trois principales sciences du vivant, dans les biotechnologies, sont le biomorphisme, la bionique et le biomimétisme. Dans la nouvelle génération d'architecture, on essaye toujours de s'inspirer un maximum des formes de la nature, car la nature utilise toujours un minimum d'énergie [fournie] par la photosynthèse, elle essaye toujours d'utiliser un minimum de matériaux, elle essaye toujours que tout soit recyclable, elle essaye toujours de privilégier l'expertise locale et l'interaction entre les être vivants au sein d'un même écosystème.

Donc par le biomorphisme par exemple on peut créer des formes architecturales ou des formes urbanistiques qui s'inspirent des formes de la nature comme par exemple, les formes spiralées des nautilus, la structure micro perlée des carapaces de scarabées, qui permettent dans des milieux désertiques d'absorber un maximum d'humidité. On travaille aussi sur la bionique, qui elle ne s'intéresse pas aux formes de la nature, mais aux structures, comme les structures des feuilles d'arbres, des ailes d'oiseaux. Et enfin on travaille avec le biomimétisme, de façon beaucoup plus large, plus à l'échelle urbaine, pour étudier toutes les interactions entre les être vivants d'un écosystème mature, comme les forêts tropicales. Avec ces trois architectures, le but est de créer un urbanisme bioclimatique. Essayer de faire des bâtiments passifs, c'est-à-dire, qui suivant leur orientation par rapport aux données climatiques -le soleil, le vent-gèrent passivement leur énergie en accumulant l'air chaud en hiver et qui soient naturellement ventilés en été. Et en suite ces règles de bioclimatique peuvent être agrémentées par les biotechnologies et les énergies renouvelables qui permettent de viser la construction de bâtiments intelligents, produisant eux-mêmes leur énergie et recyclant eux-mêmes leurs déchets. On passe ainsi d'un système centralisé de production d'énergie à un système décentralisé, distribué, où chaque bâtiment devient ainsi sa propre centrale d'énergie, que cette énergie soit calorifique ou électrique. »

Jean-Luc Trudel :

« Comme auteur de science- fiction , mon point de vue sur la question est purement pragmatique : Il y a dans les idées générées par les conceptions biomimétiques (...) des idées susceptibles de s'intéresser dans un avenir plus large, soit catastrophique, soit souhaitable et désirable. (...)»

Michel Ida :

« Je suis responsable de l'innovation verte, de l'innovation verte vers les sociétés. (...) La question que je me pose est quelles seront les villes de demain et comment on va les penser. Et je suis persuadé qu'on ne peut plus penser l'avenir des bâtiments ou des technologies seulement sous l'aune de la technique, mais qu'il faut replacer l'humain au cœur de la conception. C'est en ce sens (..) que l'implication d'artiste, d'architecte, d'anthropologue me semble complètement déterminante pour l'avenir. (...) L'Inde c'est plus d'un milliard d'individus et plus de 500 millions sous le seuil de pauvreté , quelles représentations se font-ils de la ville du futur ? Il me semble que l'on a besoin d'aller chercher ces regards décalés pour penser les villes biomimétiques (..). On ne peut plus confier aux seuls technologues ou aux seuls bâtisseurs, le choix de développer nos villes. D'autant plus que la ville ce n'est pas seulement les bâtiments, c'est la mobilité, l'énergie, les territoires, les habitants. (...) J'entends souvent parler de « ville intelligente » (...) Il n'y a pas de villes intelligentes. (...) Ce sont des gens qui sont intelligents ou non et pas des objets. Donc replaçons-les au cœur de la conception, de l'innovation. C'est pour cela que je prône depuis une 15aine d'années l'idée de travailler avec nos concitoyens, avec un tas de corps de métiers, pour repenser ces éléments qui feront notre futur. »

Jean-Luc Schuiten :

« La définition que Vincent a donnée est formidable, elle est très complète, elle explique bien la portée de ce concept. Je voudrais juste rajouter que c'est d'autant plus important aujourd'hui que nous savons que la civilisation industrielle n'a aucun avenir possible, puisqu'elle est basée sur l'exploitation du patrimoine de la planète que nous épuisons à une vitesse considérable, que nous sommes de plus en plus nombreux à réclamer l'accès à des biens de consommation qui ne font qu'augmenter cet appauvrissement. On a créé un déséquilibre qui ne fait que s'accroître. Nous ne pouvons imaginer un futur qu'en regardant du côté des solutions qui peuvent perdurer dans le temps et qui vont vers la recherche d'un équilibre. Pour ça, le biomimétisme est pour le moment, la voie principale d'une vision d'un monde différent qu'il y aurait à créer. Vous prenez un arbre : c'est une merveille. Nous n'avons jamais pu créer un bâtiment qui fonctionne aussi bien. Les plans de bâtiment, c'est une petite graine. Vous la jetez au sol, le bâtiment se construit tout seul. Les fondations se creusent dans le sol sans que

l'on ait à intervenir. Ils poussent avec l'eau de pluie, le soleil, les nutriments qui se trouvent dans le sol et la structure est géniale. Pourquoi ne pourrait-on pas utiliser ce type de structure pour créer des nouveaux bâtiments, fait en contrôlant mieux la manière dont ils poussent, fait avec tout ce que nous enseigne le vivant. Ça c'est une des réflexions qui nous vient par le biomimétisme. C'est dans cet ordre d'idée qu'on peut entrevoir plein d'autres choses. Le béton est un désastre pour la planète, c'est la deuxième source de GES. Or on peut très bien imaginer que l'on pourra prochainement produire un biobéton, qui au lieu de produire du CO₂, en capterait. Il y a un béton naturel qui est fait dans des roches volcaniques, et ce, principalement en captant le CO₂ de l'atmosphère. Si on peut trouver des solutions pour réparer toutes les erreurs que l'on a fait dans notre environnement, plutôt que d'en créer de plus en plus, l'on commence à se diriger vers des voies qui sont tout à fait intéressantes, non seulement, cela nous permettrait de nous reconnecter, de retrouver nos racines, de nous trouver bien mieux à l'endroit où nous vivons que nous le sommes maintenant. Au fur et à mesure que l'on voit comment l'on dégrade notre environnement, cela ne nous plait pas, l'on se sent mal dans cet environnement-là. Le biomimétisme, c'est trouver un environnement, que nous accompagnerons en ayant les bonnes attitudes pour pouvoir faire partie d'une de ces grands organismes vivants que sont nos cités. Pour moi, surtout, imaginez une ville comme l'emboîtement de multiples écosystèmes, comme un récif coralien ou une forêt primaire, qui travaillent en mettant en relation, en faisant des réseaux complexes de tout le monde vivant, qui est connectée pour pouvoir un équilibre permanent. Quelque chose qui avec le temps, ne fait qu'augmenter sa stabilité. »

Michel Ida :

« Je vais complètement dans cette direction, actuellement, on travaille avec Luc Jacquelle -le réalisateur de la Marche de l'empereur- (...) et l'on travaille à la fois sur des bâtiments autonomes qui seraient biomimétiques -par rapport à la glace, dans le cadre de l'Antarctique- ou à la canopée dans le cadre des forêts primaires. Ça me semble déterminant d'aller regarder ces univers. La ville biomimétique ce n'est pas la ville que l'on connaît aujourd'hui, ce sont aussi des villes du futur. Comment cela se passera-t-il quand l'on voudra habiter des zones hostiles, sans parler des planètes. (...) mais simplement autour des pôles ou dans la canopée. Est-ce que le concept de bâtiment autonome a de l'avenir dans cette direction -là, et quel est le sens qu'on lui donne dans la vie de tous les jours. Inversement, dans notre société occidentale, au cœur de nos villes, des gens vivent dans les rues et n'ont pas de logement. Peut-on créer des bâtiments autonomes adaptés à leurs besoins ? en cas de tremblement de terre, est-on capable de recréer cette ville biomimétique à toute vitesse pour héberger ces gens qui n'ont plus d'abris par exemple. Toutes ces questions-là me paraissent importantes aujourd'hui et l'on a les connaissances technologiques et scientifiques qui nous permettent d'aborder ces questions -là. »

Vincent Callebaut :

« Juste sur la définition du biomimétisme, le mot n'est pas génial pour vraiment décrire la discipline. Car mimétisme, cela veut dire « imiter » le vivant, mais ce n'est pas seulement imiter la forme du vivant. J'insiste sur le fait que c'est s'inspirer des processus de la nature, dans le respect des cycles de vie, des cycles alimentaires et surtout dans le cycle des déchets. Dans la nature, il n'y a pas de vraiment déchet qui ne soit pas recyclable, si je prends l'exemple de l'arbre qui a été raconté par Luc. Ce qui est génial dans l'arbre c'est que ces déchets deviennent une ressource naturelle pour les êtres vivants qui vivent à ses pieds. L'être humain, et c'est le gros problème de l'activité anthropique sur Terre depuis dix ans, n'a jamais réussi à recycler ses déchets parce qu'on a beau trié nos déchets, une partie est recyclée, une partie est brûlée, cela crée quand même des GES et cette boucle là c'est la clé du système, dont on doit essayer de trouver une solution dans la nature. Pour essayer d'expliquer l'affiche, une nouvelle fois, on pourrait dire « c'est une affiche avatar avec des mondes volants ». La philosophie véhiculée par l'affiche est justement : peut-on renouveler nos déchets en énergie renouvelable à l'infini ? peut-on transformer les contraintes générées par l'homme en opportunité ? Là [dans cette affiche] c'est un exemple qui traitait de l'agriculture intensive, qui crée des nappes d'algues vertes dans les fleuves et les bords littoraux. Qu'est-ce qu'on fait des algues vertes ? On les met dans des containers ? Ou est-ce qu'on peut

transformer ces déchets en énergie renouvelable ? Nous avons commencé à initier des études avec des groupes pétroliers américains, qui voulaient inventer la mobilité du futur en disant : « Est-ce que ces algues vertes mises en milieu anaérobie -c'est-à-dire dans des bioréacteurs, des aquariums où il n'y a pas d'oxygène- (..) sont capables de venir dégrader biologiquement des déchets plastiques ou des déchets carbonés? La réponse est oui ,en transformant ces déchets plastiques en hydrogène .L'hydrogène c'est un gaz naturel, qui ne pollue pas la planète et qui est nécessaire, notamment pour stocker l'électricité dans des piles à combustibles ou des piles à hydrogènes ou pour créer un gaz volatil (...). Cette logique de transformer les contraintes en opportunité est inspirée directement de la nature et le biomimétisme sert non seulement dans la géométrie intelligente des matériaux, dans la gestion de l'urbanisme, mais également dans la création de nouveaux écomatériaux. (..) On parlait tout à l'heure de la structure perlée du scarabée. On utilise actuellement, dans un projet à Abu Dabi dans un milieu hyper désertique, le fait de créer une toiture qui garde un taux d'humidité de 30% la journée pour pouvoir limiter la climatisation mécanique dans le centre aquatique que l'on construit. Un autre exemple c'est la chimie verte, la biochimie, pour créer un matériau issu du dioxyde de titane qui est capable par un effet photocatalytique accéléré de venir décomposer les particules de plomb qui sont rejetées par les automobiles dans leur carburant. En tant qu'architecte l'on est pas du tout omniscient, en tant que physicien non plus, le secret c'est de travailler de façon transdisciplinaire pour essayer d'implémenter les disciplines entre elles et d'accélérer l'innovation par cette interdisciplinarité. »

Daniel Tron :

« Il y a quelque chose qui me frappe dans l'éventail du biomimétisme. C'est quand on compare ces projets là (en montrant l'affiche de l'évènement, où est représenté un projet de bâtiment à double hélice de Vincent Callebaut) qui sont des projets où l'on voit bien l'inspiration biomimétique ,mais qui sont hyper technologiques , on a une autre approche qui est presque opposée dans Archiborescence (un des ouvrages de Luc Schuiten) où là on va insérer notre habitat, de manière déjà plus transitoire -puisque la durée de vie de l'habitat est lui-même dépendant de la durée de vie des végétaux (...)- et c'est le végétal même qui va fournir les fondations et l'architecture et qui finalement va aussi conditionner les rapports des humains entre eux. »

Luc Schuiten :

« Pour moi cet univers est celui de Vincent, sont complémentaires. La recherche doit-être faite dans tous les domaines possibles. Nous ne devons pas créer des mondes et des solutions qui sont univoques, qui ne se développent que dans un sens. Nous allons avoir besoin de toutes les énergies, de toutes les forces, pour arriver à créer quelque chose. J'ai exploré un domaine un peu plus particulier : On ne va raser nos villes (...) on va garder le maximum, ce qui est possible de garder, mais on va y ajouter un maximum d'éléments, on va les travailler autrement et on va surtout les reconnecter. Je travaille pour le moment sur Soa Paulo, qui est une mégalopole gigantesque qui a plein de problèmes de fonctionnement. Juste à côté, dans la forêt atlantique, la température est tout à fait agréable et supportable l'été, tandis que dans la ville, la température est insupportable. Il y a dix, quinze degrés de plus que dans la forêt à côté. C'est tout simplement parce qu' on a tout fait à l'envers. On a conçu ces bâtiments en verre et en béton qui surchauffe au soleil. Dans la forêt il y a une canopée qui crée une ombre, un microclimat qui est tout à fait agréable. Dans la forêt de béton, on a mis un conditionnement en verre qui chauffe l'extérieur et refroidit l'intérieur. Et plus on refroidit l'intérieur, plus on chauffe l'extérieur donc plus on doit refroidir l'intérieur. On est dans des cercles vicieux. On pourrait rentrer dans d'autres manières de voir les choses, simplement en réintroduisant une autre partie de la forêt équatoriale, (...) dans la forêt de béton, les intégrer de manière à ce que l'on crée des réponses aux besoins essentiels de l'individu : le nourrir et lui offrir un cadre de vie qui soit agréable. En reprenant les choses à l'endroit cette fois. Cette hypothèse de travail va tout à fait dans un sens biomimétique. Elle est complémentaire à ce que fait Vincent, qui lui travaille sur des nouvelles structures qui devront elles aussi exister. »

Daniel Tron :

« Cette approche-là, de réintroduire le végétal dans la ville, c'est un peu l'approche qui est en train de se développer, de revégétaliser les toits, les murs. (...) Ce qui me frappait c'est que finalement les solutions trouvées par des architectes, avec une synergie de compétences au niveau du bâtiment même, sont qu'un bout de la solution. Ce qui apparaît assez clairement, c'est que finalement la ville biomimétique implique des changements finalement plus profonds, des changements à plus grande échelle et dans la manière que l'on a de vivre ensemble avec la technologie. Et que l'on n'est pas juste à un niveau d'introduire des technologies qui permettent de réduire notre empreinte. Nous sommes dans des modifications qui paraissent plus profondes et plus fondamentales dans la manière dont on vit avec notre environnement et par conséquent les uns avec les autres. »

Michel Ida :

« C'est dans notre tête qu'il faut changer. (...) Est-ce que cela a vraiment du sens ? C'est la première chose. La deuxième chose est qu'il faut absolument expérimenter. On ne peut pas rester simplement dans les idées. Ce qui sépare le génie de la folie c'est l'œuvre que l'on est capable de réaliser. Donc c'est très bien d'avoir des idées, de les explorer, de les faire avancer, mais il faut être capable de les réaliser, de les tester et de les mettre dans les mains du plus grand nombre pour vérifier que cela ait du sens. »

Vincent Callebaut :

« Je prends par exemple, dans les architectures de Luc et les miennes, il y a beaucoup de bâtiments qui sont recouverts de végétation. Donc c'est la critique c'est de dire « C'est une végétation cosmétique, qui est là pour mettre de la couleur verte et dire qu'ils sont écolos ». Ce n'est pas vraiment ça. Par exemple sur le projet « Agora Garden » qui est en chantier à Taiwan, c'est une tour qui est recouverte de jardins suspendus et de murs végétaux. Le but c'est d'isoler à maximum le bâtiment de la chaleur. Là-bas on est dans un climat tropical, 40° et 100% de taux d'humidité, c'est insupportable, quand vous sortez dehors vous avez l'impression d'ouvrir votre four dans lequel on fait rôti un poulet. Et donc le but, c'est de créer des tampons thermiques par ce système de façade transpirante, car effectivement la végétation crée un phénomène d'évapotranspiration naturelle qui permet de baisser la consommation d'énergie. Donc c'est aussi le but. Avant de faire des maisons passives, d'intégrer des énergies renouvelables, on essaye aussi de travailler avec les investisseurs et des politiciens pour changer la juridiction. La juridiction par exemple en France interdit de créer des tours mixtes. Des tours mixtes c'est par exemples des tours dans lesquelles les ailes est et sud seraient des bureaux et l'aile ouest et nord seraient des logements. Ce qui entraînerait que l'on chaufferait par exemple la totalité des espaces de bureaux la journée et cette chaleur serait réintégrée dans les espaces de logements le soir. Ce qui veut dire, que sans énergie passive, sans bio climatisme, sans énergie renouvelable, l'on baisse la facture énergétique du bâtiment de 50%. C'est actuellement impossible en France. Dans les pays émergents, qui eux ont des législations moins sévères et moins poussées, on a en tant qu'architectes, des champs d'expérimentation beaucoup plus larges. Et je pense que c'est dans ces pays là où l'on verra les premiers prototypes où l'on a reprogrammé intelligemment la fonctionnalité des bâtiments, pour ensuite l'implémenter par des énergies passives et renouvelables. »

Michel Ida :

« Inversement, à plus petite échelle, parce que la ville c'est pas seulement nos bâtiments, c'est aussi nos actes quotidiens (...) On ne peut plus penser le bâtiment aujourd'hui seulement en tant que bâtiment (..) Le bâtiment s'insère dans son environnement. On ne peut plus faire abstraction du reste, l'énergie fait partie du bâtiment, tout ce qui l'entoure fait partie de la construction. La construction de la ville biomimétique. »

Vincent Caillebaut :

« La base, c'est étudier les cycles entre les bâtiments. Entre les bâtiments classés au patrimoine, entre les bâtiments à énergie positive qui vont pouvoir transmettre leur énergie aux bâtiments patrimoniaux - qui lui est un filtre à énergie-. Ce sont toutes ces interactions entre les bâtiments qui créent la ville, entre les réseaux de distribution qui vont permettre de répartir le système d'énergie décentralisé, de repenser tous les modes de transports publics ou privés au cœur de la ville. »

Jean-Luc Trudel :

« Il y a une clé aussi que la science-fiction peut fournir et qui représente un recul par rapport au biomimétisme et aux petits gestes de la vie quotidienne qu'on cherche à intégrer dans un fonctionnement plus vert, c'est celui (...) essentiellement d'une vision de la nature qui inclut aussi la planète Mercure, les astéroïdes, la planète Pluton, le reste de la galaxie et de ce point de vue-là, la nature en fait beaucoup de choses qui ne sont pas forcément recyclées ou réutilisées. Là on est loin de l'humain. Et en fait ce point de recul nous fait comprendre à quel point la biosphère terrestre est petite dans l'univers (...) et aussi que c'est quelque chose que l'on peut comparer par un organisme, comme l'anticipait Vernadsky et qui par la suite a été repris par des gens comme Lovelock et Margulis sous le nom de Gaïa. Ce concept d'organisme est à la fois très utile pour la science-fiction et sous-tend un peu l'idée que les architectes commencent à avoir sur les villes. C'est l'idée de quelque chose qui est caractérisée par l'homéostasie, le maintien de l'équilibre vivant, de conditions propices à la vie. C'est quelque chose que nous recherchons tous. Nous ne voulons pas que notre planète, ni que nos villes, ni que nos maisons soient hostiles à la vie (...) Et ce concept d'organisme nous fait rentrer dans une vision holiste, considérer le tout. (...) Cette vision holiste peut aussi informer les transformations de nos villes (...) Cette idée d'interrelations des cycles qui maintiennent la vie dans le cadre de l'homéostasie. C'est là que je vois une différence entre l'auteur de science-fiction qui manie des conceptions [Note de rédaction : J-L Trudel est lui-même auteur, rappelons-le] et l'architecte qui est le planificateur, celui qui doit faire fructifier ces concepts, rendre cela plausible, concret et fonctionnel. Mais à la base je pense qu'il y a quand même ces concepts très fondamentaux d'organismes, de Tout, de fonctionnement unitaire visant une fin utile : le maintien de la vie. »

Daniel Tron :

« On mesure bien à vous écouter le chemin, l'évolution qu'il y a, les machines à habiter de Le Corbusier où l'on va appliquer un modèle grâce à la propriété d'un béton merveilleusement solide que l'on peut implanter à la même manière à tous les endroits. L'on a manifestement plus la possibilité d'un modèle qui s'applique à tous les points. Chaque ville sera différente car elle est implantée à tel endroit et qu'elle s'appuie sur tel écosystème. (...) »

Vincent Callebaut

« (...) Sur la question culturelle, dans les années 60 on rêvait d'une architecture internationale que l'on pouvait répéter partout, pour uniformiser toutes les villes du monde. C'est un peu ce qui se passe parfois actuellement. Mais on essaye tout le temps de créer une identité propre en fonction de la culture. Par exemple en Chine, toute cette culture du biomimétisme est importante car elle suit le mouvement Confucéen et autour du feng-shui selon lesquels la ville doit être le juste équilibre entre les actions de l'homme et les actions de la nature. Aussi, on s'inspire de la nature dans toute sa magnificence, toute sa beauté, tous ses progrès techniques. Dans des territoires comme l'île de Taiwan, la nature est plutôt considérée comme un acteur très violent dans la société, qui génère une grande action sismique et typhonique. Donc la nature on a plutôt tendance à s'en protéger qu'à l'intégrer dans la ville. Donc nous, sur le projet d'Agora Garden par exemple, on fait un peu le grand écart entre le fait de réintégrer la nature dans la ville et de s'inspirer des techniques qu'on trouve dans la nature qui plie mais ne rompt

pas -comme un roseau en cas de tremblement de terre-, qui sera stable sur 400 ans sur une échelle de Richter à 10.0 et la végétation qui est intégrée dans ce bâtiment (...) a nécessité avec des paysagistes spécialisés de penser comment l'on pourrait recouvrir une tour de végétation dans une ville qui était soumise aux plus grands typhons mondiaux (...) On rêve d'un bâtiment qui serait, comme le temple d'Angkor Wat, qui serait complètement recouvert d'une nature architecturalisée, qui se serait formée sur un bâtiment. Mais en même temps cette nature qui viendrait recouvrir le bâtiment c'est le pire du bâtiment pour ce qui est de l'isolation, de l'étanchéité, donc en tant qu'architecte on va toujours chercher le juste milieu entre le fantasme complet de l'intégration de la nature et la façon de la maîtriser. »

Jean-Luc Trudel :

« (...) Au Canada, il y a plusieurs villes où si l'on s'élève un peu dans des bâtiments plus âgés et que l'on surplombe des villes plus âgées, tout ce que l'on voit c'est la forêt essentiellement. Parce que le modèle d'urbanisme était des villes plus petites mais qui dès la fin du XIX^{ème} siècle fonctionnait avec des tramways et qui dès le début du XX^{ème} siècle fonctionnait avec des voitures, bien avant qu'elles se généralisent en Europe. L'idéal de la cité jardin mis au point au XIX^{ème} siècle en Angleterre a été appliqué presque sans le savoir dans plusieurs villes américaines avec ses rues bordées d'arbres, ses maisons individuelles, ses jardins. (...) L'été les arbres surplombent et l'on ne voit plus qu'une forêt. Ceci est une vision de la ville qui a toutes sortes de problèmes, mais qui soulignent les singularités de chaque pays. L'Europe a dû gérer à la fois une concertation urbaine et une population élevée au XX^{ème} (..) »

Michel Ida :

« Je pense que la poésie & l'art seront des fils conducteurs pour imaginer ces villes biomimétiques. Dans les siècles passés, la ville était protectrice, on construisait des fortifications pour se protéger de l'ennemi, de la bête sauvage. Puis elle est devenue fonctionnaliste. Aujourd'hui on est dans une étape où (...) on réintègre la nature ,ça a du sens dans nos bâtiments aujourd'hui (...) Il me semble important qu'on fasse appel aux auteurs de science- fiction, aux artistes, aux poètes pour nous aider à décaler nos points de vue et à imaginer ce que sera la ville du futur. »

Luc Schuiten :

« (...) Une question m'a semblé fondamentale, c'est celle sur les mentalités. Qu'est ce qui fait que les mentalités évoluent ? Il y a deux siècles, du temps de la révolution industrielle, on est parti sur l'idée que la Planète était susceptible de répondre à tous nos besoins, c'était une malle où l'on pourrait puiser sans fin. Aujourd'hui l'on sait que ce n'est pas vrai. Nos réserves pétrolières, l'uranium, les minéraux, tout cela a une fin programmée. La civilisation industrielle a programmé sa propre obsolescence. Nous sommes dans un système où l'on sait qu'il va bloquer complètement dans peu de temps (...) Alors qu'est ce qu'on peut faire ? Nous ne devons pas attendre la solution de là où vient le problème, c'est toujours en cherchant à côté du problème qu'on trouve les solutions, dans les alternatives. Et ce n'est qu' en changeant les mentalités que l'on peut trouver des solutions ,dans des comportements, dans des usages, dans des manières de faire, absolument différents. (...) Pour moi, le mot magique c'est : se reconnecter, retrouver les liaisons essentielles, fondamentales avec l'ensemble du vivant qui nous entoure. Nous ne sommes qu'une toute petite partie d'un grand tout. Dès le moment où nous agissons en tant qu'agent déséquilibrant, nous ne pouvons pas nous trouver bien. On ne peut pas trouver notre place, on ne peut pas être épanoui, heureux, dans un environnement et un contexte où on dégrade tout ce qui se trouve autour de nous. La manière de changer cela, est de jouer un rôle positif (...) de retrouver une juste place, équilibrée. (...) ça se fait de manière solidaire, ensemble. C'est un projet enthousiasmant de retrouver des liaisons que l'on a coupées (...). Redécouvrir le rythme des saisons, un brin qui pousse, le chant d'un oiseau, tout ce qui nous manque dans nos villes qui sont liées à la pollution, aux désagréments. Nous vivons hors sol»

ANNEXE 3 : SONDAGE

Sondage réalisé entre le 15 juin et le 30 juin 2018, auprès de 30 individus.

Nous avons jugé bon de ne pas l'introduire dans le corps du mémoire.

Nous reviendrons en conclusion sur les raisons qui ont motivé ce choix

HYPOTHESES DE DEPART

L'émergence du biomimétisme dans la problématique urbaine est palpable. Dans le cadre du Grand Paris, l'appel à projet « Inventons la Métropole » lancé au printemps 2006, propose de rénover, construire, reconstruire ou aménager 55 sites de la métropole du Grand Paris. Le mot d'ordre est de « faire revenir la nature en ville ». Parmi les lauréats, émergent des propositions de bâtiments d'inspiration biomimétique L'Ecotone à Arcueil, le bâtiment Ôm à Issy-les-

Moulineaux, le projet Bulle d'Air à Nanterre , la ZAC Paul Bourget à Paris ou encore le projet l'Hospitalité à Paris. Le constat d'un intérêt manifeste, pour l'architecture et l'urbanisme d'inspiration biomimétique ,nous a amenés à nous questionner sur l'intention sous-jacente à ces projets.

***Dans quel cadrage idéologique s'ancrent-ils ?
A quelles intentions répondent-ils ?
Quels sont leurs discours ?***

Les propositions biomimétiques se multiplient en même temps que les nouveaux ordres de la durabilité urbaine et la propagation des discours d'une écologie institutionnellement intégrée. Sous un apparent consensus autour de l'importance de la problématique environnementale, nous cherchons à desceller la diversité des positions des acteurs. Nous nous focaliserons ici autour de trois positionnements majeurs : La croissance verte, Le développement durable & Transition, et une mineure : l'effondrement. Décliné autour d'éléments idéologiques, discursifs et d'objectifs, le questionnaire cherchera à desceller le positionnement des individus sondés.



Le projet Bulle d'Air à Nanterre. Crédits: OGIE



Les bâtiments seront construits à partir de matériaux recyclés biosourcés (jouissance, glaniers, chicons...). Le projet Le Cercle à Paris ZAC Paul Bourget. Crédits: Françoise Pichot, Atelier Kengo Tsubo, Atelier Dots et Toits Vivants



Le projet Ôm à Issy-les-Moulineaux. Crédits: Icarus

LE QUESTIONNAIRE

1. A quel(s) concept(s) se rattache selon-vous la ville biomimétique ?

- Ville intelligente
- Ecocité / Ville verte
- Ville inclusive & Solidaire
- Autre (Veuillez préciser)

2. A quel discours se rattache selon-vous la ville biomimétique ?

-Développement durable : satisfaire les besoins du présent en ne compromettant pas ceux du futur et en intégrant conjointement les 3 piliers suivants : l'économie, le social & l'environnement

-La transition écologique, sociale & solidaire : recouvre un ensemble de modifications structurelles pour passer de l'utilisation de ressources non renouvelables à des ressources renouvelables dans notre production et notre consommation. La transition implique aussi de repenser nos modes d'organisation

-L'effondrement de nos sociétés thermo-industrielles (Collapsologie)

-Croissance verte : promouvoir la croissance économique et le développement tout en veillant à ce que les actifs naturels continuent de fournir les ressources et services environnementaux dont dépend notre bien-être

-Autre (Veuillez préciser)

3. A quel(s) qualificatif(s) associez-vous la ville biomimétique ?

- Connectée
- Ecologique
- Humaine & citoyenne
- A haute qualité de vie (HQV)
- Frugale
- Autre (Veuillez préciser)

4. Quelles sont vos motivations à l'impulsion d'une ville biomimétique ?

- La création de valeur ajoutée, d'attractivité et d'emploi
- La protection de l'environnement
- Le changement de paradigme & de comportement
- Autre (Veuillez préciser)

5. Quels sont leviers à soulever actuellement pour promouvoir une approche biomimétique dans l'urbain ?

- La recherche & développement sur le biomimétisme
- La clarté des intentions : qu'est-ce qu'une ville biomimétique
- La temporalité d'un tel projet
- L'état des connaissances techniques
- L'état des connaissances écologiques & biologiques
- La volonté des acteurs
- La méthodologie
- La transdisciplinarité & le dialogue entre acteurs
- Autre (Veuillez préciser)

6. Le chemin vers une ville biomimétique implique...

- **De repenser nos usages** (mobilité, bâtiments, etc..) exemple : réhabilitation des friches
- **De repenser l'échelle urbaine** (travail sur le métabolisme urbain, gestion des flux)
- **L'amélioration technique** : rechercher l'efficacité de nos réseaux & équipements
- **Autre** (Veuillez préciser)

7. La transition vers une ville biomimétique implique-t-elle de nouveaux rapports et regards des citoyens sur la nature ? (Réponse ouverte)

8. L'impulsion vers une ville biomimétique est-elle compatible avec les modes de gouvernance actuels ? (Réponse ouverte)

9. Quelle est votre définition de la ville biomimétique ? (Réponse ouverte)

PUBLIC CIBLE & DIFFUSION :

Le public cible de ce questionnaire comprends des professionnels du biomimétisme, de l'urbanisme, de l'architecture, de l'écologie ou des chercheurs, manifestant ou ayant manifesté un intérêt pour le biomimétisme. Vu la spécificité du sujet, et pour plus de représentativité, nous avons choisi de nous concentrer sur un public déjà sensibilisé à la thématique. Le but étant avant tout qu'ils nous présentent leurs motivations à un tel projet, l'on a jugé plus pertinent de réduire le nombre de participants, tout en ciblant un public d'experts, s'étant déjà informé du sujet et/ou forgé une opinion dessus.

Pour la diffusion de ce questionnaire, nous avons privilégié les réseaux dédiés au biomimétisme, ainsi qu'à la ville :

- CEEBIOS
- Réseau de la BioMim Expo
- Ecole d'architecture (Paris Val de Seine & La Vilette, France)
- La filiale Elan du groupe Bouygues Télécom
- Architectes ayant une démarche biomimétique (contacts personnels)
- Le Biome (Association sur le biomimétisme)

AVANTAGES DE LA METHODE & LIMITES :

Avantages :

- Enquête menée auprès d'un échantillon de personnes que l'on considère comme représentatif d'un ensemble d'acteurs travaillant sur l'application du biomimétisme dans le cadre urbain : architectes, écologues, chercheurs, urbanistes, chargés de projets urbains etc...
- Permet de faire émerger des tendances (à caractère subjectif) non présentes dans la littérature scientifique ou les rapports actuels .
- Valeur descriptive par rapport à une diffusion d'opinion .
- Comparaison aisée des données récoltées

Limites :

- Taux de participation : Nous avons visé un public très ciblé composé d'experts, afin de sonder l'opinion des acteurs du milieu et ainsi réduire au maximum les marges d'incertitude. Néanmoins, le taux de participation relativement faible -30 réponses- ne permet en aucun cas, une généralisation voire une extrapolation des résultats obtenus.
- Ne sonde pas suffisamment les liens entre les intentions & les pratiques, exemple : un individu peut très bien , de prime abord ,être en concordance avec l'idée de frugalité, mais toutefois ne

pas opérationnaliser ses croyances dans sa pratique pour des raisons multiples, de faisabilité et/ou de connaissances etc..

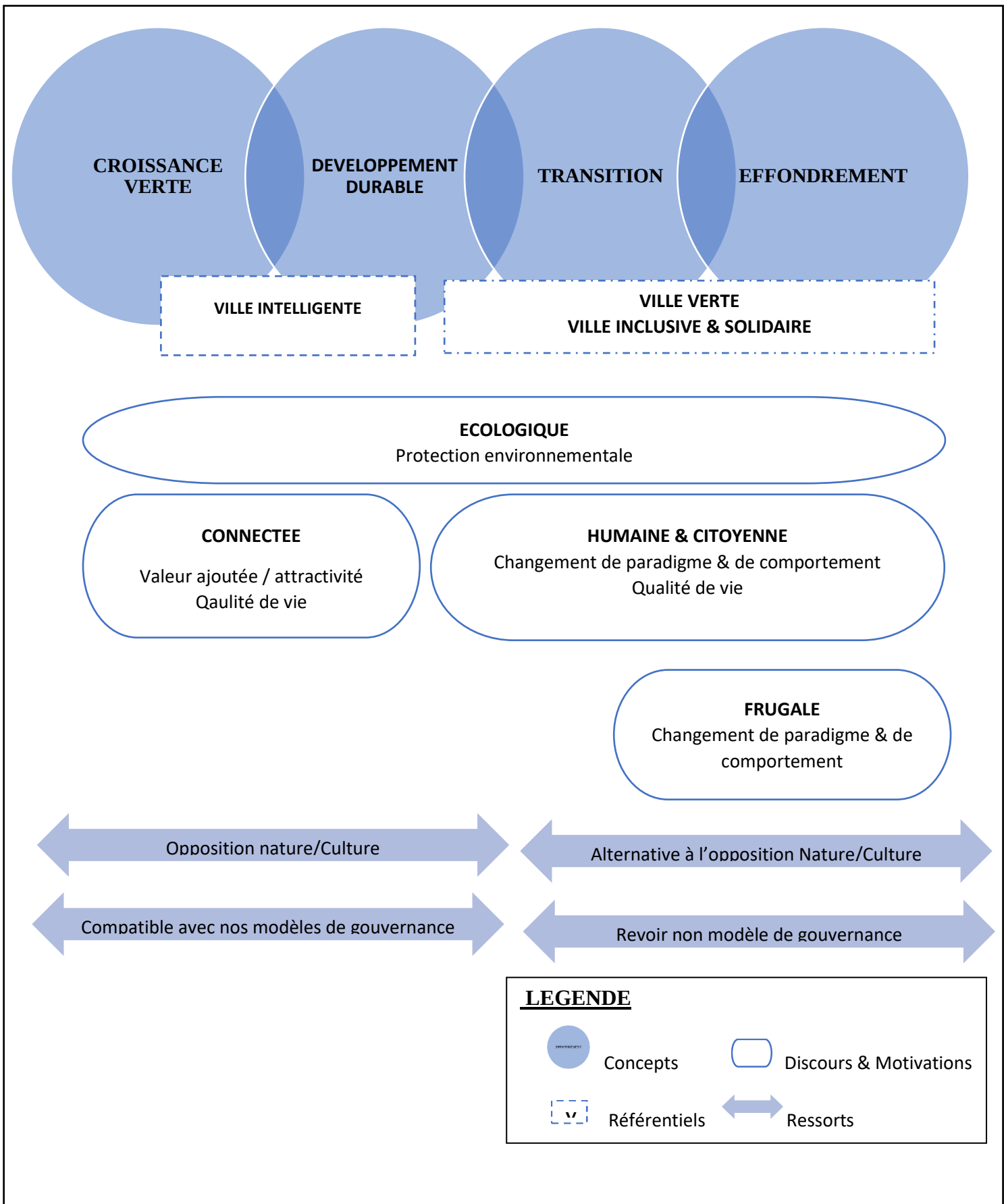
- Validité interne faible due à des questions pré codées et peu nuancées.
- Acceptation sémantique des termes utilisés (croissance verte, frugalité etc) peut différer selon les individus. Il y a des risques que nous ne concevons pas les mêmes réalités derrière les mêmes termes.
- L'anonymat des individus sondés met en porte à faux la qualité de l'enquête, puisqu'il gêne à l'identification des pratiques professionnelles des répondants. Or le cadre de métiers des individus sondés pourrait influencer sur leurs positionnements.
- Se veut être un sondage préliminaire, qui pour atteindre une valeur indicative doit être plus détaillé et étendu

CADRE D'ANALYSE DES RESULTATS :

Nous avons un cadre d'analyse pour classifier les résultats obtenus. Ce cadrage fut inspiré des travaux de Bruno Latour (2015), ainsi que de ceux de l'écologie politique (Gauthier, 2012). Nous avons cherché à réaliser un cadrage conceptuel pour nous permettre d'identifier les différents positionnements sur la question et discours des individus sondés. Pour se faire nous avons identifié :

- Quatre familles de concept : La croissance verte, le développement durable, la Transition écologique et solidaire & l'effondrement
- Trois grands types de référentiel : La ville intelligente, la ville verte, la ville inclusive et solidaire
- Cinq mots clés : Connectée, écologique, humaine & citoyenne, qualité de vie et frugalité
- Deux ressorts : La comptabilité avec les systèmes de gouvernance actuels et les relations entre Humain & Nature
- Trois éléments de motivation : La valeur ajoutée/l'attractivité, la protection environnementale, les changements de paradigme & de comportement

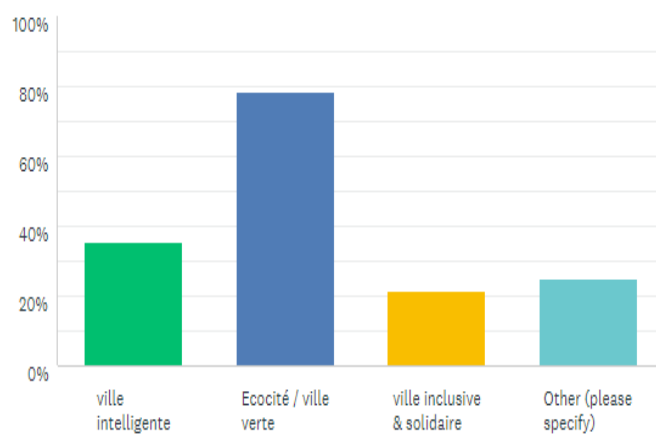
SCHEMA DU CADRE D'ANALYSE



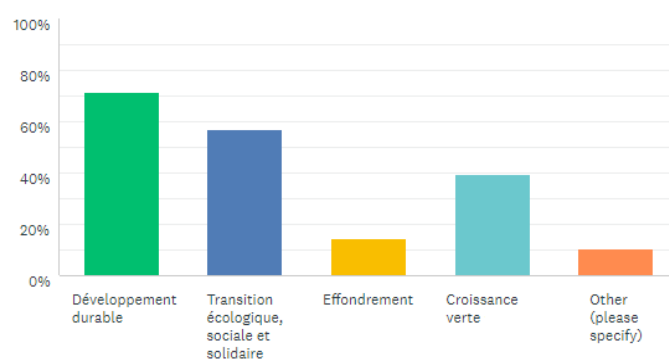
PRESENTATION DES RESULTATS

Nombre de participants : 30

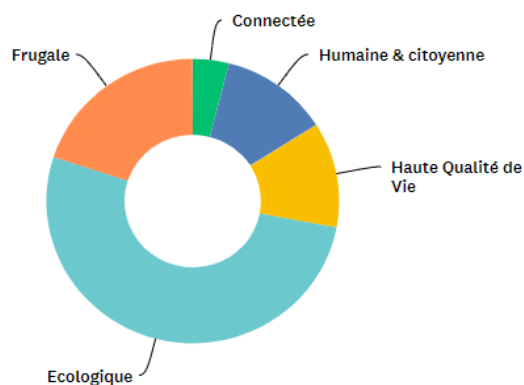
A quel(s) concept(s) se rattache selon-vous la ville biomimétique ?



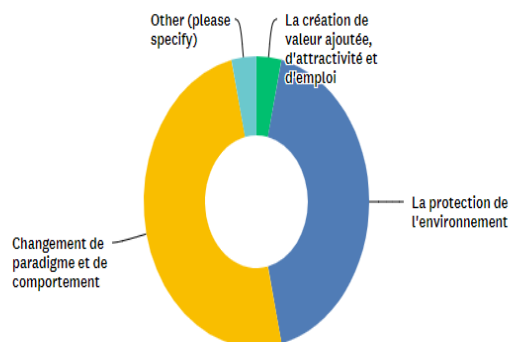
A quel discours se rattache selon-vous la ville biomimétique



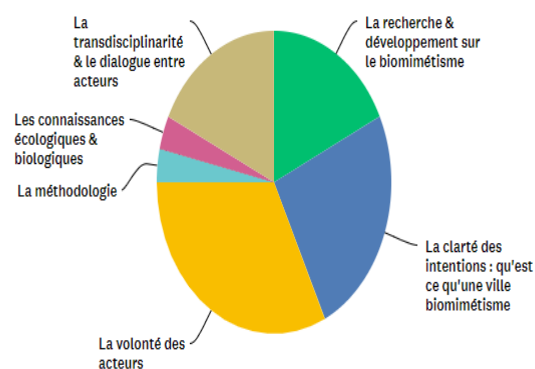
A quel(s) qualificatif(s) associez-vous la ville biomimétique ?



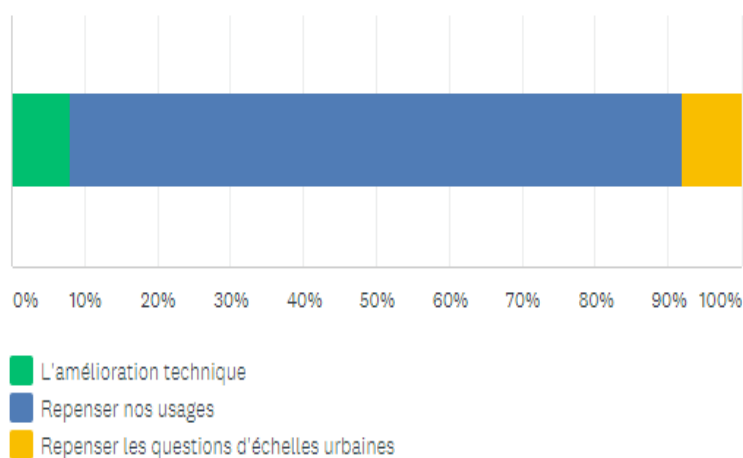
Quelles sont vos motivations à l'impulsion d'une ville biomimétique



Quels sont les leviers à soulever actuellement pour promouvoir une approche biomimétique dans l'urbain ?



Le chemin vers une ville biomimétique implique de ..



La transition vers une ville biomimétique implique-t-il de nouveaux rapports et regards des citoyens sur la nature ? (Réponse ouverte)

- 28 « Oui » avec justifications
- 2 « Non » Sans justifications

Les éléments principaux de réponse sont :

- L'affirmation d'une pensée écologique forte
- Tendre vers plus de nature en ville
- Ne pas envisager la nature comme un stock de ressources
- La recherche d'un état d'équilibre entre les capacités de la biosphère et les productions humaines
- La reconnexion avec la nature

L'impulsion vers une ville biomimétique est-elle compatible avec les modes de gouvernance actuels ? (Réponse ouverte)

- 28 « Oui » avec justifications
- 2 « Non » Sans justifications

Les éléments principaux de réponse sont :

- La non-compatibilité avec les pratiques des promoteurs immobiliers (recherche de capitalisation maximale / m²)
- Nécessité d'adaptation de notre société à des conditions changeantes
- Manque de soutien politique
- Révision des corpus réglementaires
- Vision politique trop axée sur la recherche de croissance économique
- Décisions politiques trop centralisées

Quelle est votre définition de la ville biomimétique ? (Réponse ouverte)

Les éléments principaux de réponse sont :

- Une ville optimisant la gestion de ses flux
- L'intégration conjointe des enjeux écologiques et citoyens
- Architecturalement inspirée de la nature
- Régénérative et valorisant les Services Ecosystémiques
- Faisant la promotion de l'économie circulaire
- Apte d'auto-organisation et d'auto-régulation

BILAN CRITIQUE

La méthodologie de ce sondage et sa portée ne nous ont pas paru suffisantes pour l'introduire dans le corps de notre exercice. Les raisons identifiées sont les suivantes :

- Le panel de personnes sondées -30- ne nous paraît pas suffisamment conséquent pour prétendre à des résultats exploitables.
- L'anonymat des répondants rend impossible l'identification des acteurs
- Le cadrage d'analyse nous paraît insuffisamment développé et nous craignons que les thèmes identifiés -croissance verte/ développement durable/transition etc- bien qu'expliqués dans le questionnaire, ne soient pas entendus de tous de la même manière.
- L'absence de réponses multiples peut mener à des choix arbitraires et fausser les résultats.
- Les éléments d'analyse s'entrecroisent, ce qui freine l'identification de grandes tendances. Par exemple : la préoccupation écologique, peut à la fois être l'œuvre d'un discours sur la croissance verte, sur le développement durable, la transition ou l'effondrement.

Pour conclure, ce présent questionnaire appelle à être approfondi. Néanmoins, il nous offre un aperçu des sous-écoles présentes dans l'univers du Biomimétisme, et plus spécifiquement ici dans celui du « biomimétisme de la ville ».

L'enjeu était d'identifier quelques éléments pouvant permettre d'éclairer les différentes acceptations du biomimétisme et de sa déclinaison dans la ville. Ce sondage pourrait en offrir une première vision. Toutefois, il nous faudrait recourir à une analyse plus ample et rigoureuse des discours, agrémentée des apports des sciences humaines. Nous faisons face aux limites de notre exercice. Peut-être serait-ce une base de recherche propice à être approfondie lors d'une prochaine étude.

